

3. 동향교

- 3.1 시설물 개요
- 3.2 자료수집 및 분석
- 3.3 현장조사
- 3.4 콘크리트 내구성조사
- 3.5 안전성능 평가
- 3.6 내구성능 평가
- 3.7 사용성능 평가
- 3.8 종합성능평가
- 3.9 유지관리 전략제안
- 3.10 종합결론 및 건의사항

3. 동향교

3.1 시설물의 개요

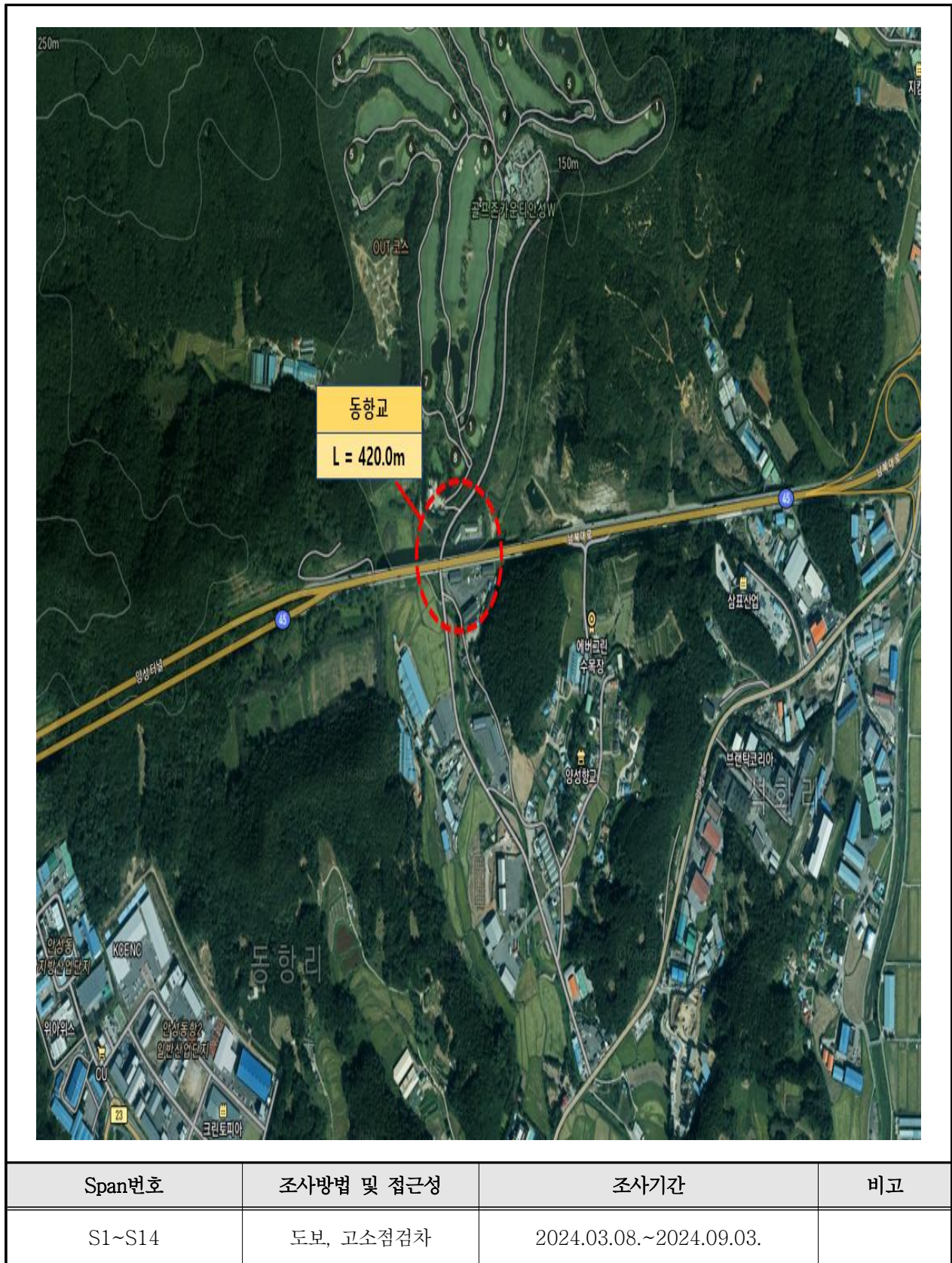
본 시설물은 경기도 안성시 양성면 동향리에 위치한 교량으로 총 연장 450.0m, 폭 19.5~22.8m로 시공되어 있다.

3.1.1 일반사항

【표 3.1.1】 동향교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		동향교		시설물번호		BR2005-0000812	
준공년월		2005. 05. 25		관리번호		-	
시설물위치		경기도 안성시 양성면 동향리					
설계하중		DB-24, DL-24 (1등급)		노선명		일반국도45호선	
제원	연장	L=420.0m (14@30.0m)					
	폭	B=19.5m~22.8m, (차로수 : 왕복 4차로)					
구조 형식	상부	PSCI		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : 다주식(3주)			교각	직접기초	
교량받침		탄성고무받침		신축이음		뉴 모노셀, 핑거 조인트	
교차시설물		동원산업진입로		통과높이		14.0m	
설 계 사		보람엔지니어링(주)		시 공 사		대림산업(주) 외 14개	
내진설계유무		적용		관리주체		수원국토관리사무소	
부착시설내용		방음벽					
기 타		준공도면 보유 / 구조계산서 보유					

3.1.2 위치도 및 전경사진

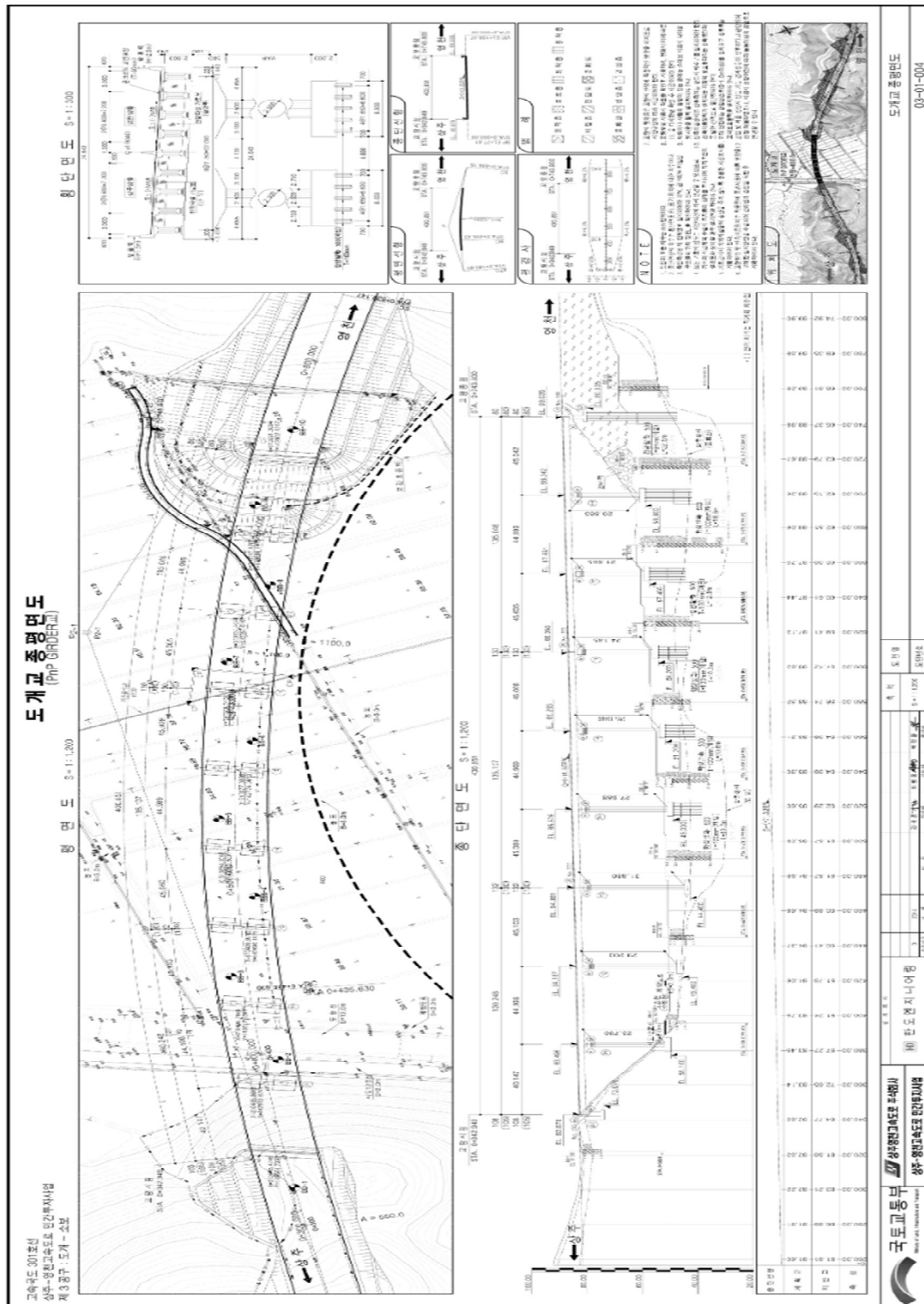


【그림 3.1.1】 위치도

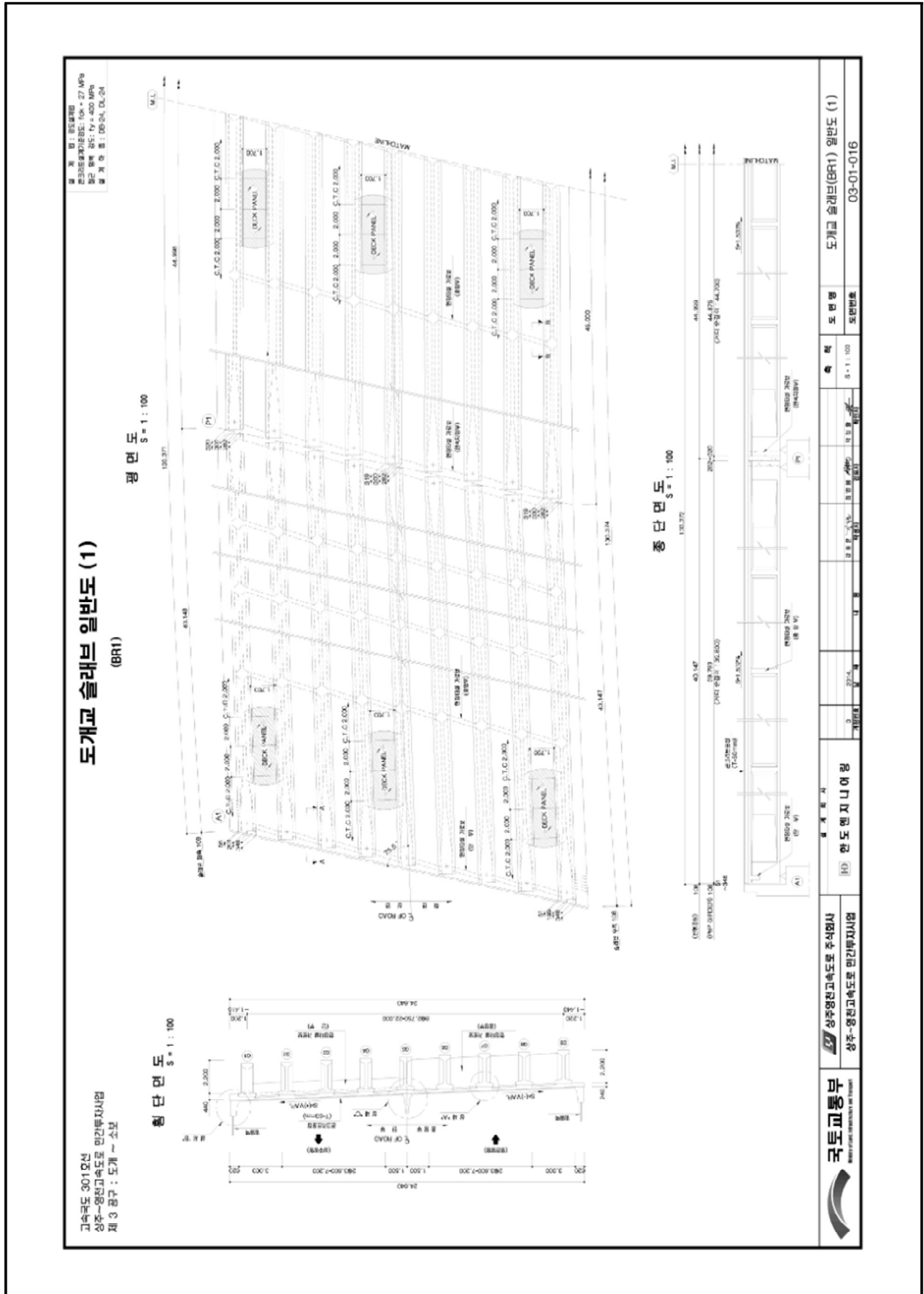
	
교량 상부 전경	교량 측면 전경
	
바닥판 하면 및 거더 전경	캔틀레버부 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 3.1.2】 부재별 현황

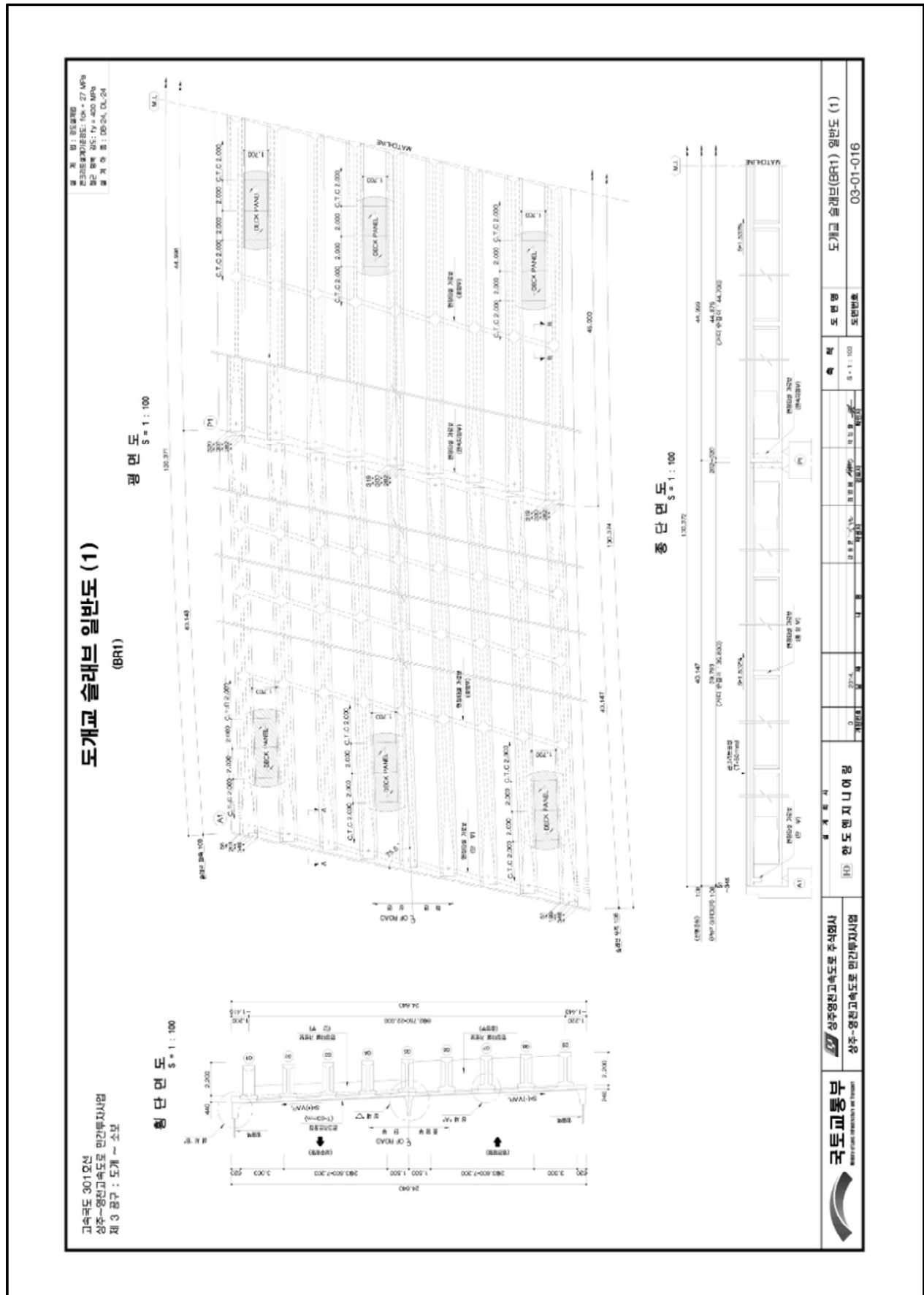
3.1.3 시설물 일반도



【그림 3.1.3】 종평면도



【그림 3.1.4】 슬래브 일반도



【그림 3.1.5】 교량받침 배치도

고속도로 301호선
상주-영천고속도로 민간투자사업
제 3 공구 : 도개 - 소교

평면도 S = 1 : 100

도개교 슬래브 일반도 (1)
(BR1)

평면도 S = 1 : 100

상주-영천고속도로 민간투자사업
제 3 공구 : 도개 - 소교

평면도 S = 1 : 100

도개교 슬래브 일반도 (1)
(BR1)

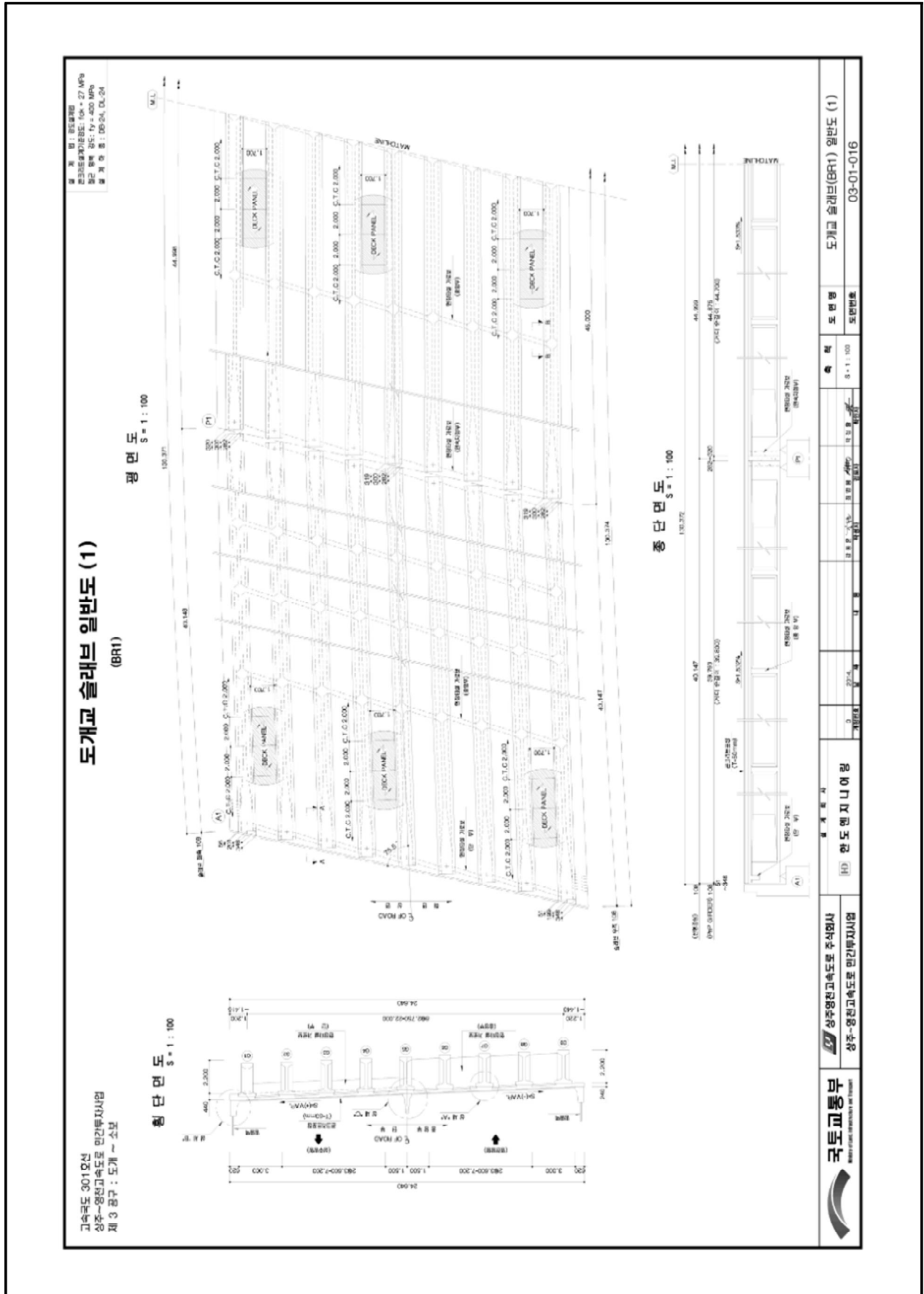
평면도 S = 1 : 100

상주-영천고속도로 민간투자사업
제 3 공구 : 도개 - 소교

평면도 S = 1 : 100

도개교 슬래브 일반도 (1)
(BR1)

평면도 S = 1 : 100



【그림 3.1.7】 교각 일반도

고속도로 301오션
상주-영천고속도로 민간투자사업
제3공구 : 도개 ~ 소탄

도개교 슬래브 일반도 (1)
(BR1)

평면도 S=1:100

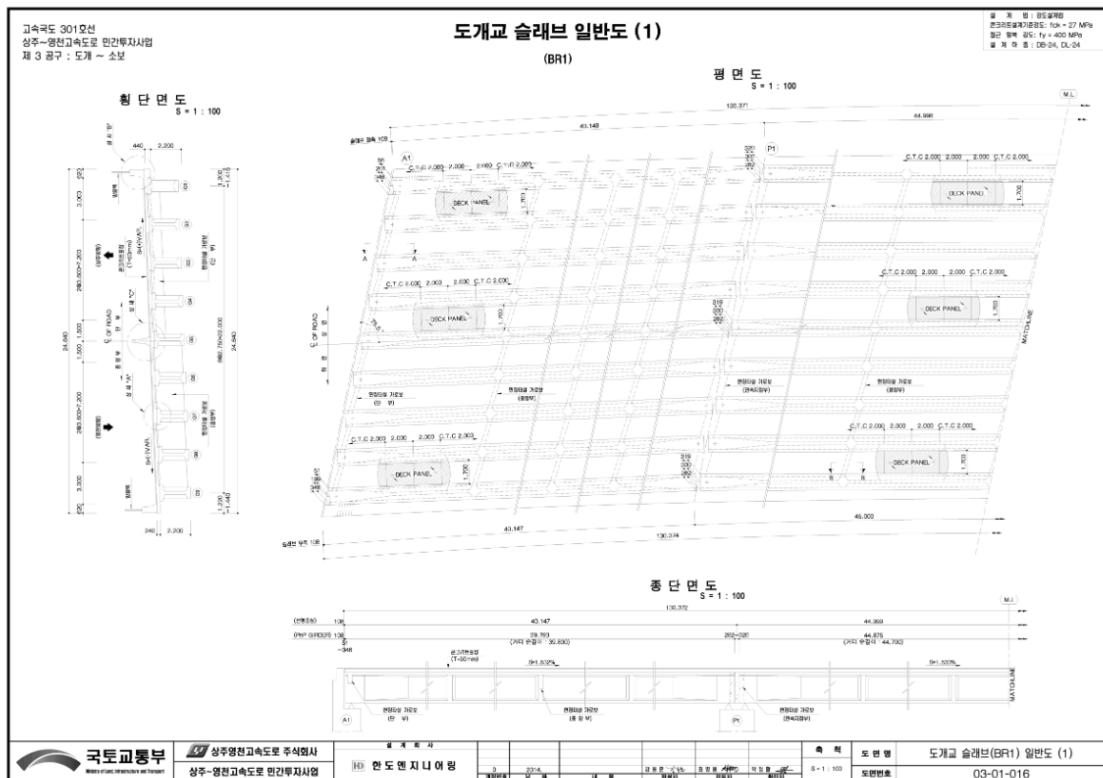
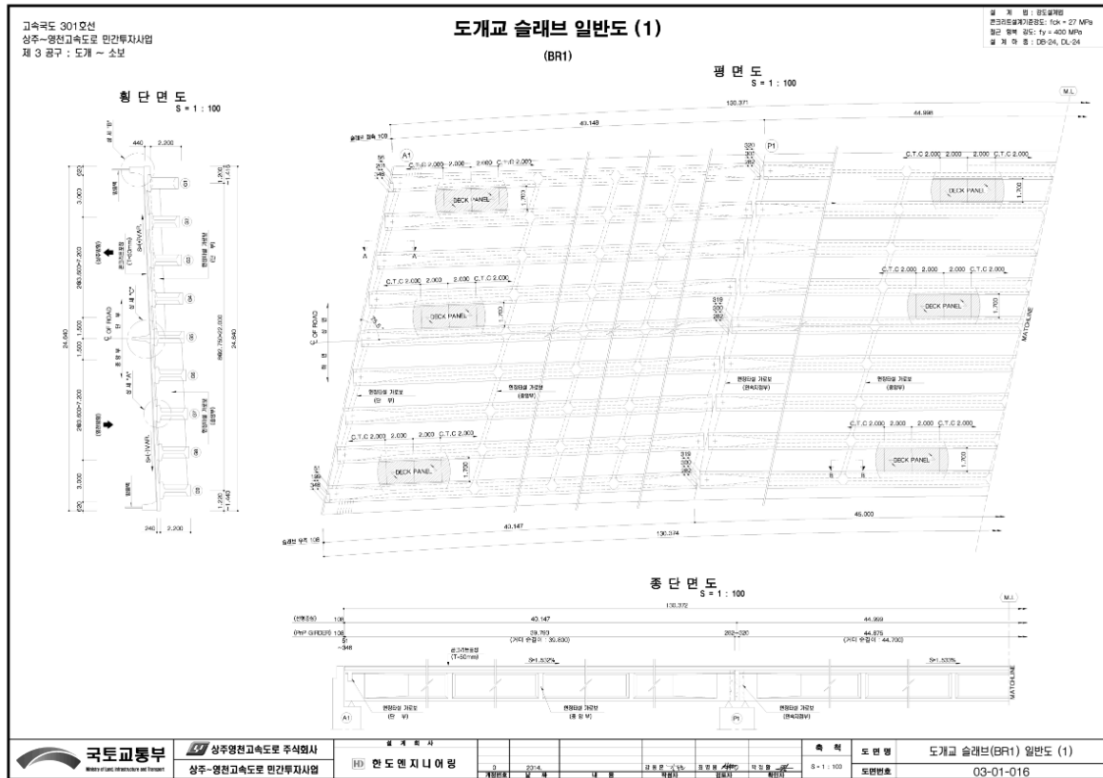
종단면도 S=1:100

상주영천고속도로 주식회사
상주-영천고속도로 민간투자사업

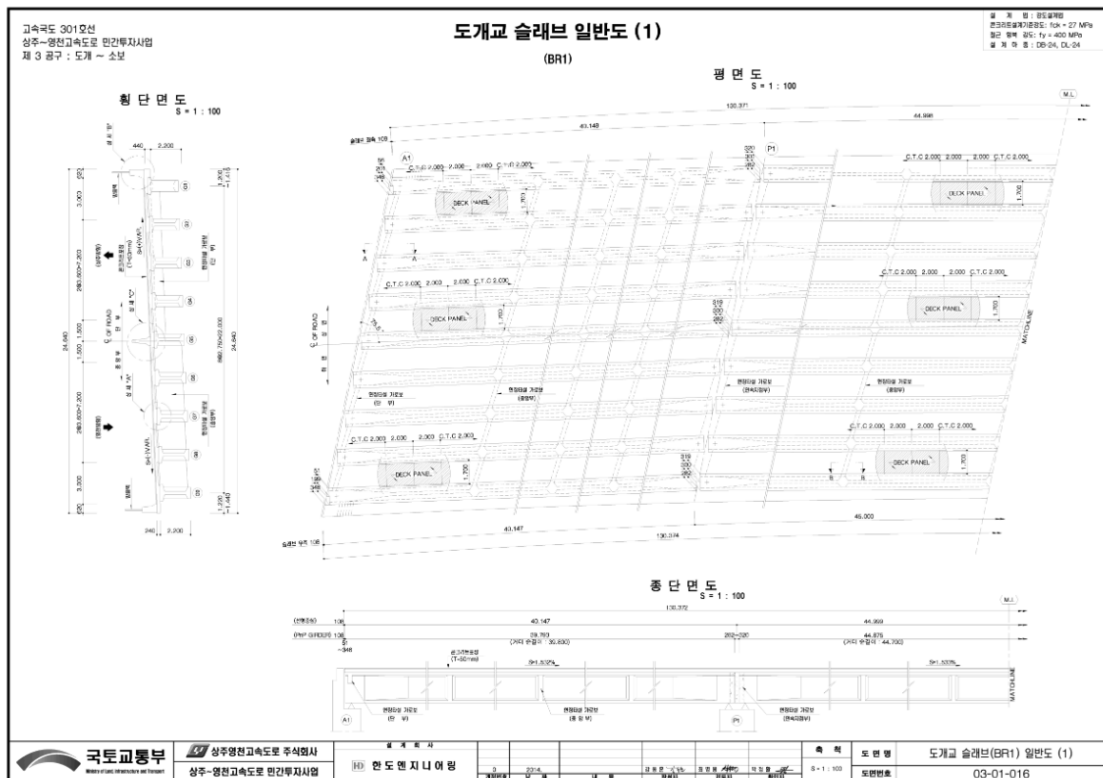
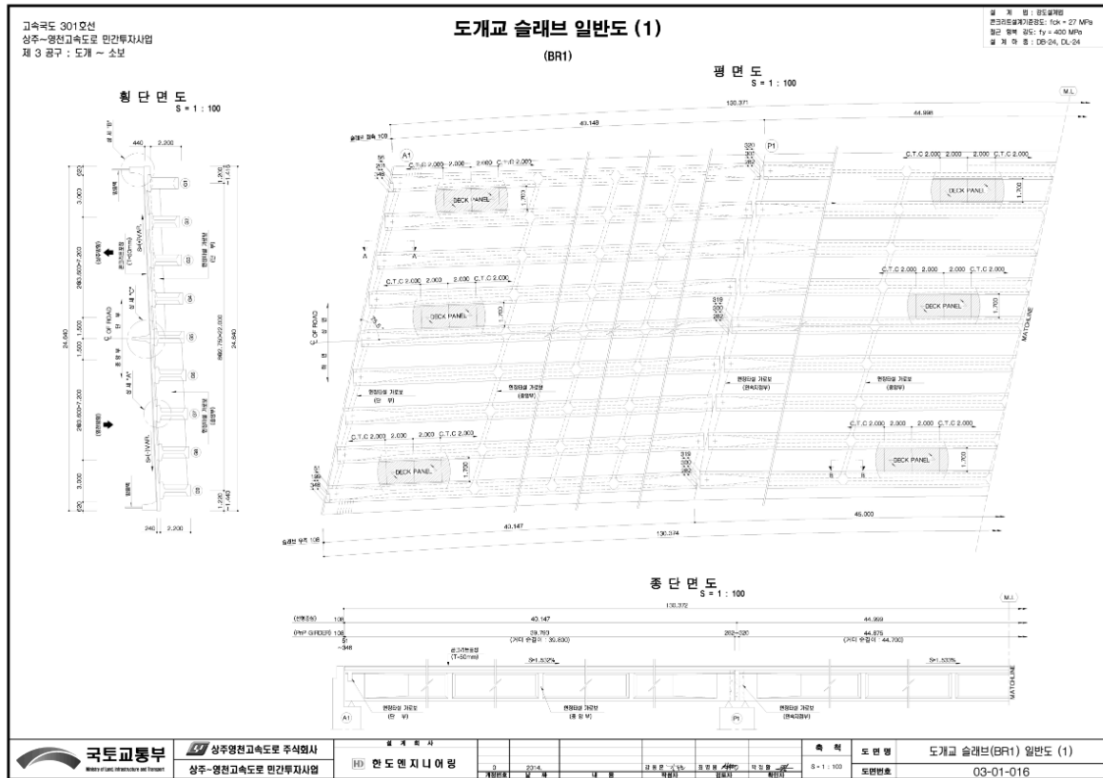
국토교통부
MINISTRY OF LAND, INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT

도개교 슬래브(BR1) 일반도 (1)
도면번호 8-1-1-100
축척 8:1:100

03-01-016



【그림 3.1.9】 교대 배근도



【그림 3.1.10】 교각 배근도

3.2 자료수집 및 분석

3.2.1 설계자료 검토

구 분	구조물 현황, 제원 및 설계조건
교량의 제원	-형 식 : 14경간 PC빔교(PCI) -연 장 : $L=14@30=420.0\text{m}$ -폭 원 : 19.50~22.80m
설계등급	1등교(DB-24 / DL-24)
설계적용 방 법	강도설계법
재 료	콘크리트 : $\sigma_{ck}=350\text{kg/cm}^2$ (주형), $\sigma_{ck}=270\text{kg/cm}^2$ (슬래브, 횡빔), $\sigma_{ck}=210\text{kg/cm}^2$ (하부) 철근 : $\sigma_y=4,000\text{kg/cm}^2$ (슬래브), $\sigma_y=3,000\text{kg/cm}^2$ (하부) 단위중량 : 콘크리트 = 2.5t/m^3
토질조건	흙의 단위중량(γ_s) : 2.0t/m^3 내부마찰각(ϕ) : 35° 토압계수(상시) : Rankine 주동토압 적용 토압계수(지진시) : Monobe Okabe 공식
검토결과	바닥판 캔틸레버부 $\phi M_n = 11.661\text{t} \cdot \text{m} > M_u = 5.830\text{t} \cdot \text{m} \quad \therefore O.K$ $\phi M_n / M_u = 11.661 / 5.830 = 2.00$ 바닥판 중앙부 $\phi M_n = 11.661\text{t} \cdot \text{m} > M_u = 6.240\text{t} \cdot \text{m} \quad \therefore O.K$ $\phi M_n / M_u = 11.661 / 6.240 = 1.87$ 하부 구조(교대, 교각) 검토 결과, 상시 및 지진시 안정성을 확보하고 있는 것으로 확인 됨.

