

1. 화남교

1.1 시설물 개요

1.2 자료수집 및 분석

1.3 현장조사

1.4 콘크리트 내구성조사

1.5 상태평가

1.6 구조안전성 및 내하력 평가 검토

1.7 종합평가 및 안전등급 지정

1.8 보수·보강 및 유지관리 방안

1.9 종합결론

1. 화남교

1.1 시설물의 개요

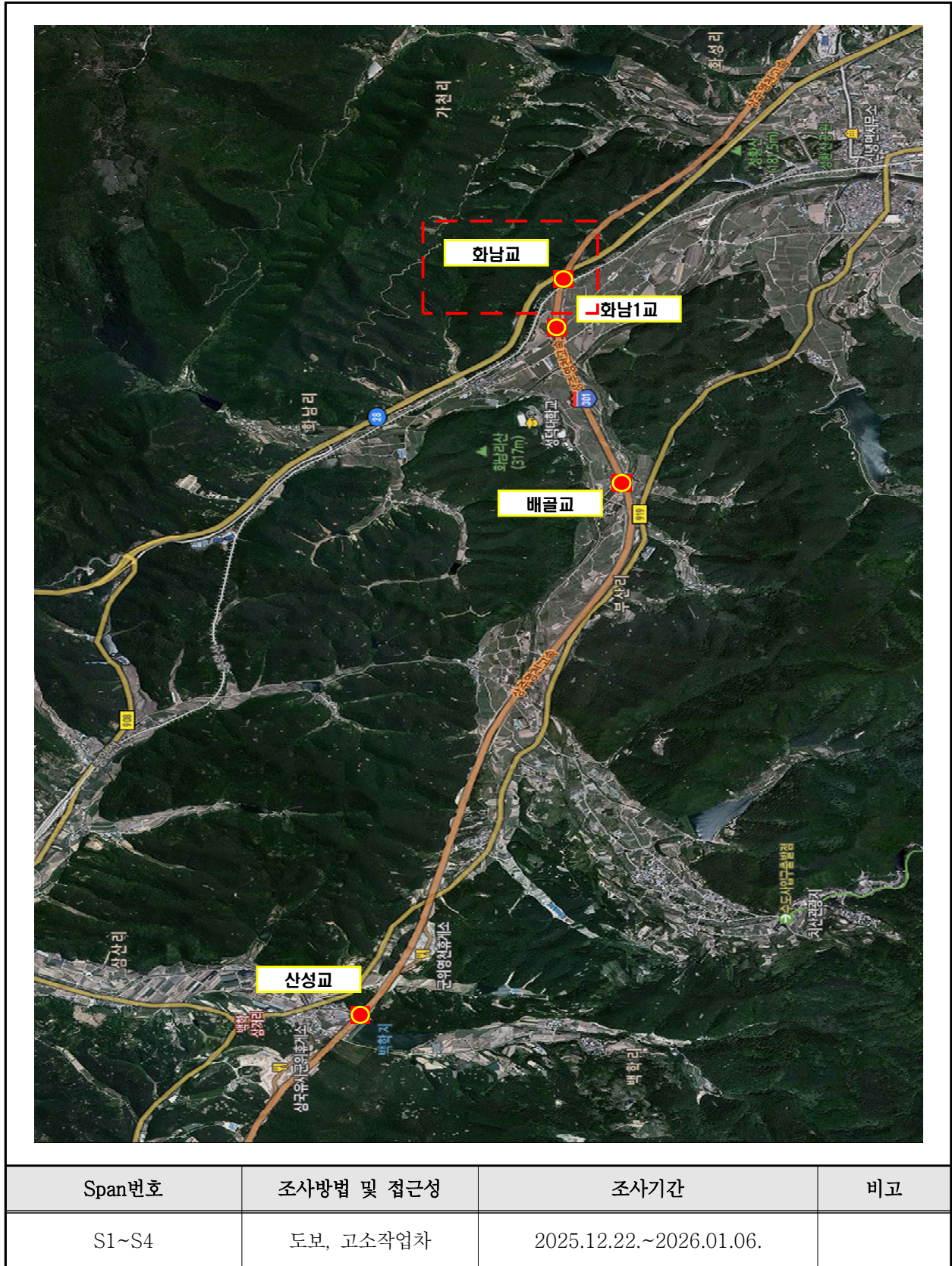
본 시설물은 경상북도 영천시 신녕면 화남리 88-1(상주영천고속도로 63.768~64.003km)에 위치한 교량으로서 총 연장 235.0m, 폭 24.3m, 왕복 4차로로 시공되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 화남교 일반사항

구 분		내 용		구 분	내 용	
시설물번호		BR2017-0000260		관리번호	SY BR.23	
시설물위치		경상북도 영천시 신녕면 화남리 88-1		준공년월일	2017. 06. 27	
관리의정		63.768~64.003km		공사이정	8.210~8.445km	
설계하중		DB-24		노 선 명	고속국도 301호선	
제원	연장	L=235.0m, (50m+2@65m+55m=235m)				
	폭	B=24.3m, 4차로				
구조 형식	상부	ST. BOX	기초 형식	교 각	직접기초	
	하부	T형		교 대	직접, 말뚝기초	
교량받침		면진받침		신축이음	핑거	
교차시설물		국도 28호선		통과높이	6.6m	
부착시설내용		-				
시 공 자		경남기업(주)		관리주체	상주영천고속도로(주)	

1.1.2 위치도 및 전경사진

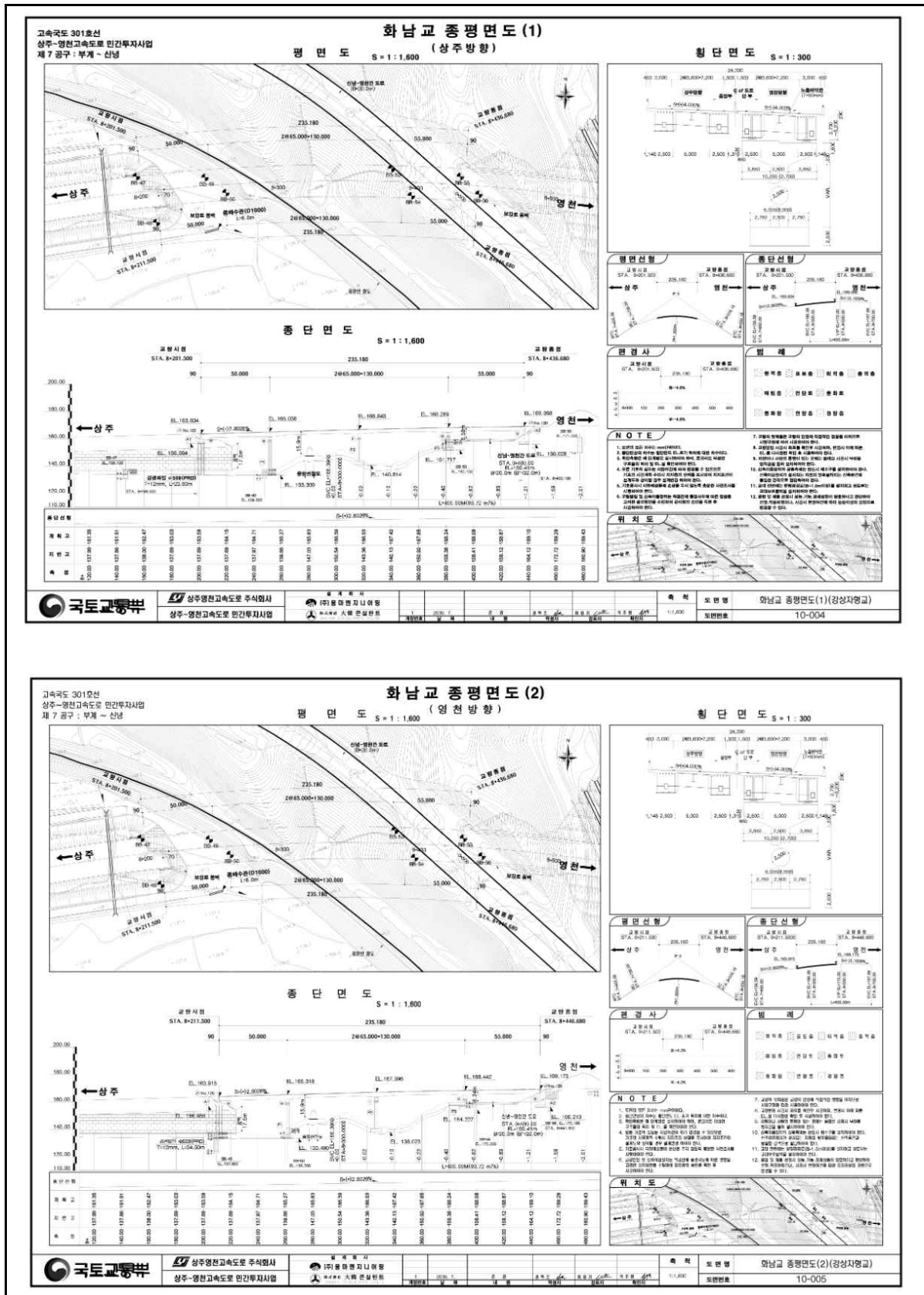


【그림 1.1.1】 위치도

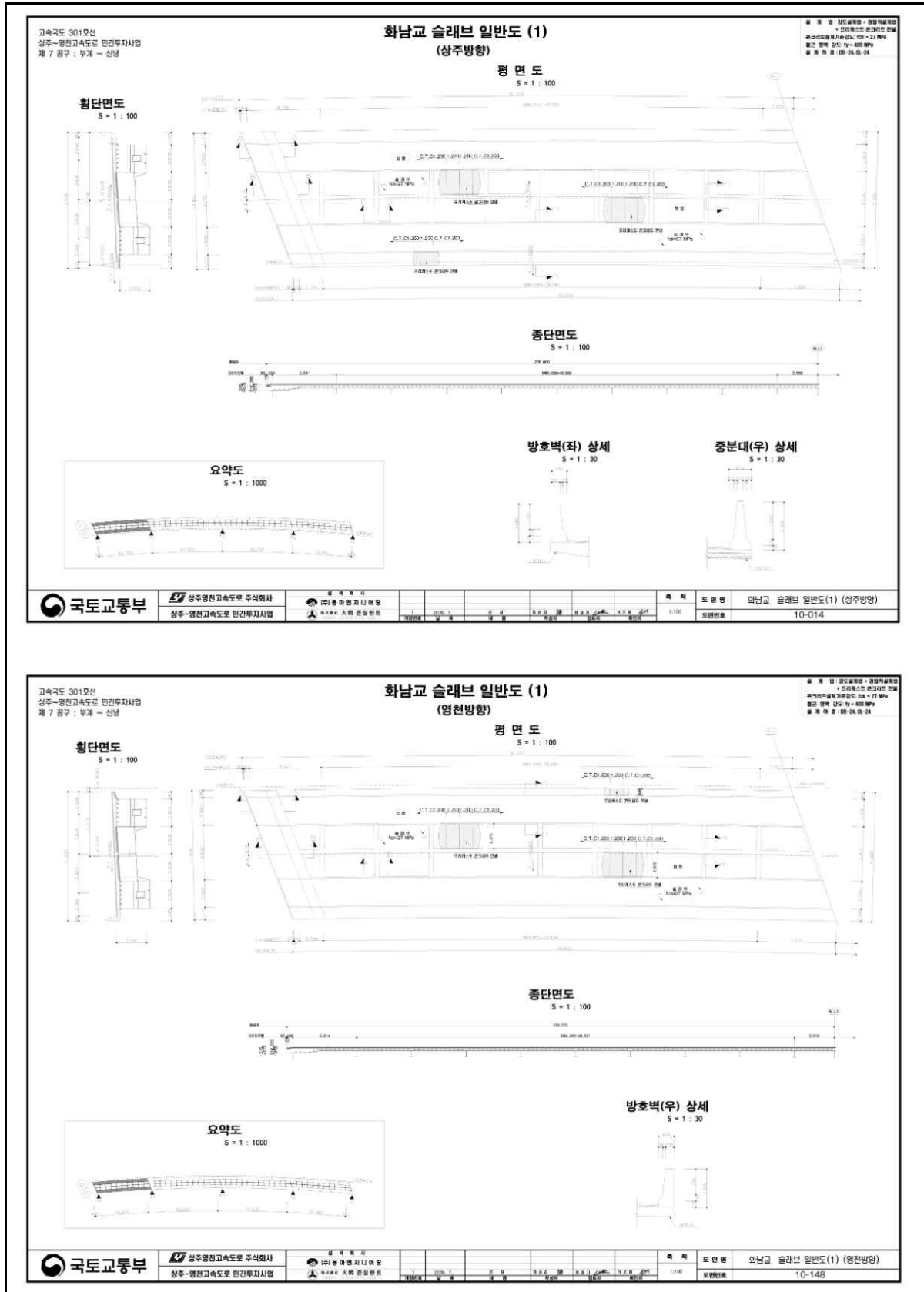
교면포장 전경	신축이음 전경
바닥판하면 전경	교량받침 전경
교대 전경	교각 전경

【사진 1.1.2】 부재별 현황

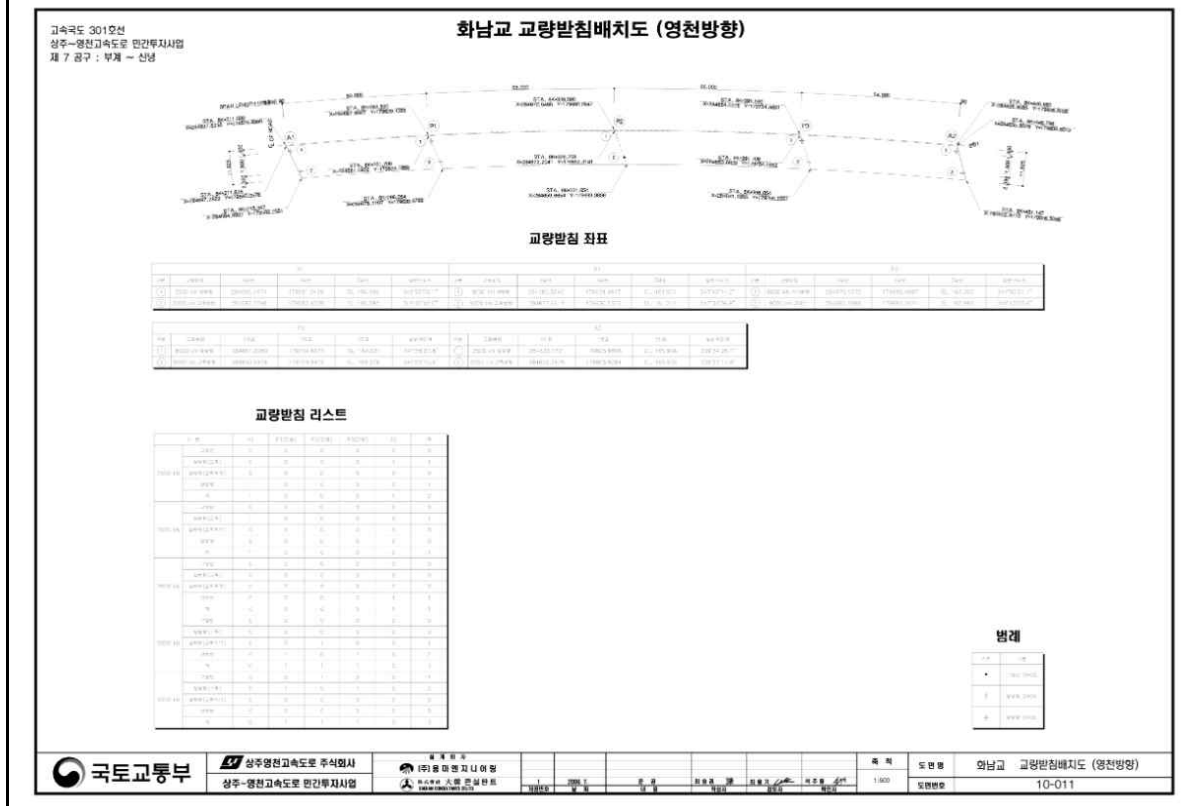
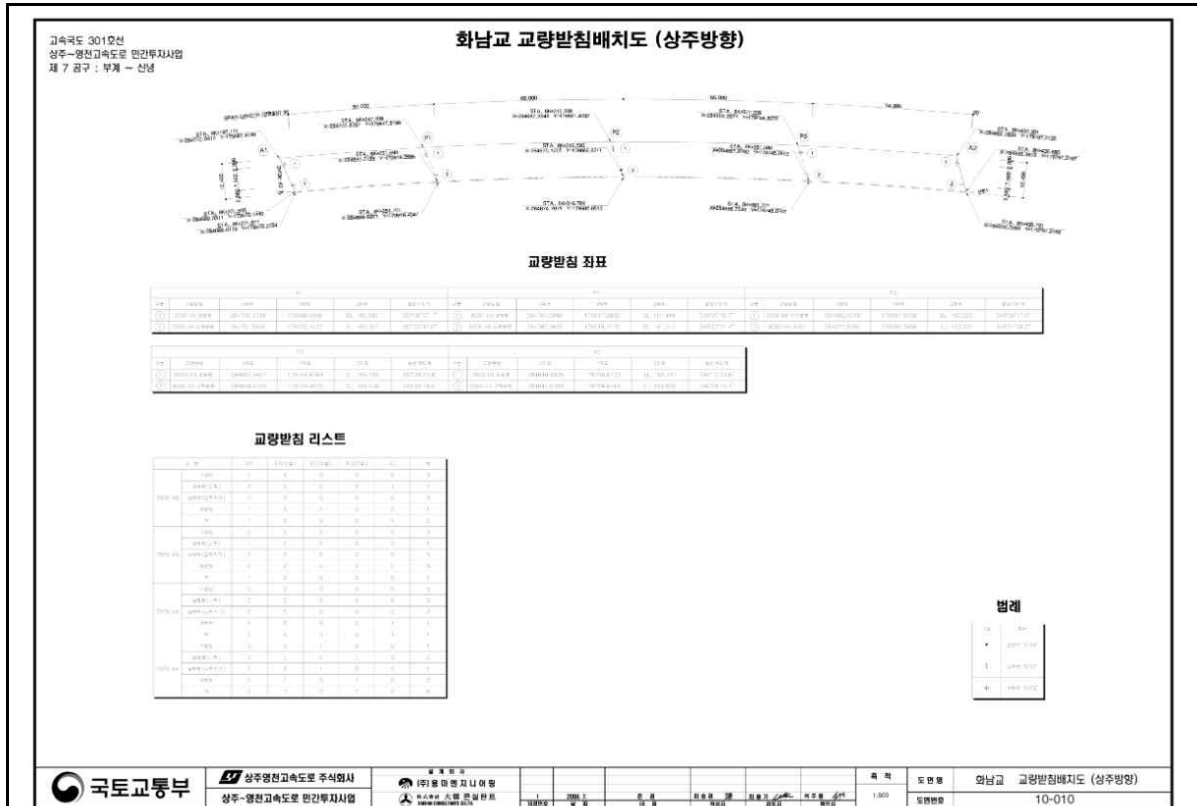
1.1.3 시설물 일반도



