

제3장 현장조사 및 시험

3.1 시설물 및 현장조사 현황

3.2 부재별 항목조사

3.3 주변환경 및 하중변화

3.4 현장조사의 개요

3.5 현장조사

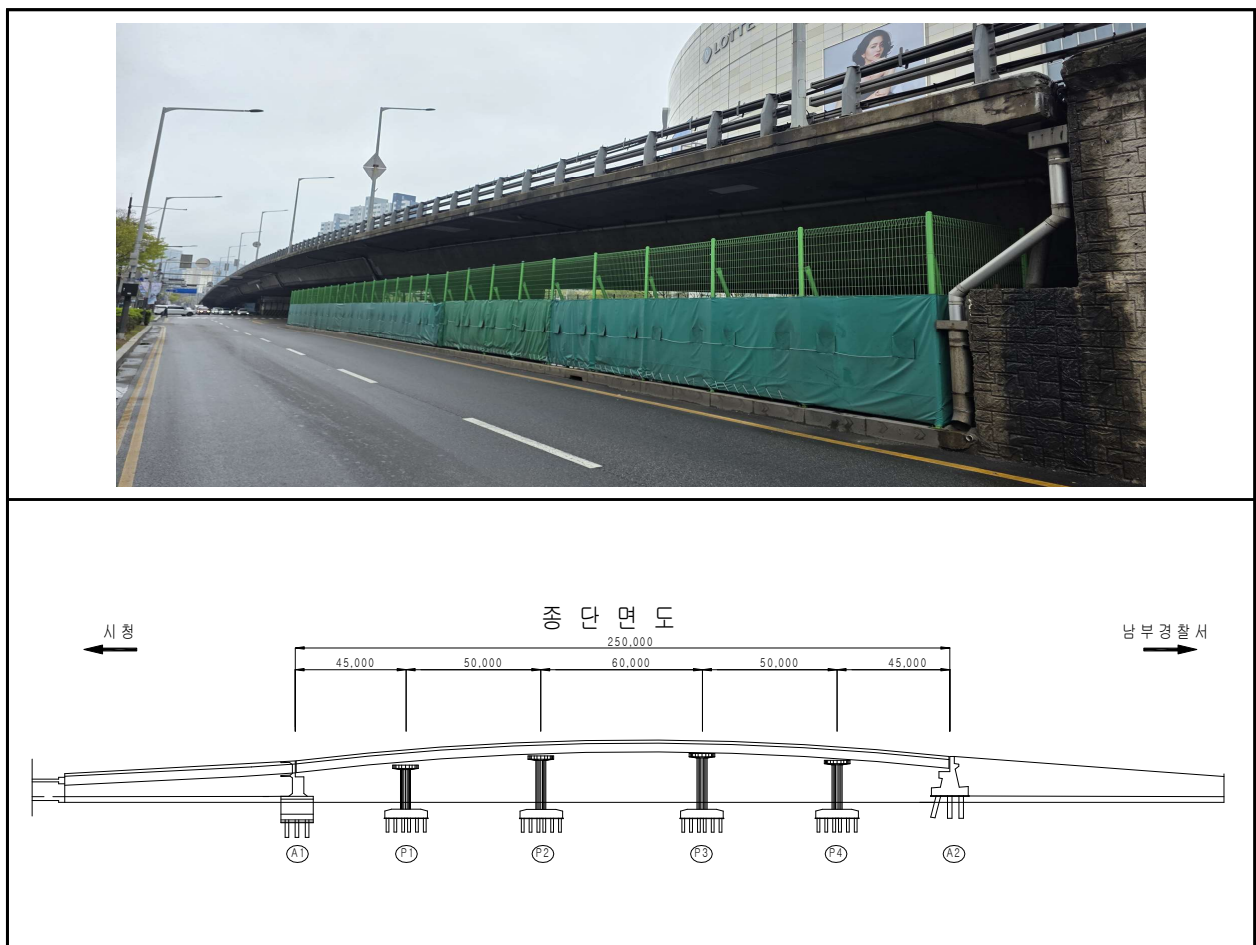
3.6 콘크리트 내구성 조사

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 시설물 및 현장조사 현황

본 과업의 대상 교량인 ‘계남고가교’는 경기도 부천시 원미구 중동에 위치하고 있으며, 총연장 250.0m, 교폭 23.5m인 왕복 6차선의 도로교량으로, 상부구조는 P.S.C Box Girder 형식의 1종 시설물이다. 또한, 최대 경간장은 60.0m로, 하부구조는 역T형 및 중력식 교대, 벽식 교각, 신축이음장치 강평거조인트, 교량받침은 마찰진자형 지진격리받침으로 시공되어있다.

1993년 03월에 준공되어 약 33년이 경과된 본 교량에 대한 외관조사는 주요부재 및 보조부재에 대하여 현재 상태를 확인하며, 특히 교량의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무와 향후 유지관리시 중점점검사항을 고려하여 실시하였다. 외관조사시 확인된 결함과 손상내용에 대해서는 사진을 촬영하고 외관조사망도에 수록하여 향후 보수·보강 및 점검 등의 유지관리에 효율적으로 활용될 수 있도록 하였다.



【사진 3.1】 측면 전경 및 종단면도

3.2 부재별 항목조사

【표 3.1】 부재별 항목조사

구 분		조 사 항 목	비 고
상부 구조	바닥판	- 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 - 누수, 백태, 표면오염	
	P.S.C Box 거더	- 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 - 누수, 백태, 표면오염 - 표면상태 오염, 부식, 격벽 손상 - 거더 내부로의 우수 유입	
하부 구조	교대	- 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 누수, 백태, 박락, 파손, 재료분리 - 교대의 이동 및 회전 유무, 거더 또는 바닥판과 협착 유무	
	교각	콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리	
	기초	세굴, 침하, 파손, 침식	
교면포장		균열, 요철, 단차, 포트홀, 물고임(체수)	
배수시설		파손, 배수관 길이 부족, 배수관 주변 및 연결부 누수, 배수구 위치불량	
연석 및 난간		균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
교량 받침	강재 받침	- 균열, 부식, 변형, 파손 - 유간 부족, 편기, 수평불량, 가동불량, 교량받침 설치오류, 앵커볼트 파손	
신축이음		- 본체의 파손, 부식, 누수, 이상음 및 진동, 유간 부족 - 후타재의 균열, 파손, 단차, 포장면 사이 이격	



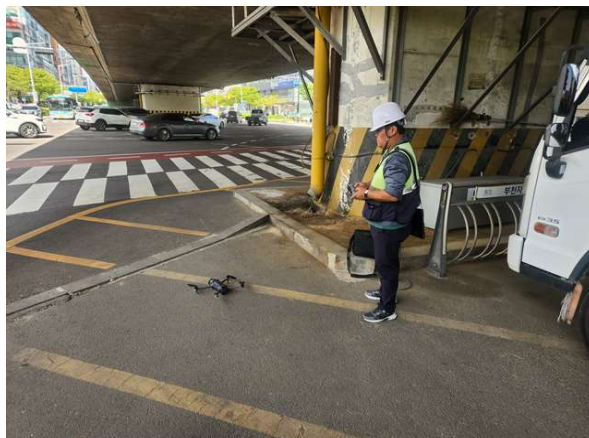
【사진 3.2】 부재별 전경 및 현장사진

	
교면포장 전경	바닥판하면 전경
	
거더외부 전경	거더내부 전경
	
교대 A1 전경	교대 A2 전경

【사진 3.2】 부재별 전경 및 현장사진(계속)

	
교각 P2 전경	교각 P4 전경
	
신축이음장치 전경	교량받침 전경
	
난간 및 연석 전경	배수시설 전경

【사진 3.2】 부재별 전경 및 현장사진(계속)

	
교량 점검시설 전경	제원판 전경
	
도보점검 전경	드론점검 전경
	
부재치수 측정 전경	고소점검차 작업 전경

【사진 3.2】 부재별 전경 및 현장사진(계속)

3.3 주변환경 및 하중변화

계남고가교는 경기도 부천시 원미구 중동 일대에 위치하는 1종 시설물로서 S1 자재창고, S2 자전거대여소, S3 도로횡단(신홍로), S4 사무실, S5 경찰서 주차장으로 점용 및 이용중이며, FMS(시설물통합정보관리시스템)와 관리주체인 경기도 원미구 건설안전과에 보관중인 준공도서를 검토한 결과, 준공시 고려되었던 하중이외의 추가하중은 없는 것으로 검토되었다.

【표 3.2】 하중변화 검토내용

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



하부 도로점용 현황(S1)



하부 도로점용 현황(S2)



하부 도로점용 현황(S3)



하부 도로점용 현황(S4)

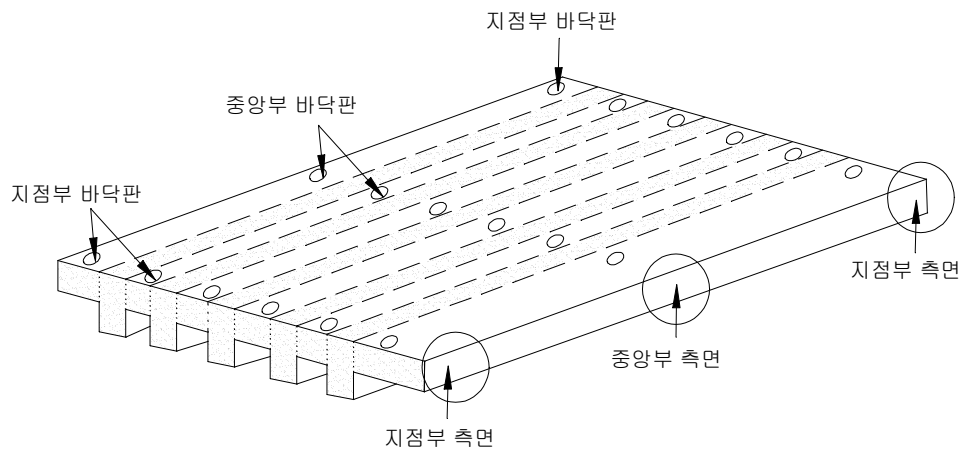
【사진 3.3】 주변환경 및 하중변화 전경

3.4 현장조사의 개요

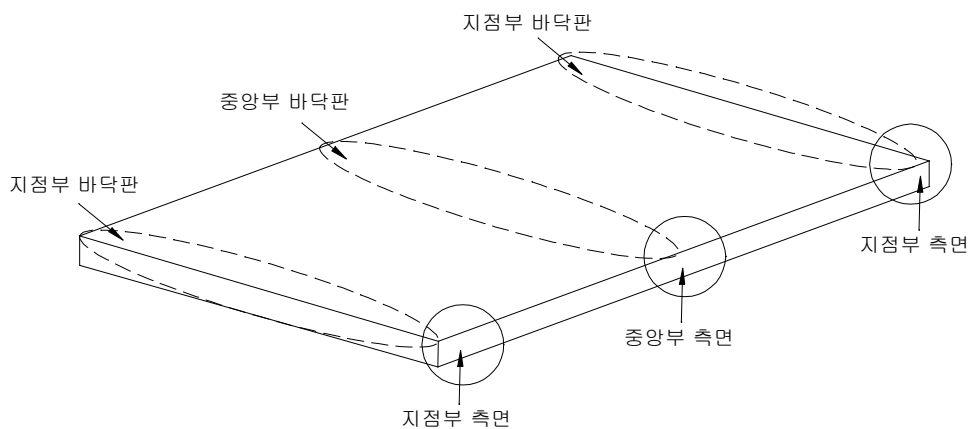
3.4.1 시설물의 점검사항

가. 콘크리트 바닥판

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 공통		○ 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 ○ 재료분리(공동, 공극) ○ 누수 및 백태(유리석회)
▷ 거더교		○ 균열, 망상균열
▷ 바닥판, 라멘상부	- 받침부(단부)	○ 부스러짐 ○ 사인장균열
	- 중앙부	○ 휨균열



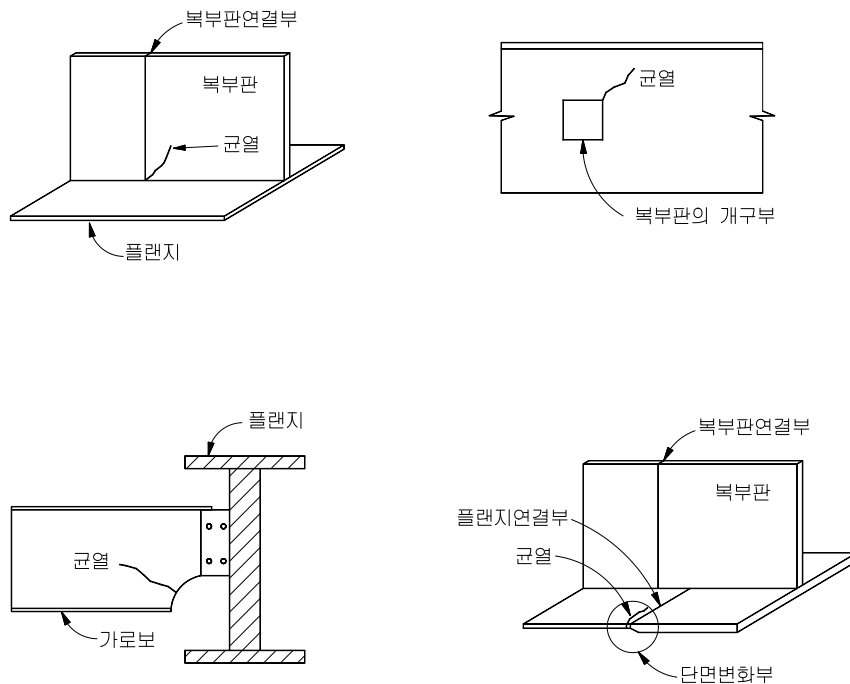
< 거더가 있는 경우의 바닥판점검부위 >



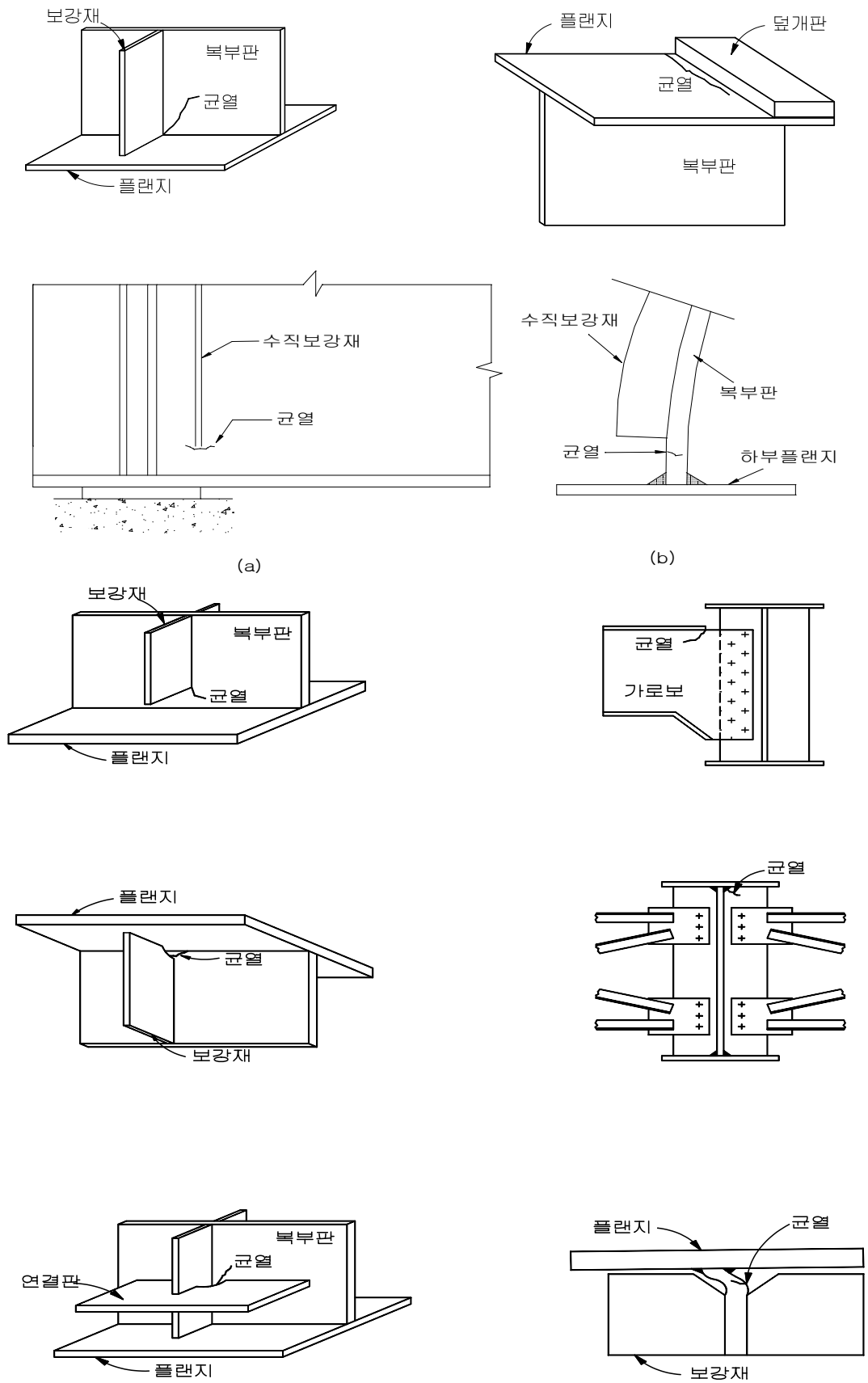
< 거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위 >

나. 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	◦도장 손상 및 부식 ◦현장이음부 볼트손상, 누수 ◦신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 ◦이상을 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	◦피로균열
▷받침부	◦복부판 부식 및 국부좌굴 ◦거더와 받침연결부 부식 ◦게르버교의 경우 핀 연결부 부식 ◦지점보강재 하단 용접부 균열 ◦박스내부 출입구 방치 ◦박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷중앙부	◦부식 ◦플랜지 변형 및 처짐 ◦맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷주탑	◦주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
▷보수부위	◦용접부 및 용접부 주변 균열
▷부재연결판	◦트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결판의 부식, 균열 및 변형 ◦사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결판의 부식, 균열 및 변형



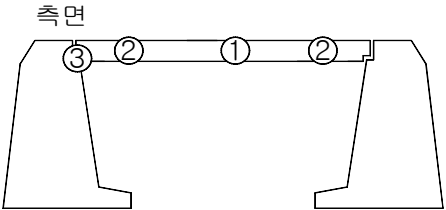
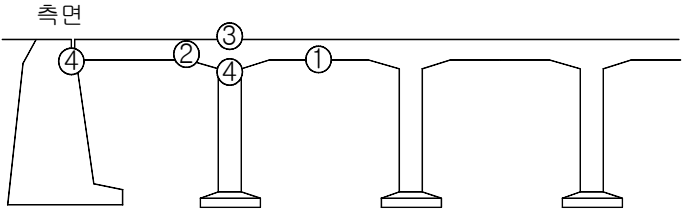
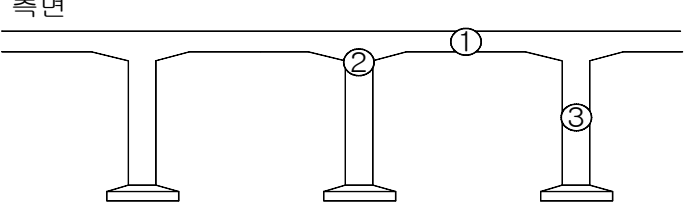
< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 - 1 >

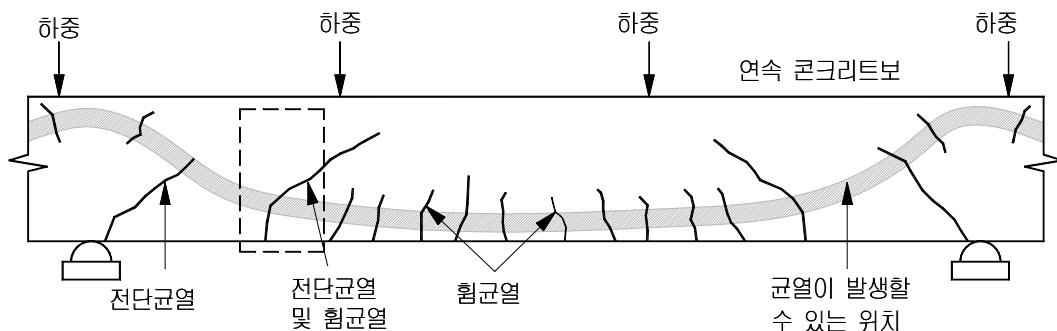


< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 - 2 >

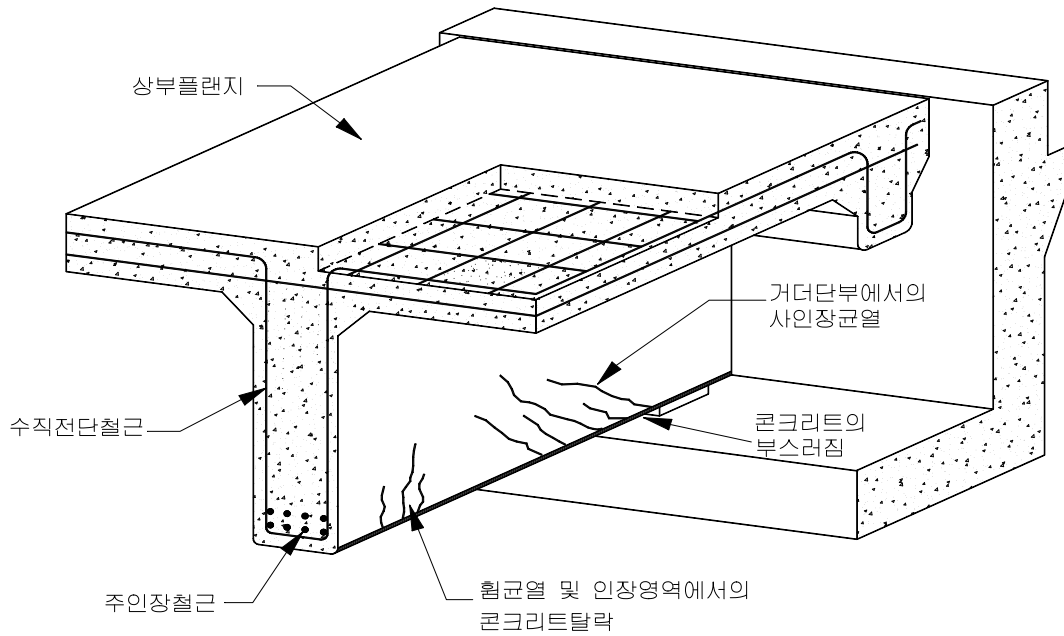
다. 철근콘크리트 거더

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷받침부	○부스러짐 ○복부 사인장 균열
▷중양부	○횡방향 균열

