

18. 화남1교

- 18.1 시설물 개요
- 18.2 자료수집 및 분석
- 18.3 현장조사
- 18.4 콘크리트 내구성조사
- 18.5 안전성능 평가
- 18.6 내구성능 평가
- 18.7 사용성능 평가
- 18.8 종합성능평가
- 18.9 유지관리 전략제안
- 18.10 종합결론 및 건의사항

18. 화남1교

18.1 시설물의 개요

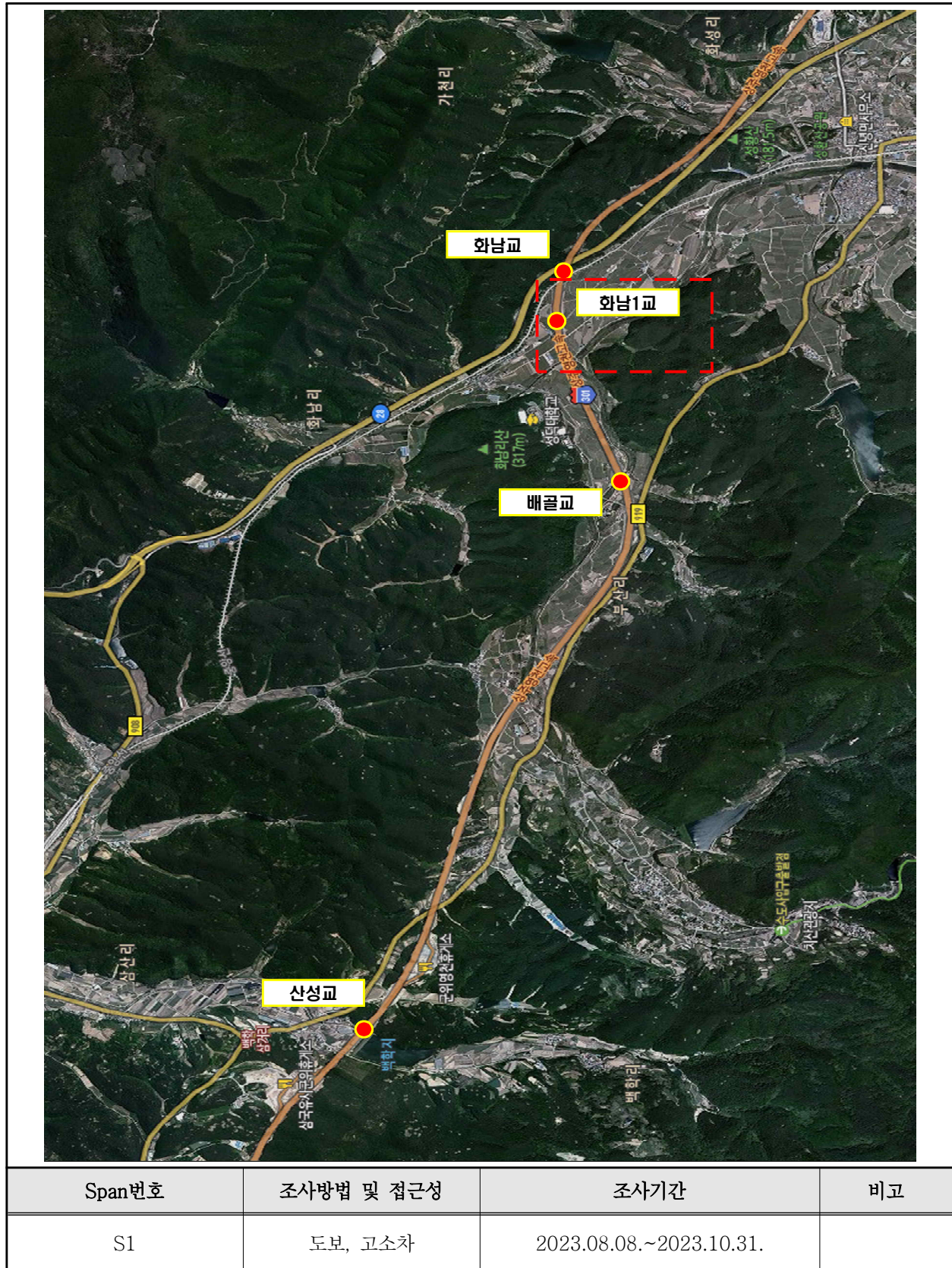
본 시설물은 경상북도 영천시 신녕면 화남리(상주영천고속도로 63.396~63.446km)에 위치한 교량으로서 총 연장 50.0m, 폭 24.5m, 왕복 4차로로 시공되어 있다.

18.1.1 일반사항

【표 18.1.1】 화남1교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2017-0000259		관리번호		SY BR.22	
시설물위치		경상북도 영천시 신녕면 화남리		준공년월일		2017. 06. 27	
관리이정		63.396~63.446km		공사이정		7.838~7.888km	
설계하중		DB-24		노 선 명		고속국도 301호선	
제원	연장	L=50.0m					
	폭	B=24.5m, 4차로					
구조 형식	상부	SB ARCH		기초 형식	교 각	-	
	하부	-			교 대	직접기초	
교량받침		포트받침		신축이음		모노셀	
교차시설물		국도 28호선		통과높이		9m	
부착시설내용							
시 공 자		경남기업(주)		관리주체		상주영천고속도로(주)	

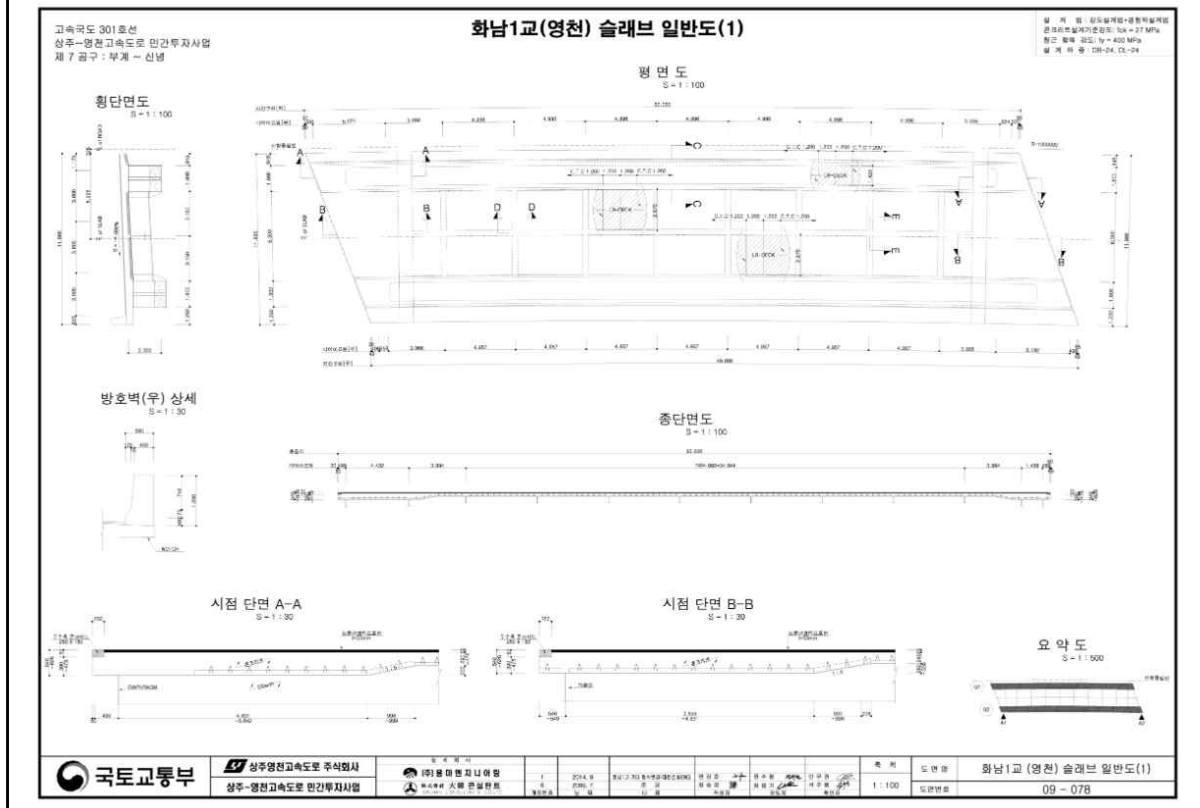
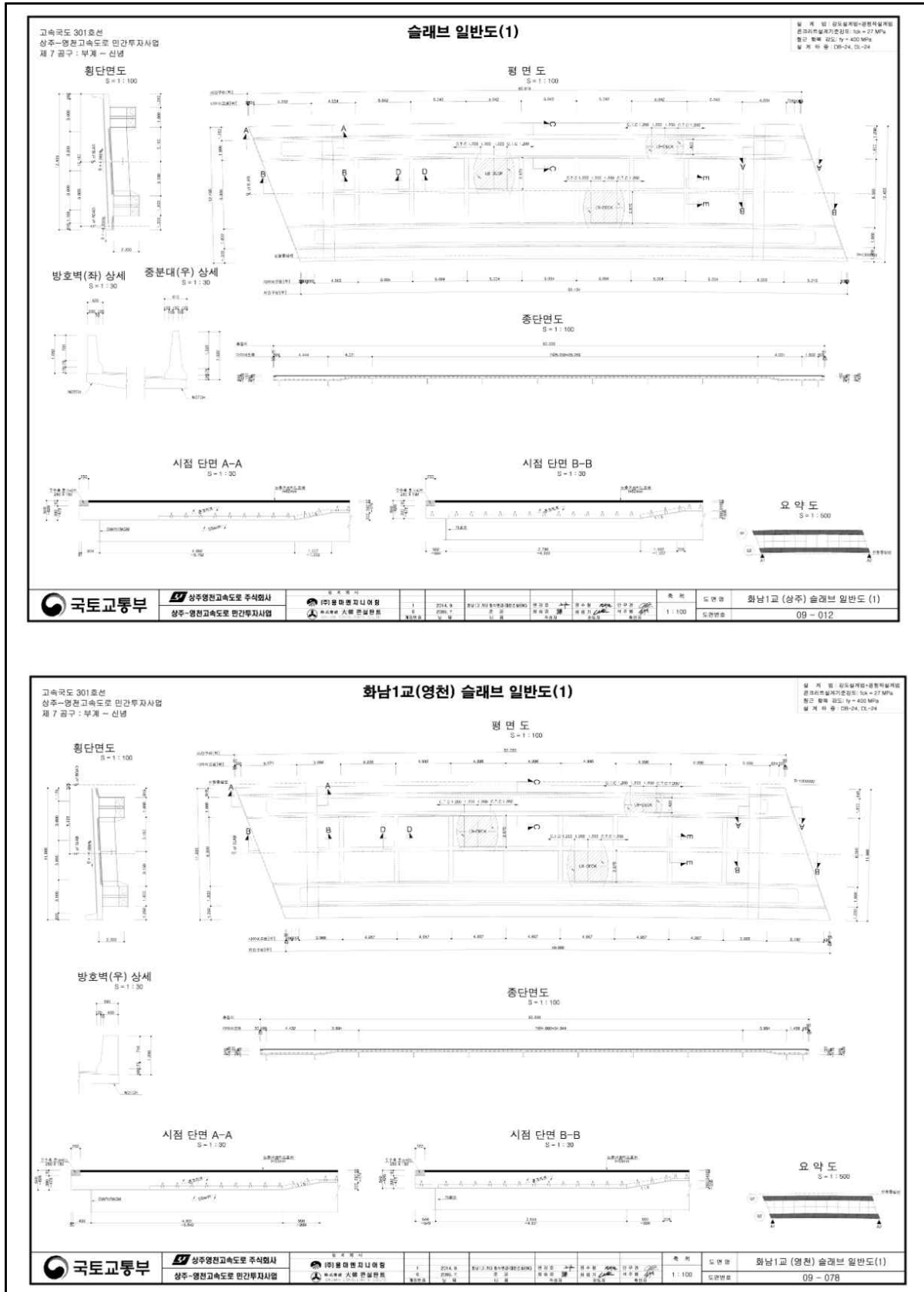
18.1.2 위치도 및 전경사진



