

12. 내리교

12.1 시설물 개요

12.2 자료수집 및 분석

12.3 현장조사

12.4 콘크리트 내구성조사

12.5 안전성능 평가

12.6 내구성능 평가

12.7 사용성능 평가

12.8 종합성능평가

12.9 유지관리 전략제안

12.10 종합결론 및 건의사항

12. 내리교

12.1 시설물의 개요

본 시설물은 대구광역시 군위군 효령면 내리리(상주영천고속도로 41.077~41.277km)에 위치한 교량으로서 총 연장 200.0m, 폭 28.7m, 왕복 4차로로 시공되어 있다.

12.1.1 일반사항

【표 12.1.1】 내리교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2017-0000269		관리번호		SY BR.14	
시설물위치		대구광역시 군위군 효령면 내리리		준공년월일		2017. 06. 27	
관리이정		41.077~41.277km		공사이정		4.842~5.042km	
설계하중		DB-24		노 선 명		고속국도 301호선	
제원	연장	L=200.0m, (5@40m=200m)					
	폭	B=28.7m, 4차로					
구조 형식	상부	PC빔교(PC I)		기초 형식	교 각	직접기초	
	하부	T형 교각식(T) π 형 교각식(π)			교 대	직접, 말뚝기초	
교량받침		면진받침		신축이음		핑거, 모노셀	
교차시설물		군도 15호선		통과높이		18.1m	
부착시설내용		-					
시 공 자		대림산업(주)		관리주체		상주영천고속도로(주)	

12.1.2 위치도 및 전경사진

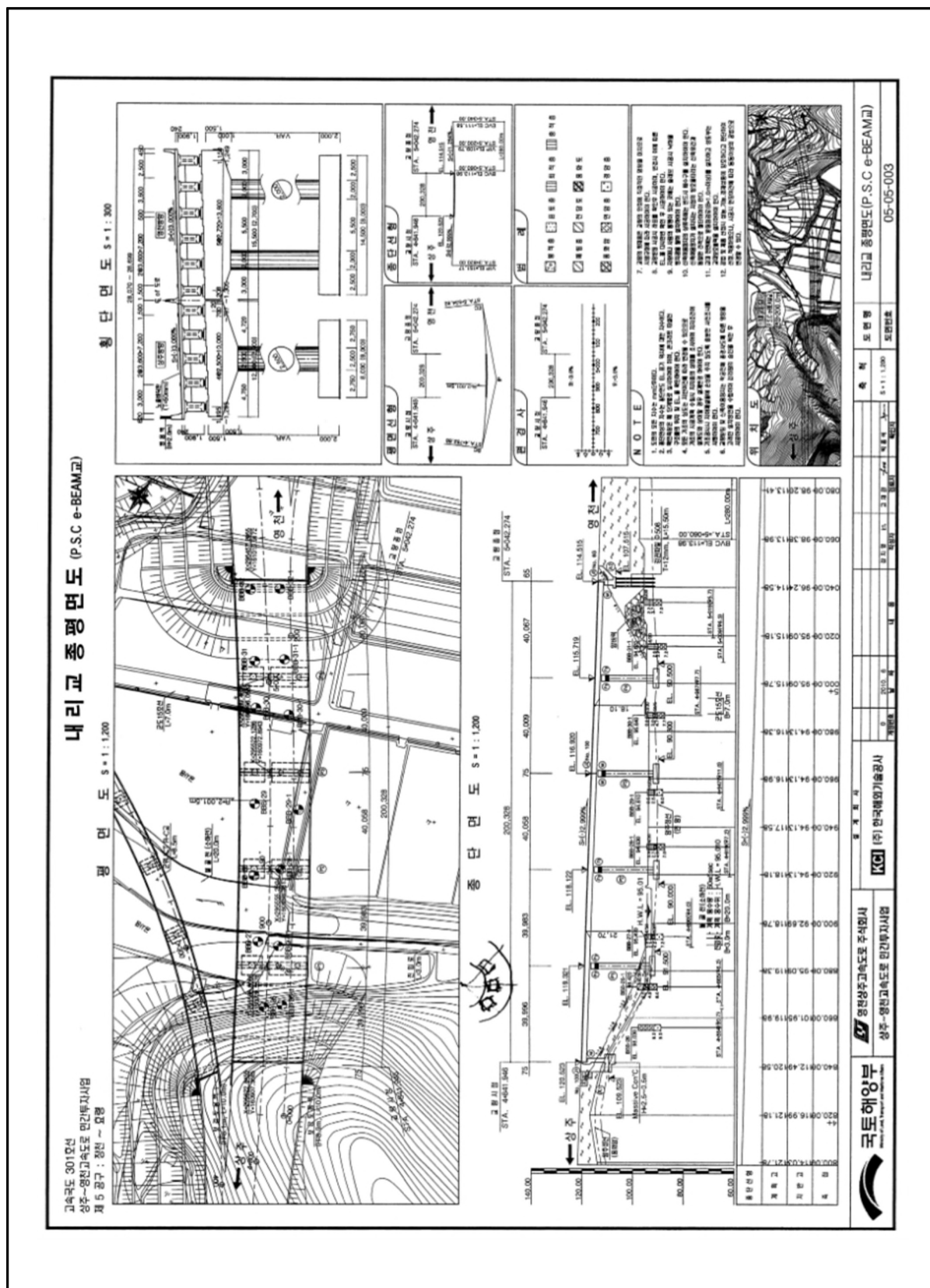


【그림 12.1.1】 위치도

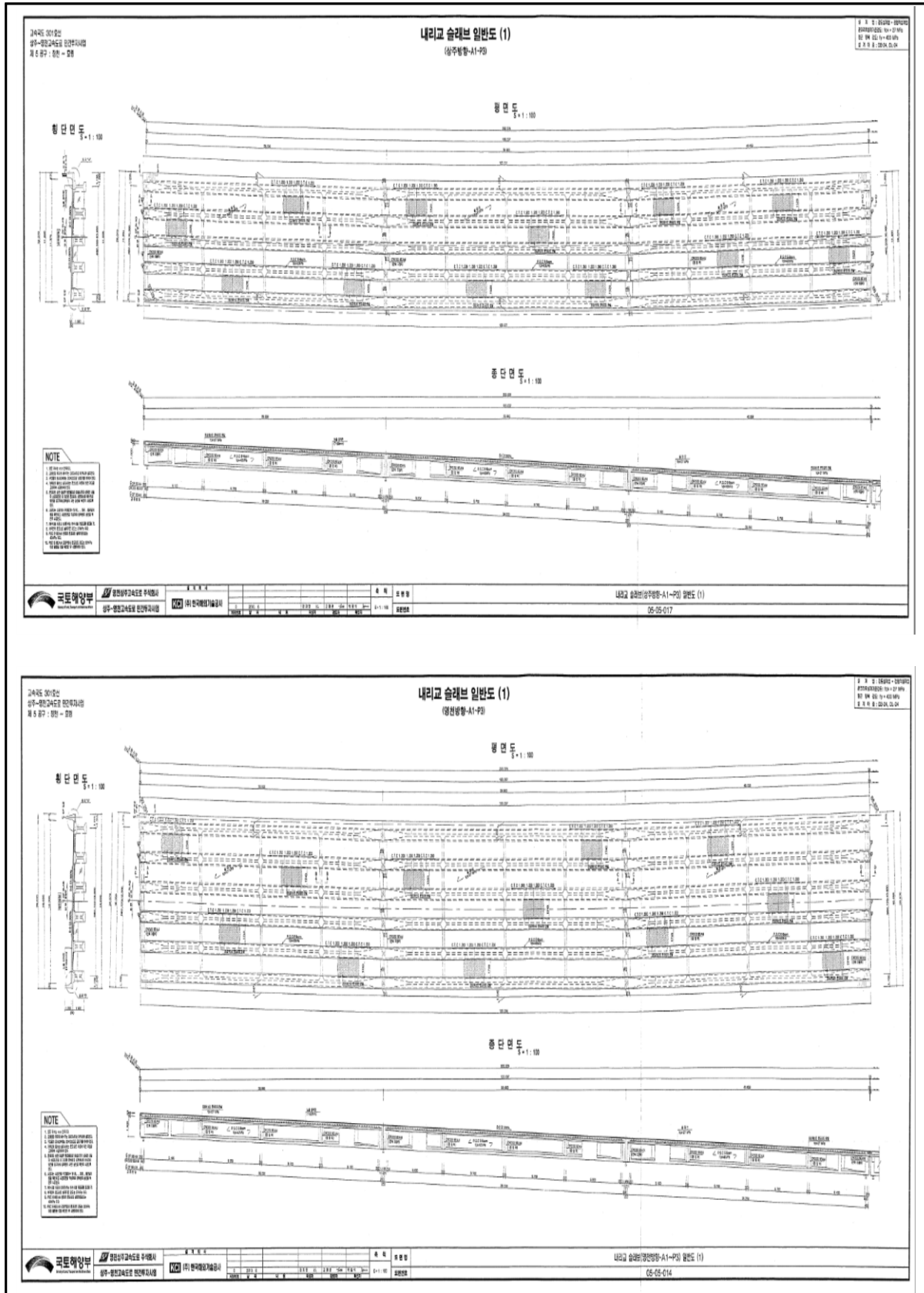
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
바닥판하면 전경	교량받침 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 12.1.2】 부재별 현황

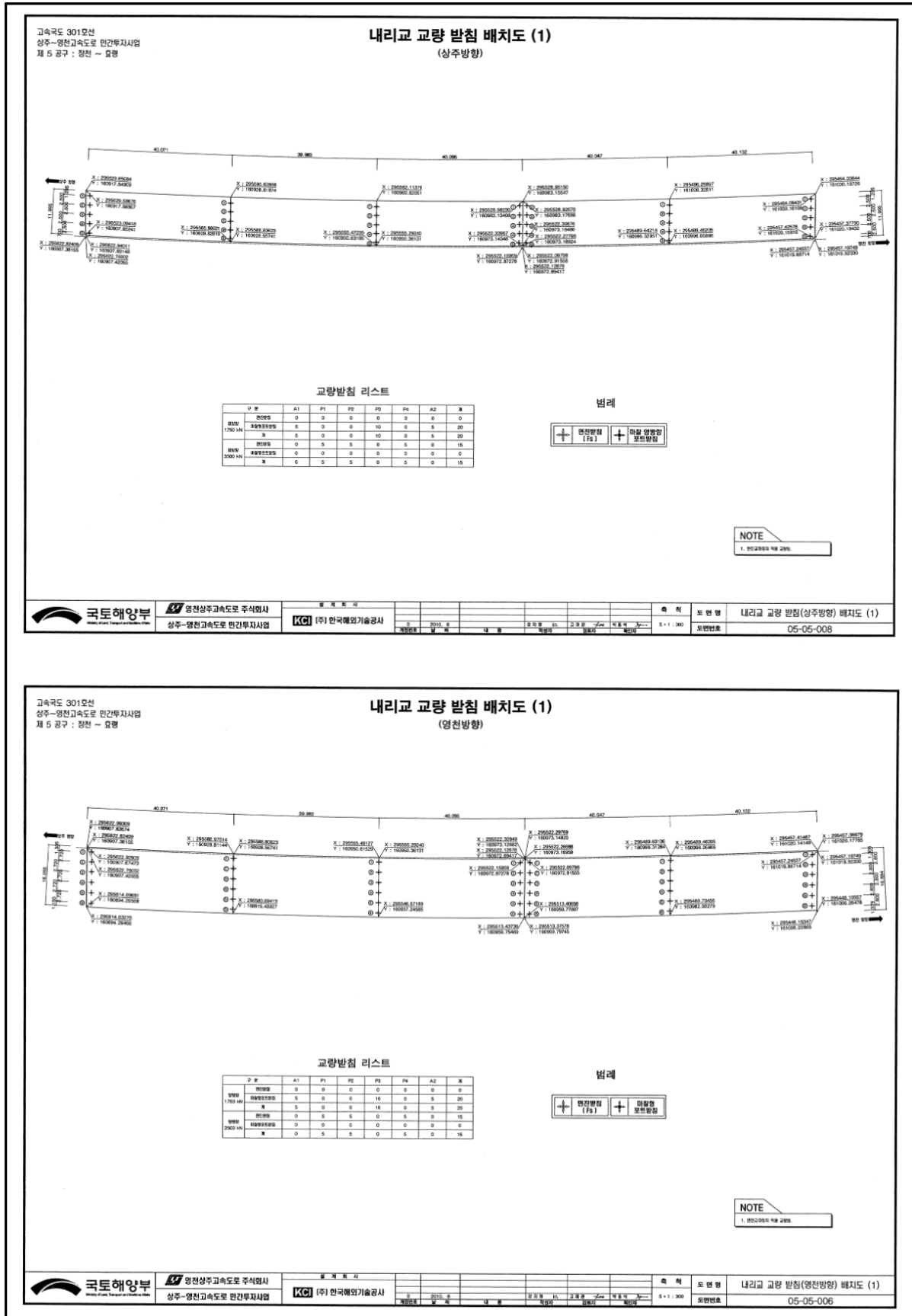
12.1.3 시설물 일반도



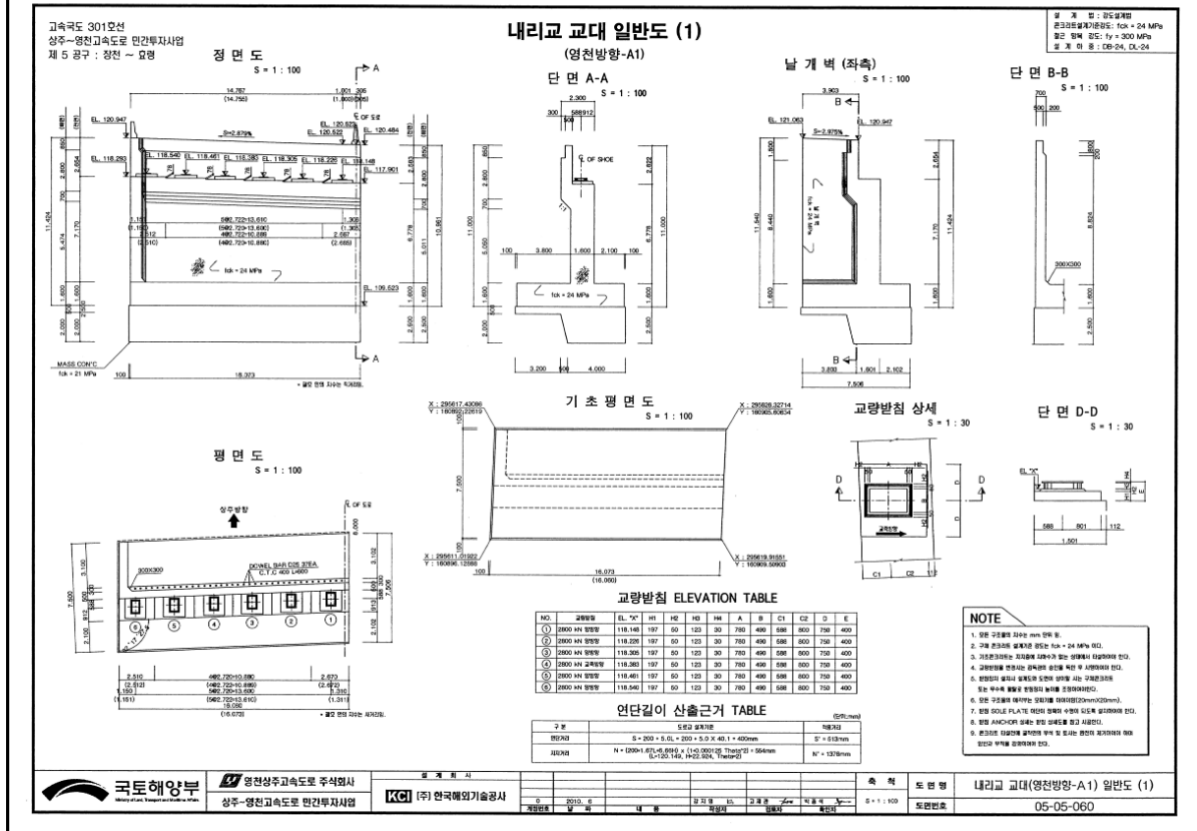
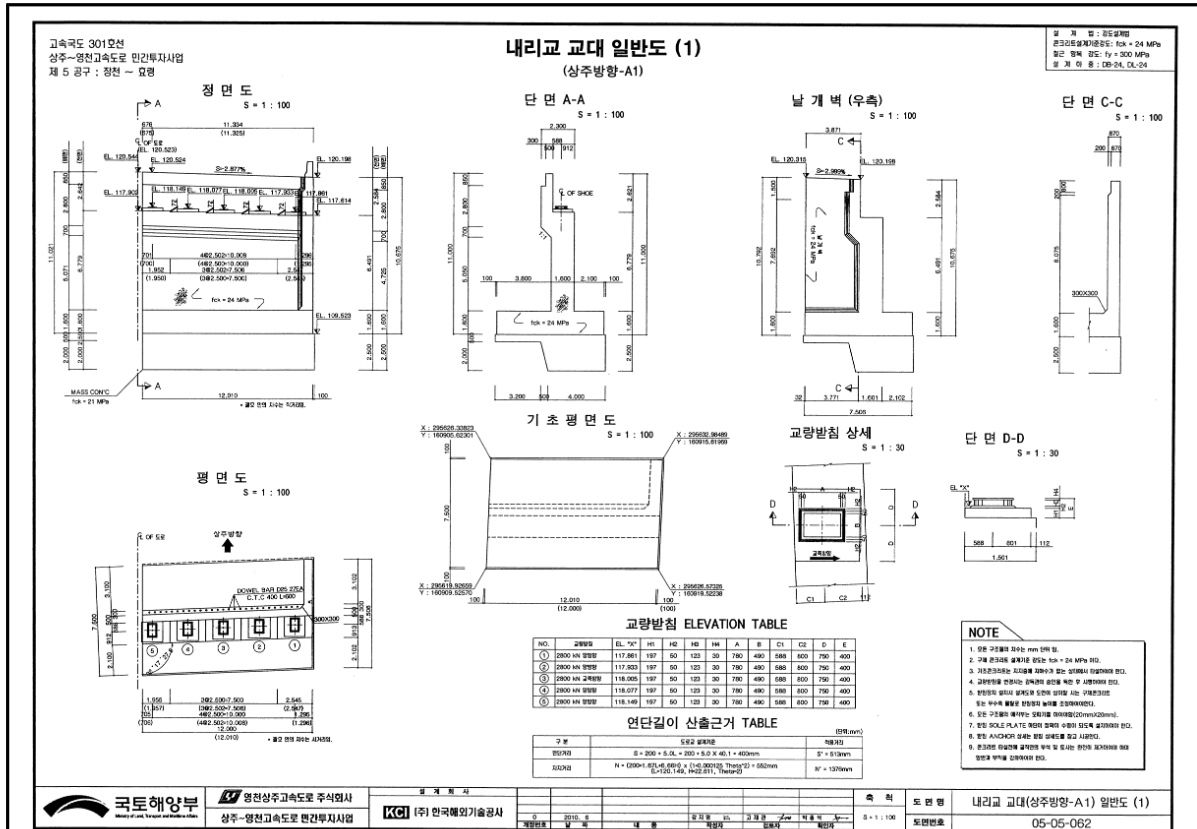
【그림 12.1.3】 종평면도