3.2.2 토질 및 지반조사 자료 검토

1) 매립토층(Fill)

- 제방축조 등 기타 성토작업으로 형성된 지층으로서 시추공 No. BB-63, 72, 73 위치의 지층 상부에 0.3~3.7m의 두께로 분포하고 있다.
- 본 지층은 자갈 및 실트 섞인 세립 내지 조립의 모래로 구성되어 토질분류 시 SM으로 분류되며 N-치는 4~13회 정도로서 느슨함 내지 중간 정도 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

2) 표토 및 전답토층(Top & Paddy Soil)

- 지층의 최상부에 위치하여 현 지표면을 피복하고 있는 지층으로서 매립토층이 분포되어있는 시추공 No. BB-63, 72, 73 위치를 제외한 그 외 전역에 걸쳐 지층 상부에 0.2~0.5m 정도의 두께로 분포하고 있다.

- 본 지층은 실트 섞인 세립 내지 중립 또는 조립의 모래, 세립의 모래 및 실트 섞인 점포 또는 실트로 구성되어 토질분류 시 SM, CL, ML로 분류되며 상대밀도와 Consistency의 경우 모래층은 느슨한 상태이며 점성토층은 매우 연약함 내지 연약한 상태이다.

3) 충적토층(Alluvial Deposit)

- 유수의 운반퇴적작용에 의하여 형성된 지층으로서 시추공 No. BB-64, 65, 66, 67, 68 위치의 전답토층 하부에 0.4~3.6m 정도의 두께로 분포되어 있는데 구성성분에 따라 모래층과 자갈층으로 구별된다.

-모래층 : 본 지층은 주로 자갈 및 실트 섞인 세립 내지 중립 또는 조립의 모래로 구성되어 토질분류 시 SM 및 SP-SM으로 분류되는 지층으로서 시추공 No. BB-64, 66, 68 위치의 층 전체 또는 상부에 1.2~3.6m 정도의 두께로 분포되어 있는데 N-치는 7~50회 이상으로서 느슨함 내지 매우 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

-자갈층 : 본 지층은 세립 내지 조립의 모래 섞인 자갈층으로 구성되어 토질분류 시 GP로 분류되는 지층으로서 시추공 No. BB-65, 66, 67 위치의 층 전체 또는 하부에 0.4~2.7m 정도의 두께로 분포되어 있는데 N치는 50회 이상으로서 매우 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

4) 붕적토층(Colluvial Deposit)

- 사면의 활동, 붕괴 또는 기타 요인에 의하여 경사면의 상부로부터 하부로 흩이 이동되어 형성된 지층으로서 시추공 No. BB-62, 71, 72, 73, 75, 76 위치의 매립토 또는 표토층 하부에 0.7~2.2m 정도의 두께로 분포하고 있다.
- 본 지층은 자갈 및 실트 섞인 세립 내지 중립 또는 조립의 모래로 구성되어 토질분류 시 SM으로 분류되며 상대밀도는 느슨함 내지 매우 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

5) 풍화잔류토층(Residual Soil)

- 기반암이 풍화작용에 의하여 완전히 토사화되어 원위치에 잔류되어 있는 지층으로서 시추공 No. BB-62, 70, 71, 72, 76 위치에 지표면으로부터 0.2~1.1m 심도에 1.5~3.7m 정도의 두께로 분포하고 있다.
- 본 지층은 실트 섞인 세립 내지 중립 또는 조립의 모래로 구성되어 토질분류 시 SM으로 분류되며 N-치는 28~50회 이상으로서 중간 정도 조밀함 내지 매우 조밀한 상태의 상대밀도를 보여준다.

6) 풍화암층(Weathered Rock)

- 기반암인 편마암 및 편암이 풍화작용을 받아 형성된 층으로서 모암의 조직과 형태를 그대로 보존하고 있으나 역학적 성질은 거의 상실한 상태이다.
- 본 풍화암층은 시추공 No. BB-64, 66, 67, 68, 71 위치를 제외한 그 외 전역에 걸쳐 지표면으로부터 0.3~4.0m의 심도에 0.2~6.5m 정도의 두께로 분포되어 있는데 모암이 흙(풍화 잔류토)으로 변해가는 과정에 있고 암질이 부식된 상태여서 시추작업 시 코아(Core) 회수가 불가능하였으며, 표준관입시험 과정에서 채취된 시료는 함마에 의해 가해지는 타격에너지에 의하여 실트 섞인 쉘비 내지 조립의 모래 및 암편으로 완전히 분쇄된 상태였다.

7) 연암층(Soft Rock)

- 기반암인 편마암 및 편암이 부분적으로 선택 풍화작용을 받아 변질되어 형성된 층으로서 지표면으로부터 0.9~10.2m 정도의 심도에 분포하고 있다.
- 본 연암은 그 풍화 정도가 풍화암과 경암의 중간과정으로서 풍화가 진전 또는 진행 중에 있는 층이고 균열 및 절리가 발달하여 굴진 작업 과정에서 암편 내기 단주상으로 회수되었는데 코아(Core) 회수율(T.C.R)은 5~78%, R.Q.D는 0~16% 정도이다.

8) 경암층(Hard Rock)

- 기반암인 편마암 및 편암이 보통풍화 내지 신선한 상태의 층으로서 시추공 No. BB-66, 68, 74 위치에 지표면으로부터 3.8~5.0m 정도의 심도에 분포되어 있다.
- 본 경암은 약간의 균열 및 절리가 발달 되어 있으나 대체로 신선한 상태이며 코아회수율(T.C.R)은 76~99%, R.Q.D는 25~44% 정도이다.

3.2.3 시설물 점검이력

【표 3.2.1】 동향교 점검이력사항

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
1	정기안전 점검	2023.10.15 ~2023.11.30	자체수행	양호	- 교면포장: 토사퇴적, 포장파손 - 배수시설: 배수구막힘, 배수관막힘, 배수관미설치, 배수관유출불량, 배수로파손, 그레이팅망실 - 난간및연석: 균열(0.3mm미만), 균열부백태, 백태, 표면긱힘, 가드레일변형 - 신축이음: 차수판덮개볼트탈락, 신축이음하부누수, 유간토사퇴적 - 바닥판: 균열(0.3mm이상), 균열(0.3mm미만), 누수흔적 및 누수오염, 철근노출및박락, 박락, 충분리, 백업재탈락, 백태, 보수재박리 - 거더및가로보: 균열(0.3mm이상), 균열(0.3mm미만), 누수오염, 박락및충분리, 보수부들뜸, 박락및철근노출, 보수재박리, 재료분리, 충분리, 인양홀주변파손 - 교량받침: 받침물탈균열(0.3mm이상, 미만), 받침콘크리트균열(0.3mm미만), 받침물탈파손, 받침콘크리트충분리(들뜸), 박리, 받침플레이트부식및도장박리 - 하부구조: 균열(0.3mm이상), 균열(0.3mm미만), 누수흔적, 보수부재균열(0.3mm미만), 망상균열, 보수부망상균열, 누수오염, 누수흔적, 긱힘, 박리및박락, 재료분리, 충분리, 파손, 박락및철근노출, 백태, 보수재박리 - 공중이용이이용하는부위: 전반적상태양호
2	정밀안전 점검	2023.03.30 ~2023.09.13	반석안전(주)	B등급	-바닥판하면: 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 누수흔적및누수오염, 철근노출및박락, 박락, 충분리, 백업재탈락, 백태, 보수재박리 -거더/가로보: 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 누수오염, 박락및충분리, 보수부들뜸, 박락및철근노출, 보수재박리, 재료분리, 충분리, 인양홀주변파손 -교대/교각: 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 누수흔적, 보수부재균열(0.3mm미만), 망상균열, 보수부망상균열, 누수오염및누수흔적, 긱힘, 박리및박락, 재료분리, 충분리, 파손, 박락및철근노출, 백태, 보수재박리 -교량받침: 받침물탈균열(0.3mm미만), 받침물탈균열(0.3mm이상), 받침콘크리트균열(0.3mm미만), 받침물탈파손, 받침콘크리트충분리(들뜸), 박리, 받침플레이트부식및도장박리 -신축이음장치: 차수판덮개볼트탈락, 신축이음하부누수, 유간토사퇴적 -교면포장: 토사퇴적, 포장파손 -방호벽및중앙분리대: 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 균열부백태, 백태, 긱힘및파손, 표면긱힘, 철근노출, 표면열화, 가드레일변형 -배수시설: 배수관막힘, 배수구막힘, 배수관미설치, 배수관유출불량, 배수로파손, 그레이팅망실 -점검시설: 점검사다리하부고정불량, 점검시설고정편탈락, 점검통로미설치, 출입시설미설치
3	정기안전 점검	2023.04.11 ~2023.06.12	자체수행	양호	신축이음(후타재 파손, 하부 누수), 바닥판 하면(박락 및 철근노출), 거더(박락, 충분리), 가로보(박락 및 철근노출), 교대 및 교각(균열, 망상균열, 충분리)

【표 3.2.1】 동향교 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
4	정기안전 점검	2022.10.05 ~2022.12.09	자체수행	양호	신축이음 후타재 균열
5	정기안전 점검	2022.01.01 ~2022.06.30	자체수행	양호	지속관찰
6	정기안전 점검	2021.07.01 ~2021.12.31	자체수행	양호	지속관찰
7	정기안전 점검	2021.01.01 ~2021.06.30	자체수행	양호	지속관찰
8	정밀안전 점검	2021.03.12 ~2021.06.09	케이아이엠 (주)	B등급	-교면포장:포장균열,포장망상균열,포장파손 -난간/연석:균열,균열부백태,긁힘,표면열화,잡철물노출,난간변형등 -배수시설:배수구/배수관막힘,배수관/유공관부식,배수관미설치등 -신축이음:본체부식,유간토사퇴적,후타재균열/박락/표면박리등 -바닥판:균열,백태,보수재박리 -거더:인양홀주변파손,보수부재균열,박리 -가로보:상태양호 -교량받침:플레이트부식,반침콘크리트균열/들뜸/박리,무수축물탈균열/파손 -교대/교각:법면보호블럭탈락/배부름,균열,보수부재망상균열,박리,들뜸등
9	정기안전 점검	2020.07.01 ~2020.12.31	자체수행	양호	지속관찰
10	정기안전 점검	2020.01.01 ~2020.06.30	자체수행	양호	지속관찰
11	정기안전 점검	2019.07.01 ~2019.12.31	자체수행	양호	지속관찰
12	2종성능 평가	2019.08.28 ~2019.12.16	(주)신우기술	B등급	대상시설물은 성능목표 등급(B등급)과 종합성능 평가등급(B등급)이 서로 부합되고 있는 것으로 평가되었으며, 향후 시설물의 성능향상 및 유지관리 측면에서 우선순위에 맞는 순차적인 보수를 실시한다면 내구연한을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

【표 3.2.1】 동향교 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
13	정밀안전 점검	2019.08.28 ~2019.12.16	(주) 신우기 술	B등급	외관조사결과구조적인손상은없는것으로조사됨 바닥판하면:균열(cw=0.3mm미만),박리,들뜸,철근노출,백태,보수재박리등 거더및가로보:균열(cw=0.3mm미만),보수부재균열,박리,박락,들뜸,백태,재료분리등 교대/교각:균열(cw=0.3mm미만),망상균열,박리,박락,재료분리,파손,균열,들뜸,표면박리,누수흔적,폐콘크리트적치,법면보호블록탈락및들뜸,수목전도우려등 교량받침:본체부식,균열(cw=0.3mm미만),받침콘크리트들뜸,박락등 신축이음:본체부식,유간토사퇴적,하부누수,균열(cw=0.3mm미만),마모,박리,박락,파손,차수판망실,덮개볼트탈락등 교면포장:포장균열,망상균열,파손 방호벽:균열(cw=0.3mm미만),보수부재균열,균열부백태,파손,텔리네이터파손,중앙분리대난간변형등 배수시설:배수구및배수관막힘,부식,그레이팅망실,배수관미설치,유공관길이부족,배수로파손등 부속시설:교각점검로고정편탈락
14	정기안전 점검	2019.01.01 ~2019.06.30	자체수행	양호	지속관찰
15	정기안전 점검	2018.10.01 ~2018.12.31	자체수행	양호	지속관찰
16	정기안전 점검	2018.04.01 ~2018.06.30	자체수행	양호	지속관찰
17	정기안전 점검	2017.10.01 ~2017.12.31	자체수행	양호	지속관찰
18	정밀안전 점검	2017.10.31 ~2017.12.22	케이에스엠 기술(주)	B등급	-교면포장:포장균열,망상균열,파손 -난간및연석:균열,균열부백태,백태,난간변형,텔리네이터파손 -바닥판하면:균열,균열부백태,박리,파손,철근노출 -거더및가로보:균열,박리,파손,들뜸,재료분리,철근노출 -교대및교각:균열,박락,박리,재료분리,파손,들뜸,표면열화 -신축이음/교량받침:후타재균열,본체부식,받침플레이트부식,가동상태양호 -배수시설:배수구및배수관막힘,배수관부식,그레이팅망실
19	정기안전 점검	2017.04.01 ~2017.06.30	자체수행	양호	지속관찰
20	정기안전 점검	2016.10.01 ~2016.12.31	자체수행	양호	지속관찰
21	정기안전 점검	2016.04.01 ~2016.06.30	자체수행	양호	지속관찰

【표 3.2.1】 동향교 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
22	정기안전 점검	2015.10.01 ~2015.12.31	자체수행	양호	지속관찰, 16년 조치예정
23	정밀안전 점검	2015.09.25 ~2015.12.18	(주)동우기 술단	B등급	*바닥판하면:균열백태,철근노출,박락,파손 *거더:단부균열,박락및파손,복부박락 *가로보:균열(cw=0.2mm),박락,재료분리,철근노출 *교대및교각:홍벽파손,폐콘크리트적치,들뜸,박락,파손, 받침플레이트부식 *신축이음:유간토사퇴적,차수덮개설치불량,고무재갈라 짐,후타재균열,박리,박락,파손등 *교면포장:콘크리트포장균열,망상균열,포장파손등 *배수시설:집수구막힘17개소,배수관막힘6개소,그레이 팅망실 *난간및연석:중앙분리대난간변형,방현망파손
24	정기안전 점검	2015.04.01 ~2015.06.30	자체수행	양호	지속관찰, 15년 후반기 예산확보후 조치예정
25	정기안전 점검	2014.07.01 ~2014.12.31	자체수행	양호	예산확보후 조치예정
26	정기안전 점검	2014.01.01 ~2014.06.30	자체수행	양호	예산확보후 조치예정
27	정기안전 점검	2013.11.01 ~2013.12.31	자체수행	보통	14년 조치예정
28	정밀안전 점검	2013.04.30 ~2013.07.26	주식회사 남양이엔씨	B등급	신축이음 하부누수로 인한 받침플레이트 부식 및 교각 박락, 바닥판하면 균열 및 망상균열, 거더 및 가로보 균열, 박락 및 파손, 교각 균열 및 망상균열, 포장 망상균열, 방호벽 균열, 배수구 막힘, 배수관 길이부족 등 공용중 발생하는 손상이 조사되었다.
29	정기안전 점검	2013.05.01 ~2013.06.30	자체수행	양호	13년 조치예정
30	정기안전 점검	2012.11.01 ~2012.12.31	자체수행	보통	교면포장(균열), 신축이음(후타재 마모)
31	정기안전 점검	2012.05.01 ~2012.06.30	자체수행	보통	포장 균열, 중분대 가드레일 변형, 배수관 부식, 신축이음 후타재 마모, 교각주변 토사유실
32	정기안전 점검	2011.12.20 ~2011.12.20	자체수행	양호	신축이음 후타재 균열, 바닥판,거더,교대교각 균열 및 파손, 백태
33	정밀안전 점검	2011.03.28 ~2011.06.25	(주)경호엔 지니어링중 합건축사사 무소	C등급	아스팔트 포장열화, 바닥판 망상균열 및 백태, 표면보호부 들뜸, 교량받침 부식, 교각 박락, 콘크리트 포장균열, 배수구 시공불량,
34	정기안전 점검	2011.06.21 ~2011.06.21	자체수행	양호	신축이음부 파손, 교면포장 균열
35	정기안전 점검	2010.12.08 ~2010.12.08	수원국도관 리사무소	양호	포장파손 다수발생, P12~14바닥판 균열및누수
36	정기안전 점검	2010.06.21 ~2010.06.21	수원국도관 리사무소	양호	교면포장 파손, 슬래브 하면 균열 다수발생, 슬래브 하면 누수 및 백태발생

【표 3.2.1】 동향교 점검이력사항(계속)

번호	구분	기간	점검업체	등급	주요 점검 결과
37	정기안전 점검	2010.06.21 ~2010.06.21	수원국도관 리사무소	양호	교면포장 파손, 슬래브 하면 균열 다수발생, 슬래브 하면 누수 및 백태발생
38	정기안전 점검	2009.11.16 ~2009.11.16	수원국도관 리사무소	양호	포장파손, 슬래브 바닥판 하면 망상균열
39	정기안전 점검	2009.05.25 ~2009.05.25	수원국도관 리사무소	양호	포장파손, 슬래브 바닥판 하면 망상균열 신축이음 파손
40	정밀안전 점검	2009.02.13 ~2009.04.24	(주)다음기 술단	B등급	대체로 내구성은 적정수준을 유지하고 있는 상태이나, 교면 배수 설비 부작 불량에 의한 교면 체수 발생 및 바닥판 하면 열화 손상이 비교적 넓은 범위에서 발생되어 있는 상태
41	정기안전 점검	2008.11.04 ~2008.11.04	수원국도관 리사무소	양호	외관상 이상없음
42	정기안전 점검	2008.06.11 ~2008.06.11	수원국도관 리사무소	양호	신축이음 파손
43	정기안전 점검	2007.12.07 ~2007.12.07	수원국도유 지건설사무 소	양호	양호
44	정밀안전 점검	2007.06.26 ~2007.09.23	영동이엔지 (주)	B등급	교량의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않았음
45	정기안전 점검	2007.05.23 ~2007.06.07		양호	포장균열 및 재료준비
46	정기안전 점검	2006.11.22 ~2006.11.22	수원국도유 지건설사무 소	양호	주의 관찰
47	정기안전 점검	2006.06.23 ~2006.06.23	자체수행	양호	대체로 양호하나 포장 누수 및 밀림
48	정기안전 점검	2006.06.23 ~2006.06.23	수원국도유 지건설사무 소	양호	대체로 양호하나 포장 누수 및 밀림
49	정기안전 점검	2005.10.31 ~2005.10.31		양호	신축이음부 누수 및 교면포장 손상
50	긴급안전 점검(특 별)	2005.04.18 ~2005.05.31	에스큐엔지 니어링(주)	A등 급	상태양호

3.2.4 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년06월)

구분		내용
용역명		· 국도45호선 양벌대교 등 2개소 정밀안전점검 및 내진성능평가 용역
용역기간		· 2021. 03. 12. ~ 2021. 06. 09
용역사		· 케이아이엠(주)
외관조사	교면포장	· 포장균열, 포장망상균열, 포장파손
	난간 및 연석	· 균열, 균열부백태, 긁힘, 표면열화, 잡철물 노출, 난간변형 등
	배수시설	· 배수구/배수관 막힘, 배수관/유공관 부식, 배수관 미설치 등
	신축이음	· 본체부식, 유간 토사퇴적, 후타재 균열/박락/표면박리 덮개볼트 탈락
	바닥판	· 균열, 백태, 보수재 박리
	거더	· 인양홀 주변 파손, 보수부재균열, 박리
	가로보	· 상태양호
	교량받침	· 플레이트 부식, 받침콘크리트 균열/들뜸/박리, 무수축물탈 균열/파손
	교대/교각	· 법면보호블럭 탈락/배부름, 균열, 보수부재망상균열, 박리, 들뜸 등
	점검시설	· 점검로 고정핀 탈락, 점검통로 및 출입시설 미설치
	기타시설	· 교량 하부 컨테이너 박스, 간이 화장실, 폐자재 등이 무단설치
비파괴 시험	강도	· 내구성 저하 및 콘크리트 품질불량에 의한 문제가 없는 양호한 상태
	탄산화	· 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “b” 등급
종합의견		· 동향교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 로 평가됨. · 상태평가 결과를 통한 종합평가 결과 동향교는 “B” 로 평가됨.

3.2.5 전차 2중성능평가 실시결과(2019년12월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판	■ 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과, 폭 0.3mm 미만 균열, 박리, 들뜸, 철근노출, 백태, 보수재 박리 등의 손상이 조사되었다.	
거더 및 2차부재	■ 거더 및 가로보에 대한 외관조사 결과, 폭 0.1mm 균열, 보수부 재균열, 박리, 박락, 들뜸, 재료분리 등의 손상이 조사되었다.	
교대 및 교각	■ 교대 및 교각에 대한 외관조사 결과, 전회 점검 이후 폭 0.3mm에 대하여 전반적이 보수가 되었으며, 폭 0.1~0.2mm 균열, 파손, 박리, 폐콘크리트 적치의 경우 부분적인 보수가 실시된 상태이다. ■ 금회 점검에서는 미 보수된 폭 0.1~0.2mm 균열, 망상균열, 박리, 박락, 재료분리, 파손, 굽힘, 들뜸, 표면박리, 누수흔적, 콘크리트 적치, 법면 보호블록 탈락 및 들뜸, 수목전도 우려 등의 손상이 조사되었다.	
받침장치	■ 연단거리 및 받침의 가동상태는 적정한 것으로 검토됨 ■ 받침장치에 대한 외관조사 결과, 전회 점검 이후 본체 부식에 대하여 전반적인 도장보수를 실시한 것으로 확인되었으며, 금회 점검에서는 본체 도장보수 부위 채손상, 무수축몰탈 및 받침콘크리트에서 폭 0.1mm 균열, 받침콘크리트 들뜸, 박락 등의 손상이 추가 조사되었다.	
신축이음장치	■ 신축이음부는 적정한 유간을 확보하고 있는 상태로 검토됨 ■ 신축이음 장치에 대한 외관조사 결과, 본체 부식, 유간 토사퇴적, 하부 누수, 폭 0.1~0.2mm 후타재 균열, 마모, 박리, 박락, 파손, 차수판 망실, 덮개 볼트탈락 등의 손상이 조사되었다.	
교면포장	■ 교면포장의 경우 전회 점검 이후 접촉도로 아스팔트 포장 파손, 마모는 전반적인 보수, 본선구간 콘크리트 포장 망상균열에 대하여 부분적인 보수 조치가 실시된 상태이다. 금회 점검에서는 다수의 미세 망상균열, 국부적인 포장 균열이 추가 조사되었다.	
배수시설	■ 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수구 및 배수관 막힘, 부식, 그레이팅 망실, 배수관 미설치, 유공관 길이부족, 배수로 파손 등의 손상이 조사되었다.	
방호시설	■ 방호벽에 대한 외관조사 결과, 폭 0.1~0.2mm 균열 및 보수부 재균열, 균열부 백태, 파손, 텔리네이터 파손, 중앙분리대 난간변형 등의 손상이 조사되었다.	
점검시설	■ 점검로에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 설치 및 부착상태는 양호한 것으로 조사되었으며, P9 점검로 고정핀 탈락이 신규 확인되어 유지관리시 안전사고를 초래할 수 있으므로 재설치를 통한 정비 조치가 필요하다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

구분	시험부위	시험 결과	평가
콘크리트 강도시험	바닥판	31.9MPa	▶ 반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도 추정결과, 양호한 상태로 평가됨
	가로보	27.4MPa	
	거더	46.6MPa	
	교대,교각	28.9MPa	
탄산화 시험	바닥판	4.7~6.8mm	▶ 탄산화에 의한 잔여피복두께는 모두 34.7~74.0mm로(평가 : a) 양호한 상태로 평가됨
	교대,교각	3.3~5.5mm	
철근배근 탐사	상부 하부	배근간격 : 설계도면과 유사 피복두께 : 설계도면과 유사	▶ 설계도면과 유사함

다. 종합평가 및 안전등급 지정

1) 시설물의 안전성능평가

상태안전성능평가에서 일부 부재에 균열, 파손, 들뜸, 철근노출 등의 손상으로 인하여 b등급으로 산정되었으며, 구조안전성능평가(2005년 초기점검 참고)의 경우 내하력 평가에서 a등급으로 산정되어 안전성능평가는 B등급(일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준)으로 평가되었다.

2) 시설물의 내구성능평가

내구성능평가에서는 열화진전평가와 열화환경평가를 검토하였으며, 열화진전평가는 a등급으로 산정되어 내구성능평가는 A등급(외부 환경조건 등으로 인한 내구성능저하가 발생할 가능성이 낮은 성능 수준)으로 평가되었다. 또한 평가등급에는 영향을 미치지 않으나 교량의 유지관리를 위한 참고자료로 활용되는 열화환경평가에서 제설제 염해환경 b등급, 염해환경 평가는 a등급, 동해환경 평가는 c등급으로 산정되었다.

3) 시설물의 사용성능평가

사용성능평가에서는 사용성평가 및 기능성평가를 검토하여 세부지표의 평가 결과에 가중치를 반영하여 성능평가등급을 결정하였다. 사용성평가의 세부지표는 포장상태, 교량조명, 진동사용성이며, 기능성평가의 세부지표는 점검로 및 교통량으로 사용성능평가는 C등급(장래 수요 및 외부조건 변화에 대해 기능발휘 또는 사용상 편의에 일부 문제점이 있어 일부 개선이 필요한 성능 수준)으로 평가되었다.

구분	안전성능		내구성능		사용성능				종합 성능
	상태안전 성능	구조안전 성능	강재 내구성능	콘크리트 내구성능	포장 상태	진동 사용성	점검 시설	교통량	
동향교	0.222, B		0.107, A		0.342, C				0.211 B등급
	0.222	0.130	－	0.107	0.247	0.202	0.206	0.195	
종합평가	• 종합성능평가 “B등급” 으로 『일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속관찰하고 보수여부를 결정하여야 하는 성능수준』 으로 평가되었다.								

라. 종합결론

대상시설물은 성능목표 등급(B등급)과 종합성능 평가 등급(B등급)이 서로 부합되고 있는 것으로 평가되었으며, 향후 시설물의 성능향상 및 유지관리 측면에서 우선순위에 맞는 순차적인 보수를 실시한다면 시설물의 내구연한을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

3.2.6 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○ 관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○ 안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검자료	○ 점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○ 일괄보수 보다는 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○ 외관조사결과 각 부재의 균열, 들뜸, 박리, 파손, 박락, 재료분리, 누수흔적, 부식 등의 손상이 확인되었고 급회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○ 중대결함 : 없음 ○ 구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○ 점검일 현재 정기안전점검은 반기별로 주기적으로 실시되고 있으며, 정기안전점검은 39회, 정밀안전점검은 9회, 기타(부분점검·진단) 1회, 2중성능평가 1회를 실시하였으며, 전반적으로 점검시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

3.2.7 시설물 보수 이력

【표 3.2.2】 동향교 보수이력사항

번호	공사명	공사 구분	보수·보강부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비 (천원)	책임기술자
1	2022년 관내 교량배수시설 정비공사	보수	—	(주)건영이엔씨	—
	2022-06-27 ~ 2022-10-20		교량배수관 설치	249,100	(주)KG엔지니어링 종합건축사사무소
2	국도45호선 동향교 시설물 보수공사	보수	—	수원국토	지성건설(주)
	2020-04-16 ~ 2020-06-17		신축이음(NO.50 19m, NO.80 18m, NO.120 55m), 바닥판하면(표면보수: 4㎡, 단면보수: 34㎡), 교대(표면보수: 13㎡, 단면보수: 2㎡), 교각(표면보수: 207㎡, 단면보수: 54㎡)	311,300	(주)KG엔지니어링 종합건축사사무소

【표 3.2.2】 동향교 보수이력사항(계속)

번호	공사명	공사 구분	보수·보강부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비 (천원)	책임기술자
3	국도45호선 동향교 등 시설물 보수공사	보수	—	(주)세일엔지니어링	(주)건영이엔씨
	2018-12-06 ~ 2019-05-02		표면보수(바닥판, 교대, 교각), 단면보수(바닥판[천정, 천정{방청}, 벽체), 주입보수(교대 및 교각 : 9.2m), 교량받침 채도장 : 160개소	57,004	(주)내경엔지니어링
4	국도45호선 동향교 보수공사	보수	—	수원국토	진성스페이스(주)
	2014-07-16 ~ 2014-10-13		표면보수 : 4,044.49㎡, 단면보수 : 85.51㎡, 균열주입 : 46.6m, 콘크리트 면정리 : 188.46	561,600	동부엔지니어링(주)
5	국도38호선 청미교(하) 외 4개교 교면포장공사	보수	—	이해민	동현토건(주) 우동엽
	2011-09-30 ~ 2011-12-28		—	0	(주)다산건설턴트 한광홀
6	국도45호선 동향교 교면포장공사(2차)	보수	—	이해민	(주)동양개발 이순범
	2011-06-01 ~ 2011-06-23		—	0	(주)다산건설턴트 한광홀
7	진위교외 4개소 신축이음장치 교체공사	보수	—	김회준	동성산업개발(주)
	2009-07-27 ~ 2009-11-23		—	0	김찬화
8	국도39호선 발안교외 8개교 신축이음보수공사	보수	—	이정일, 김회준	한국화성건설(주)
	2008-06-16 ~ 2008-09-19		—	0	이종삼

3.2.8 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 3.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

3.2.9 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

3.2.10 하중변화 이력

준공이후 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

3.2.11 자료수집 현황

안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가를 위한 자료는 각 평가별 보고서 내에 수록하였다.

3.3 현장조사

3.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 전회 정밀안전점검 현장조사결과를 활용하였으며, 그것을 토대로 시설물의 상태현황 확인 및 성능평가 추가 조사를 실시하기 위하여 고소점검차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S14	도보, 고소점검차	2024.03.08.~2024.09.03.	
			
고소작업차 작업전경		고소작업차 작업전경	
			
도보 작업전경		제원측정 작업전경	

【사진 3.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

3.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 동향교의 상부구조는 PSCI 형식이며, 바닥판은 철근콘크리트 구조로 외측 좌·우 캔틸레버 부에는 우수의 흐름을 차단하기 위해 물끊기 홈이 설치되어 있다.



바닥판하면 전경

바닥판하면 전경

【사진 3.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 누수흔적 및 오염, 철근노출 및 박락, 박락, 백업재 탈락, 백태, 보수재박리, 층분리 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 기 점검결과와 비교한 결과 근접 상세조사 및 신축이음 하부 누수로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	0.60	2	1.50	4	▲ 0.90
	균열(0.3mm이상)	m	1.00	1	1.00	1	— —
	누수흔적 및 누수오염	m ²	—	—	7.05	5	▲ 7.05
	철근노출 및 박락	m ²	—	—	0.69	1	▲ 0.69
	박락	m ²	—	—	0.54	3	▲ 0.54
	백업재 탈락	EA	—	—	6.00	6	▲ 6.00
	백태	m ²	0.23	5	0.23	5	— —
	보수재박리	m ²	0.90	1	7.64	5	▲ 6.74
	층분리	m ²	—	—	0.41	2	▲ 0.41

A photograph showing a close-up of a concrete surface with a thin, horizontal red line drawn across it to indicate a crack.	A photograph showing a concrete surface with a dark, irregular stain, likely from a leak, and some structural elements above.
S3 바닥판 하면 균열 (0.3mm/1.0m)	S4 바닥판 하면 누수흔적 (0.5m×0.3m)
A photograph showing a concrete surface with a large, irregular area of delamination or separation, revealing a rough, broken interior.	A photograph showing a concrete surface with exposed rebar and areas of peeling or spalling concrete.
S6 바닥판 하면 층분리 (0.6m×0.6m)	S12 바닥판 하면 철근노출 및 박락 (2.3m×0.3m)
A photograph showing a concrete surface with a vertical crack and a small area of delamination.	A photograph showing a concrete surface with a large, rectangular area of missing repair material, revealing the underlying structure.
S12 바닥판 하면 층분리 (0.1m×0.5m)	S13 바닥판 하면 보수재박리 (1.0m×2.0m)

【사진 3.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 검토의견

- 바닥판에 발생한 균열, 망상균열은 대부분 폭 0.2mm이하로 일부 균열은 0.3mm의 폭으로 조사되었으며, 콘크리트의 재료적 특성인 시공초기 건조수축 및 환경조건(온도변화, 습윤상태) 등에 의해 발생한 비구조적인 균열로 일부 균열이 공용기간 증가로 인해 진전 및 확대된 것으로 판단된다. 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 균열 폭 0.3mm미만은 표면처리를 실시하고 0.3mm이상은 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 박락, 철근노출 및 박락, 층분리 손상은 주로 신축이음부 주변 바닥판 단부에 발생한 상태로 2020년 신축이음 장치 교체 당시의 외부충격과 공용중 신축이음에서 누수되는 교면수에 의한 손상으로 판단된다. 발생한 손상은 내구성확보를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 바닥판 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다.
- 누수흔적 및 누수오염, 백태는 대부분 신축이음부와 배수관 주변에서 발생한 상태로 누수로 인한 교면수의 유입에 의해 발생한 것으로 손상부위에 교면수 유입으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다.
- 보수재 박리는 보수미흡 및 공용기간 증가로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나 내구성 저하 방지차원에서 표면처리가 필요하다.