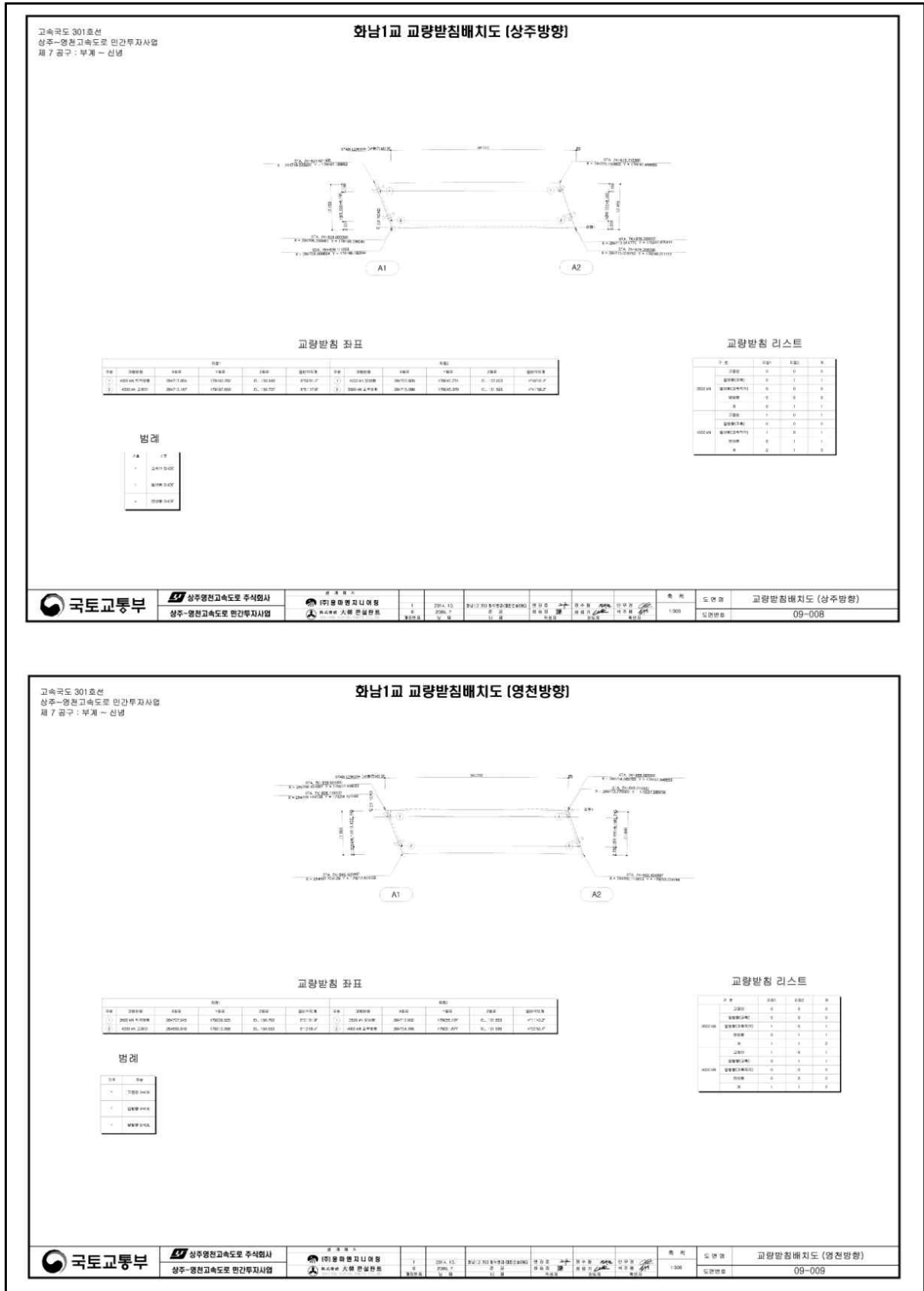
【그림 18.1.1】 위치도

	
교면포장 전경	배수시설
	
바닥판하면 전경	거더 전경
	
교량받침 전경	교대 전경

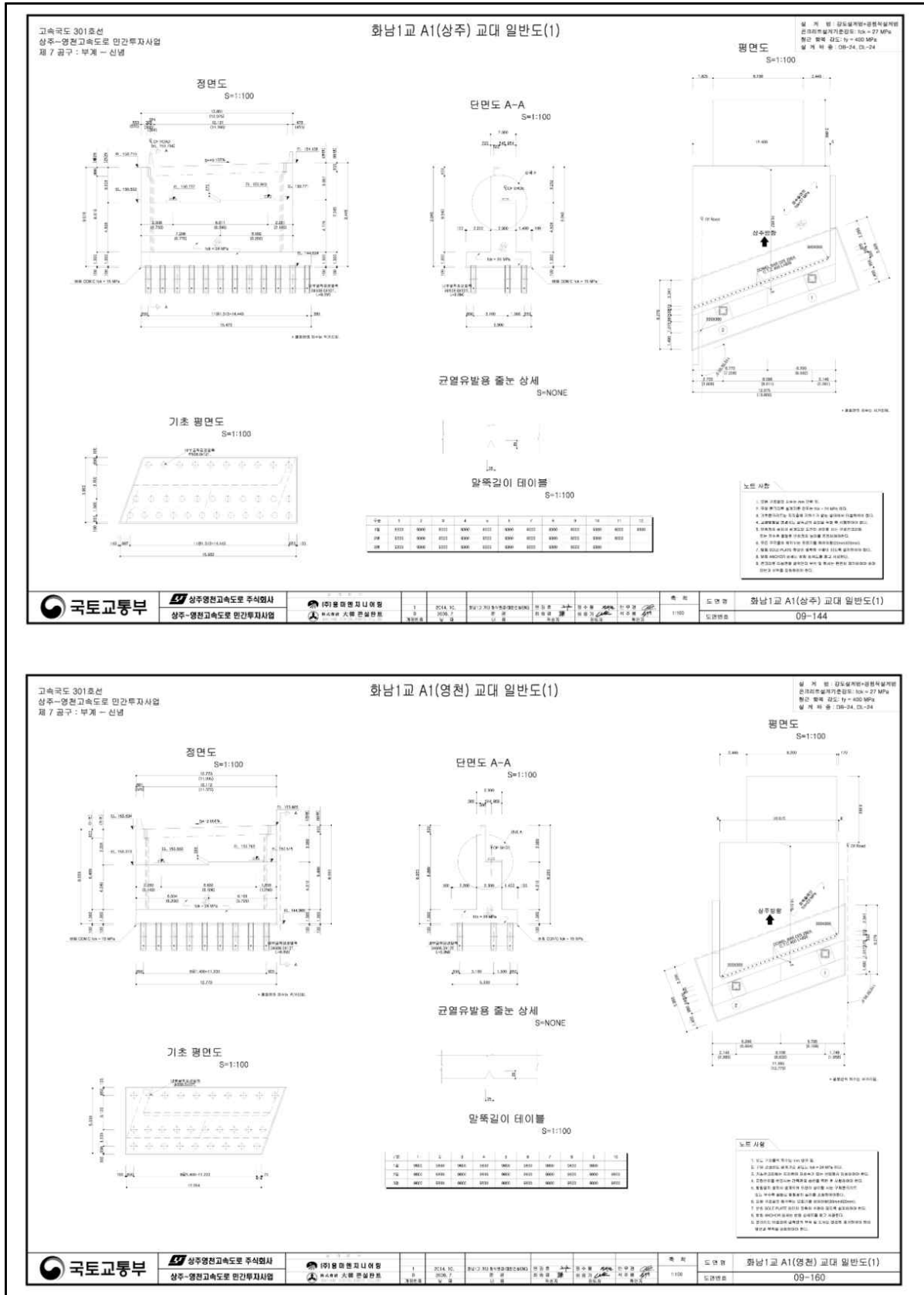
【그림 18.1.2】 부재별 현황



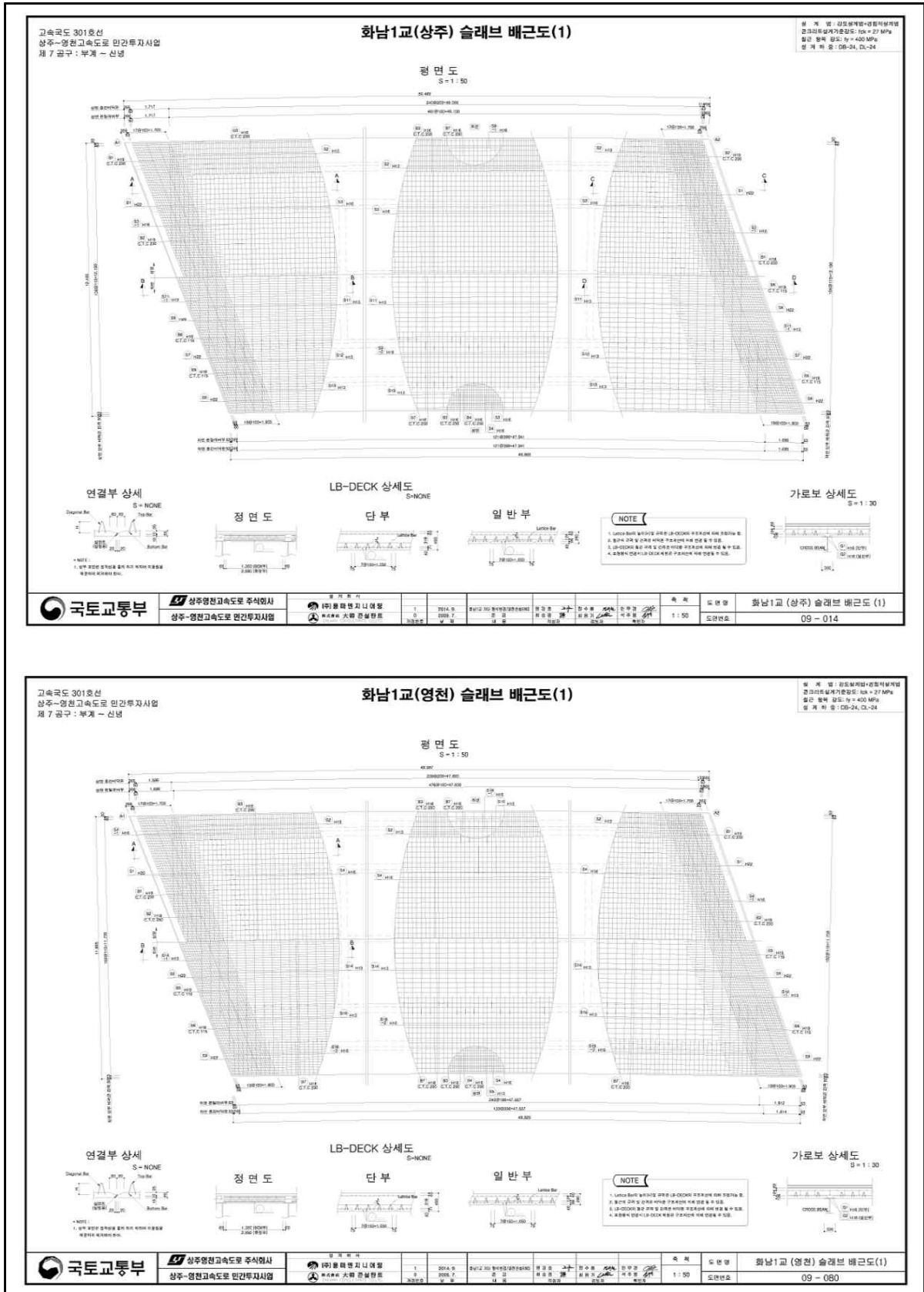
【그림 18.1.4】 슬래브 일반도



【그림 18.1.5】 교량받침 배치도



【그림 18.1.6】 교대 일반도



【그림 18.1.7】 바닥판하면 배근도

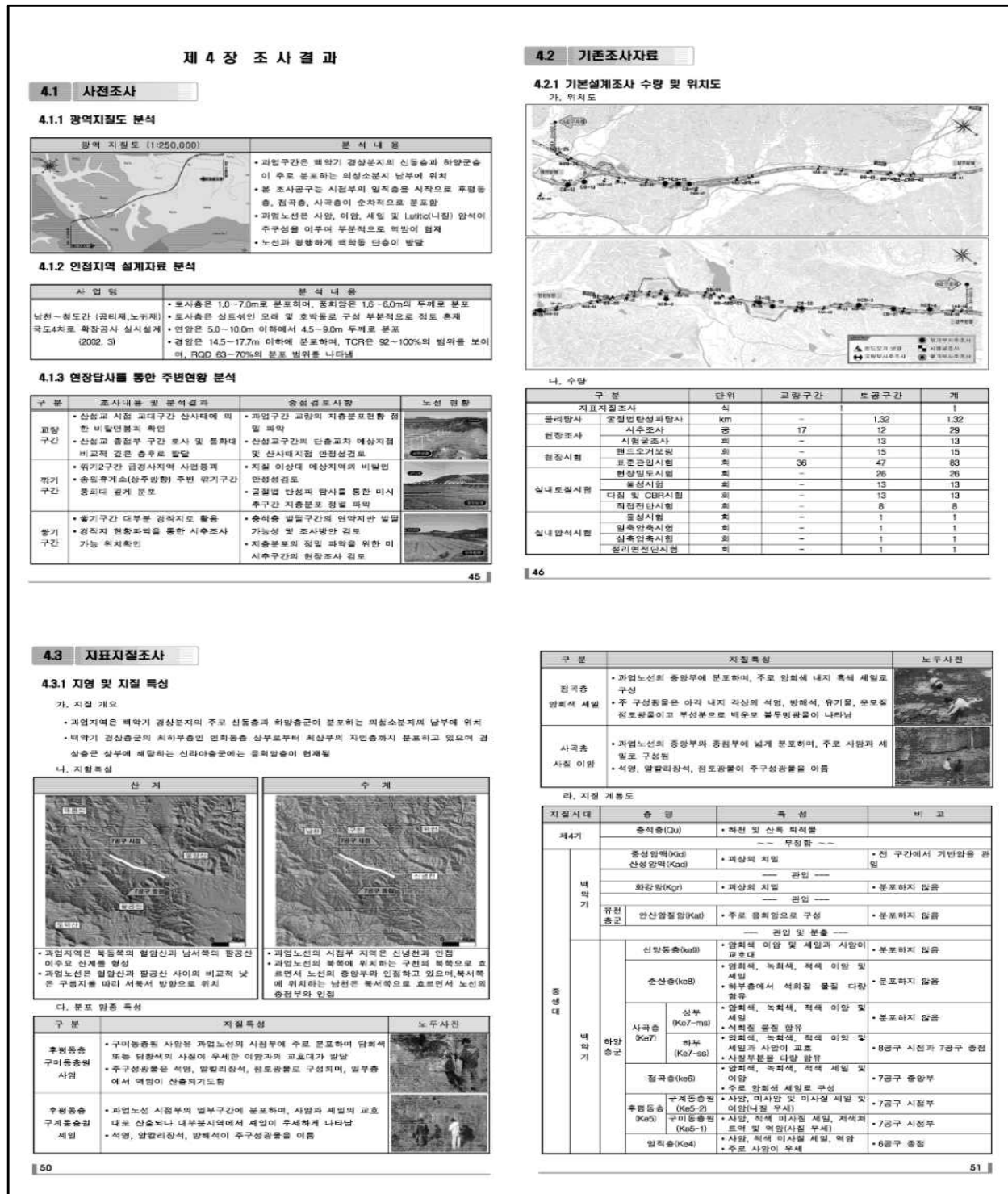


18.2 자료수집 및 분석

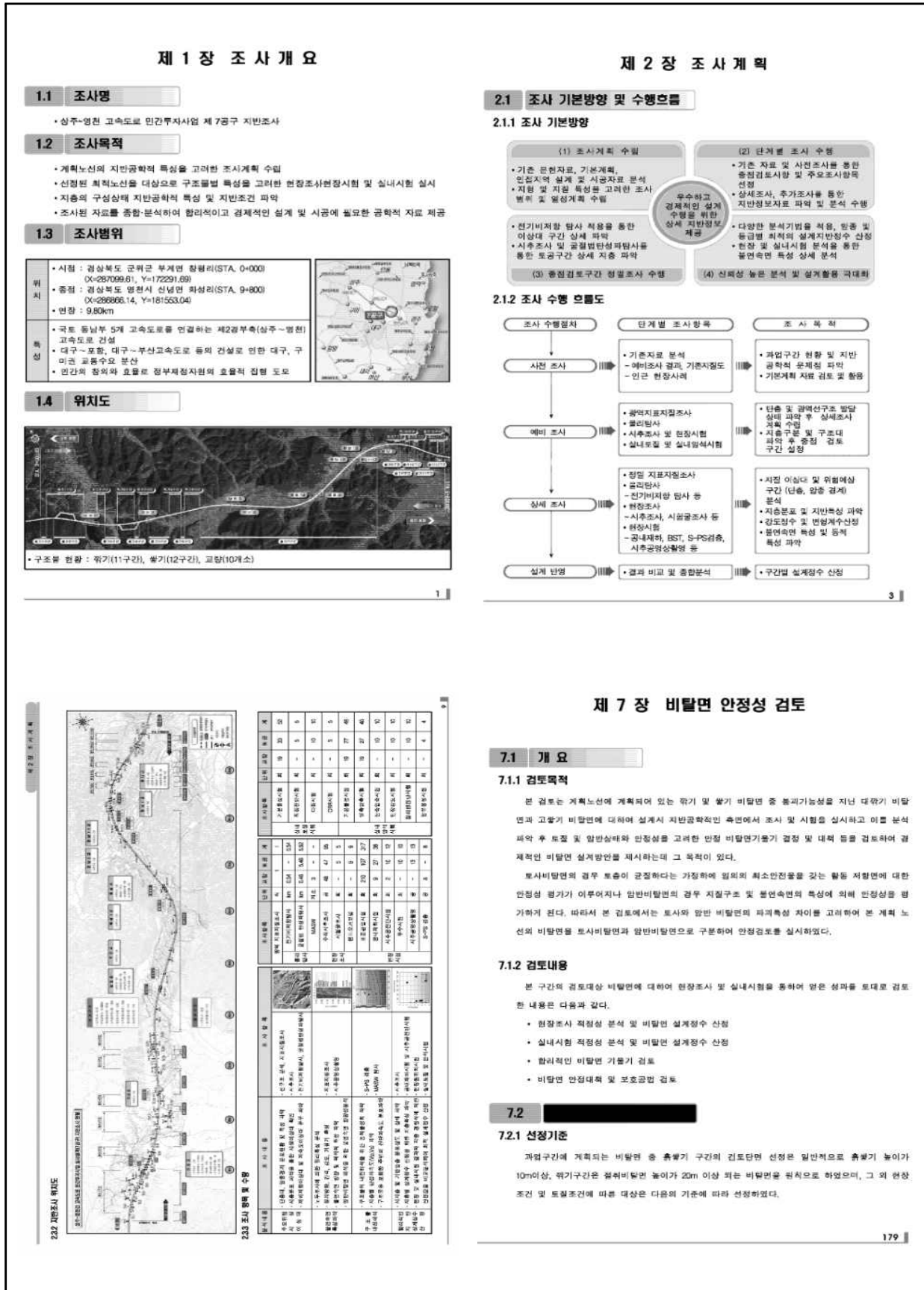
본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 7공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