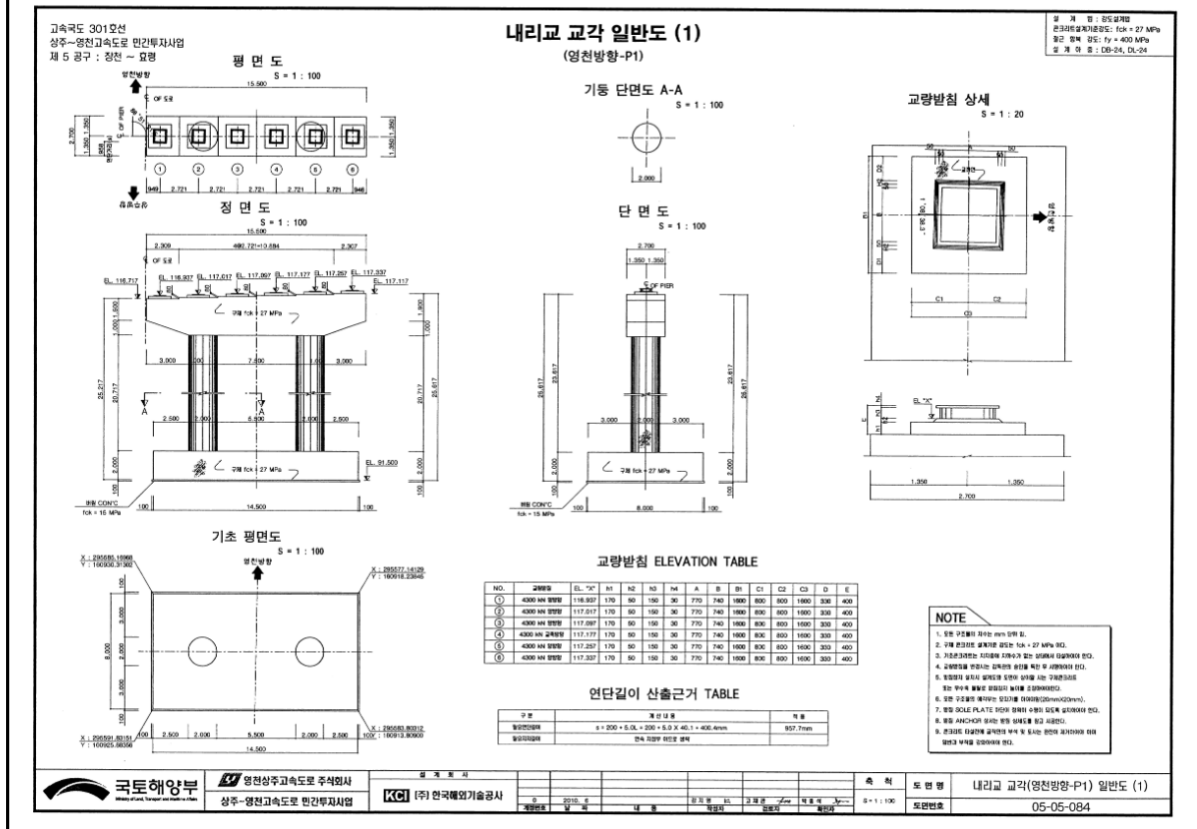
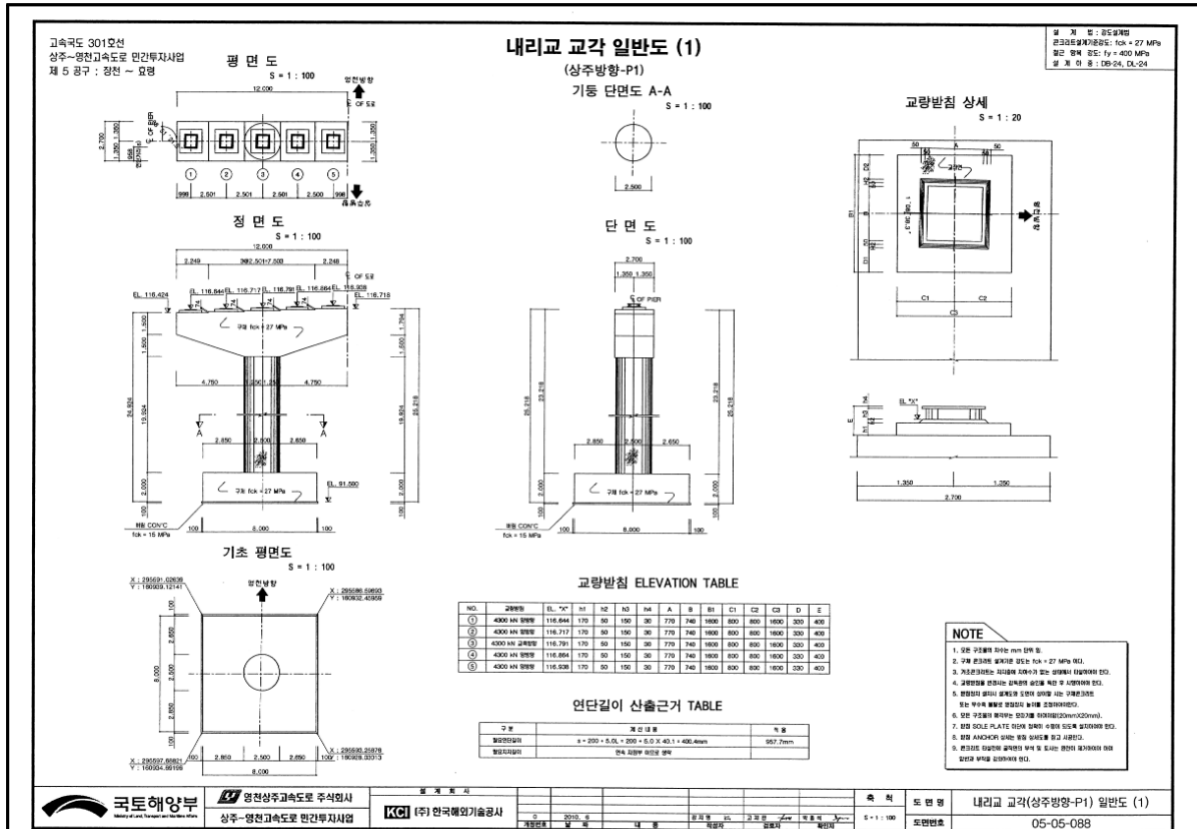
【그림 12.1.4】 슬래브 일반도



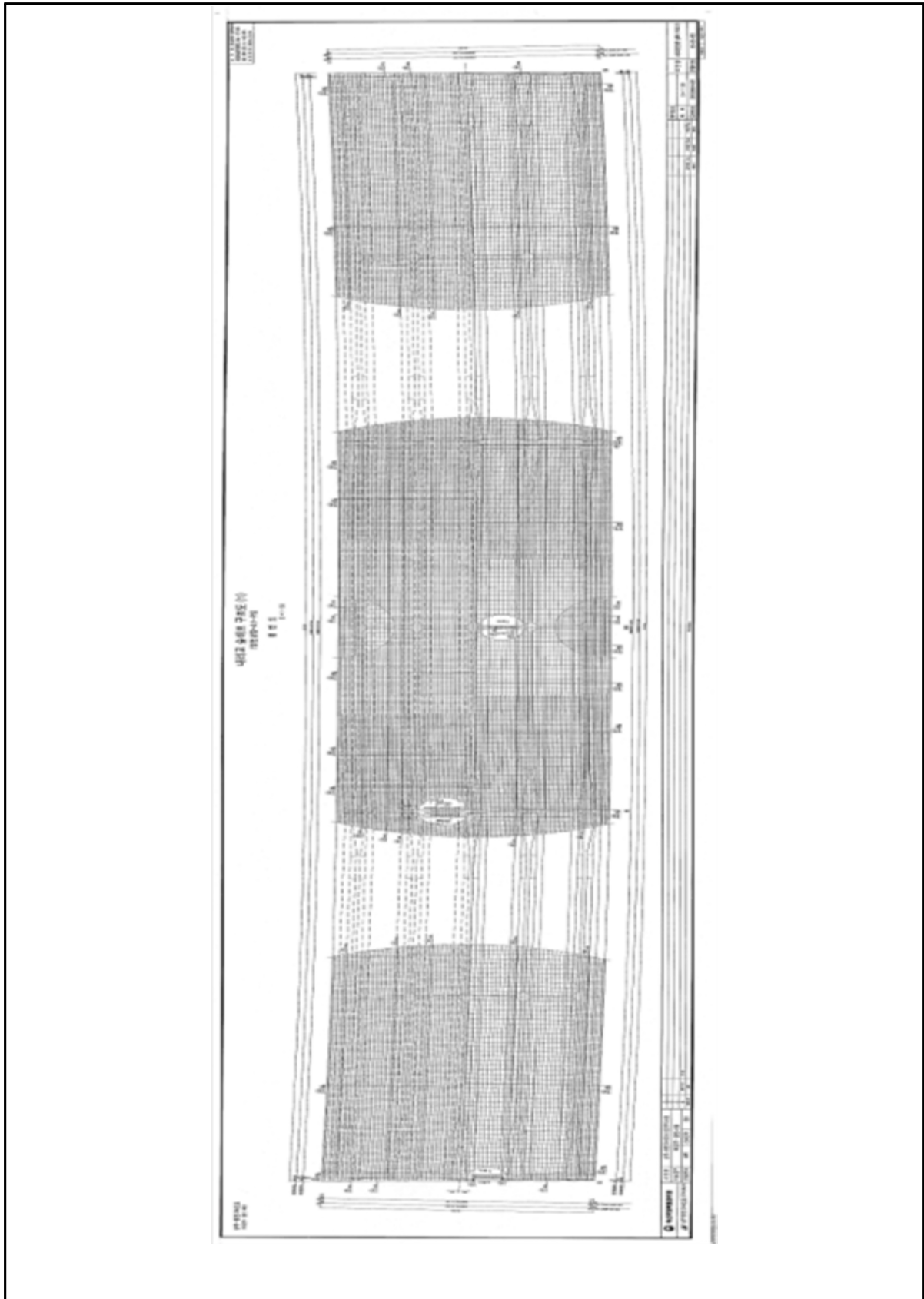
【그림 12.1.5】 교량받침 배치도



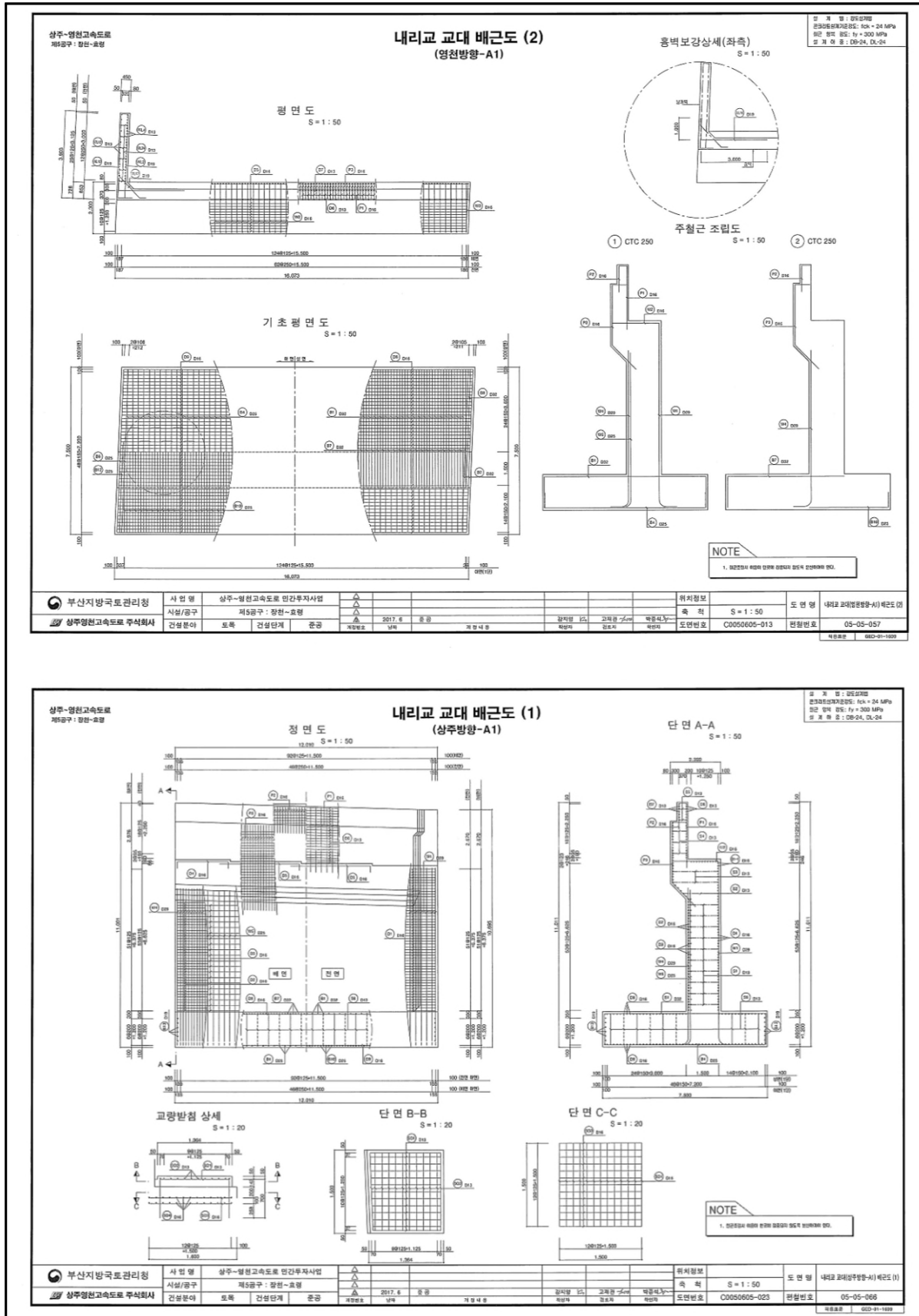
【그림 12.1.6】 교대 일반도



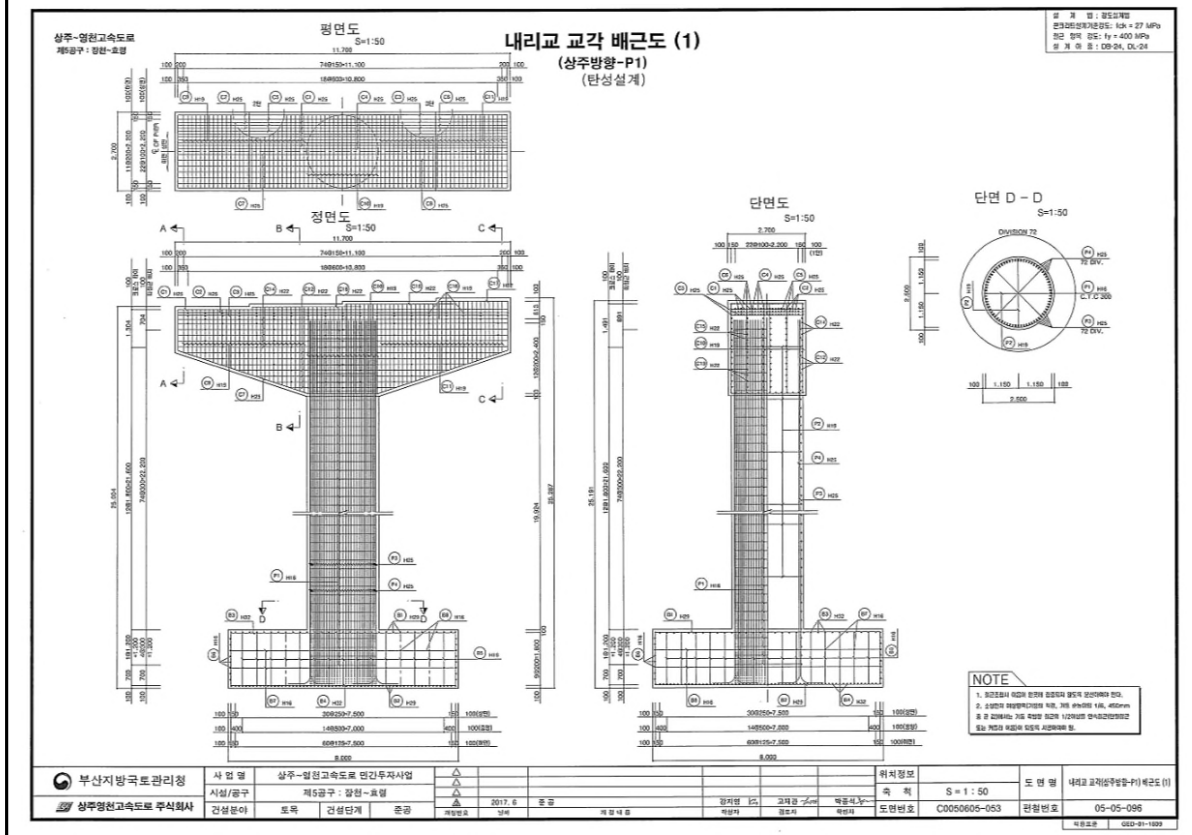
【그림 12.1.7】 교각 일반도



【그림 12.1.8】 바닥판하면 배근도



【그림 12.1.9】 교대 배근도



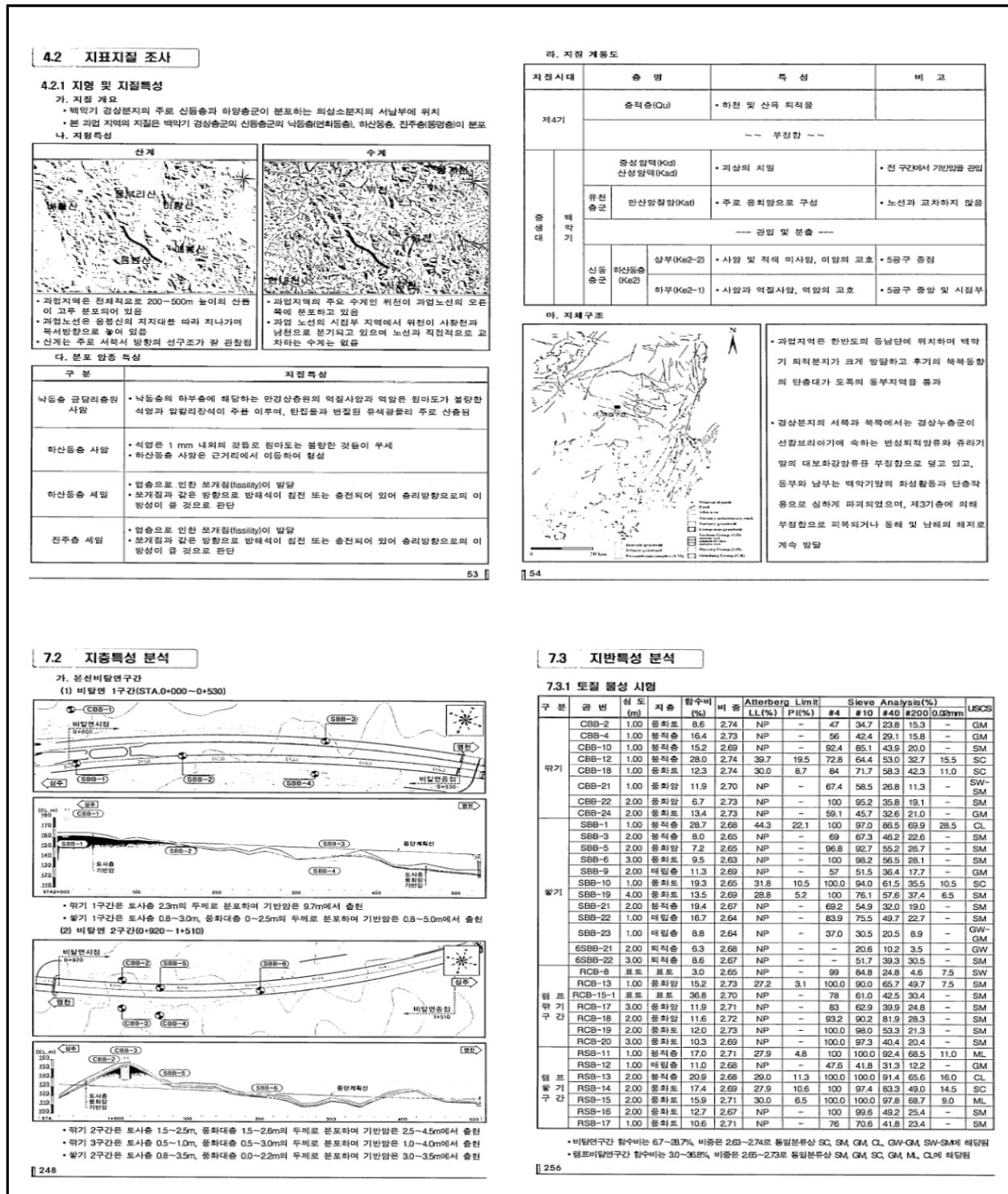
【그림 12.1.10】 교각 배근도

12.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 5공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

12.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



내리교- 15

제 6 장 교량구간 전반적성 분석 및 설계적용

제 6 장 교량구간 전반적성 분석 및 설계적용

6.1 개요

6.1.1 기본방향

조사항목	조사기본방향
지층현황분석	• 고대 및 교각에 대하여 시추조사, 현장시험, 실내시험을 실시하여 지층 분포 및 공학적 특성 파악 • 토공구간의 지층분포 상태 및 공학적 특성을 파악하여 안전하고 경제적인 토공 계획 수립
내진검토	• S-PS검층을 통하여 산정된 등전단계수, 등반상계수, 등교아슬비율 내진해석 입력치로 활용
활기저 특성 분석	• 활기 및 타널구간에서 발생되는 토사 및 암석의 활기저 직접 여부 판단시 반영

6.1.2 조사위치 및 수량



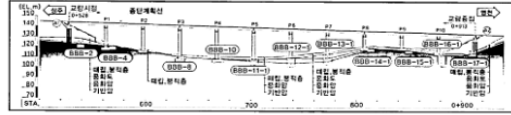
조사항목	교량	단 위	오로교	오실교	보당교	중구교	효령교	김제교	행포교	계
시추조사	공	22	8	13	14	5	4	18	84	
무수시험	회	10	2	-	7	2	-	9	30	
공내재하 시험	회	11	3	-	3	2	-	7	25	
S-PS검층	공	1	1	-	1	-	-	1	4	
실내토질시험	• 기본물성시험 46회									
실내압축시험	• 점하중장도시험 130회, 등성시험/압축각측 2050회									

233

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

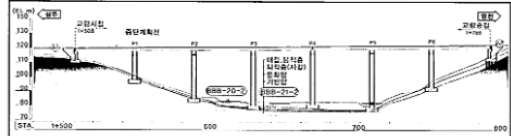
6.2 지층특성 분석

(1) 오로교



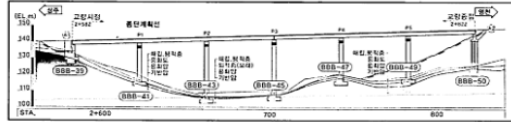
- 대립·봉직층은 0.3~3.5m의 두께로 분포하며, N치는 7/30~50/1의 범위를 보임
- 풍화토는 1.1~4.1m의 두께로 분포하며, N치는 20/30~50/10의 범위를 보임
- 풍화암은 0.6~6.5m의 두께로 분포하며, N치는 50/9~50/2의 범위를 보임
- 기반암은 0.3~12.3m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 90~100/0~100의 범위를 보임