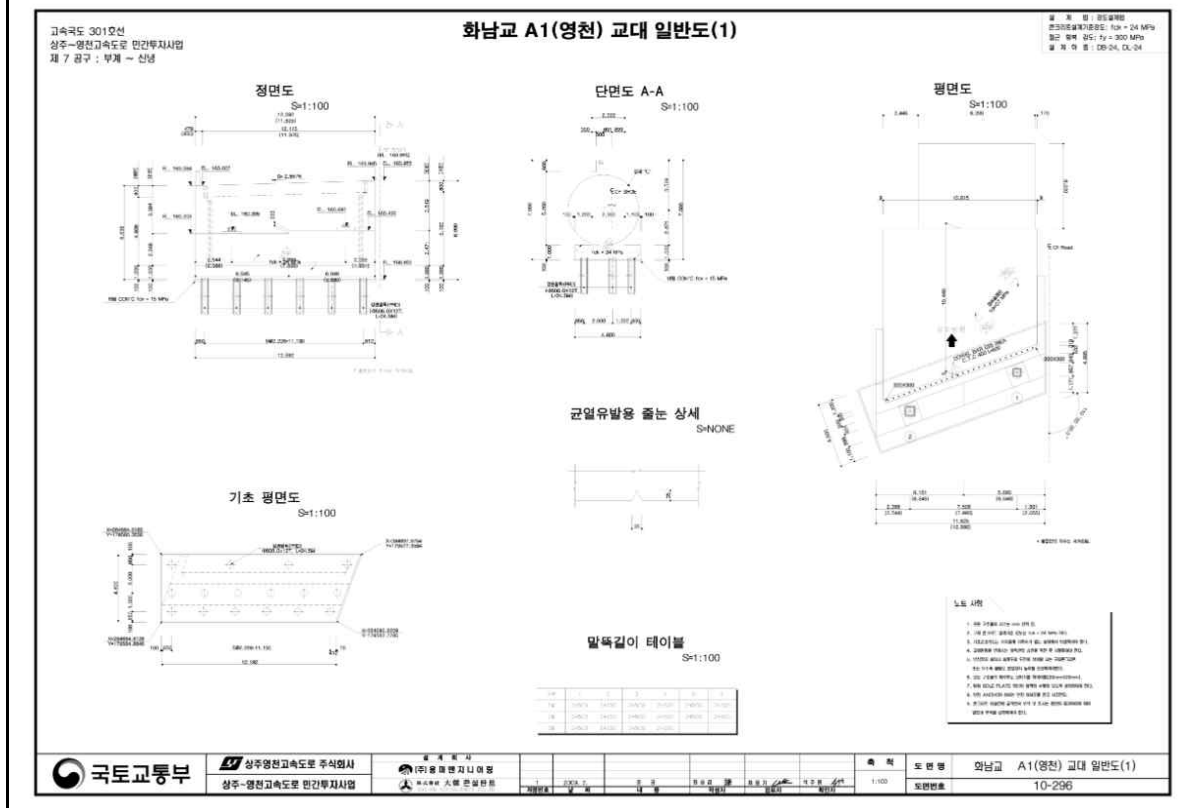
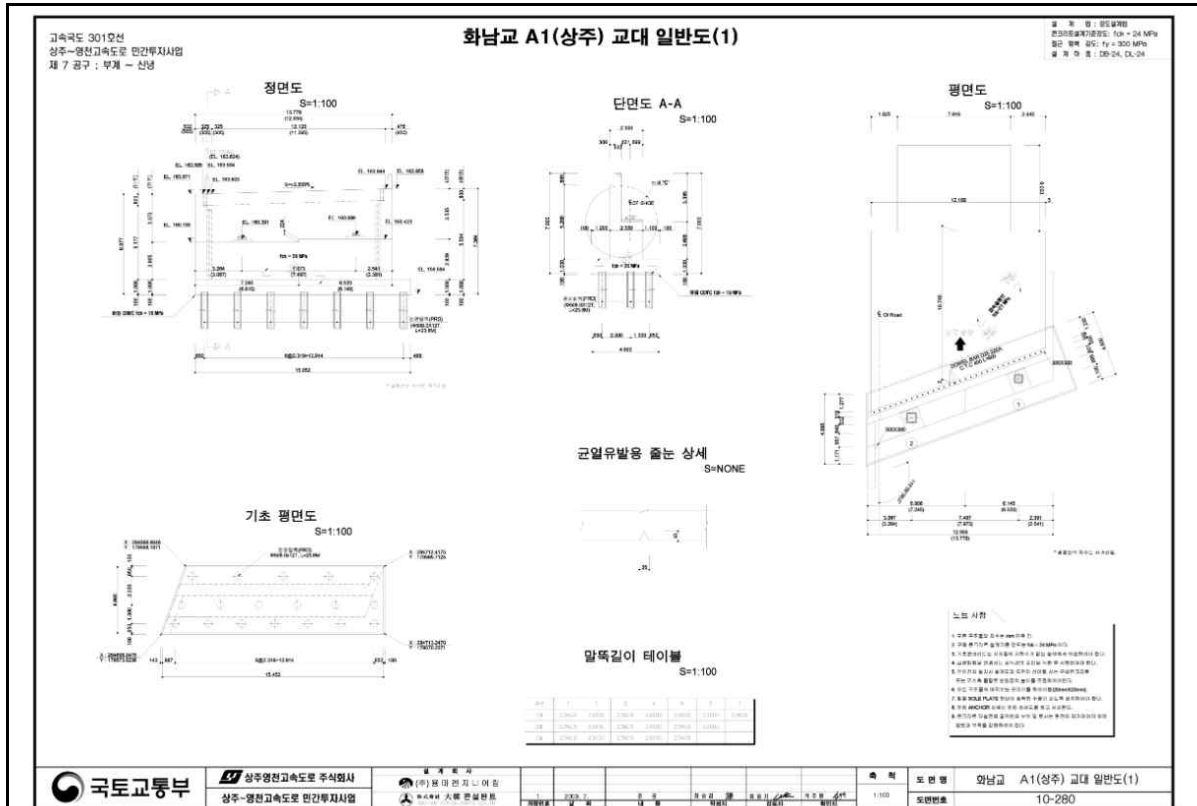
【그림 1.1.2】 종평면도



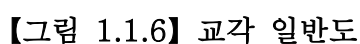
【그림 1.1.3】 슬래브 일반도

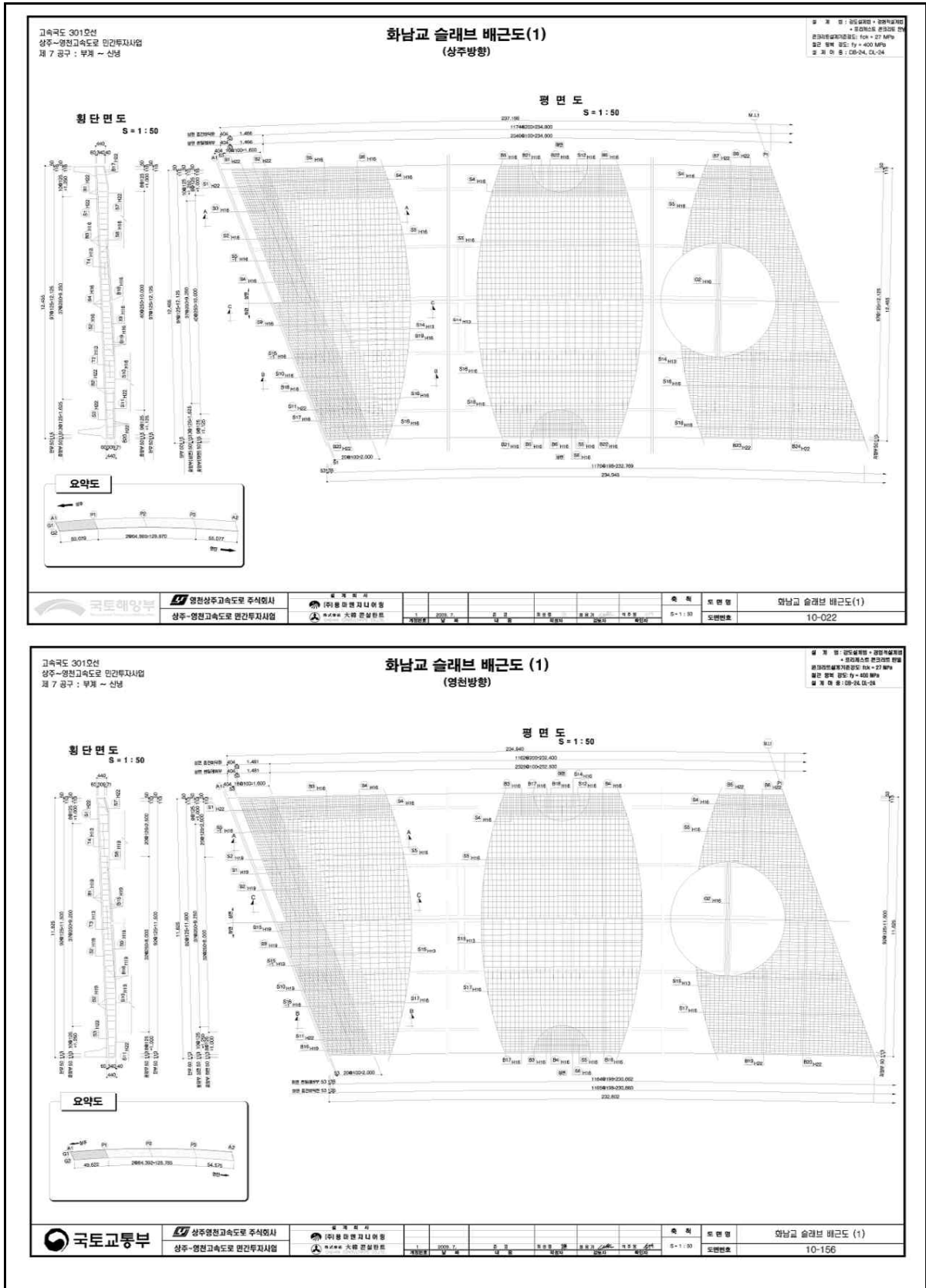


【그림 1.1.4】 교량받침 배치도

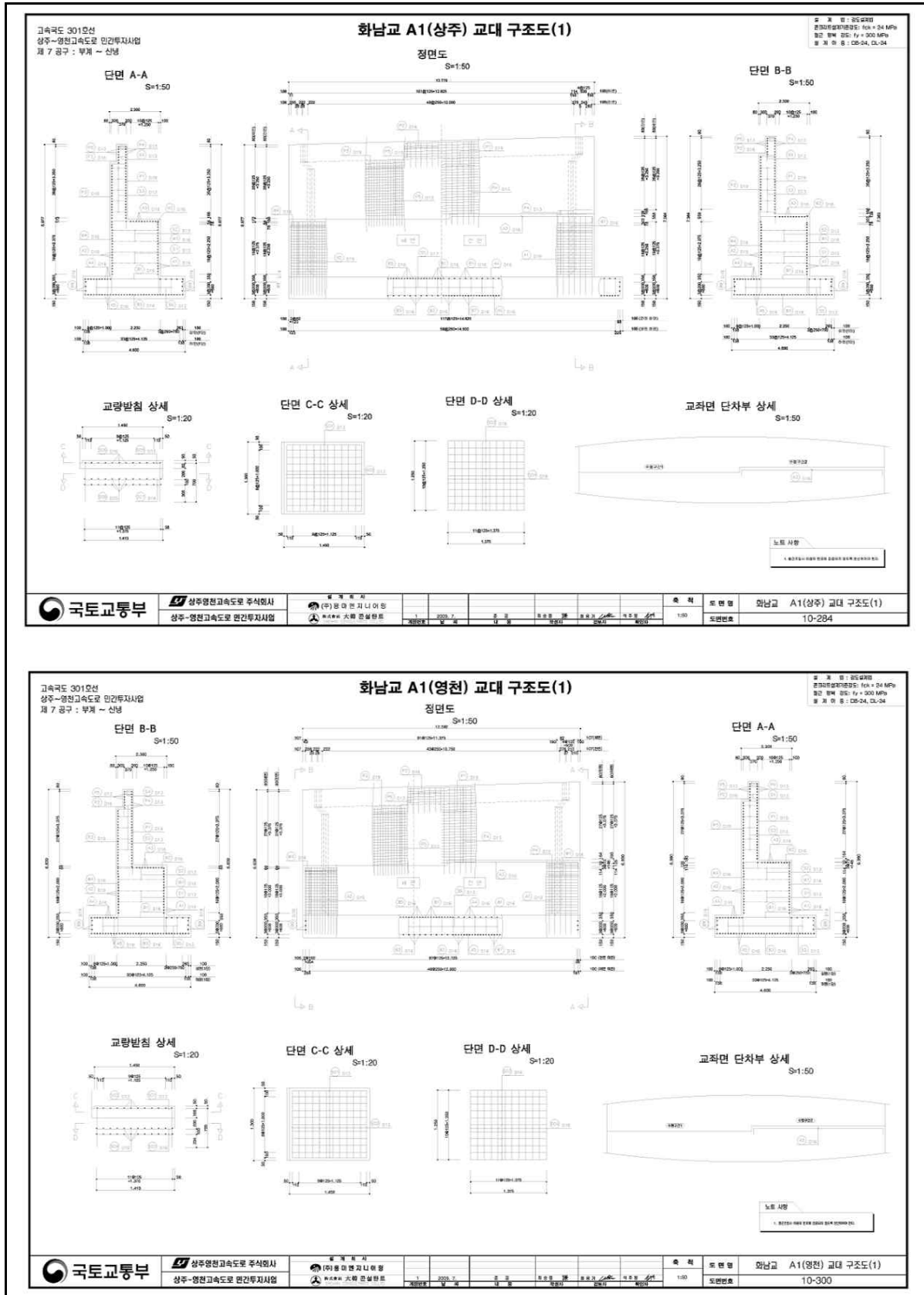


【그림 1.1.5】 교대 일반도

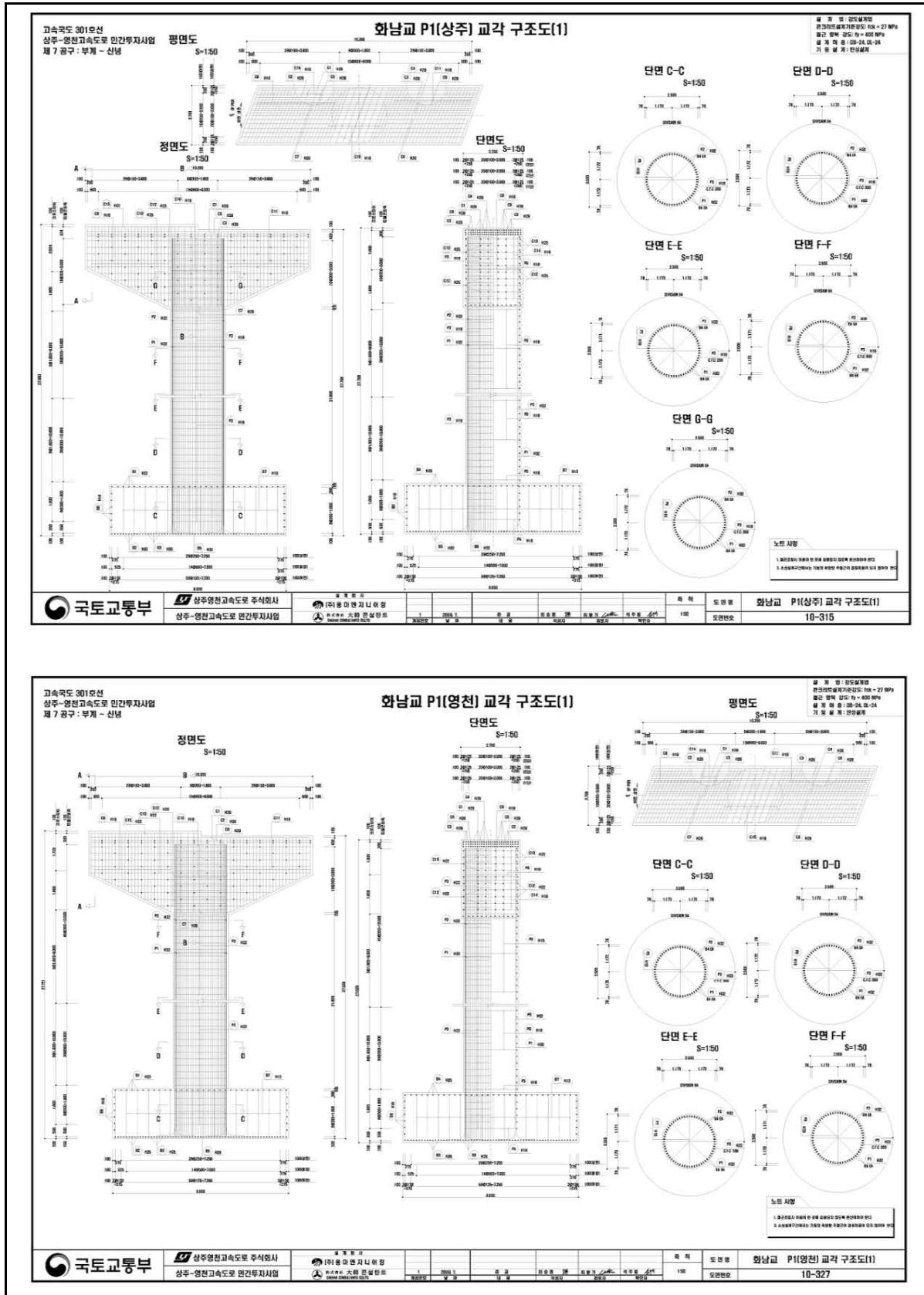




【그림 1.1.7】 바닥판하면 배근도



【그림 1.1.8】 교대 배근도



【그림 1.1.9】 교각 배근도

1.2 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.

1.2.1 준공도면(시설물의 준공도서 검토 분석)

과업대상시설물의 준공도면 및 현장 측정 비교검토 결과 준공도면과 일치하는 것으로 확인되었다.

【표 1.2.1】 시설물의 준공도서 검토 분석

부재	준공도면 (mm)	현장 실측 (mm)	부재	준공도면 (mm)	현장 실측 (mm)
바닥판하면 폭	24,470	24,500	교대 폭	13,801	13,750
바닥판하면 두께	290	300	교각 폭	11,600	11,680
거더 높이	2,500	2,495	난간 및 연석 높이	1,050	1,070
거더 하면	1,800	1,820	중분대 높이	1,320	1,300



【사진 1.2.1】 부재 현장측정 전경

1.2.2 화재 전·후 비교 현황

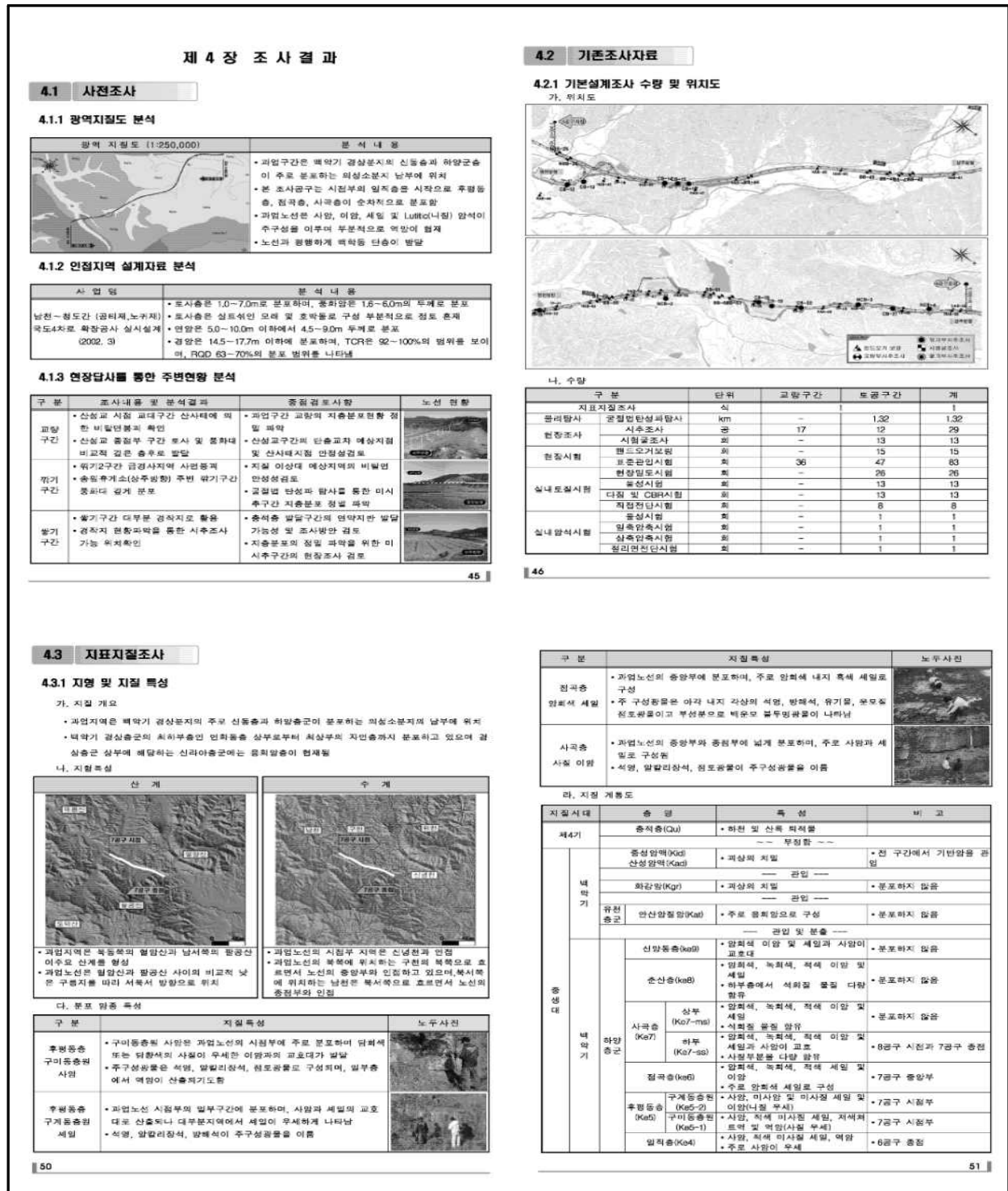
본 점검은 2025년 11월17일 약 2시간 정도 발생한 화재로 인하여 구조물의 신규손상 발생, 내구성 저하 여부 및 구조적 안전성 검토를 목적으로 한 점검으로 화재구간 현황은 아래와 같다.