구조형식	점 검 부 위	비 고
단순보		① 지간중양부 ② 지간 1/4부 ③ 받침부
연속보 게르버보		① 지간중양부 ② 변곡점부(약 $l/4$) ③ 교각상부 ④ 받침부
라멘보		① 지간중양부 ② 우각부 ③ 교각부



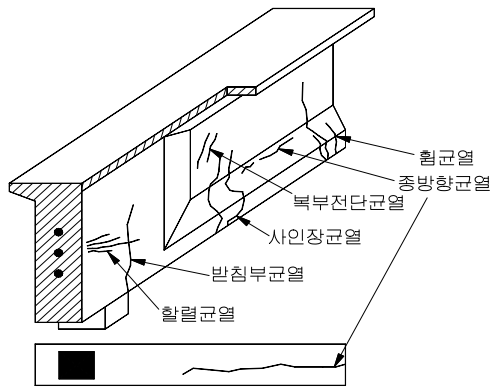
< 콘크리트 거더에 발생하는 균열의 유형과 위치 >



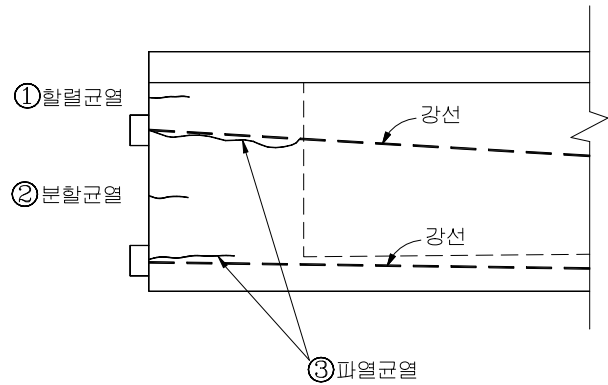
< 철근콘크리트 거더의 점검부위 >

라. 프리스트레스 콘크리트 거더

점 검 부 위			손 상 종 류
▷공통			○박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷받침부			○부스러짐 ○복부 사인장균열 ○연속교 상단 휨균열 ○격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부			○휨균열, 거더처짐 ○쉬스관 노출 및 파손 ○박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 ○시공이음부 균열 및 누수
▷강선정착부			○정착부 균열 및 파손
▷강선부위	강연선		○녹, 부식, 파단
	보호관	공통	○파손, 충전결함(공극), 선형(뒤틀림 등)
		PE관	○접합불량, 변형
		강관	○녹, 부식, 변형



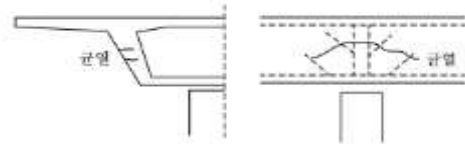
< PSC I빔의 점검부위 >



< 정착구역의 국부균열 >



< PSC 박스거더의 균열 >



< PSC 박스거더의 균열 >

마. 콘크리트 격벽

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 철근콘크리트 격벽	○ 박락(파손), 철근노출 ○ 경사균열(거더의 상대처짐 의심)
▷ 프리스트레스트 콘크리트 격벽	○ 쉬스관 노출 및 파손 ○ 정착부 균열 및 파손

바. 강 가로보와 세로보

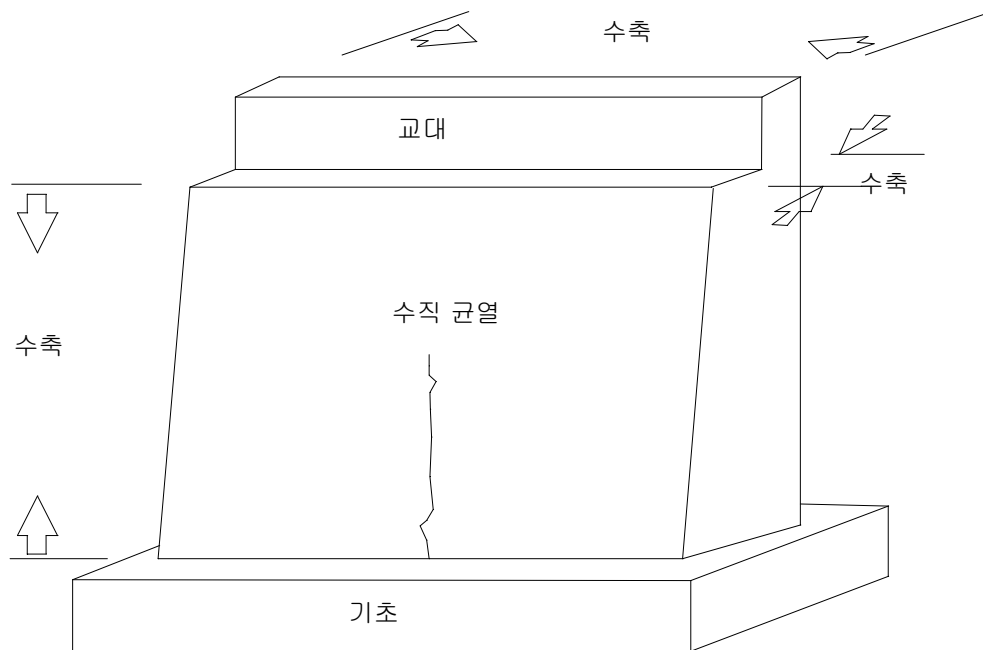
점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 도장 손상 및 부식 ○ 현장이음부 볼트손상, 누수 ○ 이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	○ 피로균열
▷ 2차부재	○ 가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ○ 하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ○ 거세트관 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	○ 용접부 및 용접부 주변 균열

사. 케이블

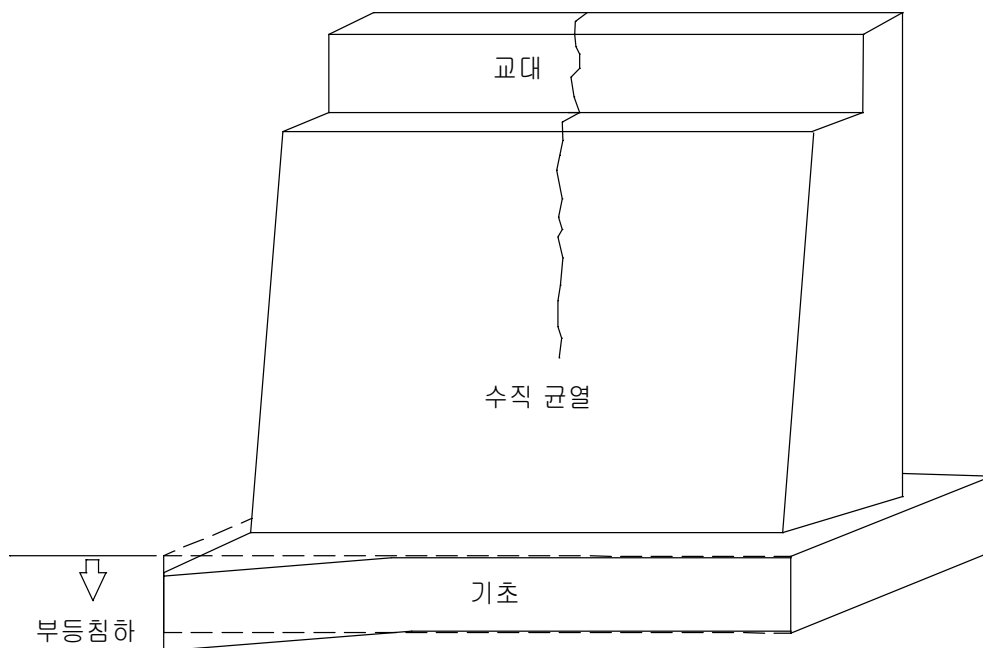
점 검 부 위	손 상 종 류
▷케이블 부재	○도장 손상 및 부식 ○부식으로 인한 케이블 단면 손상 ○케이블 변형 및 꺾임 ○외부 및 내부 소선 단선
▷보호관	○보호관의 파손
▷정착구	○강재 정착구의 도장 손상 및 부식 ○콘크리트 정착구의 파손, 누수 및 체수 ○정착구 댐퍼 파손
▷행어밴드, 새들	○도장 열화 및 부식 ○고정볼트 이완, 탈락 ○변형 및 파손

아. 교대

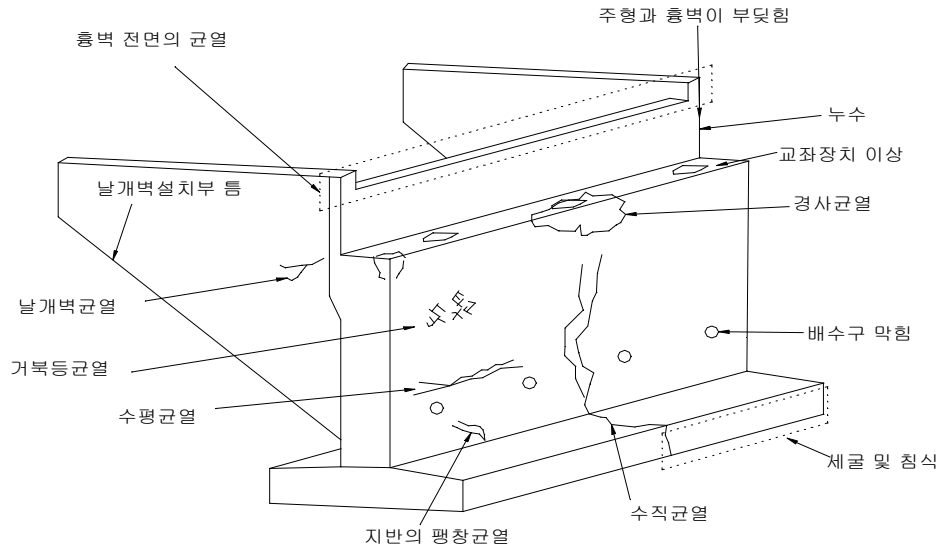
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교대 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 균열 및 파손 ○두부와 홍벽 경계부 균열 ○거더와 홍벽 신축유간 부족
▷벽체	○수직균열 및 침하 ○구체와 날개벽 분리 ○구체부 배수구 막힘 ○수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	○날개벽 이동, 전도 ○석축이 있는 경우 사면붕괴



< 온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열 >



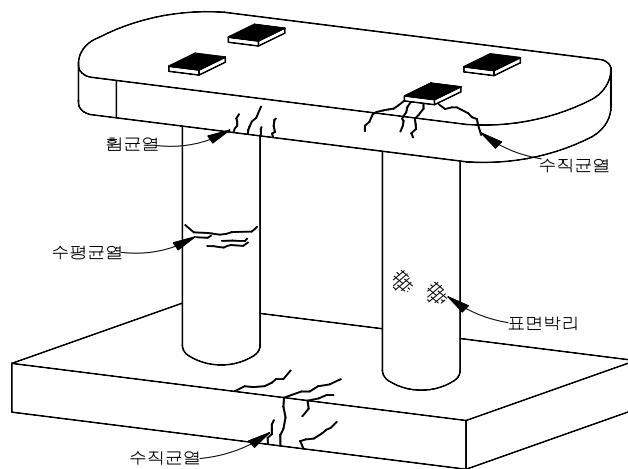
< 부등침하로 인한 교대의 수직균열 >



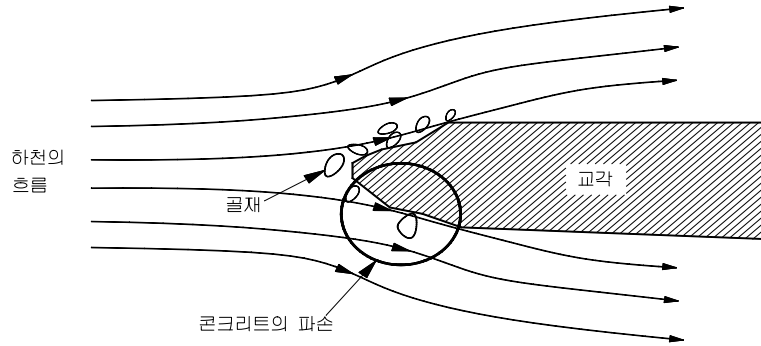
< 교대의 점검부위 >

자. 콘크리트 교각

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교각 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 하부 균열 및 파손
▷벽체	○시공이음부 균열 ○이동 또는 기울음 ○수면접촉부 침식



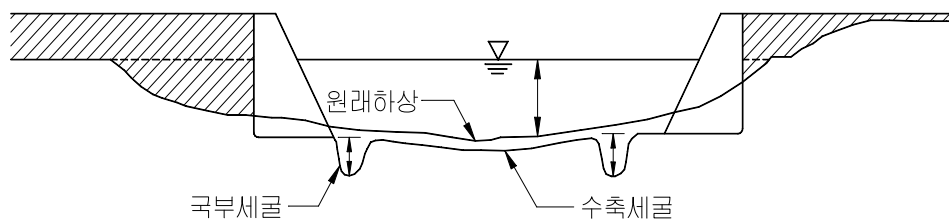
< 콘크리트 교각의 점검부위 >



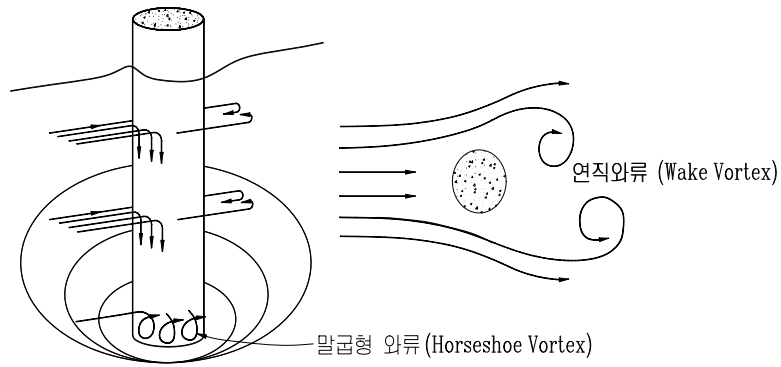
< 유수에 의한 콘크리트 교각의 침식 >

차. 기초

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 박리, 박락, 철근노출, 백태 ○ 침식, 세굴, 측방유동, 침하 ○ 하부구조물 기울음 및 전도
▷ 직접기초	○ 콘크리트 균열 및 파손
▷ 말뚝기초	○ 말뚝 노출 및 침식
▷ 케이슨기초	○ 케이슨 노출 및 침식 ○ 충돌파손



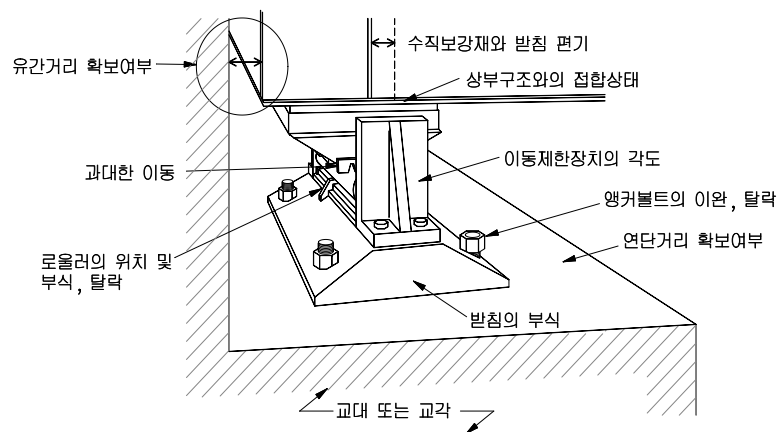
< 수축세굴과 국부세굴 >



< 원형기초의 국부세굴 >

카. 교량받침

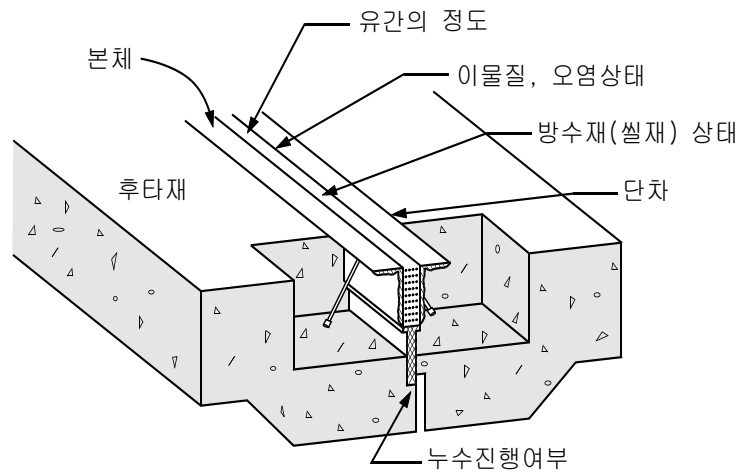
점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 본체	- 공통	- 가동받침의 신축유간 부족 - 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 - 받침과 거더의 밀착상태 - 수직보강재와 받침 편기상태 - 받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	- 가동면 부식 - 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 탄성받침	- 부풀음 및 갈라짐 - 고무판의 과도한 변형
▷ 받침콘크리트		- 앵커볼트 파손, 절단 - 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 - 교각두부 균열



< 교량받침 점검부위 >

다. 신축이음

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	○충격음, 본체유동 및 파손 ○누수 ○유간부족 및 유간과다 ○유간 오물퇴적
	- 고무재	○고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강재	○강재 연결부 이완 및 파손
▷후타재		○단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) ○균열 및 파손



< 신축이음 점검부위 >

파. 교면포장

점 검 부 위		손 상 종 류
▷공통	▷아스팔트	○균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	▷콘크리트	○균열, 마모, 박리, 파손
▷신축이음 전후, 구조물 경계부		○단차, 파손
▷곡선부, 중차량 통행차로		○마모, 바퀴자국
▷배수구 주변		○물고임

하. 배수시설

점 검 부 위	손 상 종 류
▷배수구(유입구) - 뚜껑(그레이팅)	○뚜껑파손 및 주변파손, 누락 ○오물퇴적, 막힘 ○배수구의 설치높이가 높음 ○배수구 설치위치 불량 ○배수구 설치간격 넓음
▷배수관	○관의 연결부 어긋남, 파손 ○이물질에 의한 막힘 ○지지철물의 이완 및 파손 ○배수관 길이 부족(짧음) ○유출구 위치 부적절(도로구간)

거. 난간 및 연석

점 검 부 위	손 상 종 류
▷난간 연석	○강재의 경우 도장 손상 및 부식 ○난간과 상판연결부의 결함, 파손 ○전체적인 처짐 및 선형불량
	○균열, 박리, 파손 ○철근노출 및 부식 ○전체적인 처짐 및 선형불량

너. 공중이 이용하는 부위

점 검 부 위	손 상 종 류
▷추락방지시설	○결함 및 파손 ○고정부 및 연결부 파손
▷도로포장	○도로포장 결함 및 파손 ○포트홀, 배수불량
▷도로부 신축이음부	○신축이음 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후 ○국부적인 열화 및 후타재 균열 ○신축유간 밀착 또는 본체 탈락
▷환기구 등의 덮개	○덮개 등에 결함 및 파손 ○덮개 등 탈락

< 점검방법 >

- 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다.
단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.
- 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.
- 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

3.5 현장조사

3.5.1 상부구조

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 계남고가교는 P.S.C Box Girder형식으로 총 5경간으로 이루어져 있으며, 연장 L=250.0m 폭 23.5m(왕복 6차로)로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차 및 드론, 도보점검을 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.4】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 재료분리, 파손 및 층 분리, 철근노출, 표면박리, 누수흔적, 백태 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.3】 바닥판하면 현장조사 결과