(2) 오실교



- 대립·봉직층은 0.4~3.2m의 두께로 분포하며, N치는 6/30~50/4의 범위를 보임
- 피척층은 0.7~3.9m의 두께로 분포하며, N치는 3/30~50/15의 범위를 보임
- 풍화토는 1.2m의 두께로 분포하며, N치는 18/30의 범위를 보임
- 풍화암은 0.8~1.3m의 두께로 분포하며, N치는 50/10~50/8의 범위를 보임
- 기반암은 1.4~5.6m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 33~100/0~52의 범위를 보임

(3) 보당교



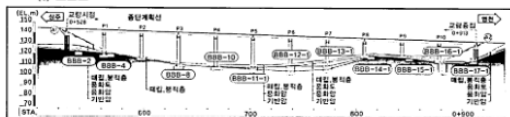
- 대립·봉직층은 0.4~3.6m의 두께로 분포하며, N치는 3/30~50/3의 범위를 보임
- 피척층은 0.4~2.3m의 두께로 분포하며, N치는 3/30~50/13의 범위를 보임
- 풍화토는 0.9~3.0m의 두께로 분포하며, N치는 11/50~50/14의 범위를 보임
- 풍화암은 0.5~4.9m의 두께로 분포하며, N치는 50/10~50/2의 범위를 보임
- 기반암은 1.9~5.4m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 83~100/0~100의 범위를 보임

234

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

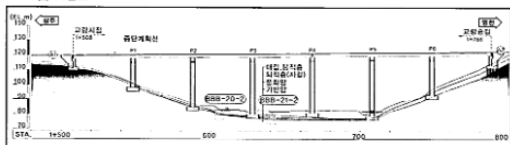
6.2 지층특성 분석

(1) 오로교



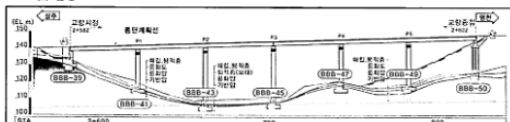
- 대립·봉직층은 0.3~3.5m의 두께로 분포하며, N치는 7/30~50/1의 범위를 보임
- 풍화토는 1.1~4.1m의 두께로 분포하며, N치는 20/30~50/10의 범위를 보임
- 풍화암은 0.6~6.5m의 두께로 분포하며, N치는 50/9~50/2의 범위를 보임
- 기반암은 0.3~12.3m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 90~100/0~100의 범위를 보임

(2) 오실교



- 대립·봉직층은 0.4~3.2m의 두께로 분포하며, N치는 6/30~50/4의 범위를 보임
- 피척층은 0.7~3.9m의 두께로 분포하며, N치는 3/30~50/15의 범위를 보임
- 풍화토는 1.2m의 두께로 분포하며, N치는 18/30의 범위를 보임
- 풍화암은 0.8~1.3m의 두께로 분포하며, N치는 50/10~50/8의 범위를 보임
- 기반암은 1.4~5.6m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 33~100/0~52의 범위를 보임

(3) 보당교

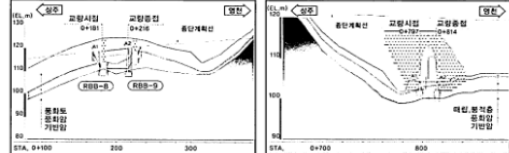


- 대립·봉직층은 0.4~3.6m의 두께로 분포하며, N치는 3/30~50/3의 범위를 보임
- 피척층은 0.4~2.3m의 두께로 분포하며, N치는 3/30~50/13의 범위를 보임
- 풍화토는 0.9~3.0m의 두께로 분포하며, N치는 11/50~50/14의 범위를 보임
- 풍화암은 0.5~4.9m의 두께로 분포하며, N치는 50/10~50/2의 범위를 보임
- 기반암은 1.9~5.4m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 83~100/0~100의 범위를 보임

234

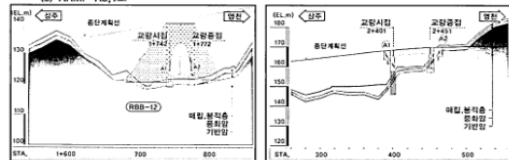
상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

(7) RAMP-A1.2교



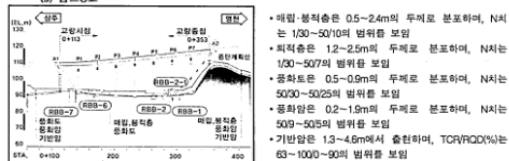
- 대립·봉직층은 0.2~1.8m의 두께로 분포하며, N치는 5/30의 범위를 보임
- 피척층은 1.1~2.1m의 두께로 분포하며, N치는 6/30~50/6의 범위를 보임
- 풍화토는 4.9~10.2m의 두께로 분포하며, N치는 17/30~50/11의 범위를 보임
- 풍화암은 0.8~6.0m의 두께로 분포하며, N치는 50/9~50/8의 범위를 보임
- 기반암은 1.1~13.5m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 43~100/0~98의 범위를 보임

(8) RAMP-A3.4교



- 대립·봉직층은 1.5~3.6m의 두께로 분포하며, N치는 4/30~50/4의 범위를 보임
- 풍화토는 5.8m의 두께로 분포하며, N치는 11/30~50/27의 범위를 보임
- 풍화암은 4.7m의 두께로 분포하며, N치는 50/9의 범위를 보임
- 기반암은 1.5~13.3m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 50~100/0~67의 범위를 보임

(9) 행포교



- 대립·봉직층은 0.5~2.4m의 두께로 분포하며, N치는 1/30~50/10의 범위를 보임
- 피척층은 1.2~2.5m의 두께로 분포하며, N치는 1/30~50/7의 범위를 보임
- 풍화토는 0.5~0.9m의 두께로 분포하며, N치는 50/30~50/25의 범위를 보임
- 풍화암은 0.2~1.9m의 두께로 분포하며, N치는 50/9~50/5의 범위를 보임
- 기반암은 1.3~4.6m에서 출현하며, TCR/RQD(%)는 63~100/0~90의 범위를 보임

236

다. 구조계산서 및 내진설계

■ 결과 요약

■ 안전성검토 및 용역검토

구분	항상강	항상강	비고
평상시	전도에 대한 안전	6193.258	1373.710 O.K
	활동에 대한 안전	804.277	359.011 O.K
	지진력에 대한 안전	1586.0	311.227 O.K
지진시	전도에 대한 안전	5926.058	2585.647 O.K
	활동에 대한 안전	783.877	481.969 O.K
	지진력에 대한 안전	2379.0	439.121 O.K

■ 단면 형 설계

단면위치	길이 H(m)	dc (mm)	Req. As (mm ²)	사용강수량 (mm ²)	Wz (kN.m)	φWz (kN.m)	안전도	비고
점 박	800.0	80.0	1004.0	0168125	137.254	286.971	2.091	O.K
벽체	1000.0	128.30	4569.0	0298125 + 0298250	1675.633	2593.027	1.547	O.K
기초받침	1600.0	150.0	3476.0	0298125	951.265	1458.009	1.543	O.K
기초받침	1600.0	100.0	4014.0	0338125	1134.537	2354.562	2.075	O.K
우측남계벽 A	800.0	80.0	1612.0	0198125	219.184	410.961	1.875	O.K
우측남계벽 B	800.0	80.0	3412.0	0298125	609.743	894.036	1.466	O.K
우측남계벽 C	800.0	80.0	4207.0	0338125	739.166	1090.831	1.476	O.K

■ 사정성 검토

구분	연장응력(fg)	허용응력(fsa)	규정력(W)	허용강수량(Wa)	비고
점 박	74.850	150.0	0.110	0.360	O.K
벽체	81.930	150.0	0.130	0.430	O.K
기초받침	106.240	150.0	0.230	0.690	O.K
기초받침	70.230	150.0	0.110	0.420	O.K
우측남계벽 A	83.760	150.0	0.120	0.350	O.K
우측남계벽 B	107.130	150.0	0.160	0.330	O.K
우측남계벽 C	106.070	150.0	0.160	0.320	O.K

■ 결과 요약

■ 안전성검토 및 용역검토

구분	항상강	항상강	비고
평상시	전도에 대한 안전	6193.258	1373.710 O.K
	활동에 대한 안전	804.277	359.011 O.K
	지진력에 대한 안전	1586.0	311.227 O.K
지진시	전도에 대한 안전	5926.058	2585.647 O.K
	활동에 대한 안전	783.877	481.969 O.K
	지진력에 대한 안전	2379.0	439.121 O.K

■ 단면 형 설계

단면위치	길이 H(m)	dc (mm)	Req. As (mm ²)	사용강수량 (mm ²)	Wz (kN.m)	φWz (kN.m)	안전도	비고
점 박	800.0	80.0	1004.0	0168125	137.254	286.971	2.091	O.K
벽체	1000.0	128.30	4569.0	0298125 + 0298250	1675.633	2593.027	1.547	O.K
기초받침	1600.0	150.0	3476.0	0298125	951.265	1458.009	1.543	O.K
기초받침	1600.0	100.0	4014.0	0338125	1134.537	2354.562	2.075	O.K
우측남계벽 A	800.0	80.0	1612.0	0198125	219.184	410.961	1.875	O.K
우측남계벽 B	800.0	80.0	3412.0	0298125	609.743	894.036	1.466	O.K
우측남계벽 C	800.0	80.0	4207.0	0338125	739.166	1090.831	1.476	O.K

■ 사정성 검토

구분	연장응력(fg)	허용응력(fsa)	규정력(W)	허용강수량(Wa)	비고
점 박	74.850	150.0	0.110	0.360	O.K
벽체	81.930	150.0	0.130	0.430	O.K
기초받침	106.240	150.0	0.230	0.690	O.K
기초받침	70.230	150.0	0.110	0.420	O.K
우측남계벽 A	83.760	150.0	0.120	0.350	O.K
우측남계벽 B	107.130	150.0	0.160	0.330	O.K
우측남계벽 C	106.070	150.0	0.160	0.320	O.K

-606-

-606-

2.1 내진 해석을 위한 지면

(1) 내진등급 및 가속도 계수

■ 지진구역 구분

지진구역	영향 구역
I	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
II	경기도, 강원도 남부, 충청남도, 충청북도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북서부
III	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도

전라남도 남서부(군,시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥 ...

■ 지진구역계수(재판주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

■ 위험도계수

재판주기(년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도계수 I	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00

■ 도로교의 내진등급과 설계지진

내진등급	교량	설계지진
내진I등급	- 고속도로, 자동차 전용도로, 역행시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량	1000년
	- 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 왕복차도교통량을 기준으로 판단	
	- 있어 대 중요한 교량	
	- 내진등급교가 건설되는 도로위험을 넘어서는 고가교량	
내진II등급	- 내진등급교 속하지 않는 교량	500년

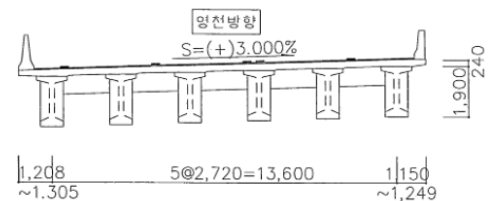
-1231-

3. 단면특성

3.1 상부구조

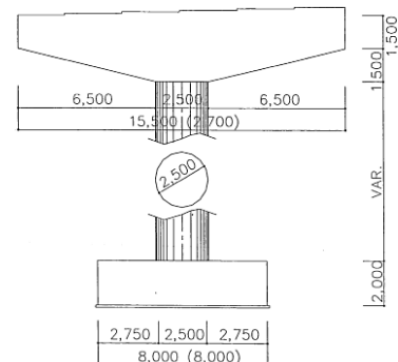
상부구조는 PSC BEAM 기둥로 이루어져 있으며 교폭은 14.035m이다.

상부구조의 일반도는 아래와 같다.



3.2 하부구조

하부구조는 직경기초로 구성되어 있으며 계획적인 차폐를 다음과 같다.



-1232-

12.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2중 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검, 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 10회, 정밀안전점검 2회 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 12.2.1】 내리교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전점검	내리교의 주요 손상현황으로는 교면포장 파손 및 이격, 접속슬래브 단차, 난간 균열, 신축이음 본체 체결불량 및 파열음 발생, 후타재 파손, 교대 균열, 조인트 실란트 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다. 특히, 신축이음 본체 체결불량 및 파열음 발생은 손상의 진전이 우려되므로 조속한 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전점검	내리교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열 및 파손, 접속부 단차, 난간 백태, 균열, 신축이음 후타재 균열, 교대 균열, 조인트 실란트 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전점검	내리교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열 및 파손, 접속부 단차, 배수시설 배수구 막힘, 난간 백태, 균열, 신축이음 후타재 균열, 교대 균열, 조인트 실란트 파손, 배수로 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전점검	내리교의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 배수시설 배수구 막힘, 난간 백태, 균열, 들뜸, 신축이음 후타재 균열 및 파손, 교대 균열, 조인트 실란트 파손, 교대 점검계단 하부 공동 등의 손상이 조사되었다. 기 점검 이후 일부 손상의 경우 하자보수를 실시한 것으로 확인되었으며, 현재 보수부의 상태는 양호한 것으로 조사되었다. 미 보수된 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다. 특히, 교대 점검계단 하부 공동의 경우 교대 배수로의 월류로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 되메우기 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.	양호

【표 12.2.1】 내리교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전점검	금회정밀안전점검결과를바탕으로내리교에 발생한손상의진전을방지하고,보수를통한구조물의내구성확보를위한적절한조치가필요하다. 이상과같이자료조사,외관조사,내구성조사등의결과를분석하여평가된구조물의상태평가결과를종합적으로평가한안전등급은「기능발휘에는지장이없으나경미한손상,결함,열화등이발생하여내구성증진을위해부분적으로보수가필요한상태」인「B」등급으로평가되었다.구조적인손상및결함은없는것으로판단되어별도의정밀안전진단은필요없을것으로판단되며,본보고서에제시된방안으로보수를시행하고지속적인유지관리를실시한다면구조물의사용성을확보하는데문제가없을것으로사료된다.	B
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전점검	내리교의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 배수시설 배수로 파손, 난간 백태, 균열, 신축이음 후타재 균열 및 박리, 교량 받침 플레이트 부식, 거더 백태, 교대 및 교각 균열, 조인트 실란트 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 다소 경미한 상태로서 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의 관찰과 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
7	2020. 08. 31 ~ 2020. 12. 31	정기안전점검	내리교의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 배수시설 배수로 파손, 난간 백태, 균열, 신축이음 후타재 균열 및 박리, 교량 받침 플레이트 부식, 거더 백태, 교대 및 교각 균열, 조인트 실란트 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 다소 경미한 상태로서 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의 관찰과 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
8	2021. 03. 08 ~ 2021. 06. 07	정기안전점검	내리교(5공구)의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 배수시설 배수로 파손, 난간 백태, 균열, 신축이음 후타재 균열 및 박리, 교량받침 플레이트 부식, 거더 백태, 교대 및 교각 균열, 조인트 실란트 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 다소 경미한 상태로서 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의관찰과 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

【표 12.2.1】 내리교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
9	2021. 08. 25 ~ 2021. 12. 10	정밀안전점검	바닥판하면상태양호 거더백태, 균열부백태 가로보상태양호 교대균열(0.3mm내,외), 법면표층유실, 실란트 파손, 백태 교각균열(0.3mm미만) 교량받침플레이트부식 신축이음후타재균열, 후타재박리, 박락, 접속 부이격 교면포장망상균열 배수시설상태양호 방호벽균열(0.3mm미만), 백태, 파손	B
10	2022. 05. 16 ~ 2022. 06. 24	정기안전점검	교면포장망상균열 방호벽균열, 백태, 파손, 접속도로부단차 신축이음후타재균열, 박리, 박락, 접속부이격 교량받침플레이트부식 거더백태, 균열부백태 교대균열(폭0.3mm내/외), 백태, 조인트실란트 파손, 법면성토부표층유실 교각균열(폭0.3mm미만)	양호
11	2022. 09. 19 ~ 2022. 11. 18	정기안전점검	교면포장망상균열 방호벽균열, 백태, 파손, 접속도로부단차 신축이음후타재균열, 박리, 박락, 접속부이격 교량받침플레이트부식 거더백태, 균열부백태 교대균열(폭0.3mm내/외), 백태, 조인트실란트 파손, 법면성토부표층유실 교각균열(폭0.3mm미만)	양호
12	2023. 04. 03 ~ 2023. 06. 16	정기안전점검	교면포장망상균열 방호벽균열, 백태, 파손, 접속도로부단차 신축이음후타재균열, 박리, 박락, 접속부이격 교량받침플레이트부식 거더백태, 균열부백태 교대균열(폭0.3mm내/외), 백태, 조인트실란트 파손, 법면성토부표층유실 교각균열(폭0.3mm미만)	양호

12.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년12월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과(상주방향)	비고
바닥판하면	■ 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 신규 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.	
IPC Girder	■ 교대에 발생한 균열부백태, 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 균열부 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상이며, 균열부 백태의 경우 초기 공사 중 발생한 손상으로 추정되며, 현재 국부적으로 발생하였다. 손상부는 표면처리 등의 조치를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.	
가로보	■ 가로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	■ 발생된 폭 0.3mm 내,외 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 발생된 표층유실부는 외부우수유입에 의한 손상으로, 주의관찰을 요하며, 실란트 파손의 경우, 공용중 열화로 인한 손상으로 실란트 재충진 등의 유지관리가 요구된다.	
교각	■ 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.	
교량받침	■ 받침본체에서 조사된 플레이트 부식은 신축이음 외측 단부 누수 및 외부 우수유입에 의한 2차 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다. ■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다. ■ 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.	
신축이음장치	■ 신축이음에 발생한 후타재 균열, 박리는 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리를 실시하는 유지관리가 필요하다. 금회 조사된 후타재 박락의 경우 신축이음 본체와 박락부의 단차로 인해 본체 충격을 초래할 수 있으므로 단면보수 등의 조치가 필요하다, 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. 신축이음 후타재 이격부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다. ■ 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 21.7℃(9월 13일)로써 이때 측정 유간은 16.0~32.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	
교면포장	■ 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.	
배수시설	■ 배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추방통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.	
방호벽	■ 방호벽에 발생한 균열 및 백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 또한, 접속부 이격, 단차, 파손의 경우 접속부 침하로 인한 손상으로 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 사료된다.	

구분	정밀안전점검 결과(영천방향)	비고
바닥판하면	바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 신규 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.	
IPC Girder	거더에 발생한 균열부백태, 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 균열부 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상이며, 균열부백태의 경우 초기 공사중에 생긴 손상으로 추정되며, 현재 국부적으로 발생하였다. 손상부는 표면처리 등의 조치를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.	
가로보	가로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 신축이음 하부를 통한 우수유입으로 인한 백태가 확인되었고, 손상부는 진전시 신축이음과 연계한 보수가 요구된다.	
교각	교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.	
교량받침	- 받침본체에서 조사된 플레이트 부식은 신축이음 외측 단부 누수 및 외부 우수유입에 의한 2차 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다. - 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다. - 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.	
신축이음장치	- 신축이음에 발생한 후타재 균열은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리를 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. - 후타재 박리는 국부적인 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다. - 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 21.7℃(9월 13일)로써 이때 측정 유간은 20.0~35.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	
교면포장	교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.	
배수시설	배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.	
방호벽	방호벽에 발생한 균열부 백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 균열부 우수유입손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위		시험 결과(상주방향)		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.5~28.5	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.3~47.7	40.0	
	하부구조	교대	25.5~27.3	24.0	
		교각	27.4~28.6	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		34.0~46.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		94.0~95.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

시 험 명	시험부위		시험 결과(영천방향)		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.5~50.3	40.0	
	하부구조	교대	25.4~27.2	24.0	
		교각	28.1~29.3	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		35.0~46.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		93.0~95.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결합도점수	기준	S·F	기준	
내리교	0.143	B	—	—	B
종합평가	- 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 - 종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

라. 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급”으로 지정하였다.

마. 보수·보강 방안 및 개략공사비(상주방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더	백태	표면처리	0.15	0.2	m²	—	—	하자
	균열부 백태	표면처리	12.0	18.0	m²	—	—	하자
교대	균열 0.3mm미만	표면처리	7.0	2.6	m	—	—	하자
	균열 0.3mm이상	주입보수	5.0	7.5	m	—	—	하자
	법면 표층유실	식생공	10.0	15.0	m²	—	—	하자
	실란트 파손	실란트 주입	4.0	6.0	m	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	3.5	1.3	m	—	—	하자
교량받침	플레이트 부식	재도장	4.0	6.0	EA	40	240	2순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	1.9	0.7	m	54	38	3순위
	후타재박리, 박락	단면보수	0.13	0.2	m	165	33	2순위
방호벽	균열(0.3mm 미만)	표면처리	10.5	3.9	m	54	211	3순위
	백태	표면처리	0.4	0.6	m²	54	32	3순위
	파손	단면보수	0.1	0.2	m²	165	33	2순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		306		281		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		153		141		
	합계	—		459		422		
개략공사비 총계(천원)		881						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

바. 보수·보강 방안 및 개략공사비(영천방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더	백태	표면처리	0.2	0.3	m²	—	—	하자
	균열부 백태	표면처리	15.0	22.5	m²	—	—	하자
교대	균열 0.3mm 미만	표면처리	28.0	10.5	m	—	—	하자
	백태	표면처리	0.3	0.5	m²	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	9.0	3.4	m	—	—	하자
교량받침	플레이트 부식	재도장	5.0	7.5	EA	40	300	2순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	7.5	2.8	m	54	151	3순위
	후타재 박리	단면보수	0.09	0.1	m²	165	17	2순위
교면포장	망상균열	표면처리	420.0	630.0	m²	54	34,020	3순위
방호벽	균열(0.3mm 미만)	표면처리	0.1	0.1	m	54	5	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		317		34,176		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		159		17,088		
	합계	—		476		51,264		
개략공사비 총계(천원)		51,740						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

사. 종합결론

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

12.2.4 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	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 부재별 균열, 백태, 박리, 박락, 파손 등의 손상이 확인되었고 금회 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 정밀안전점검은 총2회, 정기점검은 총10회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

12.2.5 시설물 보수 이력

【표 12.2.2】 내리교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	S1~S5 교면포장, A1, P3 신축이음	교면포장 망상균열 보수, 신축이음 후타재균열 보수	2019.01.01 ~2019.06.30	-	-	-
2	S3 교면포장, P3 신축이음	교면포장 콘크리트 파손 보수, 신축이음 후타재파손 보수	2019.07.01 ~2019.12.31	-	-	-

12.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 12.2.3】 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.			