나. PSCI Girder

1) 부재의 개요

- 동향교의 주부재인 거더는 PSCI 형식으로 S1 10런, S2~S14 9런으로 배치되어 있으며, 가로보가 거더 사이에 시공되어 있다.



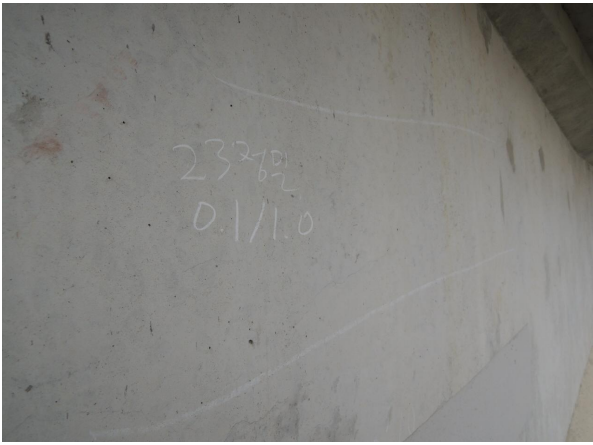
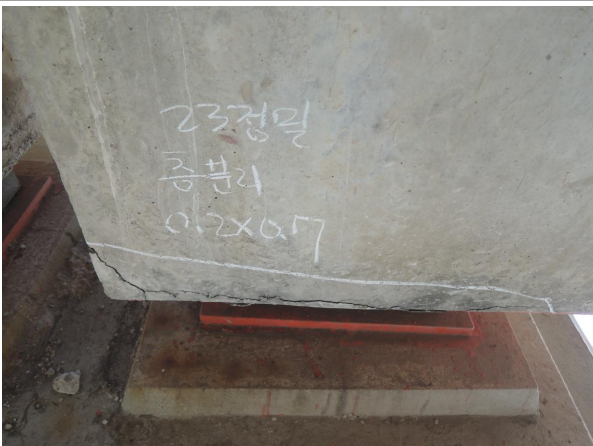
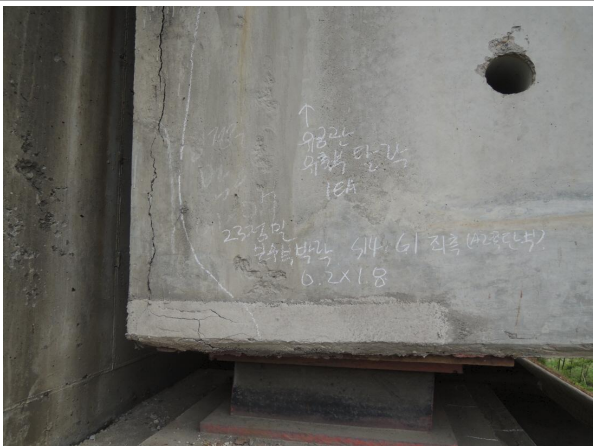
【사진 3.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더 외관조사 결과, 균열(cw=0.3mm미만), 누수오염, 박락 및 층분리, 보수부 들뜸 및 박락, 보수재 박리, 인양홀 주변 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 점검결과 비교 시 근접 상세조사 및 신축이음 하부 누수로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.3.2】 거더 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
거더	균열(0.3mm미만)	m	2.00	2	2.00	2	— —
	누수오염	m ²	—	—	1.53	3	▲ 1.53
	박락 및 층분리	m ²	—	—	2.16	26	▲ 2.16
	보수부 들뜸, 박락	m ²	—	—	1.66	10	▲ 1.66
	보수재 박리	m ²	—	—	0.16	1	▲ 0.16
	인양홀 주변 파손	m ²	0.01	1	0.11	4	▲ 0.10

	
거더 S3-G9 균열(0.1mm/1.0m, 2EA)	거더 S6-G1 박락(0.8m×0.2m)
	
거더 S9-G7 충분리(0.2m×0.7m)	거더 S14-G1 보수부박락(0.2m×1.8m)

【사진 3.3.5】 거더 손상현황

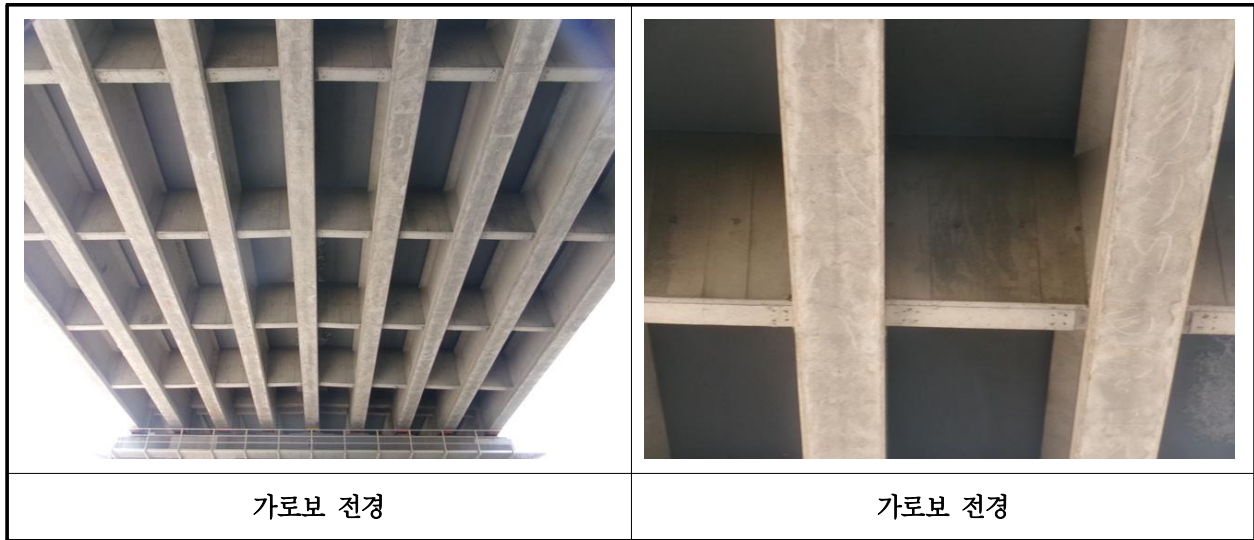
3) 검토의견

- S3-G9 거더 복부에 발생한 균열은 폭 0.1mm이하의 미세균열로 거더 중앙부가 아닌 지점부에 발생한 상태로 건조수축 및 수화열에 의해 발생한 미세균열이 공용 중 온도변화 등에 의해 육안으로 관찰되는 균열의 형태로 발전된 것으로 손상의 정도가 경미하고 박락, 녹물흔적 등 동반하는 2차 손상이 없는 점을 고려했을 때 표면처리하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다.
- 박락 및 충분리, 누수오염, 보수부 들뜸 및 박락, 보수재 박리 등의 손상은 주로 신축이음부 거더 단부에 발생한 상태로 신축이음에서 누수되는 교면수가 거더의 미세균열부에 지속적으로 유입되어 발생한 것으로 판단되며, 인양홀 주변 파손은 시공초기 거더 거치 시 발생한 손상으로 내구성확보를 위해 단면보수가 필요하다. 또한, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요할 것으로 판단된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 가로보는 바닥판 하면과 거더 사이에 고정되어 시공 중 거더를 안정시키고 거더에 작용하는 하중을 횡방향으로 전달 및 분배해주는 역할을 하며, 본 구조물에는 4.85m 간격으로 S1 거더와 거더 사이에 각 9개씩(CB1~CB9), S2~S14 거더와 거더 사이에 각 8개씩(CB1~CB8) 배치되어 있다.



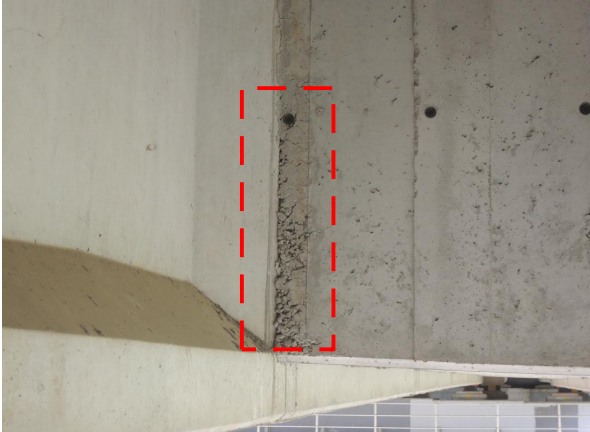
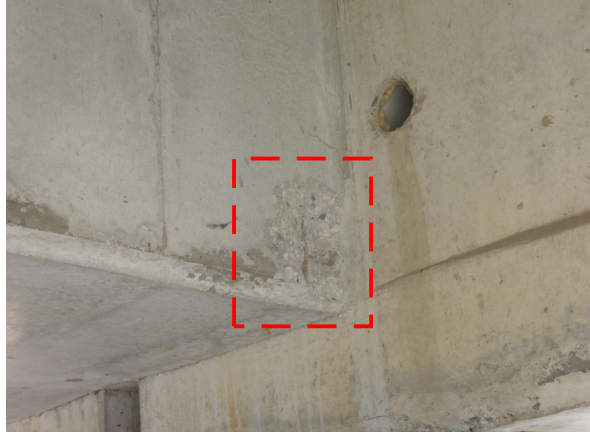
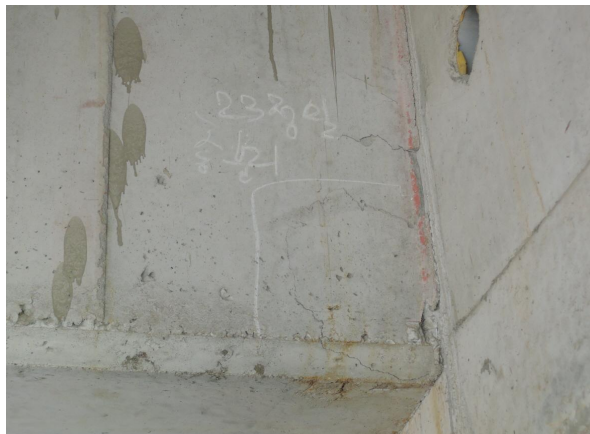
【사진 3.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보 외관조사 결과, 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 누수오염, 박락 및 철근 노출, 보수부 들뜸, 박락, 보수재 박리, 잡철물 노출, 재료분리, 층분리 등의 손상이 조사되었다. 기 점검결과 비교 시 근접 상세조사 및 신축이음 하부 누수로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
가로보	균열(0.3mm미만)	m	—	—	7.00	9	▲ 7.00
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	0.50	1	▲ 0.50
	누수오염	m ²	—	—	1.50	3	▲ 1.50
	박락 및 철근노출	m ²	—	—	0.10	2	▲ 0.10
	보수부 들뜸, 박락	m ²	—	—	0.41	3	▲ 0.41
	보수재 박리	m ²	—	—	0.09	1	▲ 0.09
	잡철물 노출	EA	—	—	4.00	4	▲ 4.00
	재료분리	m ²	—	—	0.20	1	▲ 0.20
	층분리	m ²	—	—	0.09	1	▲ 0.09

	
가로보 S2-G3~G4-CB6 재료분리(0.2m×1.0m)	가로보 S6-G1~G2-CB1 철근노출 및 박락(0.2m×0.2m)
	
가로보 S11-G4~G5-CB7 균열(0.3mm/0.5m)	가로보 S12-G3~G4-CB1 층분리(0.3m×0.3m)

【사진 3.3.7】 가로보 손상현황

3) 검토의견

- 가로보에 발생한 균열, 박락 및 철근노출, 층분리 손상은 단계별 시공에 따른 부재간 구속력 및 콘크리트 재료적 특성에 의한 건조수축, 공용기간 증가 등 복합적인 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 균열에 대한 표면처리 및 주입보수, 단면손상에 대한 방청처리 및 단면보수가 필요하다. 또한, S2 가로보에 발생한 재료분리는 시공초기 다짐불량 등 시공미흡으로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나, 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 누수오염 및 보수부 손상은 대부분 신축이음부 주변 가로보에 발생한 것으로 조사되었으며, 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수에 의해 발생한 것으로 콘크리트 열화 및 재산상 발생을 방지하기 위해 표면처리 및 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

라. 교대 및 교각

1) 부재의 개요

- 동향교의 교대의 형식은 역 T형이며, 교각은 다주식(3주)으로 시공되어 있다. 교대 및 교각의 기초는 직접기초로 시공되어 있으며, 기초는 노출되지 않아 직접적인 확인은 불가능한 상태이다.



【사진 3.3.8】 교대 및 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 및 교각에 대한 외관조사 결과 균열(0.1mm~0.3mm), 보수부재균열, 망상균열, 보수부 망상균열, 굽힘, 누수오염 및 누수흔적, 박리 및 박락, 박락 및 철근노출, 백태, 보수재 박리, 재료분리, 층분리(들뜸), 파손, 콘크리트퇴적, 토사유실, 법면 보호블럭 배부름 및 탈락, 수목 전도 우려, 불법점유 및 폐기물 적치 등이 조사되었다. 기 점검결과 비교 시 공용기간 증가 및 근접 상세조사로 인해 일부 손상물량이 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.3.4】 교대 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
교대	누수흔적	m ²	—	—	71.44	5	▲ 71.44
	법면 보호블럭 배부름 및 탈락	m ²	20.75	2	20.75	2	— —
	수목전도우려	EA	1.00	1	1.00	1	— —
교각	균열(0.3mm미만)	m	4.10	3	90.80	95	▲ 86.7
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	7.60	8	▲ 7.60
	보수부 재균열(0.3mm미만)	m	—	—	5.90	4	▲ 5.90
	망상균열	m ²	16.80	1	182.63	38	▲ 165.83
	보수부망상균열	m ²	80.0	2	120.0	3	▲ 40.0
	긁힘	m ²	—	—	0.51	16	▲ 0.51
	누수오염 및 누수흔적	m ²	—	—	84.2	6	▲ 84.2
	박리 및 박락	m ²	0.76	3	2.32	6	▲ 1.56
	박락 및 철근노출	m ²	—	—	0.30	1	▲ 0.30
	백태	m ²	0.01	1	0.01	1	— —
	보수재박리	m ²	—	—	3.46	3	▲ 3.46
	재료분리	m ²	0.15	1	1.16	3	▲ 1.01
	층분리(들뜸)	m ²	0.45	3	3.15	5	▲ 2.70
	파손	m ²	—	—	0.02	2	▲ 0.02
	콘크리트 퇴적	m ²	0.72	8	0.72	8	— —
	토사유실	m ²	—	—	150.0	1	▲ 150.0
	불법점유 및 폐기물 적치	m ²	—	—	1509.0	3	▲ 1509.0

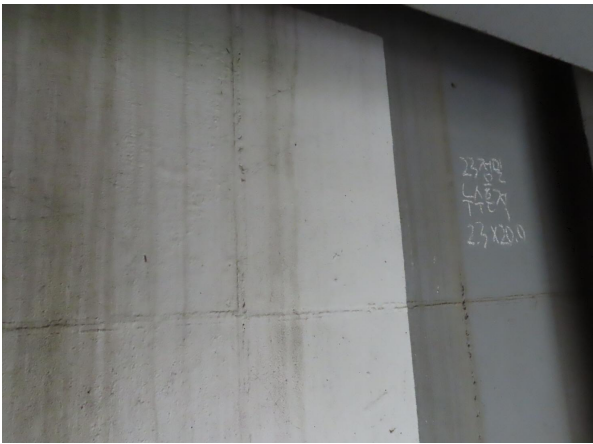
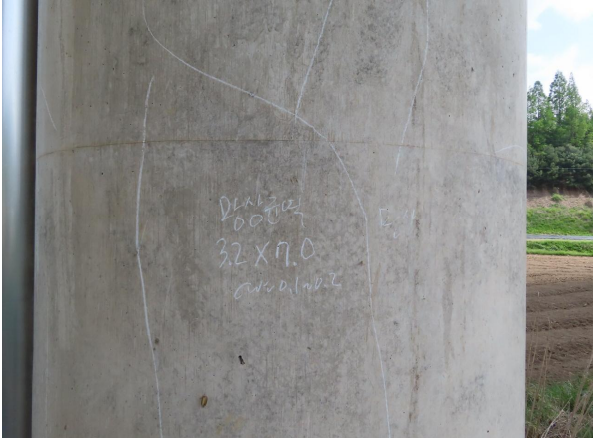
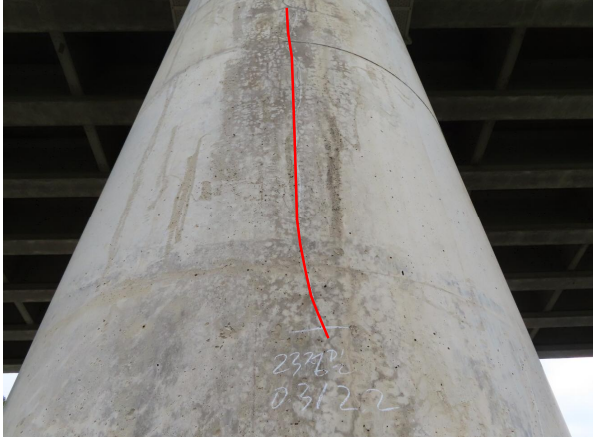


A1 교대 법면보호블럭 배부름(10.0m×2.0m)



A1 교대 수목전도우려(1EA)

【사진 3.3.9】 교대 및 교각 손상현황

	
A2 교대 누수흔적(20.0m×2.3m)	P1 교각 토사유실(10.0m×15.0m)
	
P3 교각 망상균열(7.0m×3.2m, Cw=0.1~0.2mm)	P6 교각 충분리(0.1m×2.0m)
	
P12 교각 철근노출 및 박락(0.3m×1.0m)	P12 교각 균열(0.3mm/2.2m)

【사진 3.3.9】 교대 및 교각 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 교각에 전반적으로 발생한 균열(0.1~0.3mm)은 주로 수직균열 형태로 발생하였으며 균열의 위치와 형상을 고려했을 때 콘크리트 타설 후 수화열 및 소성수축에 기인한 균열, 거푸집 구축에 의한 건조수축 및 온도변화 등이 주요한 원인으로 추정되며, 공용기간 증가로 인해 일부 균열손상의 균열 폭이 진전된 것으로 판단된다. 또한, 교각 P6 기둥부에 발생한 균열폭 0.3mm 균열에 대한 균열심도(3.2.2 콘크리트 내구성 조사, 균열깊이 측정 참조)를 측정한 결과, 균열 심도가 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었으며, 차기 점검 시 균열손상에 대한 진전 여부를 관찰할 수 있도록 균열게이지를 부착하였다.



- 망상균열은 균열폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 손상의 정도는 경미하나, 금회 근접 상세조사로 인해 손상물량이 대폭 증가한 것으로 분석되었으며, 기존 보수부에서 보수미흡으로 인한 재균열이 일부 발생한 것으로 조사되었다. 따라서, 시설물의 내구성 확보 및 추가적인 손상 진전을 방지하기 위해 균열폭 0.3mm미만은 표면처리, 0.3mm이상은 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 박리 및 박락, 박락 및 철근노출, 층분리(들뜸) 등은 대부분 신축이음부가 위치한 교각(P1, P6, P9, P12)에 발생하였으며, 신축이음 누수로 인한 교면수 유입으로 콘크리트 열화 및 환경적 요소(동결융해, 우수유입), 반복적인 건조작용 등에 의해 발생한 것으로 손상의 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)이 필요하며, 신축이음 누수로 인한 지속적인 교면수 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다.
- 재료분리는 시공시 다짐불량 등의 시공미흡으로 발생한 것으로 판단되며, 기둥부에 국부적으로 발생한 금힘 및 파손은 외부충격으로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나, 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

- 누수흔적 및 누수오염은 주로 신축이음부가 위치한 교각(P1, P3, P9)에 발생한 상태로 신축이음 누수로 인해 교면수가 하부로 유입되면서 발생한 것으로 손상부위에 교면수 접촉으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 교각 P12 코핑부에 발생한 백태는 교면수 및 우수의 영향으로 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나 내구성 확보를 위해 표면처리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 교대에 발생한 법면 보호블럭 배부름 및 탈락 손상은 성토다짐미흡 등의 시공미흡 및 우수 유입 등으로 발생한 것으로 판단되며 교각 P1에 발생한 토사유실은 우수유입 및 배수로측구 위치 불량으로 인해 발생한 것으로 판단되며 단기적인 보수보다는 주기적인 점검을 통해 손상의 진전 및 확대 등을 주의관찰할 필요가 있다. 또한, 교대 A1에 조사된 수목전도우려는 구조물에 미치는 영향은 없으나 전도 시 하부 도로의 보행자 및 통행차량의 안전사고우려가 있으므로 지속적인 관찰이 필요하다.
- 시설물관리 구역 내 출입제한이 없는 상태로 현재 인근주민 소유의 농자재, 컨테이너, 각종 폐자재 등이 적치되어있는 상황으로 조사되었다. 현장조사 당시 외관조사 및 각종 장비시험에 다소 어려움이 있었으며, 지속적인 유지관리 및 점검이 필요한 기간에는 관리 및 단속이 필요한 상황이다. 또한, 화재에 취약한 각종 폐기물 및 불법점유시설의 안전사고 방지를 위해 지속적인 관찰이 필요하다.



불법점유 및 폐기물 적치(P6)

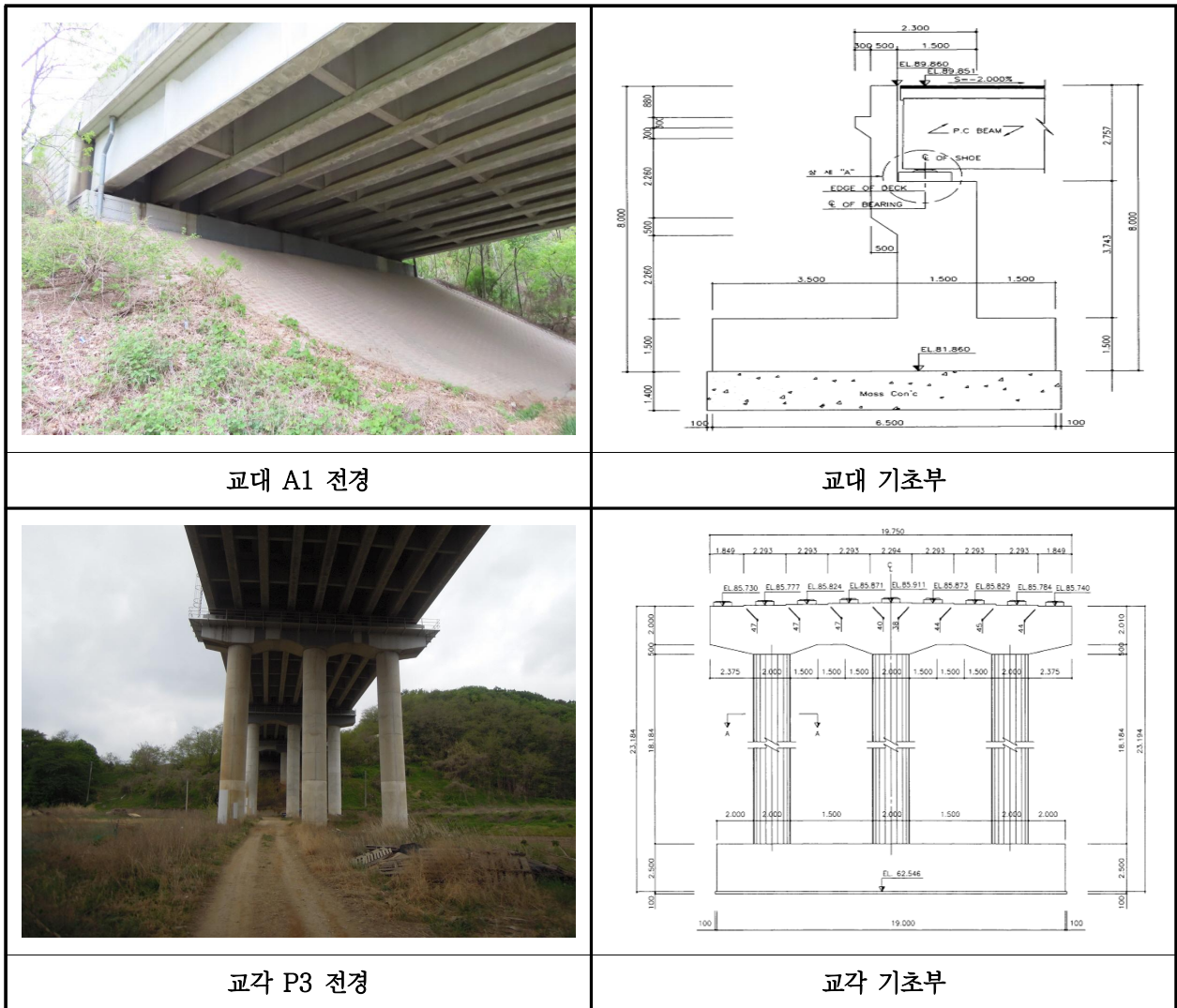


불법점유 및 폐기물 적치(P12~P13)

마. 기초

1) 부재의 개요

- 동향교의 교대와 교각은 직접기초로 시공되어 있으며, 전 개소 모두 지반에 근입되어 있는 상태로 기초에 대한 외관조사는 불가하였으나, 육안상 관찰되는 구조물의 기울음, 전도 등은 없는 상태로 확인되어 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다. 또한, 동향교는 하천을 횡단하는 교량이 아니므로 수중조사는 제외하였다.

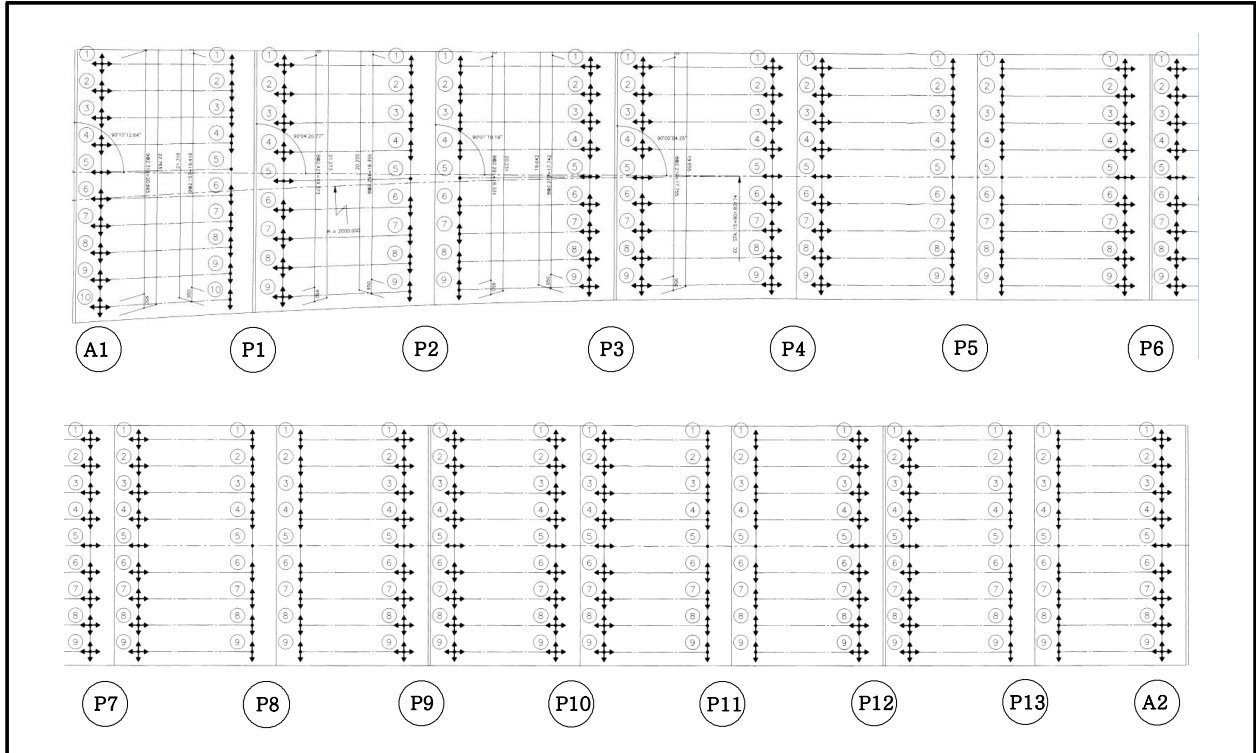


【사진 3.3.10】 기초 전경

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하는 기능을 수행하는 부재로 동향교는 탄성받침으로 양방향 137개소, 일방향 106개소, 고정단 11개소 등 총 254개소가 설치되어 있다.



【그림 3.3.1】 교량받침 배치도



【사진 3.3.11】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침 외관조사 결과, 받침물탈균열(0.3mm미만), 받침물탈균열(0.3mm이상), 받침물탈파손, 받침콘크리트균열(0.3mm미만), 받침콘크리트충분리(들뜸), 박리, 플레이트 부식 및 도장박리 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 소폭 증가된 것으로 분석되었다.