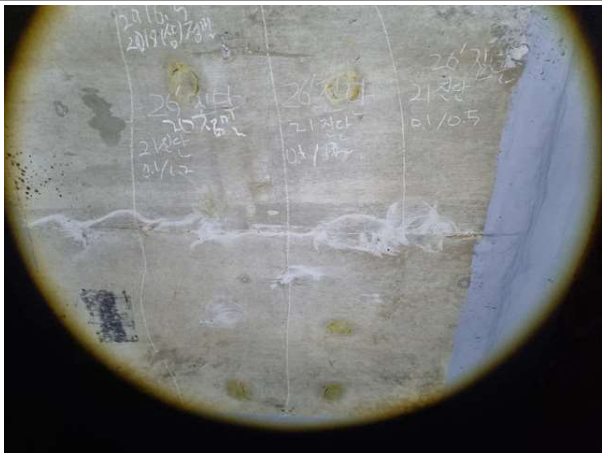
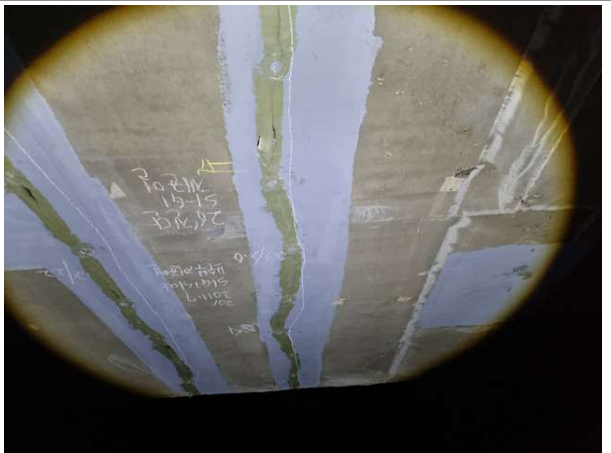
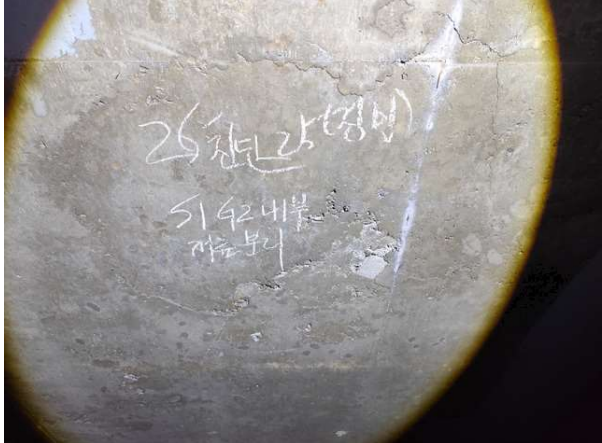
구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		누수흔적, 백태 (㎡/개소)	
S1	37.00	40	—	—	1.00	1	6.83	9
S2	82.00	97	—	—	0.25	1	0.02	1
S3	83.50	106	4.40	2	—	—	0.25	1
S4	109.20	126	—	—	—	—	0.33	2
S5	86.75	96	—	—	2.50	3	0.30	1
합계	398.45	465	4.40	2	3.75	5	7.73	14

【표 3.3】 바닥판하면 현장조사 결과(계속)

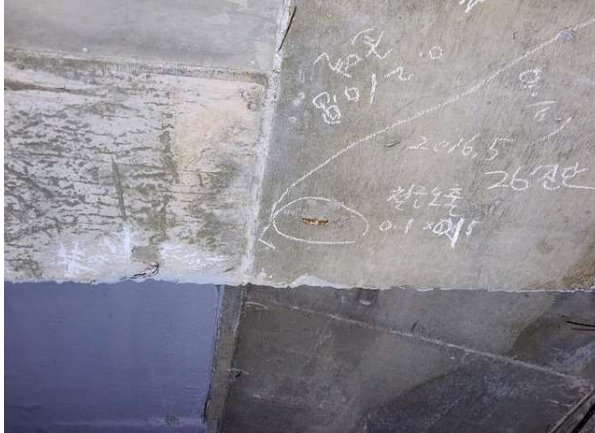
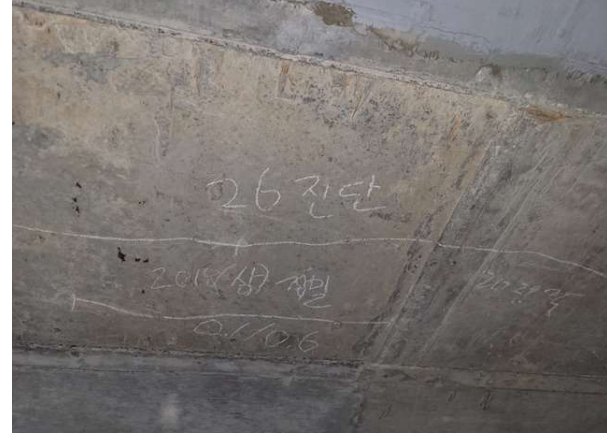
구분	재료분리 (㎡/개소)		파손, 층분리 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		표면 박리 (㎡/개소)	
S1	1.90	5	0.11	2	—	—	—	—
S2	1.22	3	3.04	2	—	—	—	—
S3	0.20	1	—	—	0.06	1	0.08	1
S4	0.30	2	0.03	1	0.28	9	—	—
S5	—	—	—	—	0.01	1	—	—
합계	3.62	11	3.18	5	0.35	11	0.08	1

			
손상현황	• S1 망상균열 보수실시	손상현황	• S1 누수흔적(0.5m×0.5m)
원 인	—	원 인	• 배수관 이음부 누수
조치방안	—	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• S1 백태(0.5m×0.5m)	손상현황	• S1 망상균열(1.2m×1.0m)
원 인	• 표면 습기흡착, 외기영향	원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수

【사진 3.5】 바닥판하면 손상현황

	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안

【사진 3.5】 바닥판하면 손상현황(계속)

	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안

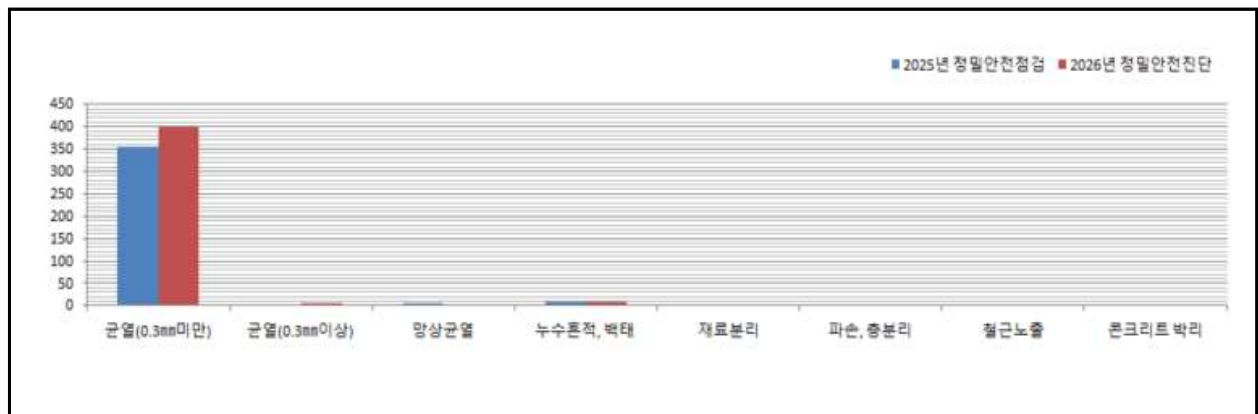
【사진 3.5】 바닥판하면 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만), 망상균열, 재료분리, 층분리 등의 손상이 추가로 확인되었으며, 금회 점검에서 균열(0.3mm이상), 콘크리트 박리 등의 손상이 신규로 조사되었다. 또한, 망상균열 손상은 금회에 보수가 일부 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.4】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	355.15	411	398.45	465	▲ 43.30	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	4.40	2	▲ 4.40	신규손상
	망상균열	m ²	3.94	4	3.75	5	▼ 0.19	일부보수
	누수흔적, 백태	m ²	7.08	10	7.73	14	▲ 0.65	신규손상
	재료분리	m ²	0.64	1	3.62	11	▲ 2.98	신규손상
	파손, 층분리	m ²	0.04	1	3.18	5	▲ 3.14	신규손상
	철근노출	m ²	0.14	9	0.35	11	▲ 0.21	신규손상
	콘크리트 박리	m ²	—	—	0.08	1	▲ 0.08	신규손상



【그림 3.1】 바닥판하면 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 바닥판하면에서 조사된 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 조사된 손상은 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성 확보차원의 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 재료분리, 층분리 및 콘크리트 박리의 경우 손상부 우수유입, 시공초기 다짐미흡 등으로 인한 손상으로 판단되며, 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성을 확보하고, 손상의 진전을 방지하기 위한 단면보수 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요하다.
- 조사된 파손, 철근노출의 경우 공용기간중 시공시 피복두께 부족, 다짐미흡, 공용 중 외부충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 점검당시 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 지속적인 우수유입으로 층분리, 박락, 내구성저하 등의 손상진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위한 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요하다.

나. P.S.C BOX GIRDER

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 P.S.C Box Girder는 3륜 Box 구조로 시공되어 있으며, 연장은 L=250.0m 폭 23.5m(왕복 6차로) 고강도 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 거더에 대한 현장조사는 점검차 및 드론, 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.6】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과, 거더 외부는 균열(0.3mm미만), 망상균열, 누수흔적 및 백태, 긁힘, 박리, 박락, 파손, 층분리, 표면열화, 철근노출 등의 손상이 확인되었으며, 거더 내부는 균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태, 거푸집 및 폐자재 적치 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.5】 거더 외부 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (m/개소)		누수흔적, 백태 (m/개소)		긁힘 (m/개소)		박리, 박락, 파손, 층분리 (m/개소)	
S1	—	—	—	—	0.04	1	7.41	5	0.79	4
S2	3.00	3	1.50	1	—	—	10.04	6	0.28	2
S3	2.80	2	—	—	1.00	2	—	—	—	—
S4	3.00	2	0.50	1	—	—	23.10	10	0.17	2
S5	6.90	2	—	—	0.25	1	3.60	4	0.09	1
합계	15.70	9	2.00	2	1.29	4	44.15	25	1.33	9

【표 3.5】 거더 외부 현장조사 결과(계속)

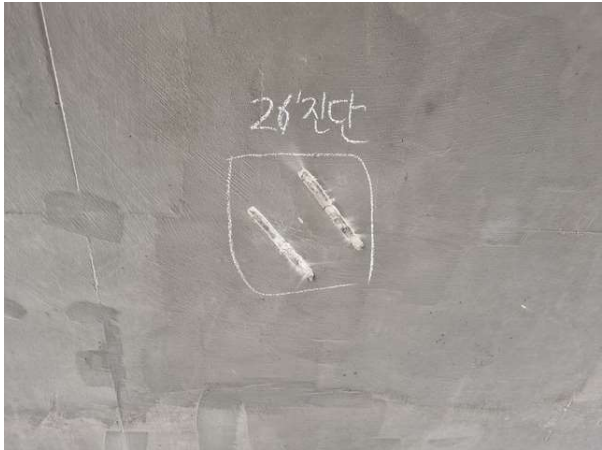
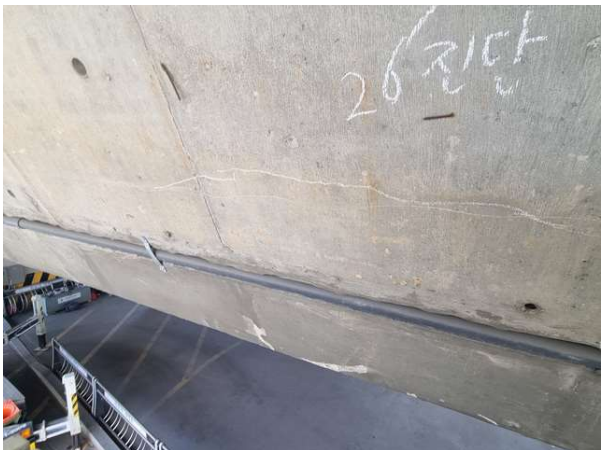
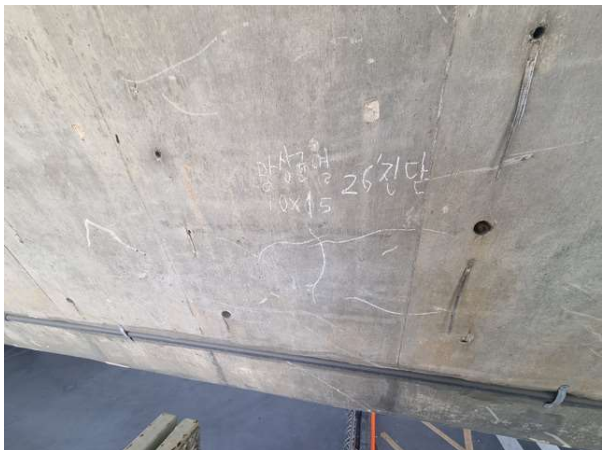
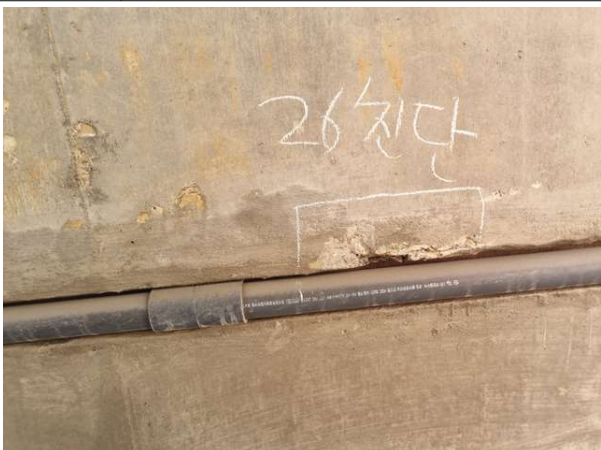
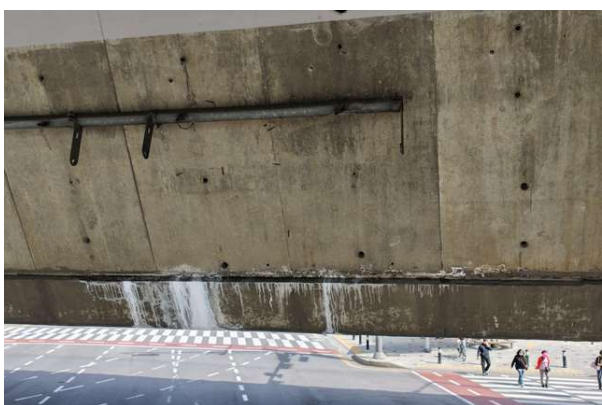
구분	재료분리 (㎡/개소)		표면열화 (㎡/개소)		박락 및 철근노출 (㎡/개소)		잡철물 노출 (㎡/개소)	
S1	0.20	1	—	—	—	—	0.05	1
S2	3.00	2	—	—	—	—	—	—
S3	0.20	1	—	—	—	—	—	—
S4	0.50	1	—	—	—	—	—	—
S5	—	—	3.30	1	0.72	1	—	—
합계	3.90	5	3.30	1	0.72	1	0.05	1

【표 3.6】 거더 내부 현장조사 결과

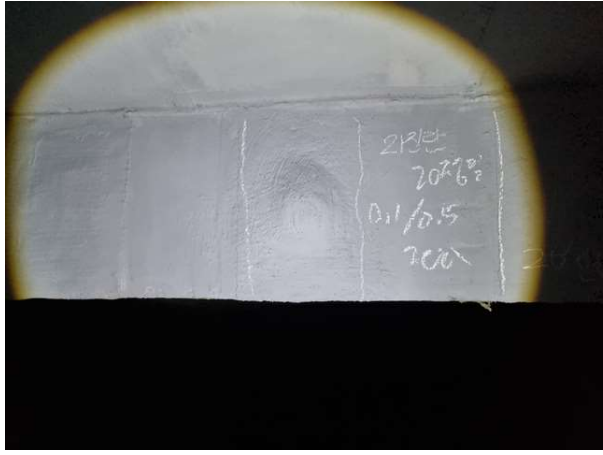
구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열/백태(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
S1	4.80	6	—	—	—	—	—	—
S2	26.80	31	—	—	1.45	2	0.06	2
S3	64.25	67	—	—	—	—	—	—
S4	93.70	80	—	—	—	—	—	—
S5	27.80	27	2.40	1	—	—	1.70	2
합계	217.35	211	2.40	1	1.45	2	1.76	4

【표 3.6】 거더 내부 현장조사 결과(계속)

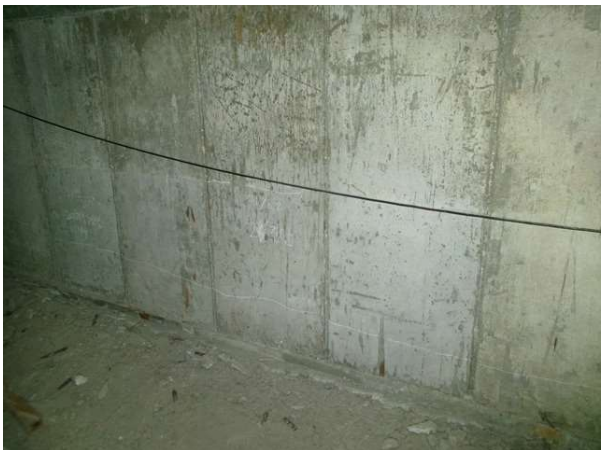
구분	재료분리 (㎡/개소)		거푸집 미제거 (EA/개소)		페콘크리트 및 폐자재 퇴적 (EA/개소)	
S1	—	—	—	—	1.00	1
S2	—	—	—	—	1.00	1
S3	0.08	1	—	—	1.00	1
S4	—	—	1.00	1	—	—
S5	—	—	—	—	—	—
합계	0.08	1	1.00	1	3.00	3

			
손상현황	• S1-A1 단부 박락(0.3m×0.3m)	손상현황	• S2 굽힘(0.5m×0.5m)
원 인	• 폐콘크리트의 간섭, 신축거동	원 인	• 공용 중 외부충격
조치방안	• 폐콘크리트 제거 후 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S2 균열(0.3mm미만)	손상현황	• S2 망상균열(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S2 파손(0.1m×0.3m)	손상현황	• S3 백태(0.3m×2.5m)
원 인	• 공용 중 외부충격 등	원 인	• 표면부 수분흡착, 우수유입 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리

【사진 3.7】 거더 손상현황

			
손상현황	• S3 재료분리(0.1m×2.0m)	손상현황	• S4 굽힘 보수 실시
원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈거 등	원 인	—
조치방안	• 단면보수	조치방안	—
			
손상현황	• S5 망상균열 보수 실시	손상현황	• S5 콘크리트 박리(0.3m×0.3m)
원 인	—	원 인	• 다짐미흡, 공용년수 증가
조치방안	—	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S1 표면불량(0.2m×0.5m)	손상현황	• S1 균열(0.3mm미만)
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 표면처리

【사진 3.7】 거더 손상현황(계속)

			
손상현황	• S1 폐자재 적치	손상현황	• S1 재료분리(1.5m×0.5m)
원 인	• 폐자재 정리미흡	원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S3 균열(0.3mm미만)	손상현황	• S3 거푸집 미제거
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 시공중 정리미흡
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 정비
			
손상현황	• S3 폐콘크리트 퇴적	손상현황	• S5 균열/백태(0.3mm미만)
원 인	• 시공중 정리미흡	원 인	• 건조수축, 온도변화, 수분흡착 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 표면처리

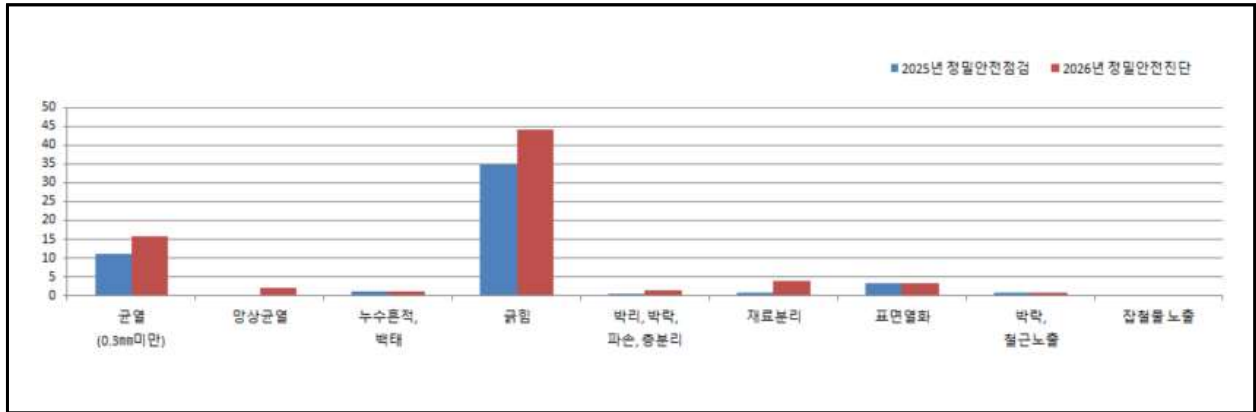
【사진 3.7】 거더 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

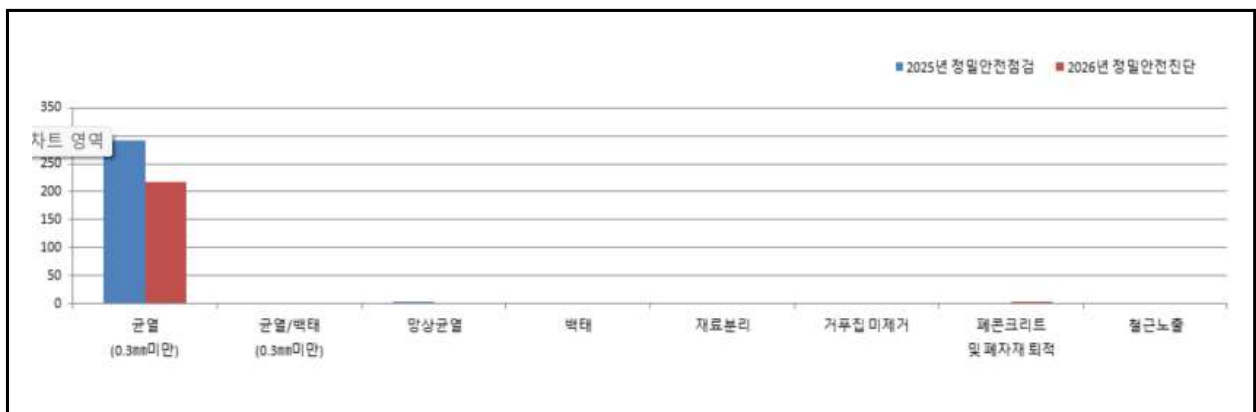
- 전회 점검과의 비교 결과, 거더외부는 기존손상인 균열(0.3mm미만), 망상균열, 누수흔적, 백태, 굽힘, 재료분리, 파손 및 층분리 등의 손상이 추가로 확인되었으며, 거더 내부는 기 점검에서 거더로 분류되던 손상이 바닥판 손상으로 분류되어 물량이 감소하였다.