12.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

12.2.8 자료수집 현황

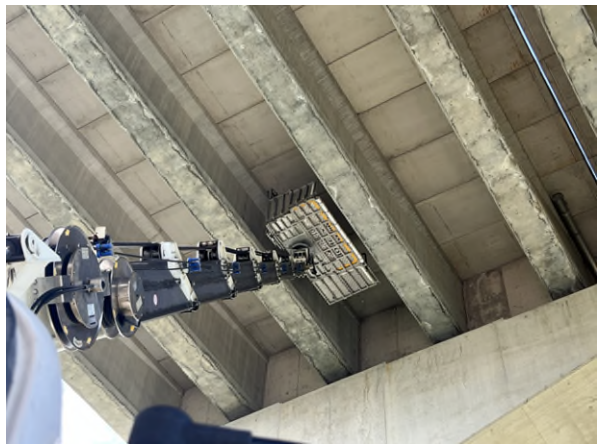
안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가를 위한 자료는 각 평가별 보고서 내에 수록하였다.

12.3 현장조사

12.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 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~S5	도보, 고소점검차	2023.09.04.~2023.09.20.	
			
고소점검차를 이용한 근접조사		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
고소점검차를 이용한 근접조사		고소점검차를 이용한 근접조사	

【사진 12.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

12.3.2 상주방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 내리교는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=270.0m 폭 24.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다..
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 고소점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 12.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 12.3.1】 바닥판하면 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 바닥판하면 상태양호	손상현황	• S5 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 12.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판하면의 기 손상 및 신규 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 12.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 신규 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

나. PCI Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 PCI 는 5열로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 고소점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 12.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과, 일부 구간에서 백태, 균열부백태가 발생하였다.

【표 12.3.3】 거더 외관조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	—	—	2.40	16
S2	—	—	2.40	16
S3	—	—	2.40	16
S4	0.20	4	2.40	16
S5	—	—	2.40	16
합계	0.20	4	12.00	80

			
손상현황	• S1-G1 균열부백태 (0.1m×1.5m)	손상현황	• S4-G2 백태 (0.1m×0.5m)
원 인	• 우수유입, 수분침투 등	원 인	• 우수유입, 수분침투 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 12.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더는 기 손상인 백태, 균열부백태가 확인되었고, 금회 백태가 1개소 신규 조사되었다.

【표 12.3.4】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	백태	m ²	0.15	3	0.20	4	▲ 0.05	신규손상
	균열부 백태	m ²	12.00	80	12.00	80	— —	변동없음

4) 검토의견

- 거더에 발생한 백태, 균열부백태는 균열부 우수유입, 수분침투 등의 복합적인 원인에 의한 손상이며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 조치를 실시하는 것이 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 12.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 12.3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 가로보 상태양호	손상현황	• 가로보 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 12.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 가로보는 기 손상이 없는 상태로 확인되었고, 신규 손상은 조사되지 않았다.

【표 12.3.6】 가로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 가로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 내리교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 직접기초, 말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 12.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만, 이상), 법면 표층유실, 실란트 파손 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 12.3.7】 교대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm 미만) (m/개소)		균열(0.3mm 이상) (m/개소)		법면 표층유실 (㎡/개소)		실란트 파손 (m/개소)	
A1	4.00	1	5.00	1	—	—	4.00	1
A2	3.00	3	—	—	10.00	1	—	—
합계	7.00	4	5.00	1	10.00	1	4.00	1

			
손상현황	• A1 균열(0.3mm/5.0m)	손상현황	• A1 실란트 파손(4.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 공용기간 증가, 우수유입
조치방안	• 주입보수	조치방안	• 실란트 충전
			
손상현황	• A2 균열(0.2mm/1.0m)	손상현황	• A2 법면 표층유실(1.0m×10.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 우수유입, 공용기간 증가 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 12.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검 비교시 균열(0.3mm미만, 이상), 법면 표층유실, 실란트 파손이 확인되었으며, 손상이 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 12.3.8】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	7.00	4	7.00	4	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	5.00	1	5.00	1	— —	변동없음
	법면 표층유실	m ²	10.00	1	10.00	1	— —	변동없음
	실란트 파손	m	4.00	1	4.00	1	— —	변동없음

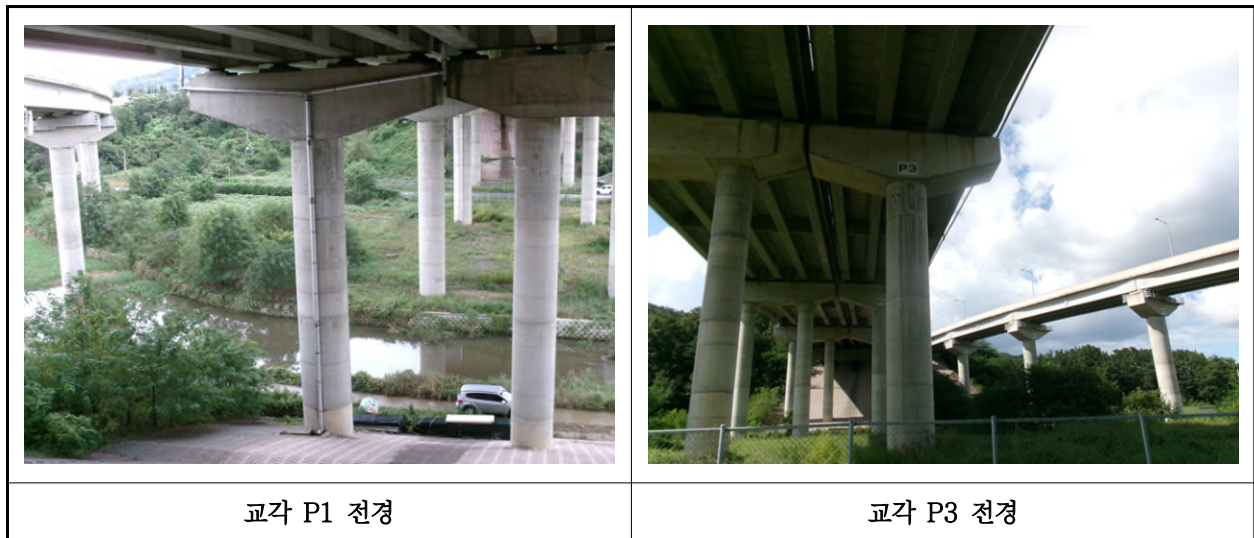
4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만, 이상)은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 실란트 파손은 공용중 열화로 인한 손상으로 실란트 충전 등의 유지관리가 필요하며, 강우 등에 의한 법면 표층유실은 진전여부에 대한 주의관찰 후 진전시 보수대책 수립이 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 내리교의 교각은 T형, π 형 교각 4기로 구성되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 도보조사, 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 12.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만), 폐자재 적치가 조사되었다.

【표 12.3.9】 교각 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		폐자재 적치 (개소/개소)	
P1	—	—	—	—
P2	—	—	—	—
P3	—	—	1.00	1
P4	3.50	7	—	—
합계	3.50	7	1.00	1

			
손상현황	• P3 폐자재 적치(1EA)	손상현황	• P4 균열(0.2mm/0.5m)
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 청소	조치방안	• 표면처리

【사진 12.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 균열(0.3mm미만)이 조사되었고, 금회 폐자재 적치가 조사되었다.

【표 12.3.10】 교각 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	3.50	7	3.50	7	- -	변동없음
	폐자재 적치	EA	-	-	1.00	1	▲ 1.00	신규손상

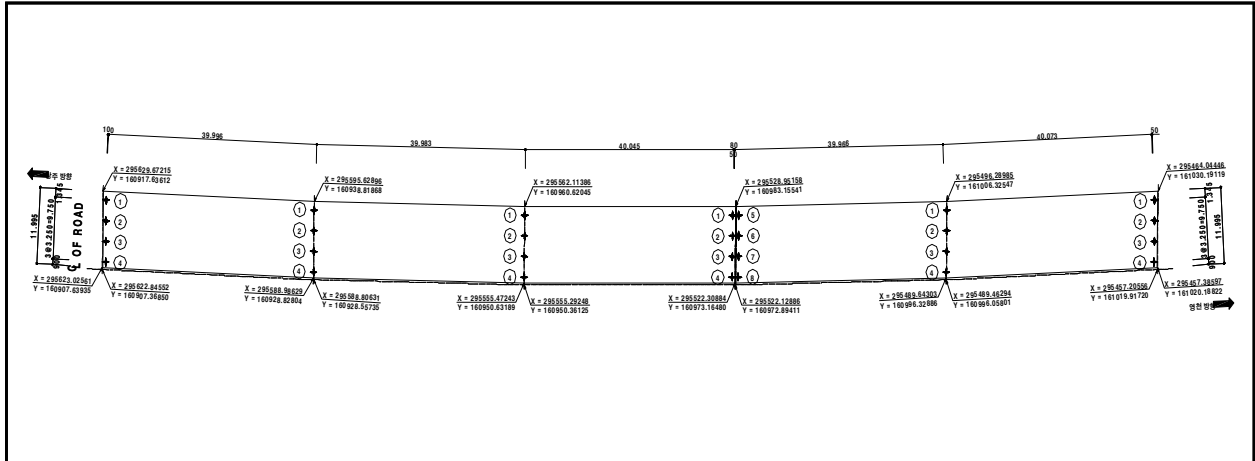
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상이나 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- 시공미흡에 의한 폐자재 적치는 청소 등의 정비가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 내리교의 받침은 면진받침으로 총 28기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 12.3.1】 교량받침 배치도



【사진 12.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 일부 플레이트에서 부식, 받침콘크리트 재료분리가 조사되었다.

【표 12.3.11】 교량받침 외관조사 결과

구분	플레이트 부식 (개소/개소)		받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	
A1	—	—	—	—
P1	—	—	1.00	2
P2	—	—	—	—
P3	2.00	2	—	—
P4	—	—	—	—
A2	4.00	4	—	—
합계	6.00	6	1.00	2

			
손상현황	• A2-Sh2 플레이트 부식	손상현황	• P1-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.5m×1.0)
원 인	• 장기공용, 습기흡착	원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P1-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.5m×1.0)	손상현황	• P3-Sh1 플레이트 부식
원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 장기공용, 습기흡착
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 재도장

【사진 12.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 플레이트 부식이 확인되었고, 금회 플레이트 부식, 받침콘크리트 재료분리가 추가 조사되었다.

【표 12.3.12】 교량받침 기 점검 결과 비교

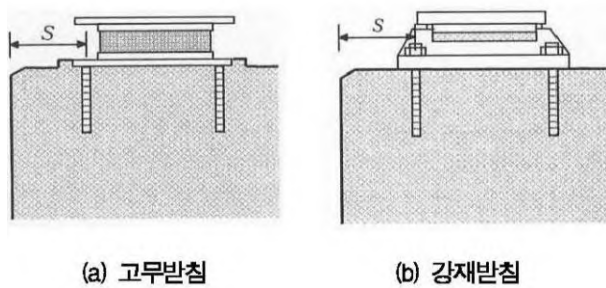
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	플레이트 부식	EA	4.00	4	6.00	6	▲ 2.00	신규손상
	받침콘크리트 재료분리	m ²	—	—	1.00	2	▲ 1.00	신규손상

4) 검토의견

- 받침본체에서 조사된 플레이트 부식의 경우 공용기간 증가, 습기흡착, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나 손상의 진전 방지를 위한 재도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 재료분리의 경우 시공초기 다짐부족, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

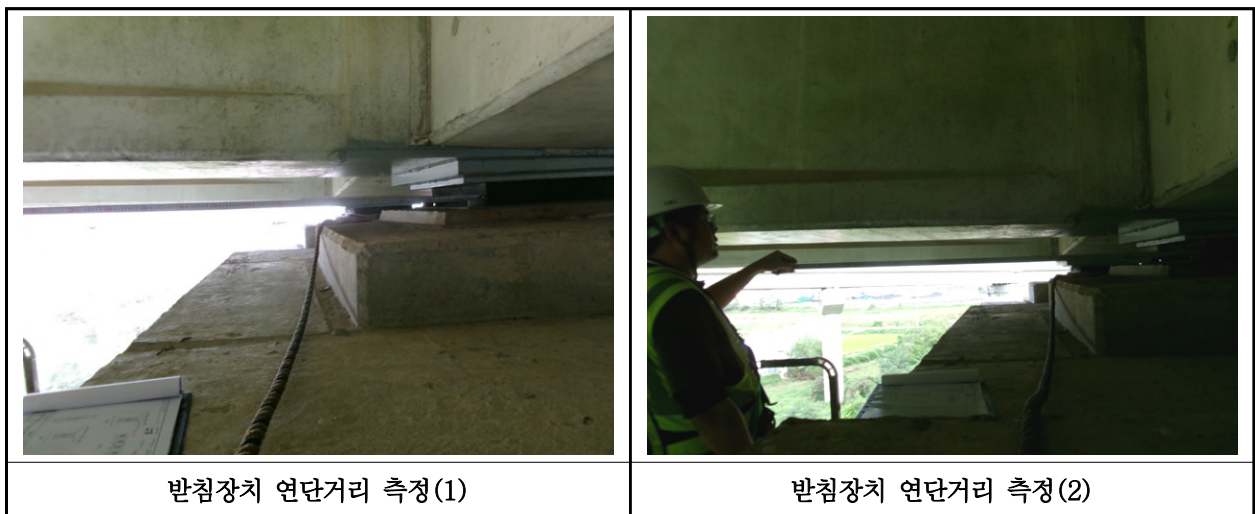
5) 연단거리 검토

- 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.



- 거더의 경간길이 100m 이하
: $S(\text{mm}) = 200 + 5L$
 - 거더의 경간길이 100m 이상
: $S(\text{mm}) = 300 + 4L$
- 여기서, L은 경간길이(m)

【그림 12.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 12.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

－ 거더 경간길이(L=40.0m) : $200+5 \times 40 = 400(\text{mm})$

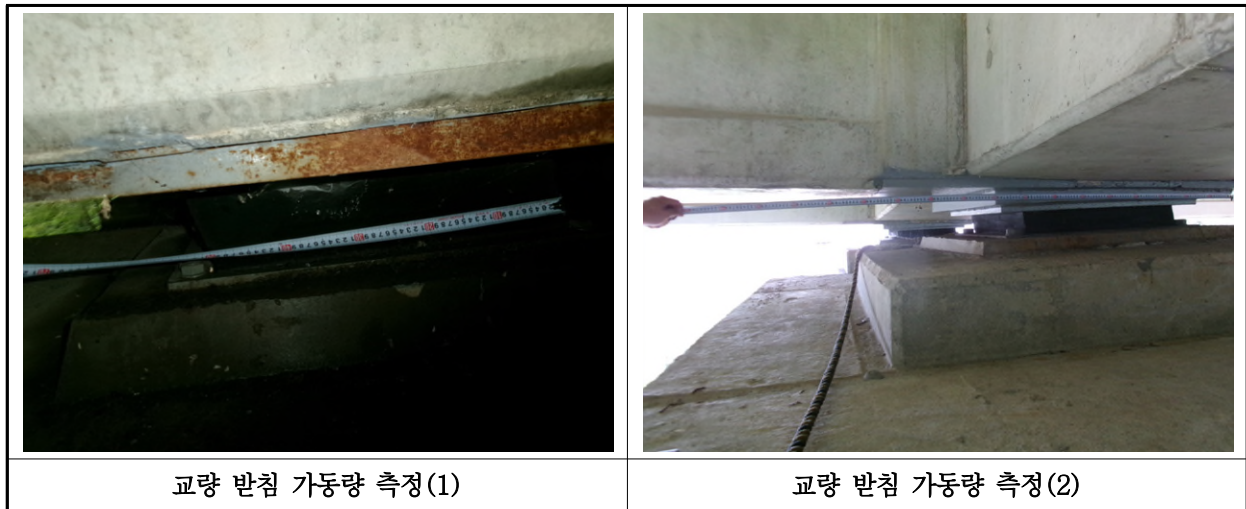
【표 12.3.13】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		400	595	595	595	615	O.K
P1		400	1030	995	1020	1020	O.K
P2		400	1040	1040	1040	1030	O.K
P3	A1측	400	645	645	645	645	O.K
	A2측	400	645	665	650	665	O.K
P4		400	970	995	990	1000	O.K
A2		400	510	525	560	550	O.K

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토



【사진 12.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 12.3.14】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	31.8	8.2	0.00001	60.0	19.1	4.9	
P1	31.8	8.2	0.00001	20.0	6.4	1.6	
P2	31.8	8.2	0.00001	20.0	6.4	1.6	
P3(A1)	31.8	8.2	0.00001	60.0	19.1	4.9	
P3(A2)	31.8	8.2	0.00001	40.0	12.7	3.3	
P4	고정단						
A2	31.8	8.2	0.00001	40.0	12.7	3.3	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2023년 9월 4일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : −5℃ ~ 35℃(보통지방)							

【표 12.3.15】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	30	130	70	19.1	4.9	±100
	SH2	30	130	70			±100
	SH3	30	130	70			±100
	SH4	30	130	70			±100
	SH5	30	130	70			±100
P1	SH1	0	100	100	6.4	1.6	±100
	SH2	0	100	100			±100
	SH3	0	100	100			±100
	SH4	0	100	100			±100
	SH5	0	100	100			±100
P2	SH1	0	100	100	6.4	1.6	±100
	SH2	0	100	100			±100
	SH3	0	100	100			±100
	SH4	0	100	100			±100
	SH5	0	100	100			±100
P3(A1)	SH1	0	150	150	19.1	4.9	±150
	SH2	0	150	150			±150
	SH3	0	150	150			±150
	SH4	0	150	150			±150
	SH5	0	150	150			±150
P3(A2)	SH6	0	150	150	12.7	3.3	±150
	SH7	0	150	150			±150
	SH8	0	150	150			±150
	SH9	0	150	150			±150
	SH10	0	150	150			±150
P4	고정단						
A2	SH1	20	120	80	12.7	3.3	±100
	SH2	20	120	80			±100
	SH3	20	120	80			±100
	SH4	20	120	80			±100
	SH5	20	120	80			±100
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K							

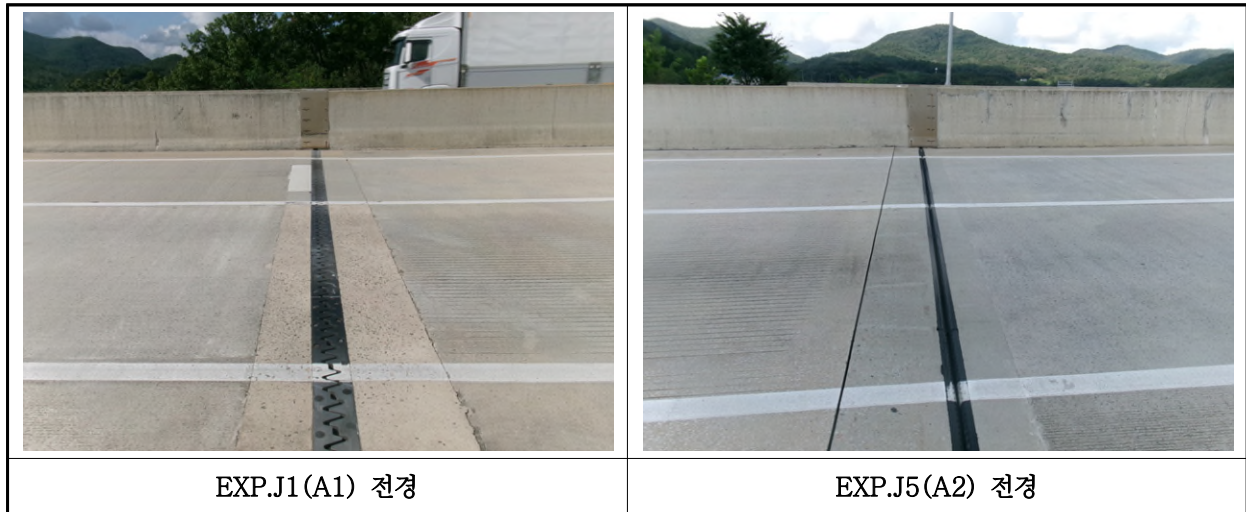
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3에 팽거 조인트, A2 모노셀 조인트로 시공된 상태이다. 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.



【사진 12.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 고무재 파손이 조사되었다.

【표 12.3.16】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		고무재 파손 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	1.00	2	—	—
P3 (EXP J2)	—	—	—	—
A2 (EXP J3)	0.90	3	6.00	1
합계	1.90	5	6.00	1

			
손상현황	• A1 후타재 균열(0.1mm/0.5m ×2EA)	손상현황	• A2 후타재 균열(0.1mm/0.3m ×3EA)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량윤하중
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 본체 고무재 파손(6.0m)	손상현황	• A2 후타재 파손 보수 실시
원 인	• 장기공용, 차량윤하중 등	원 인	• -
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• -

【사진 12.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 후타재 박락에 대한 보수가 실시되었으며, 후타재 균열이 확인되었고, 금회 본체 고무재 파손이 신규 조사되었다.