【표 3.3.5】 교량받침 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
교량 받침	받침물탈균열(0.3mm미만)	m	92.60	476	94.30	483	▲ 1.70
	받침물탈균열(0.3mm이상)	m	—	—	0.40	1	▲ 0.40
	받침물탈파손	m ²	0.01	1	0.01	1	— —
	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	m	6.50	32	15.20	68	▲ 8.70
	받침콘크리트 충분리(들뜸)	m ²	0.20	5	0.36	7	▲ 0.16
	받침콘크리트 박리	m ²	0.04	1	0.04	1	— —
	받침 플레이트 부식 및 도장박리	EA	27.0	27	58.0	58	▲ 31.0



P1-SH3 받침물탈균열(0.3mm/0.4m)



P3-SH13 받침콘크리트충분리(들뜸)(0.2m×0.4m)



P6-SH14 플레이트부식 및 도장박리(18EA)



P7-SH18 받침콘크리트균열(0.2mm/0.3m, 4EA)

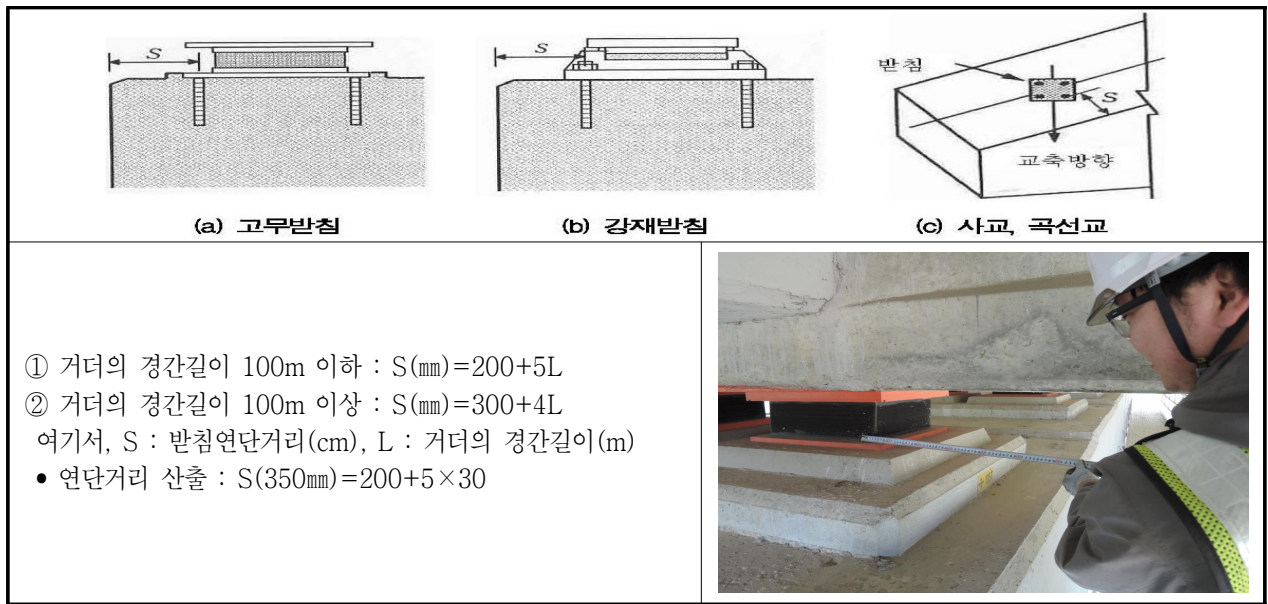
【사진 3.3.12】 교량받침 손상현황

3) 검토의견

- 받침콘크리트 및 받침물탈균열은 0.1~0.3mm의 폭으로 발생하였으며, 균열의 양상이 대부분 교축방향, 교직방향 구분 없이 산발적으로 발생한 점 등을 고려할 때 상부구조의 신축거동 불량 및 수평력 발생 등에 의한 구조적 균열이 아닌 재료적 특성 및 무수축 물탈재와 받침플레이트 간의 열팽창계수 차이 등의 복합적인 요인으로 발생한 균열이 공용기간 증가로 인해 균열폭이 일부 증가된 것으로 판단되며, 내구성 향상을 위한 표면처리와 주입보수가 필요하다.
- 받침콘크리트 층분리와 박리는 시공미흡으로 인한 취약부위에 신축이음 누수로 인한 교면수 유입, 환경적요소(우수유입, 동결융해), 반복적인 건습작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 받침물탈 파손은 외부충격에 의해 발생한 것으로 손상의 정도나 범위가 경미하나, 손상의 진전 방지를 위해 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 교량받침에 전반적으로 발생한 플레이트 부식 및 도장박리는 공용기간 증가에 의한 도장열화 및 습윤한 외기환경, 신축이음 누수 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 내구성확보를 위한 도장보수가 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2009, 국토교통부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



【그림 3.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

【표 3.3.6】 연단거리 측정 결과

구분		실측 연단거리					최소 연단거리 (mm)	비고
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5		
		SH6	SH7	SH8	SH9	SH10		
A1	A2방향	760	750	750	750	740	350	양호
		740	750	740	740	740	350	양호
P1	A1방향	550	540	530	540	530	350	양호
		540	550	530	530	535	350	양호
	A2방향	500	520	510	510	525	350	양호
		530	530	520	530	—	350	양호
P2	A1방향	600	630	630	625	620	350	양호
		600	590	610	610	—	350	양호
	A2방향	610	620	620	610	635	350	양호
		635	630	630	620	—	350	양호

【표 3.3.6】연단거리 측정 결과(계속)

구분		실측 연단거리					최소 연단 거리 (mm)	비고
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5		
		SH6	SH7	SH8	SH9	SH10		
P3	A1방향	550	560	550	550	530	350	양호
		520	560	520	520	—	350	양호
	A2방향	485	460	460	500	480	350	양호
		480	490	490	480	—	350	양호
P4	A1방향	600	600	600	600	600	350	양호
		620	630	640	650	—	350	양호
	A2방향	590	590	580	580	580	350	양호
		570	560	550	550	—	350	양호
P5	A1방향	600	600	600	595	600	350	양호
		610	615	650	650	—	350	양호
	A2방향	590	590	585	580	580	350	양호
		575	575	550	550	—	350	양호
P6	A1방향	510	510	510	520	520	350	양호
		520	540	550	570	—	350	양호
	A2방향	510	510	510	500	510	350	양호
		500	480	480	470	—	350	양호
P7	A1방향	600	610	610	600	600	350	양호
		590	600	600	600	—	350	양호
	A2방향	550	560	570	580	600	350	양호
		590	590	580	590	—	350	양호
P8	A1방향	655	655	670	670	670	350	양호
		665	655	660	655	—	350	양호
	A2방향	640	650	635	655	670	350	양호
		670	665	670	675	—	350	양호
P9	A1방향	565	570	590	600	610	350	양호
		600	590	590	580	—	350	양호
	A2방향	530	530	520	510	510	350	양호
		500	500	500	490	—	350	양호
P10	A1방향	610	610	600	600	600	350	양호
		610	600	600	605	—	350	양호
	A2방향	580	580	590	590	600	350	양호
		600	590	590	590	—	350	양호
P11	A1방향	665	670	665	665	655	350	양호
		670	670	655	665	—	350	양호
	A2방향	615	635	635	635	655	350	양호
		650	640	630	620	—	350	양호
P12	A1방향	570	560	570	570	570	350	양호
		570	560	560	550	—	350	양호
	A2방향	530	540	540	550	550	350	양호
		550	5500	540	540	—	350	양호

【표 3.3.6】연단거리 측정 결과(계속)

구분		실측 연단거리					최소 연단 거리 (mm)	비고
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5		
		SH6	SH7	SH8	SH9	SH10		
P10	A1방향	610	610	600	600	600	350	양호
		610	600	600	605	—	350	양호
	A2방향	580	580	590	590	600	350	양호
		600	590	590	590	—	350	양호
P11	A1방향	665	670	665	665	655	350	양호
		670	670	655	665	—	350	양호
	A2방향	615	635	635	635	655	350	양호
		650	640	630	620	—	350	양호
P12	A1방향	570	560	570	570	570	350	양호
		570	560	560	550	—	350	양호
	A2방향	530	540	540	550	550	350	양호
		550	5500	540	540	—	350	양호
P13	A1방향	640	645	650	655	635	350	양호
		635	635	655	635	—	350	양호
	A2방향	625	615	625	645	645	350	양호
		630	630	615	615	—	350	양호
A2	A1방향	655	660	635	635	650	350	양호
		635	640	645	655	—	350	양호
검토 결과	· 동향교의 연단거리 측정 결과 전 개소 최소연단거리 이상을 확보하는 것으로 조사되었다.							

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정결과 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)’에서 제시하고 있는 연단거리 기준을 만족하는 상태로 조사되었다. 따라서, 안전성을 확보한 상태로 연단거리 부족으로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

- 받침장치의 가동 여유량 검토는 준공 후 약 18년이 경과되어 교량의 신장 및 수축에 의해 안정화가 이루어진 상태이므로 건조수축, 크리프 등은 검토에서 배제하였고, 현 상태에서 신축이음의 신축에 가장 지배적인 온도에 의한 이동량을 계산하여 유간 확보 여부에 대한 검토를 실시하였다.

① 설계기준온도($-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 3.3.7】 교량받침 온도변화에 의한 이동량 산정

위 치		온도변화(ΔT)		선팅창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L)	온도에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 이동량(mm)	교량받침 계산이동량(mm)	
		동절기 (℃)	하절기 (℃)			동절기	하절기		동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1		24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
P1	시점	고정단								
	중점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
P2		고정단								
P3	시점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
	중점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	60	14.4	15.6	—	14.4	15.6
P4		24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
P5		고정단								
P6	시점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
	중점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	60	14.4	15.6	—	14.4	15.6
P7		24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
P8		고정단								
P9	시점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
	중점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	60	14.4	15.6	—	14.4	15.6
P10		24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
P11		고정단								
P12	시점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
	중점	24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8
P13		고정단								
A2		24.0	26.0	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.2	7.8

【표 3.3.8】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh2	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh3	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh4	-11	7.2	7.8	35.8	57.2	±54.0	O.K
	Sh5	-11	7.2	7.8	35.8	57.2	±54.0	O.K
	Sh6	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh7	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh8	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh9	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh10	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
P1 중점	Sh1	-11	7.2	7.8	35.8	57.2	±54.0	O.K
	Sh2	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh3	-11	7.2	7.8	35.8	57.2	±54.0	O.K
	Sh4	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh5	-13	7.2	7.8	33.8	59.2	±54.0	O.K
	Sh6	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh7	-13	7.2	7.8	33.8	59.2	±54.0	O.K
	Sh8	-14	7.2	7.8	32.8	60.2	±54.0	O.K
	Sh9	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
P3 시점	Sh1	-13	7.2	7.8	33.8	59.2	±54.0	O.K
	Sh2	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh3	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh4	-11	7.2	7.8	35.8	57.2	±54.0	O.K
	Sh5	-13	7.2	7.8	33.8	59.2	±54.0	O.K
	Sh6	-13	7.2	7.8	33.8	59.2	±54.0	O.K
	Sh7	-11	7.2	7.8	35.8	57.2	±54.0	O.K
	Sh8	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh9	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

【표 3.3.8】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P3 중점	Sh1	-13	14.4	15.6	26.6	51.4	±54.0	O.K
	Sh2	-14	14.4	15.6	25.6	52.4	±54.0	O.K
	Sh3	-15	14.4	15.6	24.6	53.4	±54.0	O.K
	Sh4	-16	14.4	15.6	23.6	54.4	±54.0	O.K
	Sh5	-17	14.4	15.6	22.6	55.4	±54.0	O.K
	Sh6	-16	14.4	15.6	23.6	54.4	±54.0	O.K
	Sh7	-16	14.4	15.6	23.6	54.4	±54.0	O.K
	Sh8	-17	14.4	15.6	22.6	55.4	±54.0	O.K
	Sh9	-17	14.4	15.6	22.6	55.4	±54.0	O.K
P4 시점	Sh1	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K
	Sh2	5	7.2	7.8	51.8	41.2	±54.0	O.K
	Sh3	5	7.2	7.8	51.8	41.2	±54.0	O.K
	Sh4	2	7.2	7.8	48.8	44.2	±54.0	O.K
	Sh5	2	7.2	7.8	48.8	44.2	±54.0	O.K
	Sh6	2	7.2	7.8	48.8	44.2	±54.0	O.K
	Sh7	2	7.2	7.8	48.8	44.2	±54.0	O.K
	Sh8	2	7.2	7.8	48.8	44.2	±54.0	O.K
	Sh9	2	7.2	7.8	48.8	44.2	±54.0	O.K
P4 중점	Sh1	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K
	Sh2	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K
	Sh3	-5	7.2	7.8	41.8	51.2	±54.0	O.K
	Sh4	-5	7.2	7.8	41.8	51.2	±54.0	O.K
	Sh5	-6	7.2	7.8	40.8	52.2	±54.0	O.K
	Sh6	-5	7.2	7.8	41.8	51.2	±54.0	O.K
	Sh7	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K
	Sh8	-5	7.2	7.8	41.8	51.2	±54.0	O.K
	Sh9	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

【표 3.3.8】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P6 시점	Sh1	-18	7.2	7.8	28.8	64.2	±54.0	O.K
	Sh2	-15	7.2	7.8	31.8	61.2	±54.0	O.K
	Sh3	-15	7.2	7.8	31.8	61.2	±54.0	O.K
	Sh4	-15	7.2	7.8	31.8	61.2	±54.0	O.K
	Sh5	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh6	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh7	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh8	-15	7.2	7.8	31.8	61.2	±54.0	O.K
	Sh9	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
P6 종점	Sh1	-2	14.4	15.6	37.6	40.4	±54.0	O.K
	Sh2	-5	14.4	15.6	34.6	43.4	±54.0	O.K
	Sh3	-5	14.4	15.6	34.6	43.4	±54.0	O.K
	Sh4	-8	14.4	15.6	31.6	46.4	±54.0	O.K
	Sh5	-8	14.4	15.6	31.6	46.4	±54.0	O.K
	Sh6	-8	14.4	15.6	31.6	46.4	±54.0	O.K
	Sh7	-10	14.4	15.6	29.6	48.4	±54.0	O.K
	Sh8	-10	14.4	15.6	29.6	48.4	±54.0	O.K
	Sh9	-10	14.4	15.6	29.6	48.4	±54.0	O.K
P7 시점	Sh1	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K
	Sh2	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K
	Sh3	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K
	Sh4	3	7.2	7.8	49.8	43.2	±54.0	O.K
	Sh5	3	7.2	7.8	49.8	43.2	±54.0	O.K
	Sh6	3	7.2	7.8	49.8	43.2	±54.0	O.K
	Sh7	3	7.2	7.8	49.8	43.2	±54.0	O.K
	Sh8	2	7.2	7.8	48.8	44.2	±54.0	O.K
	Sh9	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

【표 3.3.8】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P10 시점	Sh1	0	7.2	7.8	46.8	46.2	±54.0	O.K
	Sh2	1	7.2	7.8	47.8	45.2	±54.0	O.K
	Sh3	1	7.2	7.8	47.8	45.2	±54.0	O.K
	Sh4	3	7.2	7.8	49.8	43.2	±54.0	O.K
	Sh5	3	7.2	7.8	49.8	43.2	±54.0	O.K
	Sh6	3	7.2	7.8	49.8	43.2	±54.0	O.K
	Sh7	3	7.2	7.8	49.8	43.2	±54.0	O.K
	Sh8	4	7.2	7.8	50.8	42.2	±54.0	O.K
	Sh9	5	7.2	7.8	51.8	41.2	±54.0	O.K
P10 종점	Sh1	-4	7.2	7.8	42.8	50.2	±54.0	O.K
	Sh2	-3	7.2	7.8	43.8	49.2	±54.0	O.K
	Sh3	-3	7.2	7.8	43.8	49.2	±54.0	O.K
	Sh4	-3	7.2	7.8	43.8	49.2	±54.0	O.K
	Sh5	-5	7.2	7.8	41.8	51.2	±54.0	O.K
	Sh6	-4	7.2	7.8	42.8	50.2	±54.0	O.K
	Sh7	-4	7.2	7.8	42.8	50.2	±54.0	O.K
	Sh8	-3	7.2	7.8	43.8	49.2	±54.0	O.K
	Sh9	-3	7.2	7.8	43.8	49.2	±54.0	O.K
P12 시점	Sh1	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh2	-14	7.2	7.8	32.8	60.2	±54.0	O.K
	Sh3	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh4	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh5	-15	7.2	7.8	31.8	61.2	±54.0	O.K
	Sh6	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh7	-14	7.2	7.8	32.8	60.2	±54.0	O.K
	Sh8	-14	7.2	7.8	32.8	60.2	±54.0	O.K
	Sh9	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

【표 3.3.8】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P12 중점	Sh1	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh2	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh3	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh4	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh5	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh6	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh7	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh8	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh9	-8	7.2	7.8	38.8	54.2	±54.0	O.K
A2	Sh1	-9	7.2	7.8	37.8	55.2	±54.0	O.K
	Sh2	-12	7.2	7.8	34.8	58.2	±54.0	O.K
	Sh3	-9	7.2	7.8	37.8	55.2	±54.0	O.K
	Sh4	-11	7.2	7.8	35.8	57.2	±54.0	O.K
	Sh5	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh6	-9	7.2	7.8	37.8	55.2	±54.0	O.K
	Sh7	-10	7.2	7.8	36.8	56.2	±54.0	O.K
	Sh8	-6	7.2	7.8	40.8	52.2	±54.0	O.K
	Sh9	-8	7.2	7.8	38.8	54.2	±54.0	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

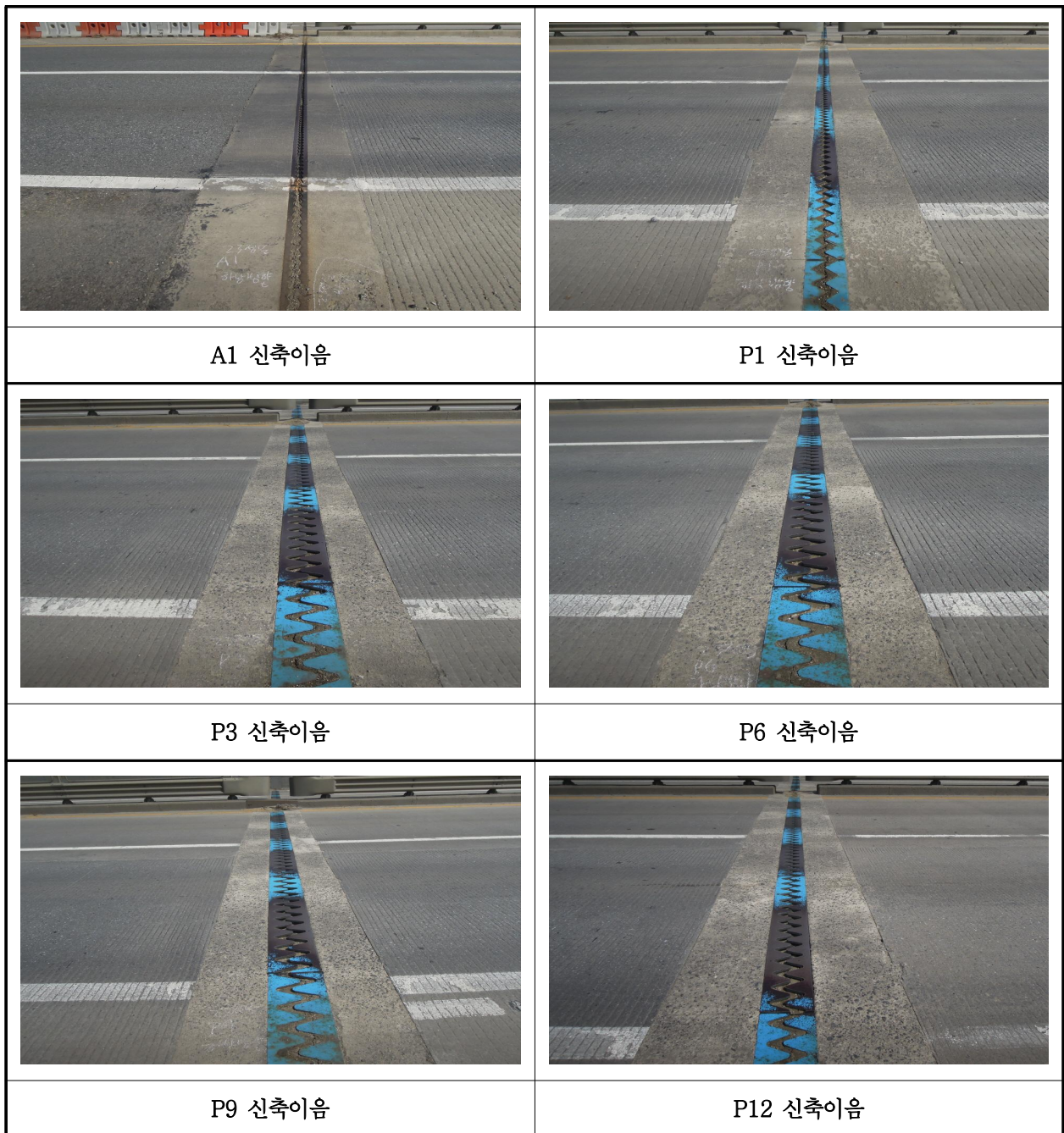
② 교량받침 이동량 검토의견

- 받침장치부에 대한 여유량 검토결과 교량받침 전체에서 온도변화에 따른 이동여유량이 확보된 상태로 검토되었다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 동향교의 신축이음장치는 New Monocell Joint(A1, A2)와 Finger Joint(P1, P3, P6, P9, P12)로 설치되어 있으며, 2020년 보수·보강을 통해 Finger Joint(P1, P3, P6, P9, P12)로 신축이음 교체가 이루어진 것으로 확인되었다.



【사진 3.3.13】 신축이음장치 전경

	—
A2 신축이음	—

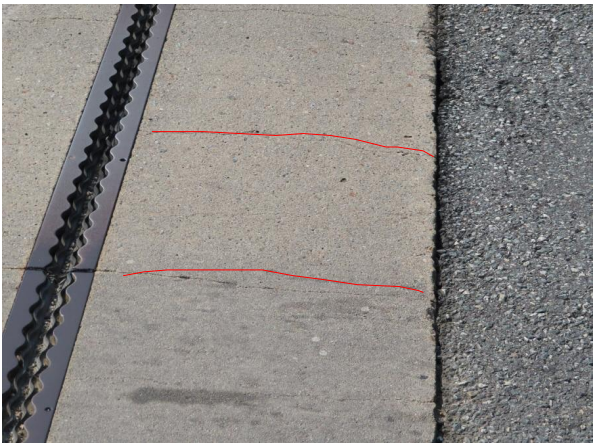
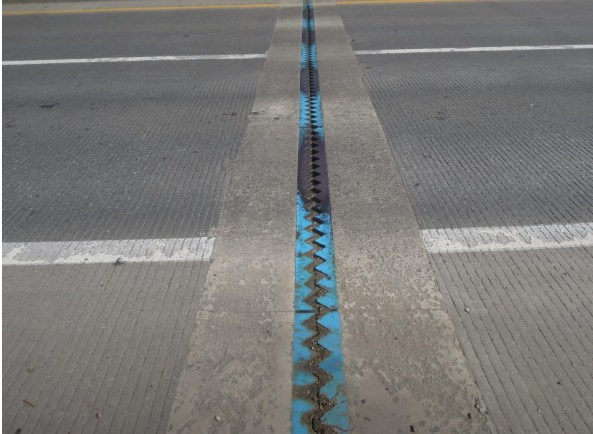
【사진 3.3.13】 신축이음장치 전경 (계속)

2) 현장조사 결과

- 신축이음 외관조사 결과, 후타재균열(0.3mm미만), 후타재박리 및 박락, 후타재파손, 후타재표면박리, 차수판 덮개 볼트 탈락, 본체부식, 신축이음 하부 누수, 유간 토사퇴적 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.

【표 3.3.9】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감	
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재균열(0.3mm미만)	m	41.80	96	41.80	96	—	—
	후타재 박리 및 박락	m ²	0.99	3	1.03	4	▲	0.04
	후타재파손	m ²	—	—	0.09	2	▲	0.09
	후타재 표면박리	m ²	54.0	10	54.0	10	—	—
	차수판 덮개 볼트탈락	EA	10.0	10	10.0	10	—	—
	본체부식	m	4.00	3	8.00	5	▲	4.00
	신축이음 하부 누수	m	—	—	23.5	2	▲	23.5
	유간 토사퇴적	m	51.0	17	51.0	17	—	—

	
A1 신축이음 후타재균열 (0.1mm/0.5m, 31EA)	A1 신축이음 후타재박락 (0.3m×0.3m)
	
P1 신축이음 후타재표면박리 (0.3m×18.0m, 2EA)	P9 신축이음 하부 누수 (L=4.0m)
	
A2 신축이음 유간 토사퇴적 (L=18.0m)	A2 신축이음 후타재파손 (0.1m×0.3m)

【사진 3.3.14】 신축이음장치 손상현황

3) 검토의견

- 금회 조사된 후타재 균열, 박리 및 박락, 표면박리는 후타재 급속타설, 건조수축, 반복적인 차량 통행하중 및 재설제의 영향 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며 발생한 손상으로 인한 차량통행에 지장 및 신축이음 기능저하 등은 없는 상태로 주의관찰 후 관리주체의 유지관리 계획에 맞추어 보수하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다. 또한, 신축이음 본체부식은 공용기간 증가 및 지속적인 우수 및 재설제 등의 접촉으로 인해 발생한 것으로 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 유간 토사퇴적은 통행차량에 의해 주변 토사가 유입되어 퇴적된 것으로 원활한 신축거동을 위해 주기적인 청소가 요구된다.
- 우천 시 신축이음 누수에 대한 추가적인 조사를 진행하였으며, P9, P12측 신축이음부에서 누수가 발생하는 것으로 확인되었다. 공용기간 증가 및 유도 배수시설 미설치 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 우천 시 누수에 대한 추가조사 시 누수가 확인되지 않은 A1, A2, P1, P3, P6측에도 하부구조에 누수흔적 및 누수로 인한 손상들이 발생한 것을 고려했을 때 강우량이 많은 기간에는 누수가 발생하는 것으로 판단된다. 따라서, 신축이음 하부 누수로 인한 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 유도 배수시설 설치를 통한 교면수 유입 차단이 필요하다.
- 신축작용, 외부충격 및 시공미흡으로 인해 발생한 차수관 덮개 볼트탈락은 신축이음 기능 및 차수 상에는 지장을 주지 않는 경미한 손상으로 판단되나, 신축이음 장치의 장기적인 사용성 확보를 위해 재설치가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도($-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방))에 따른 여유량 검토

- 신축이음의 유간검토는 준공 후 약 18년이 경과되어 교량의 신장 및 수축에 의해 안정화가 이루어진 상태이므로 시공전후 신축이음 설치시 필요한 건조수축, 크리프, 그리고 부가여유량 및 설치여유량 등은 검토에서 배제하였고, 현 상태에서 신축이음의 신축에 가장 지배적인 온도에 의한 이동량을 계산하여 유간 확보 여부에 대한 검토를 실시하였다.
- 신축이음 유간 계산시 온도변화량은 한랭지방 콘크리트교 기준($-15^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$)을 적용하였다. 신축이음 유간 측정시(2023년 04월 26일) 일평균기온($+9.0^{\circ}\text{C}$)을 기준으로 실측온도차를 산출하였고, 이 값을 적용온도변화(ΔT)에 적용하여 온도변화에 의한 이동량을 산출하였다.

	
신축이음 유간 측정 전경	바닥판 하면 유간 측정 전경
	
거더(상) 유간 측정 전경	거더(하) 유간 측정 전경

【사진 3.3.15】 신축이음 유간측정

【표 3.3.10】신축이음 온도변화에 의한 변화량 계산

구 분	온도변화(ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축길이 (L)	온도변화에 의한 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기
A1	24	26	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8
P1	24	26	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8
P3	24	26	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8
				60	14.4	15.6
P6	24	26	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8
				60	14.4	15.6
P9	24	26	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8
				60	14.4	15.6
P12	24	26	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8
				30	7.2	7.8
A2	24	26	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8

【표 3.3.11】신축이음장치 유간 측정결과

구 분		계산 이동량(mm)		실측유간 (mm)	허용량 (mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
		동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	신축이음장치	7.2	7.8	45	55	2.8	37.2	O.K
	바닥판 단부	7.2	7.8	68	—	—	60.2	O.K
	거더 단부(상)	7.2	7.8	134	—	—	126.2	O.K
	거더 단부(하)	7.2	7.8	96	—	—	88.2	O.K
P1	신축이음장치	7.2	7.8	50	120	62.8	42.2	O.K
	바닥판 단부	7.2	7.8	140	—	—	132.2	O.K
	거더 단부(상)	7.2	7.8	220	—	—	212.2	O.K
	거더 단부(하)	7.2	7.8	230	—	—	222.2	O.K
P3	신축이음장치	21.6	23.4	80	120	18.4	56.6	O.K
	바닥판 단부	21.6	23.4	130	—	—	106.6	O.K
	거더 단부(상)	21.6	23.4	215	—	—	191.6	O.K
	거더 단부(하)	21.6	23.4	220	—	—	196.6	O.K
P6	신축이음장치	21.6	23.4	85	120	13.4	61.6	O.K
	바닥판 단부	21.6	23.4	145	—	—	121.6	O.K
	거더 단부(상)	21.6	23.4	260	—	—	236.6	O.K
	거더 단부(하)	21.6	23.4	270	—	—	246.6	O.K
P9	신축이음장치	21.6	23.4	90	120	8.4	66.6	O.K
	바닥판 단부	21.6	23.4	130	—	—	106.6	O.K
	거더 단부(상)	21.6	23.4	255	—	—	231.6	O.K
	거더 단부(하)	21.6	23.4	250	—	—	226.6	O.K

【표 3.3.11】 신축이음장치 유간 측정결과(계속)

구 분		계산 이동량(mm)		실측유간 (mm)	허용량 (mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
		동절기	하절기			동절기	하절기	
P12	신축이음장치	14.4	15.6	55	120	50.6	39.4	O.K
	바닥판 단부	14.4	15.6	135	—	—	119.4	O.K
	거더 단부(상)	14.4	15.6	230	—	—	214.4	O.K
	거더 단부(하)	14.4	15.6	230	—	—	214.4	O.K
A2	신축이음장치	7.2	7.8	50	120	62.8	42.2	O.K
	바닥판 단부	7.2	7.8	67	—	—	59.2	O.K
	거더 단부(상)	7.2	7.8	185	—	—	177.2	O.K
	거더 단부(하)	7.2	7.8	205	—	—	197.2	O.K

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간측정결과 측정일 일평균온도에서 측정된 신축유간은 신축유간 온도변화에 따른 이론식으로 산정한 결과 전 개소 최소 필요 유간 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되어 온도차에 따른 신축거동에는 문제가 없을 것으로 검토되었다.
- 주기적인 점검을 통한 신축 여유량을 조사하여 구조물 및 차량 안전성 확보여부를 검토 하여야 한다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 본 교량의 교면포장은 LMC(Latax-Modified Concrete)로 시공되어 있으며, 차도는 왕복 4차로로 구성되어 있다.
- 준공 시 아스콘 포장이었으나, 2011년 보수·보강을 통해 LMC(Latax-Modified Concrete)로 보수가 이루어진 것으로 확인되었다.



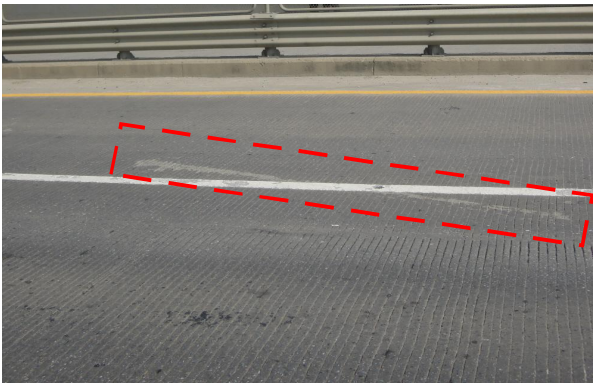
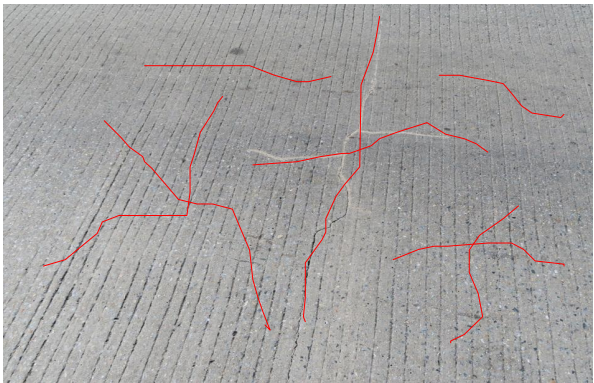
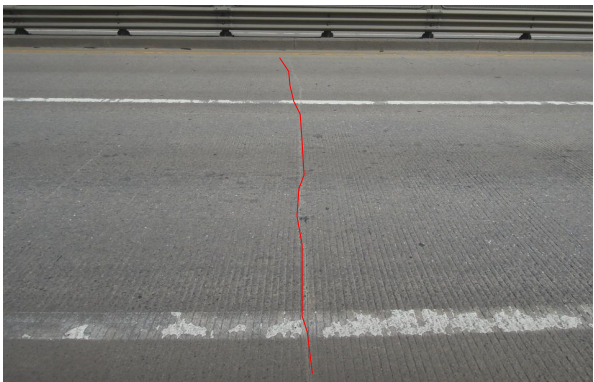
【사진 3.3.16】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장 외관조사 결과, 포장균열, 마모, 망상균열, 파손, 접속부 아스콘 파손, 토사퇴적 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.

【표 3.3.12】 교면포장 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
교면 포장	포장균열	m	410.8	41	434.8	49	▲ 24.0
	포장마모	m ²	—	—	0.40	1	▲ 0.40
	포장망상균열	m ²	528.52	25	626.52	28	▲ 98.0
	포장파손	m ²	1.40	3	1.44	4	▲ 0.04
	접속부 아스콘 파손	m ²	—	—	0.04	2	▲ 0.04
	토사퇴적	m ²	—	—	7.00	5	▲ 7.00

	
S1 교면포장 마모(2.0m×0.2m)	S2 교면포장 망상균열(2.5m×7.0m)
	
S3 교면포장 파손(0.6m×1.0m, t=60mm)	S13 교면포장 균열(L=6.0m)

【사진 3.3.17】 교면포장 손상현황

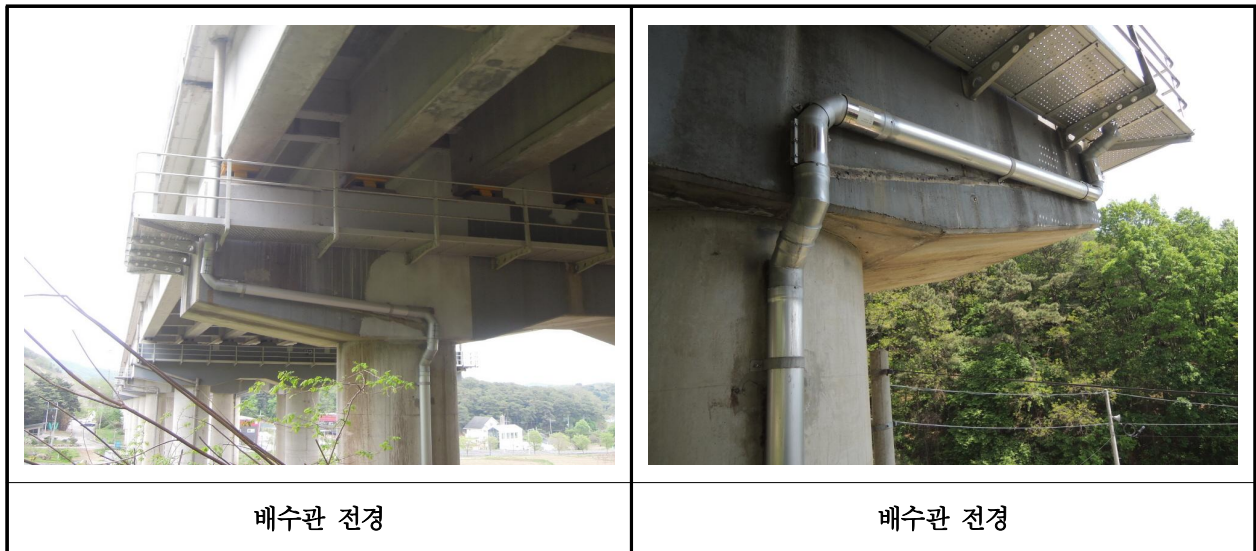
3) 검토의견

- 포장균열 및 망상균열은 전 구간에 전반적으로 발생한 상태로 재료적특성, 공용기간 증가로 인한 노후화, 공용중 반복적인 차량 통행하중 등으로 인해 금회 손상물량이 다소 증가한 것으로 조사되었다. 현재 주행차량에 미치는 영향은 없는 수준으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 확대 여부를 관찰하고 향후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 재포장 여부를 결정하는 것이 적정할 것으로 판단된다.
- 포장의 마모, 파손, 접속부 아스콘 파손은 공용기간 증가 및 공용중 반복적인 차량 통행하중 등으로 인해 발생한 것으로 평택방향 S3에 발생한 파손손상은 방치 시 주행하는 차량에 영향을 미치는 상태로 판단되어 관리주체에 보고를 실시한 상태이며 손상에 대한 우선적 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 교면포장 일부 구간에 공용기간 증가 및 주행차량에 의해 주변 토사, 비산먼지 등이 퇴적된 것으로 조사되었으며, 주행하는 차량의 미치는 영향은 없으나, 주기적인 청소가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 동향교 배수시설은 양측 노건측에 설치된 배수구를 통해 집수된 교면수를 하부로 배출하는 육교형으로 설치되어 있으며, 횡단구배는 -2.0%로 시공되어 있다.