【표 3.7】 거더 기 점검 결과 비교

구분		손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
				물량	개소	물량	개소		
P.S.C Box	외부	균열 (0.3㎜미만)	m	11.20	5	15.70	9	▲ 4.50	신규손상
		망상균열	m ²	0.06	1	2.00	2	▲ 1.94	신규손상
		누수흔적, 백태	m ²	1.04	3	1.29	4	▲ 0.25	신규손상
		굽힘	m ²	34.80	18	44.15	25	▲ 9.35	신규손상
		박리, 박락, 파손, 층분리	m ²	0.50	4	1.33	9	▲ 0.83	신규손상
		재료분리	m ²	0.90	3	3.90	5	▲ 3.00	신규손상
		표면열화	m ²	3.30	1	3.30	1	— —	변동없음
		박락, 철근노출	m ²	0.72	1	0.72	1	— —	변동없음
		잡철물 노출	m ²	0.05	1	0.05	1	— —	변동없음
	내부	균열 (0.3㎜미만)	m	290.50	389	217.35	211	▼ 73.15	부재변경
		균열/백태 (0.3㎜미만)	m	2.40	1	2.40	1	— —	변동없음
		망상균열	m ²	3.63	4	1.45	2	▼ 2.18	부재변경
		백태	m ²	2.27	6	1.76	4	▼ 0.51	부재변경
		재료분리	m ²	0.54	4	0.08	1	▼ 0.46	부재변경
		거푸집 미제거	EA	2.00	2	1.00	1	▼ 1.00	부재변경
폐콘크리트 및 폐자재 퇴적		EA	1.00	1	3.00	3	▲ 2.00	신규손상	
철근노출		m ²	0.04	1	—	—	▼ 0.04	부재변경	



【그림 3.2】 거더 외부 기 점검과의 손상물량 변동 그래프



【그림 3.3】 거더 내부 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 거더에서 조사된 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 조사된 손상은 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 재료분리, 철근노출의 경우 시공초기 다짐미흡 및 피복두께 부족에 의해 발생한 손상 등으로 판단되며, 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성을 확보하기 위한 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 벽태의 경우 표면 수분흡착, 장기공용에 따른 외기영향 등에 의해 발생한 손상으로 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위하여 표면보수 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 패자재 및 패콘크리트 퇴적의 경우 시공이후 자재의 정리미흡에 따른 손상으로 내부 점검자의 안전 및 원활한 유지관리를 위하여 정비가 필요할 것으로 사료된다.

다. 격벽

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거터의 단면의 변형을 방지하고, 상부하중을 하부 부재로 원활하게 분산 및 전달하는 격벽은 철근콘크리트로 시공되어 있다.
- 격벽에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



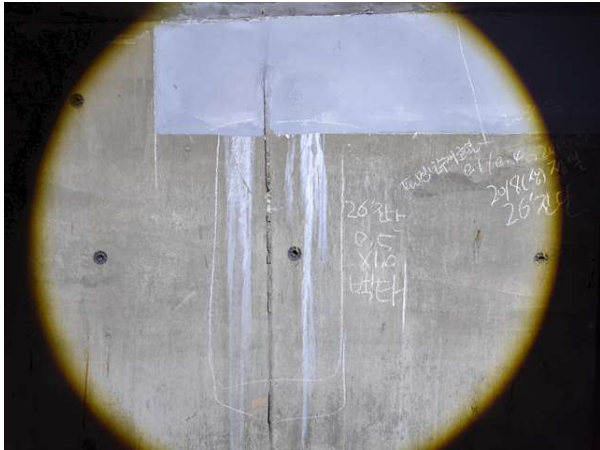
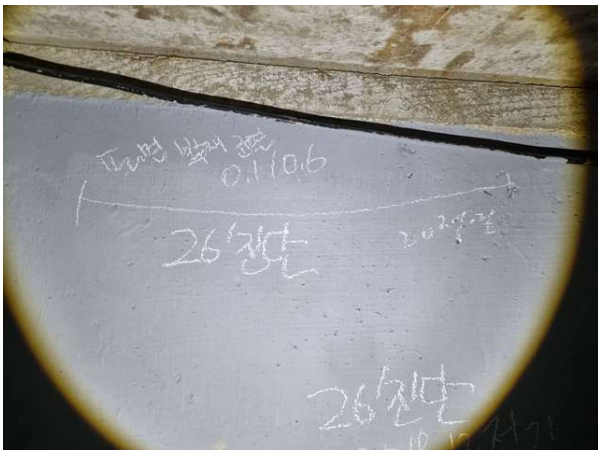
【사진 3.8】 격벽 전경

2) 현장조사 결과

- 격벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태, 재료분리 및 철근노출 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.8】 격벽 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (m²/개소)		백태 (m²/개소)		재료분리 (m²/개소)		철근노출 (m²/개소)	
S1	13.20	17	0.48	1	1.01	3	—	—	0.10	1
S2	32.70	39	—	—	—	—	—	—	0.04	1
S3	15.50	23	—	—	—	—	—	—	0.01	1
S4	32.20	36	1.80	1	—	—	—	—	—	—
S5	23.70	20	—	—	—	—	0.01	1	—	—
합계	117.30	135	2.28	2	1.01	3	0.01	1	0.15	3

			
손상현황	• S1 철근노출(0.1m×1.0m)	손상현황	• S1-P1 백태(0.5m×1.0m)
원 인	• 단부 시공미흡, 인위적인 절취	원 인	• 공용중 수분흡착, 외기영향
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• S2 균열(0.3mm미만)	손상현황	• S3 균열(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S4 망상균열(0.3mm미만)	손상현황	• S5 재료분리(0.1m×0.1m)
원 인	• 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거	원 인	• 마감미흡, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수

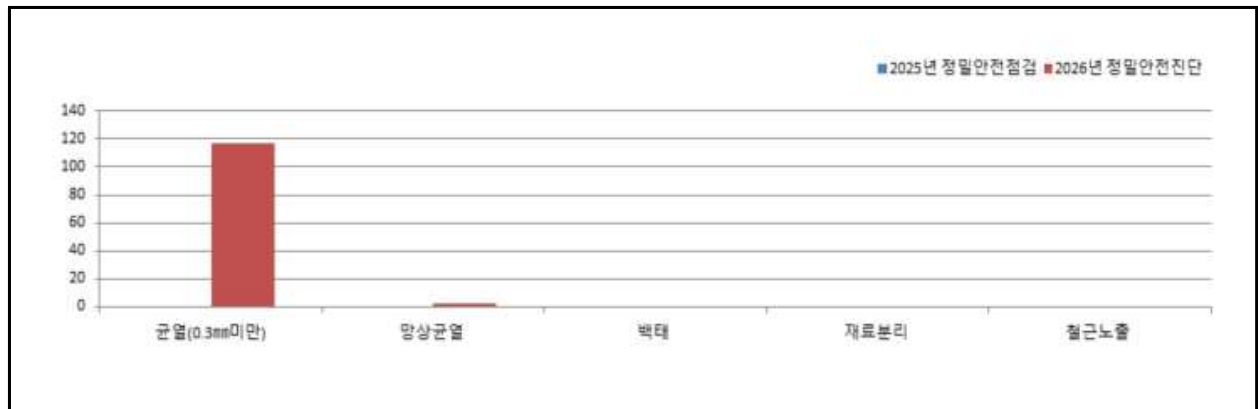
【사진 3.9】 격벽 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 금회 점검에서 균열(폭0.3mm미만), 망상균열, 백태, 재료분리 및 철근노출 등의 손상이 신규로 발생한 것으로 확인되었다.

【표 3.9】 격벽 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
격벽	균열 (0.3mm미만)	m	—	—	117.30	135	▲ 117.30	신규손상
	망상균열	m ²	—	—	2.28	2	▲ 2.28	신규손상
	백태	m ²	—	—	1.01	3	▲ 1.01	신규손상
	재료분리	m ²	—	—	0.01	1	▲ 0.01	신규손상
	철근노출	m ²	—	—	0.15	3	▲ 0.15	신규손상



【그림 3.4】 격벽 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 격벽에서 조사된 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열, 백태의 경우 초기 건조수축, 표면 수분흡착, 거푸집 조기탈거 등의 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 확보차원의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 재료분리, 철근노출의 경우 시공시 다짐미흡, 인위적인 절취 등에 의하여 발생한 손상으로 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성 확보차원의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 배면의 흙과 접촉되어 상부구조로부터의 하중과 접촉부로부터의 토압, 상재하중에 의한 압력을 받아 교대 자체의 자중과 함께 기초지반에 전달하는 역할의 교대는 역T형 및 중력식으로 시공되어있으며, 기초는 파일기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.10】 교대 전경

2) 현장조사 결과

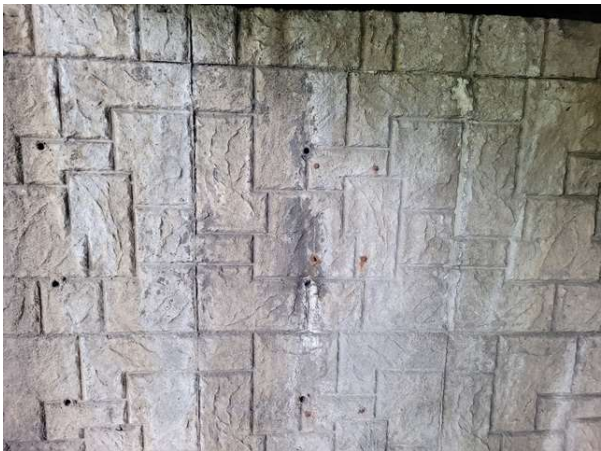
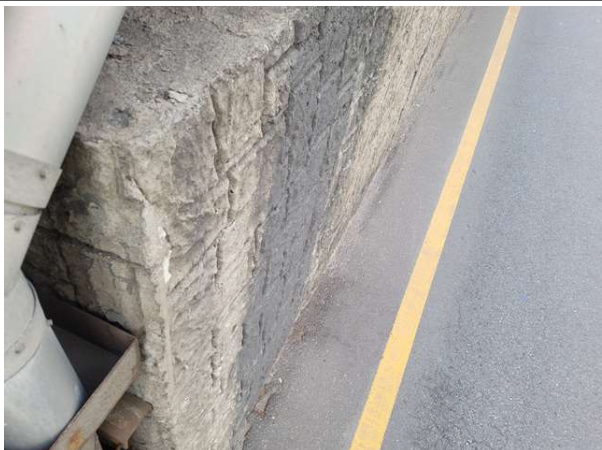
- 교대에 대한 현장조사 결과, 균열(폭0.3mm미만), 백태, 망상균열, 박리 및 박락, 파손, 누수흔적, 폐콘크리트 및 이물질 적치 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.10】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열/백태(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열, 백태 (m²/개소)		백태 (m²/개소)	
A1	8.00	6	1.90	1	—	—	0.43	4
A2	—	—	1.40	2	9.80	2	2.25	1
합계	8.00	6	3.30	3	9.80	2	2.68	5

【표 3.10】 교대 현장조사 결과(계속)

구분	콘크리트 박리 (㎡/개소)		박락, 파손, 충분리 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		폐콘크리트 및 이물질 적치 (㎡/개소)	
A1	0.50	1	0.46	3	53.00	3	14.10	1
A2	—	—	—	—	50.00	2	23.50	1
합계	0.50	1	0.46	3	103.00	5	37.60	2

			
손상현황	• A1 균열(0.3mm미만), 백태	손상현황	• A1 박락, 충분리(0.5m×0.6m)
원 인	• 건조수축, 온도변화, 수분흡착	원 인	• 시공미흡, 피복부족
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• A1 폐콘크리트 퇴적	손상현황	• A1 누수흔적(1.5m×2.0m)
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• 표면 우수유입 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 표면보수

【사진 3.11】 교대 손상현황

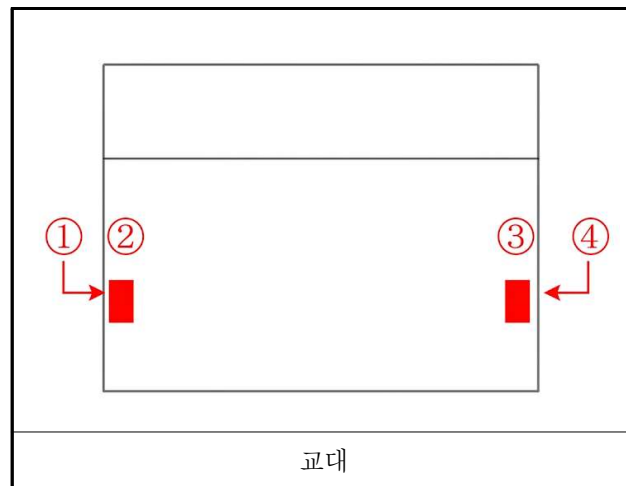
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
• A1 파손(0.2m×0.5m) • 표면 수분침투, 동결융해 • 단면보수	• A1 콘크리트 박리(0.5m×1.0m) • 표면 수분침투, 동결융해 등 • 단면보수
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
• A2 균열(0.3mm미만), 백태 • 건조수축, 온도변화, 수분흡착 • 표면처리	• A2 망상균열(0.3mm미만) • 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 • 표면처리
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
• A2 망상균열(0.3mm미만) • 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 • 표면처리	• A2 폐자재 적치 • 정리미흡 등 • 정비

【사진 3.11】 교대 손상현황(계속)

3) 기울음 측정

부등침하 등에 의해 변위가 발생 가능성이 있기는 교대의 경우 흉벽의 정면과 측면에서 경사계를 이용하여 기울음을 측정하였다.

(1) 측정 위치도



【그림 3.5】 교대 기울음 측정 위치도

(2) 측정결과

【표 3.11】 교대 기울음 측정 결과

구분	설계 기울기(°)	측정 기울기(°)				비고
		1	2	3	4	
A1	—	90.0	-89.8	-89.9	-89.8	
A2	—	89.8	-89.8	89.8	-89.7	

※ 측정위치 :구체로부터 1.0m 높이에서 실시

※ 기울음 방향 : (+)는 좌측방향으로 경사발생, (-)는 우측방향으로 경사발생

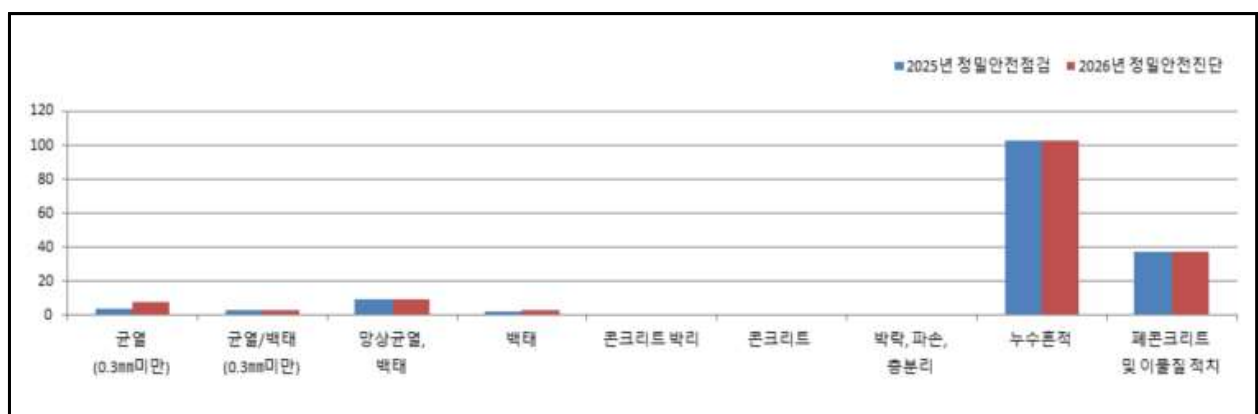
4) 기 점검과의 비교

(1) 손상현황 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열(폭0.3mm)미만, 백태, 콘크리트 박리 및 박락, 파손 등의 손상이 추가로 확인되었다.

【표 3.12】 교대 손상현황 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	3.50	3	8.00	6	▲ 4.50	신규손상
	균열/백태(0.3mm미만)	m	3.30	3	3.30	3	— —	변동없음
	망상균열, 백태	m ²	9.80	2	9.80	2	— —	변동없음
	백태	m ²	2.58	4	2.68	5	▲ 0.10	신규손상
	콘크리트 박리	m ²	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상
	콘크리트 박락, 파손, 층분리	m ²	0.30	1	0.46	3	▲ 0.16	신규손상
	누수흔적	m ²	103.00	5	103.00	5	— —	변동없음
	폐콘크리트 및 이물질 적치	m ²	37.60	2	37.60	2	— —	변동없음



【그림 3.6】 교대 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

(2) 기울음 측정 결과

- 전회 점검과의 비교 결과, 0.2° 미만의 경미한 수준의 경사값이 측정되었으며, 기울음에 의한 전도우려는 없는 것으로 판단되며, 이는 측정면의 평탄성 및 측정오차 등을 감안하면, 현재 기울음이 없는 양호한 상태로 판단된다.

【표 3.13】 교대 기울음 기 점검 결과 비교

구분	측정 기울기(°)								비고
	1		2		3		4		
	25년 정밀	26년 진단	25년 정밀	26년 진단	25년 정밀	26년 진단	25년 정밀	26년 진단	
A1	88.9	90.0	88.9	-89.8	88.9	-89.9	88.9	-89.8	
A2	89.9	89.8	89.9	-89.8	89.9	89.8	89.9	-89.7	

5) 검토의견

- 조사된 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 조사된 손상은 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 콘크리트 박리 및 박락, 층분리, 파손의 경우 시공초기 다짐미흡 및 피복두께 부족, 신축이음 하부 우수유입에 의한 내구성 저하에 의해 발생한 손상 등으로 판단되며, 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 부재의 내구성을 확보하기 위한 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 백태, 누수흔적의 경우 표면 수분흡착, 장기공용에 따른 외기영향, 신축이음부를 통한 우수유입 등에 의해 발생한 손상으로 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위하여 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 이물질 및 폐콘크리트 퇴적의 경우 시공이후 마감미흡에 따른 손상으로 상부구조의 신축거동에 영향을 미치므로 정비를 통한 제거가 필요한 상태이다.
- 교대에 대한 변위(기울음)측정 결과, 변위가 없는 양호한 상태로 측정 및 검토되었다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 상부구조의 하중과 교각의 자중을 안전하게 기초지반에 전달하는 역할의 교각은 벽식구조로 시공되어 있으며, 기초는 말뚝기초로 시공되어 있다.
- 교각에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.12】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 망상균열(0.3mm미만), 박락, 도장박리 및 박락 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.14】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열, 백태 (㎡/개소)		콘크리트 박락 (㎡/개소)		도장박리, 박락 (㎡/개소)	
P1	4.00	5	—	—	—	—	39.00	4
P2	11.80	15	—	—	—	—	—	—
P3	16.90	15	1.20	2	—	—	13.95	5
P4	39.90	19	—	—	0.01	1	31.20	4
합계	72.60	54	1.20	2	0.01	1	84.15	13

			
손상현황	• P1 코핑부 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P1 기둥부 도장박리(11.0m×1.5m)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 장기공용에 따른 도장열화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 도장보수
			
손상현황	• P2 코핑부 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P3 코핑부 균열(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 3.13】 교각 손상현황

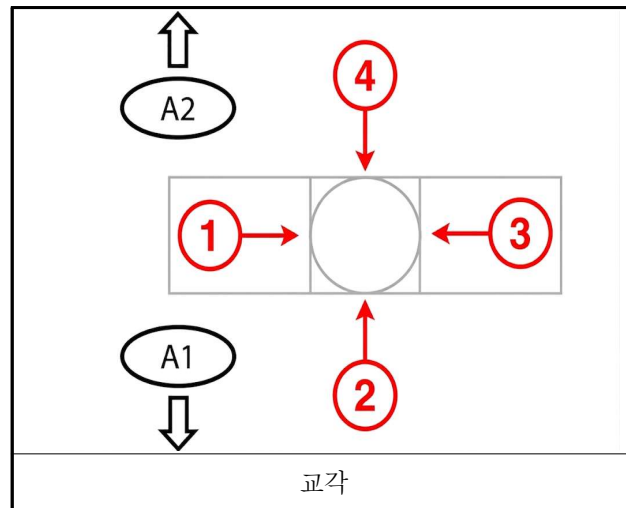
손상현황 • P3 기둥부 도장박락(2.0m×1.5m) 원 인 • 장기공용에 따른 도장열화 조치방안 • 도장보수	손상현황 • P3 코핑부 망상균열(0.4m×1.5m) 원 인 • 건조수축, 거푸집 조기탈거 조치방안 • 표면처리
손상현황 • P4 코핑부 균열 보수실시 원 인 — 조치방안 —	손상현황 • P4 기둥부 도장박락(11.0m×1.2m) 원 인 • 장기공용에 따른 도장열화 조치방안 • 도장보수
손상현황 • P4 기둥부 박락(0.1m×0.1m) 원 인 • 다짐미흡, 외부 충격 조치방안 • 단면보수	손상현황 • P4 기둥부 균열(0.3mm미만) 원 인 • 건조수축, 온도변화 조치방안 • 표면처리

【사진 3.13】 교각 손상현황(계속)

3) 기울음 측정

부등침하 등에 의해 변위가 발생 가능성이 있기는 교각의 경우 기둥의 정·좌·우·배면에서 경사계를 이용하여 기울음을 측정하였다.