【표 12.3.17】 신축이음 기 점검 결과 비교

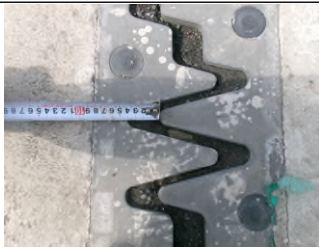
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열	m	1.90	5	1.90	5	- -	변동없음
	후타재 박락	m²	0.10	1	-	-	▼ 0.10	보수 실시
	고무재 파손	m	-	-	6.00	1	▲ 6.00	신규 손상

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우 건조수축 및 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 신축이음장치의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 본체 고무재 파손은 차량의 운하중, 장기공용 등에 의한 것으로 판단되며, 보수보다는 진전 여부에 대한 주의관찰을 실시하고 진전시 신축이음 재설치 등과 같은 보수대책 수립이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)				
소요 신축량	- 소요 가동량 산정 조사일 : 2023. 9. 18. 기온 적용: 25.1℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-25.1℃ = 9.9℃ ΔT(수축시) : -5.0℃-(25.1℃) = 30.1℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)				
	교량형식	보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	
	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}
	RC, PSC교	-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	

【사진 12.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 12.3.18】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.1	9.9	0.00001	60.0	18.1	5.9	27.0	100.0	220.0	
P3	30.1	9.9	0.00001	100.0	30.1	9.9	40.0	75.0	260.0	
A2	30.1	9.9	0.00001	40.0	12.0	4.0	20.0	35.0	110.0	
1) 조사당시 온도 : 25.1°C(조사일 : 2021년 9월 18일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -5°C ~ 35°C(보통지방)										

【표 12.3.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분	계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
	최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	18.1	5.9	27.0	60.0	45.1	21.1	O.K
P3	30.1	9.9	40.0	90.0	70.1	30.1	O.K
A2	12.0	4.0	20.0	60.0	32.0	16.0	O.K
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 검토온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 내리교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 콘크리트 포장으로 되어있다.



교면포장 전경

교면포장 전경

【사진 12.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장 박리, 후타재 접속부 이격이 조사되었다.

【표 12.3.20】 교면포장 외관조사 결과

구분	포장 박리 (㎡/개소)		후타재 접속부 이격 (m/개소)	
S1	—	—	—	—
S2	—	—	—	—
S3	0.03	1	—	—
S4	—	—	—	—
S5	—	—	9.00	1
합계	0.03	1	9.00	1

			
손상현황	• S3 포장 박리(0.1m×0.3m)	손상현황	• S5 후타재 접속부 이격(9.0m)
원 인	• 공용기간 증가, 차량윤하중	원 인	• 공용기간 증가, 접속부 침하
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰

【사진 12.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교면포장은 기 손상이 없는 양호한 상태이며, 금회 신규 손상도 확인되지 않았다.

【표 12.3.21】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장 박리	m ²	0.03	1	0.03	1	— —	변동없음
	후타재 접속부 이격	m	9.00	1	9.00	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 포장 박리의 경우 공용기간 증가, 차량 윤하중 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보 차원에서 단면보수 등과 같은 보수를 실시하는 것이 요구된다.
- 후타재 접속부 이격의 경우 공용기간 증가, 접속부 침하 등에 의한 손상으로 추정되며, 현재 손상 정도가 경미하며 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 수준은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 12.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 12.3.22】 배수시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 배수관 상태양호	손상현황	• A2 배수로 보수 실시
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 12.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 배수로 파손에 대한 보수가 실시되었으며, 배수시설은 양호한 상태로 확인되었다.

【표 12.3.23】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수로 파손	m ²	0.40	1	-	-	▼ 0.40	보수 실시

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비 를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



【사진 12.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 백태, 접속부 이격, 단차 등의 손상이 조사되었다.

【표 12.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)		접속부 이격, 단차 (m/개소)	
S1	—	—	—	—	1.50	1
S2	—	—	—	—	—	—
S3	3.00	1	1.40	4	—	—
S4	30.50	13	0.10	1	—	—
S5	15.00	10	—	—	1.50	1
합계	48.50	24	1.50	5	3.00	2

			
손상현황	• S1 방호벽 접속부 이격(1.5m)	손상현황	• S3 방호벽 백태(1.0m×0.5m)
원 인	• 공용기간 증가, 접속부 침하	원 인	• 수분접촉, 장기공용
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S3 방호벽 백태(1.0m×0.2m)	손상현황	• S4 방호벽 균열(0.2mm/4.0m)
원 인	• 수분접촉, 장기공용	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S4 중앙분리대 균열(0.2mm/1.5m)	손상현황	• S5 방호벽 접속부 단차(1.5m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 공용기간 증가, 접속부 침하
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 주의관찰

【사진 12.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 균열(0.3mm미만), 백태, 접속부 이격, 단차가 확인되었으며, 균열, 백태가 일부 신규 조사되었다.

【표 12.3.25】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	10.50	7	48.50	24	▲ 38.0	신규손상
	백태	m ²	0.40	3	1.50	5	▲ 1.10	신규손상
	접속부 이격, 단차	m	3.00	2	3.00	2	— —	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만), 백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.
- 접속부 이격, 단차의 경우 공용기간 증가, 접속부 침하 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대하여 주의관찰을 실시하고, 접속부 침하에 대하여 수렴시 단면보수, 실링재 충전 등과 같은 보수대책 수립이 요구된다.

카. 교량 점검시설

- 내리교의 교량 점검시설은 미설치인 상태로 확인되었다.

타. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 방호벽”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 - 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

4) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12.3.3 영천방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 내리교는 총 5경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=220.0m 폭 28.7m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다..
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 고소점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경

바닥판 하면 전경

【사진 12.3.25】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 파손 및 철근노출이 조사되었다.

【표 12.3.26】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 및 철근노출 (㎡/개소)	
S1	1.00	1
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
합계	1.00	1

			
손상현황	• S1 파손 및 철근노출(0.5m×2.0m)	손상현황	• S1 파손 및 철근노출(0.5m×2.0m)
원 인	• 시공미흡, 다짐미흡 등	원 인	• 시공미흡, 다짐미흡 등
조치방안	• 단면보수(방청)	조치방안	• 단면보수(방청)
			
손상현황	• S1 파손 및 철근노출(0.5m×2.0m)	손상현황	• S4 상태양호
원 인	• 시공미흡, 다짐미흡 등	원 인	• -
조치방안	• 단면보수(방청)	조치방안	• -

【사진 12.3.26】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판하면의 기 손상 및 신규 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 12.3.27】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	파손 및 철근노출	m ²	-	-	1.00	1	▲ 1.00	신규손상

4) 검토의견

- 바닥판하면의 파손 및 철근노출은 시공미흡, 다짐미흡, 신축부 누수로 인한 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수(방청)을 실시하는 것이 요구된다.

나. PCI Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 PCI 는 5열로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 고소점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 12.3.27】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 일부 구간에 백태, 균열부백태가 발생하였다.

【표 12.3.28】 거더 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	—	—	3.00	20
S2	—	—	3.00	20
S3	—	—	3.00	20
S4	0.20	2	3.00	20
S5	—	—	—	—
합계	0.20	2	12.00	80

			
손상현황	• S1-G5 균열부백태(0.1m×1.5m)	손상현황	• S4-G2 백태(0.1m×0.5m)
원 인	• 우수유입, 수분침투 등	원 인	• 우수유입, 수분침투 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 12.3.28】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더는 기 손상인 백태, 균열부백태가 확인되었고, 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 12.3.29】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	백태	m ²	0.20	2	0.20	2	— —	변동없음
	균열부 백태	m ²	12.00	80	12.00	80	— —	변동없음

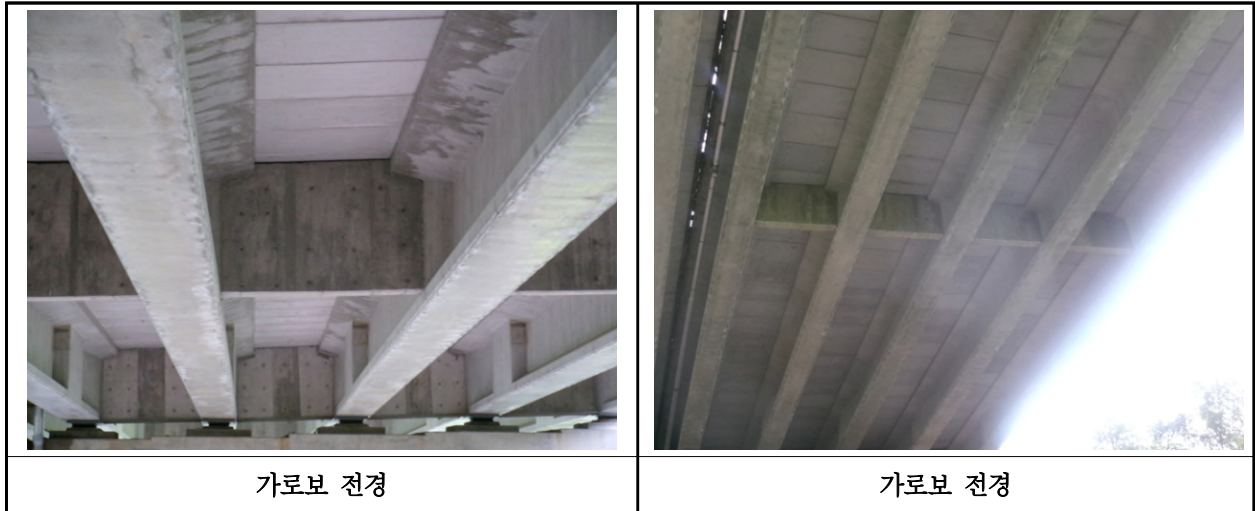
4) 검토의견

- 거더에 발생한 균열부백태, 백태는 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 현재 손상의 진전은 없는 상태로 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 12.3.29】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 12.3.30】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 상태양호	손상현황	• S5 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 12.3.30】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 가로보는 기 손상이 없는 상태로 확인되었고, 신규 손상은 조사되지 않았다.

【표 12.3.31】 가로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 가로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 내리교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 직접기초, 말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 12.3.31】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만, 이상), 백태 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 12.3.32】 교대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		백태 (㎡/개소)	
A1	18.00	4	—	—	0.30	2
A2	10.00	10	2.50	1	—	—
합계	28.00	14	2.50	1	0.30	2

			
손상현황	• A1 균열(0.2mm/5.0m)	손상현황	• A1 백태(0.3m×0.5m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 우수유입, 수분침투 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A1 균열(0.4mm/4.0m)	손상현황	• A2 균열(0.3mm/2.5m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 주입보수	조치방안	• 주입보수

【사진 12.3.32】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 균열(0.3mm미만), 백태가 확인되었으며, 금회 균열(0.3mm이상)이 1개소 추가 조사되었다.

【표 12.3.33】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	20.00	12	20.00	12	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	8.00	2	10.50	3	▲ 2.50	신규손상
	백태	m ²	0.30	2	0.30	2	— —	변동없음

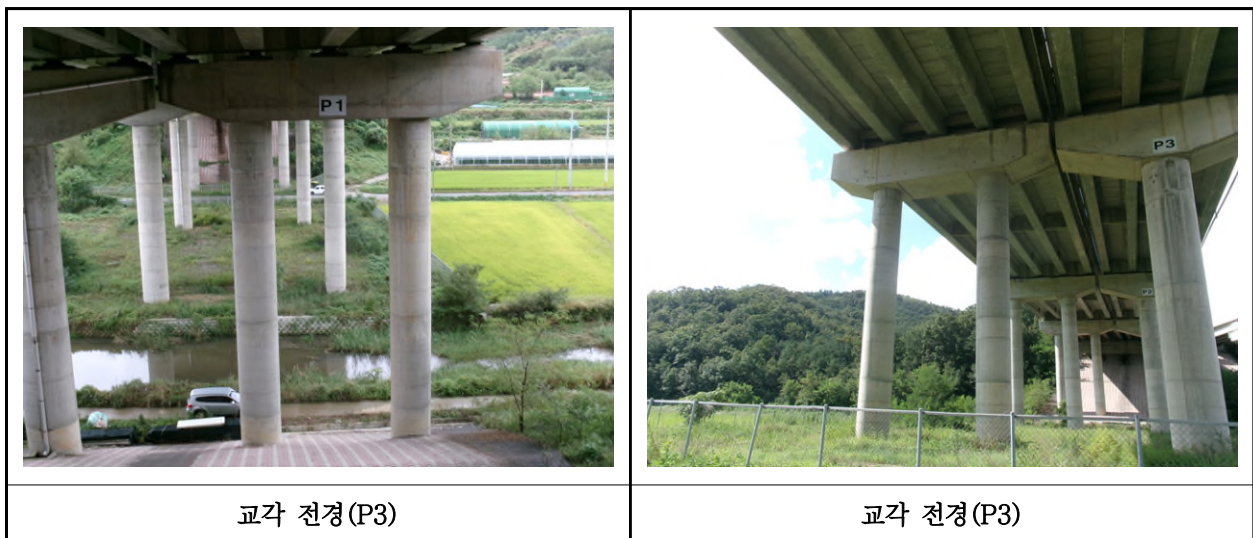
4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만), 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 내리교의 교각은 T형, π 형 교각 4기로 구성되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 도보조사, 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



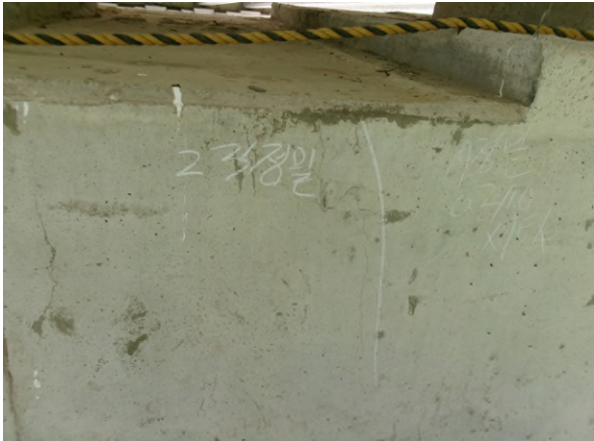
【사진 12.3.33】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 폐자재 적치가 조사되었다.

【표 12.3.34】 교각 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		폐자재 적치 (개소/개소)	
P1	—	—	—	—
P2	—	—	—	—
P3	—	—	1.00	1
P4	9.00	9	—	—
합계	9.00	9	1.00	1

			
손상현황	• P3 폐자재 적치 1EA	손상현황	• P4 균열(0.2mm/1.0m ×9EA)
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 표면처리

【사진 12.3.34】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 균열(0.3mm미만)이 확인되었고, 금회 폐자재 적치가 신규 조사되었다.

【표 12.3.35】 교각 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	9.00	9	9.00	9	— —	변동없음
	폐자재 적치	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상

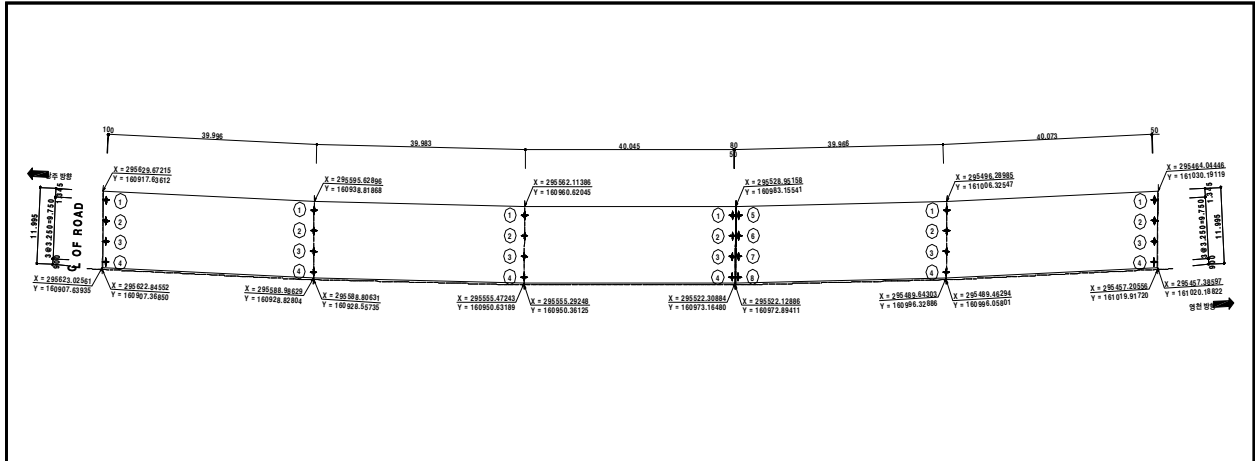
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상으로 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐자재 적치의 경우 시공 후 마무리 미흡에 의한 손상으로 제거 등의 정비를 요한다.

바. 교량반침

1) 부재의 개요

- 내리교의 반침은 면진반침으로 총 28개소가 설치되어 있으며, 반침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 12.3.3】 교량반침 배치도



【사진 12.3.35】 교량반침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 플레이트 부식이 조사되었다.

【표 12.3.36】 교량반침 외관조사 결과

구분	플레이트 부식 (개소/개소)	
A1	5.00	5
P1	—	—
P2	—	—
P3	6.00	6
P4	—	—
A2	5.00	5
합계	16.00	16

			
손상현황	• A1-Sh3 플레이트 부식	손상현황	• P2-Sh4 플레이트 부식
원 인	• 장기공용, 습기흡착	원 인	• 장기공용, 습기흡착
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장
			
손상현황	• P3-Sh1,6 플레이트 부식	손상현황	• P3-Sh3,8 플레이트 부식
원 인	• 장기공용, 습기흡착	원 인	• 장기공용, 습기흡착
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장

【사진 12.3.36】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 플레이트 부식이 확인되었고, 금회 플레이트 부식이 추가 조사되었다.

【표 12.3.37】 교량받침 기 점검 결과 비교

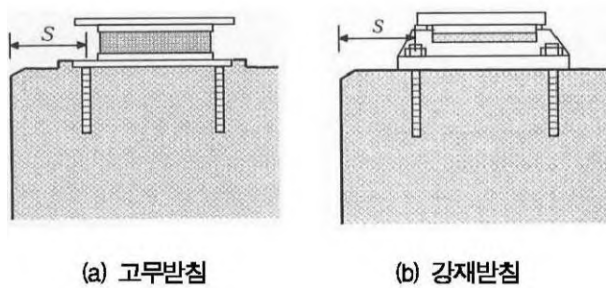
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	플레이트 부식	EA	5.00	5	16.00	16	▲ 11.0	신규손상

4) 검토의견

- 받침본체에서 조사된 플레이트 부식은 신축이음 및 외부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 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.



- 거더의 경간길이 100m 이하
: $S(\text{mm}) = 200 + 5L$
- 거더의 경간길이 100m 이상
: $S(\text{mm}) = 300 + 4L$
여기서, L은 경간길이(m)

【그림 12.3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 12.3.37】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

－ 거더 경간길이(L=40.0m) : $200+5 \times 40 = 400(\text{mm})$

【표 12.3.38】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		400	525	545	545	535	550
P1		400	970	995	1,000	1,000	990
P2		400	940	940	940	950	970
P3	A1측	400	515	535	525	545	540
	A2측	400	525	525	540	545	520
P4		400	970	985	980	990	980
A2		400	510	515	530	540	520

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토



【사진 12.3.38】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 12.3.39】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	31.8	8.2	0.00001	60.0	19.1	4.9	
P1	31.8	8.2	0.00001	20.0	6.4	1.6	
P2	31.8	8.2	0.00001	20.0	6.4	1.6	
P3(A1)	31.8	8.2	0.00001	60.0	19.1	4.9	
P3(A2)	31.8	8.2	0.00001	40.0	12.7	3.3	
P4	고정단						
A2	31.8	8.2	0.00001	40.0	12.7	3.3	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2023년 9월 4일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : −5℃ ~ 35℃(보통지방)							

【표 12.3.40】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	-20	80	120	19.1	4.9	±100
	SH2	-20	80	120			±100
	SH3	-20	80	120			±100
	SH4	-20	80	120			±100
	SH5	-20	80	120			±100
P1	SH1	0	100	100	6.4	1.6	±100
	SH2	0	100	100			±100
	SH3	0	100	100			±100
	SH4	0	100	100			±100
	SH5	0	100	100			±100
P2	SH1	0	100	100	6.4	1.6	±100
	SH2	0	100	100			±100
	SH3	0	100	100			±100
	SH4	0	100	100			±100
	SH5	0	100	100			±100
P3(A1)	SH1	0	150	150	19.1	4.9	±150
	SH2	0	150	150			±150
	SH3	0	150	150			±150
	SH4	0	150	150			±150
	SH5	0	150	150			±150
P3(A2)	SH6	0	150	150	12.7	3.3	±150
	SH7	0	150	150			±150
	SH8	0	150	150			±150
	SH9	0	150	150			±150
	SH10	0	150	150			±150
P4	고정단						
A2	SH1	20	120	80	12.7	3.3	±100
	SH2	20	120	80			±100
	SH3	20	120	80			±100
	SH4	20	120	80			±100
	SH5	20	120	80			±100
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K							

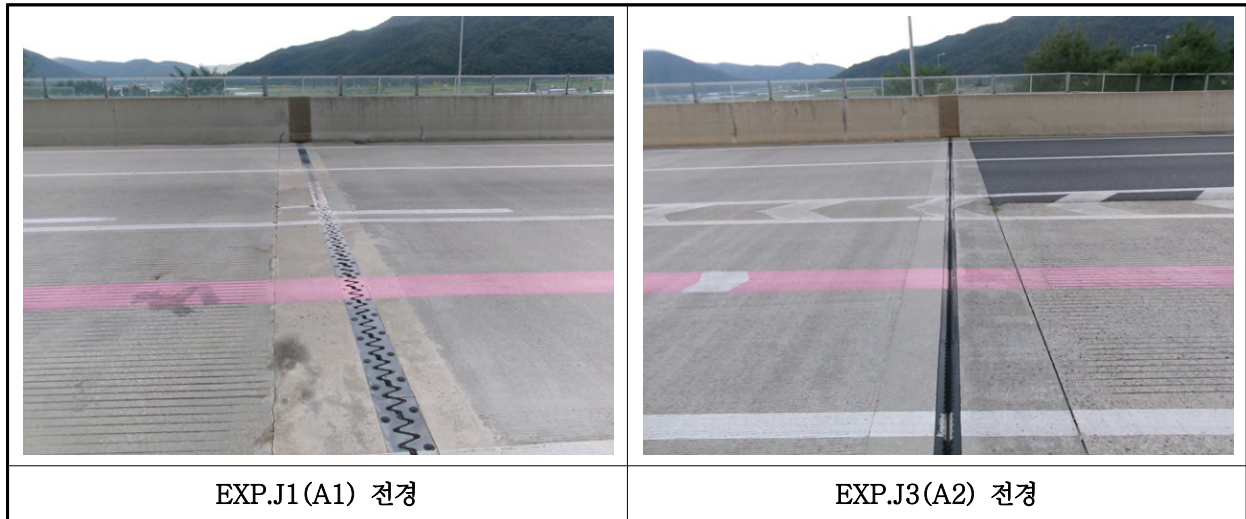
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3에 팽거 조인트, A2 모노셀 조인트로 시공된 상태이다. 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.