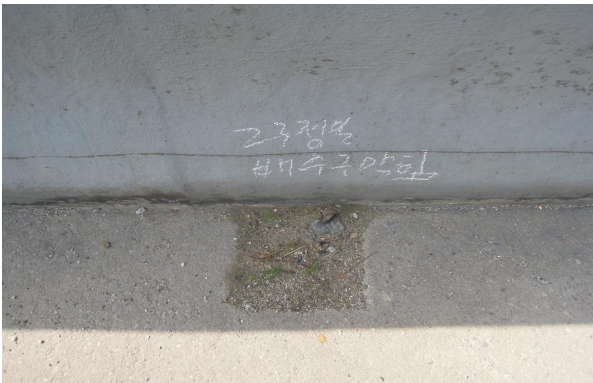
【사진 3.3.18】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설 외관조사 결과, 배수관 막힘, 배수관 미설치, 배수관 부식, 배수관 유출 불량, 배수구 막힘, 배수로 파손, 유공관 부식 및 길이부족, 유출부탈락, 그레이팅 망실 등이 조사되었으며, 공용기간 증가로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.

【표 3.3.13】 배수시설 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감	
			물량	개소	물량	개소		
배수 시설	배수관 막힘	EA	8.00	8	8.00	8	-	-
	배수관 미설치	EA	7.00	7	7.00	7	-	-
	배수관 부식	EA	-	-	1.00	1	▲	1.00
	배수관 유출 불량	EA	-	-	3.00	3	▲	3.00
	배수구 막힘	EA	32.0	32	32.0	32	-	-
	배수로 파손	m	0.50	1	0.50	1	-	-
	유공관 부식 및 길이 부족	EA	1.00	1	1.00	1	-	-
	유공관 유출부 탈락	EA	-	-	1.00	1	▲	1.00
	그레이팅 망실	EA	4.00	4	4.00	4	-	-

	
S1 바닥판 상면 배수구 막힘	S14 바닥판 상면 배수구 그레이팅망실
	
A2 교대 배수관 막힘	S12 바닥판 하면 배수관 미설치

【사진 3.3.19】 배수시설 손상현황

3) 검토의견

- 배수구, 배수관 막힘의 경우 공용기간 증가에 따른 토사 등의 이물질이 퇴적한 상태로 배수구로 유입된 토사 등의 이물질이 배수관 내부에 퇴적된 상태로 점검망치를 이용한 청음조사 결과 약 2.0 ~ 3.0m 구간이 막혀있는 것으로 조사되었으며, 교면수의 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요하다.
- 배수관 미설치 및 배수관 유출불량은 시공미흡으로 인해 발생한 손상으로 배수관 미설치로 인한 켄틸레버 및 거더 부재면에 교면수가 유입되어 보수를 실시한 것으로 조사되었으며, 우천 시 지속적인 교면수 유입으로 인해 콘크리트 열화 등의 손상 발생을 방지하기 위해 배수관 설치가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 일부 교각에서 배수관 유출불량이 조사되었으며 원활한 배수를 위해 배수관 절단 및 재설치 등의 조치가 필요하다.
- 배수로 파손, 유공관 부식 및 길이 부족, 유출부 탈락, 배수관 부식 등의 손상은 공용기간 증가 및 공용중 외부충격, 시공미흡 등으로 인해 발생한 것으로 구조물에 내구성에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며, 보수보다는 주의관찰이 요구된다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 방호벽은 통행차량의 이탈방지, 사고 시 완충작용 등의 기능을 목적으로 하는 부재로서 좌·우측에 철근콘크리트 방호벽 및 중앙분리대(가드레일)가 시공되어 있으며, 평택방향 S9~S14 방호벽 상단에 방음벽이 설치되어 있다. 『도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설편, 2021.06)』을 만족하고 있는 것으로 조사되었다.



【사진 3.3.20】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 균열부백태, 긁힘 및 파손, 가드레일 변형, 텔리네이트 파손, 백태, 철근노출, 표면긁힘 및 열화 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 근접 상세조사 등으로 일부 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.

【표 3.3.14】 난간 및 연석 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감	
			물량	개소	물량	개소		
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	91.8	55	125.9	99	▲	34.1
	균열(0.3mm이상)	m	2.50	1	2.50	1	—	—
	균열부백태	m	50.0	9	50.0	9	—	—
	긁힘 및 파손	m ²	1.50	2	1.50	2	—	—
	가드레일 변형	m	2.80	3	2.80	3	—	—
	델리네이트 파손	EA	12.0	12	16.0	16	▲	4.00
	백태	m ²	0.15	1	0.15	1	—	—
	철근노출	m	0.30	3	0.50	5	▲	0.20
	표면긁힘	m ²	—	—	2.00	1	▲	2.00
	표면열화	m ²	120.0	4	156.0	5	▲	36.0



S3 방호벽 긁힘(0.4m×5.0m)



S7 방호벽 균열(0.3mm/2.5m)



S7 방호벽 철근노출(L=0.1m, 3EA)



S10 중앙분리대 가드레일 변형(L=0.7m)

【사진 3.3.21】 난간 및 연석 손상현황

3) 검토의견

- 방호벽 균열 손상은 공용기간 증가와 콘크리트의 재료적 특성 및 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 환경적 온도변화 등에 의해 발생한 손상으로 일부 균열은 백테를 동반한 것으로 확인되었다. 균열의 진전 및 확대 방지를 위해 균열폭에 따른 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 방호벽에 발생한 굽힘 및 파손은 공용중 주행차량에 의한 외부충격으로 발생한 것으로 판단되며, 일부 구간에 피복부족 및 우수유입으로 인한 철근노출이 발생한 상태로 손상의 정도는 경미하나 내구성 확보를 위해 단면보수와 단면보수(방청)을 실시하는 것이 바람직하다. 표면열화는 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 환경적 온도변화, 동결융해 반복으로 인해 발생한 것으로 판단되며, S7 ~ S9, S13 ~ S14 등 일부 구간에 광범위하게 발생한 상태로 상태평가 결과, 결함등급이 “d”로 산정되었으나, 방호벽은 교량의 주요부재가 아니며 시설물의 구조적 안전성에 큰 영향을 미치지 않고 손상의 깊이 및 심화정도가 크지 않아 경미한 결함으로 판단된다. 다만, 공용기간 증가로 인한 손상의 진전 및 확대 방지를 위해 표면처리를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 가드레일 변형 및 텔리네이트 파손은 주행차량에 의한 외부충격, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 주행하는 차량의 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며 보수보다는 지속적인 주의관찰이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 동향교의 점검시설은 P1~P13 중 P5, P8, P11, P13을 제외한 교각에 점검통로와 점검사다리가 설치된 상태이며, 교량상부 하남방향에 설치된 수직형 사다리로 출입이 가능하다.



점검사다리 전경

점검통로 전경

【사진 3.3.22】교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 점검시설 외관조사 결과, 점검사다리 하부 고정불량, 점검시설 고정핀 탈락, 점검통로 및 출입시설 미설치 등이 조사되었으며, 공용기간 증가 및 시공미흡으로 점검사다리 하부 고정불량 손상이 신규 조사되었다.

【표 3.3.15】교량 점검시설 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
점검 시설	점검사다리 하부 고정불량	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00
	점검시설 고정핀 탈락	EA	2.00	2	2.00	2	— —
	점검통로 미설치	EA	4.00	4	4.00	4	— —
	출입시설 미설치	EA	4.00	4	4.00	4	— —



【사진 3.3.23】 교량 점검시설 손상현황

3) 검토의견

- 점검시설에 발생한 점검사다리 하부 고정불량, 고정핀 탈락손상은 시공미흡으로 인해 발생한 손상으로 점검을 위해 출입하는 점검자의 안전에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되나, 손상의 진전 및 확대 여부를 주의관찰하고 향후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 적절한 조치가 필요하다. 또한, 동향교의 교각 P5, P8, P11, P13에는 출입시설 및 점검통로가 미설치된 상태이며, 점검 시 근접 상세조사 등 점검자의 원활한 점검 및 유지관리를 위해 출입시설 및 점검시설 설치가 필요할 것으로 판단된다.

4) 교량점검시설물 설치지침

- 국토교통부에서는 교량점검시설의 설치를 적정하게 시행하기 위한 일반적 기술 기준을 정함으로써, 교량점검에 필요한 점검시설이 합리적으로 계획, 설계, 시공되도록 하는 것을 목적으로 하여 교량점검시설물 설치지침(국토교통부 예규 제2023-360호)이 2023년 01월 12일 개정되었다.

- 특히, 점검자의 안전 강화 도모의 일환으로 출입사다리 및 출입계단 입구에는 점검시설 안전표지판을 설치하여, 점검자 및 진단업무 수행자가 설계하중 등 사용제한 사항을 인지할 수 있도록 개정 되었으며, 본 교량에도 점검시설 안전표지판이 설치지침에 맞게 설치된 것으로 확인되었다.
- 다음은 국토교통부에서 개정한 교량점검시설물 설치지침 중 점검시설 안전표지판에 관한 사항을 발췌한 내용이다.

교량점검시설 이용자 안전수칙

1. 안전점검 외 사용금지
2. 제한하중
 - 출입계단 : 총 300 kgf 이하(4인 이상 동시사용 금지)
 - (또는) - 출입사다리 : 100kgf 이하(2인 이상 동시사용 금지)
 - 점검통로 및 계단참 : 350kgf/m' 이하
3. 관리자 연락처 : 000-111-2222 (00시 00구)

- ① 안전표지판에는 점검시설의 사용조건, 사용제한하중, 관리자 연락처 등 점검시설의 안전한 사용에 필요한 사항을 기재하여, 점검자, 장비 등에 의한 설계하중 초과상황이 발생하지 않도록 한다.
- ② 안전표지판의 규격은 가로 400mm이상, 세로 300mm이상으로 하고, 점검자가 용이하게 인식할 수 있는 글자체를 사용한다.
- ③ 안전표지판은 변형, 오염, 탈색, 부식, 파손 등에 강한 재질로 제작하고, 외력에 의해 탈락되지 않도록 견고하게 부착하여야 한다.
- ④ 안전표지판은 교량 점검자가 진입하는 출입사다리 및 출입계단의 입구부 주위에 점검자가 용이하게 인지하여 확인할 수 있는 위치에 부착한다.



점검로 안전표지판 설치현황

다. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 추락방지시설

- 공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 ‘난간 및 연석’에 기입된 사항으로 미설치된 상태이다.

2) 도로포장

- 공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 ‘교면포장’에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 도로부 신축이음부

- 공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 ‘교면포장’에 기입된 사항으로 대체하였다.

4) 환기구 등의 덮개

- 공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 없는 것으로 확인되었다.

3.3.3 외관조사 총괄표

【표 3.3.17】금회 점검 손상물량 집계표

부재	손상내용	손상물량			조치방안	비고
		단위	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	1.50	4	표면처리	
	균열(0.3mm이상)	m	1.00	1	주입보수	
	누수흔적 및 누수오염	m ²	7.05	5	주의관찰	
	철근노출 및 박락	m ²	0.69	1	단면보수(방청)	
	박락	m ²	0.54	3	단면보수	
	백업재 탈락	EA	6.00	6	주의관찰	
	백태	m ²	0.23	5	표면보수	
	보수재박리	m ²	7.64	5	표면보수	
	충분리	m ²	0.41	2	단면보수	
거더	균열(0.3mm미만)	m	2.00	2	표면처리	
	누수오염	m ²	1.53	3	주의관찰	
	박락 및 충분리	m ²	2.16	26	단면보수	
	보수부들뜸, 박락	m ²	1.66	10	단면보수	
	보수재박리	m ²	0.16	1	주의관찰	
	인양홀 주변 파손	m ²	0.11	4	단면보수	
가로보	균열(0.3mm미만)	m	7.00	9	표면처리	
	균열(0.3mm이상)	m	0.50	1	주입보수	
	누수오염	m ²	1.50	3	주의관찰	
	박락 및 철근노출	m ²	0.10	2	단면보수(방청)	
	보수부들뜸, 박락	m ²	0.41	3	단면보수	
	보수재박리	m ²	0.09	1	주의관찰	
	잡철물노출	EA	4.00	4	주의관찰	
	재료분리	m ²	0.20	1	단면보수	
	충분리	m ²	0.09	1	단면보수	

【표 3.3.17】금회 점검 손상물량 집계표(계속)

부재	손상내용	단위	손상물량		조치방안	비고
			물량	개소		
교대	누수흔적	m ²	71.44	5	주의관찰	
	법면 보호블럭 배부름 및 탈락	m ²	20.75	2	주의관찰	
	수목전도우려	EA	1.00	1	주의관찰	
교각	균열(0.3mm미만)	m	90.80	95	표면처리	
	균열(0.3mm이상)	m	7.60	8	주입보수	
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	5.90	4	표면처리	
	망상균열	m ²	182.63	38	표면처리	
	보수부망상균열	m ²	120.0	3	표면처리	
	긁힘	m ²	0.51	16	단면보수	
	누수오염 및 누수흔적	m ²	84.2	6	주의관찰	
	박리 및 박락	m ²	2.32	6	단면보수	
	박락 및 철근노출	m ²	0.30	1	단면보수(방청)	
	백태	m ²	0.01	1	주의관찰	
	보수재박리	m ²	3.46	3	표면처리	
	재료분리	m ²	1.16	3	단면보수	
	충분리(들뜸)	m ²	3.15	5	단면보수	
	파손	m ²	0.02	2	단면보수	
	콘크리트 퇴적	m ²	0.72	8	주의관찰	
	토사유실	m ²	150.0	1	주의관찰	
	불법점유 및 폐기물 적치	m ²	1509.0	3	주의관찰	

【표 3.3.17】금회 점검 손상물량 집계표(계속)

부재	손상내용	손상물량			조치방안	비고
		단위	물량	개소		
교량 받침	받침몰탈균열(0.3mm미만)	m	94.30	483	표면처리	
	받침몰탈균열(0.3mm이상)	m	0.40	1	주입보수	
	받침몰탈파손	m ²	0.01	1	단면보수	
	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	m	15.20	68	표면처리	
	받침콘크리트 층분리(들뜸)	m ²	0.36	7	단면보수	
	받침콘크리트 박리	m ²	0.04	1	단면보수	
	받침 플레이트 부식 및 도장박리	EA	58.0	58	도장보수	
신축 이음	후타재균열(0.3mm미만)	m	41.80	96	주의관찰	
	후타재 박리 및 박락	m ²	1.03	4	주의관찰	
	후타재파손	m ²	0.09	2	주의관찰	
	후타재 표면박리	m ²	54.0	10	주의관찰	
	차수판 덮개 볼트 탈락	EA	10.0	10	정비	
	본체부식	m	8.00	5	주의관찰	
	신축이음 하부 누수	m	23.5	2	유도배수시설 설치	
	유간 토사퇴적	m	51.0	17	청소	
교면 포장	포장균열	m	434.8	49	주의관찰	
	포장마모	m ²	0.40	1	주의관찰	
	포장망상균열	m ²	626.52	28	주의관찰	
	포장파손	m ²	1.44	4	패칭보수	
	접속부 아스콘 파손	m ²	0.04	2	주의관찰	
	토사퇴적	m ²	7.00	5	청소	

【표 3.3.17】금회 점검 손상물량 집계표(계속)

부재	손상내용	손상물량			조치방안	비고
		단위	물량	개소		
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	125.9	99	표면처리	
	균열(0.3mm이상)	m	2.50	1	주입보수	
	균열부백태	m	50.0	9	표면처리	
	긁힘 및 파손	m ²	1.50	2	단면보수	
	가드레일 변형	m	2.80	3	주의관찰	
	델리네이트 파손	EA	16.0	16	주의관찰	
	백태	m ²	0.15	1	표면처리	
	철근노출	m	0.50	5	단면보수(방청)	
	표면긁힘	m ²	2.00	1	단면보수	
	표면열화	m ²	156.0	5	주의관찰	
배수 시설	배수관 막힘	EA	8.00	8	청소	
	배수관 미설치	EA	7.00	7	재설치	
	배수관 부식	EA	1.00	1	주의관찰	
	배수관 유출 불량	EA	3.00	3	재설치	
	배수구 막힘	EA	32.0	32	청소	
	배수로 파손	m	0.50	1	단면보수	
	유공관 부식 및 길이 부족	EA	1.00	1	주의관찰	
	유공관 유출부 탈락	EA	1.00	1	주의관찰	
	그레이팅 망실	EA	4.00	4	재설치	
점검 시설	점검사다리 하부 고정불량	EA	1.00	1	주의관찰	
	점검시설 고정핀 탈락	EA	2.00	2	주의관찰	
	점검통로 미설치	EA	4.00	4	주의관찰	
	출입시설 미설치	EA	4.00	4	주의관찰	

3.3.4 기 점검 결과 비교

【표 3.3.18】 기 점검 결과 비교

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	0.60	2	1.50	4	▲ 0.90
	균열(0.3mm이상)	m	1.00	1	1.00	1	— —
	누수흔적 및 누수오염	m ²	—	—	7.05	5	▲ 7.05
	철근노출 및 박락	m ²	—	—	0.69	1	▲ 0.69
	박락	m ²	—	—	0.54	3	▲ 0.54
	백업재 탈락	EA	—	—	6.00	6	▲ 6.00
	백태	m ²	0.23	5	0.23	5	— —
	보수재박리	m ²	0.90	1	7.64	5	▲ 6.74
	충분리	m ²	—	—	0.41	2	▲ 0.41
거더	균열(0.3mm미만)	m	2.00	2	2.00	2	— —
	누수오염	m ²	—	—	1.53	3	▲ 1.53
	박락 및 충분리	m ²	—	—	2.16	26	▲ 2.16
	보수부들뜸, 박락	m ²	—	—	1.66	10	▲ 1.66
	보수재박리	m ²	—	—	0.16	1	▲ 0.16
	인양홀 주변 파손	m ²	0.01	1	0.10	4	▲ 0.11
가로보	균열(0.3mm미만)	m	—	—	7.00	9	▲ 7.00
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	0.50	1	▲ 0.50
	누수오염	m ²	—	—	1.50	3	▲ 1.50
	박락 및 철근노출	m ²	—	—	0.10	2	▲ 0.10
	보수부들뜸, 박락	m ²	—	—	0.41	3	▲ 0.41
	보수재박리	m ²	—	—	0.09	1	▲ 0.09
	잡철물노출	EA	—	—	4.00	4	▲ 4.00
	재료분리	m ²	—	—	0.20	1	▲ 0.20
	충분리	m ²	—	—	0.09	1	▲ 0.09

【표 3.3.18】 기 점검 결과 비교(계속)

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
교대	누수흔적	m ²	—	—	71.44	5	▲ 71.44
	법면 보호블럭 배부름 및 탈락	m ²	20.75	2	20.75	2	— —
	수목전도우려	EA	1.00	1	1.00	1	— —
교각	균열(0.3mm미만)	m	4.10	3	90.80	95	▲ 86.7
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	7.60	8	▲ 7.60
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	—	—	5.90	4	▲ 5.90
	망상균열	m ²	16.80	1	182.63	38	▲ 165.83
	보수부 망상균열	m ²	80.0	2	120.0	3	▲ 40.0
	긁힘	m ²	—	—	0.51	16	▲ 0.51
	누수오염 및 누수흔적	m ²	—	—	84.2	6	▲ 84.2
	박리 및 박락	m ²	0.76	3	2.32	6	▲ 1.56
	박락 및 철근노출	m ²	—	—	0.30	1	▲ 0.30
	백태	m ²	0.01	1	0.01	1	— —
	보수재박리	m ²	—	—	3.46	3	▲ 3.46
	재료분리	m ²	0.15	1	1.16	3	▲ 1.01
	층분리(들뜸)	m ²	0.45	3	3.15	5	▲ 2.70
	파손	m ²	—	—	0.02	2	▲ 0.02
	콘크리트 퇴적	m ²	0.72	8	0.72	8	— —
	토사유실	m ²	—	—	150.0	1	▲ 150.0
	불법점유 및 폐기물 적치	m ²	—	—	1509.0	3	▲ 1509.0

【표 3.3.18】 기 점검 결과 비교(계속)

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
교량 받침	받침물탈균열(0.3mm미만)	m	92.60	476	94.30	483	▲ 1.70
	받침물탈균열(0.3mm이상)	m	—	—	0.40	1	▲ 0.40
	받침물탈파손	m ²	0.01	1	0.01	1	— —
	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	m	6.50	32	15.20	68	▲ 8.70
	받침콘크리트 층분리(들뜸)	m ²	0.20	5	0.36	7	▲ 0.16
	받침콘크리트 박리	m ²	0.04	1	0.04	1	— —
	받침 플레이트 부식 및 도장박리	EA	27.0	27	58.0	58	▲ 31.0
신축 이음	후타재균열(0.3mm미만)	m	41.80	96	41.80	96	— —
	후타재 박리 및 박락	m ²	0.99	3	1.03	4	▲ 0.04
	후타재파손	m ²	—	—	0.09	2	▲ 0.09
	후타재 표면박리	m ²	54.0	10	54.0	10	— —
	차수판 덮개 볼트 탈락	EA	10.0	10	10.0	10	— —
	본체부식	m	4.00	3	8.00	5	▲ 4.00
	신축이음 하부 누수	m	—	—	23.5	2	▲ 23.5
	유간 토사퇴적	m	51.0	17	51.0	17	— —
교면 포장	포장균열	m	410.8	41	434.8	49	▲ 24.0
	포장마모	m ²	—	—	0.40	1	▲ 0.40
	포장망상균열	m ²	528.5 2	25	626.52	28	▲ 98.0
	포장파손	m ²	1.40	3	1.44	4	▲ 0.04
	접속부 아스콘 파손	m ²	—	—	0.04	2	▲ 0.04
	토사퇴적	m ²	—	—	7.00	5	▲ 7.00

【표 3.3.18】 기 점검 결과 비교(계속)

구분	손상내용	단위	전회		금회		증감
			물량	개소	물량	개소	
방호벽 및 중앙 분리대	균열(0.3mm미만)	m	91.8	55	125.9	99	▲ 34.1
	균열(0.3mm이상)	m	2.50	1	2.50	1	- -
	균열부백태	m	50.0	9	50.0	9	- -
	긁힘 및 파손	m ²	1.50	2	1.50	2	- -
	가드레일 변형	m	2.80	3	2.80	3	- -
	델리네이트 파손	EA	12.0	12	16.0	16	▲ 4.00
	백태	m ²	0.15	1	0.15	1	- -
	철근노출	m	0.30	3	0.50	5	▲ 0.20
	표면긁힘	m ²	-	-	2.00	1	▲ 2.00
	표면열화	m ²	120.0	4	156.0	5	▲ 36.0
배수 시설	배수관 막힘	EA	8.00	8	8.00	8	- -
	배수관 미설치	EA	7.00	7	7.00	7	- -
	배수관 부식	EA	-	-	1.00	1	▲ 1.00
	배수관 유출 불량	EA	-	-	3.00	3	▲ 3.00
	배수구 막힘	EA	32.0	32	32.0	32	- -
	배수로 파손	m	0.50	1	0.50	1	- -
	유공관 부식 및 길이 부족	EA	1.00	1	1.00	1	- -
	유공관 유출부 탈락	EA	-	-	1.00	1	▲ 1.00
	그레이팅 망실	EA	4.00	4	4.00	4	- -
점검 시설	점검사다리 하부 고정불량	EA	-	-	1.00	1	▲ 1.00
	점검시설 고정핀 탈락	EA	2.00	2	2.00	2	- -
	점검통로 미설치	EA	4.00	4	4.00	4	- -
	출입시설 미설치	EA	4.00	4	4.00	4	- -

3.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

금회 2중 성능평가의 콘크리트 내구성 조사는 최근 정밀안전점검 자료를 활용하였으며, 일부 자료가 미비한 경우 추가조사를 실시하였다.

3.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

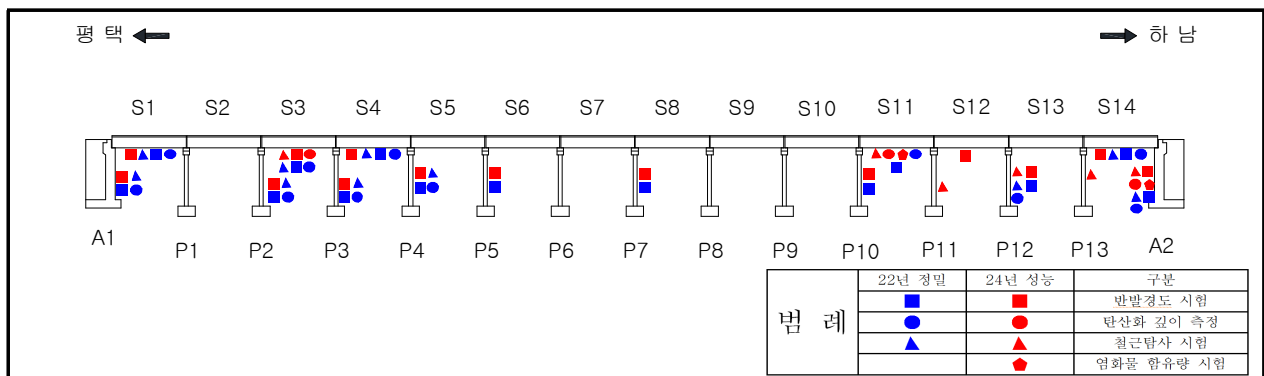
본 구조물에 대한 현장시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[성능평가], [교량편] (2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 위치 및 수량을 결정하였으며, 전차 점검 및 진단 비파괴시험과 비교·검토할 수 있도록 시험 위치를 선정하였다.

【표 3.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도시험	• 50m 마다	• 50m 마다	9	9	9	12	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	5	4	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		2	1	3	1	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	1	

• 염화물 침투량 시험결과는 내구성능평가 파트에 기입하였다.

나. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

3.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도법에 의한 비파괴 강도

- 반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물에 이물질들을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며, 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였다. 또한 반발경도에 의한 압축강도 추정은 보통 콘크리트는 일본건축학회식과 일본재료학회식을 사용하였고, 고강도 콘크리트는 과학기술부식과 한국시설안전공단 식을 사용하였다.



【사진 3.4.1】 반발경도 시험

【표 3.4.2】 반발경도법에 의한 압축강도(상부구조)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판 하면	47.9	27.0	27.8	0.63	27.0	
	S3 바닥판 하면	51.5	29.9	29.4			
	S4 바닥판 하면	50.1	28.7	28.7			
	S12 바닥판 하면	48.5	27.4	28.0			
	S14 캔틸레버	52.5	30.7	29.8			
	S1-G1~G2 CB1	48.3	27.3	27.9			

【표 3.4.3】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	한국시설 안전공단	재령보정 계수		
상부 구조	S1-G1	49.8	39.8	47.8	0.63	35.0	
	S14-G1	52.5	42.3	51.7			건전
	S14-G1	52.0	41.8	51.0			비건전

【표 3.4.4】 하부구조(교대 및 교각) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 홍벽	47.1	26.3	27.4	0.63	21.0	건전
	A1 홍벽	46.1	25.5	26.9			비건전
	A2 홍벽	47.8	26.9	27.7			
	P2 기둥부	48.2	27.2	27.9			
	P3 기둥부	46.4	25.7	27.1			
	P3 코핑부	40.6	21.1	24.4			건전
	P3 코핑부	40.8	21.3	24.5			비건전
	P4 기둥부	47.9	27.0	27.8			
	P5 기둥부	41.9	22.1	25.0			
	P7 기둥부	47.4	26.5	27.5			
	P10 기둥부	49.6	28.3	28.5			
	P12 기둥부	48.0	27.1	27.8			

2) 구조물 형식별 콘크리트 추정 비파괴강도

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 27.0~30.7MPa, 상부구조(거더) 39.8~51.7MPa, 하부구조(교대 및 교각) 21.1~28.3MPa로 측정 되었으며, 설계기준압축강도(바닥판 및 가로보: 27.0MPa, 거더:35.0MPa 교대 및 교각 24.0MPa)를 전반적으로 상회하는 것으로 확인되었다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상으로 측정되어 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었으며, 설계기준강도를 상회하는 것으로 확인되어 비건전부의 콘크리트 성능저하는 없는 것으로 판단된다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 없는 것으로 조사되었다.

3) 기 정밀안전점검 결과와 비교

- 기 정밀안전점검 결과와 금회 성능평가 결과를 비교·분석한 결과 측정값에 일부 차이가 있으나 이는 콘크리트 표면 상태 및 시험위치 등의 차이로 인한 것으로 판단되며, 설계기준강도를 상회하는 것으로 분석됨에 따라 콘크리트 강도는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.

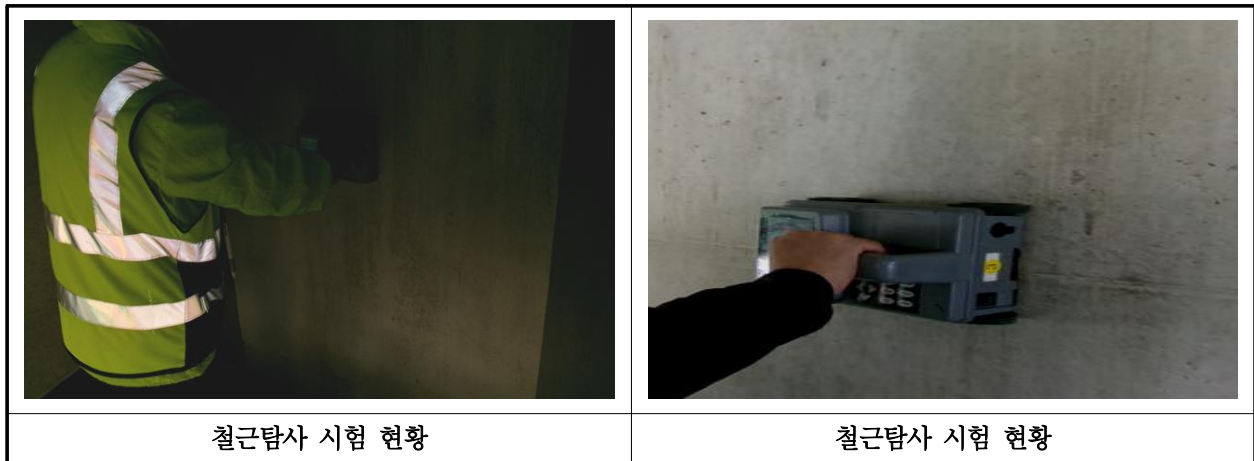
【표 3.4.5】 기 정밀안전점검 결과와 비교(반발경도측정결과)

구 분	위치	전회	금회	설계기준강도
반발경도법	바닥판 및 가로보	27.9 ~ 30.8	27.0 ~ 30.7	27.0
	거더	36.9 ~ 37.5	39.8 ~ 51.7	35.0
	교대 및 교각	24.5 ~ 25.9	21.1 ~ 28.3	21.0
검토의견		■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

나. 철근탐사

1) 철근탐사 시험결과

- 철근탐사 시험은 상부 5개소, 하부 4개소를 실시하여, 총 9개소를 실시하였다.
- 철근 피복두께 및 배근간격은 설계치와 비교시 전반적으로 준공도면과 대체로 일치하는 것으로 나타났으며, 일부구간 배근간격이 다소 상이하고, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 주의관찰이 요구된다.



【사진 3.4.2】 철근탐사 시험

【표 3.4.6】 철근탐사 결과

구 분	측정위치	철근	측정결과(mm)		설계도면(mm)		비고
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	
상부 구조	S03 바닥판 하면	주철근	41	90	60	100	양호
		배력철근	37	300	60	300	
	S11 바닥판 하면	주철근	44	105	60	100	양호
		배력철근	37	310	60	300	
	S11-G3	주철근	41	185	60	200	양호
		배력철근	41	380	60	300	
	S14-G3	주철근	67	120	60	150	양호
		배력철근	63	300	60	300	
	S11-G2~G3 CB1	주철근	44	200	50	250	양호
		배력철근	54	300	50	200	
하부 구조	A2 교대 흥벽	수직철근	55	130	50	125	양호
		수평철근	57	200	50	200	
	P11 기둥부	수직철근	106	120	100	150	양호
		수평철근	76	300	100	300	
	P12 기둥부	수직철근	97	110	100	150	양호
		수평철근	100	155	100	150	
	P13 기둥부	수직철근	98	200	100	150	양호
		수평철근	100	150	100	150	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

다. 탄산화 깊이 측정

1) 탄산화측정 결과

- 동향교에서 탄산화시험은 상부구조 3개, 하부구조 1개로 총 4개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음”인 ‘a’ 등급으로 평가되었고 30년 초과 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.