(1) 측정 위치도



【그림 3.7】 교각 기울음 측정 위치도

(2) 측정결과

【표 3.15】 교각 기울음 측정 결과

구분	설계 기울기(°)	측정 기울기(°)				비고
		1	2	3	4	
P1	—	-89.8	-89.9	90.0	89.8	
P2	—	90.0	89.8	89.9	-89.9	
P3	—	89.9	89.9	90.0	-89.9	
P4	—	89.9	-89.9	90.0	89.9	

※ 측정위치 : 지면으로부터 1.0m 높이에서 실시

※ 기울음 방향 : (+)는 좌측방향으로 경사발생, (-)는 우측방향으로 경사발생

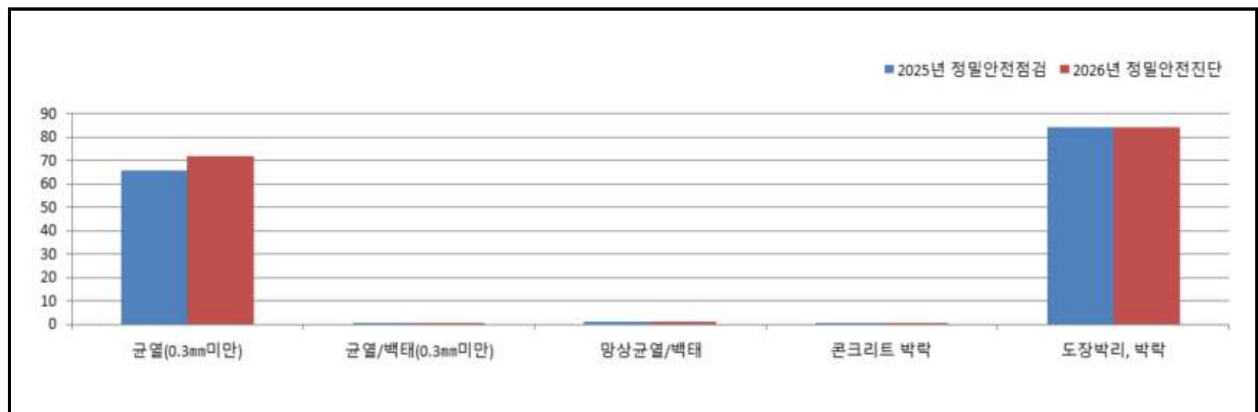
4) 기 점검과의 비교

(1) 손상현황 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만) 등의 손상이 추가로 확인되었으며, 그 외 손상은 변화가 없는 것으로 조사되었다.

【표 3.16】 교각 손상현황 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	65.60	48	72.60	54	▲ 7.00	신규손상
	망상균열/백태	m ²	1.20	2	1.20	2	— —	변동없음
	콘크리트 박락	m ²	0.01	1	0.01	1	— —	변동없음
	도장박리, 박락	m ²	84.15	13	84.15	13	— —	변동없음



【그림 3.8】 교각 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

(2) 기울음 측정 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 0.2° 미만의 경미한 수준의 경사값이 측정되었으며, 기울음에 의한 전도우려는 없는 것으로 판단되며, 이는 측정면의 평탄성 및 측정오차 등을 감안하면, 현재 기울음이 없는 양호한 상태로 판단된다.

【표 3.17】 교각 기울음 기 점검 결과 비교

구분	측정 기울기(°)								비고
	1		2		3		4		
	25년 정밀	26년 진단	25년 정밀	26년 진단	25년 정밀	26년 진단	25년 정밀	26년 진단	
P1	89.5 ~ 90.0	-89.8	89.5 ~ 90.0	-89.9	89.5 ~ 90.0	90.0	89.5 ~ 90.0	89.8	
P2		90.0		89.8		89.9		-89.9	
P3		89.9		89.9		90.0		-89.9	
P4		89.9		-89.9		90.0		89.9	

5) 검토의견

- 교각에서 조사된 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 등으로 인한 손상으로 판단되고, 백태는 표면 수분흡착 등에 의한 손상으로 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아닌 상태이며, 표면처리 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 박락의 경우 다짐미흡, 외부충격 등의 원인에 의한 손상으로 판단되며, 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성 확보 및 손상의 진전을 방지하기 위한 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 도장박리 및 박락 손상은 공용년수 증가로 인한 도장열화로 인한 손상으로 시설물의 미관을 고려한 도장보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 교각에 대한 변위(기울음)측정 결과, 양호한 상태로 측정 및 검토되었다.

바. 기초

1) 부재의 개요

- 계남고가교의 기초는 교대 A1, A2 강관파일기초, 교각 P1~P4 강관파일기초로 시공되어 있으며, 교대 및 교각의 기초는 매립되어 있는 상태로 조사가 불가능한 상태이다.

	
A1 기초 상태현황	A2 기초 상태현황
	
P1 기초 상태현황	P2 기초 상태현황
	
P3 기초 상태현황	P4 기초 상태현황

【사진 3.14】 기초 전경

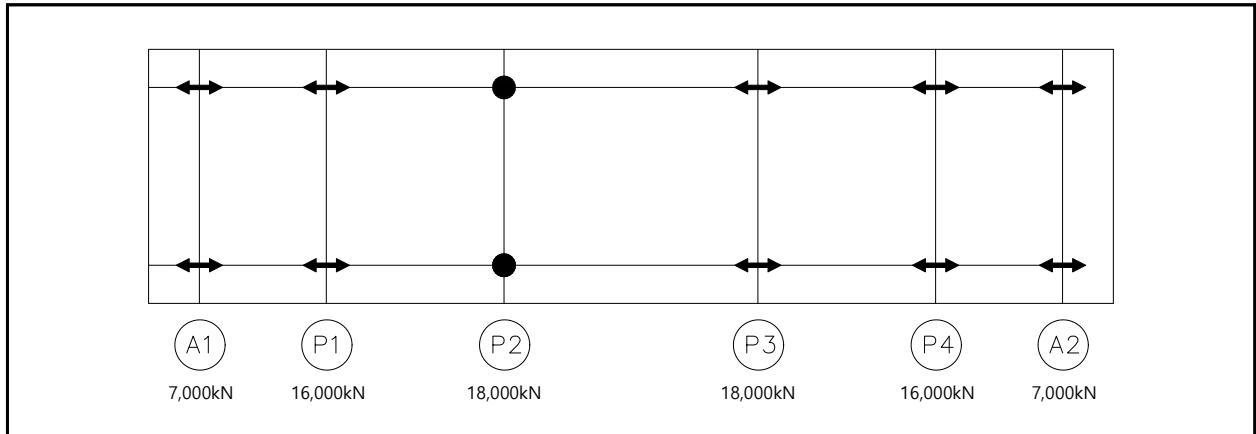
사. 교량받침

1) 부재의 개요

- 공용중 상부구조에서 발생한 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 교량받침은 상·하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.
- 본 교량의 교량받침은 2019년 내진보강을 통해 기존 포트받침을 마찰진자형 지진격리받침(면진받침)으로 교체하였으며, 교대 2기, 교각 각 2기씩 총 12기가 설치되어 있다.
- 교량받침에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.

		
A1-SH1 전경	A1-SH2 전경	A2-SH1 전경
		
A2-SH2 전경	P1-SH1 전경	P1-SH2 전경
		
P2-SH1 전경	P2-SH2 전경	P3-SH1 전경
		
P3-SH2 전경	P4-SH1 전경	P4-SH2 전경

【사진 3.15】 교량받침 전경



【그림 3.9】 교량받침 배치도

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과, 받침몰탈 균열(0.3mm미만), 플레이트 부식 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.18】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열(0.3mm미만) (m/개소)		플레이트 부식 (개소/개소)	
A1	0.80	2	—	—
P1	—	—	—	—
P2	1.10	11	—	—
P3	1.60	16	1.00	1
P4	—	—	—	—
A2	0.50	1	1.00	1
합계	4.00	30	2.00	2

손상현황	• A1-SH1 받침몰탈 균열(0.3mm미만)	손상현황	• A1-SH2 받침몰탈 균열(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 온도변화 등	원 인	• 건조수축, 온도변화 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
손상현황	• P2-SH1 받침몰탈 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P3-SH1 받침몰탈 균열(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 온도변화 등	원 인	• 건조수축, 온도변화 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
손상현황	• P3-SH2 받침몰탈 균열(0.3mm미만)	손상현황	• A2-SH2 플레이트 부식
원 인	• 건조수축, 온도변화 등	원 인	• 공용기간 증가, 열화, 습기흡착
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 도장보수

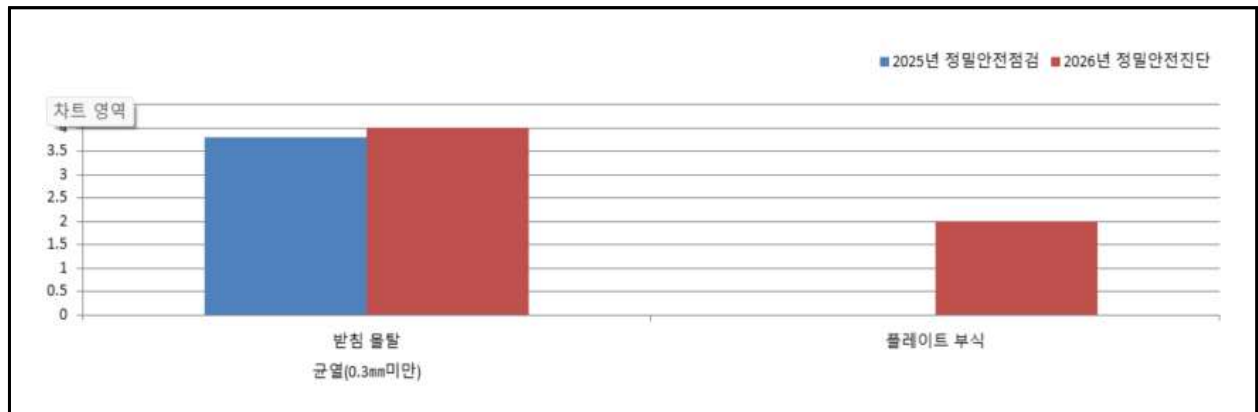
【사진 3.16】 교량받침 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 받침몰탈 균열(0.3mm미만) 손상이 추가로 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 플레이트 부식 손상이 조사되었다.

【표 3.19】 교량받침 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침 몰탈 균열(0.3mm미만)	m	3.80	26	4.00	30	▲ 0.20	신규손상
	플레이트 부식	EA	—	—	2.00	2	▲ 2.00	신규손상



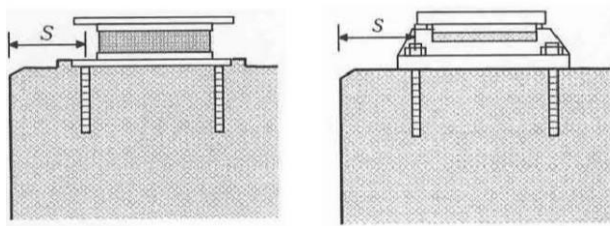
【그림 3.10】 교량받침 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 교량받침에서 조사된 받침몰탈 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축, 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성을 확보하기 위한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 플레이트 부식의 경우 도장미흡, 공용기간 증가, 신축이음 하부 누수로 인한 손상부 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 기능성과 내구성에 영향을 미치는 손상은 아니나 지속적인 우수유입으로 인한 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위하여 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 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(2010, 국토교통부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침

(b) 감재받침

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

【그림 3.11】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정 #1

받침장치 연단거리 측정 #2

【사진 3.17】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이 (L=45.0m) : $200 + 5 \times 45.0 = 425(\text{mm})$
- 거더 경간길이 (L=50.0m) : $200 + 5 \times 50.0 = 450(\text{mm})$
- 거더 경간길이 (L=60.0m) : $200 + 5 \times 60.0 = 500(\text{mm})$

【표 3.20】연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450	350	360	N.G
P1	A1측	450	1,320	1,350	O.K
	A2측	500	1,350	1,350	O.K
P2	A1측	500	1,360	1,370	O.K
	A2측	600	1,350	1,340	O.K
P3	A1측	600	1,360	1,350	O.K
	A2측	500	1,350	1,350	O.K
P4	A1측	500	1,280	1,300	O.K
	A2측	450	1,380	1,400	O.K
A2		450	400	400	N.G

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 교각부는 전 개소에서 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다. 교대부는 전 개소에서 실측 연단거리가 계산 연단거리를 하회하는 것으로 측정되었으나, 연단거리 부족으로 인한 받침부의 손상이나 이상징후는 관찰되지 않은 상태이므로, 시급한 조치보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.

금회 점검에서는 2026년 4월 16일에 신축거동량을 측정하였다.



【사진 3.18】 교량받침 이동량 측정

1) 교량받침 신축거동상태 검토

- ① 설계기준온도($-5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (보통지방))에 따른 여유량 검토
- ② 금회 점검당시 기온은 해당시설물이 위치하고있는 부천에 기지국이 없는 상태로 인근지역인 서울의 기상청자료를 참고하여 검토하였다.

【표 3.21】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 ($\Delta T, ^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	23.7	16.3	0.00001	95.0	22.5	15.5	
P1	23.7	16.3	0.00001	50.0	11.9	8.2	
P2	고정단						
P3	23.7	16.3	0.00001	60.0	14.2	9.8	
P4	23.7	16.3	0.00001	110.0	26.1	17.9	
A2	23.7	16.3	0.00001	155.0	36.7	25.3	
1) 조사당시 온도 : 18.7°C (조사일 : 2026년 04월 16일, 평균온도, 서울)							
2) 검토온도 : $-5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (보통지방)							

【표 3.22】 교량반침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량 (mm)	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
A1	SH1	0	80	80	22.5	15.5	±80	O.K	O.K
	SH2	0	80	80	22.5	15.5	±80	O.K	O.K
P1	SH1	0	80	80	11.9	8.2	±80	O.K	O.K
	SH2	0	80	80	11.9	8.2	±80	O.K	O.K
P2		고정단							
P3	SH1	+1	81	79	14.2	9.8	±80	O.K	O.K
	SH2	+1	81	79	14.2	9.8	±80	O.K	O.K
P4	SH1	+5	85	75	26.1	17.9	±80	O.K	O.K
	SH2	+5	85	75	26.1	17.9	±80	O.K	O.K
A2	SH1	0	80	80	36.7	25.3	±80	O.K	O.K
	SH2	0	80	80	36.7	25.3	±80	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

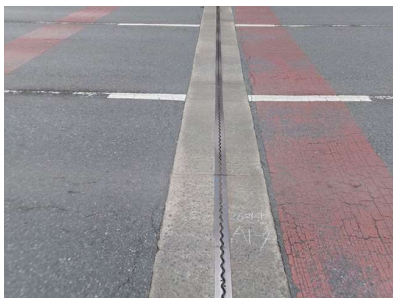
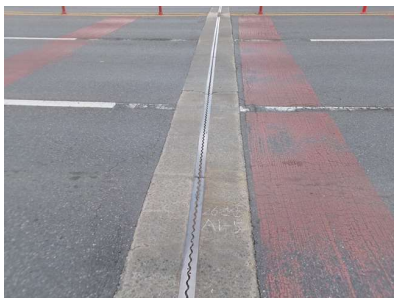
③ 교량반침 이동량 검토의견

- 금회 점검의 계산여유량과 측정여유량의 비교 · 검토결과, 신축거동에 따른 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었다.

아. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 신장과 수축, 건조수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위, 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 비산물이 교량 하부구조로 유입되는 것을 방지하는 기능을 수행하는 중요한 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 본선(A1, A2) New Finger Joint, 접속도로 구간(A1 No.1~No.5) New monocell Joint로 총 7개소가 시공되어 있다.
- 신축이음장치에 대한 현장조사는 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.

			
A1		A2	
			
A1 접속도로 No.1	A1 접속도로 No.2	A1 접속도로 No.3	
		-	
A1 접속도로 No.4	A1 접속도로 No.5	-	

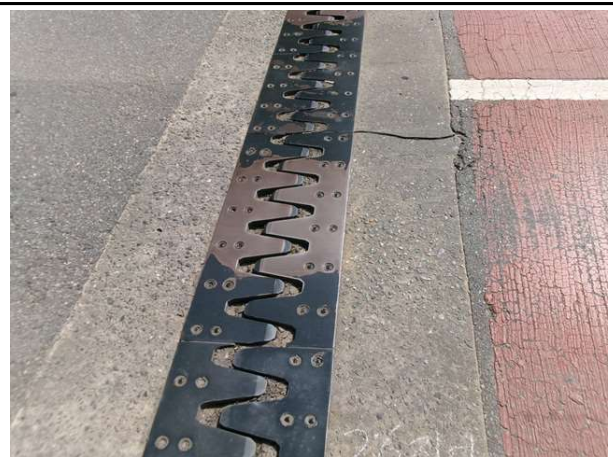
【사진 3.19】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음장치에 대한 현장조사 결과, 후타재 균열(폭 0.3mm), 망상균열, 후타재 마모 및 파손, 유간 토사퇴적 등의 손상이 조사되었다.

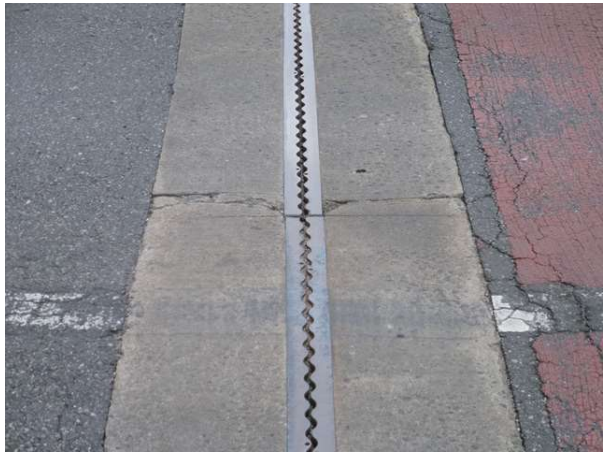
【표 3.23】 신축이음장치 현장조사 결과

구분		후타재 균열 (0.3mm미만) (m/개소)		후타재 망상균열 (㎡/개소)		후타재 마모 (㎡/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		유간 토사퇴적 (m/개소)	
본선	A1	2.40	6	—	—	12.00	3	—	—	2.00	1
	A2	8.80	22	—	—	—	—	—	—	22.00	2
접속도로	시점측	2.80	7	31.50	2	11.85	1	1.21	5	22.50	1
합계		14.00	35	31.50	2	23.85	4	1.21	5	46.50	4



손상현황	• A1 신축이음 연석부 현황 - 양호		손상현황	• A1 후타재 균열(0.3mm미만)	
원 인	—		원 인	• 건조수축, 온도변화	
조치방안	—		조치방안	• 표면보수	

【사진 3.20】 신축이음장치 손상현황

			
손상현황	• A1 후타재 마모 (0.4m×7.5m)	손상현황	• A2 후타재 균열 (0.3mm미만)
원 인	• 단부 마감미흡 등	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• A1 유간 토사퇴적	손상현황	• A1-J1-1 망상균열 (0.7m×22.5m)
원 인	• 공용 중 비산물 퇴적 등	원 인	• 건조수축, 공용기간 증가
조치방안	• 정비	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• A1-J1-3 망상균열 (0.5m×1.0m)	손상현황	• A1-J1-5 파손 (0.1m×0.2m)
원 인	• 마감미흡, 주행차량 충격 등	원 인	• 마감미흡, 주행차량 충격 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

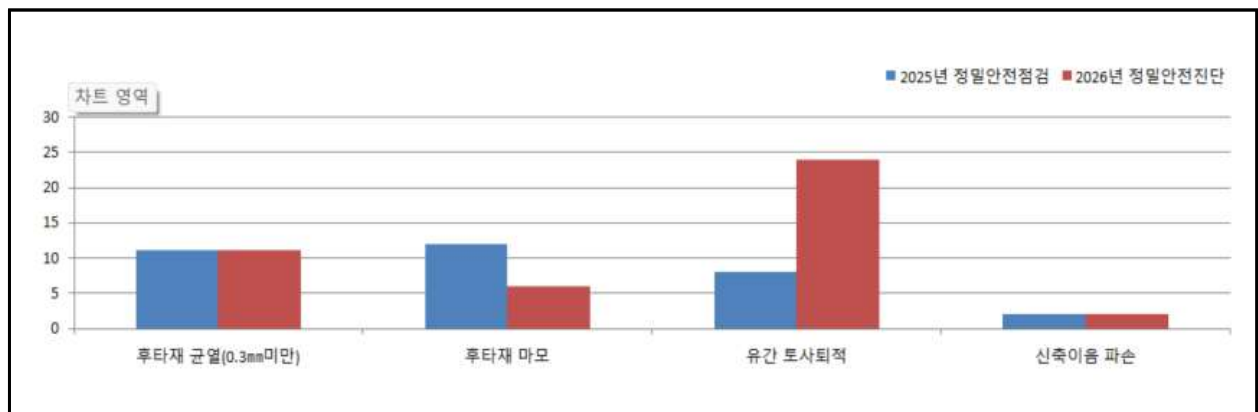
【사진 3.20】 신축이음장치 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 후타재 균열(0.3mm미만), 후타재 파손 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 고무재 갈라짐, 후타재 파손 등의 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.24】 신축이음장치 기 점검 결과 비교

구분		손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
				물량	개소	물량	개소		
신축 이음	본선 구간	후타재 균열 (0.3㎜미만)	m	11.20	28	11.20	28	－ －	변동없음
		후타재 마모	㎡	12.00	4	6.00	2	▼ 6.00	보수실시
		유간 토사퇴적	m	8.00	3	24.00	3	▲ 16.00	손상증가
		신축이음 파손	개소	2.00	2	－	－	▼ 2.00	손상삭제
	옹벽 구간	후타재 균열 (0.3㎜미만)	m	2.80	7	2.80	7	－ －	변동없음
		후타재 망상균열	㎡	47.25	3	31.50	2	▼ 15.75	망상균열 → 마모
		후타재 파손	㎡	1.24	6	1.21	5	▼ 0.03	보수실시
		후타재 마모	㎡	2.40	1	17.85	2	▲ 15.45	손상증가
		유간 토사퇴적	m	22.50	1	22.50	1	－ －	변동없음



【그림 3.12】 신축이음장치 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 신축이음에서 조사된 후타재 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축, 온도변화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 차량의 원활한 주행을 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 후타재 파손의 경우 손상부 우수유입 및 동결융해, 차량 반복통행 운하중 및 충격 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 부재의 기능성 및 차량의 안전성에 영향을 미치므로 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 연석구간의 본체 파손의 경우 기 점검에서 조사된 손상이나, 구조상 본체가 시공되지 않는 구간인 것으로 확인되었다. 따라서 금회 점검에서 본 손상은 양호한 것으로 수정하였다.
- 조사된 유간토사퇴적의 경우 공용기간 증가, 비산물 퇴적 등에 의한 손상으로 판단되며, 신축이음장치의 원활한 기능성 및 신축유간을 확보하기 위하여 정비 등의 보수조치가 필요할 것으로 사료된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

신축이음장치는 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.