 2025년 9월 16일 점검현황	 2025년 01월 05일 점검현황
상주방향 교면포장 전경	상주방향 교면포장 전경
 2025년 9월 15일 점검현황	 2025년 01월 05일 점검현황
영천방향 교면포장 전경	영천방향 교면포장 전경
 2025년 9월 16일 점검현황	 2025년 01월 05일 점검현황
바닥판하면 전경	바닥판하면 전경

【사진 1.2.2】 화재발생현황

1.2.3 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



나. 지반 및 지질 조사보고서

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

• 상주-영천 고속도로 민간투자사업 제 7공구 지반조사

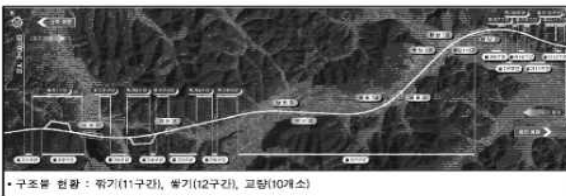
1.2 조사목적

- 계획노선의 지반공학특성 특성을 고려한 조사계획 수립
- 선정된 계획노선을 대상으로 구조물별 특성을 고려한 현장조사현장시험 및 실내시험 실시
- 지층의 구성상태 지반공학특성 특성 및 지반조건 파악
- 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.3 조사범위

위치	• 시험 : 경상북도 군위군 부계면 창령리(STA. 0+000) (X=287099.61, Y=172291.09) • 종점 : 경상북도 영천시 신녕면 화성리(STA. 9+800) (X=286966.14, Y=181563.04) • 변장 : 9.80km	
특성	• 국토 동남부 5개 고속도로를 연결하는 제2경부축(상주-영천) 고속도로 건설 • 대구-포항, 대구-부산고속도로 등과 건설로 인한 대구, 구미권 교통수요 분산 • 민간화 참여와 효율적 정부재정지원의 효율적 집행 도모	

1.4 위치도



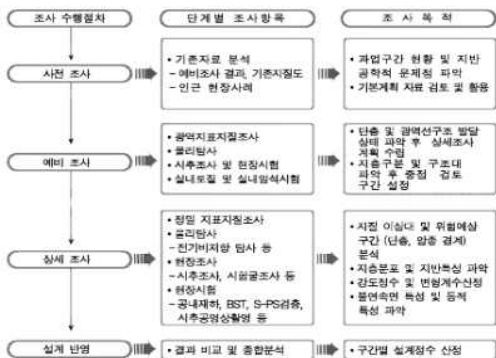
제 2 장 조 사 계 획

2.1 조사 기본방향 및 수행흐름

2.1.1 조사 기본방향



2.1.2 조사 수행 흐름도



제 7 장 비탈면 안정성 검토

7.1 개요

7.1.1 검토목적

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

토사비탈면의 경우 토층이 균질하다는 가정하에 일의적 최소안전을 갖는 활동 저항면에 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 설계정수 산정
- 실내시험 적정성 분석 및 비탈면 설계정수 산정
- 합리적인 비탈면 기울기 검토
- 비탈면 안정대책 및 보토공법 검토

7.2

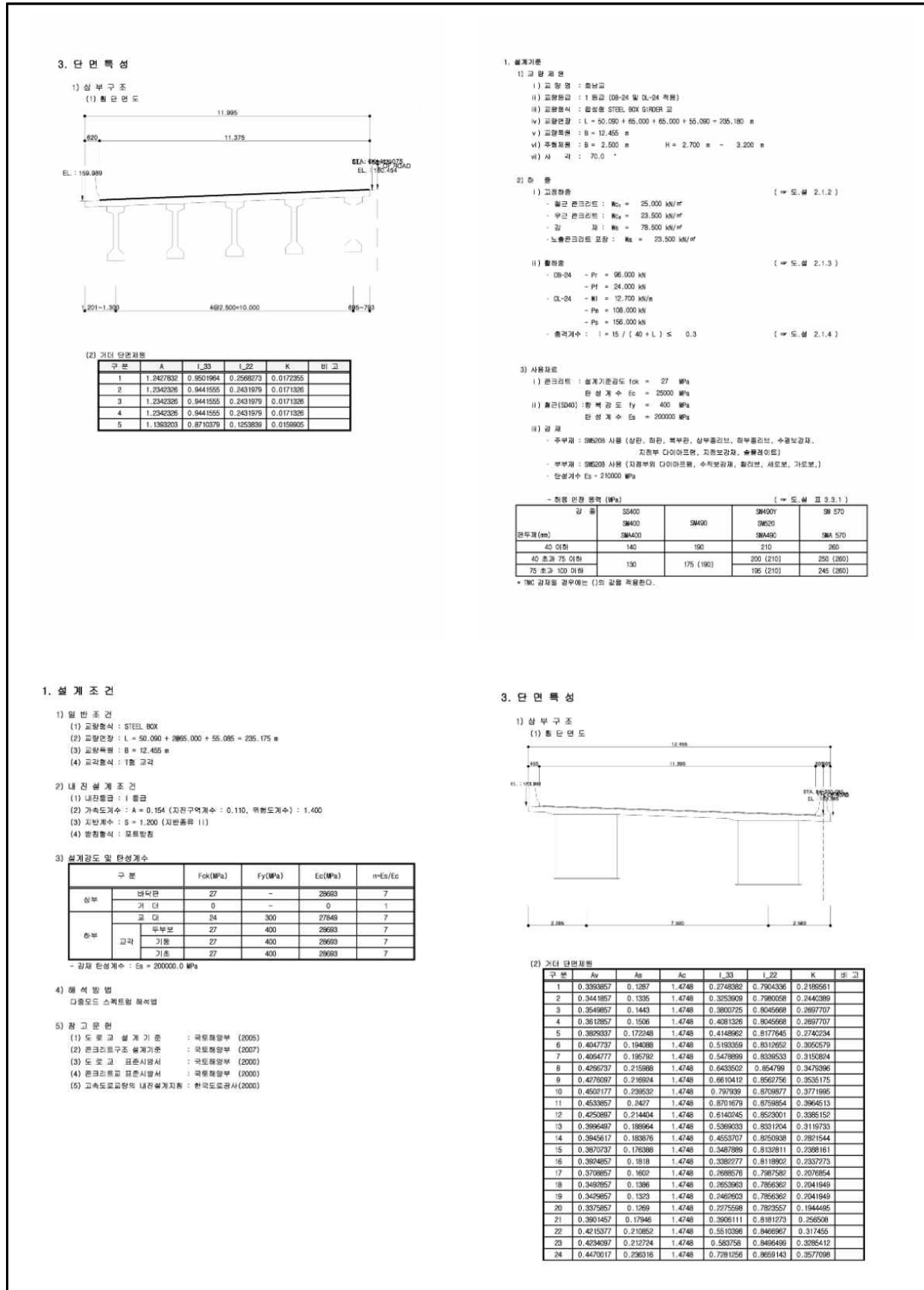
7.2.1 선정기준

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

232 지반조사 위치도		233 조사 항목 및 수행	
	조사대상	조사항목	조사수행
		조사항목	조사수행

화남교 - 18

다. 구조계산서 및 내진설계



1.2.4 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검, 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 13회, 정밀안전점검 3회, 2종성능평가 1회 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 1.2.2】 화남교 점검이력사항

번호	기간	점검진단기관명	책임기술자	점검종류	점검 결과	안전등급
1	2017.11.13 ~2017.12.28	(주)명성엔지니어링	인승철	정기안전점검	화산JCT R-A교의 주요 손상현황으로는 교면포장 소성변형, 난간 균열, 교대 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다.	양호
2	2018.05.28 ~2018.06.29	(주)명성엔지니어링	인승철	정기안전점검	화남교의 주요 손상현황으로는 교면포장 균열, 망상균열 및 이격, 접속슬래브 파손, 신축이음 후타재 파손 및 본체 파열음 발생, 차수판 볼트 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다. 특히, 신축이음 후타재 파손 및 파열음 발생은 손상의 진전이 우려되므로 조속한 보수가 필요하다.	양호
3	2018.10.23 ~2018.12.14	(주)명성엔지니어링	인승철	정기안전점검	화남교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열 및 이격, 접속부 파손, 신축이음 차수판 볼트 탈락, 하부플렌지 변형 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다. 금회 조사시, 일부 부재에 대해 보수를 실시한 것이 확인되었다.	양호
4	2019.03.18 ~2019.05.28	(주)명성엔지니어링	인승철	정기안전점검	화남교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열 및 이격, 접속부 파손, 신축이음 차수판 볼트 탈락, 후타재 파손, 하부플렌지 변형 등의 손상이 조사되었다. 기존 손상인 교면포장 접속부 파손의 경우 부분적으로 보수를 실시한 것으로 확인되었으며, 현재 보수부 상태는 양호한 것으로 조사되었다. 그 외 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다.	양호

【표 1.2.2】 화남교 점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
5	2019.09.16 ~2019.12.27	(주)명성엔 지니어링	인승철	정밀안전 점검	화남교의 현장조사 결과, 교면포장 균열 및 망상균열, 단차, 신축이음 후타재 균열, 들뜸 및 파손, 거더외부 하부플랜지 변형 등의 손상이 조사되었다. 조사된 기 손상부의 경우 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
6	2020.05.12 ~2020.06.30	(주)명성엔 지니어링	장진원	정기안전 점검	금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 화남교에 발생한 손상의 진전을 방지하고, 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「가능 발취에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」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.	B등급
7	2020.08.31 ~2020.12.31	(주)명성엔 지니어링	인승철	정기안전 점검	화남교의 현장조사 결과, 교면포장 망상균열, 접속부 파손, 난간 균열, 신축이음 후타재 망상균열, 들뜸, 교량받침 몰탈 및 받침콘크리트 균열, 바닥판하면 균열 및 백태, 하부구조 균열, 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
8	2021.03.08 ~2021.06.07	(주)명성엔 지니어링	인승철	정기안전 점검	화남교의 현장조사 결과, 교면포장 망상균열, 접속부 파손, 난간 균열, 신축이음 후타재 망상균열, 들뜸, 교량받침 몰탈 및 받침콘크리트 균열, 바닥판하면 균열 및 백태, 하부구조 균열, 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 1.2.2】 화남교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
9	2021.08.25 ~2021.12.10	(주)명성엔 지니어링	장진원	정밀안전 점검	화남교 (7공구)의 현장조사 결과, 교면포장 망상균열, 접속부 파손, 난간 균열, 신축이음 후타재 망상균열, 들뜸, 교량받침 몰탈 및 받침콘크리트 균열, 바닥판하면 균열 및 백테, 하부구조 균열, 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
10	2022.05.16 ~2022.06.24	(주)명성엔 지니어링	장진원	정기안전 점검	- 바닥판하면 균열(0.3mm미만), 백테 - 거더 외부 변형 - 가로보 상태양호 - 교대 누수흔적, 백테 페인트 벗겨짐 - 교각 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열 - 백테 파손, 표면박리 - 교량받침 반침몰탈(0.3mm미만), 백테 - 신축이음 후타재 망상균열 들뜸, 파손 이격 - 이물잔여적, 차수관 앵커탈락 - 교면포장 균열 망상균열 포장파손 접속부 포장 파손 - 배수시설 상태양호 - 방호벽 균열(0.3mm내외), 중분대 이격 파손 및 보수부 - 들뜸, 균열부백테	B등 급
11	2022.09.19 ~2022.11.30	(주)명성엔 지니어링	정지운	정기안전 점검	- 교면포장 포장균열 망상균열 접속도로 파손 - 포장파손 - 방호벽 균열(폭0.3mm내외), 균열부백테 파손 및 - 보수부 들뜸, 중분대 이격 - 신축이음 후타재 망상균열 들뜸 이격, 차수관 볼트 - 탈락 이격 - 교량받침 무수축몰탈 및 반침콘크리트 균열 백테 - 바닥판하면 균열(폭0.3mm미만), 백테 - 거더 하부플랜지 변형 - 교대 및 교각 균열(폭0.3mm내외), 파손 망상균열 - 표면박리, 누수흔적, 백테 페인트 벗겨짐	양호
12	2023.04.03 ~2023.06.16	(주)명성엔 지니어링	이상훈	정기안전 점검	- 교면포장 포장균열 망상균열 접속도로 파손 - 포장파손 - 방호벽 균열(폭0.3mm내외), 균열부백테 파손 및 - 보수부 들뜸, 중분대 이격 - 신축이음 후타재 망상균열 들뜸 이격, 차수관 볼트 - 탈락 이격 - 교량받침 무수축몰탈 및 반침콘크리트 균열 백테 - 바닥판하면 균열(폭0.3mm미만), 백테 - 거더 하부플랜지 변형 - 교대 및 교각 균열(폭0.3mm내외), 파손 망상균열 - 표면박리, 누수흔적, 백테 페인트 벗겨짐	양호

【표 1.2.2】 화남교 점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
13	2023.07.03 ~2023.12.08	(주)명성엔 지니어링	정지운	정밀안전 점검	- 교면포장 포장균열, 망상균열, 접속도로 파손, 포장파손 - 방호벽 균열(폭0.3mm내/외), 균열부백태, 파손 및 보수부 들뜸, 중분대 이격 - 신축이음 후타재 망상균열, 들뜸, 이격, 차수관 볼트 탈락, 이격 - 교량받침 무수축물탈 및 반침콘크리트 균열, 백태, 들뜸 - 바닥판하면 균열(폭0.3mm미만), 백태 - 거더 하부플렌지 변형 - 교대 및 교각 균열(폭0.3mm내/외), 파손, 망상균열, 표면박리, 누수흔적, 백태, 폐콘크리트 퇴적	양호
14	2024.06.10 ~2024.06.28	(주)명성엔 지니어링	이상훈	정기안전 점검	- 바닥판하면 균열(0.3mm미만), 백태 - 거더 도장박리, 변형 - 가로보 상태양호 - 교대 파손, 백태, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적 - 교각 균열(0.3mm미만 이상), 망상균열, 표면박리, 백태, 파손 - 교량받침 무수축물탈 및 반침콘크리트 균열 이동량 표시계 탈락 - 신축이음 후타재 균열(0.3mm미만), 망상균열 파손, 들뜸, 이물질퇴적, 차수관 앵커 및 볼트탈락 - 교면포장 포장 균열 망상균열 파손, 접속부 파손, 접속부 이격 - 배수시설 상태양호 - 방호벽 균열(0.3mm미만 이상), 균열부백태, 중분대 이격, 파손 및 보수부 들뜸 - 점검시설 상태양호	B등급
15	2024.09.23 ~2024.12.03	(주)명성엔 지니어링	정지운	정기안전 점검	- 교면포장 포장균열, 망상균열, 포장 파손, 접속도로 파손, 접속부 이격 - 방호벽 균열(0.3mm미만 이상), 균열부백태, 파손 및 보수부 들뜸, 중분대 이격 - 신축이음 후타재 균열, 망상균열, 들뜸, 파손, 이물질퇴적, 차수관 볼트 탈락 - 교량받침 무수축물탈 균열(0.3mm미만), 반침콘크리트 균열(0.3mm미만), 이동량 표시계 탈락 - 바닥판하면 균열(0.3mm미만), 백태 - 거더 도장박리, 하부플렌지 변형 - 교대 파손, 누수흔적, 백태, 폐콘크리트 퇴적 - 교각 균열(0.3mm미만 이상), 파손, 망상균열, 백태	양호

【표 1.2.2】 화남교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
16	2025.03.24 ~2025.06.18	(주)명성엔 지니어링	정지운	정기안전 점검	- 교면포장 포장균열, 망상균열, 포장 파손, 접속도로 파손, 접속부 이격 - 방호벽 균열(0.3mm미만, 이상), 균열부백태, 파손 및 보수부 들뜸, 중분대 이격 - 신축이음 후타재 균열, 망상균열, 들뜸, 파손, 이물질퇴적, 차수관 볼트 탈락 - 교량받침 무수축물탈 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 이동량 표시계 탈락 - 바닥판하면 균열(0.3mm미만), 백태 - 거더 도장박리, 하부플렌지 변형 - 교대 파손, 누수흔적, 백태, 폐콘크리트 퇴적 - 교각 균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 망상균열, 백태	양호

1.2.5 전차 정밀안전점검 실시결과(2023년12월)

구분	정밀안전점검 결과	비고
용역명	상주영천고속도로 시설물 안전·하자점검 및 성능평가 용역(23년 정밀안전점검 용역)	
용역기간	2023-09-11 ~ 10-05	
용역사	(주)명성엔지니어링	
현장조사결과	- 바닥판하면 균열(0.3mm미만), 백태 - 거더 도장박리, 변형 - 가로보 상태양호 - 교대 파손, 백태, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적 - 교각 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 표면박리, 백태, 파손 - 교량받침 무수축물탈 및 받침콘크리트 균열, 이동량 표시계 탈락 - 신축이음 후타재 균열(0.3mm미만), 망상균열, 파손, 들뜸, 이물질퇴적, 차수판 앵커 및 볼트탈락 - 교면포장 포장 균열, 망상균열, 파손, 접속부 파손, 접속부 이격 - 배수시설 상태양호 - 방호벽 균열(0.3mm미만, 이상), 균열부백태, 중분대 이격, 파손 및 보수부 들뜸 - 점검시설 상태양호	양방향
비파괴조사	- 반발경도법에 의한 압축강도 측정 결과, 상부구조(바닥판하면:27Mpa) 및 하부구조(교대:24Mpa, 교각:27Mpa)의 설계기준 강도를 상회하는 것으로 검출되어 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 발생하지 않은 것으로 판단된다. - 탄산화 깊이 측정 결과, 탄산화의 잔여깊이가 30mm(a등급) 이상으로 측정되어 철근의 부식발생의 영향은 없는 것으로 판단된다.	양방향
안전성평가 (진단시)	해당없음	양방향
상태평가	손상결함도 지수 0.154으로 B등급	
보수보강 (진단시)	해당없음	
종합의견	- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 화남교에 발생한 손상의 진전을 방지하고, 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. - 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 화남교의 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. - 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태에서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다. - 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다. - 교면포장 망상균열은 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.	

1.2.6 시설물 보수 이력

【표 1.2.3】 화남교 보수이력사항

번호	공사명	공사 구분	보수보강공사 부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비(천원)	책임기술자
1	상주영천고속도로 민간투자사업 건설공사 7공구	보수	A2 신축이음	(주)용마엔지니어링 (주)대한건설턴트	경남기업(주)
	2018-07-01 ~ 2018-12-31		신축이음 후타재파손 보수	0	

※ 시설물통합정보관리시스템(FMS) 내 교량관리대장 및 보수공사현황 참조

※ 전차 정밀안전점검(2023년) 자료 참조

※ FMS에 등재된 보수이력 이외에 하자보수와 일상보수가 실시되고 있는 것으로 확인됨.

1.2.7 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 1.2.4】 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.			

1.2.8 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

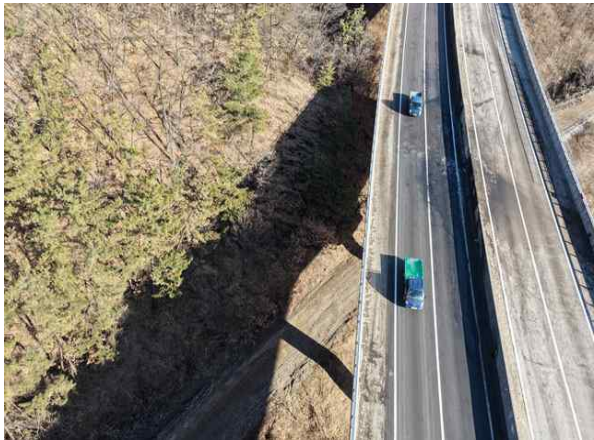
1.2.9 주변환경 및 하중변화

화남교는 경상북도 영천시 신녕면 화남리 88-1에 위치하는 1종 시설물로서 국도28호선(S4)을 횡단하는 상주영천고속도로 본선 교량이며, FMS(시설물통합정보관리시스템) 및 관리주체인 상주영천고속도로(주)에 보관중인 준공도서를 검토한 결과 준공시 고려되었던 하중이외의 추가하중은 없는 것으로 검토되었다.

또한, 준공도면 및 기 실시되었던 점검자료를 검토한 결과 준공시와 점검일 현재의 교량주변현황의 변화는 없는 것으로 검토되었다.

【표 1.2.5】 하중변화 검토내용

번호	보수보강 현황	기준	변경 (추가)	하중변화	비고
1	해당없음	—	—	—	

	
하부 교차 시설 전경	상부 전경
	
하부 교차 시설 전경	상부 전경

【사진 1.2.3】 주변환경 및 하중변화 전경

1.2.10 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 1.2.6】 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 준공도서 - 지반조사보고서 - 각종계산서 - 공사시방서 - 준공내역서 - 준공도면 - 실시설계보고서 - 기타 특이사항 보고서 - 사고기록 등	◇ 구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영 ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행 ◇ 구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인
유 지 관 련 자 료	◇ 전차 정밀안전점검 및 정기안전점검 보고서 ◇ 사고기록	◇ 부재별 중점손상 - 바닥판 균열 - 거더 도장박리, 변형 - 2차부재 상태양호 - 교대 파손, 백태, 누수흔적 - 교각 균열, 망상균열, 파손 - 교량받침 받침콘크리트 균열, 무수축물탈 균열 - 신축이음 후타재 균열, 파손 - 교면포장 포장 균열, 파손 - 배수시설 상태양호 - 방호벽 및 중분대 파손 - 교량 점검시설 상태양호	◇ 전회 점검결과와 금회 점검결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련
	◇ 보수·보강 이력 - 시설물정보관리종합시스템(FMS) 및 전차 점검보고서 - 보수 및 점검이력	◇ FMS상 등재된 보수이력 외에 주기적인 보수가 실시되고 있는 것으로 확인됨	◇ 보수부 상태 확인

1.3 현장조사

1.3.1 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.

본 점검에서는 화재에 직접적인 영향을 받은 바닥판하면, 교면포장, 배수시설, 방호벽에 대한 조사결과를 수록하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소점검차	2025.12.22.~2026.01.06.	
			