【사진 3.4.3】 탄산화 시험

【표 3.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S03 바닥판하면	5.5	37.0	31.5	a	1.26	30년 초과	
	S11 바닥판하면	4.5	37.0	32.5	a	1.03	30년 초과	
	S14-G3	2.5	63.0	60.5	a	0.57	30년 초과	
하부구조	A2 교대	11.0	55.0	44.0	a	2.52	30년 초과	

2) 기 정밀안전점검 결과와 비교

- 기 정밀안전점검 결과와 금회 성능평가 결과를 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하지만 금회 측정시 전개소 모두 30년 초과 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 3.4.8】기 정밀안전점검 결과와 비교(탄산화 깊이 측정)

구 분	전회			금회			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	5.0~9.0	40.6~47.0	a	2.5~5.5	31.5~60.5	a	
하부구조	7.0~10.0	56.0~81.5	a	11.0	44.0	a	
검토의견	■ 기준 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

라. 내구성조사 결과 요약

【표 3.4.9】내구성조사 결과 요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과 (배근간격)	설계기준 (피복두께)	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 및 가로보	27.0 ~ 30.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	39.8 ~ 51.7	35.0	
	하부구조	교대 및 교각	21.1 ~ 28.3	21.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		31.5~60.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		44.0	a등급	
철근탐사 (배근간 격/피복 두께) (mm)	상부 구조	수직철근	90~200	41~67	■ 피복두께 및 배근간격은 대체로 설계치와 일치하나 일부구간 배근간격이 다소 상이하고 피복두께도 다소 부족한 것으로 조사됨
		수평철근	300~380	37~63	
	하부 구조	수직철근	110~200	55~106	
		수평철근	150~300	57~100	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임 • 철근탐사 측정결과 전반적으로 설계값과 일치하나, 일부구간 피복두께가 다소 부족한 것으로 조사됨				

마. 내구성조사 결과 비교

【표 3.4.10】 내구성조사 결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과						비 고
			전회			금회			
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	바닥판 및 가로보	27.1	~	29.4	27.0	~	30.7	■ 강도저하 없음
		거더	45.6	~	47.4	39.8	~	51.7	
	하부 구조	교대 및 교각	26.2	~	26.2	21.1	~	28.3	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		40.6~47.0		a	31.5~60.5		a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		56.0~81.5		a	44.0		a	
철근탐사 (배근간격/피복 두께) (mm)	상부 구조	수직철근	—		—	90~200		41~67	■ 피복두께 및 배근간격은 대체로 설계치와 일치하나 일부구간 배근간격이 다소 상이하고 피복두께도 다소 부족한 것으로 조사됨
		수평철근	—		—	300~380		37~63	
	하부 구조	수직철근	—		—	110~200		55~106	
		수평철근	—		—	150~300		57~100	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨								

바. 반발경도 시험 보고서

【표 3.4.11】 반발경도 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2023년 04월 26일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
시험 대상 구조물 표본에 대한 설명	기 점검과의 비교 · 평가를 위해 위치를 선정
콘크리트 설계조건	바닥판하면, 가로보 : 27.0MPa 거더 : 35.0MPa 교대/교각 : 21.0MPa
시험 위치의 표면상태	양호
시험시 온도	9.8℃ ~ 10.9℃
콘크리트 재령	3,000일 이상
콘크리트 내부의 함수상태	표면 건조 상태
반발경도측정기 종류	NR-Type(NR-10)
타격방향	+90° , 0°
시험 부위별 반발경도의 평균값	부록 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	부록 참조

사. 탄산화 시험 보고서

【표 3.4.12】 탄산화 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2024년 04월 02일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	부록 참조
연한 적자색 변색 유무	유

아. 철근탐사시험 보고서

【표 3.4.13】 철근탐사 시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2024년 04월 02일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조(철근콘크리트 구조물)	
시험 대상 표본 선정		재료시험 수량에 따른 표본 선정	
시험 한계(잡음원인 및 장애물)		없음	
측정기구	종 류	NJJ-95A(전자파레이더 방식)	
	제품번호	ED72983	
	매개변수	X-axis(측정방식)	레이더 방식
		depth(심도보정)	6~11 0. 1단계
	매개변수	300mm미만	
시험 대상면에서나 안테나 위치, 방향		측정 대상 철근의 수직방향, 수평방향 측정	
시험을 통한 획득 정보		배근간격 및 피복두께	
전자파를 콘크리트 내로 방사하면 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율·도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계면에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 구한다. – 콘크리트 내의 전자파속도(V) $V = C / \sqrt{\epsilon_r} \quad (m/s)$ 여기서, C : 진공중에서의 전자파속도 ϵ_r : 콘크리트의 비유전율 – 반사물체까지의 거리(D) $D = VT / 2 \quad (m)$ 여기서, V : 콘크리트 내의 전자파속도 T : 왕복전파시간			
시험 성과표 참조			

자. 염화물함유량시험 보고서

【표 3.4.14】 염화물함유량 시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2024년 04월 02일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조(철근콘크리트 구조물)	
조 사 수 량	상부구조	1개소	바닥판하면 S11
	하부구조	1개소	교대 A2
구조물 경과연수		경과연수 : 19년	
측정면 종류		기전 상태의 건전한 콘크리트 면 (그라인딩을 통해 요철 제거, 평탄 작업 실시)	
사용 골재의 종류		보통골재	
시험방법		시험부재의 철근깊이까지 10~20mm단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713의 산-가용성 염화물시험 방법으로 실시	
시험 성과표 참조			

3.5 안전성능 평가

시설물의 상태안전성능평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[성능평가](2023. 12.)』의 상태안전성능평가 기준에 따라 실시한다.

3.5.1 상태안전성능 평가

상태안전성능평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 기존 외관조사망도를 참고하여 부재별로 상세히 상태안전성능평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태안전성능평가 결과를 결정하게 된다.

가. 상태안전성능 평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태안전성능평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B등급’으로 산정되었다.

【표 3.5.1】 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
—	A1	PSCI	—	—	—	—	—	—	c	b	a	q
S1	P1	PSCI	a	b	a	b	c	b	c	c	b	q
S2	P2	PSCI	a	b	b	b	c	b	—	b	b	q
S3	P3	PSCI	c	b	a	c	c	b	c	b	b	q
S4	P4	PSCI	b	b	a	c	c	b	—	b	b	q
S5	P5	PSCI	a	a	b	c	c	b	—	b	b	q
S6	P6	PSCI	b	b	c	b	c	b	c	b	c	q
S7	P7	PSCI	a	b	c	c	c	d	—	b	b	q
S8	P8	PSCI	a	a	a	c	c	d	—	b	b	q
S9	P9	PSCI	a	b	a	c	c	d	c	b	c	q
S10	P10	PSCI	a	b	b	c	c	b	—	b	b	q
S11	P11	PSCI	a	b	c	c	c	b	—	b	b	q
S12	P12	PSCI	c	b	b	b	c	b	c	b	c	q
S13	P13	PSCI	a	b	b	b	c	d	—	b	b	q
S14	A2	PSCI	b	b	a	b	c	d	c	b	a	q
평균			0.164	0.186	0.200	0.314	0.400	0.379	0.400	0.213	0.227	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.025	0.046	0.008	0.013	0.012	0.008	0.028	0.032	0.057	—
											0.228	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.228) < 0.260$

나. 공중이 이용하는 부위 상태안전성능평가

① 추락방지시설

경미한 결함 및 파손이 발생한 상태로 지속적인 관찰 후 보수가 필요한 “b” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

② 도로포장

포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 “b” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

③ 도로부 신축이음부

부분적 균열, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태로 “c” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생한 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

다. 시설물 전체 상태안전성능평가 결과

【표 3.5.2】 시설물 전체 상태안전성능평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태안전 성능평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
동향교	0.228	B	420	4	1,680	1.000	0.228
합계(Σ)			420	4	1,680	1.000	0.228
1. 평가지수 =							0.228
2. 상태안전성능평가결과 =							B

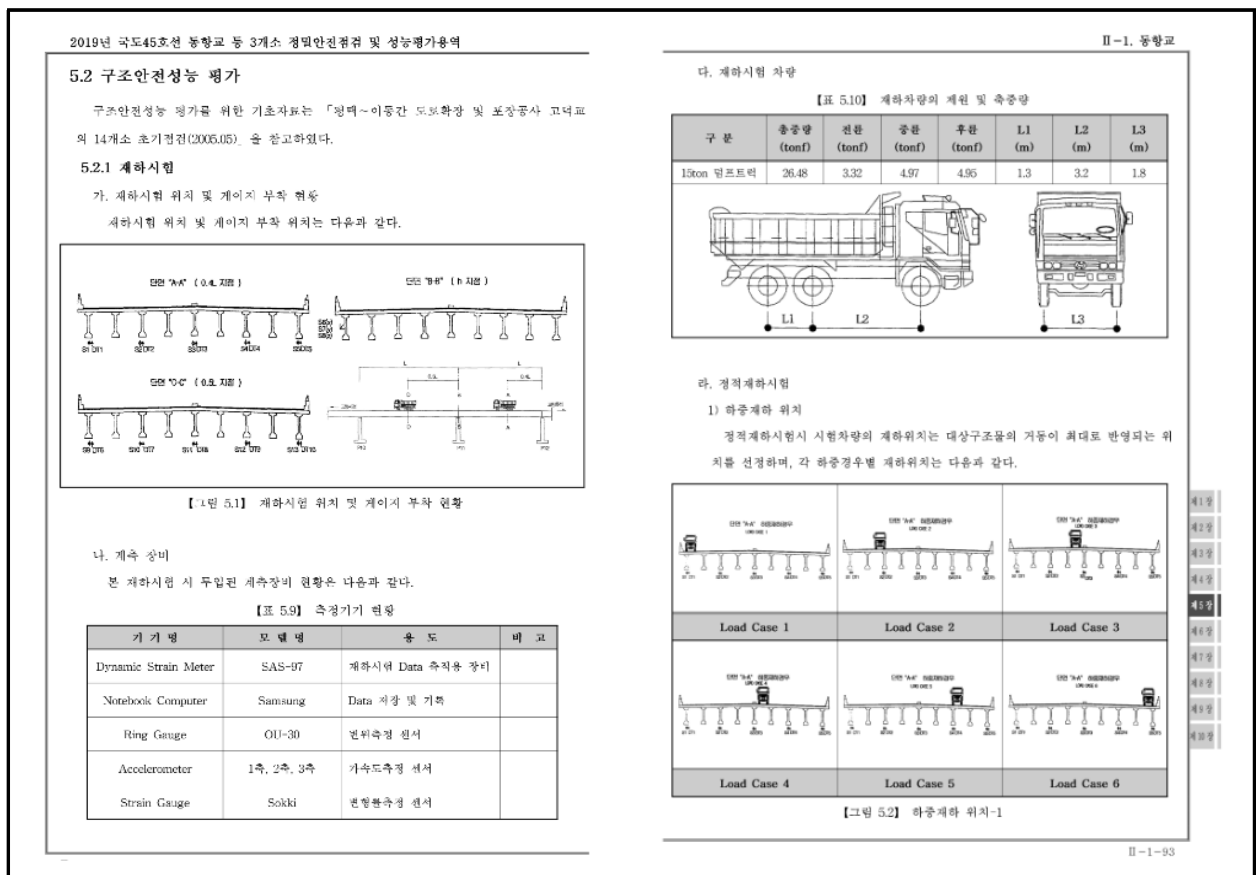
3.5.2 구조안전성능평가

금회 과업은 2중 성능평가로써 설계당시 준공도면, 구조계산서, 전회 2중 성능평가 보고서 등 기초자료를 검토하고, 첨부하여 구조안전성능평가 결과를 산출하였다.

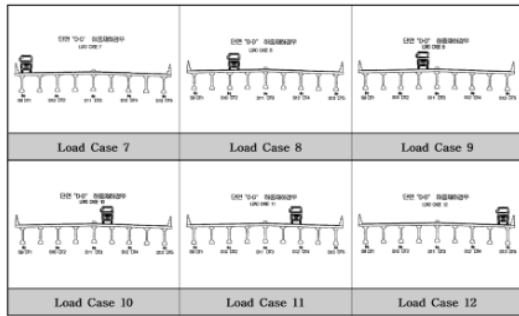
구조안전성능 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 구조안전성능 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

가. 재하시험



2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역



【그림 5.3】하중제하 위치-2

2) 측정 변형률값

정적제하시험을 통한 변형률값은 다음과 같다.

【표 5.11】측정 변형률값

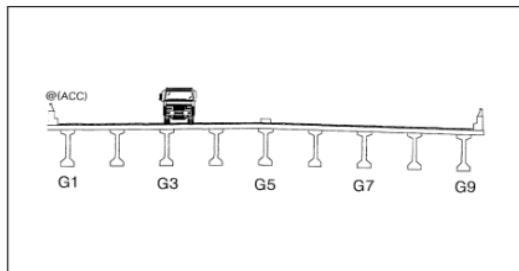
구분	12경간						11경간						비고
	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC8	LC9	LC10	LC11	LC12	
ST1	23.003	10.221	8.738	4.333	3.023	6.463	24.141	8.896	8.104	14.784	2.778	5.067	
ST2	14.064	11.358	11.329	8.968	5.355	7.097	11.458	14.769	10.624	11.862	3.282	4.678	
ST3	6.550	9.803	10.480	11.127	7.370	6.478	8.378	9.184	11.070	3.383	3.815	4.203	
ST4	5.125	6.219	7.298	15.417	14.179	18.309	2.534	5.715	6.996	2.505	4.016	4.390	
ST5	1.555	3.181	2.821	13.661	16.770	24.126	-	-	-	-	-	-	

II-1-94

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

마. 동적제하시험 결과

1) 동적제하시험 주행 방향 및 위치



【그림 5.4】하중제하 위치

2) 측정 치짐값

동적제하시험을 통한 치짐값은 다음과 같다.

【표 5.14】측정 치짐값

구분	10km/hr	30km/hr	60km/hr	80km/hr	비고
12경간	DT1	0.632	0.637	0.589	mm
	DT2	0.519	0.498	0.462	mm
	DT3	0.273	0.225	0.200	mm
	DT4	0.118	0.111	0.105	mm
	DT5	0.035	0.075	0.050	mm
11경간	DT6	0.722	0.675	0.767	mm
	DT7	0.519	0.529	0.587	mm
	DT8	0.271	0.293	0.323	mm
	DT9	0.125	0.124	0.153	mm
	DT10	0.077	0.069	0.038	mm

II-1-96

II-1. 동향교

3) 측정 치짐값

정적제하시험을 통한 치짐값은 다음과 같다.

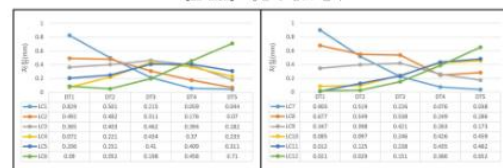
【표 5.12】측정 치짐값

구분	12경간						11경간						비고
	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC8	LC9	LC10	LC11	LC12	
DT1	0.829	0.482	0.365	0.072	0.206	0.090	0.903	0.677	0.347	0.085	0.012	0.021	mm
DT2	0.501	0.482	0.403	0.221	0.251	0.052	0.519	0.549	0.308	0.097	0.125	0.029	mm
DT3	0.215	0.311	0.462	0.434	0.410	0.198	0.235	0.538	0.421	0.246	0.238	0.151	mm
DT4	0.069	0.176	0.394	0.370	0.409	0.458	0.076	0.249	0.263	0.426	0.433	0.386	mm
DT5	0.044	0.070	0.182	0.233	0.311	0.710	0.038	0.286	0.173	0.459	0.482	0.632	mm

3) 휨분배 검토 결과

휨분배 검토 결과 구조물의 휨구배 및 재하 위치의 오차 등을 고려할 때 활하중 에 의한 거다 별 휨분배 상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 5.13】휨분배 검토 결과



II-1-95

II-1. 동향교

3) 충격계수 분석 결과

동적제하시험을 통한 충격계수 분석 결과, 30km/hr 로 주행할 때 DT6에서 0.201 로 분석되었다.

구분		10km/hr	30km/hr	60km/hr	80km/hr
DT1	Ddyn	0.632	0.637	0.589	0.572
	Dsta	0.553	0.604	0.551	0.509
	D.A.F	1.143	1.055	1.069	1.124
	i	0.143	0.055	0.069	0.124
DT6	Ddyn	0.722	0.675	0.667	0.613
	Dsta	0.607	0.562	0.597	0.544
	D.A.F	1.189	1.201	1.117	1.127
	i	0.189	0.201	0.117	0.127

II-1-97

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

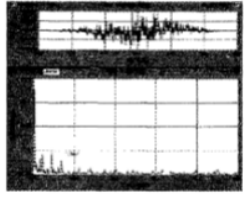
4) 고유진동수 분석 결과

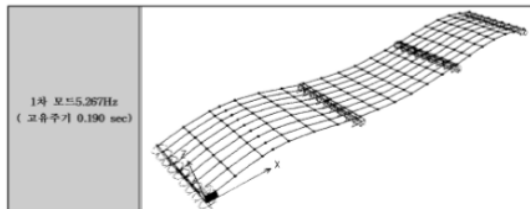
① 실측 고유진동수 분석 결과

고유진동수 분석은 동적재하시험 중 가속도계로 측정된 계측값을 이용하여 FFT(Fast Fourier Transfar) 분석하였으며, 분석결과 고유진동수는 6.738Hz로 산출되었다.

또한 구조해석을 통해 분석한 고유진동수는 1차 모드 고유진동수인 5.267Hz로 실측 고유진동수 6.738Hz 보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

【표 5.15】 실측 고유진동수 분석

구분	측정지	60km/hr ACC
고유진동수 (Hz)	10km/hr	6.738
	30km/hr	6.738
	60km/hr	6.738
	80km/hr	6.641
실측 고유진동수(Hz)	6.738	



【그림 5.5】 이론 고유진동수 분석

나. 구조검토

II-1. 동향교

5.2.2 구조검토

가. 검토조건

1) 교량 제원

- ① 교량명 : 동향교
- ② 교량종류 : 1종교(DB-24, DL-24)
- ③ 교량형식 : P.S.C BEAM교
- ④ 연장 : 14 @ 30.0 = 420.00m
- ⑤ 폭 : 19.50m
- ⑥ Beam 간격 : 2.20m (H= 2.00m)

2) 사용재료

① 콘크리트

- ㉠ 슬래브 : $f_{ck} = 270 \text{ kgf/cm}^2$
 - ㉡ 주Beam : $f_{ck} = 350 \text{ kgf/cm}^2$
- ② 강재
- ㉠ 슬래브 : SD - 40
 - ㉡ 주Beam : • SD - 30 • SWPS1 Ø12.7m/m 12연선 • $A_p = 11.845 \text{ cm}^2$

3) 허용응력

① 콘크리트

- ㉠ 슬래브 : $f_{ca} = 0.4f_{ck} = 108.00 \text{ kgf/cm}^2$
 - ㉡ 주Beam :
- 프리스트레스 도입시의 압축강도 : $f_{ci} = 0.8f_{ck} = 280.00 \text{ kgf/cm}^2$
 - 프리스트레스 도입직후 :
 - 허용압축응력 : $0.55f_{ci} = 154.00 \text{ kgf/cm}^2$
 - 허용인장응력 : $0.75\sqrt{f_{ci}} = 12.55 \text{ kgf/cm}^2 \sqrt{f_{ci}}$
 - 설계하중 작용시 :
 - 허용압축응력 : $0.40f_{ck} = 140.00 \text{ kgf/cm}^2$
 - 허용인장응력 : $1.5\sqrt{f_{ci}} = 28.00 \text{ kgf/cm}^2$

II-1-99

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

② P.S 강재(저탄력세이션 강재)

㉢ 강도 :

- 극한강도 : $f_{pu} = 190.00 \text{ kgf/mm}^2$
- 항복강도 : $f_{py} = 160.00 \text{ kgf/mm}^2$
- ㉣ 프리스트레싱시 정착부에서의 응력 : $0.90f_{py} = 144.00 \text{ kgf/mm}^2$
- ㉤ Jack에 의한 최대인장력 : $P_{max} = 144 \times 11.845 = 170.568 \text{ tonf}$
- ㉥ 프리스트레싱직후 정착부에서의 응력 : $0.70f_{py} = 112.00 \text{ kgf/mm}^2$
- ㉦ 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력 : $0.80f_{py} = 128.00 \text{ kgf/mm}^2$

3) 탄성계수

① 콘크리트

- ㉠ $E_c = 10,500 \times \sqrt{f_{ck}} + 70,000(\text{kgf/cm}^2)$ ($f_{ck} > 300 \text{ kgf/cm}^2$)
- $= 15,000 \times \sqrt{f_{ck}}$ (kgf/cm^2) ($f_{ck} \leq 300 \text{ kgf/cm}^2$)

② P.S 강재

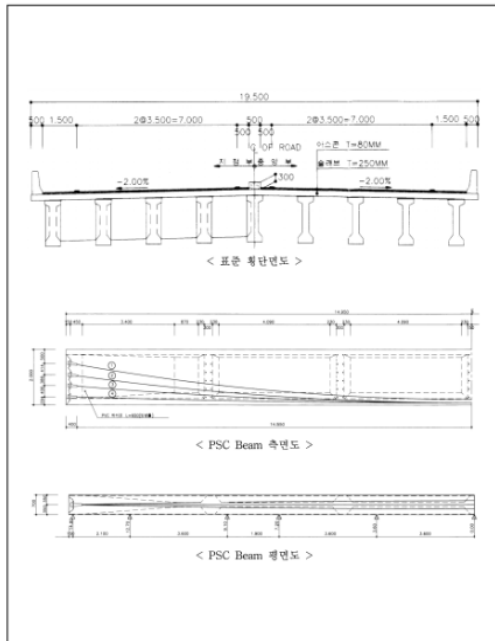
- ㉠ $E_s = 2.0 \times 10^6 (\text{kgf/cm}^2)$

제1장
제2장
제3장
제4장
제5장
제6장
제7장
제8장
제9장
제10장

II-1-100

II-1. 동향교

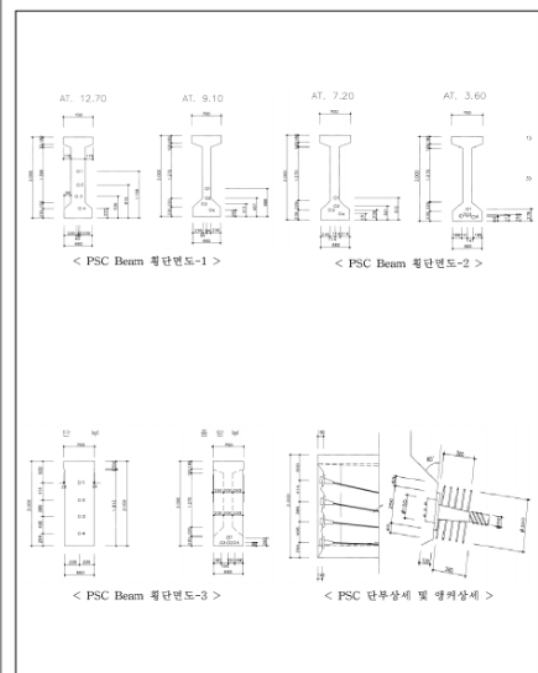
나. 검토단면



【그림 5.6】 표준 횡단면도, PSC Beam 축면도 및 평면도

II-1-101

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역



【그림 5.7】 PSC Beam 횡단면도, 단부상세 및 양커상세

II-1-102

II-1. 동향교

다. 작용하중

1) 고정하중

① 주거리 중량 : 60.678 ton-f/m

② 합성천 하중

③ 슬래브 중량 :

-내측 : 1.375 ton-f/m

-외측 : 1.410 ton-f/m

④ 가로보 중량 : 1.375 ton-f/EA

⑤ 합성후 중량

⑥ 방호벽 중량 : 1.348 ton-f/m

⑦ 포장하중 : 0.294 ton-f/m

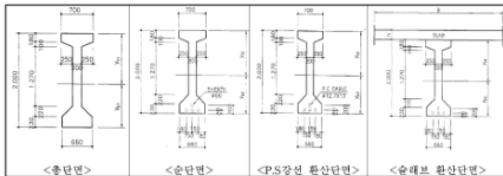
2) 활하중

① 충격계수 : $i = 15 / (40 + L) = 0.214$

② 적용 활하중 : DB-24, DL-24

라. 단면특성

【표 5.16】 단면제원



1) 플랜지 유효폭 산정

① 외측BEAM : $b_l = 95.0 + 10 = 105.0\text{cm}$ - $6 \cdot t \cdot b_l = 6 \cdot 25 \cdot 105.0 = 255.0\text{cm}$ -보의경간/12 + $b_l = 2.910/12 + 105.0 = 347.5\text{cm}$ -인접보와의 내측거리/2 + $b_l = 200/2 + 105.0 = 205.0\text{cm} \therefore 205.0\text{cm}$

II-1-103

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

② 내측BEAM : $b_0 = 20.0\text{cm}$ - $12 \cdot t \cdot b_0 = 12 \cdot 25 \cdot 20.0 = 255.0\text{cm}$ -보의경간/4 = $2.910/4 = 347.5\text{cm}$ -양쪽 거머의 중심간 거리 = $220.0\text{cm} \therefore 220.0\text{cm}$

2) 총단면

구분	단면적	중립축거리	단면2차모멘트	단면계수	비고
	A(cm ²)	yt(cm)	yb(cm)	I(cm ⁴)	Zt(cm ³)
주 거리	6,714.00	104.07	95.93	33,048.818	317.563

3) 순단면

구분	단면적	중립축거리	단면2차모멘트	단면계수	비고
	A(cm ²)	yt(cm)	yb(cm)	I(cm ⁴)	Zt(cm ³)
주 거리	6,577.15	102.3	97.70	32,045.030	313.246

4) P.S강선 환산단면

구분	단면적	중립축거리	단면2차모멘트	단면계수	비고
	A(cm ²)	yt(cm)	yb(cm)	I(cm ⁴)	Zt(cm ³)
주 거리	6,932.81	106.75	93.25	34,578.073	323.916

5) 슬래브 환산단면

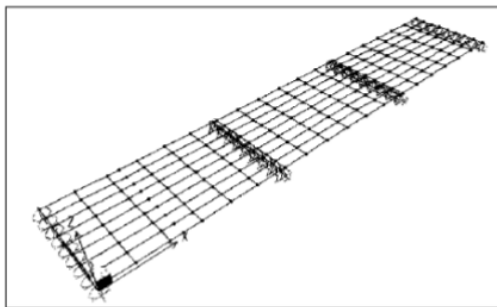
구분	단면적	중립축거리	단면2차모멘트	단면계수	비고
	A(cm ²)	yt(cm)	yb(cm)	I(cm ⁴)	Zt(cm ³)
내측주형	12,020.81	56.28	143.72	76,567.648	1,990,477
외측주형	11,673.44	58.32	141.68	74,865.025	1,283,694

II-1-104

II-1. 동향교

바. 구조물 모델링

구조물의 모델링은 주형의 중심선을 따라 격자형으로 모델링 한 후, 가로보의 위치에 결점을 두어 가로보의 집중하중을 줄 수 있도록 고려하였다.



【그림 5.8】 구조물 모델링

II-1-105

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

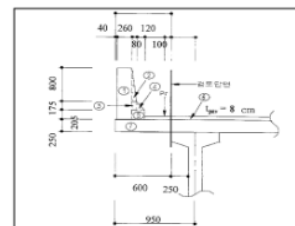
라. 바닥 검토

1) 캔틸레버판의 검토

① 바닥판두께 검토

② 캔틸레버 바닥판의 지간 : 고정하중에 의한 지간 $L = 0.60\text{m}$ 활하중에 의한 지간 $L = 0.00\text{m}$ ③ 바닥판의 최소두께 : $T_{min} = 28L + 18 = 18.00\text{cm}$ $\therefore T = 25.00\text{cm} > T_{min} = 18.00\text{cm} \quad \text{O.K}$

② 하중 및 단면력 산정



【그림 5.9】 캔틸레버 분할단면

③ 고정하중 : 방호벽 모멘트 팔길이 $I = 0.383$

	0.60*0.25*2.50	0.375*0.300	0.113
포장	0.00*0.08*2.30	0.000*0.000	0.000
①	1.18*0.28*2.50	0.767*0.430	0.330
②	0.80*0.08*2.50*1/2	0.080*0.273	0.022
③	0.18*0.08*2.50	0.035*0.260	0.009
④	0.18*0.12*2.50*1/2	0.026*0.180	0.005
⑤	0.21*0.20*2.50	0.103*0.200	0.021
소계		1.011	0.387
총계		1.386	0.500

④ 활하중 : DB-24, $Pr = 9.600\text{tonf}$ -충격계수(i) : $I = 15/(40+L) = 0.375 > 0.3 \therefore I = 0.300$ -슬라브 분포폭(E) : $E = 0.8 \cdot x \cdot 1.14 = 1.140\text{m}$ -모멘트(MI) : $MI = Pr(1+i)/x/E = 9.600 \cdot (1+0.300) \cdot 0.000/1.140 = 0.000\text{tonf} \cdot \text{m}$

II-1-106

II-1. 동향교

①승하차중

-설계기준 속도 $V = 80 \text{ km/hr}$ -충돌모멘트(Mco) $Mco = (V/60)^2 \times 0.75 \times 0.25 = 1.583 \text{ tonf-m}$

②양호벽에 작용하는 풍하중

- $B/D = 19.500/3.430 = 5.685 < 8.0$ $w = (400 - 20 \times 5.685) \times 3.430 = 982.00 \text{ kgf/m} > 600 \text{ kgf/m} \therefore w = 0.982 \text{ tonf-m}$ - $Mw = w \times H/2 = 0.982 \times 1.180/2 = 0.579 \text{ tonf-m}$

③극한하중의 산정

- $Mu = 1.30 \times Md + 2.15 \times Mi = 0.650 \text{ tonf-m} (0.500 \text{ tonf-m})$ - $Mu = 1.30 \times Md + 1.30 \times Mw = 1.403 \text{ tonf-m} (1.079 \text{ tonf-m})$ - $Mu = 1.30 \times Md + 1.30 \times Mi + 0.650 \times Mw = 1.028 \text{ tonf-m} (1.079 \text{ tonf-m})$ - $Mu = 1.25 \times Md + 1.25 \times Mi + 0.625 \times Mw = 0.987 \text{ tonf-m} (1.079 \text{ tonf-m})$ - $Mu = 1.30 \times Md + 1.30 \times Mi + 1.300 \times Mco = 2.708 \text{ tonf-m} (2.083 \text{ tonf-m})$ - $Mu = 1.20 \times Md + 1.20 \times Mw + 1.200 \times Mco = 3.194 \text{ tonf-m} (2.662 \text{ tonf-m})$ $\therefore Mu = 3.194 \text{ tonf-m} (2.662 \text{ tonf-m})$ (이른 사용하중 상태에서의 모멘트)

④단면정보

단면 높이 $h = 25.000 \text{ cm}$, 단면폭 $b = 100.000 \text{ cm}$ 철근덮개 $d' = 6.000 \text{ cm}$, 유효깊이 $d = 19.000 \text{ cm}$ 콘크리트 압축강도 $f_{ck} = 270.000 \text{ kgf/cm}^2$, 철근 항복강도 $f_y = 400.000 \text{ kgf/cm}^2$ 사용철근량 $As = D16@200 + D16@200 = 1.986 \times 5 + 1.986 \times 5 = 19.860 \text{ cm}^2$ 극한모멘트 $Mu = 3.194 \text{ tonf-m}$ 유효장가용력 길이 $a = As \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 3.46 \text{ cm}$ 휨강도 $\phi Mn = As \times f_y / (d - a/2) = 11.661 \text{ tonf-m} > Mu = 3.194 \text{ tonf-m} \therefore \text{O.K.}$

2) 중간마약관의 검토

①마약관두께 검토

②중간마약관의 지간: $L = 2.200 - 0.700 = 1.500 \text{ m}$ ③마약관의 최소두께: $T_{min} = 3L + 13 = 17.50 \text{ cm}$ $\therefore T = 25.00 \text{ cm} > T_{min} = 17.50 \text{ cm} \quad \text{O.K.}$

II-1-107

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

②하중 및 단면력 산정

③고정하중: $Mi = wL^2/10 = 0.392 \text{ tonf-m}$

바닥판	$1.0 \times 0.25 \times 2.50$	0.0625
포장	$1.00 \times 0.08 \times 2.30$	0.184
총계		0.800

④활하중: $DB-24, Pr = 9.600 \text{ tonf}$ -충격계수(i): $I = 15/(40+L) = 0.361 > 0.3 \therefore I = 0.300$ -모멘트(Mi): $Mi = 0.8Pr(1+I)/(L+0.6)/E = 2.184 \text{ tonf-m}$ ⑤원심하중: $V = 60 \text{ km/hr}, R = 6000 \text{ m}$ - $CF = 0.79 \times V^2/R\% = 0.790 \times 3600.0/6000 = 0.000\%$ - $Mcf = 0.000 \times 2.184 = 0.000 \text{ tonf-m}$

⑥극한하중의 산정

- $Mu = 1.30 \times Md + 2.15 \times Mi + 1.30 \times Mcf = 5.205 \text{ tonf-m} (2.576 \text{ tonf-m})$ $\therefore Mu = 5.205 \text{ tonf-m} (2.576 \text{ tonf-m})$ (이른 사용하중 상태에서의 모멘트)