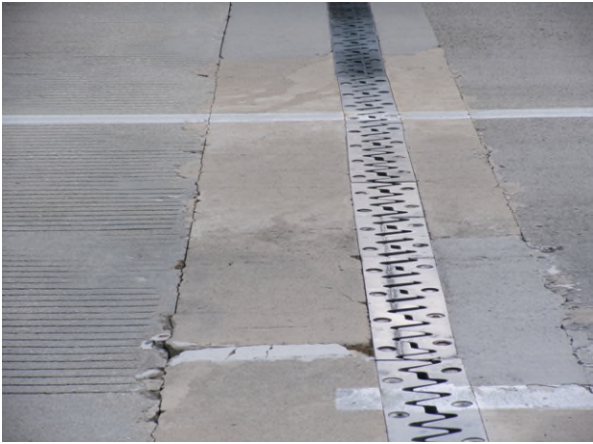
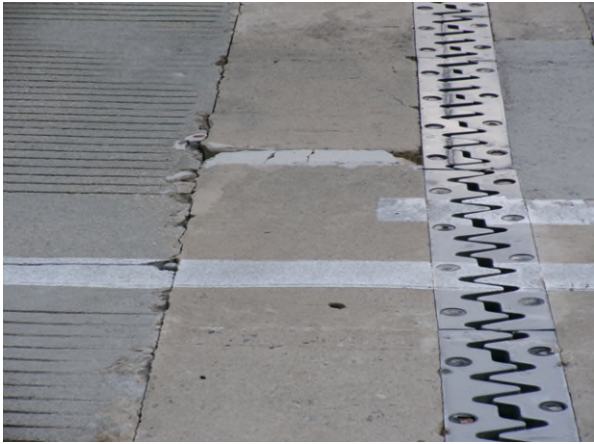
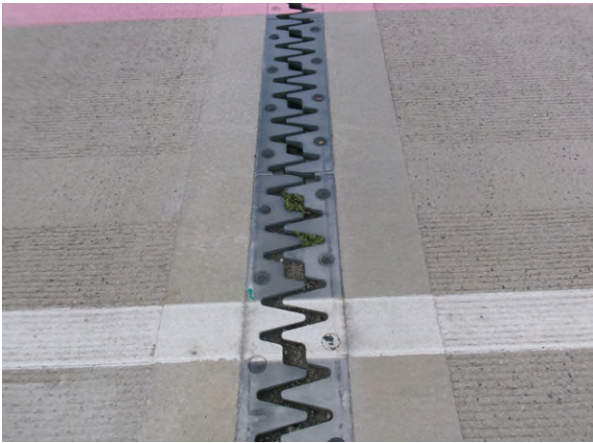
【사진 12.3.39】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 망상균열, 박리, 파손, 고무재 파손, 흡음재 탈락이 조사되었다.

【표 12.3.41】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 망상균열 (m²/개소)		후타재 박리, 파손 (m²/개소)		고무재 파손 (m/개소)		흡음재 탈락 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	5.00	10	3.00	3	0.20	2	—	—	—	—
P3 (EXP J2)	4.50	15	—	—	—	—	—	—	1.00	1
A2 (EXP J3)	3.00	6	—	—	0.09	1	7.00	1	—	—
합계	12.50	31	3.00	3	0.29	3	7.00	1	1.00	1

			
손상현황	• A1 후타재 망상균열(0.5m×3.0m)	손상현황	• A1 후타재 파손(0.5m×0.2m)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 장기공용, 차량윤하중
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P3 후타재 균열(0.2mm/0.3m×6EA)	손상현황	• A2 고무재 파손(7.0m)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 장기공용, 차량윤하중
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 주의관찰

【사진 12.3.40】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 후타재 균열(0.3mm미만), 후타재 박리가 확인되었고, 금회 후타재 균열, 망상균열, 파손, 본체 고무재 파손, 흡음재 탈락이 조사되었다.

【표 12.3.42】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열	m	7.50	21	12.50	31	▲ 5.00	신규손상
	후타재 망상균열	m ²	—	—	3.00	3	▲ 3.00	신규손상
	후타재 박리, 파손	m ²	0.09	1	0.29	3	▲ 0.20	신규손상
	고무재 파손	m	—	—	7.00	1	▲ 7.00	신규손상
	흡음재 탈락	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 망상균열은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리를 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량 통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재 파손, 박리는 차량 통행하중 및 충격 등에 의한 국부적인 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 본체 고무재 파손의 경우 강우시 우수유입으로 인한 2차손상이 발생할 우려가 있으므로 손상에 대하여 주의관찰을 실시하고, 진전시 신축이음 재설치 등과 같은 보수대책 수립이 요구된다. 하부 흡음재 탈락에 대해서는 주의관찰이 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고	
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta L_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, ΔL_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)					
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2023. 9. 18. 기온 적용: 25.1℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-25.1℃ = 9.9℃ ΔT(수축시) : -5.0℃-(25.1℃) = 30.1℃ ΔL_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선평창계수 α (/℃)	
	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	
	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	

【사진 12.3.41】 신축이음 유간 측정방법

【표 12.3.43】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.1	9.9	0.00001	60.0	18.1	5.9	34.0	100.0	220.0	
P3	30.1	9.9	0.00001	100.0	30.1	9.9	59.0	90.0	245.0	
A2	30.1	9.9	0.00001	40.0	12.0	4.0	24.0	35.0	132.0	
1) 조사당시 온도 : 25.1°C(조사일 : 2021년 9월 18일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -5°C ~ 35°C(보통지방)										

【표 12.3.44】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분	계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
	최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	18.1	5.9	34.0	60.0	52.1	28.1	O.K
P3	30.1	9.9	59.0	90.0	89.1	49.1	O.K
A2	12.0	4.0	24.0	60.0	36.0	20.0	O.K
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 검토온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 내리교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 콘크리트 포장으로 되어있다.



【사진 12.3.42】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 포장면은 손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 12.3.45】 교면포장 외관조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	60.00	1
합계	60.00	1

			
손상현황	• S5 망상균열(20.0m×3.0m)	손상현황	• 상대양호
원 인	• 장기공용, 차량윤하중	원 인	—
조치방안	• 표면처리	조치방안	—

【사진 12.3.43】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 망상균열이 확인되었으며, 금회 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 12.3.46】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	망상균열	m ²	60.0	1	60.0	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 망상균열의 경우 건조수축, 공용기간 증가, 차량 윤하중 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보 차원에서 표면처리 등과 같은 보수를 실시하는 것이 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요



【사진 12.3.44】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태이다.

【표 12.3.47】 배수시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 배수구 상태양호	손상현황	• 배수관 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 12.3.45】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 배수시설은 기 손상이 없는 양호한 상태이며, 금회 신규 손상도 확인되지 않았다.

【표 12.3.48】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



【사진 12.3.46】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열부백태가 확인되었다.

【표 12.3.49】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열부백태 (m ² /개소)	
S1	—	—
S2	0.10	1
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
합계	0.10	1

			
손상현황	• S2 균열부백태(0.1m×1.0m)	손상현황	• S2 균열부백태(0.1m×1.0m)
원 인	• 우수유입, 수분침투 등	원 인	• 우수유입, 수분침투 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 12.3.47】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 균열부백태가 확인되었으며, 금회 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 12.3.50】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열부백태	m ²	0.10	1	0.10	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 균열부 우수유입 손상으로 내구성 확보를 위한 표면보수를 실시하는 것이 요구된다.

카. 교량 점검시설

- 내리교의 교량 점검시설은 미설치인 상태로 확인되었다.

타. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 방호벽”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 - 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

4) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12.3.4 외관조사 총괄표

【표 12.3.51】 상주방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	상태양호	—	—	—	
거더	백태	m ²	0.20	4	
	균열부 백태	m ²	12.00	80	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	7.00	4	
	균열(0.3mm이상)	m	5.00	1	
	법면 표층유실	m ²	10.00	1	
	실란트 파손	m	4.00	1	
교각	균열(0.3mm미만)	m	3.50	7	
	폐자재 적치	EA	1.00	1	
교량받침	플레이트 부식	EA	6.00	6	
	받침콘크리트 재료분리	m ²	1.00	2	
신축이음	후타재 균열	m	1.90	5	
	고무재 파손	m	6.00	1	
교면포장	포장 박리	m ²	0.03	1	
	후타재 접속부 이격	m	9.00	1	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	48.50	24	
	백태	m ²	1.50	5	
	접속부 이격, 단차	m	3.00	2	

【표 12.3.52】 영천방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	파손 및 철근노출	m ²	1.00	1	
거더	백태	m ²	0.20	2	
	균열부 백태	m ²	12.00	80	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	20.00	12	
	균열(0.3mm이상)	m	10.50	3	
	백태	m ²	0.30	2	
교각	균열(0.3mm미만)	m	9.00	9	
	폐자재 적치	EA	1.00	1	
교량받침	플레이트 부식	EA	16.00	16	
신축이음	후타재 균열	m	12.50	31	
	후타재 망상균열	m ²	3.00	3	
	후타재 박리, 파손	m ²	0.29	3	
	고무재 파손	m	7.00	1	
	흡음재 탈락	EA	1.00	1	
교면포장	망상균열	m ²	60.0	1	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	균열부백태	m ²	0.10	1	

12.3.5 전회차 손상물량 비교

【표 12.3.53】 상주방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
거더	백태	m ²	0.15	3	0.20	4	▲ 0.05	신규손상
	균열부 백태	m ²	12.00	80	12.00	80	—	변동없음
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
교대	균열(0.3mm미만)	m	7.00	4	7.00	4	—	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	5.00	1	5.00	1	—	변동없음
	법면 표층유실	m ²	10.00	1	10.00	1	—	변동없음
	실란트 파손	m	4.00	1	4.00	1	—	변동없음
교각	균열(0.3mm미만)	m	3.50	7	3.50	7	—	변동없음
	폐자재 적치	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
교량받침	플레이트 부식	EA	4.00	4	6.00	6	▲ 2.00	신규손상
	받침콘크리트 재료분리	m ²	—	—	1.00	2	▲ 1.00	신규손상
신축이음	후타재 균열	m	1.90	5	1.90	5	—	변동없음
	후타재 박락	m ²	0.10	1	—	—	▼ 0.10	보수실시
	고무재 파손	m	—	—	6.00	1	▲ 6.00	신규손상
교면포장	포장 박리	m ²	0.03	1	0.03	1	—	변동없음
	후타재 접속부 이격	m	9.00	1	9.00	1	—	변동없음
배수시설	배수로 파손	m ²	0.40	1	—	—	▼ 0.40	보수실시
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	10.50	7	48.50	24	▲ 38.00	신규손상
	백태	m ²	0.40	3	1.50	5	▲ 1.10	신규손상
	접속부 이격, 단차	m	3.00	2	3.00	2	—	변동없음

【표 12.3.54】 영천방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	파손 및 철근노출	m ²	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
거더	백태	m ²	0.20	2	0.20	2	—	변동없음
	균열부 백태	m ²	12.00	80	12.00	80	—	변동없음
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
교대	균열(0.3mm미만)	m	20.00	12	20.00	12	—	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	8.00	2	10.50	3	▲ 2.50	신규손상
	백태	m ²	0.30	2	0.30	2	—	변동없음
교각	균열(0.3mm미만)	m	9.00	9	9.00	9	—	변동없음
	폐자재 적치	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
교량받침	플레이트 부식	EA	5.00	5	16.00	16	▲ 11.00	신규손상
신축이음	후타재 균열	m	7.50	21	12.50	31	▲ 5.00	신규손상
	후타재 망상균열	m ²	—	—	3.00	3	▲ 3.00	신규손상
	후타재 박리, 파손	m ²	0.09	1	0.29	3	▲ 0.20	신규손상
	고무재 파손	m	—	—	7.00	1	▲ 7.00	신규손상
	흡음재 탈락	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
교면포장	망상균열	m ²	60.0	1	60.0	1	—	변동없음
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
방호벽	균열부백태	m ²	0.10	1	0.10	1	—	변동없음

12.4 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.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

12.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정, 염화물침투량 시험 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 12.4.1】 상주방향 콘크리트 비파괴시험 현황

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

【표 12.4.2】 영천방향 콘크리트 비파괴시험 현황

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

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

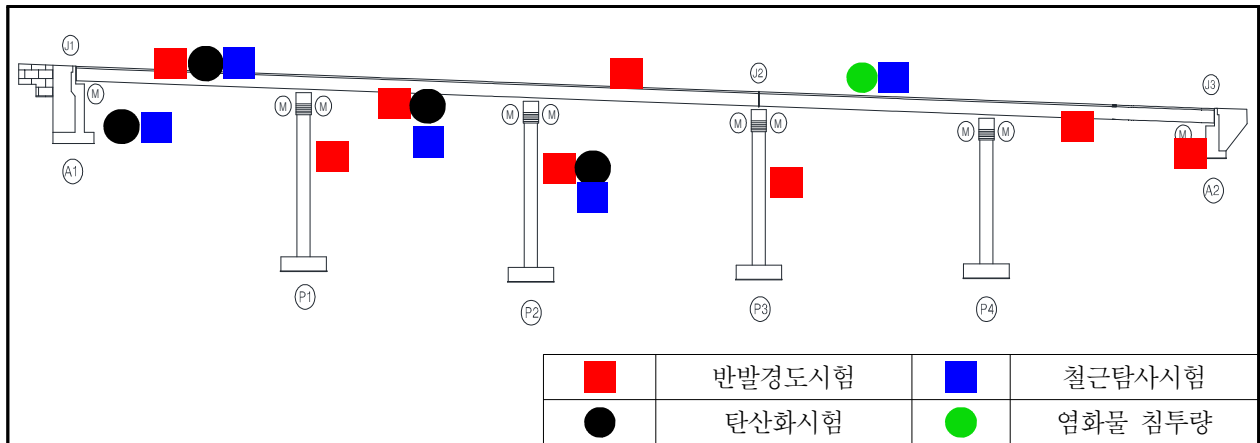
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 굴절차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량의 비파괴 선정 위치는 외관조사망도를 참고하여 건전부와 비건전부를 선정 후 비파괴시험을 실시하였고, 기존에 실시한 부위의 경우 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

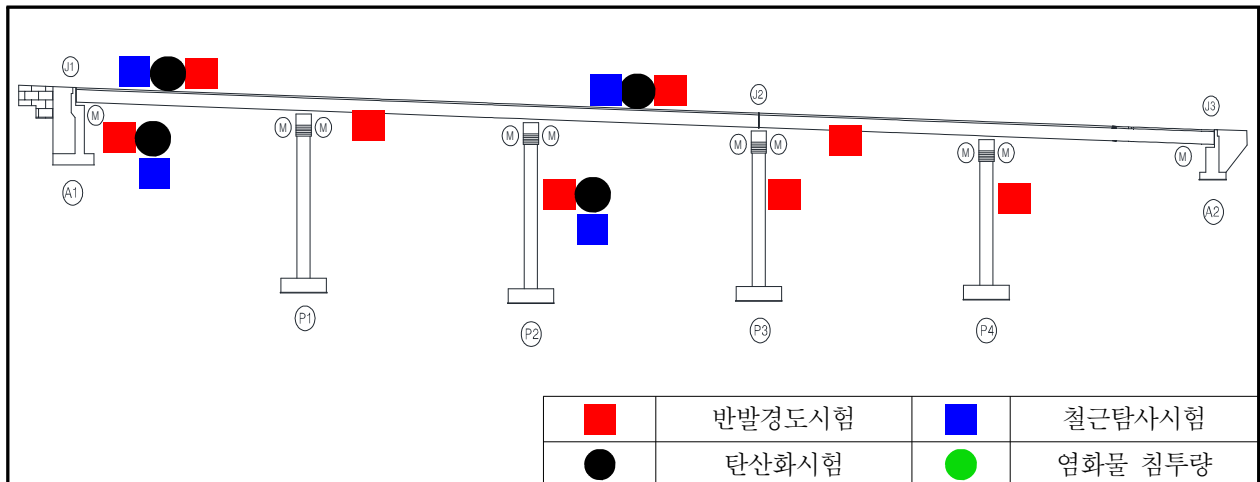
	
반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황
	
철근탐사시험	염화물침투량 시험

【사진 12.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 12.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(상주방향)



【그림 12.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(영천방향)

12.4.2 시험결과 및 분석

가. 상주방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발강도시험(총 10개소)을 실시하였으며, 검토결과를 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 12.4.3】 상부구조(바닥판, 가로보) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	47.9	27.5	28.2	0.64	27.0	
	S3 바닥판하면	47.7	27.4	28.1			
	S1 가로보	47.7	27.4	28.1			

【표 12.4.4】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S2-G2 거더	50.0	41.4	48.9	0.64	40.0	
	S5-G3 거더	49.6	41.0	48.3			

【표 12.4.5】 하부구조(교대) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A2 교대	46.5	26.4	27.6	0.64	24.0	

【표 12.4.6】 하부구조(교각) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.8	28.2	28.6	0.64	27.0	
	P1 교각(비건전)	48.3	27.8	28.4			
	P2 교각	48.1	27.7	28.3			
	P3 교각	48.6	28.1	28.5			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.4~28.2MPa, 상부구조(거더) 41.0~48.9MPa, 하부구조(교대) 26.4~27.6MPa, 하부구조(교각) 27.7~28.6MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면, 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 12.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면, 가로보	27.4 ~ 28.2	27.0	101.5 ~ 104.4
	거더	41.0 ~ 48.9	40.0	102.5 ~ 122.2
하부구조	교대	26.4 ~ 27.6	24.0	110.0 ~ 115.0
	교각	27.7 ~ 28.6	27.0	102.6 ~ 105.9

② 기 점검결과와의 비교

【표 12.4.8】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판가로보	27.5 ~ 28.5	27.4 ~ 28.2	27.0
	거더	40.3 ~ 47.7	41.0 ~ 48.9	40.0
	교대	25.5 ~ 27.3	26.4 ~ 27.6	24.0
	교각	27.4 ~ 28.6	27.7 ~ 28.6	27.0
검토의견		■ 기준 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 12.4.9】 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	S1 바닥판하면	4.0	68.0	64.0	a	1.63	100년이상	
	S2 바닥판하면	5.0	68.0	63.0	a	2.04	100년이상	
하부구조	A1 교대	7.0	91.0	84.0	a	2.86	100년이상	
	P2 교각	5.0	65.0	60.0	a	2.04	100년이상	

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0~5.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.0~7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 12.4.10】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	4.0~5.0	63.0~64.0	
하부구조	5.0~7.0	60.0~84.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 12.4.11】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	4.0~6.0	34.0~46.0	a	4.0~5.0	63.0~64.0	a	
하부구조	5.0~6.0	94.0~95.0	a	5.0~7.0	60.0~84.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

3) 철근탐사시험

철근탐사시험 측정결과는 부록의 측정, 시험, 계측 성과표 항목에 첨부하였다.