작업전경		작업전경	
			
작업전경		코어채취 시험	

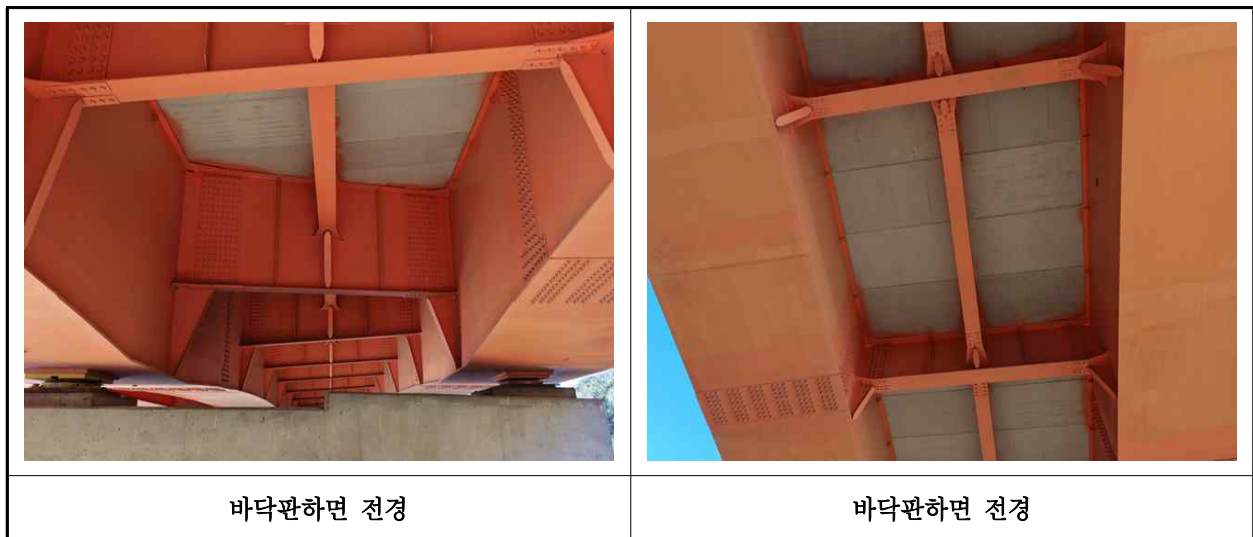
【사진 1.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

1.3.2 상주방향 현장조사 결과

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 화남교는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=235.0m 폭 12.1m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면의 현장조사 결과, 화재로 인한 추가적인 손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 1.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

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

			
손상현황	• S1 상태양호	손상현황	• S1 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• S2 상태양호	손상현황	• S2 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 검토의견

- 바닥판하면에 대한 조사결과, 금회 화재 발생으로 인한 신규 손상은 조사되지 않은 양호한 상태이다. 주기적인 점검을 통한 신규손상 발생 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

나. 교면포장

1) 부재의 개요

- 화남교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 S1~S2 아스콘 포장, S3~S4 콘크리트 포장으로 되어있다.



【사진 1.3.4】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

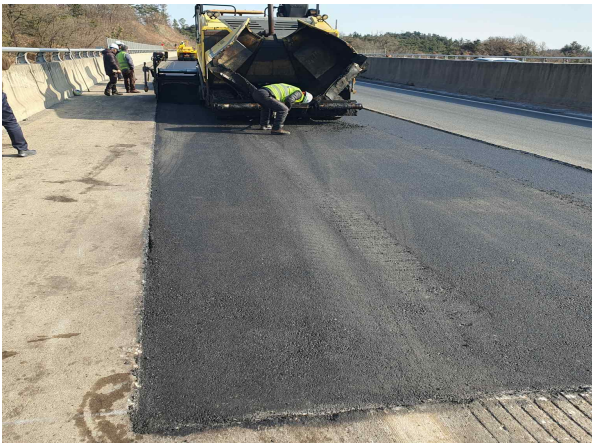
- 교면포장의 현장조사 결과, 교면포장 세척필요 등의 손상이 발생하였다.

【표 1.3.2】 교면포장 현장조사 결과

구분	교면포장 세척필요 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	—	—
S3	780.00	1
S4	660.00	1
합계	1,440.00	2

			
손상현황	• S1 교면포장 화재현황	손상현황	• S1 교면포장 재포장 현황
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• S2 교면포장 화재현황	손상현황	• S2 교면포장 재포장 현황
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• S1 교면포장 화재현황	손상현황	• S1 교면포장 재포장 현황
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 1.3.5】 교면포장 손상현황

			
손상현황	• S2 교면포장 화재현황	손상현황	• S2 교면포장 재포장 현황
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• S3 교면포장 세척필요(65.0×12.0)	손상현황	• S4 교면포장 세척필요(55.0×12.0)
원 인	• 사고 발생으로 인한 누유 등	원 인	• 사고 발생으로 인한 누유 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 정비

【사진 1.3.5】 교면포장 손상현황(계속)

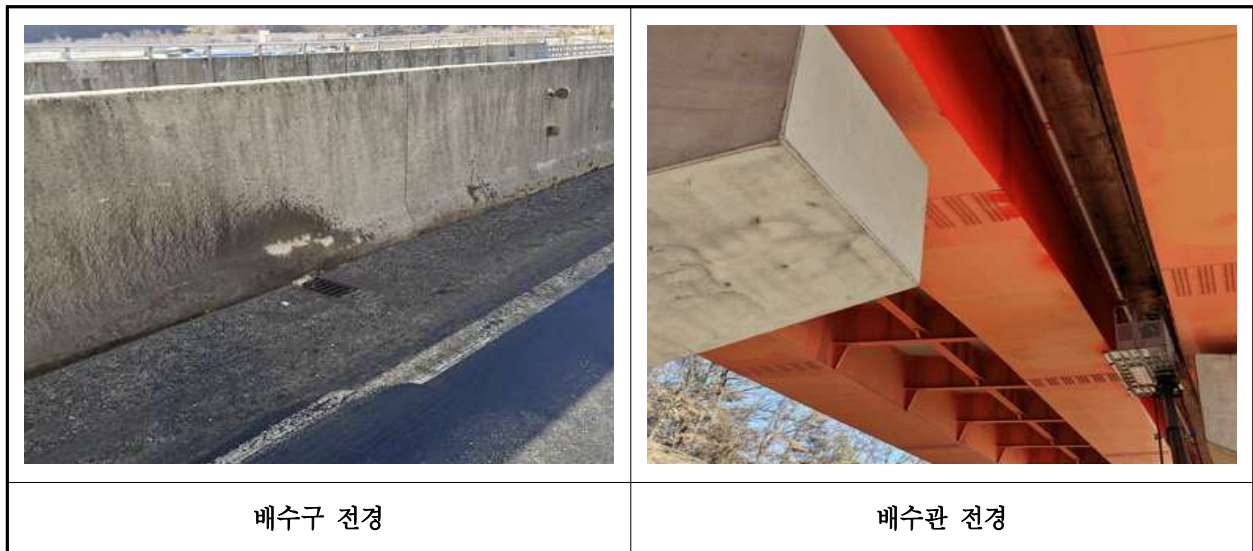
3) 검토의견

- 교면포장 S1~S2의 경우 차량 추돌 후 전도에 의한 충격 및 화재발생 등으로 교면포장에 화재 손상이 발생하였으나 점검이후 교면포장 S1~2에 대한 재포장이 실시된 것으로 조사되어 현재는 양호한 상태로 조사되었다.
- 조사된 교면포장 세척필요의 경우 차량추돌 후 유조차 전도로 인하여 유출된 기름으로 발생한 손상으로 판단되며, 방치 시 수막현상, 접착력 저하, 차량 미끄러짐 등 발생가능성이 있어 정비 등의 세척이 필요할 것으로 판단된다.

다. 배수시설

1) 부재의 개요

- 화남교의 배수시설은 종단구배 (+)2.8026%, 횡단구배 (-)4.000%~(+)4.000%로 물흐름에 의거하여 교면포장의 우측(A1기준)에 시공되어 있으며, 바닥판하면 하부 배수관을 따라 하부로 배수되도록 시공되어있다.



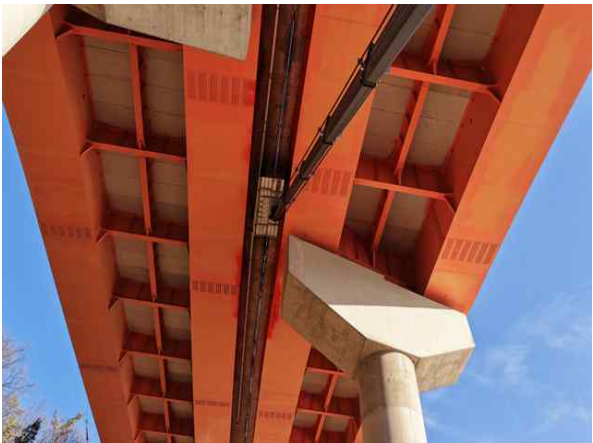
【사진 1.3.6】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 화재로 인한 추가적인 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 1.3.3】 배수시설 현장조사 결과

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

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

【사진 1.3.7】 배수시설 손상현황

3) 검토의견

- 배수시설은 현재 화재로 인한 추가적인 손상이 없는 상태이며, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

라. 방호벽 및 중앙분리대

1) 부재의 개요

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



【사진 1.3.8】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 중분대 단면보수 필요, 표면처리 필요, 난간 교체필요, 낙하물 방지망 교체필요 등의 손상이 조사되었다.

【표 1.3.4】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	중분대 단면보수 필요 (㎡/개소)		중분대 표면처리 필요 (㎡/개소)		난간 교체 필요 (m/개소)		낙하물 방지망 교체 필요 (m/개소)	
S1	90.00	1	164.5	1	50.00	1	66.00	1
S2	112.50	1	164.5	1	65.00	1	—	—
S3	—	—	164.5	1	65.00	1	—	—
S4	—	—	164.5	1	55.00	1	46.00	1
합계	202.50	2	658.00	4	235.00	4	112.00	2

													
<table border="1"> <tr> <td>손상현황</td><td>• S1 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)</td></tr> <tr> <td>원 인</td><td>• -</td></tr> <tr> <td>조치방안</td><td>• -</td></tr> </table>	손상현황	• S1 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)	원 인	• -	조치방안	• -	<table border="1"> <tr> <td>손상현황</td><td>• S1 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)</td></tr> <tr> <td>원 인</td><td>• 차량충격, 화재발생 등</td></tr> <tr> <td>조치방안</td><td>• 단면보수</td></tr> </table>	손상현황	• S1 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)	원 인	• 차량충격, 화재발생 등	조치방안	• 단면보수
손상현황	• S1 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)												
원 인	• -												
조치방안	• -												
손상현황	• S1 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)												
원 인	• 차량충격, 화재발생 등												
조치방안	• 단면보수												
													
<table border="1"> <tr> <td>손상현황</td><td>• S2 난간 교체 필요(L=65.0×1.5)</td></tr> <tr> <td>원 인</td><td>• -</td></tr> <tr> <td>조치방안</td><td>• -</td></tr> </table>	손상현황	• S2 난간 교체 필요(L=65.0×1.5)	원 인	• -	조치방안	• -	<table border="1"> <tr> <td>손상현황</td><td>• S1 낙하물 방지망 교체 필요(L=66.0)</td></tr> <tr> <td>원 인</td><td>• 차량충격 등</td></tr> <tr> <td>조치방안</td><td>• 정비</td></tr> </table>	손상현황	• S1 낙하물 방지망 교체 필요(L=66.0)	원 인	• 차량충격 등	조치방안	• 정비
손상현황	• S2 난간 교체 필요(L=65.0×1.5)												
원 인	• -												
조치방안	• -												
손상현황	• S1 낙하물 방지망 교체 필요(L=66.0)												
원 인	• 차량충격 등												
조치방안	• 정비												
													
<table border="1"> <tr> <td>손상현황</td><td>• S2 난간 교체 필요(L=65.0)</td></tr> <tr> <td>원 인</td><td>• -</td></tr> <tr> <td>조치방안</td><td>• -</td></tr> </table>	손상현황	• S2 난간 교체 필요(L=65.0)	원 인	• -	조치방안	• -	<table border="1"> <tr> <td>손상현황</td><td>• S2 난간 교체 필요(L=65.0)</td></tr> <tr> <td>원 인</td><td>• 차량충격 등</td></tr> <tr> <td>조치방안</td><td>• 정비</td></tr> </table>	손상현황	• S2 난간 교체 필요(L=65.0)	원 인	• 차량충격 등	조치방안	• 정비
손상현황	• S2 난간 교체 필요(L=65.0)												
원 인	• -												
조치방안	• -												
손상현황	• S2 난간 교체 필요(L=65.0)												
원 인	• 차량충격 등												
조치방안	• 정비												

【사진 1.3.9】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

			
손상현황	• S2 중분대 단면보수 필요(65.0×1.5)	손상현황	• S2 중분대 단면보수 필요(65.0×1.5)
원 인	• -	원 인	• 차량충격, 화재발생 등
조치방안	• -	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S4 중분대 표면처리 필요(55.0×1.5)	손상현황	• S3 중분대 표면처리 필요(55.0×1.5)
원 인	• -	원 인	• 화재발생 등
조치방안	• -	조치방안	• 표면처리

【사진 1.3.9】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 중분대 단면보수 필요의 경우 차량충돌로 인한 외부충격에 의한 손상으로 화재로 인한 내구성 저하가 의심되며, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 조사된 중분대 표면처리 필요의 경우 화재발생으로 인한 표면열화, 그을림 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 적절한 방안의 보수방안이 필요할 것으로 판단된다.
- 조사된 난간 교체필요, 낙하물 방지망 교체필요 등의 경우 차량충돌로 인한 외부충격 및 화재로 인한 손상으로 부재의 사용성 확보를 위하여 재설치 등의 적절한 방안의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

마. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 방호벽 및 중앙분리대”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 25년 정밀안전점검에서 조사된 손상 이외에 화재로 인한 신규손상을 조사되지 않아 25년 정밀안전점검 보고서의 내용을 참고하여 평가 하였다.

4) 환기구 등의 덮개

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

1.3.3 영천방향 현장조사 결과

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 화남교는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=235.0m 폭 12.1m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.10】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면의 현장조사 결과, 화재로 인한 추가적인 손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 1.3.5】 바닥판하면 현장조사 결과

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

			
손상현황	• S1 상태양호	손상현황	• S1 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• S2 상태양호	손상현황	• S2 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 1.3.11】 바닥판하면 손상현황

4) 검토의견

- 바닥판하면에 대한 조사결과, 화재 발생으로 인한 신규손상은 조사되지 않은 양호한 상태로, 주기적인 점검을 통한 신규손상 발생 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. 교면포장

1) 부재의 개요

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



【사진 1.3.12】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장 현장조사 결과, 화재로 인한 전구간에 교면포장 세척필요 손상이 확인되었다.

【표 1.3.6】 교면포장 현장조사 결과

구분	교면포장 세척필요 (㎡/개소)	
S1	600.00	1
S2	780.00	1
S3	780.00	1
S4	660.00	1
합계	2,820.00	4

			
손상현황	• S1 교면포장 세척필요 (50.0×1.2)	손상현황	• S1 교면포장 세척필요 (50.0×1.2)
원 인	• -	원 인	• 사고발생으로 인한 누유
조치방안	• -	조치방안	• 정비
			
손상현황	• S2 교면포장 세척필요 (65.0×1.2)	손상현황	• S2 교면포장 세척필요 (65.0×1.2)
원 인	• -	원 인	• 사고발생으로 인한 누유
조치방안	• -	조치방안	• 정비
			
손상현황	• S3 교면포장 세척필요 (65.0×1.2)	손상현황	• S3 교면포장 세척필요 (65.0×1.2)
원 인	• -	원 인	• 사고발생으로 인한 누유
조치방안	• -	조치방안	• 정비

【사진 1.3.13】 교면포장 손상현황

3) 검토의견

- 교면포장 세척필요의 경우 상주방향에서 발생한 차량충돌 후 유조차 전도로 인하여 유출된 기름으로 발생한 손상으로 판단되며, 방치 시 수막현상, 접착력 저하, 차량 미끄러짐 등 발생 가능성이 있어 정비 등의 세척이 필요할 것으로 판단된다.

다. 배수시설

1) 부재의 개요

- 화남교의 배수시설은 종단구배 (+)2.8026%, 횡단구배 (-)4.000%~(+)4.000%로 물흐름에 의거하여 교면포장의 우측(A1기준)에 시공되어 있으며, 바닥판하면 하부 배수관을 따라 하부로 배수되도록 시공되어있다.



【사진 1.3.14】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 화재로 인한 추가적인 손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 1.3.7】 배수시설 현장조사 결과

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

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

【사진 1.3.15】 배수시설 손상현황

3) 검토의견

- 배수시설에 대한 조사결과, 화재로 인한 신규손상은 발생되지 않은 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.

라. 방호벽 및 중앙분리대

1) 부재의 개요

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



【사진 1.3.16】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽 및 중앙분리대에 대한 현장조사 결과, 중분대 단면보수, 표면처리 필요, 난간 및 낙하물 방지망 교체 필요, 방호벽 파손이 조사되었다.

【표 1.3.8】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	중분대 단면보수 필요 (㎡/개소)		중분대 표면처리 필요 (㎡/개소)		난간 교체 필요 (m/개소)		낙하물 방지망 교체 필요 (m/개소)		방호벽 파손 (㎡/개소)	
S1	90.00	1	164.5	1	50.00	1	66.00	1	—	—
S2	112.50	1	164.5	1	65.00	1	—	—	10.00	1
S3	—	—	164.5	1	65.00	1	—	—	2.00	1
S4	—	—	164.5	1	55.00	1	46.00	1	1.00	1
합계	202.50	2	658.00	4	235.00	4	112.00	2	13.00	3

2025년 9월 15일 점검현황 		2026년 01월 05일 점검현황 	
손상현황	• S1 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)	손상현황	• S1 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)
원 인	• -	원 인	• 차량충격, 화재발생 등
조치방안	• -	조치방안	• 단면보수
2025년 9월 15일 점검현황 		2026년 01월 05일 점검현황 	
손상현황	• S2 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)	손상현황	• S2 중분대 단면보수 필요(50.0×1.5)
원 인	• -	원 인	• 차량충격, 화재발생 등
조치방안	• -	조치방안	• 단면보수
2025년 9월 15일 점검현황 		2026년 01월 05일 점검현황 	
손상현황	• S3 난간교체 필요(L=65.0m)	손상현황	• S3 난간교체 필요(L=65.0m)
원 인	• -	원 인	• 외부충격 등
조치방안	• -	조치방안	• 정비

【사진 1.3.17】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

			
손상현황	• S4 중분대 표면처리 필요(55.0×1.5)	손상현황	• S4 중분대 표면처리 필요(55.0×1.5)
원 인	• -	원 인	• 화재발생 등
조치방안	• -	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S4 난간교체 필요(L=55.0m)	손상현황	• S4 난간교체 필요(L=55.0m)
원 인	• -	원 인	• 외부충격 등
조치방안	• -	조치방안	• 정비

【사진 1.3.17】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 방호벽 파손, 중분대 단면보수 필요의 경우 차량충돌로 인한 충격으로 발생한 손상으로 화재로 인한 내구성 저하가 의심되며, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 조사된 중분대 표면처리 필요의 경우 화재발생으로 인하나 표면열화, 그을림 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 원활한 내구성 확보차원의 표면처리 등의 적절한 방안의 보수방안이 필요할 것으로 판단된다.
- 조사된 난간 교체필요, 낙하물 방지망 교체필요 등의 경우 차량충돌로 인한 외부충격에 의한 손상으로 부재의 사용성 확보를 위하여 정비 등의 적절한 방안의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

마. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 방호벽 및 중앙분리대”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 25년 정밀안전점검에서 조사된 손상 이외에 화재로 인한 신규손상을 조사되지 않아 25년 정밀안전점검 보고서의 내용을 참고하여 평가 하였다.

4) 환기구 등의 덮개

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

1.3.4 현장조사 총괄표

【표 1.3.9】 상주방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	상태양호	—	—	—	
교면포장	교면포장 세척 필요	m ²	1,440.00	1	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽 및 중앙분리대	중분대 단면보수 필요	m ²	172.50	2	
	중분대 표면처리 필요	m ²	180.00	2	
	난간 교체 필요	m	235.00	4	
	낙하물 방지망 교체 필요	m	112.00	2	

【표 1.3.10】 영천방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	상태양호	—	—	—	
교면포장	교면포장 세척 필요	m ²	2,280.00	2	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽 및 중앙분리대	중분대 단면보수 필요	m ²	172.50	2	
	중분대 표면처리 필요	m ²	180.00	2	
	난간 교체 필요	m	235.00	4	
	낙하물 방지망 교체 필요	m	112.00	2	
	방호벽 파손	m ²	13.00	3	

1.4 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 내구성 조사는 화재로 인한 긴급안전점검의 일환으로, 고열 노출에 따른 열화로 인한 내구성 저하가 우려됨에 따라 화재 발생 구간을 대상으로 집중적인 조사를 실시하였다.

1.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험) 및 탄산화깊이 측정을 실시하였다. 조사대상은 고열에 직접적으로 노출된 부재인 바닥판하면과 중앙분리대이며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 1.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	수 량(개소)		비 고
	실시		
	상주방향	영천방향	
반발경도 시험	6	2	
초음파전달속도	6	2	
탄산화 깊이 측정	6	2	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

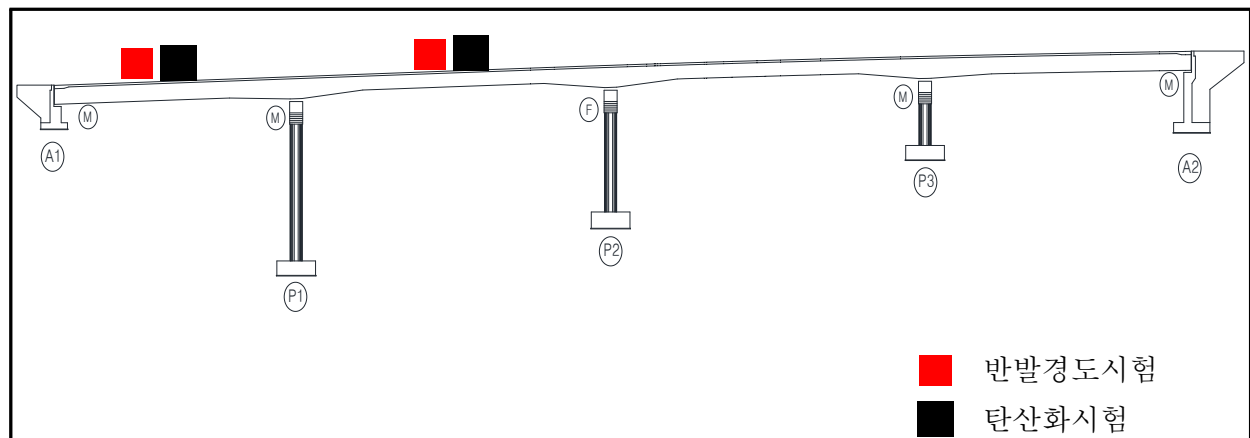
금회 점검에서 대상 구조물에 대한 재료시험 위치선정은 화재구간을 우선적으로 선정하였으며, 도로로 접근이 난해한 부위는 고소점검차 등을 이용하여 접근하였다. 콘크리트 강도시험의 경우 건전부와 비건전부의 비교·검토를 위하여 외관상 균열, 박리, 화재로 인한 열화 등의 유무에 따라 양호한 부위와 불량한 부위를 선정하여 시험을 실시하였다.