⑦단면정보

단면 높이 $h = 25.000 \text{ cm}$, 단면폭 $b = 100.000 \text{ cm}$ 철근덮개 $d' = 6.000 \text{ cm}$, 유효깊이 $d = 19.000 \text{ cm}$ 콘크리트 압축강도 $f_{ck} = 270.000 \text{ kgf/cm}^2$, 철근 항복강도 $f_y = 400.000 \text{ kgf/cm}^2$ 사용철근량 $As = D16@200 + D16@200 = 1.986 \times 5 + 1.986 \times 5 = 19.860 \text{ cm}^2$ 극한모멘트 $Mu = 5.205 \text{ tonf-m}$ 유효장가용력 길이 $a = As \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 3.46 \text{ cm}$ 휨강도 $\phi Mn = As \times f_y / (d - a/2) = 11.661 \text{ tonf-m} > Mu = 5.205 \text{ tonf-m} \therefore \text{O.K.}$

II-1-108

II-1. 동향교

라. 주립의 검토

1) 단면력 집계표

【표 5.17】 단면력 집계표

구분	BEAM	절점	BEAM 자중	합성하중		활하중	계
				고정하중	고정하중		
외측 B E A M	전단력 (tonf)	1	29.683	23.063	23.891	29.864	106.502
		2	20.460	17.934	17.918	25.733	82.045
		3	13.498	11.786	11.946	21.603	58.833
		4	6.535	5.838	5.973	17.473	35.619
		5	0.000	0.000	0.000	13.342	13.342
내측 B E A M	모멘트 (tonf-m)	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	89.281	74.564	76.041	93.604	333.490
		3	150.524	128.000	130.336	157.162	566.042
		4	187.477	160.308	162.945	192.597	703.327
		5	200.141	171.400	173.808	201.838	747.277
외측 B E A M	전단력 (tonf)	1	29.683	25.101	5.893	37.347	98.024
		2	20.460	20.099	4.430	32.182	77.161
		3	13.498	13.000	2.946	27.016	56.520
		4	6.535	6.020	1.473	21.851	35.879
		5	0.000	0.000	0.000	16.686	16.686
내측 B E A M	모멘트 (tonf-m)	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	89.281	82.208	18.756	117.062	307.307
		3	150.524	141.281	32.153	196.541	520.490
		4	187.477	177.219	40.191	240.858	645.745
		5	200.141	190.021	42.870	252.415	685.447

2) 휨용력

①외측BEAM

【표 5.18】 외측BEAM 휨용력

구분	모멘트 (tonf-m)	단면계수 (cm ³)	콘크리트단면 휨 용력(kg/cm ²)			P.S강선 P.S강선 도실위치	P.S강선 P.S강선 도실위치
			상면	상면	하면		
주BEAM	200.141	313,246	-	63.89	-	-	-
			-327.994	-	-61.02	-	-
			-369.608	-	-54.15	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
합성하중 고정하중	171.400	323,916	-	52.94	-	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
			-420.402	-	-40.79	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
합성하중 고정하중	173.808	323,916	-	52.94	-	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
			-420.402	-	-40.79	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
활하중	201.838	323,916	-	52.94	-	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
			-420.402	-	-40.79	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
계	747.277	313,246	-	63.89	-	-	-
			-327.994	-	-61.02	-	-
			-369.608	-	-54.15	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-

II-1-109

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

②내측BEAM

【표 5.19】 내측BEAM 휨용력

구분	모멘트 (tonf-m)	단면계수 (cm ³)	콘크리트단면 휨 용력(kg/cm ²)			P.S강선 P.S강선 도실위치	P.S강선 P.S강선 도실위치
			상면	상면	하면		
주BEAM	200.141	313,246	-	63.89	-	-	-
			-327.994	-	-61.02	-	-
			-369.608	-	-54.15	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
합성하중 고정하중	190.021	323,916	-	52.94	-	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
			-420.402	-	-40.79	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
합성하중 고정하중	42.870	323,916	-	52.94	-	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
			-420.402	-	-40.79	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
활하중	252.415	323,916	-	52.94	-	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
			-420.402	-	-40.79	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-
계	685.447	313,246	-	63.89	-	-	-
			-327.994	-	-61.02	-	-
			-369.608	-	-54.15	-	-
			323.916	-	52.94	-	-
			-370.810	-	-46.25	-	-

3) 단면정보 결과

①하용용력법에 의한 휨용력 검토

【표 5.20】 외측BEAM

구분	유요프리트 스트레스 (교정, 활하중)	중하중	계	현재하중 작용시	
				유요프리트 스트레스 (교정, 활하중)	중하중
주	상면	-57.509	63.890	6.381	-48.515
BEAM	하면	191.967	-61.020	130.947	161.943
하용용력		-28.00 < 계 < 108.00		-28.00 < 계 < 108.00	
SLAB				41.800	41.800
하용용력				0.00 < 계 < 108.00	

【표 5.21】 내측BEAM

구분	유요프리트 스트레스 (교정, 활하중)	중하중	계	현재하중 작용시	
				유요프리트 스트레스 (교정, 활하중)	중하중
주	상면	-57.509	63.890	6.381	-47.784
BEAM	하면	191.967	-61.020	130.947	159.505
하용용력		-12.55 < 계 < 154.00		-28.00 < 계 < 140.00	
SLAB				31.340	31.340
하용용력				0.00 < 계 < 108.00	

II-1-110

II-1. 동향교

②강도설계법에 의한 휨응력 검토

㉑ 외측 BEAM

-설계모멘트 강도 : ϕM_n : $\phi M_n = \phi(A_p \cdot f_{ps} \cdot d_p - (1 - 0.59)p \cdot f_{ps} / f_{ck})$ = $0.85 \times (47.380 \times 17.670 \times 21.400 - (1 - 0.59) \times 0.00108 \times 17.670 / 270)$ = $145,916,891 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 1,459,369 \text{ tof} \cdot \text{m}$ -극한하중 작용시 휨모멘트 : M_u : $M_u = 1.3 \times (\text{주빔} + \text{합성전 고정하중} + \text{합성후 고정하중}) \times 2.15 \times (\text{활하중})$ = $1.3 \times (200.141 + 171.490 + 173.808) \times 2.15 \times 201.838$ = $1,143,022 \text{ tof} \cdot \text{m}$ ∴ $F_s = \phi M_n / M_u = 1,459,369 / 1,143,022 = 1.28 > 1.0 \rightarrow O.K$

㉒ 내측 BEAM

-설계모멘트 강도 : ϕM_n : $\phi M_n = \phi(A_p \cdot f_{ps} \cdot d_p - (1 - 0.59)p \cdot f_{ps} / f_{ck})$ = $0.85 \times (47.380 \times 17.670 \times 21.400 - (1 - 0.59) \times 0.00101 \times 17.670 / 270)$ = $145,369,888 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 1,453,699 \text{ tof} \cdot \text{m}$ -극한하중 작용시 휨모멘트 : M_u : $M_u = 1.3 \times (\text{주빔} + \text{합성전 고정하중} + \text{합성후 고정하중}) \times 2.15 \times (\text{활하중})$ = $1.3 \times (200.141 + 190.021 + 42.870) \times 2.15 \times 252.415$ = $1,105,634 \text{ tof} \cdot \text{m}$ ∴ $F_s = \phi M_n / M_u = 1,453,699 / 1,105,634 = 1.32 > 1.0 \rightarrow O.K$

㉓ 결과분석

상부구조에 대하여 구조검토를 수행한 결과, 작용 고정하중 및 설계활하중에 의한 주향 상 하연의 응력은 허용응력 이내로 계산되어 구조적 안전성이 확보된 것으로 평가되었으며, 극한모멘트(M_u)와 단면의 설계강도(ϕM_n)를 비교한 결과 파괴 안전율($\phi M_n / M_u$)이 최소 1.28로 계산되어 구조적으로 안전한 것으로 계산되었다.

제1장
제2장
제3장
제4장
제5장
제6장
제7장
제8장
제9장
제10장

II-1-111

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

5.2.3 내하력평가

가. 응력검토

	구분	프리스트레스	범자중	슬래브자중	추가사하중	활하중
외측	슬래브 상면	-	-	-	19.340	22.460
	거더 상면	-48.515	63.890	52.940	13.540	15.720
	거더 하면	161.943	-61.020	-46.250	-32.800	-38.200
	PC 강선	8,208.354	406.450	306.170	227.730	264.440
내측	슬래브 상면	-	-	-	4.550	26.790
	거더 상면	-47.784	63.890	58.060	3.150	18.550
	거더 하면	159.505	-61.020	-51.240	-8.050	-47.380
	PC 강선	8,065.329	406.450	339.270	55.770	328.390

II-1-112

II-1. 동향교

나. 응답비 산정

【표 5.22】 응답비 산정 결과

구분	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5
LC1	이론치점 1.762 실측치점 0.829 응답비 0.470	0.773 0.501 0.648	0.162 0.215 1.327	-0.073 0.059 -0.808	-0.161 0.044 -0.273
LC2	이론치점 0.973 실측치점 0.492 응답비 0.506	0.863 0.482 0.559	0.416 0.311 0.748	0.083 0.176 2.120	-0.136 0.070 -0.515
LC3	이론치점 0.388 실측치점 0.365 응답비 1.362	0.658 0.403 0.612	0.737 0.462 0.627	0.363 0.394 1.065	-0.019 0.182 -9.579
LC4	이론치점 -0.020 실측치점 0.072 응답비 -3.600	0.630 0.221 0.351	0.736 0.434 0.590	0.656 0.370 0.564	0.264 0.233 0.883
LC5	이론치점 -0.135 실측치점 0.206 응답비 -1.536	0.082 0.251 3.061	0.414 0.410 0.990	0.961 0.409 0.475	0.966 0.311 0.322
LC6	이론치점 -0.159 실측치점 0.090 응답비 -0.566	-0.073 0.052 -0.712	0.160 0.198 1.238	0.768 0.458 0.596	1.757 0.710 0.404
LC7	이론치점 1.302 실측치점 0.903 응답비 0.694	0.506 0.499 0.986	0.067 0.226 3.373	-0.057 0.076 -1.333	-0.073 0.038 -0.521
LC8	이론치점 0.645 실측치점 0.677 응답비 1.050	0.637 0.549 0.862	0.275 0.538 1.956	0.041 0.249 6.073	-0.085 0.286 -3.365
LC9	이론치점 0.122 실측치점 0.347 응답비 2.844	0.479 0.398 0.831	0.564 0.421 0.746	0.240 0.263 1.066	-0.005 0.173 -34.600
LC10	이론치점 -0.050 실측치점 0.085 응답비 -1.700	0.240 0.097 0.404	0.564 0.246 0.436	0.479 0.426 0.889	0.122 0.439 3.762
LC11	이론치점 -0.085 실측치점 0.012 응답비 -0.141	0.041 0.125 3.049	0.275 0.238 0.865	0.637 0.435 0.683	0.645 0.482 0.747
LC12	이론치점 -0.073 실측치점 0.021 응답비 -0.288	-0.057 0.029 -0.509	0.067 0.151 2.254	0.506 0.386 0.763	1.302 0.602 0.501

1) 최대실측 응력계수 = 0.201, 계산 응력계수 = 0.214

2) 외측거더 보정계수 = 1.442, 내측거더 보정계수 = 1.161

II-1-113

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

다. 허용응력설계법에 의한 내하력평가

1) 내하율 산정

구분	실측 허용응력	실측 고정하중에 의한 응력	설계활하중× (1+설계충격계수)	내하율	비고
외측	슬래브 상면 108.00	19.34	22.46	3.947	1.303
거	거더 상면 140.00	81.86	15.72	3.699	
더	거더 하면 -28.00	21.78	-38.20	1.303	
내측	PC 강선 12,800.00	91.48.70	264.44	13.808	1.418
거	슬래브 상면 108.00	4.55	26.79	3.862	
더	거더 상면 140.00	77.92	18.55	3.347	
거	거더 하면 -28.00	39.20	-47.38	1.418	
더	PC 강선 12,800.00	8,886.82	328.39	11.916	

2) 내하력 평가

① 기본내하력

구분	내하율	설계하중	기본내하력	비고
외측거더	1.303	24	31.27	
내측거더	1.418	24	34.03	

② 공동내하력

구분	보정계수	기본내하력	공동내하력	비고
외측거더	1.442	31.270	45.09	
내측거더	1.161	34.030	39.51	

라. 강도설계법에 의한 내하력평가

1) 내하율 산정

구분	극한지향모멘트	실측 고정하중모멘트	설계활하중× (1+설계충격계수)	내하율	비고
외측거더	1459.369	545.439	201.838	1.729	
내측거더	1463.699	433.032	252.415	1.660	

II-1-114

II-1. 동향교

2) 내하력 평가

① 기본내하력

구분	내하율	설계하중	기본내하력	비고
외측거더	1.729	24	41.50	
내측거더	1.660	24	39.84	

② 공동내하력

구분	보정계수	기본내하력	공동내하력	비고
외측거더	1.442	41.500	59.84	
내측거더	1.161	39.840	46.25	

동향교에 대한 내하력 평가를 실시한 결과, 공동내하력이 설계내하력인 DB-24이상인 것으로 판정되었다.

5.2.4 세굴에 대한 안전성평가

본 교량은 하천(해상)을 횡단하는 교량은 아니므로 세굴을 포함한 기초안전성 평가방법은 제외하였다.

5.2.5 구조안전성능 평가

구조안전성능 평가는 내하력평가와 기초안전성 평가 중 최저등급으로 평가되며, 다음과 같은 결과가 산정되었다.

【표 5.23】 구조안전성능 평가 결과

평가항목	평가	구조안전성능 평가 = Min(내하력평가, 기초안전성 평가)
내하력평가	a	a (0.130)
기초안전성 평가	-	

2019년 국도45호선 동향교 등 3개소 정밀안전점검 및 성능평가용역

5.3 시설물의 안전성능 평가

안전성능 평가는 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가 중 최저등급으로 산정되며, 대상 시설물의 안전성능 평가는 B등급(일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준)으로 평가되었다.

【표 5.24】 시설물의 안전성능 평가 결과

평가항목	평가	안전성능 평가 = Min(상태안전성능, 구조안전성능)
상태안전성능 평가	b (0.222)	b (0.222)
구조안전성능 평가	a (0.130)	

II-1-115

II-1-116

다. 세굴에 대한 안전성 평가

본 교량은 하천(해상)을 횡단하는 교량은 아니므로 세굴을 포함한 기초안전성 평가방법은 제외하였다.

라. 구조안전성능평가 평가

구조안전성능 평가는 내하력평가와 기초안전성 평가 중 최저등급으로 평가되며, 다음과 같은 결과가 산정되었다.

【표 3.5.3】 구조안전성능평가 결과

평가항목	평가	구조안전성능 평가 = Min(내하력평가, 기초안전성 평가))
내하력평가	a	a (0.129)
기초안전성 평가	-	

3.5.3 안전성능평가 결과

평가대상에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능을 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태안전성능지수와 구조안전성능지수를 비교하여 작은 값을 최종 안전성능지수로 결정하여 교량의 안전성능 결과를 결정한다.

교량의 구조안전성능 평가지수 = Min(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)

【표 3.5.4】 안전성능평가 결과

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
동향교	0.228	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과, 최저평가지수인 0.228로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

3.6 내구성능 평가

3.6.1 콘크리트 내구성능 평가

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 함유량, 피복 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 비래염분에 의한 염해환경 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경이다.

콘크리트 내구성능 평가 결과 산정방법은 내구성능 평가 지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용된다.

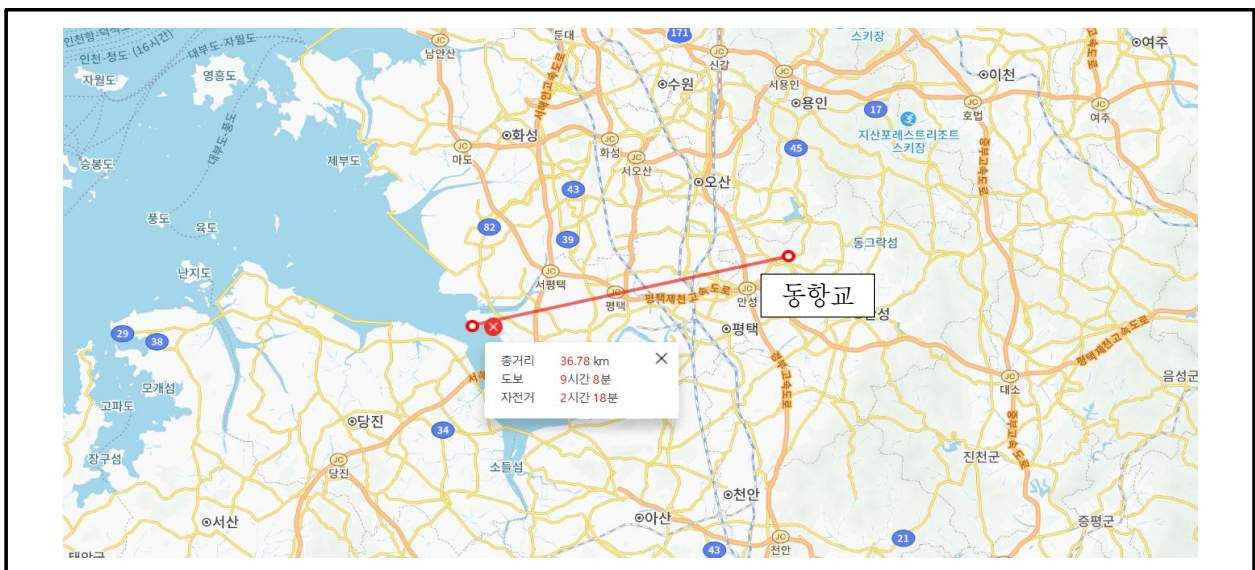
3.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경기도 안성시 양성면 동향리에 위치하며, 서해안으로부터 약 36.78km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과, 서해안으로부터 교량까지의 거리가 300m를 초과하여 평가등급은 A등급으로 분석되었다.



【그림 3.6.1】 위치도

【표 3.6.1】 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과

평가항목	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	평가 등급
해안거리에 따른 비래염분 염해환경	서해안	그 외 지역	300초과	a등급

2) 제설제 염해환경

강설일수는 기상청 기후자료를 참조하였으며, 기상관측소는 안성에 관측소가 없는 관계로 자료가 있는 관측소 중 가장 가까운 관측소인 수원 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최신신적설 자료 중 2014년부터 2023년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 11.3일로 확인되었고, 평가등급은 B등급으로 분석되었다.

【표 3.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경기도 수원시				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2014.11~2015.3	8일	2018.11~2019.3	7일	2021.11~2022.3	10일
2015.11~2016.3	14일	2019.11~2020.3	6일	2022.11~2023.3	12일
2016.11~2017.3	9일	2020.11~2021.3	14일	2023.11~2024.3	15일
2017.11~2018.3	18일	평균 강설일수			11.3일

주) 강설일수는 최근 10년간 최신신적설이 발생한 일수의 연간 평균값, *참고 : 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr/>)

나. 동해환경 평가

동결융해 반복일수에 따른 동해환경 평가는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 수원 관측소에서 측정된 최근 10년간의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 데이터를 수집하여 평가하였으며, 동해환경 평가는 다음과 같다.

- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재일 경우

{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0}인 연평균 일수

- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재일 경우

{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃}인 연평균 일수

수분과 미접촉하는 부재의 경우 10.8회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 58.9회로써 동결융해 환경은 “B” 등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 10.8회로 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.

【표 3.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	경기도 수원시				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2014.11~2015.3	67일	2018.11~2019.3	67일	2021.11~2022.3	63일
2015.11~2016.3	57일	2019.11~2020.3	51일	2022.11~2023.3	59일
2016.11~2017.3	72일	2020.11~2021.3	37일	2023.11~2024.3	51일
2017.11~2018.3	65일	동결융해 횟수 (수분접촉)			58.9

【표 3.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경기도 수원시				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	17일	2017.11~2018.3	5일	2020.11~2021.3	10일
2014.11~2015.3	11일	2018.11~2019.3	7일	2021.11~2022.3	10일
2015.11~2016.3	13일	2019.11~2020.3	10일	2022.11~2023.3	10일
2016.11~2017.3	15일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			10.8일

다. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

【표 3.6.5】 염화물 함유량 평가(상부구조)

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물함유량	바닥판	S11	0.448	0.378	0.337	b

【표 3.6.6】 염화물 함유량 평가(하부구조)

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물함유량	교대	A2	0.670	0.613	0.584	b

【표 3.6.7】 염화물 확산계수 산출(상부구조)

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S11	—	—	3.182

【표 3.6.8】 염화물 확산계수 산출(하부구조)

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	교대	A2	—	—	3.182

【표 3.6.9】 철근부의 전염화물 함유량이 2.5(kg/m³)가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		계산결과(year)	평가등급
철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	바닥판	S11	30년 초과	a
	교대	A2	30년 초과	a

【표 3.6.10】 염화물 침투량 최종 평가등급

세부 부재명		염화물 함유량 평가 결과	철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	염화물 함유량 최종 평가 등급
바닥판	S11	b	a	b
교대	A2	b	a	b

2) 탄산화 깊이

【표 3.6.11】 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	개별 평가등급	평가 등급
탄산화 깊이	S03 바닥판	5.5	1.26	30년 초과	a	a
	S11 바닥판	4.5	1.03	30년 초과	a	a
	S14-G3 거더	2.5	0.57	30년 초과	a	a
	A2 교대	11.0	2.52	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 3.6.12】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	바닥판	S1	100.0	—	a	0.10	a
		S3	108.9	—	a		
		S4	106.4	—	a		
		S12	110.5	—	a		
		S14	113.6	—	a		
	거더	S1	120.7	—	a		
		S14	119.5	—	a		
		S14(비건전부)	—	98.6	a		
	가로보	S1	101.0	—	a	0.10	a
	교대	A1	125.3	—	a		
		A1(비건전부)	—	97.0	a		
		A2	127.9	—	a		
	교각	P2	129.5	—	a		
		P3	122.6	—	a		
		P3	100.4	—	a		
		P3	—	100.9	a		
		P4	128.5	—	a		
		P5	105.4	—	a		
		P7	126.4	—	a		
		P10	135.0	—	a		
		P12	128.9	—	a		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 3.6.13】 대상교량 제원

교량형식		PSCI
경간장 및 경간수		14@30.0m = 420.0m
교폭		15.5m
바닥판의 높이		0.25m
거더 갯수		9
2차 부재		L=1.5m, 교축방향 4.9m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		19년
위치	지역	경기도 안성시 양성면 동향리
	해안 이격거리	300m 초과

【표 3.6.14】 일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(33)	b	a	a	a	0.2
	거더(35)	—	—	a	a	0.1
	2차부재(7)	—	—	a	a	0.1
하부	교대/교각(25)	b	a	a	a	0.2
		결함도지수	$(0.2*33+0.1*35+0.1*7+0.2*25)/100=0.158$			
		등급	B			

【표 3.6.15】 열화환경지표의 평가

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

3.6.3 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 3.6.16】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.158	B	1	0.158
결함도점수				0.158
내구성능평가 결과				B

3.7 사용성능 평가

교량의 사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적에 만족하기 위한 성능으로 정의한다.

시설물의 사용성능은 주행성과 기능성으로 구분되며, 주행성은 사용자의 편의를 도모하는 시설의 성능으로 시설물에 대한 이용자의 만족도로 평가하며, 기능성은 시설물이 계획 당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

각 성능별로 세부지표의 평가 결과를 가중치를 반영하여 최종 평가 등급으로 결정한다.

교량의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 주행성과 기능성으로 구분하고 해당 시설물의 특징을 반영하여 필요 성능을 도출한다.

교량에서는 서비스의 성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 사용자의 만족도 측면에서 주행성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량을 선정한다.

3.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 일반도로 포장상태 지수(NHPCI) 산정

- 과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 6.40~7.33으로 평가되었다.

【표 3.7.1】 포장상태 평가결과

노선명	방향	차로	연장(km)	포장형식	평균			NHPCI	평가
					균열률 XCR(%)	소성변형 XRD(mm)	종단평탄성 XIRI(m/km)		
일반국도 45호선	평택	1	0.42	콘크리트	0.03	0.00	2.14	7.33	a
일반국도 45호선	평택	2	0.42	콘크리트	3.98	0.00	2.14	6.89	a
일반국도 45호선	하남	1	0.42	콘크리트	8.67	0.00	2.14	6.40	a
일반국도 45호선	하남	2	0.42	콘크리트	3.83	0.00	2.14	6.90	a
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 6.0초과로 산정되어 보통 상태인 a등급으로 평가되었다.								

나. 교량조명 평가

- 해당 교량에는 조명시설이 설치되어있지 않아 해당항목 평가는 실시하지 않았다.

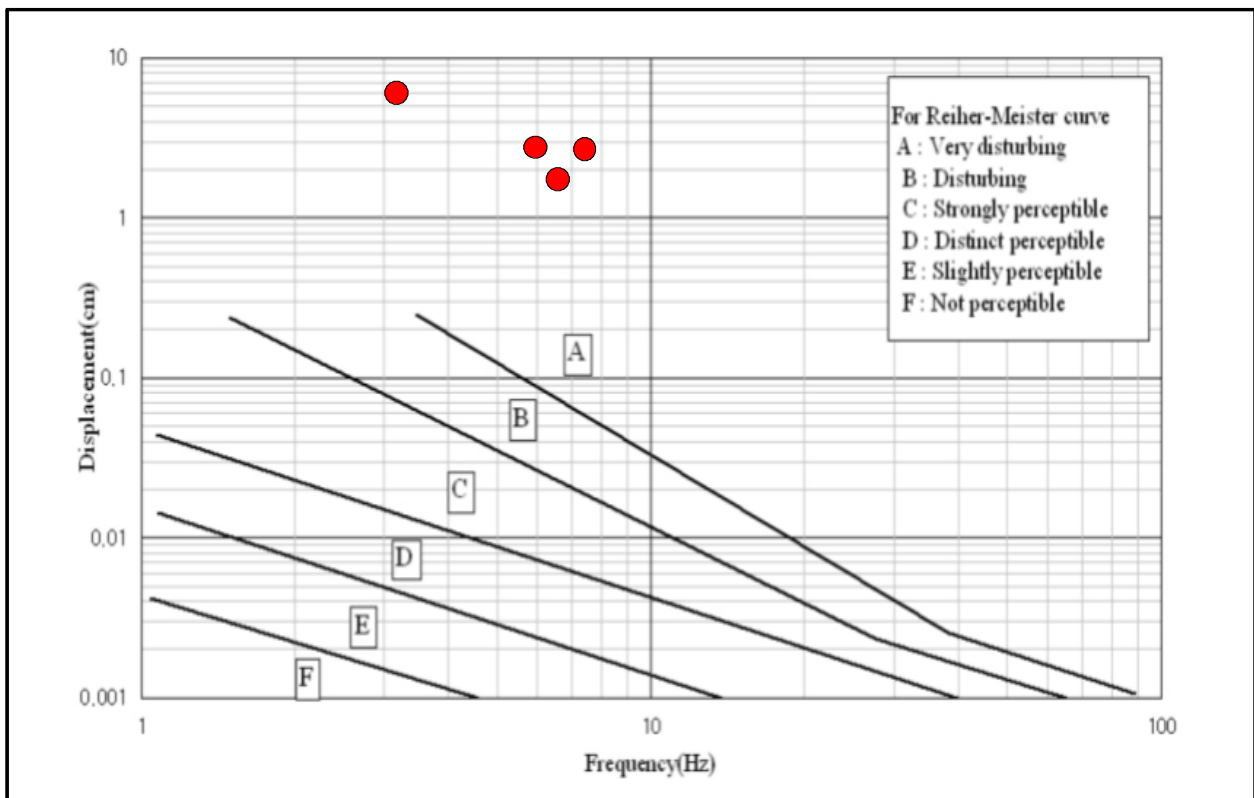
다. 진동사용성 평가

1) 측정

- 해당 교량의 진동사용성 평가를 위하여 교량의 최대 처짐과 고유진동수를 측정하였다.

【표 3.7.2】 진동측정값

No.	Dis(cm)	Fre(Hz)
1	1.931	6.9
2	2.901	6.0
3	2.979	7.6
4	4.737	3.2



【그림 3.7.1】 Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

1) 분석결과

- 처짐과 고유진동수를 측정한 결과, 1.931~4.737mm/s, 3.2~7.6Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간에 해당되어 e등급으로 평가된다.

라. 점검시설 평가

- 해당 교량의 경우 교각은 13기가 시공되어있으며, 점검로의 경우 9기인 약 70% 설치된 것으로 조사되었다.

【표 3.7.3】 점검시설 평가결과

평가 기준	평가내용		평가 결과
	설치 유무	설치상태	
a	점검로가 교각마다 모두 설치 되어 있을 때	점검로가 신설되어 모두 양호한 상태	c
b	점검로가 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로가 모두 양호한 상태	
c	점검로가 교각의 60% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때	
d	점검로가 교각의 40% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때	
e	점검로가 교각의 40% 미만으로 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태	

- 해당 교량은 일반교량에 설치된 점검시설로 일반교량의 점검시설 성능평가기준에 의거 평가 하였으며, 평가결과 점검로가 교각의 60% 이상 설치되어 있으며, 설치된 점검로의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요한 상태로 c등급으로 평가되었다.

마. 교통량 평가

- 대상 시설물의 평택-이동간 도로확장 및 포장공사(칠곡교차로~양성교차로)의 2020년 평균 수요예측 및 일반국도45호선 서안성IC-송전리구간 소요실제 교통량 조사 결과, 수요예측 교통량은 37,269/일이며, 소요실제 교통량은 32,233/일로 수요예측/수요실제의 비율이 100% 이상으로 산정되어 a등급으로 평가되었다.

【표 3.7.4】 교통량의 성능평가

구 분	수요예측(대/일) a	소요실제(대/일) b	대비(%) $a/b \times 100$	평가등급	비고
동향교	37,269	32,233	115.6	a등급	2023년 교통량

3.7.2 사용성능평가 결과

【표 3.7.5】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.292	a	0.1
		조명시설	—	—	—
		진동사용성	0.237	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.241	c	0.4
	수요 및 용량	교통량	0.230	a	0.1
				결합도점수	0.386
				등급	C

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.1×0.292 (포장상태) + 1.0×0.237 (진동사용성) + 0.4×0.241 (점검시설의 유무) + 0.1×0.230 (교통수요) = 0.386

3.8 종합성능평가

성능평가를 통해 실시 결과에 따라 결정된 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 종합하여 종합성능등급을 결정하였다.

종합평가 및 종합성능등급의 산정 절차와 방법은 「세부지침」에 따르며, 최종적으로 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급과 함께 종합성능등급의 결과를 작성하였다.