18.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



나. 지반 및 지질 조사보고서



제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개요

7.1.1 검토목적

본 검토는 계획노선에 계획되어 있는 휘기 및 뽕기 비탈면 중 종래기능성을 지닌 대략기 비탈면과 고출기 비탈면에 대하여 설계사 지반공학적인 측면에서 조사 및 시험을 실시하고 이를 분석 파악 후 토질 및 암반상태와 안정성을 고려한 안정 비탈면기능기 결정 및 대책 등을 검토하여 경제적인 비탈면 설계방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 일의의 최소안정율을 갖는 활동 저할면에 대한 안정성 평가가 이루어지나 암반비탈면의 경우 지질구조 및 불연속면의 특성에 의해 안정성을 평가하게 된다. 따라서 본 검토에서는 토사와 암반 비탈면의 파괴특성 차이를 고려하여 본 계획 노선의 비탈면을 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 안정검토를 실시하였다.

7.1.2 검토내용

본 구간의 검토대상 비탈면에 대하여 현장조사 및 실내시험을 통하여 얻은 성과를 토대로 검토한 내용은 다음과 같다.

- 현장조사 적정성 분석 및 비탈면 설계정보 선정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정보 선정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보토공법 검토

7.2 선정기준

7.2.1 선정기준

과업구간에 계획되는 비탈면 중 흙쌓기 구간의 검토대상 선정은 일반적으로 흙쌓기 높이가 10m 이상, 휘기구간은 절취비탈면 높이가 20m 이상 되는 비탈면을 원칙으로 하였으며, 그 외 현상 조건 및 토질조건에 따른 대상은 다음의 기준에 따라 선정하였다.

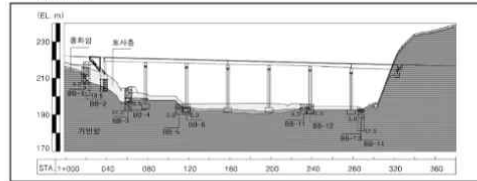
232 지반조사 현황
233 조사 항목 및 수행

성주~영천 고속도로 민간투자사업 실시일계

5.3 지층 분포 특성

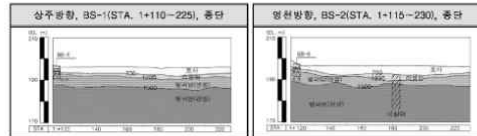
가. 산성교

1) 시추조사



- 퇴적/풍적층은 점토질 모래 및 진석으로 0.8~2.3m 두께로 분포하며, N치는 11/30~24/30 임
- 풍화토는 점토질 모래 및 진석으로 1.1~7.4m의 두께로 분포하며, N치는 12/30~50/11 임
- 풍화암은 0.2~1.0m 두께로 분포하며 N치는 50/10~50/1 임
- 기반암은 0.5~7.4m 심도에서 출현하며, TCR=50~100%, RQD=0~92%

2) 굴절법반성파탐사



제 5 장 교량구간 지반특성 분석 및 설계적용

나. 감도 특성 분석

- 불화대응 감도향수 신청을 위해 시후공천단시험 실시

BB-2 (중하중)

Load (kN)

Displacement (mm)

BB-25 (중하중)

Load (kN)

Displacement (mm)

분석 결과

- BB-2 :
 - c : 13.1 kPa
 - ϕ : 27.4°
- BB-25 :
 - c : 17.9 kPa
 - ϕ : 28.0°

• **유체화 압도점수 :**
 - c : 13.1 ~ 17.9 kPa
 - ϕ : 27.4 ~ 28.0°

• 토사층, 풍화대층 및 기반암층 변형계수를 산정하기 위하여 LLT, PMT, GMI 실시

강	변	심도(m)	연계수치(MPa)	지층	시험기종
BB-1	6.0	19.34	용화암	LLT	
BB-4	6.3	3,400	연암	GMJ	
BB-14	4.5	9,500	경암	GMJ	
BB-22	14.0	4,050	연암	PMT	
BB-25	4.5	96.18	용화암	LLT	
BB-31	6.0	118.0	용화암	PMT	
BB-38	5.5	109.0	용화암	PMT	
BB-47	5.0	301.0	연암	PMT	
BB-55	5.7	13,600	경암	GMJ	

심도와 연계수치 상관관계 분석

* 용화암: 용화암(19MPa), 용화암(108MPa), 연암(2,584MPa), 경암(11,550MPa).

- 동적물성치를 산정하기 위하여 S-PS검출, MASW 탐사 실시

[illegible]

151

화남1교- 15

18.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검, 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 10회, 정밀안전점검2회 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 18.2.1】 화남1교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전점검	화남1교의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속슬래브 파손, 난간 균열, 신축이음 후타재 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전점검	화남1교의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속부 파손, 난간 균열, 신축이음 후타재 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전점검	화남1교의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속부 파손, 난간 균열 및 들뜸, 신축이음 후타재 균열, 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전점검	화남1교의 외관조사 결과, 난간 균열 및 들뜸, 이격, 접속부 단차, 신축이음 후타재 균열, 파손, 교량받침 무수축물탈 균열, 받침콘크리트 재료분리 등의 손상이 조사되었다. 기 점검 이후 일부 손상의 경우 하자보수를 실시한 것으로 확인되었으며, 현재 보수부의 상태는 양호한 것으로 조사되었다. 미 보수된 기 손상부의 경우 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다. 특히 방호벽 중분대 이격, 들뜸, 접속부 단차의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.	양호

【표 18.2.1】 화남1교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전점검	- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 화남1교에 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 화남1교의 안전등급은 「기능 발취에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결합, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.	B
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전점검	화남1교의 외관조사 결과, 난간 균열, 파손, 신축이음 후타재 균열, 교량받침 무수축물탈 균열, 바닥판하면 균열, 교대 백태 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
7	2020. 08. 31 ~ 2020. 12. 31	정기안전점검	화남1교의 외관조사 결과, 난간 균열, 파손, 신축이음 후타재 균열, 교량받침 무수축물탈 균열, 바닥판하면 균열, 교대 백태 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
8	2021. 03. 08 ~ 2021. 06. 07	정기안전점검	화남1교 (7공구)의 외관조사 결과, 난간 균열, 파손, 신축이음 후타재 균열, 교량받침 무수축물탈 균열, 바닥판하면 균열, 교대 백태 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 18.2.1】 화남1교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
9	2021. 08. 25 ~ 2021. 12. 31	정밀안전점검	- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 화남1교에 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 화남1교의 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 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.	B
10	2022. 05. 16 ~ 2022. 06. 24	정기안전점검	- 방호벽 균열(폭0.3mm내/외), 파손, 접속부 파손, 방호벽 단차 - 신축이음 후타재 균열, 본체 이물질 퇴적, 차수판 볼트파손 - 교량받침 무수축물탈 균열 - 바닥판하면 균열(폭0.3mm미만) - 교대 백태, 체수	양호

【표 18.2.1】 화남1교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
11	2022. 09. 19 ~ 2022. 12. 31	정기안전점검	- 방호벽 균열(폭0.3mm내/외), 파손, 접속부 파손, 방호벽 단차 - 신축이음 후타재 균열, 본체 이물질 퇴적, 차수판 볼트파손 - 교량받침 무수축물탈 균열 - 바닥판하면 균열(폭0.3mm미만) - 교대 백태, 체수	양호
12	2023. 04. 03 ~ 2023. 06. 30	정기안전점검	- 방호벽 균열(폭0.3mm내/외), 파손, 접속부 파손, 방호벽 단차 - 신축이음 후타재 균열, 본체 이물질 퇴적, 차수판 볼트파손 - 교량받침 무수축물탈 균열 - 바닥판하면 균열(폭0.3mm미만) - 교대 백태, 체수	양호

18.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년12월)

가. 외관조사결과

1) 상주방향

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판하면	■ 바닥판하면의 기 손상인 균열의 진전은 미미한 상태이며, 신규 손상은 확인되지 않았다. ■ 바닥판에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.	
Steel Box Girder	■ 거더 내,외부의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
가로보	■ 가로보 및 세로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	■ 기 손상인 백태, 체수의 진전은 미미한 것으로 조사되었고, 금회 신규손상은 확인되지 않았다. ■ 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수, 백태가 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수가 필요하며, 부재의 사용성 확보차원의 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.	
교량받침	■ 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 받침장치는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. ■ 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	■ 신축이음 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태이나, 금회 차수판 볼트 파손 1개소가 확인되었다. ■ 신축이음장치는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었고, 공용중 열화에 의한 차수판 볼트 파손이 조사되었고, 정비 등의 유지관리가 요구된다. ■ 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 20.6℃(9월 14일)로써 이때 측정유간은 13.0~18.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
교면포장	■ 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.	
배수시배수시설	■ 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	■ 방호벽은 금회 정밀조사로 인한 균열, 접속부 파손이 확인되었다. ■ 방호벽에 발생한 균열부는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 또한 접속부 파손의 경우 초기 침하로 인한 손상으로 추정되며 단면보수 등의 조치가 필요하다.	
교량 점검시설	■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	

2) 영천방향

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판하면	■ 바닥판하면의 기 손상인 폭 0.3mm미만 균열이 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 상태이며, 금회 정밀 조사로 인한 균열이 다수 조사되었다. ■ 바닥판에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.	
Steel Box Girder	■ 거더 내,외부는 기 손상이 없는 양호한 상태이며, 금회 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다. ■ 거더 내,외부의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
가로보	■ 가로보 및 세로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	■ 기 손상인 체수(누수흔적)의 진전은 미미한 것으로 확인되었고, 신규 손상은 확인되지 않았다. ■ 교대에 외측 우수를 통한 체수가 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.	
교량받침	■ 기 손상인 무수축물탈 균열의 손상 및 신규 손상은 확인되지 않았다. ■ 무수축물탈에서 조사된 균열은 국부적으로 발생된 폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 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, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.	
신축이음장치	■ 신축이음 현장조사 결과, 기 손상인 후타재 균열(0.3mm미만), 후타재 박리가 확인되었고, 손상의 진전 및 신규 손상은 확인되지 않았다. ■ 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 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적이 조사되었고, 손상의 진전시 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. ■ 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 20.6℃(9월 14일)로써 이때 측정유간은 14.0~18.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
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	■ 방호벽은 기 손상 균열 및 파손, 접속부 파손이 확인되었고, 진전은 미미한 상태이고, 금회 방호벽 단차, 균열이 추가 조사되었다. ■ 방호벽에 발생한 균열은 초기 건조수축, 공용기간 증가, 조기 거푸집 탈형 등 복합적 원인에 의한 손상으로 주입보수 등의 조치가 요구된다. 또한 발생한 파손, 접속부 파손, 단차의 경우 접속부 침하, 외부 충격 등에 의한 원인으로 추정되며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여후 확인 후 단면보수 등의 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.	
교량점검시설	■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위		시험 결과(상주방향)		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.2	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.5~27.3	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.0~97.0	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	27.0~28.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.7~27.4	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.0~96.0	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
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
화남1교	0.139	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
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	표면처리	10.0	3.8	m	—	—	하자
교대	백태	표면처리	0.02	0.1	m²	—	—	하자
	체수	표면처리	4.0	6.0	m²	—	—	하자
신축이음	차수판 볼트파손	정비	1.0	1.5	EA	25	25	3순위
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	24.0	9.0	m	54	1,296	3순위
	접속부 파손	단면보수	0.6	0.9	m²	165	99	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		1,420		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		710		
	합계	—		—		2,130		
개략공사비 총계(천원)		2,130						

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
바닥판	균열(0.3mm미만)	표면처리	30.0	11.3	m	—	—	하자
교대	체수	표면처리	1.0	1.5	m ²	—	—	하자
교량받침	무수축물탈 균열(0.3mm미만)	표면처리	0.1	0.1	m	54	5	3순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	3.2	4.8	m	54	173	3순위
	이물질퇴적	정비	2.0	3.0	m	25	50	3순위
방호벽	균열(0.3mm이상)	주입보수	4.5	6.8	m	65	293	3순위
	파손 및 접속부 파손	단면보수	0.2	0.3	m ²	165	33	3순위
	방호벽 단차	단면보수	1.5	2.3	m	165	248	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	—		—			802	
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—			401	
	합계	—		—			1,203	
개략공사비 총계(천원)		1,203						

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 화남1교에 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 화남1교의 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.

18.2.4 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 기 손상인 교대 체수, 백태, 바닥판 균열, 후타재 균열, 방호벽 균열, 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.	

18.2.5 시설물 보수 이력

【표 18.2.2】 화남1교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	신축이음 차수판 볼트체결볼량 보수	하자보수	19년 01월 ~ 19년 6월	-	경남기업(주)	-

18.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 18.2.3】 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.			

18.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

18.2.8 자료수집 현황

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

18.3 현장조사

18.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 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	도보, 고소차	2023.08.08.~2023.10.31.	
			
고소점검차를 이용한 근접조사		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
비파괴시험		비파괴시험	

【사진 18.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

18.3.2 상주방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 화남1교는 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.0m 폭 12.2m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 18.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만)이 발생하였다.

【표 18.3.1】 바닥판하면 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
S1	35.00	35
합계	35.00	35

			
손상현황	• S1 균열(0.2mm/1.0m*10EA)	손상현황	• S1 균열(0.2mm/1.0m*25EA)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 18.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검에서 균열(0.3mm미만)이 조사되었고 손상의 진전은 미미한 상태로 확인되었다. 금회 정밀안전점검 결과 균열(0.3mm미만)이 신규 추가 조사되었다.