금회 점검에서는 2026년 04월 16일에 신축거동량을 측정하였다.



【사진 3.21】 신축이음장치 유간 측정

1) 신축이음장치 신축거동상태 검토

- ① 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토
- ② 금회 점검당시 기온은 해당시설물이 시공되어있는 부천에 기지국이 없는 상태로 인근지역인 서울의 기상청자료를 참고하여 검토하였다.

【표 3.25】 신축이음장치 신축이동량(설계기준 온도) 산정

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 : 2026. 04. 16. 기온 적용: 18.7°C(일평균) ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - 18.7^{\circ}\text{C} = 16.3^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-5.0^{\circ}\text{C} - (18.7^{\circ}\text{C}) = 23.7^{\circ}\text{C}$ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위($^{\circ}\text{C}$) <table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팡창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)</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	선팡창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)	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	선팡창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)																	
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}																	

【표 3.26】 신축이음장치 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팡창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기		
A1	23.7	16.3	0.00001	95.0	22.5	15.5	—	
A2	23.7	16.3	0.00001	155.0	36.7	25.3	—	
1) 조사당시 온도 : 18.7°C (조사일 : 2026년 04월 16일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : $-5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (보통지방)								

【표 3.27】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (mm) ③	허용량 (mm) ④	신축 여유량(mm)		수축 검토 결과	신장 검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)		
A1	신축이음	22.5	15.5	65	160	72.5	49.5	OK	OK
	바닥판	22.5	15.5	155	—	—	139.5	—	OK
	거더	22.5	15.5	170	—	—	154.5	—	OK
A2	신축이음	36.7	25.3	40	160	83.3	14.7	OK	OK
	바닥판	36.7	25.3	80	—	—	54.7	—	OK
	거더	36.7	25.3	95	—	—	69.7	—	OK
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$									

③ 신축거동상태 검토의견

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

자. 교면포장

1) 부재의 개요

- 계남고가교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 전구간 아스콘 포장으로 되어있다.
- 교면포장에 대한 현장조사는 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.22】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

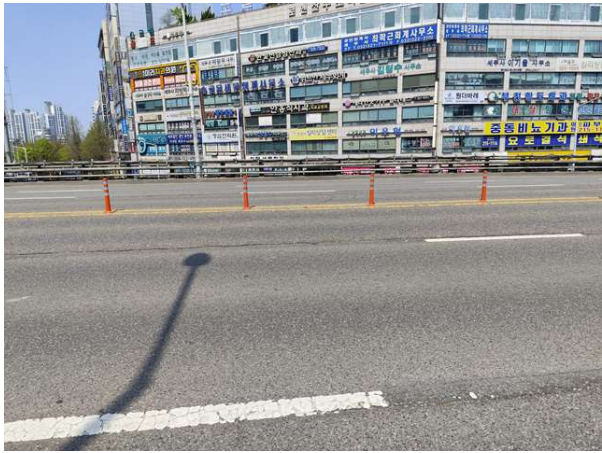
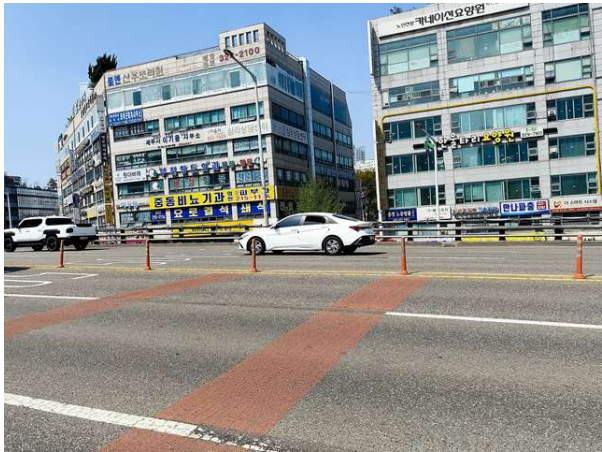
- 교면포장에 대한 현장조사 결과, 아스콘 균열 및 망상균열, 아스콘 열화, 포트홀, 아스콘 소성변형, 패임, 파손 등의 손상이 발생하였다.

【표 3.28】 교면포장 현장조사 결과

구분		아스콘 균열 (m/개소)		아스콘 망상균열 (m/개소)		아스콘 열화 (m/개소)		포트홀 (m/개소)		아스콘 소성변형 (m/개소)		아스콘 패임, 파손 (m/개소)	
본선	S1	8.00	2	88.50	7	135.0	1	—	—	—	—	51.00	3
	S2	51.80	2	61.50	7	150.0	1	—	—	—	—	59.00	3
	S3	84.30	13	105.25	7	180.0	1	2.40	1	—	—	42.20	2
	S4	11.90	7	80.00	12	150.0	1	0.01	1	—	—	—	—
	S5	5.70	3	94.94	9	135.0	1	0.04	1	—	—	42.70	4
접속도로 (옹벽)		277.1	52	146.70	16	—	—	—	—	46.50	2	1.50	14
합계		438.8	79	576.89	58	750.0	5	2.45	3	46.50	2	196.4	26

			
손상현황	• S1 아스콘 망상균열(3.0m×5.0m)	손상현황	• S1 아스콘 포장열화(0.5m×35.0m)
원 인	• 장기공용에 따른 노후화	원 인	• 장기공용에 따른 노후화
조치방안	• 재포장	조치방안	• 재포장

【사진 3.23】 교면포장 손상현황

			
손상현황	• S2 아스콘 망상균열(2.5m×7.0m)	손상현황	• S2 아스콘 균열(L=7.0m)
원 인	• 장기공용에 따른 노후화	원 인	• 장기공용에 따른 노후화, 온도변화
조치방안	• 재포장	조치방안	• 재포장
			
손상현황	• S5 포트홀(0.2m×0.2m)	손상현황	• S4 아스콘 표면열화(50.0m×3.0m)
원 인	• 손상부 우수유입, 재료열화	원 인	• 장기공용에 따른 노후화, 온도변화
조치방안	• 재포장	조치방안	• 재포장
			
손상현황	• 접속용벽구간 소성변형(1.5m×20.0m)	손상현황	• 차선규제봉 파손 보수실시
원 인	• 장기공용에 따른 노후화, 차량하중	원 인	—
조치방안	• 재포장	조치방안	—

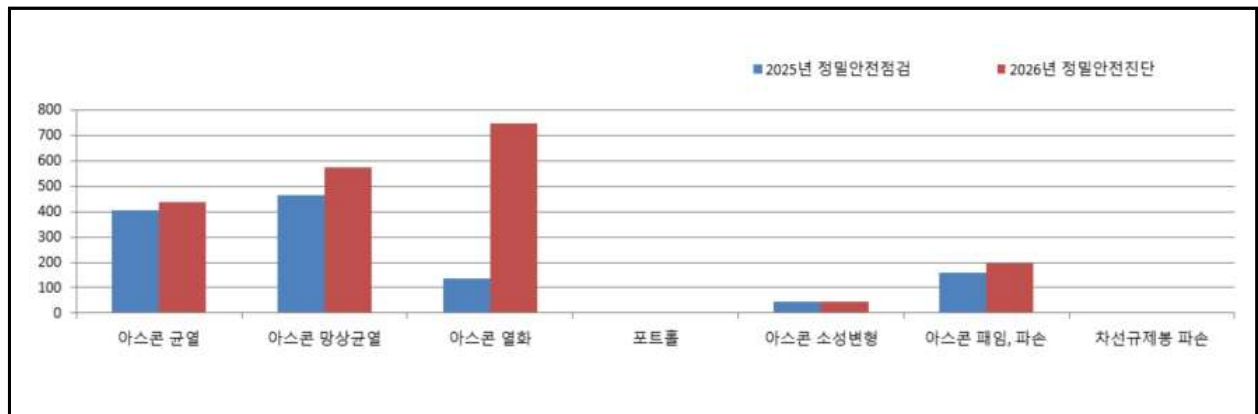
【사진 3.23】 교면포장 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 아스콘 균열 및 망상균열, 아스콘 열화, 패임 및 파손 등의 손상은 추가로 확인되었으며, 금회 점검에서 포트홀 손상의 일부 보수와 차선규제봉 보수가 실시된 것으로 조사되었다.

【표 3.29】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	아스콘 균열	m	405.30	68	438.80	79	▲ 33.50	신규손상
	아스콘 망상균열	m ²	466.39	43	576.89	58	▲ 110.50	신규손상
	아스콘 열화	m ²	135.00	1	750.00	5	▲ 615.00	신규손상
	포트홀	m ²	3.33	10	2.45	3	▼ 0.88	보수실시
	아스콘 소성변형	m ²	46.50	2	46.50	2	— —	변동없음
	아스콘 패임, 파손	m ²	157.00	7	196.40	26	▲ 39.40	신규손상
	차선규제봉 파손	EA	3.00	3	—	—	▼ 3.00	보수실시



【그림 3.13】 교면포장 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 교면포장에서 조사된 아스콘 균열, 망상균열 손상은 공용년수 증가로 인한 재료의 노후화, 차량의 반복하중, 온도변화에 의한 신축작용 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 기 손상의 진전으로 포트홀, 패임, 파손, 소성변형 등의 손상이 추가로 확인되었다. 현재 포장은 2012년 채포장 실시이후 약 14년을 공용중인 것으로 확인되었으며, 주행차량의 안전성 및 사용성 확보를 위하여 관리주체의 보수계획에 의거한 전면 채포장이 필요한 것으로 사료된다.

차. 배수시설

1) 부재의 개요

- 계남고가교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 양방향 갓길측에 총 24개의 배수구가 설치되어 바닥판하면에 설치된 배수관로로 배수되는 형식으로 시공되어 있다.
- 배수시설에 대한 현장조사는 점검차 및 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.



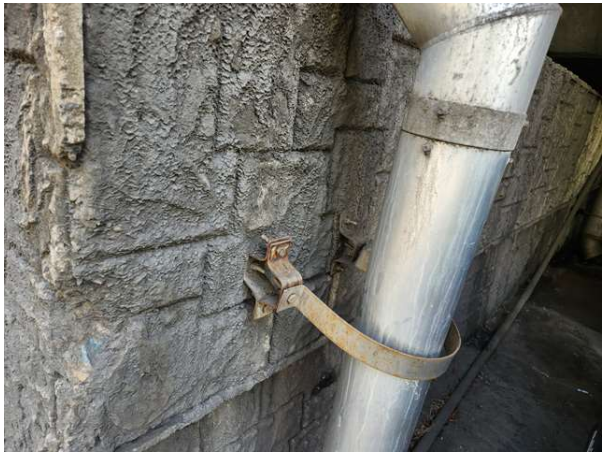
【사진 3.24】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관은 배수관 파손 및 탈락, 고정장치 탈락 등의 손상이 발생하였으며, 배수구는 공용년수가 증가함에 따라 비산물 퇴적으로 인해 막힘이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.30】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관 파손 (개소/개소)		배수관 탈락 (개소/개소)		배수관 고정장치 탈락 (개소/개소)		배수구 막힘 (개소/개소)	
S1	1.00	1	—	—	—	—	4.00	4
S2	—	—	2.00	2	—	—	4.00	4
S3	—	—	—	—	—	—	6.00	6
S4	—	—	—	—	—	—	4.00	4
S5	3.00	3	—	—	2.00	2	6.00	6
합계	4.00	4	2.00	2	2.00	2	24.00	24

			
손상현황	• S1 배수구 막힘	손상현황	• S2 배수구 막힘
원 인	• 공용 중 비산물 퇴적	원 인	• 공용 중 비산물 퇴적
조치방안	• 정비	조치방안	• 정비
			
손상현황	• S5 배수구 막힘	손상현황	• S2 배수관 탈락
원 인	• 공용 중 비산물 퇴적	원 인	• 시공미흡, 외부충격 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• S5 배수관 파손	손상현황	• A2 배수관 고정장치 탈락(2EA)
원 인	• 시공미흡, 외부충격 등	원 인	• 설치미흡
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 재설치

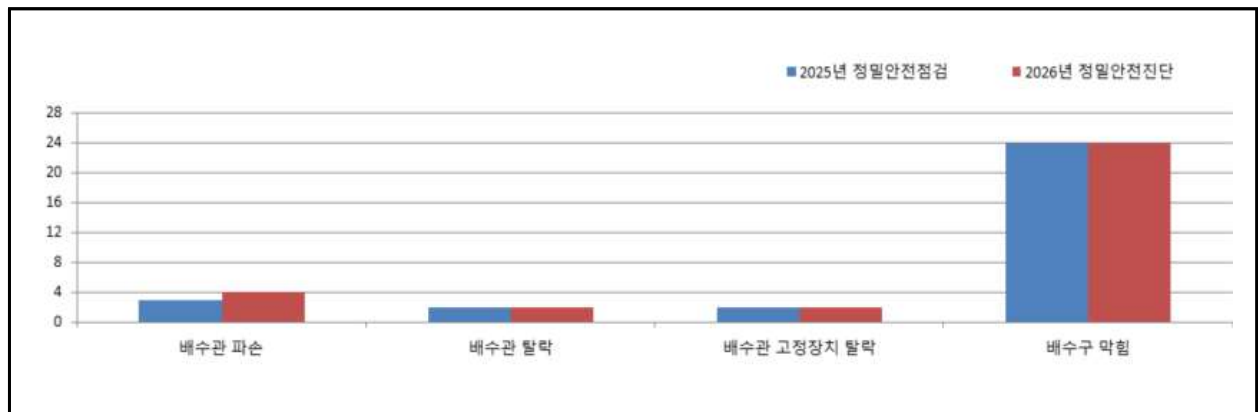
【사진 3.25】 배수시설 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 배수관 파손이 추가로 확인되었으며, 그 외 손상의 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 3.31】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수관 파손	EA	3.00	3	4.00	4	▲ 1.00	신규손상
	배수관 탈락	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	배수관 고정장치 탈락	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	배수구 막힘	EA	24.00	24	24.00	24	— —	변동없음



【그림 3.14】 배수시설 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 배수구에 발생한 막힘 손상은 공용 중 비산물의 퇴적으로 발생한 손상으로 강우시 원활한 배수를 위하여 주기적인 청소 등의 유지관리가 필요한 상태이다.
- 배수관에 발생한 파손, 탈락 손상은 거더 내부에 위치한 유도배수관으로 현재 사용중이지 않은 것으로 확인되었으며, 향후 재사용 예정이 없는 것으로 확인된 바, 현 상태를 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- 강우시 조사 배수관의 누수현황 점검 결과, 배수관 이음부 누수는 없는 것으로 조사되었다.

카. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 양측면 하단에 콘크리트 연석이 난간 지주와 결합 시공되어 있다.
- 난간 및 연석에 대한 현장조사는 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.26】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 연석부에 발생한 손상으로는 균열(0.3mm미만, 이상), 백태, 박리 및 파손, 열화, 재료분리가 확인되었으며, 난간부는 국부 변형, 지주부 볼트이완, 교명주 이탈 등의 손상이 확인되었다.

【표 3.32】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분		균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		균열/백태(0.3mm미만) (m/개소)		박리, 파손, 열화 (㎡/개소)	
본선	S1	5.00	4	—	—	—	—	—	—
	S2	7.00	3	—	—	2.50	1	—	—
	S3	25.60	6	—	—	—	—	0.14	1
	S4	3.00	2	—	—	—	—	—	—
	S5	11.30	6	—	—	—	—	—	—
접속도로 (옹벽)	A1	7.10	11	—	—	—	—	4.41	12
	A2	8.20	12	0.70	1	—	—	0.75	4
합계		67.20	44	0.70	1	2.50	1	5.30	17

【표 3.32】 난간 및 연석 현장조사 결과(계속)

구분		연석 재료분리 (㎡/개소)		난간 변형 (m/개소)		난간지주 볼트이완 (개소/개소)		교명주 이탈 (개소/개소)	
본선	S1	—	—	2.00	1	—	—	—	—
	S2	—	—	—	—	—	—	—	—
	S3	0.44	1	—	—	—	—	—	—
	S4	—	—	—	—	—	—	—	—
	S5	—	—	—	—	—	—	—	—
접속도로 (옹벽)	A1	—	—	—	—	—	—	1.00	1
	A2	—	—	—	—	2.00	2	—	—
합계		0.44	1	2.00	1	2.00	2	1.00	1

			
손상현황	• S1 연석 균열(0.3mm미만)	손상현황	• S2 연석 균열(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• S2 연석 균열, 백태(0.3mm미만)	손상현황	• S3 연석 재료분리(0.2m×2.2m)
원 인	• 건조수축, 온도변화, 수분침투	원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 3.27】 난간 및 연석 손상현황

			
손상현황	• A1 접속용벽 난간 변형	손상현황	• A1 접속용벽 연석 박락(0.7m×1.0m)
원 인	• 외부충격	원 인	• 시공미흡, 부착력 저하
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• A1 접속용벽 연석 박락(0.3m×1.0m)	손상현황	• A1 접속용벽 난간 지주부 볼트이완
원 인	• 외부충격 등	원 인	• 설치미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• A2 접속용벽 연석 파손(0.5m×0.5m)	손상현황	• A1 접속용벽 교명주 전도
원 인	• 외부충격 등	원 인	• 외부충격
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰

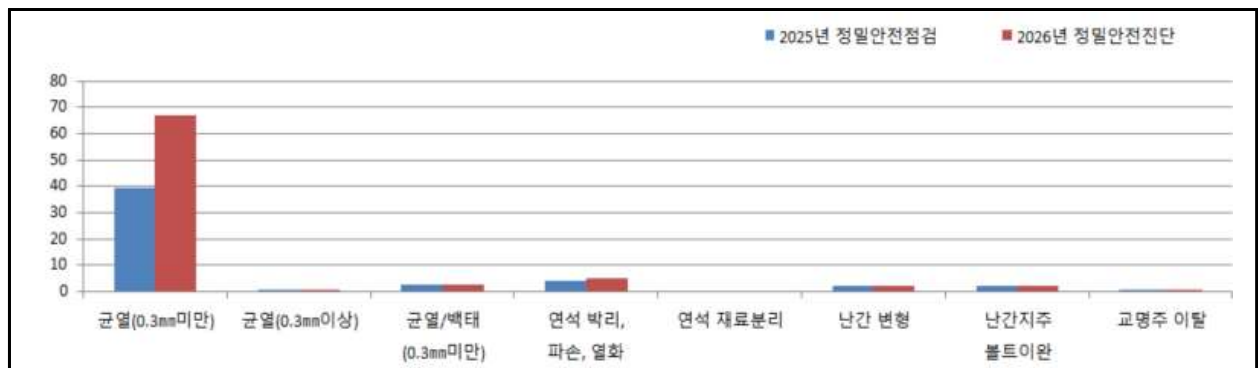
【사진 3.27】 난간 및 연석 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열(폭0.3mm미만), 연석 박리, 파손 등의 손상이 확인되었으며, 그 외 손상은 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 3.33】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	39.60	33	67.20	44	▲ 27.60	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	0.70	1	0.70	1	— —	변동없음
	균열/백태(0.3mm미만)	m	2.50	1	2.50	1	— —	변동없음
	연석 박리, 파손, 열화	m ²	4.11	11	5.30	17	▲ 1.19	신규손상
	연석 재료분리	m ²	0.44	1	0.44	1	— —	변동없음
	난간 변형	m	2.00	1	2.00	1	— —	변동없음
	난간지주 볼트이완	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	교명주 이탈	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음



【그림 3.15】 난간 및 연석 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 난간 및 연석에서 조사된 접속부 보수부 박리의 경우 시공미흡, 외부충격, 제설제 살포 등으로 인한 손상으로 판단되며, 시설물의 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니며, 부재의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 방음판 고정불량, 변형, 탈락의 경우 시공미흡 등으로 인한 손상으로 판단되며, 주택가의 차량 통행 소음 피해를 최소화하기 위한 재설치 등의 조치가 필요하다.

타. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 계남고가교의 점검통로는 교량 하부에서 사다리를 이용하여 출입가능하며, P1~4지점에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 4면에 일체형으로 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 현장조사는 도로로 근접조사를 실시하였다.



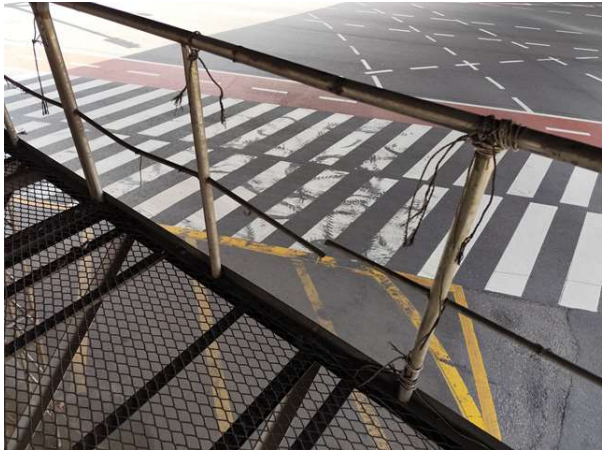
【사진 3.28】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교량 점검시설에 대한 현장조사 결과, 난간 파손 및 용접불량 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.34】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	난간 용접불량, 파손 (m/개소)	
P1	—	—
P2	—	—
P3	22.00	2
P4	—	—
합계	22.00	2

			
손상현황	• P3 점검로 난간 파손	손상현황	• P3 점검로 난간 용접불량
원 인	• 외부 충격 등	원 인	• 설치미흡
조치방안	• 정비	조치방안	• 정비

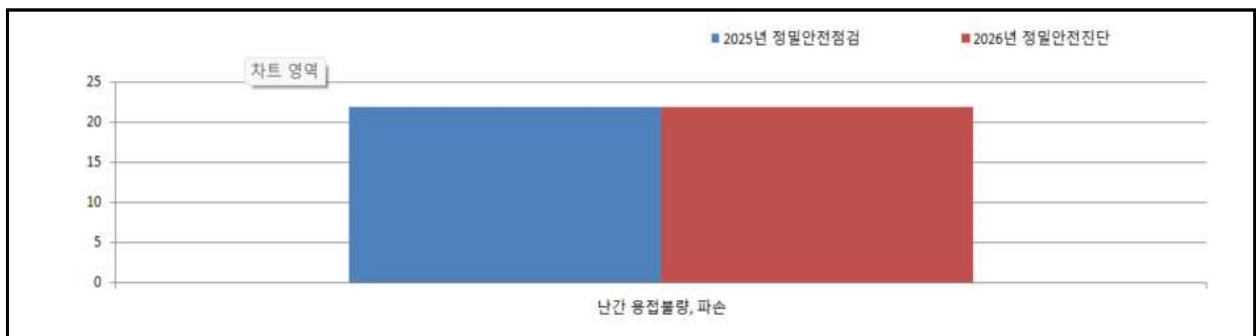
【사진 3.29】교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 난간 용접불량, 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 3.35】교량 점검시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 점검시설	난간 용접불량, 파손	m	22.00	2	22.00	2	- -	변동없음



【그림 3.16】교량 점검시설 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 교량 점검시설에서 조사된 점검로 난간 파손, 용접불량 손상은 난간 설치시 작업자의 설치미흡과 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 작업자의 원활한 통행을 위한 조치가 필요하다.