다. 조사 사진

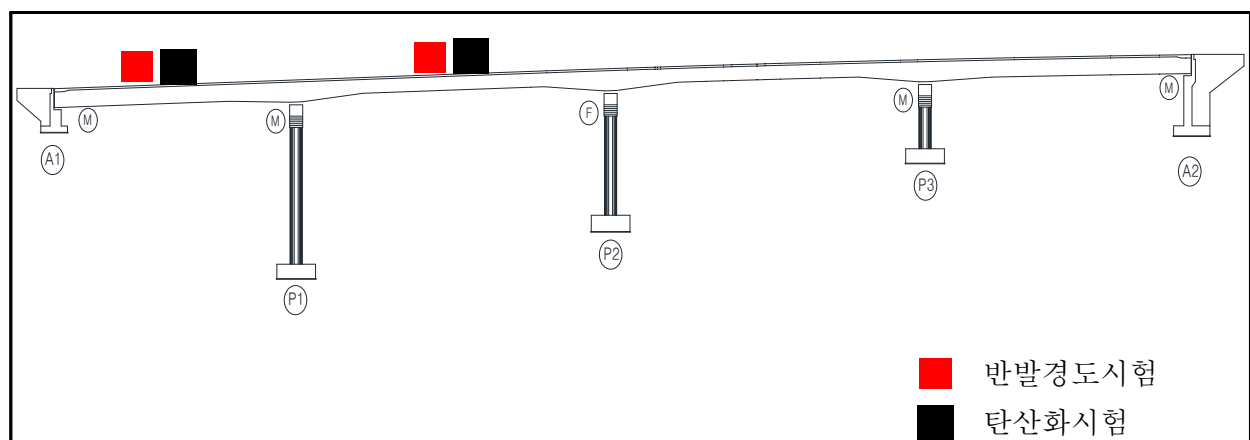


【사진 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 1.4.1】 상주방향 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 1.4.2】 영천방향 콘크리트 내구성조사 위치도

1.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 화재구간의 바닥판하면과 중앙분리대를 대상으로 진행하였으며, 반발경도시험 및 초음파전달속도시험을 실시하였다. 그라인더를 통해 표면 요철, 부착물, 이물질 등을 제거한 후, 슈미트 해머를 사용하여 반발경도를 측정하고 동일한 위치에서 구리스 도포하여 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 표면법에 의한 초음파 전달속도를 측정하였으며, 이를 직접법 속도로 환산하였다. 측정결과는 2개 이상의 추정식을 통해 콘크리트 비파괴 강도를 추정하고 표준편차와 변동계수가 적은 값을 적용하였다.



【사진 1.4.2】 반발경도시험 현장사진

1) 비파괴강도 시험결과(상주방향)

【표 1.4.2】 반발경도 시험결과(바닥판, 상주방향)

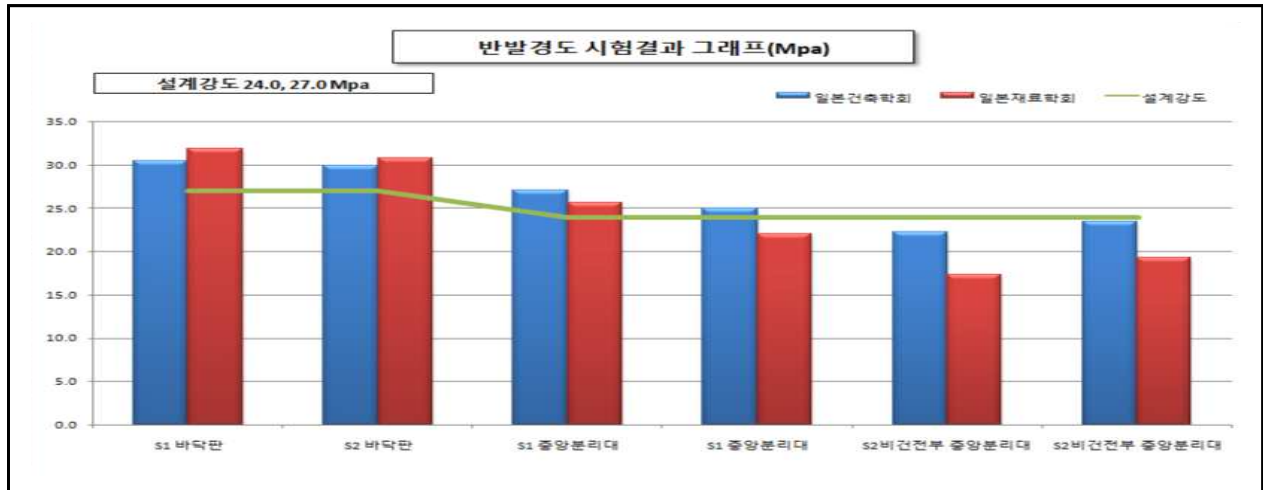
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	바닥판	54.1	31.9	30.5	0.63	27.0	건전부
	S2	바닥판	52.7	30.8	29.9			건전부
평균			—	31.4	30.2	—	—	
표준편차			—	0.56	0.32	—	—	
변동계수			—	0.018	0.010	—	—	
최대값			—	31.9	30.5	—	—	
최소값			—	30.8	29.9	—	—	

【표 1.4.3】 반발경도 시험결과(중양분리대, 상주방향)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	중양분리대	46.3	25.7	27.0	0.63	24.0	건전부
	S1	중양분리대	41.7	22.0	25.0			건전부
	S2	중양분리대	35.8	17.3	22.3			비건전부
	S2	중양분리대	38.3	19.3	23.4			비건전부
평균			—	21.1	24.4	—	—	
표준편차			—	3.59	2.02	—	—	
변동계수			—	0.170	0.083	—	—	
최대값			—	25.7	27.0	—	—	
최소값			—	17.3	22.3	—	—	

【표 1.4.4】 반발경도 시험결과 분석 (상주방향)

시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)		비고
	일본건축학회						
바닥판	29.9	~ 30.5	27.0	30.2	110.7	~ 113.0	
중양분리대	22.3	~ 27.0	24.0	26.7	92.9	~ 112.5	



【그림 1.4.3】 상주방향 반발경도시험 측정결과

【표 1.4.5】 초음파전달속도 시험결과(바닥판, 상주방향)

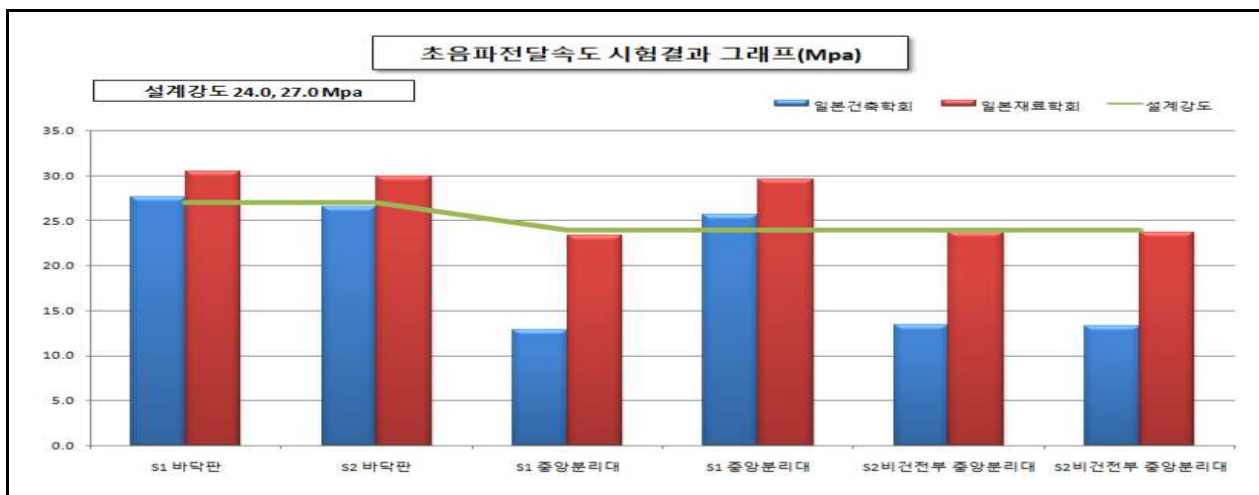
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	바닥판	4.197	30.5	27.7	0.63	27.0	건전부
	S2	바닥판	4.146	30.0	26.6			건전부
평균			—	30.3	27.2	—	—	
표준편차			—	0.35	0.78	—	—	
변동계수			—	0.012	0.029	—	—	
최대값			—	30.5	27.7	—	—	
최소값			—	30.0	26.6	—	—	

【표 1.4.6】 초음파전달속도 시험결과(중앙분리대, 상주방향)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	중앙분리대	3.491	23.4	12.8	0.63	24.0	건전부
	S1	중앙분리대	4.106	29.6	25.7			건전부
	S2	중앙분리대	3.519	23.7	13.4			비건전부
	S2	중앙분리대	3.513	23.7	13.3			비건전부
평균			—	25.1	16.3	—	—	
표준편차			—	1.27	2.66	—	—	
변동계수			—	0.051	0.163	—	—	
최대값			—	29.6	25.7	—	—	
최소값			—	23.4	12.8	—	—	

【표 1.4.7】 초음파전달속도 시험결과 분석 (상주방향)

시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본재료학회					
바닥판	30.0	~ 30.5	27.0	30.3	111.1 ~ 113.0	
중앙분리대	23.4	~ 29.6	24.0	30.7	97.5 ~ 123.3	



【그림 1.4.4】 상주방향 초음파전달속도시험 측정결과

- 측정부재에 대한 압축강도 측정결과, 반발경도법 : 바닥판하면 29.9 ~ 30.5MPa(110.7 ~ 113.0%), 중양분리대 22.3 ~ 27.0MPa(92.9 ~ 112.5%), 초음파속도법 : 바닥판하면 30.0 ~ 30.5MPa(111.1 ~ 113.0%), 중양분리대 23.4 ~ 29.6MPa(97.5 ~ 123.3%)로 측정되었다. 바닥판하면의 경우 설계기준 압축강도 27.0MPa를 110.7 ~ 113.0%로 상회하는 상태로 검토되었으나 중양분리대의 경우 설계기준 압축강도 24.0MPa에 92.9 ~ 123.3%로 일부 측정 구간에서 미치지 못하는 강도 저하가 확인되어 강도 저하 구간에 대한 단면보수 등의 보수조치가 필요할 것으로 사료된다.

2) 비파괴강도 시험결과(영천방향)

【표 1.4.8】 반발경도 시험결과(바닥판, 영천방향)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	바닥판	46.2	27.0	27.8	0.63	27.0	건전부
	S2	바닥판	46.8	25.8	27.1			건전부
평균			—	26.4	27.5	—	—	
표준편차			—	0.60	0.34	—	—	
변동계수			—	0.023	0.012	—	—	
최대값			—	27.0	27.8	—	—	
최소값			—	25.8	27.1	—	—	

【표 1.4.9】 반발경도 시험결과 분석 (영천방향)

시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회					
바닥판	27.1	~ 27.8	27.0	27.5	100.4 ~ 103.0	



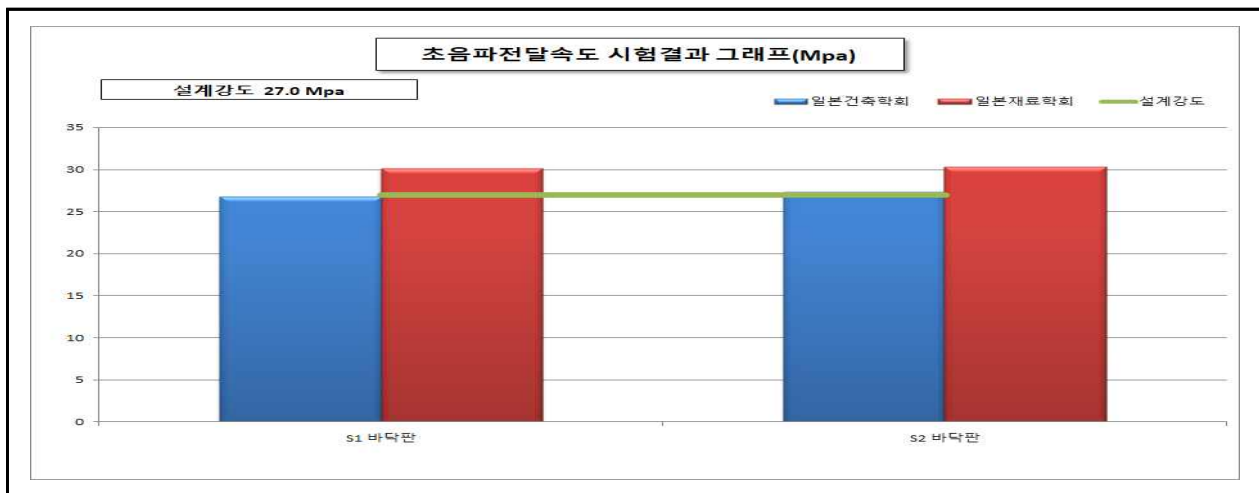
【그림 1.4.5】 영천방향 상부구조 반발경도시험 측정결과

【표 1.4.10】 초음파전달속도 시험결과(바닥판, 영천방향)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	바닥판	4.158	30.1	26.8	0.63	27.0	건전부
	S2	바닥판	4.178	30.3	27.3			건전부
평균			—	30.2	27.1	—	—	
표준편차			—	0.14	0.35	—	—	
변동계수			—	0.005	0.013	—	—	
최대값			—	30.3	27.3	—	—	
최소값			—	30.1	26.8	—	—	

【표 1.4.11】 초음파전달속도 시험결과 분석 (영천방향)

시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본재료학회					
바닥판	30.1	~ 30.3	27.0	30.2	111.5 ~ 112.2	



【그림 1.4.6】 영천방향 초음파전달속도시험 측정결과

- 측정부재에 대한 압축강도 측정결과, 반발경도법 : 바닥판하면 30.1 ~ 30.3MPa(100.4 ~ 103.0%), 초음파속도법 : 바닥판하면 30.1 ~ 30.3MPa(115.5 ~ 112.2%)로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면: 27.0MPa)를 전반적으로 상회하여 콘크리트의 강도상태는 양호한 것으로 확인된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 비파괴강도 시험에서 공용기간중가 및 화재로 인한 강도 저하는 확인되지 않은 것으로 판단된다.

3) 코어강도를 고려한 비파괴 강도 추정

- 콘크리트 비파괴 강도는 코어의 압축강도와 코어 채취부위에서 시행한 비파괴 시험 강도로 보정계수를 산정하고 산정된 보정계수로 압축강도를 추정하기로 한다. 다음 표는 코어강도를 이용하여 각 시험방법에 대한 보정계수를 구한 것이다.

【표 1.4.12】 코어강도를 고려한 보정계수 산정(상주방향)

위치	보정 코어강도	구분	반발경도법		초음파 속도법	
			일본재료학회	일본건축학회	일본재료학회	일본건축학회
S2	30.4	바닥판 하면	30.8	29.9	30.0	26.6
보 정 계 수(Ct)			0.987	1.017	1.013	1.143

- 위의 표와 같이 각 방법에 의해 보정계수를 구한 결과, 1.0에 가장 근접하는 비파괴식인 일본재료학회식에 보정계수 값을 사용하여 비파괴강도를 추정하였다.

【표 1.4.13】 보정계수를 고려한 비파괴강도 추정결과(상주방향)

위치	구분	반발경도법			초음파 속도법		
		일본재료학회	보정계수(Ct)	비파괴강도	일본재료학회	보정계수(Ct)	비파괴강도
S1	바닥판하면	31.9	0.987	31.5	30.5	1.013	30.9
S2	바닥판하면	30.8	0.987	30.4	30.0	1.013	30.4

- 코어채취를 실시하여 코어강도 보정계수를 고려한 바닥판하면 압축강도 측정 결과, 설계강도 27.0MPa을 112.6 ~ 116.7% 상화하는 상태로 화재 및 공용기간 증가 등으로 인한 강도 저하는 없는 상태인 것으로 판단된다.

4) 반발경도 시험보고서

【표 1.4.14】 상주방향 반발경도 시험보고서

반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2026. 01. 05. ~ 2026. 01. 06. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	화남교(상주방향)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 : 27.0MPa, 중앙분리대 : 24.0MPa
시험 위치의 표면 상태	건전부 : 균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거) 비건전부 : 균열, 박리 등이 있는 불량한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	6.6℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구 분	내 용
측정기의 종류	NR-Type(NR-10)
제품번호	28191
시험기기의 교정	한국산업기술시험원 교정(엔빌테스트 : 80 ± 2)
3. 시험 방법	
구 분	내 용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정 평균치의 $\pm 20\%$ 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

【표 1.4.15】영천방향 반발경도 시험보고서

반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2026. 01. 05. ~ 2026. 01. 06. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	화남교(영천방향)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 : 27.0MPa
시험 위치의 표면 상태	건전부 : 균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거) 비건전부 : 균열, 박리 등이 있는 불량한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	6.6℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구 분	내 용
측정기의 종류	NR-Type(NR-10)
제품번호	28191
시험기기의 교정	한국산업기술시험원 교정(엔빌테스트 : 80 ± 2)
3. 시험 방법	
구 분	내 용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정 평균치의 $\pm 20\%$ 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

5) 초음파전달속도 시험보고서

【표 1.4.16】 상주방향 초음파전달속도 시험보고서

초음파전달속도 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2026. 01. 05. ~ 2026. 01. 06. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	화남교(상주방향)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 : 27.0MPa, 중양분리대 : 24.0MPa
시험 위치의 표면 상태	건전부 : 균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거) 비건전부 : 균열, 박리 등이 있는 불량한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	6.6℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구 분	내 용
측정기의 종류	Pundit
초음파전달시간 측정범위	0.1 μ s ~ 1999.9 μ s
투과거리	약 15m
정확도	$\pm 0.1\mu$ s
3. 시험 방법	
①콘크리트 표면 요철 정리 등을 위한 글라인더를 이용하여 표면연마 ②Matker 등에 의한 측정점의 표시(10cm간격, 총50cm) ③진동자와 측정면 사이 공극이 생기지 않도록 그리스로 밀착 ④진동자 배치방법에 따른 전달속도 측정	
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

【표 1.4.17】영천방향 초음파전달속도 시험보고서

초음파전달속도 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2026. 01. 05. ~ 2026. 01. 06. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	화남교(영천방향)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 : 27.0MPa, 중앙분리대 : 24.0MPa
시험 위치의 표면 상태	건전부 : 균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거) 비건전부 : 균열, 박리 등이 있는 불량한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	6.6℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구 분	내 용
측정기의 종류	Pundit
초음파전달시간 측정범위	0.1 μ s ~ 1999.9 μ s
투과거리	약 15m
정확도	$\pm 0.1\mu$ s
3. 시험 방법	
①콘크리트 표면 요철 정리 등을 위한 글라인더를 이용하여 표면연마 ②Matker 등에 의한 측정점의 표시(10cm간격, 총50cm) ③진동자와 측정면 사이 공극이 생기지 않도록 그리스로 밀착 ④진동자 배치방법에 따른 전달속도 측정	
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 페놀프탈레인 용액 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복 두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값을 적용하였다.