【표 18.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	m	10.00	10	35.00	35	▲ 25.00	신규추가

4) 검토의견

- 바닥판에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

나. Steel Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Girder로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 18.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더 내,외부에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.3】 거더 내,외부 외관조사 결과

구분		상태양호	
거더내부	S1	—	—
거더외부	S1	—	—
합계		—	—

			
손상현황	• 거더외부 상태양호	손상현황	• 거더내부 상태양호
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 18.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더 내,외부는 기 손상이 없는 양호한 상태이며, 금회 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 18.3.4】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더내부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
거더외부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

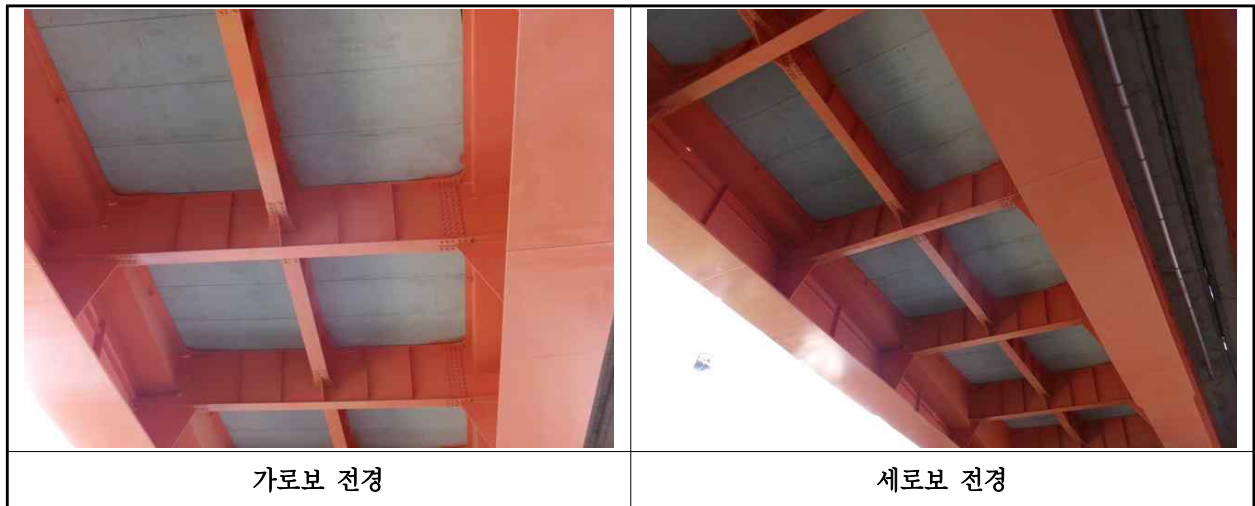
4) 검토의견

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

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 18.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.5】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 세로보 상태양호	손상현황	• 세로보 상태양호
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 18.3.7】 가로보 및 세로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 18.3.6】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 화남1교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 18.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 외관조사 결과, 백태, 체수흔적, 누수흔적 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 18.3.7】 교대 외관조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)		체수흔적 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	
A1	0.02	1	4.00	2	5.00	1
A2	—	—	—	—	—	—
합계	0.02	1	4.00	2	5.00	1



【사진 18.3.9】 교대 손상현황

			
손상현황	• A1 체수흔적 (1.0m×3.0m)	손상현황	• A1 누수흔적 (5.0m×1.0m)
원 인	• 신축이음 하부 누수, 마감불량	원 인	• 신축이음 하부 누수, 마감불량
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 18.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회점검에서 조사된 백태, 체수흔적 손상의 진전은 미미한 것으로 조사되었고, 금회 정밀안전점검 결과 누수흔적이 신규 조사되었다.

【표 18.3.8】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	백태	m ²	0.02	1	0.02	1	— —	변동없음
	체수흔적	m ²	4.00	2	4.00	2	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	—	—	5.00	1	▲ 5.00	신규손상

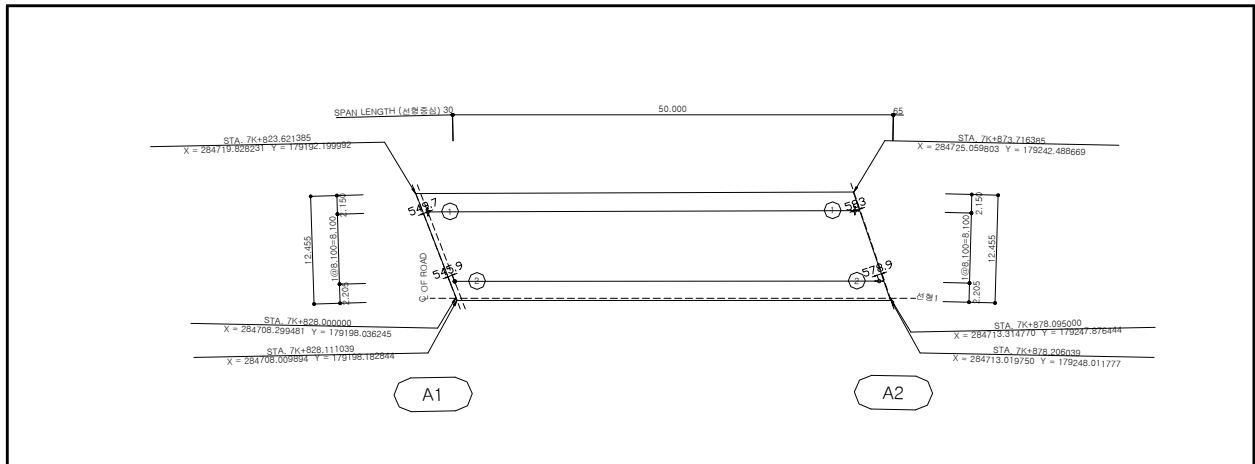
4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수흔적, 누수흔적, 백태가 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수가 필요하며, 부재의 사용성 확보차원의 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 화남1교의 받침은 면진받침으로 총 4개소가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 18.3.1】 교량받침 배치도



【사진 18.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.9】 교량받침 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 교량받침 상태양호	손상현황	• 교량받침 상태양호
원 인	-	원 인	-
조치방안	-	조치방안	-

【사진 18.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 정밀안전점검과 금회 정밀안전점검에서 별도의 손상은 조사되지 않았다.

【표 18.3.10】 교량받침 기 점검 결과 비교

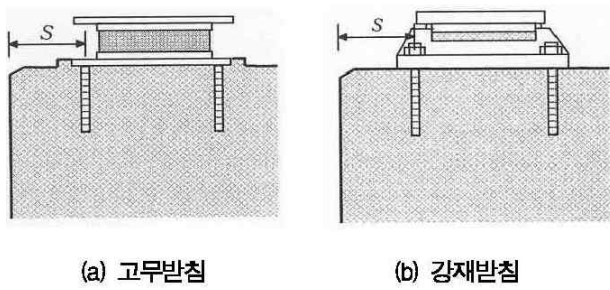
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 받침장치는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

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 18.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 18.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200 + 5 \times 50 = 450(\text{mm})$

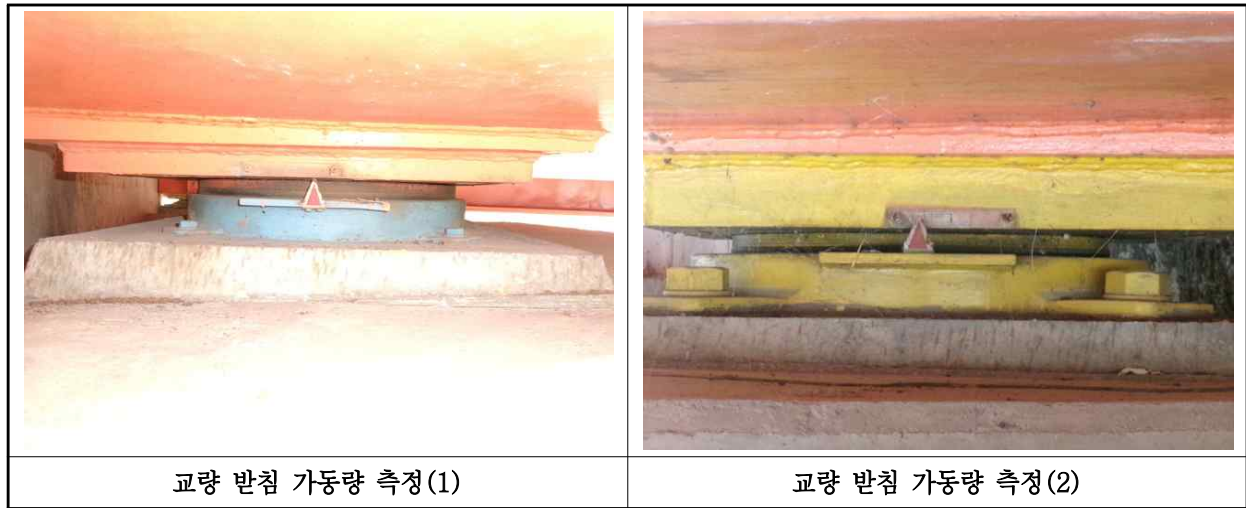
【표 18.3.11】 연단거리 측정 결과

구 분	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)		검토 결과
		Sh1	Sh2	
A1	450	645	655	O.K
A2	450	600	653	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 18.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도($-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 18.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	33.9	16.1	0.000012	50.0	20.3	9.7	
1) 조사당시 온도 : 23.9 $^{\circ}\text{C}$ (조사일 : 2023년 9월 11일, 평균온도, 영천)							
2) 검토온도 : -10 $^{\circ}\text{C}$ ~ 40 $^{\circ}\text{C}$ (보통지방)							

【표 18.3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1		고정단						
A2		SH1	35	85	15	20.3	9.7	±50
		SH2	35	85	15			±50
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

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

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2에 모노셀 조인트로 시공된 상태이다. 점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.



【사진 18.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과, 차수판 볼트 파손이 확인되었다.

【표 18.3.14】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	차수판 볼트파손 (EA/개소)	
A1 (EXP J1)	1.00	1
A2 (EXP J2)	—	—
합계	1.00	1

			
손상현황	• A1 차수판 볼트파손(1EA)	손상현황	• A2 신축이음 상태양호
원 인	• 시공미흡, 열화	원 인	—
조치방안	• 정비	조치방안	—

【사진 18.3.15】 신축이음 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검에서 차수판 볼트파손이 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다. 금회 정밀안전점검 결과 신규 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 18.3.15】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	차수판 볼트파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 신축이음장치는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었고, 공용중 열화에 의한 차수판 볼트 파손이 조사되었고, 정비 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(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. 11. 기온 적용: 23.9℃(일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃-23.9℃ = 16.1℃ ΔT(수축시) : -10.0℃-(23.9℃) = 33.9℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃) <table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강 교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	강 교	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}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)																	
강 교	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 18.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 18.3.16】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팽창 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	고정단									
A2	33.9	16.1	0.000012	50.0	20.3	9.7	12.0	30.0	10.0	
1) 조사당시 온도 : 20.6 $^{\circ}C$ (조사일 : 2021년 9월 14일, 평균온도, 영천) 2) 검토온도 : -10 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (보통지방)										

【표 18.3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분	계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
	최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	고정단						
A2	20.3	9.7	10.0	60	30.3	0.3	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 거더 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 23.9℃(9월 11일)로써 이때 측정유간은 10.0~15.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 화남1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 콘크리트 포장으로 되어 있다.



【사진 18.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장의 현장조사 결과 포장은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.18】 교면포장 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 교면포장 상태양호	손상현황	• 교면포장 상태양호
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 18.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교면포장은 기 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다 .

【표 18.3.19】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

4) 검토의견

- 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 화남1교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



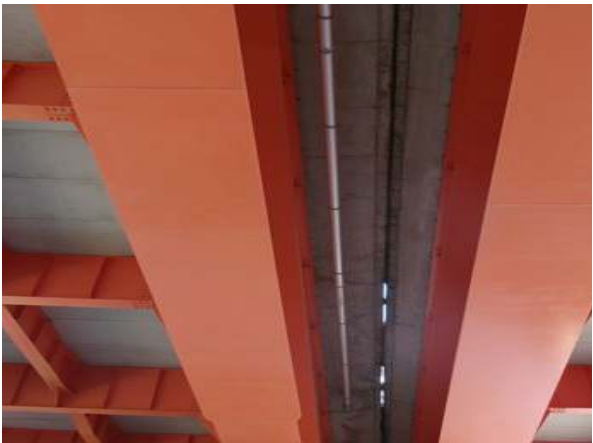
【사진 18.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 18.3.20】 배수시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

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

【사진 18.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 18.3.21】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		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.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 18.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 접속부 파손이 확인되었다.

【표 18.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	24.00	16	0.60	1
합계	24.00	16	0.60	1

			
손상현황	• S1 균열(0.2mm/1.5m*16EA)	손상현황	• S1 접속부 방호벽 파손(0.4m×1.5m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 외부충격 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수

【사진 18.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검에서 균열(0.3mm미만), 접속부 파손이 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다. 금회 정밀안전점검 결과 신규 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 18.3.23】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	24.00	16	24.00	16	— —	변동없음
	접속부 파손	m ²	0.60	1	0.60	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열부는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 또한 접속부 파손의 경우 초기 침하로 인한 손상으로 추정되며 단면보수 등의 조치가 필요하다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 화남1교 상주방향의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2에 철근 콘크리트 재질의 점검계단이 설치되어 있다.



【사진 18.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 설치된 점검계단 조사 시 콘크리트 상태, 침하 여부 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.24】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2		
합계	—	—

			
손상현황	• 교대 점검계단 상태양호	손상현황	• 교대 점검계단 상태양호
원 인	-	원 인	-
조치방안	-	조치방안	-

【사진 18.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 점검로의 경우, 손상이 없는 상태로 신규손상은 추가 확인되지 않았다.

【표 18.3.25】 교량점검시설 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 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.