파. 접속옹벽

1) 부재의 개요

- 계남고가교의 시·중점부에는 접속옹벽이 설치되어 있으며, 시점부는 4륜 BOX구조물이, 중점부 토공의 접속옹벽으로 시공되어 있다. 시점부 접속옹벽구간 BOX구조물 하부에는 계남고가교와 간섭되는 지장물인 대형 하수박스가 통과하고 있으며, 접속옹벽 측벽부에 점검을 위한 출입구가 설치되어 공용중에 있다.
- 접속옹벽에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.30】 접속옹벽 전경

1) 접속옹벽 외부

(1) 현장조사 결과

- 접속옹벽 외부에 대한 현장조사 결과, 균열(폭0.3mm미만, 이상), 균열/백태(폭0.3mm미만, 이상), 박리 및 박락, 철근노출, 조인트부 이격, 실란트 미설치 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.36】접속옹벽 외부 현장조사 결과

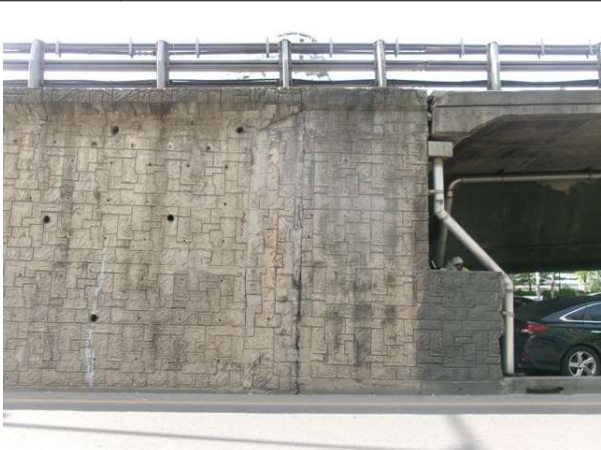
구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		균열/백태(0.3mm미만) (m/개소)		균열/백태(0.3mm이상) (m/개소)	
시점측	1.50	1	1.80	1	3.00	1	12.00	1
종점측	8.10	4	8.40	6	—	—	—	—
합계	9.60	5	10.20	7	3.00	1	12.00	1

【표 3.36】접속옹벽 외부 현장조사 결과(계속)

구분	박리, 박락 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		이격, 실란트 미설치 (m/개소)	
시점측	1.62	9	1.18	8	36.00	11
종점측	0.86	2	0.72	5	25.50	8
합계	2.48	11	1.90	13	61.50	19

			
손상현황	• A1 시점부 옹벽 균열(0.3mm이상)	손상현황	• A1 시점부 옹벽 균열/백태(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 온도변화 등	원 인	• 건조수축, 온도변화, 수분침투 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 3.31】접속옹벽 외부 손상현황

			
손상현황	• A1 시점부 옹벽 박락(0.4m×0.4m)	손상현황	• A1 시점부 옹벽 실란트 미설치
원 인	• 철근부식(팽창압), 공용년수 증가 등	원 인	• 설치누락 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 재설치
			
손상현황	• A1 시점부 옹벽 박리(0.2m×0.3m)	손상현황	• A2 종점부 옹벽 균열(0.3mm이상)
원 인	• 공용년수 증가, 우수유입 등	원 인	• 건조수축, 온도변화 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 종점부 옹벽 조인트부 이격	손상현황	• A2 종점부 옹벽 박락(0.2m×0.7m)
원 인	• 온도변화, 신축거동 등	원 인	• 철근부식(팽창압), 공용년수 증가 등
조치방안	• 실란트 시공	조치방안	• 단면보수

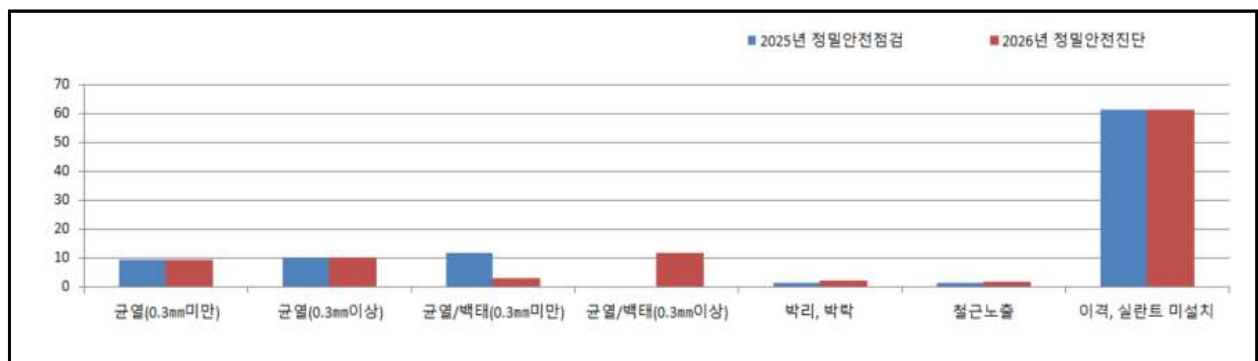
【사진 3.31】 접속옹벽 외부 손상현황(계속)

(2) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열/백태(폭0.3mm미만) 손상의 진전이 확인되었으며, 웅벽부 박리, 박락, 철근노출 등의 손상이 신규로 확인되었다. 그 외 손상은 추가 및 진전은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.37】 접속옹벽 외부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
접속옹벽 외부	균열(0.3mm미만)	m	9.60	5	9.60	5	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	10.20	7	10.20	7	— —	변동없음
	균열/백태(0.3mm미만)	m	12.00	1	3.00	1	▼ 9.00	손상진전 신규손상
	균열/백태(0.3mm이상)	m	—	—	12.00	1	▲ 12.00	손상진전
	박리, 박락	m ²	1.68	10	2.48	11	▲ 0.80	신규손상
	철근노출	m ²	1.70	11	1.90	13	▲ 0.20	신규손상
	이격, 실란트 미설치	m	61.50	19	61.50	19	— —	변동없음



【그림 3.17】 접속옹벽 외부 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

(3) 검토의견

- 접속옹벽 외부에서 조사된 균열(폭 0.3mm미만), 균열/백태의 경우 초기 건조수축, 표면 수분 흡착, 공용년수 증가 등의 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 확보차원의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 박리 및 박락, 철근노출의 경우 시공시 다짐미흡, 우수유입으로 인한 철근부식(팽창압) 등에 의하여 발생한 손상으로 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성 확보차원의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요하다.
- 조사된 조인트부 이격, 실란트 미설치 손상의 경우 시설물의 온도변화에 의한 신축거동에 의해 발생한 손상으로 강우시 우수가 유입되어 성토재의 유실을 유발시킬수 있으므로 유입차단을 위한 마감처리가 필요한 것으로 판단된다.

2) 접속옹벽 내부

(1) 현장조사 결과

- 접속옹벽 내부에 대한 현장조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열, 백태, 재료분리, 철근노출, Joint부 누수, 거푸집 미제거, 폐콘크리트 적치, 출입문 부식 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.38】 접속옹벽 내부 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (0.3mm미만) (m ² /개소)		백태 (m ² /개소)		재료분리 (m ² /개소)		철근노출 (m ² /개소)	
A1 BOX1	79.80	46	14.00	1	1.19	6	7.77	7	0.14	3
A1 BOX2	41.70	20	2.65	1	0.25	1	1.70	5	1.96	4
A1 BOX3	25.20	16	0.14	1	—	—	2.46	6	0.08	1
A1 BOX4	28.20	16	—	—	—	—	1.30	2	—	—
합계	174.90	98	16.79	3	1.44	7	13.23	20	2.18	8

【표 3.38】 접속옹벽 내부 현장조사 결과(계속)

구분	Joint부 누수, 백태 (m/개소)		거푸집 미제거 (개소/개소)		폐콘크리트 적치 (개소/개소)		출입문 부식 (개소/개소)	
A1 BOX1	30.10	5	8.94	6	—	—	1.00	1
A1 BOX2	28.60	4	1.60	1	—	—	—	—
A1 BOX3	45.00	5	—	—	—	—	—	—
A1 BOX4	42.00	5	1.00	1	1.00	1	—	—
합계	145.70	19	11.94	8	1.00	1	1.00	1

			
손상현황	• 1련 측벽부 균열(0.3mm미만)	손상현황	• 4련 측벽 철근노출(0.4m×0.2m)
원 인	• 건조수축, 우수유입 등	원 인	• 시공미흡, 피복두께 부족 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• 3련 측벽 망상균열(0.2m×0.7m)	손상현황	• 4련 상면 재료분리(1.0m×1.0m)
원 인	• 다짐미흡, 온도변화 등	원 인	• 다짐미흡, 온도변화 등
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• 1련 측벽부 조인트부 누수	손상현황	• 1련 출입문 부식
원 인	• 우수유입 등	원 인	• 인위적 탈거
조치방안	• 유도배수시설 설치	조치방안	• 주의관찰

【사진 3.32】 접속옹벽 내부 손상현황

			
손상현황	• 1면 상면 거푸집 미제거	손상현황	• 4면 하면 폐콘크리트 적치
원 인	• 시공 후 정리미흡 등	원 인	• 시공 후 정리미흡 등
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

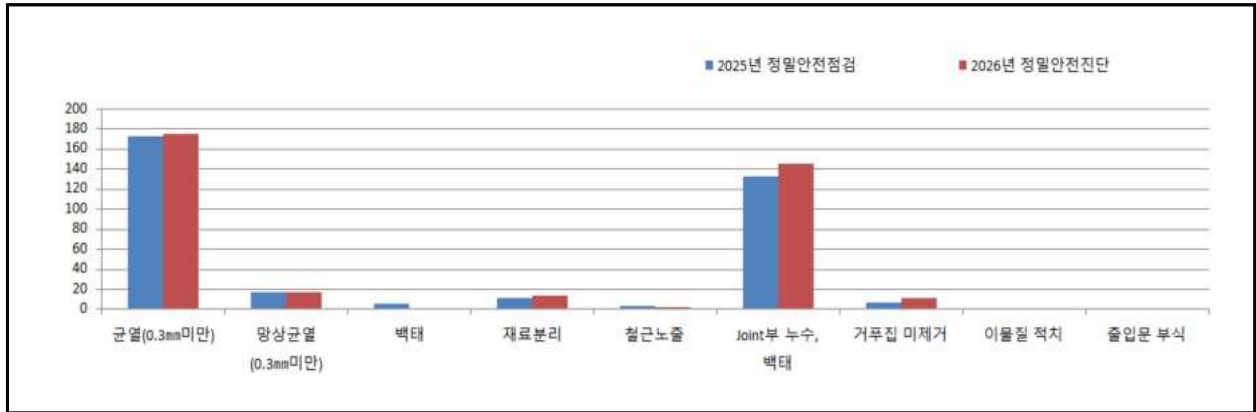
【사진 3.32】 접속옹벽 내부 손상현황(계속)

(2) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 접속계단 부식, 설명판 망실, 상수관 지지대 파손, 상수관 덮개 파손 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 자물쇠 걸고리 파손, 교각표지판 탈락, 상수관 지지대 부식, 통신관 파손, 통신관 지지대 부식 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 통신관 파손 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.39】 접속옹벽 내부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
접속옹벽 내부	균열(0.3mm미만)	m	172.70	97	174.90	98	▲ 2.20	신규손상
	망상균열(0.3mm미만)	m ²	16.79	3	16.79	3	— —	변동없음
	백태	m ²	5.60	6	1.44	7	▼ 4.16	표기오류
	재료분리	m ²	11.93	18	13.23	20	▲ 1.30	신규손상
	철근노출	m ²	2.98	8	2.18	8	▼ 0.80	표기오류
	Joint부 누수, 백태	m	132.40	16	145.70	19	▲ 13.30	신규손상
	거푸집 미제거	EA	7.00	7	11.94	8	▲ 4.94	신규손상
	이물질 적치	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	출입문 부식	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음



【그림 3.18】 접속옹벽 내부 설 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

(3) 검토의견

- 접속옹벽 내부에서 조사된 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열, 백태의 경우 초기 건조수축, 표면 수분흡착, 거푸집 조기탈거 등의 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 확보차원의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 재료분리, 철근노출의 경우 시공시 다짐미흡, 피복두께 부족 등에 의하여 발생한 손상으로 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성 확보차원의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요하다.
- 조사된 조인트부 누수 손상의 경우 강우시 상부 조인트부를 통해 우수가 유입되어 발생한 손상으로 현재 누수로 인한 손상은 적으나, 구조물 내부로의 유입을 방지할 유도배수시설 설치 필요한 것으로 판단된다.
- 조사된 거푸집 미제거 및 폐콘크리트 퇴적의 경우 시공이후 마감, 정리미흡에 따른 손상으로 시설물에 미치는 영향이 적으므로 손상발생 여부에 대한 주의관찰을 실시한다.

하. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 난간 및 연석, 교량 점검시설”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.

거. 교량의 공중이용시설 유해·위험요인(10대) 위험요소 점검결과

1) 개요

- 공중이용시설의 중대시민재해 유발 가능성이 높은 유해·위험요소를 선정하여 집중관리 함으로써 국민의 안전을 도모한다.

【표 3.40】 공중이용시설 10대 위험요소

구분	유해·위험요인	비고
낙하물	① 교각 코핑 콘크리트 탈락 ② 중분대 하면 콘크리트 낙하 ③ 배수관 낙하사고 ④ 고드름 낙하사고	
화재	⑤ 주유소 및 충전소 화재사고	
교량접속부 파손	⑥ 신축이음장치 솟음(Blow-up)	
포장불량	⑦ 교면포장 부분보수부 파손	
배수시설 기능저하	⑧ 교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	
사면붕괴	⑨ 절토사면·옹벽 표면 손상	
콘크리트 열화	⑩ 터널 배수구 뚜껑파손	

2) 외관조사 결과

- 본 과업대상 계남고가교는 도심지에 위치하고, 교량하부의 S3구간에 도로(신흥로)가 횡단하는 교량이다.
- 중대시민재해를 유발할 수 있는 위험요소로 낙하물, 교량접속부 파손, 포장불량, 배수시설 기능저하, 옹벽 손상 등의 항목이 해당된다.
- 공중이용시설 10대 위험요소 중 교량에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 교면포장 포장부 불량(소성변형, 포트홀) 손상이 발생하였으며, 이로 인해 통행차량의 주행 및 위험성이 우려되므로, 중대시민재해를 방지하기 위한 관리주체의 보수계획에 의거한 전면 재포장 등의 유지관리가 필요하다.
- 점검일 현재는 중대결함은 없는 비교적 양호한 상태이지만 향후, 경미한 결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방 차원의 보수·보강 등의 유지관리가 필요하다.

구분	유해·위험요인	점검결과	내용	보수방안	비고
1	교량 교각 코핑 콘크리트 탈락	☐ 유, ☒ 무	박락, 철근노출, 충분리	—	
3	배수관 낙하사고	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
4	고드름 낙하사고	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
5	신축이음장치 솟음(Blow-up)	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
6	교면포장 포장불량	☒ 유, ☐ 무	소성변형, 포트홀 등	재포장	
7	교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	



【사진 3.33】 교량의 공중이용시설 10대 위험요소 손상현황

3.5.2 현장조사 총괄표

【표 3.41】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면		균열(0.3㎜미만)	m	398.45	465	
		균열(0.3㎜이상)	m	4.40	2	
		망상균열	m	3.75	5	
		누수흔적, 백태	m ²	7.73	14	
		재료분리	m ²	3.62	11	
		파손, 층분리	m ²	3.18	5	
		철근노출	m ²	0.35	11	
		콘크리트 박리	m ²	0.08	1	
P.S.C Box	외부	균열(0.3㎜미만)	m	15.70	9	
		망상균열	m ²	2.00	2	
		누수흔적, 백태	m ²	1.29	4	
		굽힘	m ²	44.15	25	
		박리, 박락, 파손, 층분리	m ²	1.33	9	
		재료분리	m ²	3.90	5	
		표면열화	m ²	3.30	1	
		박락, 철근노출	m ²	0.72	1	
		잡철물 노출	m ²	0.05	1	
	내부	균열(0.3㎜미만)	m	217.35	211	
		균열/백태(0.3㎜미만)	m	2.40	1	
		망상균열	m ²	1.45	2	
		백태	m ²	1.76	4	
		재료분리	m ²	0.08	1	
		거푸집 미제거	EA	1.00	1	
		폐콘크리트 및 폐자재 퇴적	EA	3.00	3	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	8.00	6	
		균열/백태(0.3㎜미만)	m	3.30	3	
		망상균열, 백태	m ²	9.80	2	
		백태	m ²	2.68	5	
		콘크리트 박리	m ²	0.50	1	
		콘크리트 박락, 파손, 층분리	m ²	0.46	3	
		누수흔적	m ²	103.00	5	
		폐콘크리트 및 이물질 적치	m ²	37.60	2	

【표 3.41】 손상내용 총괄표(계속)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
교각		균열(0.3㎜미만)	m	72.60	54	
		망상균열/백태	m²	1.20	2	
		콘크리트 박락	m²	0.01	1	
		도장박리, 박락	m²	84.15	13	
교량받침		받침 몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	4.00	30	
		플레이트 부식	EA	2.00	2	
신축 이음	본선 구간	후타재 균열 (0.3㎜미만)	m	11.20	28	
		후타재 마모	m²	6.00	2	
		유간 토사퇴적	m	24.00	3	
	옹벽 구간	후타재 균열 (0.3㎜미만)	m	2.80	7	
		후타재 망상균열	m²	31.50	2	
		후타재 파손	m²	1.21	5	
		후타재 마모	m²	17.85	2	
		유간 토사퇴적	m	22.50	1	
교면포장		아스콘 균열	m	438.80	79	
		아스콘 망상균열	m²	576.89	58	
		아스콘 열화	m²	750.00	5	
		포트홀	m²	2.45	3	
		아스콘 소성변형	m²	46.50	2	
		아스콘 패임, 파손	m²	196.40	26	
배수시설		배수관 파손	EA	4.00	4	
		배수관 탈락	EA	2.00	2	
		배수관 고정장치 탈락	EA	2.00	2	
		배수구 막힘	EA	24.00	24	

【표 3.41】 손상내용 총괄표(계속)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	67.20	44	
	균열(0.3mm이상)	m	0.70	1	
	균열/백태(0.3mm미만)	m	2.50	1	
	연석 박리, 파손, 열화	m ²	5.30	17	
	연석 재료분리	m ²	0.44	1	
	난간 변형	m	2.00	1	
	난간지주 볼트이완	EA	2.00	2	
	교명주 이탈	EA	1.00	1	
교량 점검시설	난간 용접불량, 파손	m	22.00	2	
접속옹벽 외부	균열(0.3mm미만)	m	9.60	5	
	균열(0.3mm이상)	m	10.20	7	
	균열/백태(0.3mm미만)	m	3.00	1	
	균열/백태(0.3mm이상)	m	12.00	1	
	박리, 박락	m ²	2.48	11	
	철근노출	m ²	1.90	13	
	이격, 실란트 미설치	m	61.50	19	
접속옹벽 내부	균열(0.3mm미만)	m	174.90	98	
	망상균열(0.3mm미만)	m ²	16.79	3	
	백태	m ²	1.44	7	
	재료분리	m ²	13.23	20	
	철근노출	m ²	2.18	8	
	Joint부 누수, 백태	m	145.70	19	
	거푸집 미제거	EA	11.94	8	
	이물질 적치	EA	1.00	1	
	출입문 부식	EA	1.00	1	