【표 3.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	동향교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.228	b	0.68
내구성능 평가	0.158	b	0.21
사용성능 평가	0.386	c	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.228 \times 0.68 + 0.158 \times 0.21 + 0.386 \times 0.11 = 0.231$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.231 • 종합성능평가 결과 : B등급		

3.9 유지관리 전략제안

3.9.1 성능목표 등급 산정

【표 3.9.1】 등급점수 범위 및 대표점수

구분		A	B		C	D	E
			상B	하B			
도로 교량	점수	0.10	0.2		0.40	0.70	1.00
			0.16	0.23			
	범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.2$	$0.2 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

【표 3.9.2】 평가지표별 가중치 및 성능목표 등급산정 방법

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표 = (1)×0.8 + [{(2)+(3)+(4)} / 3]×0.1 + (5)×0.08 + (6)×0.02						

【표 3.9.3】 사용성 및 기능성 성능목표 선정

구분	기준	평가교량	평가등급
일교통량	10,000 대/일 이상	32,233 대/일	상B
중차량 통행량	차선당 1,000 대/일 이상	차선당 2,553 대/일 (5,106 대/일)	
대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상	6.1km	

【표 3.9.4】 주변환경 성능목표 선정

구분	평가교량			평가등급	
동해환경	지속적인 수분접촉		58.9일	A	C
	지속적인 수분접촉 없음		10.8일	C	
해안이격거리	서해안	그 외 지역	300 초과	A	
강설일수	11.3일			B	

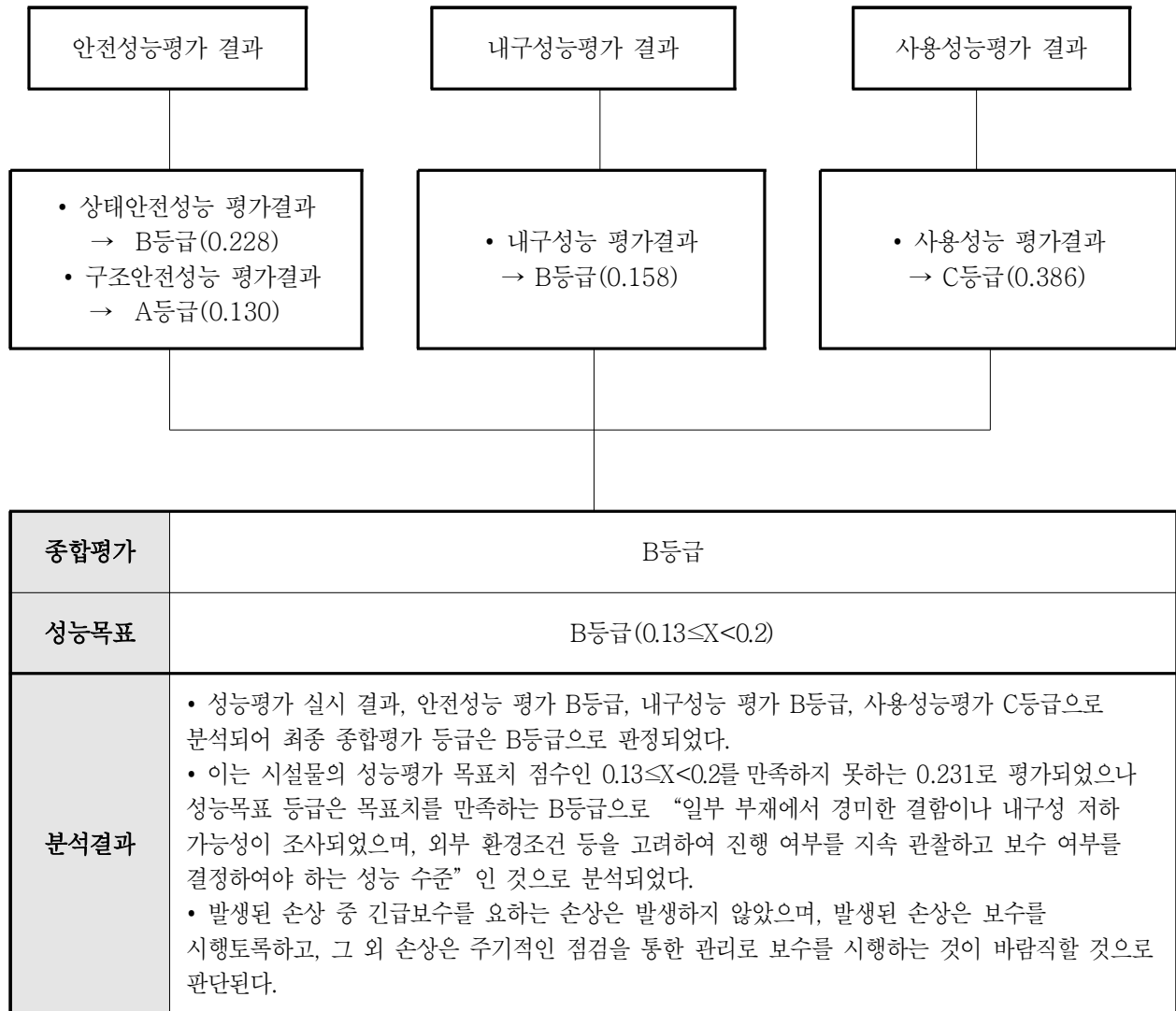
【표 3.9.5】지진구역계수 및 공용연수

구분	평가교량	평가등급
지진구역계수	경기도	A
공용연수	19년	D

【표 3.9.6】성능목표 등급 산정표

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
평가등급	상B	C	A	B	A	D
평가점수	0.16	0.40	0.10	0.20	0.10	0.70
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표	= 0.16×0.8 + [{0.40+0.40+0.20}/3]×0.1 + 0.10×0.08 + 0.70×0.02 = 0.173(상B)					

3.9.2 성능평가 실시결과 검토 · 분석



3.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

【표 3.9.2】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	균열(0.3mm미만)	표면처리	0.45	m ²	299	135	3
	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.20	m	103	124	2
	철근노출 및 박락	단면보수(방청)	0.83	m ²	1,336	1,109	2
	박락, 층분리	단면보수	1.14	m ²	1,152	1,313	2
	백태, 보수재박리	표면처리	9.45	m ²	299	2,826	3
거더	균열(0.3mm미만)	표면처리	0.6	m ²	299	179	3
	박락 및 층분리, 파손, 들뜸	단면보수	4.71	m ²	1,152	5,426	2
가로보	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.1	m ²	187	393	3
	균열(0.3mm이상)	주입보수	0.60	m	103	62	2
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.12	m ²	1,336	160	2
	들뜸, 박락, 재료분리, 층분리	단면보수	0.84	m ²	1,152	968	3
교각	균열, 재균열(0.3mm미만)	표면처리	29.01	m ²	250	7,253	3
	균열(0.3mm이상)	주입보수	9.12	m	182	1,660	2
	망상균열	표면처리	363.16	m ²	250	90,790	3
	긁힘, 파손, 박리, 박락, 재료분리, 층분리	단면보수	8.58	m ²	960	8,237	2
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.36	m ²	1,114	401	2
교량받침	받침몰탈균열(0.3mm미만)	표면처리	28.29	m ²	250	7,073	3
	받침몰탈균열(0.3mm이상)	주입보수	0.48	m	174	84	2
	받침몰탈파손	단면보수	0.01	m ²	960	10	2
	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	표면처리	4.56	m ²	250	1,140	3
	받침콘크리트 층분리(들뜸), 박리	단면보수	0.48	m ²	960	461	2
	플레이트 부식 및 도장박리	도장보수	58.00	EA	415	24,070	2

【표 3.9.2】손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	차수판 덮개 볼트 탈락	정비	10.00	EA	8	80	3
	신축이음 하부 누수	유도배수시설 설치	97.50	m	1,286	125,385	2
	유간 토사퇴적	청소	61.20	m	8	490	3
교면포장	토사퇴적	청소	8.40	m ²	8	67	3
	포장파손	패칭보수	1.73	m ²	166	287	2
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	표면처리	37.77	m ²	250	9,443	3
	균열(0.3mm이상)	주입보수	3.00	m	187	561	3
	균열부백태, 백태	표면처리	15.18	m ²	250	3,795	3
	굽힘 및 파손	단면보수	4.20	m ²	960	4,032	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.15	m ²	1,114	167	3
배수시설	배수관 막힘	청소	8.00	EA	184	1,472	3
	배수관 미설치	재설치	7.00	EA	577	4,039	3
	배수관 유출 불량	재설치	3.00	EA	577	1,731	3
	배수구 막힘	청소	32.00	EA	184	5,888	3
	배수로 파손	단면보수	0.60	m ²	960	576	3
	그레이팅 망실	재설치	4.00	EA	122	488	3
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위			3순위	
	순공사비	—	168,789			143,586	
	재경비 (순공사비의 50%)	—	84,395			71,793	
	합계	—	253,184			215,379	
개략공사비 총계(천원)		468,563					

- ※ 1. 손상물량으로 여유수량을 감안하여 할증(20%)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증적용을 제외하였음.(보수물량 = 손상물량 × 1.2(할증))
2. 상기 개략공사비는 재경비가 포함된 금액이며, 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.
3. 적용된 공법 및 대가기준은 개략적인 비용을 산출하기 위한 것으로서 실제 보수 시에는 별도의 설계를 통해 공법 및 대가를 산정해야 함.
4. 2022년 수원국토관리사무소 공종별 유지보수 단가에 20%할증을 적용하였음.
5. cw=0.3mm미만 균열(A=0.25m×길이) 적용.

나. 투자우선순위지수 산출

【표 3.9.3】 투자우선순위지수 산정

구분	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
				손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
표면처리	0.45	275	124	균열(0.3mm미만)	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
주입보수	1.20	168	202	균열(0.3mm이상)	바닥판	안전	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
표면처리	8.46	275	2,327	누수흔적 및 누수오염	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
단면보수(방청)	0.83	1,605	1,332	철근노출 및 박락	바닥판	안전	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
단면보수	0.65	1,056	686	박락	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
재설치	6.00	11	66	백업재 탈락	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
표면처리	0.28	275	77	백태	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
표면처리	9.17	275	2,522	보수재박리	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
단면보수	0.49	1,056	517	충분리	바닥판	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
표면처리	0.60	275	165	균열(0.3mm미만)	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
표면처리	1.84	275	506	누수오염	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
단면보수	2.59	1,056	2,735	박락 및 충분리	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
단면보수	1.99	1,056	2,101	보수부들뜸, 박락	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
표면처리	0.19	275	52	보수재박리	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
단면보수	0.13	1,056	137	인양홀 주변 파손	거더	안전	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	6
표면처리	2.10	173	363	균열(0.3mm미만)	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	57
주입보수	0.60	167	100	균열(0.3mm이상)	가로보	안전	c	1.00	0.04	0.68	0.18	0.00490	39
단면보수(방청)	0.12	1,605	193	박락 및 철근노출	가로보	안전	c	1.00	0.04	0.68	0.18	0.00490	39
단면보수	0.49	930	455	보수부들뜸, 박락	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	57
표면처리	0.11	173	19	보수재박리	가로보	안전	c	1.00	0.04	0.68	0.18	0.00490	39
단면보수	0.24	930	223	재료분리	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	57
단면보수	0.11	930	102	충분리	가로보	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	57
표면처리	85.73	229	19,615	누수흔적	교대	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
표면처리	27.24	229	6,233	균열(0.3mm미만)	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
주입보수	9.12	235	2,147	균열(0.3mm이상)	교각	안전	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	4
표면처리	1.77	229	405	보수재균열(0.3mm미만)	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
표면처리	219.16	229	50,144	망상균열	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
표면처리	144.00	229	32,947	보수부망상균열	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
단면보수	0.61	774	472	긁힘	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
표면처리	101.04	229	23,118	누수오염 및 누수흔적	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
단면보수	2.78	774	2,153	박리 및 박락	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
단면보수(방청)	0.36	1,338	482	박락 및 철근노출	교각	안전	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	4
표면처리	0.01	229	2	백태	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
표면처리	4.15	229	950	보수재박리	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
단면보수	1.39	774	1,076	재료분리	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
단면보수	3.78	774	2,927	충분리(들뜸)	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26

【표 3.9.3】투자우선순위지수 산정 (계속)

구분	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
				손상 내용	부재 위치	성 능	등급	손 상	부 재	성 능	등급		
단면보수	0.02	774	15	파손	교각	안전	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	26
표면처리	28.29	229	6,473	반침몰탈 균열(0.3㎜미만)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
주입보수	0.48	160	77	반침몰탈 균열(0.3㎜이상)	교량반침	안전	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
단면보수	0.01	774	8	반침몰탈파손	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
표면처리	4.56	229	1,043	반침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
단면보수	0.43	774	333	반침콘크리트 충분리(들뜸)	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
단면보수	0.05	774	39	반침콘크리트 박리	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
도장보수	58.00	382	22,139	반침 플레이트 부식 및 도장박리	교량반침	안전	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	13
재설치	10.00	2	22	차수판 덮개 볼트 탈락	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	43
유압배수설치	97.50	71	6,923	신축이음 하부 누수	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	43
청소	61.20	9	539	유간 토사퇴적	신축이음	안전	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	43
청소	8.40	8	65	토사퇴적	교면포장	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	57
패칭보수	1.73	574	993	포장파손	교면포장	안전	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	57
표면처리	37.77	229	8,642	균열(0.3㎜미만)	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	73
주입보수	3.00	305	914	균열(0.3㎜이상)	보호시설	안전	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	57
표면처리	15.00	229	3,432	균열부백태	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	73
단면보수	1.80	880	1,584	긁힘 및 파손	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	73
표면처리	0.18	229	41	백태	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	73
단면보수(양청)	0.15	1,021	153	철근노출	보호시설	안전	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	57
단면보수	2.40	880	2,112	표면긁힘	보호시설	안전	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	73
표면처리	187.20	229	42,831	표면열화	보호시설	안전	d	1.00	0.02	0.68	0.30	0.00408	46
청소	8.00	169	1,355	배수관 막힘	배수시설	안전	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	47
재설치	7.00	529	3,704	배수관 미설치	배수시설	안전	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	47
재설치	3.00	529	1,587	배수관 유출 불량	배수시설	안전	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	47
청소	32.00	169	5,421	배수구 막힘	배수시설	안전	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	47
단면보수	0.60	477	286	배수로 파손	배수시설	안전	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	47
재설치	4.00	112	449	그레이팅 망실	배수시설	안전	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	47

【표 3.9.3】투자우선순위지수 산정 (계속)

구분	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
				손상 내용	부재 위치	성 능	등급	손 상	부 재	성 능	등급		
—	—	—	—	염화물	바닥판	내구	a	1.00	0.15	0.21	0.05	0.00158	66
—	—	—	—	염화물	바닥판	내구	b	1.00	0.15	0.21	0.09	0.00284	53
				염화물	교대	내구	b	1.00	0.13	0.21	0.09	0.00246	56
—	—	—	—	탄산화	바닥판	내구	a	1.00	0.15	0.21	0.05	0.00158	66
—	—	—	—	탄산화	거더	내구	a	1.00	0.25	0.21	0.05	0.00263	54
—	—	—	—	탄산화	교대	내구	a	1.00	0.13	0.21	0.05	0.00137	69
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	바닥판	내구	a	1.00	0.15	0.21	0.05	0.00158	66
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	거더	내구	a	1.00	0.25	0.21	0.05	0.00263	54
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	가로보	내구	a	1.00	0.04	0.21	0.05	0.00042	78
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	교대	내구	a	1.00	0.13	0.21	0.05	0.00137	69
—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	교각	내구	a	1.00	0.13	0.21	0.05	0.00137	69
—	—	—	—	포장상태	—	사용	a	0.292	1.00	0.11	0.05	0.00161	65
—	—	—	—	진동사용성	—	사용	e	0.237	1.00	0.11	0.38	0.00991	12
—	—	—	—	점검시설	—	사용	c	0.241	1.00	0.11	0.18	0.00477	42
—	—	—	—	교통량	—	사용	a	0.23	1.00	0.11	0.05	0.00127	72

다. 유지관리 전략 제안

관리주체는 관할 내 교량의 경제성(교통량, 투입비용, 향후교통량), 검토사항(시공성, 제 3 대상 위험도, 노선, 환경), 사고위험 등을 종합적으로 고려하여 다수의 시설물 중 보수의 우선순위가 높은 시설물을 결정하고, 개별시설물의 비용효과 분석을 통해 선정된 시설물 내의 부재별 보수·보강 우선순위를 결정하여 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다만, 부재별 우선순위를 선정할 때 부재 내의 손상의 경중을 고려한 것이 아닌, 부재별 총공사비와 해당 부재의 가중치를 비교하여 도출된 결론으로써 부재별 보수·보강의 효율성을 판단하는 것이므로 우선순위가 높은 부재라고 하더라도 그 부재가 주요손상을 포함하고 있다고 할 수는 없다. 그러므로 보수를 실시하고자 할 때 주요 손상에 대해 우선적으로 보수를 하고 순위별로 순차적으로 보수 조치를 취하도록 한다.

해당 교량은 종합성능평가 결과가 0.231로 평가되었으며, 성능목표 점수인 $0.13 \leq X < 0.20$ 을 만족하지 못하는 것으로 조사되었으나 성능목표 등급인 B등급은 만족하고 있는 것으로 조사되었고, 교량의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

3.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경기도 안성시 양성면 동향리에 위치한 교량으로 총 연장 450.0m, 폭 19.5~22.8m의 PSCI 거더 교량으로, 2005년도에 준공되어 약 19년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 전차를 활용한 현장외관조사 및 시험, 상태안전성능평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” (이하 “시설물안전법”이라 한다.)에 따른 성능평가를 시행하여 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데에 있다.

3.10.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판하면

- 바닥판에 발생한 균열, 망상균열은 대부분 폭 0.2mm이하로 일부 균열은 0.3mm의 폭으로 조사되었으며, 콘크리트의 재료적 특성인 시공초기 건조수축 및 환경조건(온도변화, 습윤상태) 등에 의해 발생한 비구조적인 균열로 일부 균열이 공용기간 증가로 인해 진전 및 확대된 것으로 판단된다. 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 균열 폭 0.3mm미만은 표면처리를 실시하고 0.3mm이상은 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 박락, 철근노출 및 박락, 층분리 손상은 주로 신축이음부 주변 바닥판 단부에 발생한 상태로 2020년 신축이음 장치 교체 당시의 외부충격과 공용중 신축이음에서 누수되는 교면수에 의한 손상으로 판단된다. 발생한 손상은 내구성확보를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 바닥판 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다.
- 누수흔적 및 누수오염, 백태는 대부분 신축이음부와 배수관 주변에서 발생한 상태로 누수로 인한 교면수의 유입에 의해 발생한 것으로 손상부위에 교면수 유입으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다.
- 보수재 박리는 보수미흡 및 공용기간 증가로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나 내구성 저하 방지차원에서 표면처리가 필요하다.

2) PSCI Girder

- S3-G9 거더 북부에 발생한 균열은 폭 0.1mm이하의 미세균열로 거더 중앙부가 아닌 지점부에 발생한 상태로 건조수축 및 수화열에 의해 발생한 미세균열이 공용 중 온도변화 등에 의해 육안으로 관찰되는 균열의 형태로 발전된 것으로 손상의 정도가 경미하고 박락, 녹물흔적 등 동반하는 2차 손상이 없는 점을 고려했을 때 표면처리하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다.
- 박락 및 층분리 손상은 주로 신축이음부 거더 단부에 발생한 상태로 신축이음에서 누수되는 교면수가 거더의 미세균열부에 지속적으로 유입되어 발생한 것으로 판단되며, 인양홀 주변 파손은 시공초기 거더 거치 시 발생한 손상으로 내구성확보를 위해 단면보수가 필요하다. 또한, 신축이음 누수로 인한 교면수의 지속적인 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요할 것으로 판단된다.
- 누수오염, 보수부 들뜸 및 박락, 보수재 박리 등의 손상은 대부분 거더 단부에 발생한 상태로 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수에 의해 발생한 것으로 콘크리트 열화 및 재손상 발생을 방지하기 위해 보수 및 유도 배수시설 설치 등의 적절한 조치가 필요하다.

3) 가로보

- 가로보에 발생한 균열, 박락 및 철근노출, 층분리 손상은 단계별 시공에 따른 부재간 구속력 및 콘크리트 재료적 특성에 의한 건조수축, 공용기간 증가 등 복합적인 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 균열에 대한 표면처리 및 주입보수, 단면손상에 대한 방청처리 및 단면보수가 필요하다. 또한, S2 가로보에 발생한 재료분리는 시공초기 다짐불량 등 시공미흡으로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나, 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 누수오염 및 보수부 손상은 대부분 신축이음부 주변 가로보에 발생한 것으로 조사되었으며, 신축이음부에서 누수되어 유입되는 교면수에 의해 발생한 것으로 콘크리트 열화 및 재손상 발생을 방지하기 위해 표면처리 및 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

4) 교대 및 교각

- 교각에 전반적으로 발생한 균열(0.1~0.3mm)은 주로 수직균열 형태로 발생하였으며 균열의 위치와 형상을 고려했을 때 콘크리트 타설 후 수화열 및 소성수축에 기인한 균열, 거푸집 구속에 의한 건조수축 및 온도변화 등이 주요한 원인으로 추정되며, 공용기간 증가로 인해 일부 균열손상의 균열 폭이 진전된 것으로 판단된다. 또한, 교각 P6 기둥부에 발생한 균열폭 0.3mm 균열에 대한 균열심도(3.2.2 콘크리트 내구성 조사, 균열깊이 측정 참조)를 측정한 결과,

균열 심도가 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었으며, 차기 점검 시 균열손상에 대한 진전 여부를 관찰할 수 있도록 균열게이지를 부착하였다.



P6 Cw=0.3mm균열부 균열게이지 설치

P6 Cw=0.3mm균열부 균열깊이 측정

- 망상균열은 균열폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 손상의 정도는 경미하나, 금회 근접 상세조사로 인해 손상물량이 대폭 증가한 것으로 분석되었으며, 기존 보수부에서 보수미흡으로 인한 재균열이 일부 발생한 것으로 조사되었다. 따라서, 시설물의 내구성 확보 및 추가적인 손상 진전을 방지하기 위해 균열폭 0.3mm미만은 표면처리, 0.3mm이상은 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 박리 및 박락, 박락 및 철근노출, 층분리(들뜸) 등은 대부분 신축이음부가 위치한 교각(P1, P6, P9, P12)에 발생하였으며, 신축이음 누수로 인한 교면수 유입으로 콘크리트 열화 및 환경적 요소(동결융해, 우수유입), 반복적인 건습작용 등에 의해 발생한 것으로 손상의 진전 및 확대 방지를 위해 단면보수 및 단면보수(방청)이 필요하며, 신축이음 누수로 인한 지속적인 교면수 하부 유입을 차단하기 위해 유도 배수시설 설치가 필요하다.
- 재료분리는 시공시 다짐불량 등의 시공미흡으로 발생한 것으로 판단되며, 기둥부에 국부적으로 발생한 굽힘 및 파손은 외부충격으로 인해 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나, 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 누수흔적 및 누수오염은 주로 신축이음부가 위치한 교각(P1, P3, P9)에 발생한 상태로 신축이음 누수로 인해 교면수가 하부로 유입되면서 발생한 것으로 손상부위에 교면수 접촉으로 인한 콘크리트 열화 등의 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 교각 P12 코핑부에 발생한 백태는 교면수 및 우수의 영향으로 발생한 것으로 손상의 정도는 경미하나 내구성 확보를 위해 표면처리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 교대에 발생한 법면 보호블럭 배부름 및 탈락 손상은 성토다짐미흡 등의 시공미흡 및 우수 유입 등으로 발생한 것으로 판단되며 교각 P1에 발생한 토사유실은 우수유입 및 배수로측구 위치 불량으로 인해 발생한 것으로 판단되며 단기적인 보수보다는 주기적인 점검을 통해 손상의 진전 및 확대 등을 주의관찰할 필요가 있다. 또한, 교대 A1에 조사된 수목전도우려는

구조물에 미치는 영향은 없으나 전도 시 하부 도로의 보행자 및 통행차량의 안전사고우려가 있으므로 지속적인 관찰이 필요하다.

- 시설물관리 구역 내 출입제한이 없는 상태로 현재 인근주민 소유의 농자재, 컨테이너, 각종 폐자재 등이 적치되어있는 상황으로 조사되었다. 현장조사 당시 외관조사 및 각종 장비시험에 다소 어려움이 있었으며, 지속적인 유지관리 및 점검이 필요한 기간에는 관리 및 단속이 필요한 상황이다. 또한, 화재에 취약한 각종 폐기물 및 불법점유시설의 안전사고 방지를 위해 지속적인 관찰이 필요하다.



불법점유 및 폐기물 적치(P6)



불법점유 및 폐기물 적치(P12~P13)

5) 기초

- 동향교의 교대와 교각은 직접기초로 시공되어 있으며, 전 개소 모두 지반에 근입되어 있는 상태로 기초에 대한 외관조사는 불가하였으나, 육안상 관찰되는 구조물의 기울음, 전도 등은 없는 상태로 확인되어 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다. 또한, 동향교는 하천을 횡단하는 교량이 아니므로 수중조사는 제외하였다.

6) 교량반침

- 반침콘크리트 및 반침몰탈균열은 0.1~0.3mm의 폭으로 발생하였으며, 균열의 양상이 대부분 교축방향, 교직방향 구분 없이 산발적으로 발생한 점 등을 고려할 때 상부구조의 신축거동 불량 및 수평력 발생 등에 의한 구조적 균열이 아닌 재료적 특성 및 무수축 몰탈재와 반침플레이트 간의 열팽창계수 차이 등의 복합적인 요인으로 발생한 균열이 공용기간 증가로 인해균열폭이 일부 증가된 것으로 판단되며, 내구성 향상을 위한 표면처리와 주입보수가 필요하다.
- 반침콘크리트 층분리와 박리는 시공미흡으로 인한 취약부위에 신축이음 누수로 인한 교면수 유입, 환경적요소(우수유입, 동결융해), 반복적인 견습작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 반침몰탈 파손은 외부충격에 의해 발생한 것으로 손상의 정도나 범위가 경미하나, 손상의 진전 방지를 위해 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 교량받침에 전반적으로 발생한 플레이트 부식 및 도장박리는 공용기간 증가에 의한 도장열화 및 습윤한 외기환경, 신축이음 누수 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 내구성확보를 위한 도장보수가 필요하다.
- 연단거리 측정결과 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)’에서 제시하고 있는 연단거리 기준을 만족하는 상태로 조사되었다. 따라서, 안전성을 확보한 상태로 연단거리 부족으로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다.
- 받침장치부에 대한 여유량 검토결과 교량받침 전체에서 온도변화에 따른 이동여유량이 확보된 상태로 검토되었다.

7) 신축이음장치

- 금회 조사된 후타재 균열, 박리 및 박락, 표면박리는 후타재 급속타설, 건조수축, 반복적인 차량 통행하중 및 재설제의 영향 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며 발생한 손상으로 인한 차량통행에 지장 및 신축이음 기능저하 등은 없는 상태로 주의관찰 후 관리주체의 유지관리 계획에 맞추어 보수하여도 구조물의 사용 및 안전에는 지장이 없을 것으로 판단된다. 또한, 신축이음 본체부식은 공용기간 증가 및 지속적인 우수 및 재설제 등의 접촉으로 인해 발생한 것으로 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 유간 토사퇴적은 통행차량에 의해 주변 토사가 유입되어 퇴적된 것으로 원활한 신축거동을 위해 주기적인 청소가 요구된다.
- 우천 시 신축이음 누수에 대한 추가적인 조사를 진행하였으며, P9, P12측 신축이음부에서 누수가 발생하는 것으로 확인되었다. 공용기간 증가 및 유도 배수시설 미설치 등으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 우천 시 누수에 대한 추가조사 시 누수가 확인되지 않은 A1, A2, P1, P3, P6측에도 하부구조에 누수흔적 및 누수로 인한 손상들이 발생한 것을 고려했을 때 강우량이 많은 기간에는 누수가 발생하는 것으로 판단된다. 따라서, 신축이음 하부 누수로 인한 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 유도 배수시설 설치를 통한 교면수 유입 차단이 필요하다.
- 신축작용, 외부충격 및 시공미흡으로 인해 발생한 차수판 덮개 볼트탈락은 신축이음 기능 및 차수 상에는 지장을 주지 않는 경미한 손상으로 판단되나, 신축이음 장치의 장기적인 사용성 확보를 위해 재설치가 필요하다.
- 신축이음 유간측정결과 측정일 일평균온도에서 측정된 신축유간은 신축유간 온도변화에 따른 이론식으로 산정한 결과 전 개소 최소 필요 유간 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되어 온도차에 따른 신축거동에는 문제가 없을 것으로 검토되었다.
- 주기적인 점검을 통한 신축 여유량을 조사하여 구조물 및 차량 안전성 확보여부를 검토하여야 한다.

8) 교면포장

- 포장균열 및 망상균열은 전 구간에 전반적으로 발생한 상태로 재료적특성, 공용기간 증가로 인한 노후화, 공용중 반복적인 차량 통행하중 등으로 인해 금회 손상물량이 다소 증가한 것으로 조사되었다. 현재 주행차량에 미치는 영향은 없는 수준으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 확대 여부를 관찰하고 향후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 재포장 여부를 결정하는 것이 적정할 것으로 판단된다.
- 포장의 마모, 파손, 접속부 아스콘 파손은 공용기간 증가 및 공용중 반복적인 차량 통행하중 등으로 인해 발생한 것으로 평택방향 S3에 발생한 파손손상은 방치 시 주행하는 차량에 영향을 미치는 상태로 판단되어 관리주체에 보고를 실시한 상태이며 손상에 대한 우선적 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 교면포장 일부 구간에 공용기간 증가 및 주행차량에 의해 주변 토사, 비산먼지 등이 퇴적된 것으로 조사되었으며, 주행하는 차량의 미치는 영향은 없으나, 주기적인 청소가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구, 배수관 막힘의 경우 공용기간 증가에 따른 토사 등의 이물질이 퇴적한 상태로 배수구로 유입된 토사 등의 이물질이 배수관 내부에 퇴적된 상태로 점검망치를 이용한 청음조사 결과 약 2.0 ~ 3.0m 구간이 막혀있는 것으로 조사되었으며, 교면수의 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요하다.
- 배수관 미설치 및 배수관 유출불량은 시공미흡으로 인해 발생한 손상으로 배수관 미설치로 인한 쉐일레버 및 거더 부재면에 교면수가 유입되어 보수를 실시한 것으로 조사되었으며, 우선 시 지속적인 교면수 유입으로 인해 콘크리트 열화 등의 손상 발생을 방지하기 위해 배수관 설치가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 일부 교각에서 배수관 유출불량이 조사되었으며 원활한 배수를 위해 배수관 절단 및 재설치 등의 조치가 필요하다.
- 배수로 파손, 유공관 부식 및 길이 부족, 유출부 탈락, 배수관 부식 등의 손상은 공용기간 증가 및 공용중 외부충격, 시공미흡 등으로 인해 발생한 것으로 구조물에 내구성에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며, 보수보다는 주의관찰이 요구된다.

10) 방호벽

- 방호벽 균열 손상은 공용기간 증가와 콘크리트의 재료적 특성 및 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 환경적 온도변화 등에 의해 발생한 손상으로 일부 균열은 백태를 동반한 것으로 확인되었다. 균열의 진전 및 확대 방지를 위해 균열폭에 따른 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

- 방호벽에 발생한 급힘 및 파손은 공용중 주행차량에 의한 외부충격으로 발생한 것으로 판단되며, 일부 구간에 피복부족 및 우수유입으로 인한 철근노출이 발생한 상태로 손상의 정도는 경미하나 내구성 확보를 위해 단면보수와 단면보수(방청)을 실시하는 것이 바람직하다. 표면 열화는 부재의 위치적 특성에 따른 우수·일사열 등에 의한 건습반복, 환경적 온도변화, 동결융해 반복으로 인해 발생한 것으로 판단되며, S7 ~ S9, S13 ~ S14 등 일부 구간에 광범위하게 발생한 상태로 상태평가 결과, 결함등급이 “d”로 산정되었으나, 방호벽은 교량의 주요부재가 아니며 시설물의 구조적 안전성에 큰 영향을 미치지 않고 손상의 깊이 및 심화정도가 크지 않아 경미한 결함으로 판단된다. 다만, 공용기간 증가로 인한 손상의 진전 및 확대방지를 위해 표면처리를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 가드레일 변형 및 텔리네이트 파손은 주행차량에 의한 외부충격, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 주행하는 차량의 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며 보수보다는 지속적인 주의관찰이 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설에 발생한 점검사다리 하부 고정볼량, 고정핀 탈락손상은 시공미흡으로 인해 발생한 손상으로 점검을 위해 출입하는 점검자의 안전에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되나, 손상의 진전 및 확대 여부를 주의관찰하고 향후 관리주체의 유지관리계획에 맞추어 적절한 조치가 필요하다. 또한, 동향교의 교각 P5, P8, P11, P13에는 출입시설 및 점검통로가 미설치된 상태이며, 점검 시 근접 상세조사 등 점검자의 원활한 점검 및 유지관리를 위해 출입시설 및 점검시설 설치가 필요할 것으로 판단된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 추락방지시설은 난간 및 연석, 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 27.0~30.7MPa, 상부구조(거더) 39.8~51.7MPa, 하부구조(교대 및 교각) 21.1~28.3MPa로 측정 되었으며, 설계기준압축강도(바닥판 및 가로보: 27.0MPa, 거더:35.0MPa 교대 및 교각 24.0MPa)를 전반적으로 상회하는 것으로 확인되었다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상으로 측정되어 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었으며, 설계기준강도를 상회하

는 것으로 확인되어 비건전부의 콘크리트 성능저하는 없는 것으로 판단된다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 없는 것으로 조사되었다.

- 철근탐사 시험은 상부 5개소, 하부 4개소를 실시하여, 총 9개소를 실시하였으며, 철근 피복은 다소의 변동 폭을 보이는 것으로 조사되었으며 이는 시공시 발생한 오차로 판단되며, 철근의 배근간격은 설계도면에 준하는 것으로 조사되었다. 따라서 철근탐사에서 철근의 직경은 파악되지 않으므로, 철근의 직경이 설계도서와 일치한다면, 철근 배근량에 대한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 동향교에서 탄산화시험은 상부구조 3개, 하부구조 1개로 총 4개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음”인 ‘a’ 등급으로 평가되었고 30년 초과와 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없는 것으로 판단된다.

3.10.2 성능평가 결과

【표 3.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	동향교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.228	b	0.68
내구성능 평가	0.158	b	0.21
사용성능 평가	0.386	c	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.228 \times 0.68 + 0.158 \times 0.21 + 0.386 \times 0.11 = 0.231$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.231 • 종합성능평가 결과 : B등급		

3.10.3 종합결론

- 동향교는 약 19년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 철근노출 및 박락, 층분리, 거더 박락 및 층분리, 가로보 박락 및 철근노출, 층분리, 교대 및 교각 균열, 박락 및 철근노출, 층분리, 교량받침 받침콘크리트 층분리, 신축이음 후타재 박리 및 박락, 파손, 교면포장 망상균열, 파손, 난간 및 연석 철근노출, 배수 시설 배수관 부식, 점검시설 점검시설 고정핀 탈락 등의 손상은 공용기간 경과시 손상의 진전 및 2차 손상 발생 우려가 있으므로 구조물의 내구성 및 사용성 향상을 위한 적절한 조치를 취하는 것이 필요하다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, B등급(0.231)으로 평가되어 B등급(결합도 범위 : $0.13 \leq X < 0.20$)의 성능목표 점수는 달성하지 못한 상태이나 목표 등급인 B등급을 달성한 상태이므로 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

3.10.4 사용제한의 필요성 여부

- 내구성능의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사항은 발생되지 않은 상태에서 시설물의 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

3.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 상부구조 균열, 철근노출 및 박락, 교량받침 받침물탈 균열의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 등의 유지관리가 필요하다.

3.10.6 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