18.3.3 영천방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 화남1교는 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.0m 폭 12.2m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



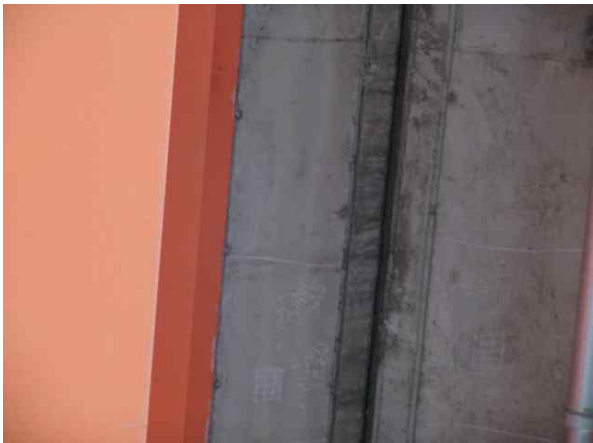
【사진 18.3.25】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 캔틸레버부에 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 18.3.26】 바닥판하면 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
S1	30.00	35
합계	30.00	35

			
손상현황	• S1 균열(0.2mm/0.5m*10EA)	손상현황	• S1 균열(0.2mm/1.0m*25EA)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 18.3.26】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판하면의 기 손상인 균열(0.3mm미만)이 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 상태이며, 금회 정밀안전점검 결과 신규 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 18.3.27】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	m	30.00	35	30.00	35	- -	변동없음

4) 검토의견

- 바닥판에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

나. Steel Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Girder로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 18.3.26】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.28】 거더 외관조사 결과

구분		상태양호	
거더내부	S1	—	—
거더외부	S1	—	—
합계		—	—

			
손상현황	• 거더 외부 상태양호	손상현황	• 거더 내부 상태양호
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 18.3.27】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더 내,외부는 기 손상이 없는 양호한 상태이며, 금회 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 18.3.29】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더내부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
거더외부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

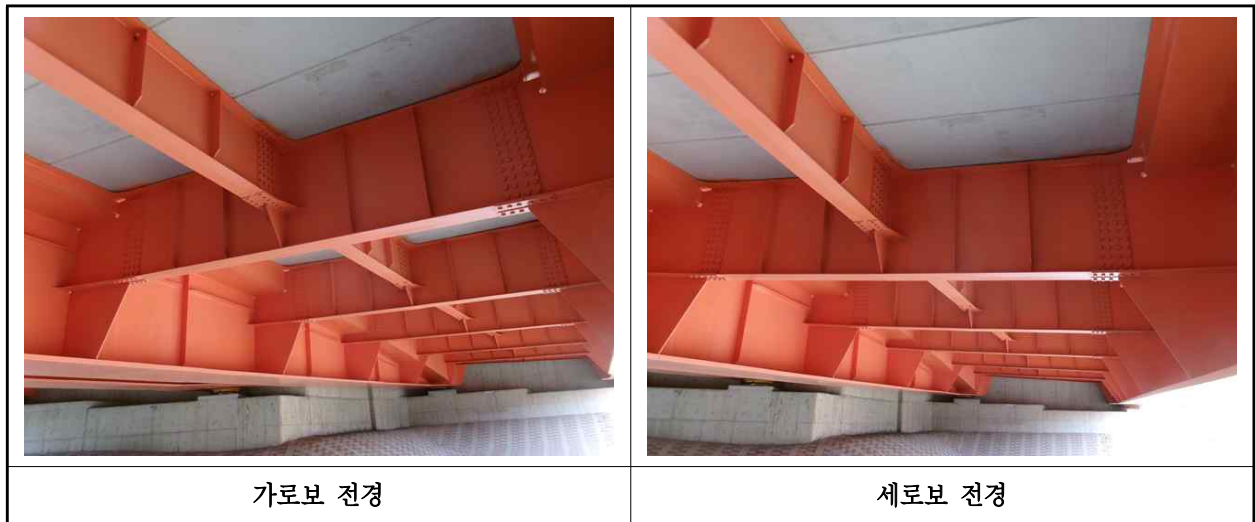
4) 검토의견

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

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 18.3.28】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.30】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 가로보 상태양호	손상현황	• 세로보 상태양호
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 18.3.29】 가로보 및 세로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 18.3.31】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 화남1교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 18.3.30】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 A1에 체수흔적 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 18.3.32】 교대 외관조사 결과

구분	체수흔적 (㎡/개소)	
A1	1.00	1
A2	—	—
합계	1.00	1

			
손상현황	• A1 체수흔적(1.0m×1.0m)	손상현황	• A2 교대 상태양호
원 인	• 신축이음 하부 누수, 외측 우수유입	원 인	—
조치방안	• 표면처리	조치방안	—

【사진 18.3.31】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검에서 체수흔적이 조사되었고 손상의 진전은 미미한 상태로 확인되었다. 금회 정밀 안전점검 결과 신규 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 18.3.33】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	체수흔적	m ²	1.00	—	1.00	1	— —	변동없음

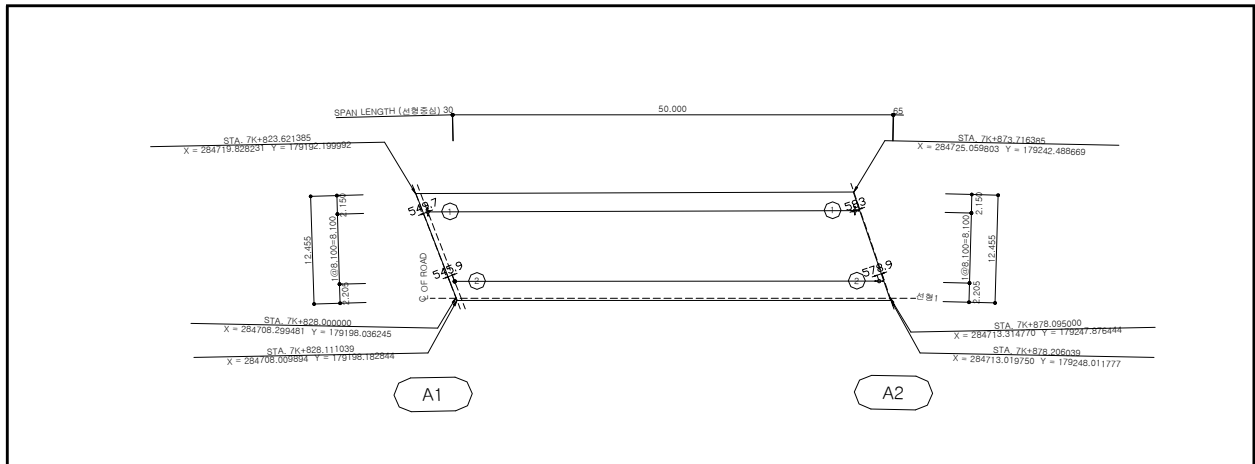
4) 검토의견

- 교대에 외측 우수 및 신축이음 하부 누수 등을 통한 체수흔적이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 화남1교의 받침은 면진받침으로 총 4개소가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 18.3.3】 교량받침 배치도



【사진 18.3.32】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 무수축물탈균열(0.3mm미만) 균열이 국부적으로 조사되었다.

【표 18.3.34】 교량받침 외관조사 결과

구분	무수축물탈균열(0.3mm미만) (m/개소)	
A1	0.20	1
A2	—	—
합계	0.20	1

			
손상현황	• A1-Sh1 무수축물탈균열(0.1mm/0.2m)	손상현황	• A2-Sh2 무수축물탈균열 보수현황
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 상태양호
조치방안	• 표면처리	조치방안	-

【사진 18.3.33】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검에서 조사된 A2측 무수축물탈균열(0.3mm미만)의 경우, 금회 정밀안전점검 결과 보수된 것이 확인되었고, A1에 신규 무수축물탈균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 18.3.35】 교량받침 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	무수축물탈균열(0.3mm미만)	m	0.10	1	0.20	1	▲ 0.10	보수/신규추가

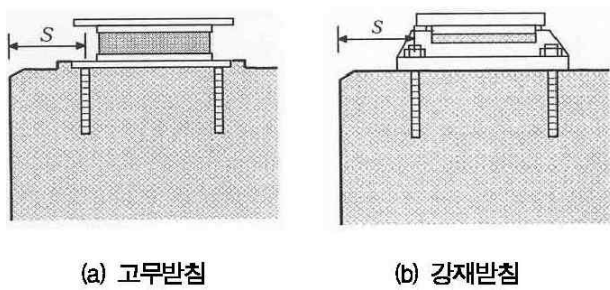
4) 검토의견

- 교량받침에 조사된 무수축물탈균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 거푸집 조기 탈거, 시공 미흡 등에 의한 손상으로 시설물에 영향을 미치는 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

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 18.3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 18.3.34】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200 + 5 \times 50 = 450(\text{mm})$

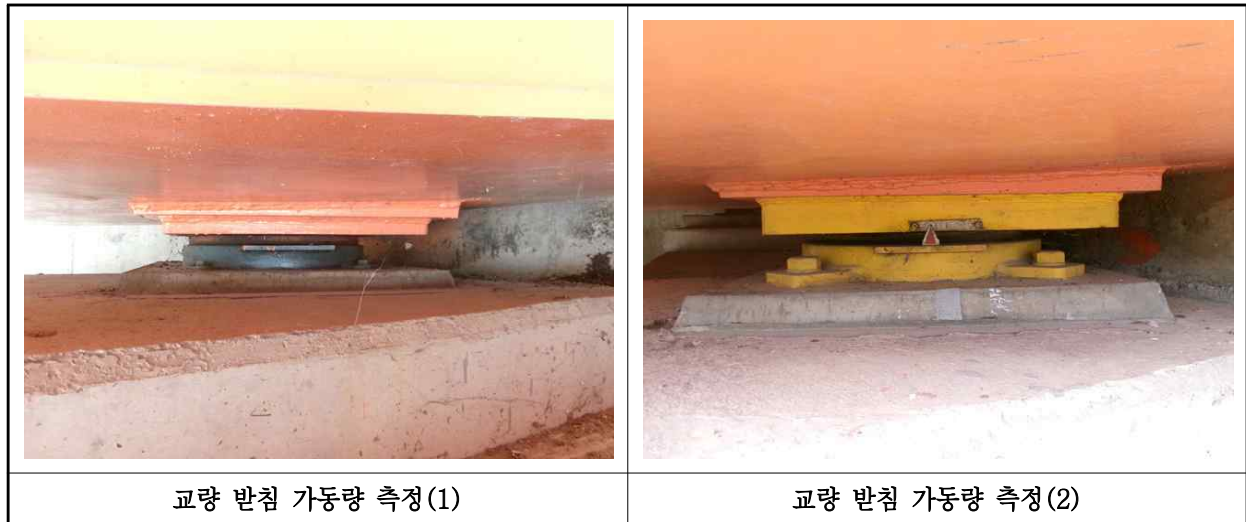
【표 18.3.36】 연단거리 측정 결과

구 분	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)		검토 결과
		Sh1	Sh2	
A1	450	660	665	O.K
A2	450	670	665	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 18.3.35】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 18.3.37】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선판창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	33.9	16.1	0.000012	50.0	20.3	9.7	
1) 조사당시 온도 : 23.9 $^{\circ}C$ (조사일 : 2023년 9월 11일, 평균온도, 영천) 2) 검토온도 : -10 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (보통지방)							

【표 18.3.38】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1		고정단						
A2		SH1	30	80	20	20.3	9.7	±50
		SH2	30	80	20			±50
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

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

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2에 모노셀 조인트로 시공된 상태이다. 점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.



【사진 18.3.36】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만), 본체 이물질퇴적이 조사되었다.

【표 18.3.39】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열(0.3mm미만) (m/개소)		이물질퇴적 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	1.50	5	—	—
A2 (EXP J2)	1.70	17	2.00	2
합계	3.20	22	2.00	2

			
손상현황	• A1 후타재 균열(0.2mm/0.1m*17EA)	손상현황	• A2 후타재 균열(0.2mm/0.3*5EA)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 18.3.37】 신축이음 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 신축이음 현장조사 결과, 기 손상인 후타재 균열(0.3mm미만), 후타재 박리가 확인되었고, 손상의 진전 및 신규 손상은 확인되지 않았다.

【표 18.3.40】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	3.20	22	3.20	22	— —	변동없음
	이물질퇴적	m	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음

4) 검토의견

- 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 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적이 조사되었고, 손상의 진전시 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법	비고																			
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta Lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, ΔLt : 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. 11. 기온 적용: 23.9℃(일평균) ΔT(신장시) : $40.0^{\circ}\text{C} - 23.9^{\circ}\text{C} = 16.1^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-10.0^{\circ}\text{C} - (23.9^{\circ}\text{C}) = 33.9^{\circ}\text{C}$ ΔLt(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강 교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	강 교	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}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)																	
강 교	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 18.3.38】 신축이음 유간 측정방법

【표 18.3.41】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팽창 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	고정단									
A2	33.9	16.1	0.000012	50.0	20.3	9.7	14.0	20.0	25.0	
1) 조사당시 온도 : 23.9 $^{\circ}C$ (조사일 : 2023년 9월 11일, 평균온도, 영천) 2) 검토온도 : -10 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (보통지방)										

【표 18.3.42】 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	고정단						
A2	20.3	9.7	14.0	60.0	34.3	4.3	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 23.9℃(9월 11일)로써 이때 측정유간은 14.0~17.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 화남1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 콘크리트 포장으로 되어 있다.



【사진 18.3.39】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 포장 균열, 포장 표면박리, 접속부 이격이 조사되었다.

【표 18.3.43】 교면포장 외관조사 결과

구분	포장 균열 (m/개소)		포장 표면박리 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	3.00	1	75.00	1	2.00	1
합계	3.00	1	75.00	1	2.00	1

			
손상현황	• S1 포장 균열(L=3.0m)	손상현황	• S1 포장 균열(L=3.0m)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량운하중	원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량운하중
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S3 포장 표면바리(50.0m×1.5m)	손상현황	• S1 접속부 이격(L=2.0m)
원 인	• 장기공용, 차량운하중, 열화	원 인	• 시공미흡 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰

【사진 18.3.40】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 양호한 상태였으나, 금회 정밀안전점검 결과 포장 균열, 포장 표면바리, 접속부 이격이 신규 조사되었다.

【표 18.3.44】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장 균열	m	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
	포장 표면박리	m ²	—	—	75.00	1	▲ 75.00	신규손상
	접속부 이격	m	—	—	2.00	1	▲ 2.00	신규손상

4) 검토의견

- 교면포장에 조사된 포장 균열, 포장 표면박리는 건조수축, 장기공용, 차량운하중 등 복합적인 원인에 의한 손상이며, 갓길 끝쪽에 위치하여 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 표면처리 및 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. 접속부 이격부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 주의관찰이 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 화남1교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 18.3.41】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태이다.

【표 18.3.45】 배수시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

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

【사진 18.3.42】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 18.3.46】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		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.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 18.3.43】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm이상)이 확인되었고, 파손 및 접속부 파손, 방호벽 단차가 확인되었다.

【표 18.3.47】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm이상) (m/개소)		파손 및 접속부 파손 (㎡/개소)		방호벽 단차 (m/개소)	
S1	5.50	3	0.20	2	1.50	1
합계	5.50	3	0.20	2	1.50	1

			
손상현황	• S1 방호벽 균열(0.3mm/1.0m)	손상현황	• S1 방호벽 균열(0.3mm/1.5m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 주입보수	조치방안	• 주입보수
			
손상현황	• S1 방호벽 균열(0.3mm/3.0m)	손상현황	• S1 중분대 접속부 파손(0.1m×1.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 외부충격 등
조치방안	• 주입보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S1 중분대 파손(0.1m×1.0m)	손상현황	• S1 중분대 접속부 단차(L=1.5m)
원 인	• 외부충격 등	원 인	• 시공미흡, 침하
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰

【사진 18.3.44】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검에서 균열(0.3mm이상), 파손 및 접속부 파손, 접속부 단차가 조서되었고, 손상의 진전은 미미한 상태로 확인되었다. 금회 정밀안전점검 결과 균열(0.3mm이상)이 추가 조사되었다.