【사진 1.4.3】 탄산화 깊이 측정 현장사진

1) 탄산화 깊이 측정결과(상주방향)

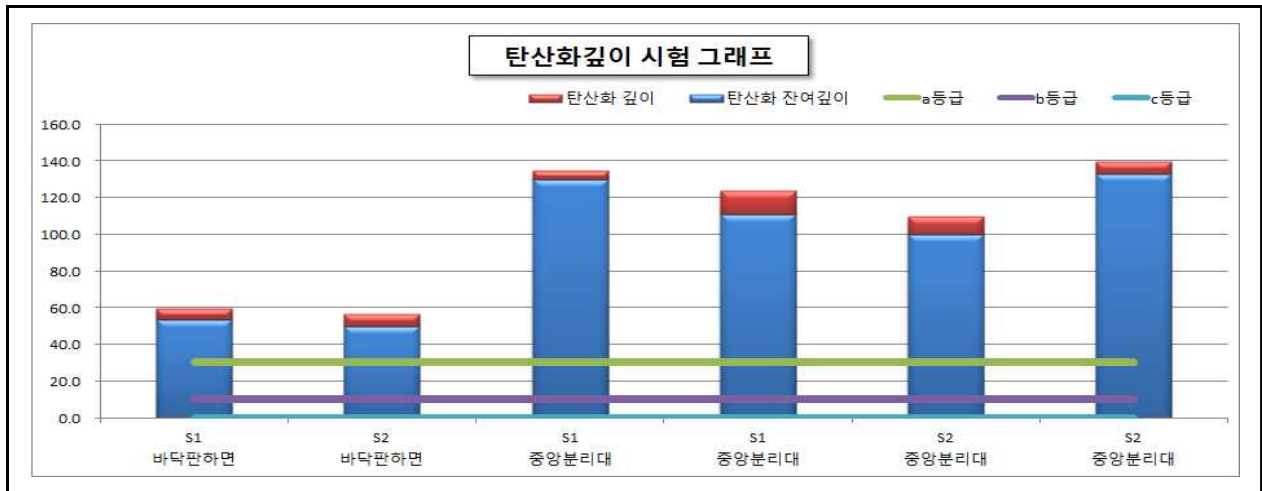
【표 1.4.18】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가 (상주방향)

시험위치	탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	경과년수	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	평가등급	비 고
S1 바닥판하면	6.0	60.0	54.0	8	2.12	100년 이상	a등급	
S2 바닥판하면	7.0	57.0	50.0	8	2.47	100년 이상	a등급	
S1 증양분리대	5.0	135.0	130.0	8	1.77	100년 이상	a등급	
S1 증양분리대	13.0	124.0	111.0	8	4.60	100년 이상	a등급	
S2 증양분리대	10.0	110.0	100.0	8	3.54	100년 이상	a등급	
S2 증양분리대	7.0	140.0	133.0	8	2.47	100년 이상	a등급	

- 탄산화 깊이 측정결과, 바닥판하면 탄산화깊이는 6.0mm~7.0mm, 증양분리대 탄산화깊이는 5.0mm~13.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 1.4.19】탄산화 시험결과 분석 (상주방향)

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	6.0~7.0	50.0~54.0	
하부구조	5.0~13.0	100.0~133.0	



【그림 1.4.7】상주방향 탄산화 깊이 측정결과

2) 탄산화 깊이 측정결과(영천방향)

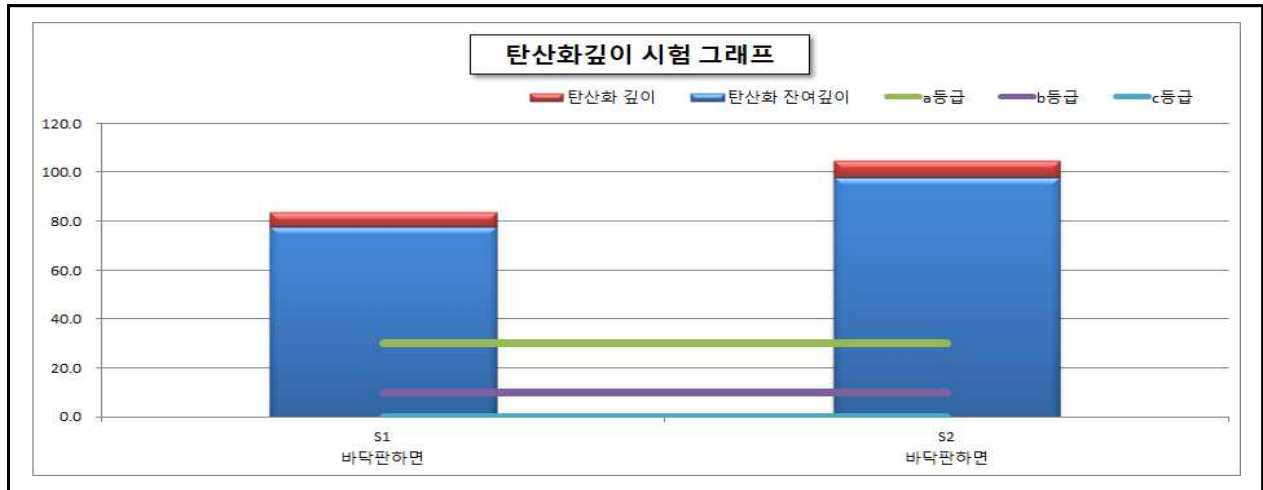
【표 1.4.20】탄산화 깊이 측정결과 및 평가 (영천방향)

시험위치	탄산화 깊이(mm)	실측 피복두께(mm)	탄산화 잔여깊이(mm)	경과년수	탄산화 속도계수(A)	잔존수명(년)	평가등급	비 고
S1 바닥판하면	6.0	84.0	78.0	8	2.12	100년 이상	a등급	
S2 바닥판하면	7.0	105.0	98.0	8	2.47	100년 이상	a등급	

- 탄산화 깊이 측정결과, 바닥판하면 탄산화깊이는 6.0mm~7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 1.4.21】탄산화 시험결과 분석 (영천방향)

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
바닥판하면	6.0~7.0	84.0~105.0	



【그림 1.4.8】 영천방향 탄산화 깊이 측정결과

3) 시설물 내구성 예측 서비스를 활용한 내구성 예측

국토안전관리원에서 시행하고있는 시설물 내구성 예측 서비스를 활용하여 공용년수 증가에 따른 탄산화의 향후 추이를 예측해 보았다. 화남교의 상하부 구조를 대상으로 내구성 예측 서비스를 활용하여 100년 후 탄산화 깊이 및 탄산화 속도계수를 예측하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

【표 1.4.22】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

바닥판하면 S1 (상주방향)	
실측 피복두께(mm)	60.0
탄산화 진행깊이(mm)	6.0
잔여깊이(mm)	54.0
탄산화 속도계수	2.12
공용년수	8년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(54)

A (탄산화 속도 계수)

2.12132

(mm/year0.5)

등급 산정 기준

등급	a	b	c	d
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

【표 1.4.23】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

바닥판하면 S2 (상주방향)	
실측 피복두께(mm)	57.0
탄산화 진행깊이(mm)	7.0
잔여깊이(mm)	50.0
탄산화 속도계수	2.47
공용년수	8년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급	A (탄산화 속도 계수)	등급 산정 기준				
a (50)	2.47487 (mm/year0.5)	등급	a	b	c	d
		탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)	탄산화 속도계수(A)	탄산화 등급

중양분리대 S1 (상주방향)

실측 피복두께(mm)	135.0
탄산화 진행깊이(mm)	5.0
잔여깊이(mm)	130.0
탄산화 속도계수	1.77
공용년수	8년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급	A (탄산화 속도 계수)	등급 산정 기준				
a (130)	1.76777 (mm/year0.5)	등급	a	b	c	d
		탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)	탄산화 속도계수(A)	탄산화 등급

【표 1.4.23】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

중앙분리대 S1 (상주방향)											
실측 피복두께(mm)	124.0										
탄산화 진행깊이(mm)	13.0										
잔여깊이(mm)	111.0										
탄산화 속도계수	4.60										
공용년수	8년										
잔존수명	100년 이상										
평가	a										
탄산화 등급 a(111) A (탄산화 속도 계수) 4.59619(mm/year0.5) 등급 산정 기준<table><tr><td>등급</td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td></tr><tr><td>탄산화 잔여깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10mm 이상 30mm 미만</td><td>0mm 이상 10mm 미만</td><td>0mm 이하</td></tr></table> 탄산화 깊이(Cx) 탄산화 속도계수(A) 탄산화 등급		등급	a	b	c	d	탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하
등급	a	b	c	d							
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하							
중앙분리대 S2 (상주방향)											
실측 피복두께(mm)	110.0										
탄산화 진행깊이(mm)	10.0										
잔여깊이(mm)	100.0										
탄산화 속도계수	3.54										
공용년수	8년										
잔존수명	100년 이상										
평가	a										
탄산화 등급 a(100) A (탄산화 속도 계수) 3.53553(mm/year0.5) 등급 산정 기준<table><tr><td>등급</td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td></tr><tr><td>탄산화 잔여깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10mm 이상 30mm 미만</td><td>0mm 이상 10mm 미만</td><td>0mm 이하</td></tr></table> 탄산화 깊이(Cx) 탄산화 속도계수(A) 탄산화 등급		등급	a	b	c	d	탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하
등급	a	b	c	d							
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하							

【표 1.4.23】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

중앙분리대 S2 (상주방향)	
실측 피복두께(mm)	140.0
탄산화 진행깊이(mm)	7.0
잔여깊이(mm)	133.0
탄산화 속도계수	2.47
공용년수	8년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(133)

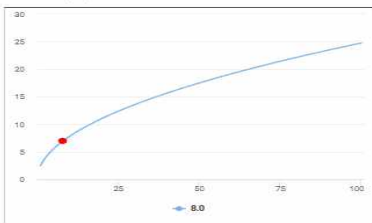
A (탄산화 속도 계수)

2.47487
(mm/year0.5)

등급 선정 기준

등급	a	b	c	d
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)



탄산화 속도계수(A)



탄산화 등급



바닥판하면 S1 (영천방향)	
실측 피복두께(mm)	84.0
탄산화 진행깊이(mm)	6.0
잔여깊이(mm)	78.0
탄산화 속도계수	2.12
공용년수	8년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(78)

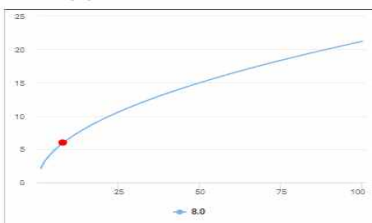
A (탄산화 속도 계수)

2.12132
(mm/year0.5)

등급 선정 기준

등급	a	b	c	d
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)



탄산화 속도계수(A)



탄산화 등급



【표 1.4.23】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

바닥판하면 S2 (영천방향)	
실측 피복두께(mm)	105.0
탄산화 진행깊이(mm)	7.0
잔여깊이(mm)	98.0
탄산화 속도계수	2.47
공용년수	8년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(98)

2.47487

(mm/year0.5)

등급 산정 기준

등급	a	b	c	d
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)

8.0

탄산화 속도계수(A)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

탄산화 등급

4) 시험보고서

【표 1.4.24】 상주방향 탄산화 깊이 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2026. 01. 05. ~ 2026. 01. 06.
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
구조물경과년수	8년
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	보고서 ‘콘크리트 강도시험’ 참조
연한 적자색 변색 유무	유

【표 1.4.25】 영천방향 탄산화 깊이 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2026. 01. 05. ~ 2026. 01. 06.
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
구조물경과년수	8년
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	보고서 ‘콘크리트 강도시험’ 참조
연한 적자색 변색 유무	유

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 1.4.26】 상주방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	반발경도	바닥판하면	29.9 ~ 30.5	27.0	■ 바닥판하면 측정강도의 경우 설계강도 27.0MPa를 상회하여 전반적으로 양호한 상태이나 중앙분리대의 측정강도는 일부 구간에서 설계강도 24.0MPa에 미치지 못하는 강도 저하가 확인됨
		바닥판하면 (코어강도 보정)	30.4 ~ 31.5	27.0	
		중앙분리대	22.3 ~ 27.0	24.0	
	초음파속도	바닥판하면	30.0 ~ 30.5	27.0	
		바닥판하면 (코어강도 보정)	30.4 ~ 30.9	27.0	
		중앙분리대	23.4 ~ 29.6	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	바닥판하면		50.0~54.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 확보 ■ 탄산화에 의한 철근부식 가능성 없음
	중앙분리대		100.0~133.0	a등급	
종합 평가	• 바닥판하면의 측정 강도는 양호한 상태이나 중앙분리대의 측정 강도는 강도 저하가 발생한 상태로 단면보수 등의 보수조치가 필요할 것으로 사료됨 • 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없는 상태임				

【표 1.4.27】 영천방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	반발경도	바닥판하면	27.1 ~ 27.8	27.0	■ 전반적으로 설계강도 이상(양호)
	초음파속도	바닥판하면	30.1 ~ 30.3	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	바닥판하면		84.0~105.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 확보 ■ 탄산화에 의한 철근부식 가능성 없음
종합 평가	• 콘크리트 강도는 전반적으로 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없는 상태임				

1.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단편-2024. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 현장조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

화재에 영향을 받지 않는 부재 및 바닥판하면, 배수시설 손상의 경우 2025년 정밀안전점검 보고서 “시설물편 - 화남교”의 손상현황을 적용하여 상태평가를 실시하였다.

1.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상주방향

금회 현장조사 및 시험결과 후 상주방향에 유조차 추돌 화재 사고가 발생하였으며 이에 대한 손상을 동시에 반영하여 상태평가를 수행하였으며, 그 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B등급’으로 산정되었다.

부재별 손상에 대한 상태평가 상세 내용은 ‘부록. 상태평가 결과 자료’에 수록하였다.

【표 1.5.1】 상주방향 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	S.T.B	a	a	a	a	b	d	b	b	b	q	a	—
S2	P1	S.T.B	c	b	a	a	b	d	—	a	c	q	—	—
S3	P2	S.T.B	c	a	a	d	a	d	—	c	b	q	—	—
S4	P3	S.T.B	b	b	a	d	a	d	—	b	b	q	—	a
	A2								c	a	a	q		a
평균			0.275	0.150	0.100	0.400	0.150	0.700	0.300	0.200	0.220	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.050	0.030	0.005	0.028	0.005	0.014	0.027	0.018	0.044	—	0.004	0.003
													0.227	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.227) < 0.260$

나. 상주방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 “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 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태인 “b” 등급으로 평가됨.

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

③ 도로부 신축이음부

국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태 “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

다. 영천방향

금회 현장조사 및 시험결과 후 상주방향에 유조차 추돌 화재 사고가 발생하였으며 이에 대한 손상을 동시에 반영하여 상태평가를 수행하였으며, 그 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B등급’으로 산정되었다.

부재별 손상에 대한 상태평가 상세 내용은 ‘부록. 상태평가 결과 자료’에 수록하였다.

【표 1.5.2】 영천방향 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	S.T.B	b	b	a	d	a	d	c	c	b	q	—	a
S2	P1	S.T.B	b	a	a	d	a	d	—	c	b	q	a	a
S3	P2	S.T.B	b	b	b	d	a	d	—	b	c	q	—	—
S4	P3	S.T.B	a	a	a	d	a	d	—	c	b	q	—	—
	A2								c	a	a	q		a
평균			0.175	0.150	0.125	0.700	0.100	0.700	0.400	0.300	0.220	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.032	0.030	0.006	0.049	0.003	0.014	0.036	0.027	0.044	—	0.004	0.003
													0.248	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.248) < 0.260$

라. 영천방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 “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

포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 “c” 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

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

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

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

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

다. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 1.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
상주방향	0.227	B	235.00	2	470.00	0.500	0.114
영천방향	0.248	B	235.00	2	470.00	0.500	0.124
합계(Σ)			470.00	4	940.00	1.000	0.237
1. 평가지수 =							0.237
2. 상태평가결과 =							B

1.6 구조안전성 및 내하력평가 검토

1.6.1 개 요

해당 시설물의 화재로 인한 긴급안전점검 실시결과, 화재로 인한 일부 손상이 발생하였으나 구조적인 영향을 미치는 손상은 조사되지 않았으며, 내구성 시험 또한 코어채취 강도, 반발경도, 초음파강도에서 설계기준강도(바닥판 : 27.0MPa) 이상, 탄산화 측정 시험 잔여 깊이 30mm이상으로 주요부재에 화재로 인한 구조물의 내구성 저하는 확인되지 않았다.

이에 강도저하 및 단면손실, 고정하중 변화 등이 없는 상태로서 설계도서 상의 구조계산서와 초기점검 보고서를 인용하여 구조검토를 실시하였다.

가. 검토조건

1) 구조물의 제원

교 량 명	화남교		
형 식	Steel Box Girder	교량등급	1종 교량
연 장	49.45+65.00+65.00+54.45 = 233.9 m	주형제원	H = 2.5 m ~ 3.2 m
교량폭원	B = 12.445 m		B = 2.500 m

2) 사용재료

(1) 콘크리트 및 철근

콘크리트	$f_{ck} = 27 \text{ MPa}$	철 근	$f_y = 400 \text{ MPa}$
	$E_c = 2.50E+04 \text{ MPa}$		$E_s = 2.00E+05 \text{ MPa}$

(2) 구조용 강재

① 부재별 사용강재

SM520B	SM400B
• 상, 하FLANGE • WEB, 상, 하부 중 RIB • 지점부 DIAPHRAGM • SOLE PLATE • 지점보강재, 수평보강재	• 수직보강재 • 지점부 외 DIAPHRAGM • 횡리브 • 세로보 • 가로보

② 탄성계수 $E_s = 2.10E + 05 \text{ MPa}$

③ 허용 인장 응력 (MPa)

강 종 판두께 (mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175(190)	200(210)	250(260)
75초과 100이하			195(210)	245(260)

∴ TMC 강재의 경우 ()의 값을 적용함.

④ 허용 축방향 압축응력 (MPa)

강 종 판두께 (mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	$140 : \ell/r$ $\leq 20140 - 0.84(\ell/r - 20) : 20 < \ell/r \leq 93$ $1,200,000 :$	$190 : \ell/r$ $\leq 15190 - 1.3(\ell/r - 15) : 15 < \ell/r \leq 80$ $1,200,000 :$	$210 : \ell/r$ $\leq 14210 - 1.5(\ell/r - 14) : 14 < \ell/r \leq 76$ $1,200,000 :$	$260 : \ell/r$ $\leq 18260 - 2.2(\ell/r - 18) : 18 < \ell/r \leq 67$ $1,200,000 :$
	$6,700 + (\ell/r)^2$ $93 < \ell/r$	$5,000 + (\ell/r)^2$ $80 < \ell/r$	$4,500 + (\ell/r)^2$ $76 < \ell/r$	$3,500 + (\ell/r)^2$ $67 < \ell/r$
40초과 75이하	$130 : \ell/r$ $\leq 20130 - 0.75(\ell/r - 20) : 20 < \ell/r \leq 97$ $1,200,000 :$	$175 : \ell/r$ $\leq 15175 - 1.1(\ell/r - 15) : 15 < \ell/r \leq 83$ $1,200,000 :$	$2200 : \ell/r$ $\leq 14200 - 1.4(\ell/r - 14) : 14 < \ell/r \leq 78$ $1,200,000 :$	$250 : \ell/r$ $\leq 18250 - 2.1(\ell/r - 18) : 18 < \ell/r \leq 69$ $1,200,000 :$
			$4,700 + (\ell/r)^2$ $78 < \ell/r$	$3,600 + (\ell/r)^2$ $69 < \ell/r$
75초과 100이하	$130 : \ell/r$ $\leq 20130 - 0.75(\ell/r - 20) : 20 < \ell/r \leq 97$ $1,200,000 :$	$175 : \ell/r$ $\leq 15175 - 1.1(\ell/r - 15) : 15 < \ell/r \leq 83$ $1,200,000 :$	$95 : \ell/r$ $\leq 14195 - 1.3(\ell/r - 14) : 14 < \ell/r \leq 79$ $1,200,000 :$	$245 : \ell/r$ $\leq 18245 - 2.2(\ell/r - 18) : 18 < \ell/r \leq 69$ $1,200,000 :$
			$4,900 + (\ell/r)^2$ $79 < \ell/r$	$3,700 + (\ell/r)^2$ $69 < \ell/r$

∴ TMC 강재는 판두께 상관없이 40mm이하의 값을 적용함.

여기서, ℓ ; 부재의 유효좌굴 길이 (mm), r ; 부재 종단면의 단면회전반경 (mm)

⑤ 허용 휨압축응력 (MPa)

압축플랜지가 콘크리트상판 등에 직접 고정되어 있는 경우 및 상자형 단면, I형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

강 종 판두께 (mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175(190)	200(210)	250(260)
75초과 100이하			195(210)	245(260)

∴ TMC 강재는 판두께 상관없이 40mm이하의 값을 적용함.

⑥ 항복응력 (MPa)

강 종 판두께 (mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	240	320	360	460
40초과 75이하	220	300	340	440
75초과 100이하			330	430

(3) 강재들보의 허용응력 증가율

하중의 조합			증가율(%)	
			정의 휨모멘트를 받는부분	부의 휨모멘트를 받는부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주 하 중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중+바닥판콘크리트와 강재주형과의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15
4	가설시 하중	압축연	25	25
		인장연	25	25

볼트등급 나사호칭	F8T	F10T
M20	31	39
M22	39	48
M24	45	56

화남교

24,300

450 3,000 2@3,600=7,200 1,500 1,500 2@3,600=7,200 3,000 450

상주방향

중양부

C of 도로 단부

영천방향

노출바닥판 (T=50mm)

S=(+)4.000%

S=(-)4.000%

2,700 ~ 3,200 290

1,145 2,500 5,000 2,500 1,310 2,500 5,000 2,500 1,145

20 680

화남교

다. 하중산정

1) 고정하중

구 분	콘크리트	강 재	포 장
단위중량(kN/m ³)	25.00	78.50	23.50

: STEEL-BOX 거더 자중은 프로그램내에서 자동으로 계산.