나. 영천방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발강도시험(총 10개소)을 실시하였으며, 검토결과를 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 12.4.12】 상부구조(바닥판, 가로보) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	47.6	27.3	28.1	0.64	27.0	
	S3 바닥판하면	47.5	27.2	28.0			
	S1 가로보	47.3	27.0	27.9			

【표 12.4.13】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S2-G1 거더	49.3	40.7	47.9	0.64	40.0	
	S4-G3 거더	49.7	41.1	48.5			

【표 12.4.14】 하부구조(교대) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	45.9	25.9	27.3	0.64	24.0	

【표 12.4.15】 하부구조(교각) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	P2 교각	48.5	28.0	28.5	0.64	27.0	
	P3 교각	47.5	27.2	28.0			
	P3 교각(비건전)	47.4	27.1	28.0			
	P4 교각	47.5	27.2	28.0			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.0~28.1MPa, 상부구조(거더) 40.7~48.5MPa, 하부구조(교대) 25.9~27.3MPa, 하부구조(교각) 27.1~28.5MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면, 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 12.4.16】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판하면, 가로보	27.0 ~ 28.1	27.0	100.0 ~ 104.1
	거더	40.7 ~ 48.5	40.0	101.8 ~ 121.2
하부구조	교대	25.9 ~ 27.3	24.0	107.9 ~ 113.8
	교각	27.1 ~ 28.5	27.0	100.4 ~ 105.6

② 기 점검결과와의 비교

【표 12.4.17】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판 가로보	27.2 ~ 28.4	27.0 ~ 28.1	27.0
	거더	41.5 ~ 50.3	40.7 ~ 48.5	40.0
	교대	25.4 ~ 27.2	25.9 ~ 27.3	24.0
	교각	28.1 ~ 29.3	27.1 ~ 28.5	27.0
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.		

2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 12.4.18】 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	S1 바닥판하면	4.0	84.0	80.0	a	1.63	100년이상	
	S3 바닥판하면	4.5	84.0	79.5	a	1.84	100년이상	
하부구조	A1 교대	7.0	98.0	91.0	a	2.86	100년이상	
	P2 교각	6.0	75.0	69.0	a	2.45	100년이상	

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 6.0~7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 12.4.19】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	4.0~4.5	79.5~80.0	
하부구조	6.0~7.0	69.0~91.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 12.4.20】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	4.0~5.0	35.0~46.0	a	4.0~4.5	79.5~80.0	a	
하부구조	5.0~7.0	93.0~95.0	a	6.0~7.0	69.0~91.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

3) 철근탐사시험

철근탐사시험 측정결과는 부록의 측정, 시험, 계측 성과표 항목에 첨부하였다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 12.4.21】 상주방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면 가로보	27.0 ~ 28.2	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.1 ~ 48.3	40.0	
	하부구조	교대	25.8 ~ 27.7	24.0	
		교각	27.1 ~ 28.9	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		63.0~64.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성 저하 없음
	하부구조		60.0~84.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 12.4.22】 영천방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면 가로보	27.0 ~ 28.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.7 ~ 48.5	40.0	
	하부구조	교대	25.9 ~ 27.3	24.0	
		교각	27.1 ~ 28.5	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		79.5~80.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		69.0~91.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

【표 12.4.23】 상주방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고		
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가				
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바탕판	27.5	~	28.5	27.0	~	28.2	■ 강도저하 없음
		거더	40.3	~	47.7	40.1	~	48.3	
	하부구조	교대	25.5	~	27.3	25.8	~	27.7	
		교각	27.4	~	28.6	27.1	~	28.9	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		34.0~46.0		a	63.0~64.0		a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		94.0~95.0		a	60.0~84.0		a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨								

【표 12.4.24】 영천방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고		
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가				
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바탕판	27.2	~	28.4	27.0	~	28.1	■ 강도저하 없음
		거더	41.5	~	50.3	40.7	~	48.5	
	하부구조	교대	25.4	~	27.2	25.9	~	27.3	
		교각	28.1	~	29.3	27.1	~	28.5	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		35.0~46.0		a	79.5~80.0		a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		93.0~95.0		a	69.0~91.0		a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨								

마. 염화물침투량 시험

염화물침투량 시험의 결과는 6절 내구성능평가 편에 수록하였다.

12.5 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(2022. 12.)』의 상태안전성능평가 기준에 따라 실시한다.

12.5.1 상태안전성능 평가

상태안전성능평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사방법을 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

가. 상주방향 상태안전성능평가 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 12.5.1】 상주방향 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
S1	A1	PCI	a	b	a	a	a	a	b	a	c	q
S2	P1	PCI	a	b	a	a	a	a	—	b	a	q
S3	P2	PCI	a	b	a	b	a	b	—	a	a	q
S4	P3	PCI	a	b	a	a	a	b	a	b	a	q
S5	P4	PCI	a	b	a	a	a	b	—	a	b	q
	A2								c	b	b	q
평균			0.100	0.200	0.100	0.120	0.100	0.160	0.233	0.150	0.183	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.015	0.050	0.004	0.005	0.003	0.003	0.016	0.023	0.046	—
											0.165	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.165) < 0.260$

나. 상주방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

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 결정하여야 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

최상의 상태로 “a” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 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 불쾌감을 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

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

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

【표 12.5.2】 영천방향 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
S1	A1	PCI	c	b	a	a	a	a	c	b	b	q
S2	P1	PCI	a	b	a	a	a	b	—	a	a	q
S3	P2	PCI	a	b	a	a	a	a	—	a	a	q
S4	P3	PCI	a	b	a	a	a	a	b	b	a	q
S5	P4	PCI	a	a	a	b	a	a	—	a	b	q
	A2								c	b	c	q
평균			0.160	0.180	0.100	0.120	0.100	0.120	0.333	0.150	0.183	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.045	0.004	0.005	0.003	0.002	0.023	0.023	0.046	—
											0.175	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.175) < 0.260$

라. 영천방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

최상의 상태로 “a” 등급으로 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

문제가 없는 상태로 “a” 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 불쾌감을 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

국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 “c” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 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

마. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 12.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
상주방향	0.165	B	200	2	400	0.500	0.082
영천방향	0.175	B	200	2	400	0.500	0.087
합계(Σ)			400	4	800	1.000	0.170
1. 평가지수 =							0.170
2. 상태평가결과 =							B

12.5.2 구조안전성능평가

금회 과업은 2종 성능평가로써 기 진단(구조해석)자료가 부재한 상태로 설계당시 준공도면, 구조계산서 등 기초자료를 검토하여 구조안전성능평가를 실시하였다.

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. 구조안전성능평가 결과산정

1) 바닥판 및 PSC e-Beam교

(1) 교량형식

- 1) 교량형식 : PSC e-Beam 교 - 포스텐션방식(Post-tensioning)
- 2) 교량길이 : 40 m + 40 m + 40 m = 120 m
- 3) 교량 폭 : 11.995 + 0.020 + 16.055 = 28.070m
- 4) 거더길이 : 39.950mm + 40.000mm + 39.950
- 5) 교량사각 : $\theta = 89.0^\circ$
- 6) 교량등급 : 도로교 1등급 (DB & DL - 24)
- 7) 곡률반경 : R = 2700

(2) 검토조건

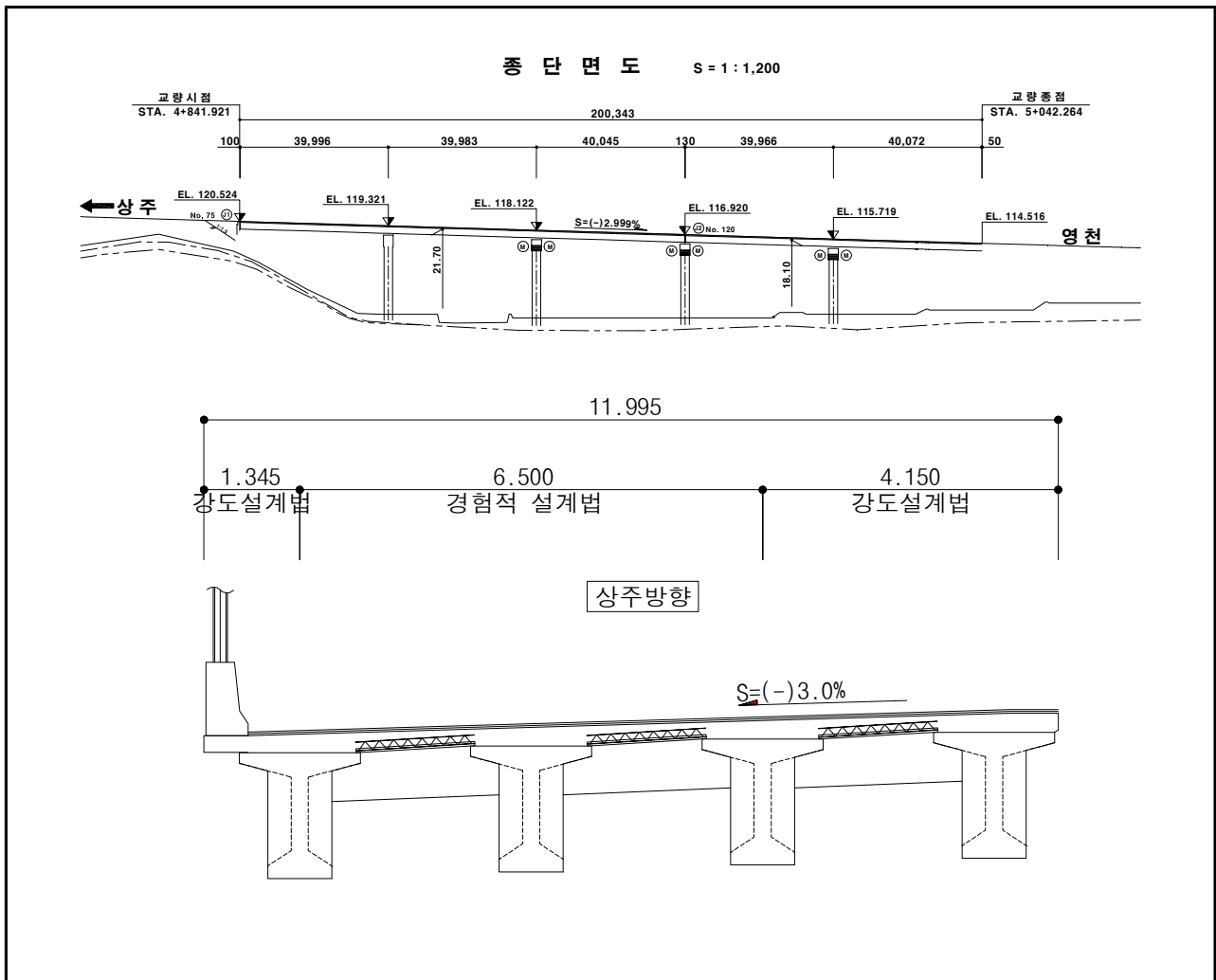
· 사용재료

- 1) 바닥판
 - ① 콘크리트
 - ㉠ $f_{s_ck} = 27.0 \text{ MPa}$, $f_{cu} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$
 - ㉡ $\gamma_{s_c} = 25 \text{ KN/m}^3$
 - ㉢ $E_{c_s} = 8,500 \sqrt[3]{F_{CU}} = 27,804 \text{ MPa}$
 - ② 철근
 - ㉠ $f_y = 400 \text{ MPa}$
 - ㉡ $E_r = 2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$
- 2) PSC 거더
 - ① 콘크리트
 - ㉠ $f_{ck} = 40.0 \text{ MPa}$, $f_{cu} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$
 - ㉡ $\gamma_c = 25.0 \text{ KN/m}^3$
 - ㉢ $E_{c_s} = 8,500 \sqrt[3]{F_{CU}} = 30,891 \text{ MPa}$
 - ② 철근(SD300)
 - ㉠ $f_y = 400 \text{ MPa}$
 - ㉡ $E_r = 2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$
 - ③ PS강재 (SWPX 7B 15.2mm 7연선, 저릴렉세이션 강재사용)
 - ㉠ 인장강도 $f_{pu} = 1,900 \text{ MPa}$
 - ㉡ 항복강도 $f_{py} = 1,600 \text{ MPa}$
 - ㉢ 탄성계수 $E_p = 200,000 \text{ MPa}$
 - ④ 강재
 - ㉠ 강재종류 = sm 400
 - ㉡ 허용인장응력 $f_{sa} = 140 \text{ MPa}$
 - ㉢ 탄성계수 $E_s = 205,000 \text{ MPa}$
 - ㉣ 단위중량 $\gamma_s = 78.5 \text{ KN/m}^3$
 - ⑤ 합성 후 고정하중
 - ㉠ 교면포장의 단위중량 $\gamma_b = 23.5 \text{ kN/m}^3$

· 허용응력

- 1) 바닥판
 - ① 콘크리트
 - ㉠ 허용압축응력 $f_{ca} = 0.4f_{ck} = 10.8 \text{ MPa}$
 - ㉡ 허용인장응력 $f_{ta} = -0.07f_{ck} = -1.9 \text{ MPa}$
 - ② 철근
 - ㉠ 허용응력 $f_{sa} = 180 \text{ MPa}$
- 2) PSC 거더
 - ① 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적인 응력
 - ㉠ 긴장시 압축강도 $f_{ci} = 0.80f_{ck} = 32.0 \text{ MPa}$
 - ㉡ 허용압축응력 $f_{cai} = 0.60f_{ci} = 19.2 \text{ MPa}$
 - ㉢ 허용인장응력 $f_{tai} = -0.025\sqrt{f_{ci}} = -1.4 \text{ MPa}$
 - ② 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력
 - ㉠ 허용압축응력 $f_{ca} = 0.45f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$
 - ㉡ 허용인장응력 $f_{ta} = -0.5\sqrt{f_{ck}} = -3.2 \text{ MPa}$
- 3) PS강재
 - ① 허용최대 긴장응력 : $f_{pia} = \text{Min}(0.80f_{pu}, 0.94f_{py}) = 1,504 \text{ MPa}$
 - ② 정착구에서의 응력 : $f_{pta} = 0.7f_{pu} = 1,330 \text{ MPa}$
 - ③ 프리스트레스 도입직후에 긴장재의 인장응력 : $f_{pa} = \text{Min}(0.74f_{pu}, 0.82f_{py}) = 1,312 \text{ MPa}$
- 4) 철근
 - ① 허용응력 $f_{sa} = 180 \text{ MPa}$

(3) 검토단면



(4) 구조계산 결과요약

■ 구조해석 결과

구 분		f_a (허용응력) (MPa)	f_s (발생응력) (MPa)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
외측 주형	상연	18.00	11.16	1.613	A
	하연	-3.20	2.87	2.115	A
내측 주형	상연	18.00	11.85	1.519	A
	하연	-3.20	1.57	3.038	A

구 분	ϕM_n (설계강도) (kN·m)	M_u (소요강도) (kN·m)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
캔틸레버부(좌측)	66.20	44.70	1.481	A
바닥판(단부)	82.80	69.20	1.197	A

나. 구조안전성능평가 결과

1) 허용응력법에 의한 내하력 평가

(1) 내하율 평가

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다. 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따라 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\bullet R.F = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 재료의 허용응력

f_d = 설계 사하중 응력(활하중 이외의 응력)

f_l = 설계 활하중 응력

i = 실측 충격계수

구 분		f_a	f_{pe}	f_d	$f_l(1+i)$	$R.F$
외측 주형	상연	18.0	-3.88	13.71	1.787	4.572
	하연	-3.2	26.81	-19.92	-5.431	1.858
내측 주형	상연	18.0	-3.92	14.55	1.635	4.508
	하연	-3.2	27.09	-21.62	-5.268	1.646

(2) 기본 내하력 산정

$$P_o = R.F \times P_r$$

여기서, P_r : 설계하중

구 분		내하율	설계하중	기본내하력
외측 주형	상연	4.572	DB-24	설계하중 이상
	하연	1.858	DB-24	설계하중 이상
내측 주형	상연	4.508	DB-24	설계하중 이상
	하연	1.646	DB-24	설계하중 이상

(3) 공용 내하력 산정

$$P = P_o \times K_s$$

$$\text{여기서, } K_s = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

구 분		내하율	응력보정계수(K_s)	기본내하력 (=24 x RF)	공용내하력
외측 주형	상연	4.572	1.221	109.7	DB-24이상
	하연	1.858		44.6	
내측 주형	상연	4.508		108.2	
	하연	1.646		39.5	

2) 강도설계법에 의한 내하력 평가

(1) 내하율 평가

강도 설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D + 2.15L (1.0 + i) 를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다. 단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서의 공칭강도와 강도감소계수에 따라 계산한다. 사하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 적용하고 있는 사하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL 하중)을 사용하여 구조해석을 수행한 후 구한다.

강도 설계법에 의한 내하율은 다음과 같다.

$$\bullet P = P_r \times R.F \times K_s, \quad P_r = \text{설계하중}$$

$$\bullet R.F = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l}$$

여기서, ϕ = 강도 감소계수(= 0.85)

γ_d = 사하중 계수(= 1.3)

γ_l = 활하중 계수(= 2.15)

M_n = 공칭 모멘트

M_d = 사하중 모멘트

M_l = 활하중 모멘트(실측 충격계수 고려)

구 분	ϕM_n	M_d	$M_t(1+i)$	$R.F$
캔틸레버부(우측)	66.20	0.94	23.59	1.281
바닥판(중앙부)	82.80	3.73	34.98	1.036

(2) 기본 내하력 산정

구 분	내하율	설계하중	기본내하력
캔틸레버부(방호벽측)	1.281	DB-24	설계하중 이상
슬래브 단부	1.036	DB-24	설계하중 이상

3) 내하력 평가결과

구 분			내하율	응답보정계수	기본내하력	공용내하력
주형	외측 주형	상연	4.572	1.221	DB-24이상	DB-24이상
		하연	1.858			
	내측 주형	상연	4.508			
		하연	1.646			
바닥판	캔틸레버부(방호벽측)		1.281	-	DB-24이상	-
	슬래브 단부		1.036			

내리교의 허용응력 설계법에 의한 주형 부재의 공용 내하력을 산정한 결과, 주형 모두 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 산출되었으며, 강도 설계법에 의한 바닥 판의 내하력 평가도 설계하중인 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

12.5.3 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.

단, 구조안전성능을 실시하지 않은 경우는 상태안전성능지수를 안전성능지수로 같음한다.

교량의 구조안전성능 평가지수 = Min(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
내리교	0.170	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과 최저평가지수인 0.170로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

12.6 내구성능 평가

12.6.1 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.

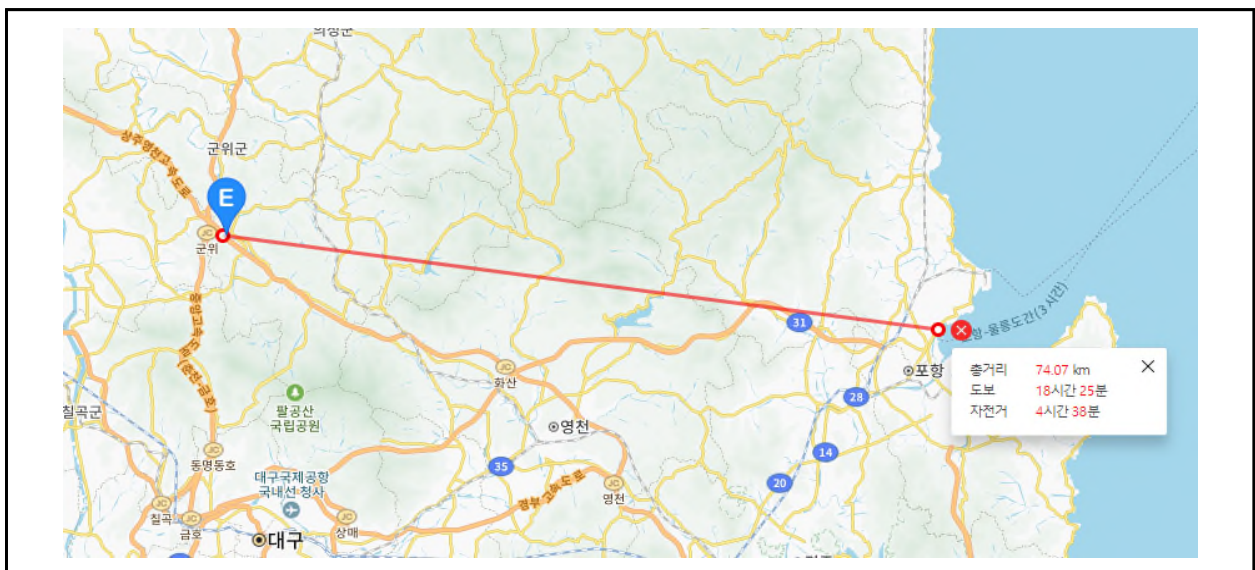
12.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 대구광역시 군위군 효령면 내리리에 위치하며, 동해안으로부터 약 74.07km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과, 동해안으로부터 교량까지의 거리가 500m를 초과하여 평가등급은 A등급으로 분석되었다.



【그림 12.6.1】 위치도

【표 12.6.1】 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과

평가항목	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	평가 등급
해안거리에 따른 비래염분 염해환경	동해안	전지역	500초과	a등급

2) 제설제 염해환경

강설일수는 기상청 기후자료를 참조하였으며, 기상관측소는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 대구 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최심신적설 자료 중 2013년부터 2022년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 1.5일로 확인되었고, 평가등급은 A등급으로 분석되었다.

【표 12.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	대구광역시 군위군 효령면 내리리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	0일	2017.11~2018.3	7일	2020.11~2021.3	2일
2014.11~2015.3	0일	2018.11~2019.3	1일	2021.11~2022.3	0일
2015.11~2016.3	2일	2019.11~2020.3	0일	2022.11~2023.3	1일
2016.11~2017.3	2일	평균 강설일수			1.5일

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

주) 해당 시설물의 관측소에는 최심신적설 자료가 구비되어있지 않아 인근 지역인 대구 관측소의 2013년부터 2022년 까지 10년간의 기록으로 평가하였음

나. 동해환경 평가

동결융해 반복일수에 따른 동해환경 평가는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 구미 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 5.7회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 57.4회로써 동결융해 환경은 “B” 등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 5.7회로 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.