【표 18.3.48】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열(0.3mm이상)	m	4.50	2	5.50	3	▲ 1.00	신규추가
	파손 및 접속부 파손	m²	0.20	2	0.20	2	— —	변동없음
	방호벽 단차	m	1.50	1	1.50	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열은 초기 건조수축, 공용기간 증가, 조기 거푸집 탈형 등 복합적 원인에 의한 손상으로 주입보수 등의 조치가 요구된다. 또한 발생한 파손, 접속부 파손, 단차의 경우 접속부 침하, 외부 충격 등에 의한 원인으로 추정되며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여후 확인 후 단면보수, 주의관찰 등의 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 화남1교 영천방향의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2에 철근 콘크리트 재질의 점검계단이 설치되어 있다.



【사진 18.3.45】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 설치된 점검계단 조사 시 콘크리트 상태, 침하 여부 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.49】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2		
합계	—	—

			
손상현황	• 교대 점검계단 상태양호	손상현황	• 교대 점검계단 상태양호
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 18.3.46】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 점검로의 경우, 손상이 없는 상태로 신규손상은 추가 확인되지 않았다.

【표 18.3.50】 교량점검시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 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.

18.3.4 외관조사 총괄표

【표 18.3.51】 상주방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	35.00	35	
거더외부, 내부	상태양호	—	—	—	
가로보 및 세로보	상태양호	—	—	—	
교대	백태	m ²	0.02	1	
	채수흔적	m ²	4.00	2	
	누수흔적	m ²	5.00	1	
교량받침	상태양호	—	—	—	
신축이음	차수판 볼트파손	EA	1.00	1	
교면포장	상태양호	—	—	—	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	24.00	16	
	접속부 파손	m ²	0.60	1	
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	

【표 18.3.52】 영천방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	30.00	35	
거더외부, 내부	상태양호	—	—	—	
가로보 및 세로보	상태양호	—	—	—	
교대	채수흔적	m ²	1.00	1	
교량받침	무수축물탈균열(0.3mm미만)	m	0.20	1	
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	3.20	22	
	이물질퇴적	m	2.00	2	
교면포장	포장 균열	m	3.00	1	
	포장 표면박리	m ²	75.00	1	
	접속부 이격	m	2.00	1	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	균열(0.3mm이상)	m	5.50	3	
	파손 및 접속부 파손	m ²	0.20	2	
	방호벽 단차	m	1.50	1	
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	

18.3.5 전회차 손상물량 비교

【표 18.3.53】 상주방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	균열(0.3mm미만)	m	10.00	10	35.00	35	▲ 25.00	신규추가
거더내부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
거더외부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
가로보 및 세로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
교대	백태	m ²	0.02	1	0.02	1	— —	변동없음
	채수흔적	m ²	4.00	2	4.00	2	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	—	—	5.00	1	▲ 5.00	신규손상
교량받침	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
신축이음	차수판 볼트파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
교면포장	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	24.00	16	24.00	16	— —	변동없음
	접속부 파손	m ²	0.60	1	0.60	1	— —	변동없음
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

【표 18.3.54】 영천방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	균열(0.3mm미만)	m	30.00	35	30.00	35	— —	변동없음
거더내부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
거더외부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
가로보 및 세로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
교대	채수흔적	m ²	1.00	—	1.00	1	— —	변동없음
교량받침	무수축물탈균열(0.3mm미만)	m	0.10	1	0.20	1	▲ 0.10	보수/신규추가
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	3.20	22	3.20	22	— —	변동없음
	이물질퇴적	m	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
교면포장	포장 균열	m	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
	포장 표면박리	m ²	—	—	75.00	1	▲ 75.00	신규손상
	접속부 이격	m	—	—	2.00	1	▲ 2.00	신규손상
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
방호벽	균열(0.3mm이상)	m	4.50	2	5.50	3	▲ 1.00	신규추가
	파손 및 접속부 파손	m ²	0.20	2	0.20	2	— —	변동없음
	방호벽 단차	m	1.50	1	1.50	1	— —	변동없음
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

18.4 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.

18.4.1 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 18.4.1】 상주방향 콘크리트 비파괴시험 현황

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

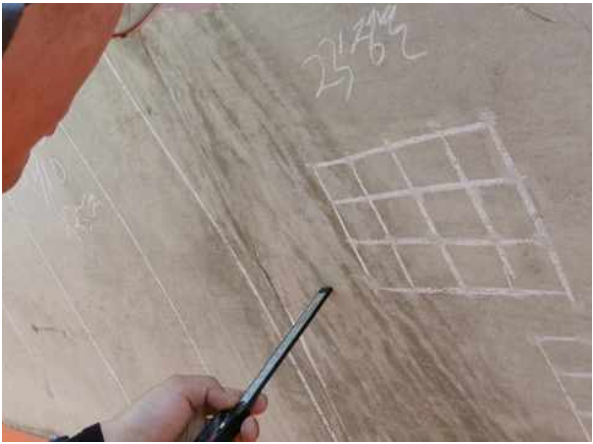
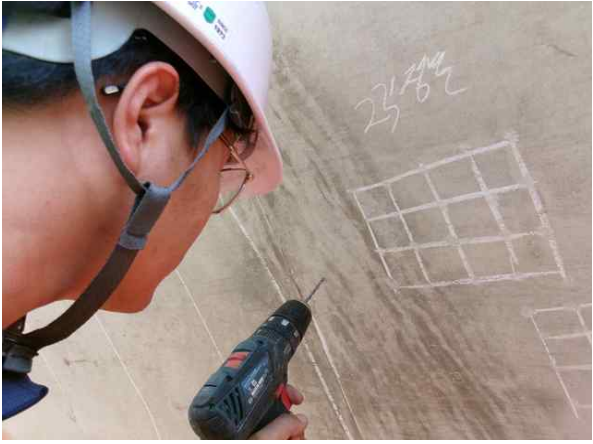
【표 18.4.2】 영천방향 콘크리트 비파괴시험 현황

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

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

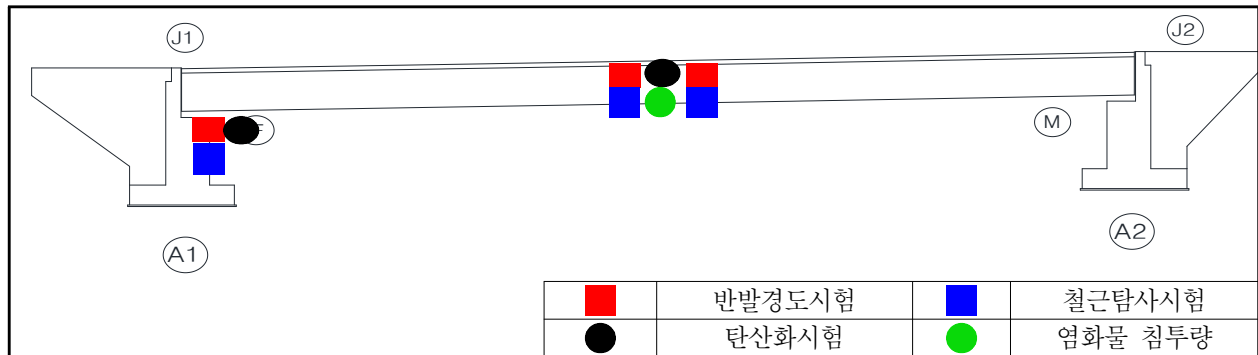
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 교량점검차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 비파괴 선정 위치는 외관조사망도를 참고하여 건전부와 비건전부를 선정 후 비파괴시험을 실시하였고, 기존에 실시한 부위의 경우 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

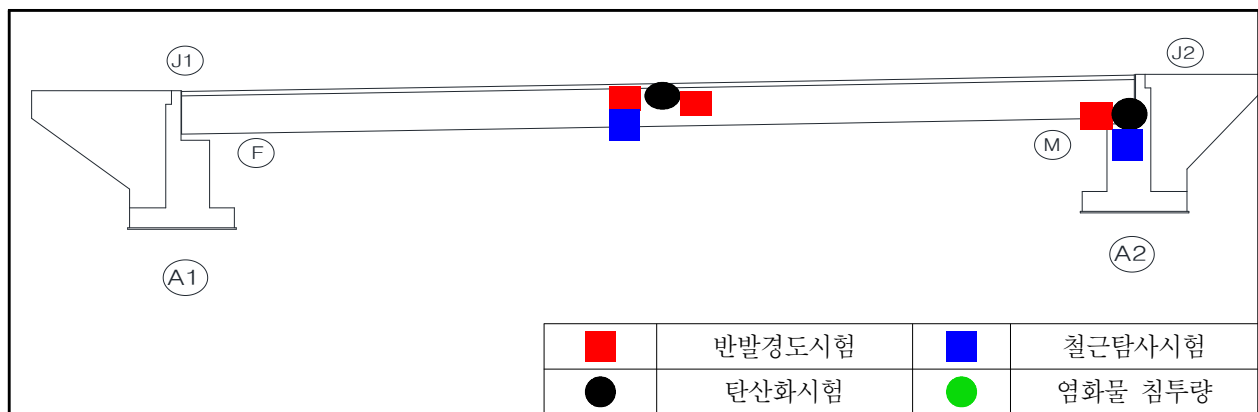
	
반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황
	
철근탐사시험	염화물침투량 시험

【사진 18.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 18.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(상주방향)



【그림 18.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(영천방향)

18.4.2 시험결과 및 분석

가. 상주방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 3개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 18.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	48.0	27.6	28.2	0.64	27.0	
	S1 바닥판하면(비건전)	47.5	27.2	28.0			

【표 18.4.4】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	44.6	24.8	26.7	0.64	24.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면) 27.2~28.2MPa, 하부구조(교대) 24.8~26.7MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 18.4.5】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2 ~ 28.2	27.0	100.7 ~ 104.4
하부구조	교대	24.8 ~ 26.7	24.0	103.3 ~ 111.3

② 기 점검결과와의 비교

【표 18.4.6】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판	27.1 ~ 28.2	27.2 ~ 28.2	27.0
	교대	25.5 ~ 27.3	24.8 ~ 26.7	24.0
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 18.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	4.5	41.0	36.5	a	1.84	100년이상	
하부구조	A1 교대	5.0	82.0	77.0	a	2.04	100년이상	

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 18.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	4.5	36.5	
하부구조	5.0	77.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 18.4.9】 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	3.0	37.0	a	4.5	36.5	a	
하부구조	3.0~5.0	95.0~97.0	a	5.0	77.0	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 3개소)을 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 18.4.10】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	47.7	27.4	28.1	0.64	27.0	
	S1 바닥판하면(비건전)	47.4	27.1	28.0			

【표 18.4.11】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A2 교대	44.0	24.3	26.4	0.64	24.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면) 27.1~28.1MPa, 하부구조(교대)
24.3~26.4MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회
하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는
공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 18.4.12】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1 ~ 28.1	27.0	100.4 ~ 104.1
하부구조	교대	24.3 ~ 26.4	24.0	101.3 ~ 110.0

② 기 점검결과와의 비교

【표 18.4.13】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판	27.0 ~ 28.1	27.1 ~ 28.1	27.0
	교대	25.7 ~ 27.4	24.3 ~ 26.4	24.0
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 18.4.14】 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	3.0	40.0	37.0	a	1.22	100년이상	
하부구조	A2 교대	7.0	79.0	79.0	a	2.86	100년이상	

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 18.4.15】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	3.0	37.0	
하부구조	7.0	79.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 18.4.16】 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	36.0	a	3.0	37.0	a	
하부구조	4.0~5.0	95.0~96.0	a	7.0	79.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측파복두께를 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

라. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 18.4.17】 상주방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2 ~ 28.2	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.8 ~ 26.7	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		77.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 18.4.18】 영천방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1 ~ 28.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3 ~ 26.4	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		79.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

마. 기 점검결과와 비교

【표 18.4.19】 상주방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1	~ 28.2	27.2	~ 28.2	■ 강도저하 없음
	하부구조	교대	25.5	~ 27.3	24.8	~ 26.7	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		37.0	a	36.5	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		95.0~97.0	a	77.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

【표 18.4.20】 영천방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.0	~ 28.1	27.1	~ 28.1	■ 강도저하 없음
	하부구조	교대	25.7	~ 27.4	24.3	~ 26.4	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.0	a	37.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		95.0~96.0	a	79.0	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.

18.5 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.

18.5.1 상태안전성능 평가

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

가. 상주방향 상태안전성능평가 결과

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 18.5.1】 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
S1	A1	SB-ARCH	b	a	a	a	a	b	a	a	b	q
	A2								a	a	a	q
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.100	0.100	0.150	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.025	0.004	0.004	0.003	0.004	0.007	0.015	0.038	—
											0.130	
											B	

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

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 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 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

이물질 퇴적, 후타재 미세균열이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태로 “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 상태안전성능평가 결과

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 18.5.2】 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	SB-ARCH	b	a	a	c	a	c	b	a	b	q
	A2								b	b	a	q
평균			0.200	0.100	0.100	0.400	0.100	0.400	0.200	0.150	0.150	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.025	0.004	0.016	0.003	0.008	0.014	0.023	0.038	—
											0.160	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.160) < 0.260$

라. 영천방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태인 “c” 로 평가됨.

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

② 도로포장

포장의 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태인 “c” 로 평가됨.