(1) 합성전 바닥판 타설하중 (STEEL-BOX에 적용)

(2) 합성후 고정하중(방호벽, 포장하중)

$$\textcircled{1} \text{ 방호벽} = (0.322 \times 25.00) / 0.42 = 19.167 \text{ kN/m}^2$$

$$\textcircled{2} \text{ 포장} = 0.050 \times 23.50 = 1.175 \text{ kN/m}^2$$

2) 활 하 중

(1) 설계차로폭 및 차로수

$$\text{— 일반구간 : 연석간 교폭 : } W_c = 11.385 \text{ m}$$

$$\therefore \text{설계차로수, } N = 3$$

$$\text{설계차로폭 : } W = W_c / N = 11.385 / 2 = 3.795 > 3.600\text{m} \quad \therefore 3.600\text{m}$$

(2) 하중강도와 충격계수

$$\textcircled{1} \text{ 차선하중 (DL-24) : } W_L = 12.7 \text{ kN/m}, P_m = 108 \text{ kN}, P_s = 156 \text{ kN}$$

$$\textcircled{2} \text{ 차륜하중 (DB-24) : 전륜하중, } P_f = 24.0\text{kN}, \text{ 후륜하중, } P_r = 96.0\text{kN}$$

$\textcircled{3}$ 재하차량

④ 충격계수

구 분	지간장,L(m)	충격계수,15/(40+L)
1경간	50.000	0.167
2경간	65.000	0.143
4경간	55.000	0.158
제1 내부 지점부	57.500	0.154
제3 내부 지점부	60.000	0.150

(3) 온도차하중

- 콘크리트 선팅창계수 $\alpha_c = 1.0 \times 10^{-5}$
- 강재 선팅창계수 $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5}$
- 상하연온도차 $\Delta T = \pm 5.0^\circ\text{C}$

(4) Creep & Shrinkage 하중

① 조 건

- 지속하중 재하시의 콘크리트 재령, $t' = 180$ 일
- 상대습도 : 70%
- 외기 또는 양생온도 : $T = 20^\circ\text{C}$

② 콘크리트의 크리프 계수

$$\epsilon_{cs}(t, t') = f_c(t') \left[\frac{1}{E_{ci}(t')} + \frac{\phi(t, t')}{E_{ci}} \right]$$

$\epsilon_{cs}(t, t')$: t' 일에서 $f_c(t')$ 의 응력이 가해졌을 때

화남교 - 화남교 - 화남교 - 시간 t 일에서의 탄성변형률과 크리프를 포함한 전체 변형률

E_{ci} : 28일 재령 콘크리트의 초기 접선탄성계수

$$\text{화남교} - \text{화남교} - E_{ci} = 2.15 \times 10^4 \sqrt[3]{f_{cu}/10}$$

$\phi(t, t')$: 크리프 계수

t : 콘크리트의 재령(일)

t' : 지속하중이 작용할 때의 콘크리트의 재령(일)

ϕ_o : 콘크리트의 개념 크리프 계수

$$\phi_{RH} : \phi_{RH} \beta(f_{cu}) \beta_c(t')$$

ϕ_{RH} : 외기의 상대습도와 부재두께의 의해 크리프에 미치는 영향

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1-0.01RH}{0.10*3\sqrt{h}}$$

$\beta(f_{cu})$: 콘크리트 강도에 의해 크리프에 미치는 영향함수

$$\beta(t') = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cu}}}$$

$\beta(t')$: 계속하중이 가해지는 시간 t' 에 의해 크리프에 미치는 영향 함수

$$\beta(t') = \frac{1}{0.1 + (t')^{0.2}}$$

$\beta_c(t-t')$: 재하기간에 따라 크리프에 미치는 영향함수

$$\beta_c(t') = \left[\frac{1}{\beta_H + (t-t')} \right]^{0.3}$$

β_H : 외기의 상대습도와 부재의 두께에 따른 계수

$\beta_H : 1.5[1 + (0.012RH)18]h + 250 \leq 1500$ 일

$h = 2Ac/u$: 개념적인 부재치수(mm)

Ac : 단면적(mm²), u : 외기와 저촉하는 단면둘레(mm)

RH : 상대습도(%), f_{cu} : 콘크리트의 28일 평균 압축강도(MPa)

③ 콘크리트의 건조수축 변형률

$$\epsilon_{sh}(t, t_s) = \epsilon_{sho} \beta_s(t-t')$$

$\epsilon_{sh}(t, t_s)$: 외기 노출 재령 t_s 인 콘크리트의 재령 t 에서의 전체 건조수축 변형률

ϵ_{sho} : 개념적인 건조수축계수

$$\epsilon_{sho} = \epsilon_s(f_{cu}) \beta_{RH}$$

$\beta_s(t-t')$: 건조 기간에 따른 건조수축 변형률 함수

$$\beta_s(t-t') = \sqrt{\frac{(t-t')}{0.035h^2 + (t-t')}}}$$

t_s : 수축이 시작될 때의 콘크리트의 재령(일)

$$\epsilon_s(f_{cu}) = [160 + 10\beta_{sc}(9 - f_{cu}/10)] \times 10^{-6}$$

β_{RH} : 외기습도에 따른 크리프와 건조수축에 미치는 영향계수

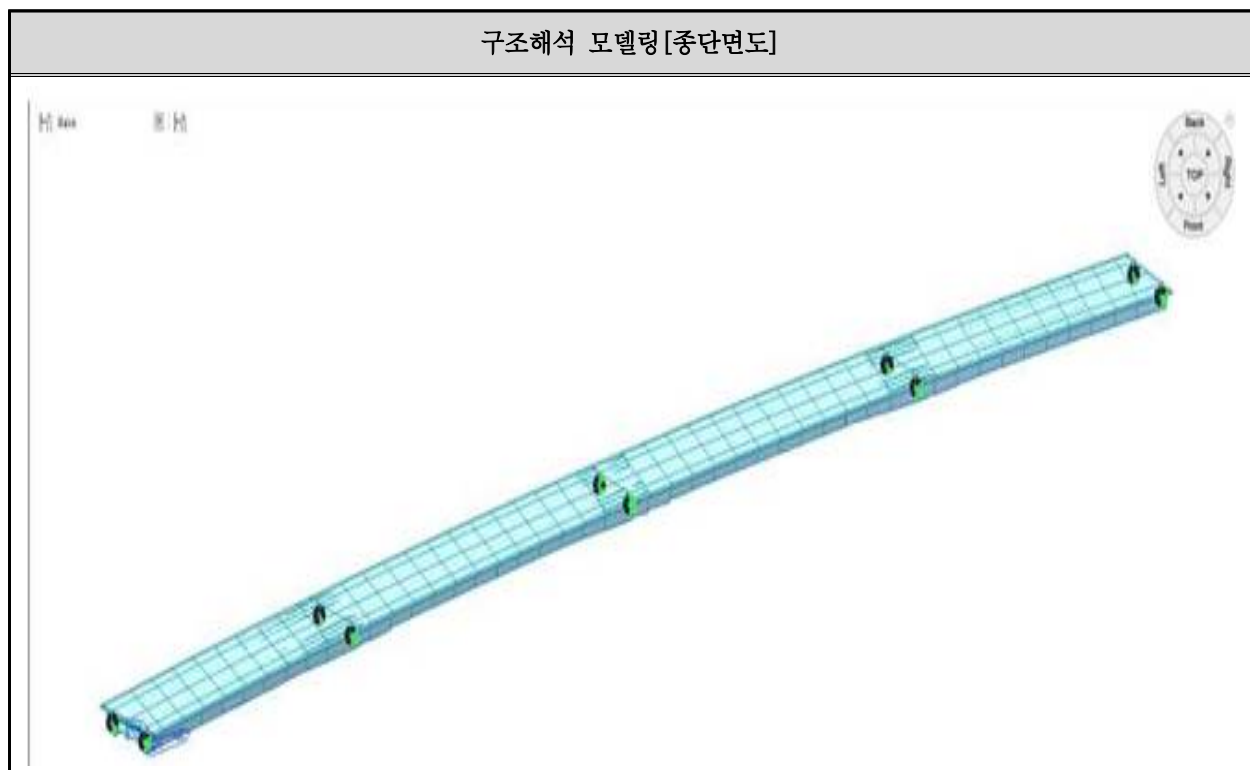
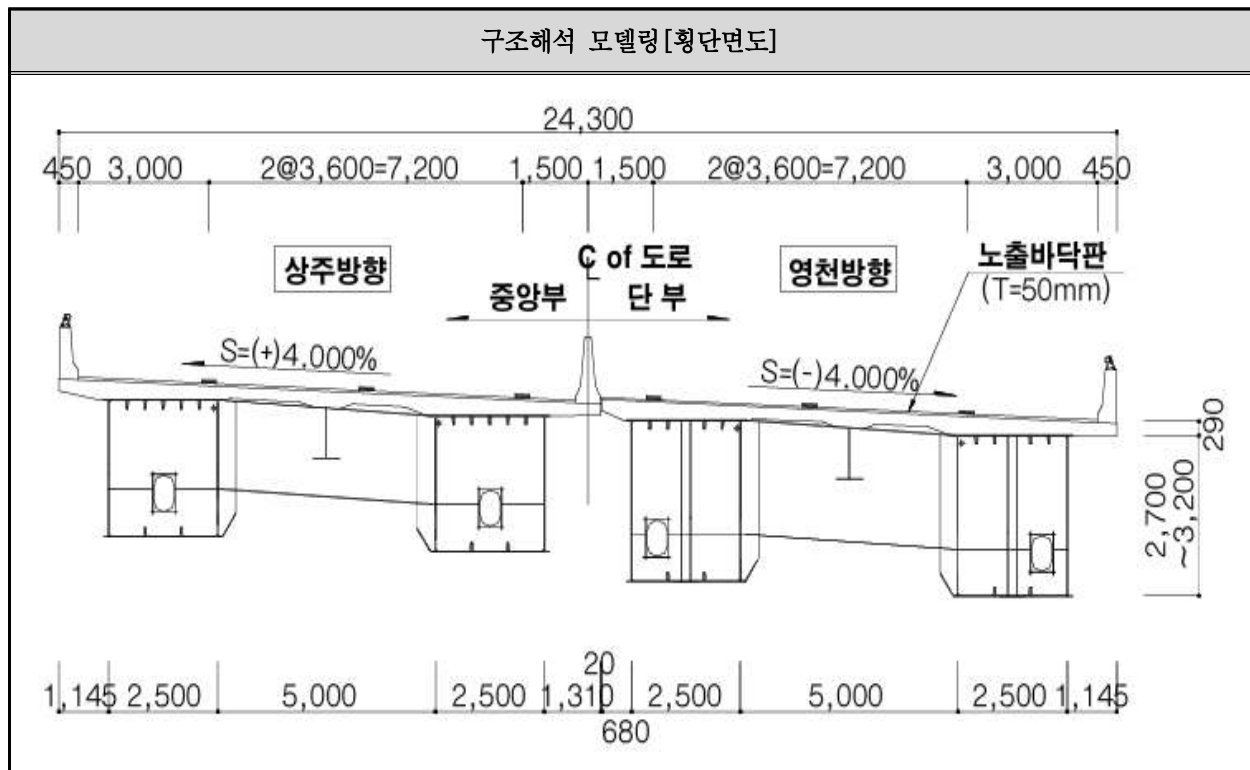
$$\beta_{RH} = \begin{cases} -1.55[1 - (RH/100)^3] & (40\% \leq RH < 99\%) \\ 0.25 & (RH \geq 99\%) \end{cases}$$

Ac : 단면적(mm²), u : 외기와 접촉하는 단면둘레(mm)

RH : 상대습도(%), f_{cu} : 콘크리트의 28일 평균 압축강도(MPa)

1.6.2 구조해석

가. 모델링



※ 사용 구조해석 프로그램명 : MIDAS CIVIL

나. 응력검토

1) 허용응력 검토 결과(경간 S1 정모멘트부)

(1) 단면제원

합 성 전				합 성 후			
A(cm ²)	Ix(cm ²)	Ysu(cm)	Ysl(cm)	A(cm ²)	Ix(cm ²)	Ysu(cm)	Ysl(cm)
1,335.00	16,195,274	129.98	142.02	3,417.11	33,963,783	40.24	231.76

(2) 발생응력

합 성 전		응 력(MPa)					
		1. 합성전	2. 합성후	3. 활하중	4. 크리이프	5. 건조수축	6. 온도차
바닥판	상 연	—	0.536	1.497	0.291	1.263	0.978
	하 연	—	0.335	0.935	0.105	1.333	1.107
거 더	상 연	55.014	2.437	6.804	3.644	24.446	16.911
	하 연	60.108	14.036	39.186	1.190	7.186	6.393

(3) 조합응력검토

하중조합	CONCRETE				STEEL				비고
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연	
1	—	—	10.80	10.80	55.01	60.11	121.50	210.00	O.K
1+2+3	2.03	1.27	10.80	10.80	64.26	113.33	121.50	210.00	O.K
1+2+3+4	1.74	1.17	10.80	10.80	67.90	112.14	139.73	210.00	O.K
1+2+3+4+5	0.48	0.17	10.80	1.89	92.35	104.95	139.73	210.00	O.K
1+2+3+4+5+6	0.50	1.28	2.17	2.17	109.26	98.56	157.95	241.50	O.K
1+2+3+4+5-6	1.46	0.94	12.42	12.42	75.43	111.35	159.95	241.50	O.K

(4) 합성응력

구 분	합 성 응 력	비 고
상 연	$(109.256 / 157.950)^2 + (15.789 / 120.000)^2 = 0.496 < 1.20$	O.K
하 연	$(113.329 / 210.000)^2 + (15.789 / 120.000)^2 = 0.309 < 1.20$	O.K

2) 허용응력 검토 결과(부모멘트부)

(1) 단면제원

합 성 전				합 성 후			
A(cm ²)	I _x (cm ²)	Y _{su} (cm)	Y _{sl} (cm)	A(cm ²)	I _x (cm ²)	Y _{su} (cm)	Y _{sl} (cm)
2,427.00	49,062,457	173.803	151.797	2,659.26	56,594,631	157.339	168.261

(2) 발생응력

합 성 전		응 력(MPa)					
		2. 합성전	2. 합성후	3. 활하중	4. 크리이프	5. 건조수축	6. 온도차
바닥판	상 연	—	19.161	26.263	3.418	8.042	12.748
	하 연	—	17.397	23.845	3.574	8.465	12.342
거 더	상 연	66.622	16.717	22.913	3.635	8.629	13.014
	하 연	58.187	17.878	24.504	-6.694	16.936	20.967

(3) 조합응력검토

하중조합	RE-Bar			STEEL				비고
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		
	상연	하연		상연	하연	상연	하연	
1	—	—	160.00	66.62	58.19	210.00	210.00	O.K
1+2+3	45.42	41.24	160.00	106.25	100.57	210.00	210.00	O.K
1+2+3+4	48.84	44.82	160.00	109.89	93.87	210.00	210.00	O.K
1+2+3+4+5	40.80	36.35	160.00	101.26	110.81	210.00	210.00	O.K
1+2+3+4+5+6	53.55	48.69	184.00	88.24	131.78	241.50	241.50	O.K
1+2+3+4+5-6	28.05	24.01	184.00	114.27	89.84	241.50	241.50	O.K

(4) 합성응력

구 분	합 성 응 력	비 고
상 연	$(109.888 / 210.000)^2 + (30.941 / 120.000)^2 = 0.340 < 1.20$	O.K
하 연	$(131.778 / 241.500)^2 + (30.941 / 120.000)^2 = 0.364 < 1.20$	O.K

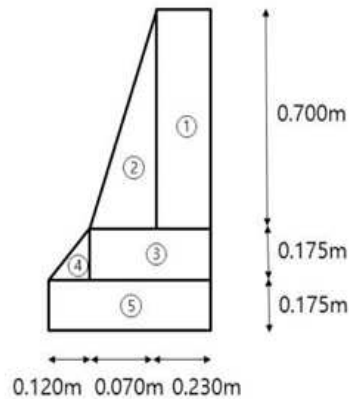
다. 바닥판 부재검토

1) 캔틸레버부의 단면력 검토

(1) 바닥판의 최소 두께 : 바닥판의 최소두께는 220mm

(2) 하중의 산정

- 고정하중 산정



구 분		고정하중 (kN)	거리 (m)	모멘트 (kN·m)
연 석	①	$0.230 \times 0.700 \times 1.00 \times 25.0 = 4.025$	0.980	3.945
	②	$1/2 \times 0.070 \times 0.700 \times 1.00 \times 25.0 = 0.613$	0.842	0.516
	③	$0.300 \times 0.175 \times 1.0 \times 25.0 = 1.312$	0.945	1.240
	④	$1/2 \times 0.120 \times 0.175 \times 1.0 \times 25.0 = 0.263$	0.755	0.199
	⑤	$0.420 \times 0.175 \times 1.0 \times 25.0 = 1.838$	0.885	1.627
포 장	⑥	$0.050 \times 0.645 \times 1.0 \times 23.50 = 0.758$	0.323	0.245
바닥판	⑦			41.688
방음벽	⑨			0.000
계				49.460

- 활하중 산정

$$\bullet X = 0.345$$

$$\bullet i = 15 / (0.345 + 40) = 0.372 > 0.3 \text{ 이므로 } i = 0.3$$

$$\bullet E = 0.8X + 1.14 = 1.416$$

$$\bullet M_1 = \frac{P}{E} X (1 + i) = \frac{96}{1.416} \times 0.345 \times (1 + 0.3) = 30.407 \text{ kN·m}$$

2) 최대 계수 모멘트 계산 (켄틸레버부)

$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 129.669 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 단면검토

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0.85 \times 1986 \times 400 \times \left(226.0 - \frac{34.614}{2}\right) \\ &= 140.918 \text{ kN} \cdot \text{m} > Mu = 129.669 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

3) 중앙부의 단면력 검토

- 고정하중에 의한 발생력 산정

- 지 간 : 2.4m
- 포 장 : $0.050 \times 23.5 = 1.175 \text{ kN/m}$
- 콘크리트 : $0.266 \times 25.0 = 6.65 \text{ kN/m}$
- 합 계 : 7.825 kN/m

$$\bullet M_d = \frac{W_d \ell^2}{10} = \frac{7.825 \times 2.4^2}{10} = 4.507 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 고정하중에 의한 발생력 산정

- $i = 15/(2.4+40) = 0.353 > 0.3$ 이므로 $i = 0.3$
- $M_{e+i} = \frac{L+0.6}{9.6} \times P_r (1+i) \times 0.8 = 39.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$

4) 최대 계수 모멘트 계산(중앙부)

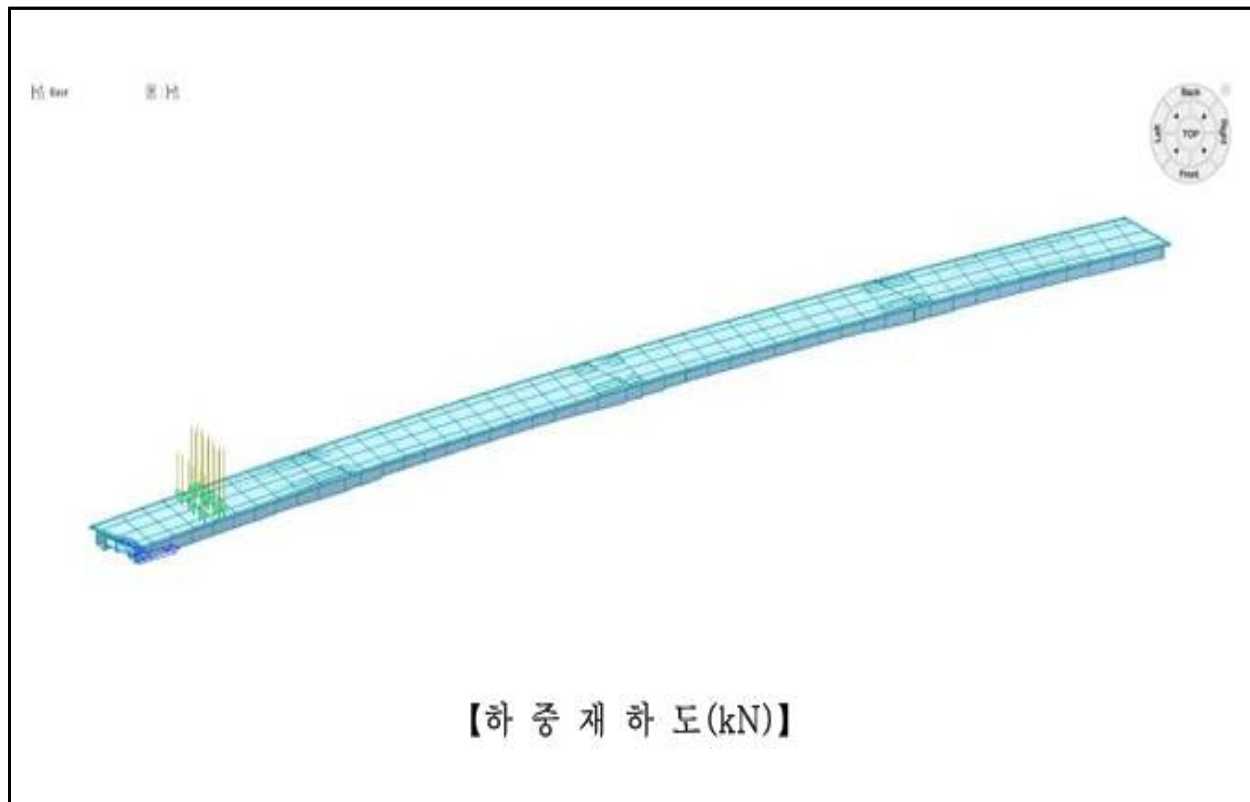
$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 89.709 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 단면검토

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0.85 \times 1986 \times 400 \times \left(226 - \frac{34.614}{2}\right) \\ &= 140.918 \text{ kN} \cdot \text{m} > Mu = 89.709 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

라. 재하시험에 의한 구조해석

실응답보정계수(K_s)를 산정하기 위해 재하시험과 동일한 위치에 차량 하중을 재하하여 Plate 요소를 이용한 3D 구조해석을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.



구 분	LC1	LC2	LC3
D1 (mm)	-4.625	-3.658	-2.717
D2 (mm)	-2.456	-3.636	-4.871

: 교량 좌, 우측은 교량 시점측(A1)에서 종점측(A2)을 바라봤을 경우에 해당함.