【표 12.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	대구광역시 군위군 효령면 내리리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	67일	2017.11~2018.3	62일	2020.11~2021.3	49일
2014.11~2015.3	70일	2018.11~2019.3	54일	2021.11~2022.3	65일
2015.11~2016.3	51일	2019.11~2020.3	34일	2022.11~2023.3	63일
2016.11~2017.3	59일	동결융해 횟수 (수분접촉)			57.4회

【표 12.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	대구광역시 군위군 효령면 내리리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	3일	2017.11~2018.3	6일	2020.11~2021.3	6일
2014.11~2015.3	13일	2018.11~2019.3	7일	2021.11~2022.3	2일
2015.11~2016.3	5일	2019.11~2020.3	1일	2022.11~2023.3	5일
2016.11~2017.3	9일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			5.7회

다. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

【표 12.6.5】 염화물 함유량 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 함유량	바닥판	S4	0.614	0.603	0.440	b

【표 12.6.6】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S4	—	—	3.182

【표 12.6.7】 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	S4	30년 초과	a

【표 12.6.8】 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	S4	b	a	b

2) 탄산화 깊이

【표 12.6.9】 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	상주방향	S1 바닥판하면	4.0	1.63	30년 초과	a	a
		S2 바닥판하면	5.0	2.04	30년 초과	a	a
		A1 교대	7.0	2.86	30년 초과	a	a
		P2 교각	5.0	2.04	30년 초과	a	a
	영천방향	S6 바닥판하면	3.5	1.43	30년 초과	a	a
		S9 바닥판하면	4.0	1.63	30년 초과	a	a
		P3 교각	7.0	2.86	30년 초과	a	a
		P7 교각	6.0	2.45	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 12.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	결합도 지수	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	상주방향	바닥판	S1	101.9	—	a	0.10	a
			S3	101.5	—	a		
		가로보	S1	101.5	—	a		
			S2-G2	103.5	—	a		
		거더	S5-G3	102.5	—	a		
			A2	110.0	—	a		
		교각	P1	104.4	—	a		
			P1 (비건전)	—	98.6	a		
			P2	102.6	—	a		
			P3	104.1	—	a		

【표 12.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가(계속)

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	결합도 지수	평가 등급	
피복 콘크리트의 품질	상주방향	바닥판	S1	101.1	—	a	0.10	a	
			S3	100.7	—	a			
		가로보	S1	100.0	—	a			
		거더	S2-G2	101.8	—	a			
			S5-G3	102.8	—	a			
		교대	A2	107.9	—	a			
		교각	P1	103.7	—	a			
			P1 (비건전)	100.7	99.6	a			
			P2	100.4	—	a			
			P3	100.7	—	a			

마. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 12.6.11】 대상교량 제원

교량형식		콘크리트 거더교
경간장 및 경간수		5@40 = 200m
교폭		28.7m
바닥판의 높이		18.1m
거더 갯수		10(양방향)
2차 부재		L=2.5m, 교축방향 17.5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		6년
위치	지역	대구광역시 군위군 효령면 내리리
	해안 이격거리	500m 초과

【표 12.6.12】 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	b	0.2
	거더(35)	—	—	a	a	0.1
	2차부재(7)	—	—	a	a	0.1
하부	교대/교각(25)	—	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.2 \times 33 + 0.1 \times 35 + 0.1 \times 7 + 0.1 \times 25) / 100 = 0.133$			
		등급	B			

【표 12.6.13】 열화환경지표의 평가

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

12.6.3 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 12.6.14】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.133	a	1.00	0.133
결함도점수				0.133
내구성능평가 결과				B

12.7 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 특성을 반영하여 필요 성능을 도출한다.

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

12.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 고속도로 포장상태 지수(HPCI) 산정

과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 4.20으로 평가되었다.

【표 12.7.1】 포장상태 평가결과

평가항목	노선명	방향	차로	조사연장(m)	HPCI	평가등급
포장상태	상주영천고속도로	상주	1	200.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	상주	2	200.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	영천	1	200.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	영천	2	200.0	4.20	a등급
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 4.0 초과로 산정되어 매우양호 등급인 a등급으로 평가되었다.					

2) 교량조명

- 해당 교량의 조명시설은 6개소가 설치되어있고, 현재 3개소 사용가능하며, 상세자료는 부록에 첨부하였다.

【표 11.7.2】 휘도 측정값

No	외곽차선 휘도	중앙차선 휘도
1	0.93	0.76
2	0.87	0.72
3	0.76	0.64
4	—	—
5	—	—
6	—	—
평균(최댓값, 최솟값 제외)	0.87	0.72

【표 11.7.3】 교량 조명의 평가결과

평가 기준	평가내용		평가 결과
	설치 유무	설치상태	
a	모든 조명 사용 가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급 보다 높은 상태	
b	모든 조명의 90% 이상 사용가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 90% 이상	
c	모든 조명의 80% 이상 사용가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 80% 이상	
d	모든 조명의 70% 이상 사용가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 70% 이상	
e	모든 조명의 70% 미만 사용가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 70% 미만	○

3) 진동사용성

(1) 측정

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

(2) 분석결과

- 처짐과 고유진동수를 측정한 결과, 7.330mm/s, 7.6Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간에 해당되어 e등급으로 평가된다.

4) 점검시설

- 해당 교량의 점검로는 미설치되어 있는 상태로, e등급으로 평가된다.

【표 12.7.2】 점검시설 평가결과

평가 기준	평가내용		평가 결과
	설치 유무	설치상태	
a	점검로가 교각마다 모두 설치 되어 있을 때	점검로가 신설되어 모두 양호한 상태	
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	○

5) 교통량

대상 시설물의 상주영천고속도로 2022년 수요예측 및 상주영천고속도로 수요실제 교통량 조사 결과, 수요예측 교통량은 49,877/일이며, 수요실제 교통량은 30,787/일로 수요예측/수요실제의 비율이 100이상으로 산정되어 a등급으로 평가되었다.

【표 12.7.3】 교통량의 성능평가

구 분	수요예측(대/일) a	수요실제(대/일) b	대비(%) $a/b \times 100$	평가등급	비고
내리교	49,877	30,787	162.0	a등급	2022년 교통량

12.7.2 사용성능평가 결과

【표 12.7.4】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	a	0.1
		조명시설	0.150	e	1.0
		진동사용성	0.202	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	e	1.0
	수요 및 용량	교통량	0.195	a	0.1
				결합도점수	0.602
				등급	D

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.1×0.247 (포장상태) + 1.0×0.150 (조명시설) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 1.0×0.206 (점검시설의유무) + 0.1×0.195 (교통수요) = 0.602

12.8 종합성능평가

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

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

【표 12.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	내리교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.170	b	0.68
내구성능 평가	0.133	b	0.19
사용성능 평가	0.602	d	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.170 \times 0.68 + 0.133 \times 0.19 + 0.602 \times 0.13 = 0.219$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.219 • 종합성능평가 결과 : B등급		

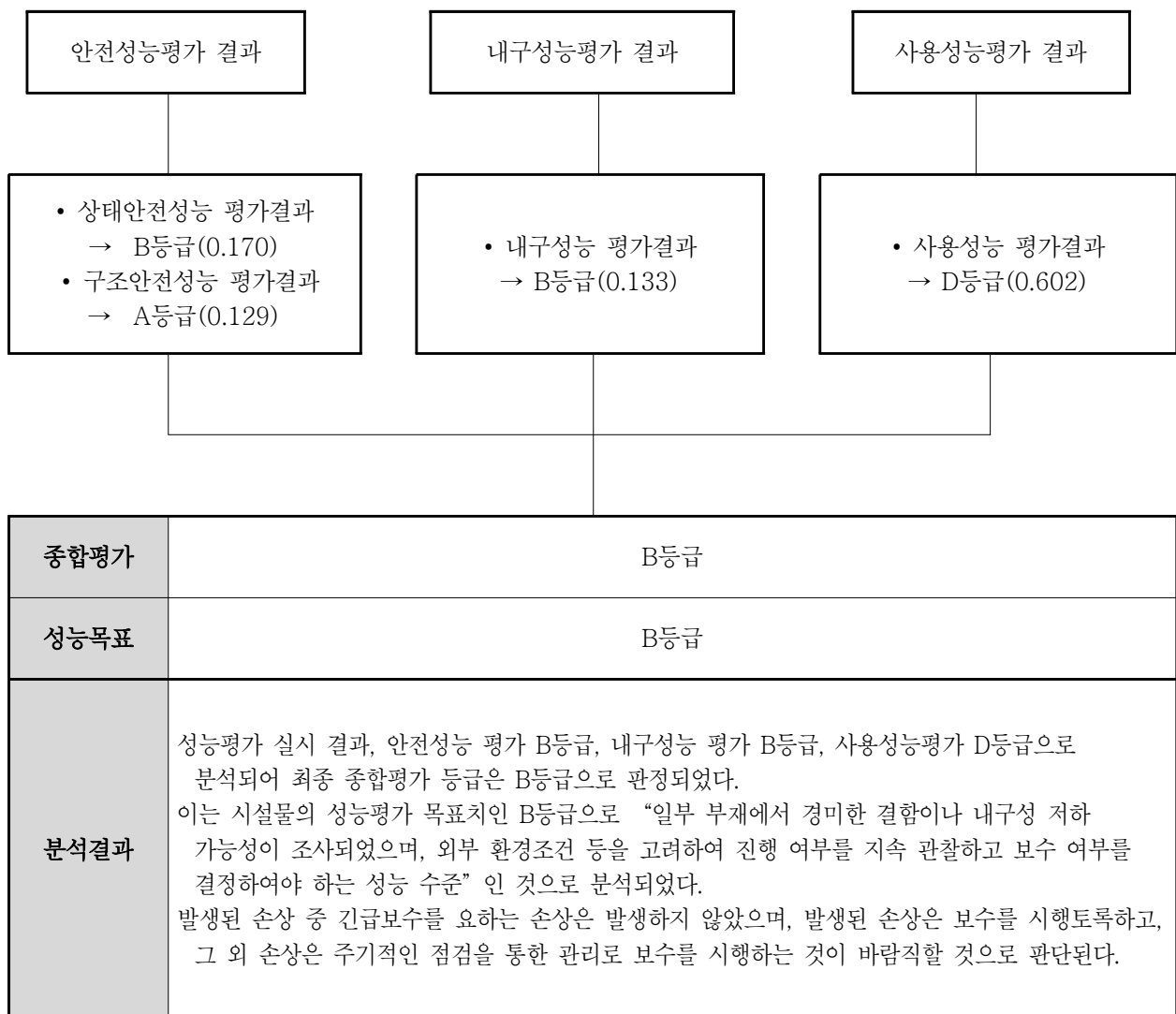
12.9 유지관리 전략제안

12.9.1 성능목표 등급 산정

【표 12.9.1】 성능목표 등급산정

일교통량	30,787 대/일
중차량 통행량	차선당 813대/일 (3,252 대/일)
대상교량의 차단 시 우회거리	20.0km 이상
성능목표 등급	B($0.20 \leq X < 0.26$)

12.9.2 성능평가 실시결과 검토·분석



12.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 상주방향 보수 개략공사비

【표 12.9.2】 상주방향 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더	백태	표면처리	0.2	0.30	m ²	－	－	하자
	균열부 백태	표면처리	12	18.00	m ²	－	－	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	7	1.75	m ²	－	－	하자
	균열(0.3mm이상)	주입보수	5	7.50	m	－	－	하자
	법면 표층유실	주의관찰	10	15.00	m ²	－	－	하자
	실란트 파손	실란트 충전	4	6.00	m	－	－	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	3.5	0.88	m ²	－	－	하자
	폐자재 적치	정비	1	1.00	EA	－	－	하자
교량받침	플레이트 부식	채도장	6	6.00	EA	40	240	2순위
	받침콘크리트 재료분리	단면보수	1	1.50	m ²	165	248	2순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	1.9	0.48	m ²	54	26	3순위
	고무재 파손	주의관찰	6	9.00	m	－	－	4순위
교면포장	포장 박리	단면보수	0.03	0.05	m ²	165	8	3순위
	후타재 접속부 이격	주의관찰	9	13.50	m	－	－	4순위
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	48.5	12.13	m ²	54	655	3순위
	백태	표면처리	1.5	2.25	m ²	54	122	3순위
	접속부이격,단차	주의관찰	3	4.50	m	－	－	4순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	－		488		811		
	재경비 (순공사비의 50%)	－		244		406		
	합계	－		732		1,217		
개략공사비 총계(천원)		1,949						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

나. 영천방향 보수 개략공사비

【표 12.9.3】 영천방향 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	파손 및 철근노출	단면보수(방청)	1	1.50	m ²	—	—	하자
거더	백태	표면처리	0.2	0.30	m ²	—	—	하자
	균열부 백태	표면처리	12	18.00	m ²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	20	5.00	m	—	—	하자
	균열(0.3mm이상)	주입보수	10.5	15.75	m	—	—	하자
	백태	표면처리	0.3	0.45	m ²	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	9	2.25	m	—	—	하자
	폐자재 적치	정비	1	1.00	EA	—	—	하자
교량받침	플레이트 부식	재도장	16	16.00	EA	40	640	3순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	12.5	3.13	m	54	169	3순위
	후타재 망상균열	표면처리	3	4.50	m ²	54	243	3순위
	후타재박리,파손	단면보수	0.29	0.44	m ²	165	73	2순위
	고무재 파손	주의관찰	7	10.50	m	—	—	4순위
	흡음재 탈락	주의관찰	1	1.00	EA	—	—	4순위
교면포장	망상균열	표면처리	60	90.00	m ²	54	4860	3순위
방호벽	균열부백태	표면처리	0.1	0.15	m ²	54	8	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		317		34,176		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		159		17,088		
	합계	—		476		51,264		
개략공사비 총계(천원)		51,740						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

다. 상주방향 성능을 고려한 보수 우선순위

【표 12.9.4】 상주방향 우선순위지수 산정

구분	손상 물량 (㎡)	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	0.20	0.30	—	—	백태	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
표면처리	12.00	18.00	—	—	균열부 백태	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
표면처리	7.00	1.75	—	—	균열 (0.3mm미만)	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
주입보수	5.00	7.50	—	—	균열 (0.3mm이상)	교대	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	1
주의관찰	10.00	15.00	—	—	범면 표층유실	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
실란트 충전	4.00	6.00	—	—	실란트 파손	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
표면처리	3.50	0.88	—	—	균열 (0.3mm미만)	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
정비	1.00	1.00	—	—	폐자재 적치	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
재도장	6.00	6.00	40	240	플레이트 부식	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	4
단면보수	1.00	1.50	165	248	반사표지 재료분리	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	4
표면처리	1.90	0.48	54	26	후타재 균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	12
주의관찰	6.00	9.00	—	—	고무재 파손	신축이음	안전 성능	c	1.00	0.07	0.68	0.18	0.00857	6
단면보수	0.03	0.05	165	8	포장 박리	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	13
주의관찰	9.00	13.50	—	—	후타재 접속부 이격	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	13
표면처리	48.50	12.13	54	655	균열 (0.3mm미만)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	15
표면처리	1.50	2.25	54	122	백태	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	15
주의관찰	3.00	4.50	—	—	접속부 이격, 단차	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	15

라. 영천방향 성능을 고려한 보수 우선순위

【표 12.9.5】 영천방향 우선순위지수 산정

구분	손상 물량 (㎡)	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		
단면보수(방청)	1.00	1.50	-	-	파손 및 철근노출	바닥판	안전 성능	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	1
표면처리	0.20	0.30	-	-	백태	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	4
표면처리	12.00	18.00	-	-	균열부 백태	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	3
표면처리	20.00	5.00	-	-	균열 (0.3mm미만)	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	8
주입보수	10.50	15.75	-	-	균열 (0.3mm이상)	교대	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	2
표면처리	0.30	0.45	-	-	백태	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	8
표면처리	9.00	2.25	-	-	균열 (0.3mm미만)	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	8
정비	1.00	1.00	-	-	폐자재 적치	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	8
재도장	16.00	16.00	40	640	플레이트 부식	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	4
표면처리	12.50	3.13	54	169	후타재 균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	12
표면처리	3.00	4.50	54	243	후타재 망상균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	12
단면보수	0.29	0.44	165	73	후타재 박리, 파손	신축이음	안전 성능	c	1.00	0.07	0.68	0.18	0.00857	6
주의관찰	7.00	10.50	-	-	고무재 파손	신축이음	안전 성능	c	1.00	0.07	0.68	0.18	0.00857	6
주의관찰	1.00	1.00	-	-	흡음재 탈락	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	12
표면처리	60.00	90.00	54	4860	망상균열	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	15
표면처리	0.10	0.15	54	8	균열부 백태	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16

마. 유지관리 전략 제언

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 0.219로 평가되었으며, 성능목표인 $0.20 \leq X < 0.26$ 을 만족하고 있는 것으로 조사되었고, 교량의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

12.10 종합결론

본 시설물은 대구광역시 군위군 효령면 내리리(상주영천고속도로 41.077~41.277km)에 위치한 교량으로서 총 연장 200.0m, 폭 28.7m, 왕복 4차로로 2017년도에 준공되어 약 6년간 공용중인 교량 구조물이다.

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.

12.10.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(상주방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 신규 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

2) PCI Girder

- 거더에 발생한 백태, 균열부백태는 균열부 우수유입, 수분침투 등의 복합적인 원인에 의한 손상이며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 조치를 실시하는 것이 요구된다.

3) 가로보

- 가로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만, 이상)은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 실란트 파손은 공용중 열화로 인한 손상으로 실란트 충전 등의 유지관리가 필요하며, 강우 등에 의한 법면 표층유실은 진전여부에 대한 주의관찰 후 진전시 보수대책 수립이 요구된다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상이나 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- 시공미흡에 의한 폐자재 적치는 청소 등의 정비가 요구된다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 조사된 플레이트 부식의 경우 공용기간 증가, 습기흡착, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나 손상의 진전 방지를 위한 재도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 재료분리의 경우 시공초기 다짐부족, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우 건조수축 및 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 신축이음장치의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 본체 고무재 파손은 차량의 윤하중, 장기공용 등에 의한 것으로 판단되며, 보수보다는 진전 여부에 대한 주의관찰을 실시하고 진전시 신축이음 재설치 등과 같은 보수대책 수립이 필요하다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 검토온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 포장 박리의 경우 공용기간 증가, 차량 윤하중 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보 차원에서 단면보수 등과 같은 보수를 실시하는 것이 요구된다.
- 후타재 접속부 이격의 경우 공용기간 증가, 접속부 침하 등에 의한 손상으로 추정되며, 현재 손상 정도가 경미하며 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 수준은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만), 백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.
- 접속부 이격, 단차의 경우 공용기간 증가, 접속부 침하 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대하여 주의관찰을 실시하고, 접속부 침하에 대하여 수렴시 단면보수, 실링재 충전 등과 같은 보수대책 수립이 요구된다.

11) 교량 점검시설

- 내리교의 교량 점검시설은 미설치인 상태로 확인되었다.

12) 공중이 이용하는 부위

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

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.4~28.2MPa, 상부구조(거더) 41.0~48.9MPa, 하부구조(교대) 26.4~27.6MPa, 하부구조(교각) 27.7~28.6MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면, 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.0~5.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.0~7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 현장조사 및 시험(영천방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 파손 및 철근노출은 시공미흡, 다짐미흡, 신축부 누수로 인한 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수(방청)을 실시하는 것이 요구된다.

2) PCI Girder

- 거더에 발생한 균열부백태, 백태는 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 현재 손상의 진전은 없는 상태로 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 요구된다.

3) 가로보

- 가로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만), 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상으로 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐자재 적치의 경우 시공 후 마무리 미흡에 의한 손상으로 제거 등의 정비를 요한다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 조사된 플레이트 부식은 신축이음 및 외부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 망상균열은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리를 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량 통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재 파손, 박리는 차량 통행하중 및 충격 등에 의한 국부적인 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 본체 고무재 파손의 경우 강우시 우수유입으로 인한 2차손상이 발생할 우려가 있으므로 손상에 대하여 주의관찰을 실시하고, 진전시 신축이음 재설치 등과 같은 보수대책 수립이 요구된다. 하부 흡음재 탈락에 대해서는 주의관찰이 요구된다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 검토온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 망상균열의 경우 건조수축, 공용기간 증가, 차량 윤하중 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보 차원에서 표면처리 등과 같은 보수를 실시하는 것이 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 균열부 우수유입 손상으로 내구성 확보를 위한 표면보수를 실시하는 것이 요구된다.

11) 교량 점검시설

- 내리교의 교량 점검시설은 미설치인 상태로 확인되었다.

12) 공중이 이용하는 부위

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

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.0~28.1MPa, 상부구조(거더) 40.7~48.5MPa, 하부구조(교대) 25.9~27.3MPa, 하부구조(교각) 27.1~28.5MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면, 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 6.0~7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

12.10.2 성능평가 결과

【표 12.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	내리교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.170	b	0.68
내구성능 평가	0.133	b	0.19
사용성능 평가	0.602	d	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결합도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.170 \times 0.68 + 0.133 \times 0.19 + 0.602 \times 0.13 = 0.219$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.219 • 종합성능평가 결과 : B등급		

12.10.3 종합결론

- 내리교는 약 6년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 파손 및 철근노출, 거더 백태, 교대 및 교각 균열, 교량받침 플레이트 부식, 신축이음 고무재 파손, 후타재 박리, 파손, 교면포장 박리 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(0.219)으로 평가되어 B등급(결합도 범위 : $0.20 \leq X < 0.26$)인 성능목표를 달성한 상태이므로 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

12.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

12.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 바닥판하면 파손 및 철근노출, 교대 균열(0.3mm이상), 신축이음 본체 고무재 파손에 대하여 손상의 진전여부에 대한 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

12.10.6 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.