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

③ 도로부 신축이음부

이물질 퇴적, 후타재 미세균열이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태로 “b” 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 상태안전성능평가 결과

【표 18.5.3】 시설물 전체 상태안전성능평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
상주방향	0.130	B	50	2	100	0.500	0.065
영천방향	0.160	B	50	2	100	0.500	0.080
합계(Σ)			100	4	200	1.000	0.145
1. 평가지수 =							0.145
2. 상태평가결과 =							B

18.5.2 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 SB Arch 합성 GIRDER

(1) 교량형식

- 구조형식 : SB Arch 합성 GIRDER
- 경 간 장 : 1@50 = 50.0 m
- 폭 원 : 12.445 m
- 교량등급 : 1등교
- 설계하중 : DB-24, DL-24
- 사 각 : 70°

(2) 검토조건

○ SLAB 콘크리트

- ① 설계기준강도 : 27.0 MPa
- ② 항복휨압축응력 : 11 MPa
- ③ 탄성계수 : $E_c = 2.50E+04$ MPa

○ 철근

- ① 극한강도 : 400.0 MPa
- ② 탄성계수 : $E_c = 2.00E+05$ MPa

○ 부재별 사용강재

1) SM490

- ① 상판, 하판
- ② 중간판, 복부판
- ③ 지점부 DIAPHRAGM
- ④ SOLE PLATE
- ⑤ 지점보강재, 수평보강재

2) SM400B

- ① 수직보강재
- ② 지점부 외 DIAPHRAGM
- ③ 세로보
- ④ 지점부 가로보, 일부 가로보

구 분	콘크리트	강 재	포 장
단위중량(kN/m³)	25.00	78.50	23.50

■ 허용응력 검토 결과(조합응력검토)

하중조합	CONCRETE				STEEL				비고
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	64.82	35.06	175.00	175.00	O.K
1+2+3	8.93	7.48	16.00	16.00	122.65	90.61	175.00	175.00	O.K
1+2+3+4	9.70	7.93	16.00	16.00	128.15	109.59	175.00	175.00	O.K
1+2+3+4+5	10.82	8.59	16.00	16.00	136.23	137.44	175.00	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6	10.82	8.59	16.00	16.00	136.24	137.46	175.00	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6+7	9.80	7.94	16.00	16.00	137.60	138.55	201.25	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8	7.07	5.19	16.00	16.00	141.62	141.59	201.25	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9	8.32	6.30	16.00	16.00	149.48	144.11	201.25	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	12.76	10.27	16.00	16.00	177.52	153.12	201.25	175.00	O.K

하중조합	CONCRETE				STEEL				비고
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	64.82	35.06	175.00	175.00	O.K
1+2+3	8.93	7.48	16.00	16.00	122.65	90.61	175.00	175.00	O.K
1+2+3+4	9.70	7.93	16.00	16.00	128.15	109.59	175.00	175.00	O.K
1+2+3+4+5	10.82	8.59	16.00	16.00	136.23	137.44	175.00	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6	10.82	8.59	16.00	16.00	136.24	137.46	175.00	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6+7	9.80	7.94	16.00	16.00	137.60	138.55	201.25	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8	7.07	5.19	16.00	16.00	141.62	141.59	201.25	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9	8.32	6.30	16.00	16.00	149.48	144.11	201.25	175.00	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	12.76	10.27	16.00	16.00	177.52	153.12	201.25	175.00	O.K

■ 허용응력 검토 결과(합성응력)

하중조합	전단응력검토		합성응력도		검토결과					
	작용응력(MPa)		$\{(f/f_a)^2 + (\nu/\nu_a)^2\}$		바닥판 콘크리트		STEEL			
	작용응력	허용응력	상 연	하 연	상연	하연	상연	하연	복부판	합성
1	3.882	110.000	0.138	0.041	—	—	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3	11.364	110.000	0.502	0.279	—	—	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4	14.556	110.000	0.554	0.410	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5	44.436	110.000	0.769	0.780	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6	44.462	110.000	0.769	0.780	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7	44.462	110.000	0.631	0.790	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8	44.462	110.000	0.659	0.818	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9	44.462	110.000	0.715	0.842	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	44.462	110.000	0.941	0.929	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9-10	44.462	126.500	0.856	0.722	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	44.462	126.500	0.621	0.683	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

나. 구조안전성능평가 결과

1) 내하력평가

본 과업에서는 교량별 바닥판 및 주거더(SB ARCH)에 대하여 세부지침(2022.12)을 토대로 설계하중에 대한 구조검토 결과를 이용하여 기본내하력을 산정한다.

2) 허용응력설계법에 의한 평가방법

① 내하율(Rating Factor)

$$\text{내하율 (RF)} = \frac{f_a - f_d}{f_{LS(1+i)}}$$

여기서, RF : 내하율

f_a : 재료의 허용응력

f_d : 고정하중에 의한 응력

$f_{LS(1+i)}$: 충격계수를 고려한 설계활하중(LS-22)에 의한 응력

② 내하력(Load Carrying Capacity)

$$\text{기본내하력(P)} = \text{RF} \times \text{Pr}$$

여기서, P : 기본내하력

Pr : 설계활하중(LS-22)

■ 허용응력설계법에 의한 내하율 평가결과

구 분			고정하중응력 (MPa)	활하중응력 (MPa)	유효프리스트레스 (MPa)	R.F
화남1교	정모멘트부	상연	227.500	128.152	8.080	12.296
		하연	201.250	109.587	27.855	3.291

3) 강도설계법에 의한 평가방법

① 내하율(Rating Factor)

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

여기서, RF : 내하율

ϕM_n : 설계휨강도

M_d : 고정하중에 의한 모멘트

$M_\ell(1+i)$: 충격계수를 고려한 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d : 고정하중계수(1.3)

γ_ℓ : 활하중계수(2.15)

② 내하력(Load Carrying Capacity)

기본내하력(P) = RF × Pr

여기서, P : 기본내하력

Pr : 설계활하중

■ 강도설계법에 의한 바닥판의 내하율 평가결과

위 치	ΦM_n (kN · m)	Md (kN · m)	Ml (kN · m)	$\gamma_d M_d$ (kN · m)	$\gamma_\ell M_\ell(1+i)$ (kN · m)	R.F
바닥판	165.254	13.235	35.838	17.206	77.052	1.921

4) 내하력평가 결과

바닥판의 기본내하력은 강도설계법에 따라 평가하였고, 주거터(SB Arch)의 경우는 허용응력설계법에 따라 검토하였다. 검토 결과, 모두 설계내하력인 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 다음은 내하력평가 결과를 보여준다.

■ 공용내하력 산정 결과

구 분		R.F	기본내하력	Ks	공용내하력	비 고
화남1교	거터	3.291	DB－ 78.984	1.172	DB－ 92.569	DB－24 이상
	바닥판	1.921	DB－ 46.104	－		DB－24 이상

■ 허용응력설계법

구 분			허용응력 (MPa)	고정하중 (MPa)	활하중 (1+i) (MPa)	S.F
화남1교	정모멘트부	상연	227.500	128.152	8.080	1.670
		하연	201.250	109.587	27.855	1.464

■ 강도설계법

구 분	ΦM_n (kN-m)	Mu (kN-m)	SF(안전율)	비 고
바닥판	165.254	94.257	1.753	SF = 1.0 이상

■ 구조안전성 및 내하력에 의한 평가

부 재 명		최소안전율(SF)	내하율(R.F)	공용내하력	평가	비 고
바닥판		1.753	1.921	DB-24이상	A	강도설계법
거 더	정모멘트	1.464	3.291	DB-24이상	A	허용응력설계법

18.5.3 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 갈음한다.

교량의 구조안전성능 평가지수 = Min(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
화남1교	0.145	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과 최저평가지수인 0.145로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

18.6 내구성능 평가

18.6.1 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.

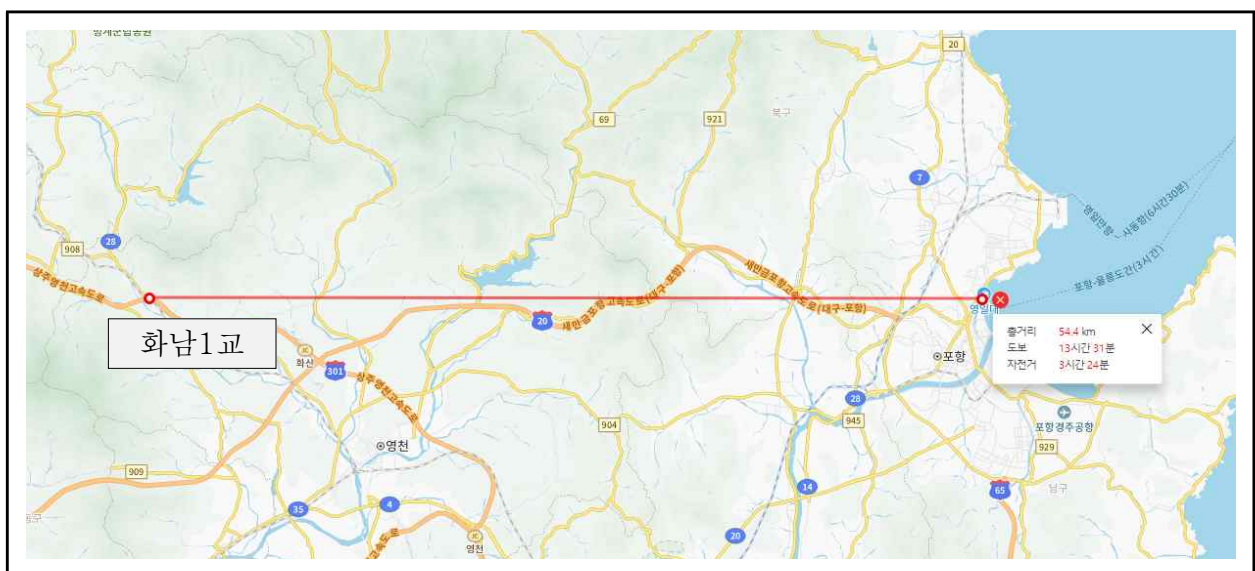
18.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경상북도 영천시 신녕면 화남리에 위치하며, 동해안으로부터 약 54.4km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

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



【그림 18.6.1】 위치도

【표 18.6.1】 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 18.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경상북도 영천시 신녕면 화남리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2022년 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 위치인 영천 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 영천 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 5.9회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 71.6회로써 동결융해 환경은 “B” 등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 5.9회로 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.

【표 18.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	경상북도 영천시 신녕면 화남리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	83일	2017.11~2018.3	80일	2020.11~2021.3	60일
2014.11~2015.3	86일	2018.11~2019.3	78일	2021.11~2022.3	76일
2015.11~2016.3	62일	2019.11~2020.3	53일	2022.11~2023.3	71일
2016.11~2017.3	67일	동결융해 횟수 (수분접촉)			71.6회

【표 18.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경상북도 영천시 신녕면 화남리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	12일	2017.11~2018.3	3일	2020.11~2021.3	3일
2014.11~2015.3	14일	2018.11~2019.3	4일	2021.11~2022.3	0일
2015.11~2016.3	7일	2019.11~2020.3	3일	2022.11~2023.3	3일
2016.11~2017.3	10일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			5.9회

다. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

【표 18.6.5】 염화물 함유량 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 함유량	바닥판	S1	1.608	1.556	1.372	d

【표 18.6.6】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm²/year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S1	—	—	3.182

【표 18.6.7】 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/m³)가 되는 시점	바닥판	S1	30년 초과	a

【표 18.6.8】 염화물 침투량 최종 평가등급

세부 부재명		염화물 함유량 평가 결과	철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m³)가 되는 시점	염화물 함유량 최종 평가 등급
바닥판	S1	d	a	d

2) 탄산화 깊이

【표 18.6.9】 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
		A1 교대	5.5	2.25	30년 초과	a	a
	영천방향	S1 바닥판하면	3.0	1.22	30년 초과	a	a
		A2 교대	7.0	2.86	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 18.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명	설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	상주방향	S1 바닥판하면	103.1	—	a	0.10	a
		S1 바닥판하면 (비건전)	102.2	99.1	a		
		A1 교대	106.5	—	a	0.10	a
	영천방향	S1 바닥판하면	102.7	—	a	0.10	a
		S1 바닥판하면 (비건전)	102.0	99.3	a		
		A2 교대	105.7	—	a	0.10	a

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 18.6.11】 대상교량 제원

교량형식		콘크리트 거더교
경간장 및 경간수		50@1 = 50m
교폭		24.5m
바닥판의 높이		9.0m
거더 갯수		4
2차 부재 : 가로보		L=5.4m, 교축방향 5.0m 간격 설치
2차 부재 : 세로보		L=4.0m
바닥판		일반 RC
교대		일반 RC
피복 두께		40mm
공용연수		6년
위치	지역	경상북도 영천시
	해안 이격거리	500m 초과

【표 18.6.12】 일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(50)	d	a	a	a	0.7
하부	교대(50)	—	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.7 \times 50 + 0.1 \times 50) / 100 = 0.400$			
		등급	C			

【표 18.6.13】 열화환경지표의 평가

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

18.6.3 강재 내구성능 평가

강재 내구성능 평가항목은 크게 내부적 요소(열화진전 요소)와 외부적 요소(열화환경 요소)로 구분되며, 내부적 요소는 발청, 도장열화, 도장두께, 외부적 요소는 해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도 등을 포함하는 대기환경으로 구성된다.

여기서, 도장열화는 박리, 균열, 부품, 변색·백아화 등 4가지 열화요인에 대해 각각 평가한다. 발청을 포함하여 도장열화에 대한 세부지표 간의 중요도에 따라 합산 및 등급산정을 한다.

평가대상 부재에 대해 내부적 요소와 외부적 요소에 대해 강재 내구성능을 평가한다.

가. 발청 및 도장열화 평가

1) 거더

【표 18.6.14】 거더 발청 및 도장열화 평가

구분		손상면적(m')					부재면적(m')	비고
		발청	박리	균열	부품	변색		
상주	S1	—	—	—	—	—	1059.6	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		
영천	S1	—	—	—	—	—	1059.6	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		

【표 18.6.15】 거더 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화
상주방향	a	a	a	a	a
영천방향	a	a	a	a	a
확정등급	a	a	a	a	a

【표 18.6.16】 거더 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	a	a	a	a	a	10
점수	5	2	1	1.5	0.5	
발청 및 도장열화 등급						a

2) 2차부재

【표 18.6.17】 2차부재 발청 및 도장열화 평가

구분		손상면적(m')					부재면적(m')	비고
		발청	박리	균열	부품	변색		
상주	S1	—	—	—	—	—	292.3	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		
영천	S1	—	—	—	—	—	292.3	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		

【표 18.6.18】 2차부재 발청 및 도장열화 평가 등급

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화
상주방향	a	a	a	a	a
영천방향	a	a	a	a	a
확정등급	a	a	a	a	a

【표 18.6.19】 2차부재 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	a	a	a	a	a	10
점수	5	2	1	1.5	0.5	
발청 및 도장열화 등급						a

나. 도장두께 평가

- 해당 교량의 구간은 환경조건이 양호한 지역이므로 일반환경을 적용하여 외부도장은 내후성 중방식 도장(우레탄계 : 215 μ m)을 적용하고 내부도장은 에폭시 도장(175 μ m)을 적용하였다.