마. 실측보정계수 산정

Load Case별 처짐량중 차량축하중이 직접적으로 재하되는 위치에서 계산처짐량과 실측처짐량에 충격계수를 고려하여 실측보정계수(Ks)를 다음과 같이 구하였다.

$$K_s = \frac{\epsilon \text{ 계산}}{\epsilon \text{ 실측}} \times \left(\frac{1+i \text{ 계산}}{1+i \text{ 실측}} \right) \quad \text{or} \quad \frac{\delta \text{ 계산}}{\delta \text{ 실측}} \times \left(\frac{1+i \text{ 계산}}{1+i \text{ 실측}} \right)$$

여기서, δ 계산 = 이론 처짐량 i 계산 = 이론 충격계수

δ 실측 = 실측 처짐량 i 실측 = 실측 충격계수

1) 처짐량에 의한 실측보정계수

구 분	재하경우	변위계	계산처짐 (mm)	실측처짐 (mm)	δ 계산	$1+i$ 계산	실측보정계수 (Ks)
					δ 실측	$1+i$ 실측	
화남교	LC.1	Disp.1	-4.625	-1.836	2.519	1.03	2.595
		Disp.2	-2.456	-1.235	1.989		2.049
	LC.2	Disp.1	-3.658	-1.666	2.196		2.262
		Disp.2	-3.636	-2.320	1.567		1.614
	LC.3	Disp.1	-2.717	-1.454	1.869		1.925
		Disp.2	-4.871	-3.307	1.473		1.517

바. 내하율(R.F)산정

1) 허용응력법에 의한 내하율 산정

$$R.F = \frac{f_a - f_d}{f_l} = \frac{f_a - (f_t - f_l)}{f_l}$$

여기서, f_a : 실측 허용 능력

f_t : 총하중에 의한 단면 상, 하연에서의 휨응력

f_d : 실측 고정하중에 의한 응력

f_l : 활하중(충격계수포함)에 의한 단면 상, 하연에서의 휨응력

(1) 허용응력법에 의한 내하율(R.F)

구 분			허용응력(MPa)	고정하중(MPa)	활하중(1+i) (MPa)	R.F
화남교	정모멘트부	상연	210.000	51.451	7.938	19.973
		하연	210.000	74.143	45.717	2.972
	부모멘트부	상연	210.000	83.340	26.732	4.738
		하연	210.000	76.065	28.588	4.685

2) 강도설계법에 의한 내하율 산정

$$R.F = \frac{\Phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ΦM_n :극한저항모멘트($\Phi=0.85$)

M_u :총하중에 의한 극한모멘트

$\gamma_d M$:실측 고정하중모멘트(γ_d : 고정하중 계수 = 1.3)

$\gamma_l M_l$:활하중(충격계수포함)에 의한 휨모멘트(γ_l : 활하중 계수 = 2.15)

(1) 강도설계법에 의한 내하율(R.F)

위 치	ΦM_n (kN · m)	ΦM_d (kN · m)	ΦM_{l+i} (kN · m)	$\gamma_d M_d$ (kN · m)	$\gamma_l M_l (1+i)$ (kN · m)	R.F
캔틸레버	140.918	49.457	30.407	64.294	65.375	1.172
중 양 부	140.918	4.507	39.000	5.859	83.850	1.611

사. 공용내하력 산정

1) 기본내하력

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

여기서, P_o : 기본내하력

$R.F$: 내하율

P_L : 설계활하중 (DB-24)

2) 공용내하력

$$P_o' = P_o \times K_s$$

여기서, P_o' : 공용내하력

$$K_s : \text{실측보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \left(\frac{1 + i_{\text{계산}}}{1 + i_{\text{실측}}} \right)$$

3) 공용내하력 산정 결과

구 분		R.F	기본내하력	Ks	공용내하력	비 고
화남교	거 더	2.972	DB- 71.328	1.517	DB- 108.205	DB-24 이상
	바닥판	1.172	DB- 28.128	-	-	DB-24 이상

1.6.3 안전성평가

가. 구조물의 안전성평가 기준

등 급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	◦허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}}$ ◦강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
B	$0.9 \leq SF < 1.0$ 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	$0.9 \leq SF < 1.0$	
D	$0.75 \leq SF < 0.9$	
E	$SF < 0.75$	

나. 허용응력설계법

구 분			허용응력 (Mpa)	고정하중 (Mpa)	활하중(1+i) (Mpa)	S.F
화남교	정모멘트부	상연	210.00	57.451	7.937	3.212
		하연	210.00	74.143	45.717	1.752
	부모멘트부	상연	210.00	83.340	26.732	1.908
		하연	210.00	76.065	28.588	2.007

다. 강도설계법

구 분	$\phi Mn(kN \cdot m)$	$Mu(kN \cdot m)$	SF(안전율)	비 고
바 닥 판	140.918	129.669	1.087	SF = 1.0 이상
중 앙 부	140.918	89.709	1.571	SF = 1.0 이상

라. 구조안전성 및 내하력에 의한 평가

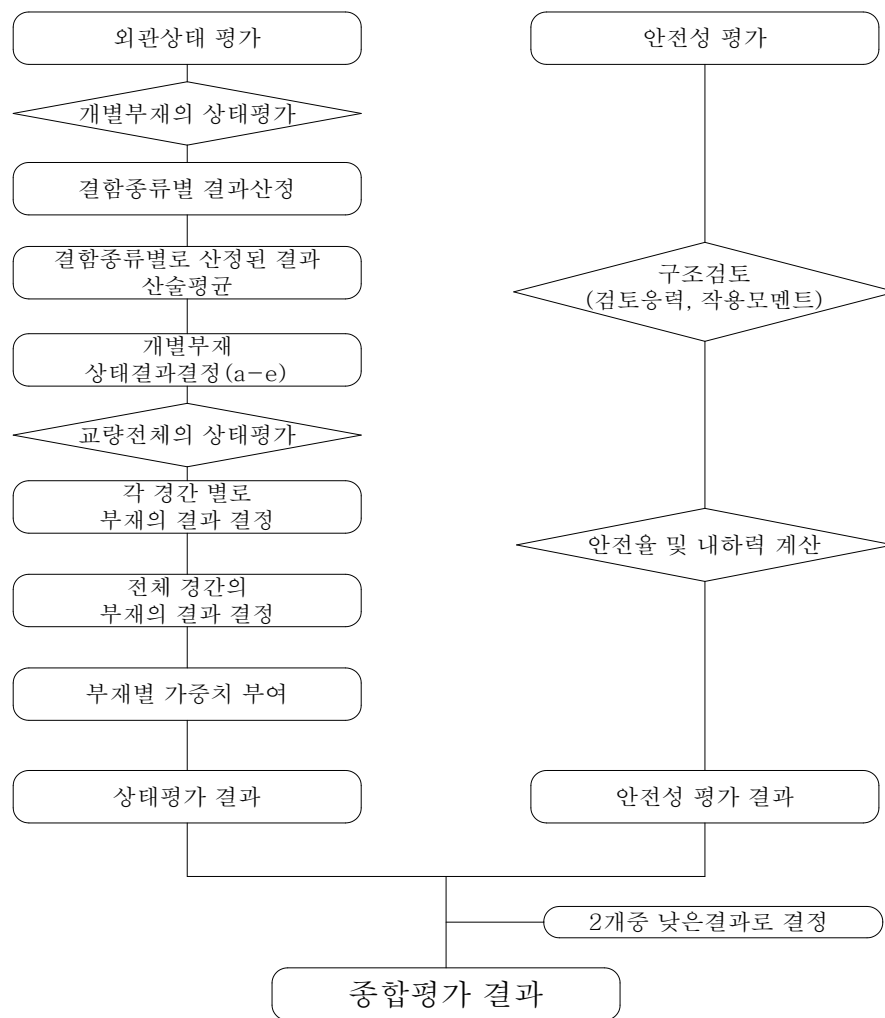
부 재 명		최소안전율(SF)	내하율(R.F)	공용내하력	평가	비 고
바 닥 판		1.087	1.172	DB-24이상	A	강도설계법
거 더	정모멘트	1.752	2.972	DB-24이상	A	허용응력설계법
	부모멘트	1.908	4.685	DB-24이상	A	허용응력설계법
결과분석		• 강도설계법에 의한 바닥판 검토결과 최소 안전율은 1.087로 평가되었으며, 허용응력에 의한 거더 검토결과 최소 안전율은 1.752로 평가되어 구조적 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. • 최소안전율 및 내하율에 의한 공용내하력 평가 결과 전구간에서 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.				

1.7 종합평가 및 안전등급 지정

1.7.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 1.7.1】 종합평가 결과 산정절차

1.7.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 1.7.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결합도점수	기준	S·F	기준	
화남교	0.237	B	1.0 이상	A	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사, 구조검토 결과에 의한 종합평가 등급은 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

1.7.3 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.

【표 1.7.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

1.8 보수·보강 및 유지관리방안

1.8.1 보수·보강 방안

가. 상주방향

【표 1.8.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판하면	상태양호	—	—	—	—	—
교면포장	아스콘 포장부 재포장 필요	m ²	1,380.00	1	재포장 (시트방수 포함)	1월14~15일 보수완료
	교면포장 세척 필요	m ²	1,440.00	1	정비	1순위
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—
방호벽 및 중앙분리대	중분대 및 방호벽 단면보수 필요	m ²	202.50	2	단면보수	1순위
	중분대 및 방호벽 표면처리 필요	m ²	658.00	4	표면처리	1순위
	난간 교체 필요	m	235.00	4	재설치	1순위
	낙하물 방지망 교체 필요	m	112.00	2	재설치	1순위

나. 영천방향

【표 1.8.2】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판하면	상태양호	—	—	—	—	—
교면포장	교면포장 세척 필요	m ²	2,280.00	2	정비	1순위
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—
방호벽 및 중앙분리대	중분대 및 방호벽 단면보수 필요	m ²	202.50	4	단면보수	1순위
	중분대 및 방호벽 표면처리 필요	m ²	658.00	4	표면처리	1순위
	난간 교체 필요	m	235.00	4	재설치	1순위
	낙하물 방지망 교체 필요	m	112.00	2	재설치	1순위
	방호벽 파손	m ²	13.00	3	단면보수	1순위

1.8.2 개략공사비

가. 상주방향

【표 1.8.3】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천 원)	개략공사비 (천 원)	우선 순위
교면포장	아스콘 포장부 재포장 필요	재포장 (시트방수포함)	1,380.00	207000	m ²	—	—	1순위 보수 완료
	교면포장 세척 필요	정비	1,440.00	216000	m ²	—	—	1순위
방호벽 및 중앙 분리대	중분대 및 방호벽 단면보수 필요	단면보수	202.50	303.75	m ²	—	—	1순위
	중분대 및 방호벽 표면처리 필요	표면처리	658.00	987.00	m ²	—	—	1순위
	난간 교체 필요	재설치	235.00	352.50	m	—	—	1순위
	낙하물 방지망 교체 필요	재설치	112.00	168.00	m	—	—	1순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

주3) 개략공사비는 실제 공사비(통제, 차선도색 등 포함)를 반영하여 공사를 실시하도록 함.

나. 영천방향

【표 1.8.4】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교면포장	교면포장 세척 필요	정비	2,280.00	3,420.00	m²	—	—	1순위
방호벽 및 중앙 분리대	중분대 및 방호벽 단면보수 필요	단면보수	202.50	303.75	m²	—	—	1순위
	중분대 및 방호벽 표면처리 필요	표면처리	658.00	987.00	m²	—	—	1순위
	난간 교체 필요	재설치	235.00	352.50	m	—	—	1순위
	낙하물 방지망 교체 필요	재설치	112.00	168.00	m	—	—	1순위
	방호벽 파손	단면보수	13.00	19.50	m²	—	—	1순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

주3) 개략공사비는 실제 공사비(통제, 차선도색 등 포함)를 반영하여 공사를 실시하도록 함.

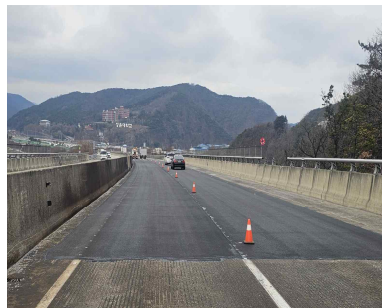
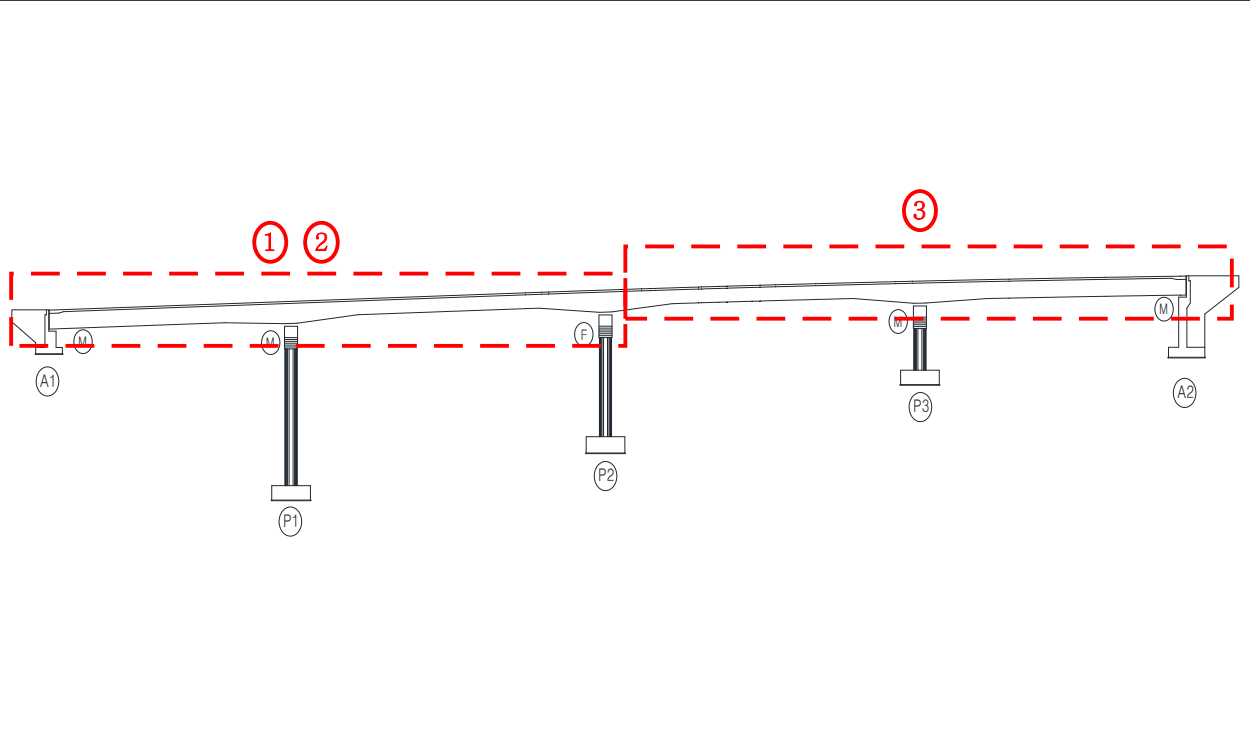
1.8.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 1.8.5】중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

		
① 교면포장 상주방향 S1~2 채포장 현황 - 신규손상 발생 여부확인		
		
② 중분대 S1~2 단면보수 필요 - 추가손상 및 진전 여부확인	③ 중분대 S3~4 표면처리 필요 - 추가손상 및 진전 여부확인	
		

1.9 종합결론

본 시설물은 경경상북도 영천시 신녕면 화남리 88-1(상주영천고속도로 63.768~64.003km)에 위치한 교량으로서 총 연장 235.0m, 폭 24.3m, 왕복 4차로로 2017년도에 준공되어 약 9년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

1.9.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(상주방향)

1) 바닥판하면

- 바닥판하면에 대한 조사결과, 금회 화재 발생으로 인한 신규 손상은 조사되지 않은 양호한 상태이다. 주기적인 점검을 통한 신규손상 발생 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

2) 교면포장

- 교면포장 S1~S2의 경우 차량 추돌 후 전도에 의한 충격 및 화재발생 등으로 교면포장에 화재 손상이 발생하였으나 점검이후 교면포장 S1~2에 대한 재포장이 실시된 것으로 조사되어 현재는 양호한 상태로 조사되었다.
- 조사된 교면포장 세척필요의 경우 차량추돌 후 유조차 전도로 인하여 유출된 기름으로 발생한 손상으로 판단되며, 방치 시 수막현상, 접착력 저하, 차량 미끄러짐 등 발생가능성이 있어 정비 등의 세척이 필요할 것으로 판단된다.

3) 배수시설

- 배수시설은 현재 화재로 인한 추가적인 손상이 없는 상태이며, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

4) 방호벽 및 중앙분리대

- 중분대 단면보수 필요의 경우 차량충돌로 인한 외부충격에 의한 손상으로 화재로 인한 내구성 저하가 의심되며, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 조사된 중분대 표면처리 필요의 경우 화재발생으로 인한 표면열화, 그을림 등 복합적인 원인

에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 적절한 방안의 보수방안이 필요할 것으로 판단된다.

- 조사된 난간 교체필요, 낙하물 방지망 교체필요 등의 경우 차량충돌로 인한 외부충격 및 화재로 인한 손상으로 부재의 사용성 확보를 위하여 재설치 등의 적절한 방안의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

5) 내구성조사 결과

- 측정부재에 대한 압축강도 측정결과, 반발경도법 : 바닥판하면 29.9 ~ 30.5MPa(110.7 ~ 113.0%), 중앙분리대 22.3 ~ 27.0MPa(92.9 ~ 112.5%), 초음파속도법 : 바닥판하면 30.0 ~ 30.5MPa(111.1 ~ 113.0%), 중앙분리대 23.4 ~ 29.6MPa(97.5 ~ 123.3%)로 측정되었다. 바닥판하면의 경우 설계기준 압축강도 27.0MPa를 110.7 ~ 113.0%로 상회하는 상태로 검토되었으나 중앙분리대의 경우 설계기준 압축강도 24.0MPa에 92.9 ~ 123.3%로 일부 측정 구간에서 미치지 못하는 강도 저하가 확인되어 강도 저하 구간에 대한 단면보수 등의 보수조치가 필요할 것으로 사료된다.
- 코어채취를 실시하여 코어강도 보정계수를 고려한 바닥판하면 압축강도 측정 결과, 설계강도 27.0MPa를 112.6 ~ 116.7% 상회하는 상태로 화재 및 공용기간 증가 등으로 인한 강도 저하는 없는 상태인 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 바닥판하면 탄산화깊이는 6.0mm~7.0mm, 중앙분리대 탄산화깊이는 5.0mm~13.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 현장조사 및 시험(영천방향)

1) 바닥판하면

- 바닥판하면에 대한 조사결과, 화재 발생으로 인한 신규손상은 조사되지 않은 양호한 상태로, 주기적인 점검을 통한 신규손상 발생 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) 교면포장

- 교면포장 세척필요의 경우 상주방향에서 발생한 차량충돌 후 유조차 전도로 인하여 유출된 기름으로 발생한 손상으로 판단되며, 방치 시 수막현상, 접착력 저하, 차량 미끄러짐 등 발생 가능성이 있어 정비 등의 세척이 필요할 것으로 판단된다.

3) 배수시설

- 배수시설에 대한 조사결과, 화재로 인한 신규손상은 발생되지 않은 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.

4) 방호벽 및 중앙분리대

- 방호벽 파손, 중분대 단면보수 필요의 경우 차량충돌로 인한 충격으로 발생한 손상으로 화재로 인한 내구성 저하가 의심되며, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 조사된 중분대 표면처리 필요의 경우 화재발생으로 인하나 표면열화, 그을림 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 원활한 내구성 확보차원의 표면처리 등의 적절한 방안의 보수방안이 필요할 것으로 판단된다.
- 조사된 난간 교체필요, 낙하물 방지망 교체필요 등의 경우 차량충돌로 인한 외부충격에 의한 손상으로 부재의 사용성 확보를 위하여 정비 등의 적절한 방안의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

5) 내구성조사 결과

- 측정부재에 대한 압축강도 측정결과, 반발경도법 : 바닥판하면 30.1 ~ 30.3MPa(100.4 ~ 103.0%), 초음파속도법 : 바닥판하면 30.1 ~ 30.3MPa(115.5 ~ 112.2%)로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면: 27.0MPa)를 전반적으로 상회하여 콘크리트의 강도상태는 양호한 것으로 확인된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 비파괴강도 시험에서 공용기간증가 및 화재로 인한 강도 저하는 확인되지 않은 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 바닥판하면 탄산화깊이는 6.0mm~7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

다. 종합평가 및 안전등급 지정결과

1) 상태평가 결과

- 화남교의 상태평가 결과, 환산결합도 점수 0.237, 상태평가 등급은 “B” 등급으로 평가되었다

2) 구조안전성 및 내하력 검토결과

- 강도설계법에 의한 바닥판 검토결과 최소 안전율은 1.087로 평가되었으며, 허용응력에 의한 거더 검토결과 최소 안전율은 1.752로 평가되어 구조적 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.
- 최소안전율 및 내하율에 의한 공용내하력 평가 결과 전구간에서 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

3) 종합평가 결과

- 현장조사 및 내구성조사, 구조검토 결과에 의한 종합평가 등급은 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨

라. 결론

- 긴급안전점검에 대한 종합적인 분석결과, 화남교의 화재구간에 발생한 손상은 주요부재에 구조적인 영향을 미치는 손상은 아닌것으로 확인되었으며, 구조물의 강도저하 및 내구성 저하도 발생하지 않은 것으로 검토되었다. 다만, 화재구간에 발생한 교면포장의 포장 손상과 중앙분리대 일부에서 확인된 강도저하 구간에 대해서는 시설물의 내구성 확보 및 사용성 향상을 위한 보수가 필요한 것으로 판단된다. 따라서, 시설물의 손상부에 대해서는 운전자의 안전을 확보하고, 부재의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 교면포장 정비, 방호벽 및 중앙분리대 단면보수, 화재구간 세척 및 표면처리, 난간 및 낙하물 방지망 교체 등의 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과 및 구조검토 결과를 종합적으로 평가한 화남교의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다.

1.9.2 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 긴급안전점검 결과, 유조차 추돌 및 화재 사고로 인한 정밀안전진단 및 사용성 제한은 필요하지 않을 것으로 판단된다.

1.9.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 사고지점 교면포장 세척 필요, 방호벽 및 중앙분리대 단면보수 필요, 표면처리 필요, 난간 교체 필요, 낙하물 방지망 교체 필요, 방호벽 파손에 대한 우선적인 보수조치가 필요하다고 판단되고, 교면포장 S1~2 채포장에 대한 신규손상의 발생여부를 파악하는 유지관리가 필요하다.

1.9.4 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.