1) 거더

【표 18.6.20】 거더 도장두께 평가

측정위치	조사경간		#1	#2	#3	#4	#5	평균	기준	판정
상주	거더외부	S1-G1	280	274	259	275	270	272	215	만족
	거더내부	S1-G1	192	202	210	210	193	201	175	만족
영천	거더외부	S1-G1	275	270	275	273	280	275	215	만족
	거더내부	S1-G1	195	203	204	203	200	201	175	만족
거더 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0%(a등급)										

2) 2차부재

【표 18.6.21】 2차부재 도장두께 평가

측정위치	조사경간		#1	#2	#3	#4	#5	평균	기준	판정
상주	2차부재	S1	262	268	260	271	272	267	215	만족
영천	2차부재	S1	268	263	268	272	280	270	215	만족
거더 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0%(a등급)										

다. 환경요인 평가

【표 18.6.22】 환경요인 평가

구분	평가지표	측정값	등급
대기 환경	해안 이격거리	54.4km	a
	연간 젖음시간(일)	61.4일	
	이산화황 농도	0.004 ppm	
제설제(강설횟수)		1.5 회	a

<해설>

- 해안 이격거리 : 시설물의 위치로 지도 및 인터넷 정보를 이용하여 최단거리 측정
- 연간 젖음시간(일) : 기상청 기상연보에서 0℃ 이상, 상대습도 80% 이상인 관측일 산정
- 이산화황 농도 : 에어코리아(<http://www.airkorea.or.kr>)에서 제공하는 지역별 10년 평균 농도
- 강설횟수 : 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 상의 동결융해 사이클 수 참조

18.6.4 강재 내구성능 평가 결과

가. 강재 내구성능 최종 평가

【표 18.6.23】 평가항목별 가중치에 따른 거더의 내구성능

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	a	0.1	60	0.06
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기 환경	a	0.1	10	0.01
강설 횟수	a	0.1	10	0.01
평 점				0.10

【표 18.6.24】 평가항목별 가중치에 따른 2차부재의 내구성능

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	a	0.1	60	0.06
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기 환경	a	0.1	10	0.01
강설 횟수	a	0.1	10	0.01
평 점				0.10

【표 18.6.25】 부재별 가중치에 따른 강재 내구성능 평가

결합도 평가부재		부재별 평점	가중치	평점/100
상부	바닥판	—	—	—
	거더	0.10	77	0.077
	2차 부재	0.10	23	0.023
하부	교각	—	—	—
합 계				0.100
시설물 강재 내구성능 등급				A

18.6.5 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 18.6.26】 내구성능평가 결과

구분	결합도지수	평가등급	가중치	결합도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.400	a	0.6	0.24
강재내구성능평가 결과	0.100	a	0.4	0.04
결합도점수				0.280
내구성능평가 결과				C

18.7 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.

18.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 고속도로 포장상태 지수(HPCI) 산정

과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 1.41~4.20으로 평가되었다.

【표 18.7.1】 포장상태 평가결과

평가항목	노선명	방향	차로	조사연장(m)	HPCI	평가등급
포장상태	상주영천고속도로	상주	1	50.0	4.20	a등급
		상주	2	50.0	4.20	a등급
		영천	1	50.0	4.20	a등급
		영천	2	50.0	1.41	e등급
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 2.0미만으로 산정되어 매우불량한 상태인 e등급으로 평가되었다.					

2) 교량조명

- 해당 교량에는 조명시설이 설치되어있지 않아 해당항목 평가는 실시하지 않았다.

3) 진동사용성

(1) 측정

- 해당 교량의 진동사용성 평가를 위하여 교량의 최대 처짐과 고유진동수를 측정하였으며, 상세자료는 부록에 첨부하였다.

(2) 분석결과

- 처짐과 고유진동수를 측정한 결과, 2,932mm/s, 7.6Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간에 해당되어 e등급으로 평가된다.

4) 점검시설

- 해당 교량에는 교각이 없는 단경간 시설물로 교각 점검시설 평가에 해당하지 않아 해당항목 평가는 실시하지 않았다.

5) 교통량

대상 시설물의 낙동JCT~영천JCT의 2022년 평균 수요예측 및 상주영천고속도로 소요실제 교통량 조사 결과, 수요예측 교통량은 49,877/일이며, 소요실제 교통량은 30,787/일로 수요예측/수요실제의 비율이 100% 이상으로 산정되어 a등급으로 평가되었다.

【표 18.7.2】 교통량의 성능평가

구 분	수요예측(대/일) a	소요실제(대/일) b	대비(%) $a/b \times 100$	평가등급	비고
화남1교	49,877	30,787	162.0	a등급	2022년 교통량

18.7.2 사용성능평가 결과

【표 18.7.3】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	e	1.0
		조명시설	0.150	—	—
		진동사용성	0.202	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	—	—
	수요 및 용량	교통량	0.195	a	0.1
				결합도점수	0.469
				등급	C

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 1.0×0.247 (포장상태) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 0.1×0.195 (교통수요) = 0.469

18.8 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 18.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	화남1교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.145	b	0.68
내구성능 평가	0.280	c	0.19
사용성능 평가	0.469	c	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.145 \times 0.68 + 0.280 \times 0.19 + 0.469 \times 0.13 = 0.213$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.213 • 종합성능평가 결과 : B등급		

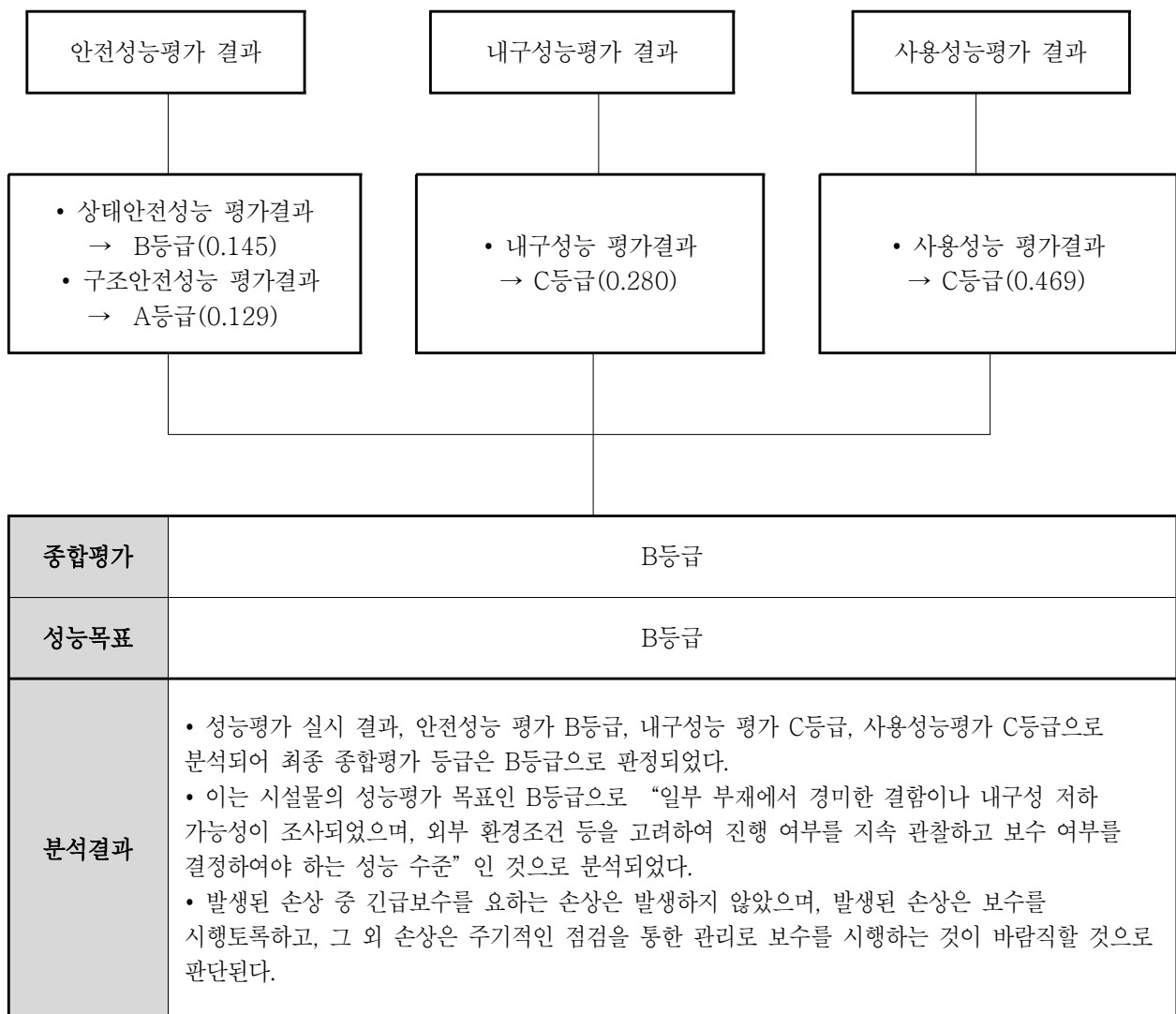
18.9 유지관리 전략제안

18.9.1 성능목표 등급 산정

【표 18.9.1】 성능목표 등급산정

일교통량	30,787 대/일
중차량 통행량	차선당 813대/일 (3,252 대/일)
대상교량의 차단 시 우회거리	8.4km
성능목표 등급	B($0.20 \leq X < 0.26$)

18.9.2 성능평가 실시결과 검토·분석



18.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 상주방향 보수 개략공사비

【표 18.9.2】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	균열(0.3mm미만)	표면처리	35.00	13.13	m²	—	—	하자
교대	백태	표면처리	0.02	0.03	m²	—	—	하자
	채수흔적	표면처리	4.00	6.00	m²	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	5.00	7.50	m²	—	—	하자
신축이음	차수판 볼트파손	정비	1.00	1.00	EA	25	25	3순위
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	24.00	9.00	m	54	1,296	3순위
	접속부 파손	단면보수	0.60	0.90	m²	165	99	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	—		—			1,420	
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—			710	
	합계	—		—			2,130	
개략공사비 총계(천원)		2,130						

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 18.9.3】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	균열(0.3mm미만)	표면처리	30.00	11.25	m²	—	—	하자
교대	채수흔적	표면처리	1.00	1.50	m²	—	—	하자
교량받침	무수축물탈균열(0.3mm미만)	표면처리	0.20	0.08	m²	54	11	3순위
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	표면처리	3.20	1.20	m²	54	173	3순위
	이물질퇴적	정비	2.00	3.00	m	25	50	3순위
교면포장	포장 균열	표면처리	3.00	1.13	m²	54	162	3순위
	포장 표면박리	단면보수	75.00	112.50	m²	165	12,375	2순위
	접속부 이격	주의관찰	2.00	3.00	m	—	—	4순위
방호벽	균열(0.3mm이상)	주입보수	5.50	8.25	m	65	358	2순위
	파손 및 접속부 파손	단면보수	0.20	0.30	m²	165	33	3순위
	방호벽 단차	단면보수	1.50	2.25	m	165	248	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		12,733		677		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		6,367		339		
	합계	—		19,100		1,016		
개략공사비 총계(천원)		20,116						

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 18.9.4】 상주방향 우선순위지수 산정

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	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	35.00	13.13	—	—	균열 (0.3mm미만)	바닥판 하면	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
표면처리	0.02	0.03	—	—	백태	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	1
표면처리	4.00	6.00	—	—	체수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	1
표면처리	5.00	7.50	—	—	누수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	1
정비	1.00	1.00	25	25	차수판 볼트파손	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	4
표면처리	24.00	9.00	54	1296	균열 (0.3mm미만)	방호벽	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	5
단면보수	0.60	0.90	165	99	접속부 파손	방호벽	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	5

라. 영천방향 성능을 고려한 보수 우선순위

【표 18.9.5】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		
표면처리	30.00	11.25	—	—	균열 (0.3mm미만)	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
표면처리	1.00	1.50	—	—	채수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	3
표면처리	0.20	0.08	54	11	무수축물탈 균열 (0.3mm미만)	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
표면처리	3.20	1.20	54	173	후타재 균열 (0.3mm미만)	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	4
정비	2.00	3.00	25	50	이물질 퇴적	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	4
표면처리	3.00	1.13	54	162	포장 균열	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	6
단면보수	75.00	11250	165	12375	포장 표면박리	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	6
주의관찰	2.00	3.00	—	—	접속부 이격	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	6
주입보수	5.50	8.25	65	358	균열 (0.3mm이상)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	9
단면보수	0.20	0.30	165	33	파손 및 접속부 파손	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	9
단면보수	1.50	2.25	165	248	방호벽 단차	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	9

다. 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 0.213로 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.

18.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경상북도 영천시 신녕면 화남리(상주영천고속도로 63.396~63.446km)에 위치한 교량으로서 총 연장 50.0m, 폭 24.5m, 왕복 4차로로 시공되어, 2017년도에 준공되어 약 6년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

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

18.10.1 현장조사결과

가. 현장조사 및 시험(상주방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만)이 발생하였다.
- 바닥판에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

2) Steel Girder

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

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, 백태, 체수흔적, 누수흔적 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.
- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수흔적, 누수흔적, 백태가 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수가 필요하며, 부재의 사용성 확보차원의 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교량받침

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 받침장치는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 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.

6) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과, 차수판 볼트 파손이 확인되었다.
- 신축이음장치는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었고, 공용중 열화에 의한 차수판 볼트 파손이 조사되었고, 정비 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 23.9℃(9월 11일)로써 이때 측정유간은 10.0~15.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.

8) 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.

9) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 접속부 파손이 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 균열부는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 또한 접속부 파손의 경우 초기 침하로 인한 손상으로 추정되며 단면보수 등의 조치가 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면) 27.6~28.2MPa, 하부구조(교대) 24.8~26.7MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)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 4.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.0mm로 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

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 캔틸레버부에 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.
- 바닥판에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

2) Steel Girder

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

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 A1에 체수흔적 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.
- 교대에 외측 우수 및 신축이음 하부 누수 등을 통한 체수흔적이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교량받침

- 현장조사 결과, 무수축물탈균열(0.3mm미만) 균열이 국부적으로 조사되었다.
- 교량받침에 조사된 무수축물탈균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 거푸집 조기 탈거, 시공 미흡 등에 의한 손상으로 시설물에 영향을 미치는 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 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.

6) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만), 본체 이물질퇴적이 조사되었다.
- 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 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적이 조사되었고, 손상의 진전시 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 23.9℃(9월 11일)로써 이때 측정유간은 14.0~17.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 현장조사 결과, 포장 균열, 포장 표면박리, 접속부 이격이 조사되었다.
- 교면포장에 조사된 포장 균열, 포장 표면박리는 건조수축, 장기공용, 차량운하중 등 복합적인 원인에 의한 손상이며, 갓길 끝쪽에 위치하여 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 표면처리 및 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. 접속부 이격부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 주의관찰이 요구된다.

8) 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.

9) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm이상)이 확인되었고, 파손 및 접속부 파손, 방호벽 단차가 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 균열은 초기 건조수축, 공용기간 증가, 조기 거푸집 탈형 등 복합적 원인에 의한 손상으로 주입보수 등의 조치가 요구된다. 또한 발생한 파손, 접속부 파손, 단차의 경우 접속부 침하, 외부 충격 등에 의한 원인으로 추정되며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여후 확인 후 단면보수, 주의관찰 등의 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면) 27.2~28.2MPa, 하부구조(교대) 24.7~26.8MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)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 3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

18.10.2 성능평가 결과

【표 18.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	화남1교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.145	b	0.68
내구성능 평가	0.280	c	0.19
사용성능 평가	0.469	c	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.145 \times 0.68 + 0.280 \times 0.19 + 0.469 \times 0.13 = 0.213$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.213 • 종합성능평가 결과 : B등급		

18.10.3 종합결론

- 화남1교는 약 6년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 균열, 교대 백테, 교량받침 무수축물탈 균열, 신축이음 후타재 균열 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(0.213)으로 평가되어 B등급(결함도 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.

18.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

18.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 바닥판하면 균열은 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.

18.10.6 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.