3.5.3 전회차 손상물량 비교

【표 3.42】 손상물량 비교표

구분		손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
				물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	355.15	411	398.45	465	▲ 43.30	신규손상
		균열(0.3㎜이상)	m	—	—	4.40	2	▲ 4.40	신규손상
		망상균열	m	3.94	4	3.75	5	▼ 0.19	표기오류
		누수흔적, 백태	m²	7.08	10	7.73	14	▲ 0.65	신규손상
		재료분리	m²	0.64	1	3.62	11	▲ 2.98	신규손상
		파손, 층분리	m²	0.04	1	3.18	5	▲ 3.14	신규손상
		철근노출	m²	0.14	9	0.35	11	▲ 0.21	신규손상
		콘크리트 박리	m²	—	—	0.08	1	▲ 0.08	신규손상
거 더	외 부	균열 (0.3㎜미만)	m	11.20	5	15.70	9	▲ 4.50	신규손상
		망상균열	m²	0.06	1	2.00	2	▲ 1.94	신규손상
		누수흔적, 백태	m²	1.04	3	1.29	4	▲ 0.25	신규손상
		굽힘	m²	34.80	18	44.15	25	▲ 9.35	신규손상
		박리, 박락, 파손, 층분리	m²	0.50	4	1.33	9	▲ 0.83	신규손상
		재료분리	m²	0.90	3	3.90	5	▲ 3.00	신규손상
		표면열화	m²	3.30	1	3.30	1	— —	변동없음
		박락, 철근노출	m²	0.72	1	0.72	1	— —	변동없음
		잡철물 노출	m²	0.05	1	0.05	1	— —	변동없음
	내 부	균열 (0.3㎜미만)	m	290.50	389	217.35	211	▼ 73.15	부재변경
		균열/백태 (0.3㎜미만)	m	2.40	1	2.40	1	— —	변동없음
		망상균열	m²	3.63	4	1.45	2	▼ 2.18	부재변경
		백태	m²	2.27	6	1.76	4	▼ 0.51	부재변경
		재료분리	m²	0.54	4	0.08	1	▼ 0.46	부재변경
		거푸집 미제거	EA	2.00	2	1.00	1	▼ 1.00	부재변경
		폐콘크리트 및 폐자재 퇴적	EA	1.00	1	3.00	3	▲ 2.00	신규손상
		철근노출	m²	0.04	1	—	—	▼ 0.04	부재변경

【표 3.42】 손상물량 비교표(계속)

구분		손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
				물량	개소	물량	개소		
교대		균열 (0.3㎜미만)	m	3.50	3	8.00	6	▲ 4.50	신규손상
		균열/백태 (0.3㎜미만)	m	3.30	3	3.30	3	－ －	변동없음
		망상균열, 백태	m²	9.80	2	9.80	2	－ －	변동없음
		백태	m²	2.58	4	2.68	5	▲ 0.10	신규손상
		콘크리트 박리	m²	－	－	0.50	1	▲ 0.50	신규손상
		콘크리트 박락, 파손, 층분리	m²	0.30	1	0.46	3	▲ 0.16	신규손상
		누수흔적	m²	103.00	5	103.00	5	－ －	변동없음
		폐콘크리트 및 이물질 적치	m²	37.60	2	37.60	2	－ －	변동없음
교각		균열 (0.3㎜미만)	m	65.60	48	72.60	54	▲ 7.00	신규손상
		망상균열/백태	m²	1.20	2	1.20	2	－ －	변동없음
		콘크리트 박락	m²	0.01	1	0.01	1	－ －	변동없음
		도장박리, 박락	m²	84.15	13	84.15	13	－ －	변동없음
교량받침		받침 몰탈 균열 (0.3㎜미만)	m	3.80	26	4.00	30	▲ 0.20	신규손상
		플레이트 부식	EA	－	－	2.00	2	▲ 2.00	신규손상
신 축 이 음	본 선	후타재 균열 (0.3㎜미만)	m	11.20	28	11.20	28	－ －	변동없음
		후타재 마모	m²	12.00	4	6.00	2	▼ 6.00	보수실시
		유간 토사퇴적	m	8.00	3	24.00	3	▲ 16.00	손상증가
		신축이음 파손	개소	2.00	2	－	－	▼ 2.00	손상삭제
	옹 벽	후타재 균열 (0.3㎜미만)	m	2.80	7	2.80	7	－ －	변동없음
		후타재 망상균열	m²	47.25	3	31.50	2	▼ 15.75	망상균열 → 마모
		후타재 파손	m²	1.24	6	1.21	5	▼ 0.03	보수실시
		후타재 마모	m²	2.40	1	17.85	2	▲ 15.45	손상증가
		유간 토사퇴적	m	22.50	1	22.50	1	－ －	변동없음

【표 3.42】 손상물량 비교표(계속)

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	아스콘 균열	m	405.30	68	438.80	79	▲ 33.50	신규손상
	아스콘 망상균열	m ²	466.39	43	576.89	58	▲ 110.50	신규손상
	아스콘 열화	m ²	135.00	1	750.00	5	▲ 615.00	신규손상
	포트홀	m ²	3.33	10	2.45	3	▼ 0.88	보수실시
	아스콘 소성변형	m ²	46.50	2	46.50	2	— —	변동없음
	아스콘 패임, 파손	m ²	157.00	7	196.40	26	▲ 39.40	신규손상
	차선규제봉 파손	EA	3.00	3	—	—	▼ 3.00	보수실시
배수시설	배수관 파손	EA	3.00	3	4.00	4	▲ 1.00	신규손상
	배수관 탈락	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	배수관 고정장치 탈락	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	배수구 막힘	EA	24.00	24	24.00	24	— —	변동없음
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	m	39.60	33	67.20	44	▲ 27.60	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	0.70	1	0.70	1	— —	변동없음
	균열/백태 (0.3mm미만)	m	2.50	1	2.50	1	— —	변동없음
	연석 박리, 파손, 열화	m ²	4.11	11	5.30	17	▲ 1.19	신규손상
	연석 재료분리	m ²	0.44	1	0.44	1	— —	변동없음
	난간 변형	m	2.00	1	2.00	1	— —	변동없음
	난간지주 볼트이완	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	교명주 이탈	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
교량 점검시설	난간 용접불량, 파손	m	22.00	2	22.00	2	— —	변동없음

【표 3.42】 손상물량 비교표(계속)

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
접속옹벽 외부	균열(0.3mm미만)	m	9.60	5	9.60	5	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	10.20	7	10.20	7	— —	변동없음
	균열/백태 (0.3mm미만)	m	12.00	1	3.00	1	▼ 9.00	신규손상
	균열/백태 (0.3mm이상)	m	—	—	12.00	1	▲ 12.00	손상진전 (0.2→0.3)
	박리, 박락	m ²	1.68	10	2.48	11	▲ 0.80	신규손상
	철근노출	m ²	1.70	11	1.90	13	▲ 0.20	신규손상
	이격, 실란트 미설치	m	61.50	19	61.50	19	— —	변동없음
접속옹벽 내부	균열(0.3mm미만)	m	172.70	97	174.90	98	▲ 2.20	신규손상
	망상균열 (0.3mm미만)	m ²	16.79	3	16.79	3	— —	변동없음
	백태	m ²	5.60	6	1.44	7	▼ 4.16	표기오류
	재료분리	m ²	11.93	18	13.23	20	▲ 1.30	신규손상
	철근노출	m ²	2.98	8	2.18	8	▼ 0.80	표기오류
	Joint부 누수, 백태	m	132.40	16	145.70	19	▲ 13.30	신규손상
	거푸집 미제거	EA	7.00	7	11.94	8	▲ 4.94	신규손상
	이물질 적치	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	출입문 부식	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음

3.6 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 [시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단편)(이하 ‘세부지침’)](2026. 01.) 교량편 1.3.2에 따른 기준수량 및 조사수량에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

3.6.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험) 및 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정, 염화물함유량 시험을 실시하였다. 조사대상 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.43】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	수 량(개소)						비 고
	기준수량				실시수량		
	상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	
반발경도 시험	•철근콘크리트 : 2개소/50m •강합성교 : 1개소/50m	•1개소/연장50m •교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	10개소	6개소	13개소	8개소	동일 부위 시험
초음파전달 속도	•철근콘크리트 : 2개소/50m •강합성교 : 1개소/50m	•1개소/연장50m •교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	10개소	6개소	12개소	8개소	
철근탐사 시험	•철근콘크리트 : 2개소/50m •강합성교 : 1개소/50m	•1개소/연장50m •교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	10개소	6개소	10개소	8개소	
탄산화 깊이 측정	•5경간 이내 : 4~6개소 ¹⁾ •5경간 이상 : 6~9개소 ²⁾		3개소	3개소	4개소	8개소	
염화물함유량 시험	•3개소 이상 ³⁾		3개소		2개소	1개소	
균열심도	• 부재의 중요도를 고려 • 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정				1개소	—	

주1) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 2개소 이상 실시

주2) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 3개소 이상 실시

주3) 염화물 함유량 시험시 시료(코어) 채취위치는 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시 하고, 염해에 취약한 해상교량과 하천교량 중 염해의 영향이 있을 것으로 판단되는 하천과 바다가 만나는 합류부 부근 교량의 경우에는 교량 하부 수중부(간판대 또는 비말대)를 대상으로 1곳 이상의 시료를 채취하여 염화물 침투 및 염해여부 확인

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

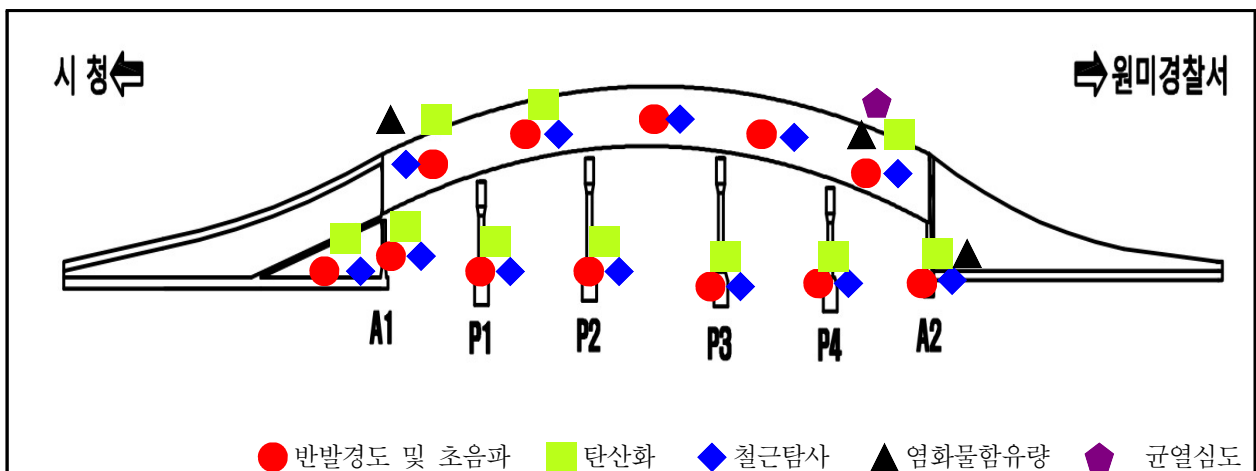
금회 점검에서 대상 구조물에 대한 재료시험 위치선정은 도보로 접근 가능한 부위 및 전회점검 결과와의 비교를 위해 비슷한 위치로 선정하였으며, 도보로 접근이 난해한 부위는 고소점검차 등을 이용하여 접근하였다. 콘크리트 강도시험의 경우 건전부와 비건전부의 비교·검토를 위하여 외관상 균열, 박리, 열화 등의 유무에 따라 양호한 부위와 불량한 부위를 선정하여 시험을 실시하였다. 비건전부의 경우 실시수량에서 제외하였다.

다. 조사 사진



【사진 3.34】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.19】 콘크리트 내구성조사 위치도

3.6.1 내구성조사 및 결과분석 방법

가. 반발경도시험

1) 반발경도법 개요

반발경도법은 콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 압축강도를 측정하는 방법으로, 측정방법, 적용 가능한 강도범위, 판정식 및 판정의 평가방법에 대한 고려가 강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

2) 반발경도법 시험 일반

반발경도의 원리는 슈미트햄머로 경화콘크리트를 타격시 반발경도(R)와 콘크리트 압축강도(f_{ck})와의 사이에 특정관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

슈미트햄머는 대상물의 표면에서 직접 측정한 반발경도(R)를 타격각도에 따른 보정값($\angle R$)을 고려하여 수정반발경도(R_o)를 구하고, 이 값으로부터 재령에 대한 영향을 보정한 후 제안되고 있는 여러 산출식을 적용하여 콘크리트 강도를 산출한다.

일반적으로 타격시의 반발경도는 타격에너지 및 타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다.

즉, 반드시 재료의 강도와 일률적인 관계가 성립되는 것은 아니며 특히, 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트햄머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우에 반발경도는 타격면에서 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 있으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하므로 비파괴 강도는 참고자료로 활용한다.

3) 측정방법

① 적용방법

a. 측정부재의 선정

- i) 부재의 두께 10cm이상인 장소 선정하고 보, 기둥 등 모서리로부터 3~6cm 이상 떨어진 장소에서 측정
- ii) 측정면은 균질하고, 평활한 평면부를 고른다.

b. 반발경도 측정방법

- i) 측정대상 면에 도장이 되어 있는 경우는 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출시킨다. 측정부위에 대하여 연마석을 이용하여 콘크리트 면을 편평하게 갈아낸 후 분말 기타부착물을 불어 없앤 뒤에 측정한다.
- ii) 타격은 수직면에 직각으로 서서히 힘을 가하며 한다.

iii) 1개소의 측정은 모퉁이에서 3cm이상 들어간 곳에서 가로, 세로 3cm 간격의 가로 4줄, 세로 5줄의 교차점 20점에 대하여 타격하여 데이터를 획득한다.

iv) 측정된 20개의 데이터 중 타격시 반향음이 이상하거나 타격치의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 경우는 이상치(Error)로 보고 제외 시켰다. 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발경도(R)로 하였다.

② 타격방법 및 재령에 따른 보정계수 적용

a. 타격방향

타격방향은 수평방향이 일반적이거나, 수평 이외의 타격시에는 반발경도(R)가 중력에 의해 변화하는 것을 보정하기 위하여 타격각도에 따른 보정치를 다음표의 값으로 보정하여야 한다.

【표 3.44】 타격방향 보정치

반발경도 R	수 평 과 이 루 는 각 도			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	-	-	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.0	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.7	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

b. 콘크리트 재령에 따른 콘크리트 압축강도의 보정

장기재령의 콘크리트 강도추정에 있어 일반적으로 적용되는 관계식이나 도표에서 재령에 따른 보정계수를 적용할 필요성이 있다. 일반적으로 수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면 강도가 높기 때문에 재령 28일 강도 추정식으로 구한 압축강도로 수정하여야 하며, 수정계수는 다음의 표와 같다.

【표 3.45】재령에 의한 보정표

材令	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22
材令	18日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	32日	34日	36日
n	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95
材令	38日	40日	42日	44日	46日	48日	50日	52日	54日	56日	58日	60日	62日	64日	66日
n	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85
材令	68日	70日	72日	74日	76日	78日	80日	82日	84日	86日	88日	90日	100日	125日	150日
n	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
材令	175日	200日	250日	300日	400日	500日	750日	1000日	2000日	3000日					
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63					

4) 콘크리트 강도의 환산

◆ 본 과업에서의 적용 강도 추정식

구분	계산식	비 고
식 ①	$F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o \text{ (MPa)}$	일본 재료학회 강도 추정식
식 ②	$F_c = (7.3 \times R_o + 100) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	일본 건축학회식
식 ③	$F_c = (15.2 \times R_0 - 112.8) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	과학기술부(고강도 콘크리트일 때 사용)
식 ④	$F_c = (1.3343 \times R_0 + 8.1977) \text{ (MPa)}$	한국시설안전공단(고강도 콘크리트일 때 사용)

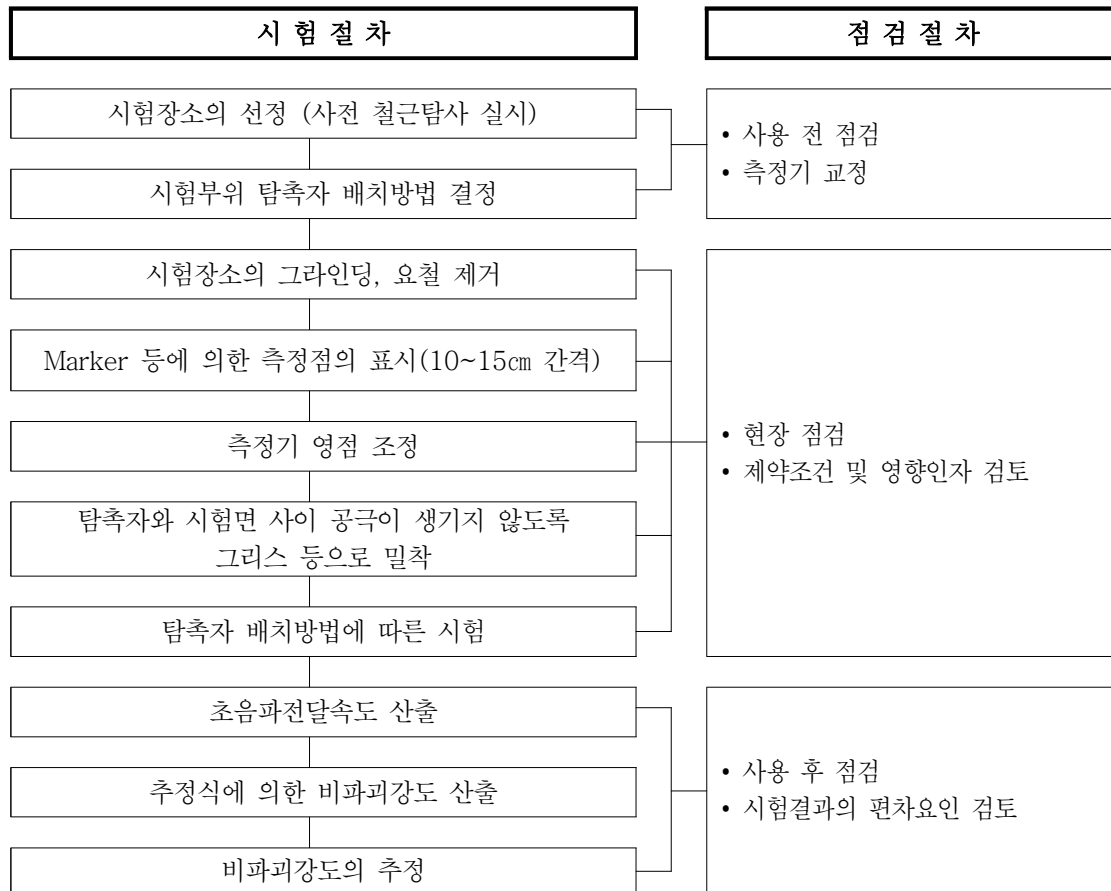
여기서, F_c : 추정강도(kg/cm²), R_o : 반발경도

나. 초음파전달속도시험

1) 초음파전달속도시험 개요

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과 속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나, 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질 비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

2) 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



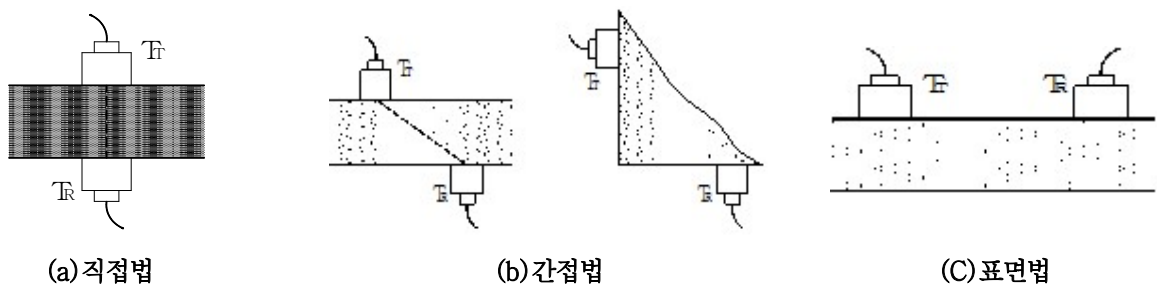
【그림 3.20】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

3) 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

초음파전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비 상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 아래 식에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도(Velocity)} = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}}$$

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



【그림 3.21】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

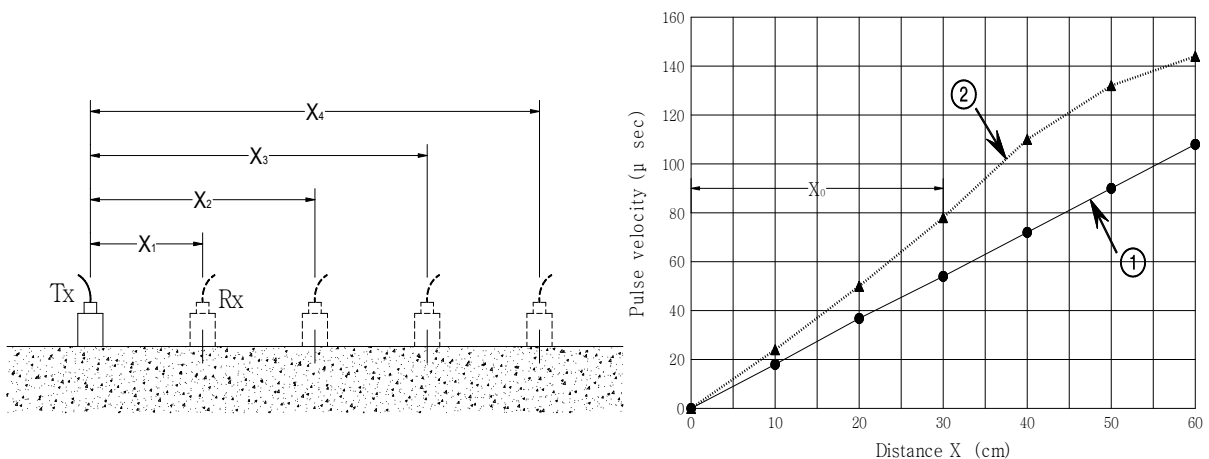
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

직접법과 표면법의 초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 보편적으로 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$ 의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있다.

보다 정확한 직접법과 표면법의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법을 수행한 동일 조건의 구조물이나, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

표면법은 등간격(100mm)으로 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간(T_i)을 측정하고, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도(V_i)로 한다.



【그림 3.22】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性)검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 다음 식에 의해서 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\sum (X_i - \bar{X})(T_i - \bar{T}))^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (T_i - \bar{T})^2}$$

여기서, $\bar{X}$, $\bar{T}$ 는 거리 및 전달시간의 평균값

4) 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 r^2 값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i 를 계산하였다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파전달속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.46】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본건축학회	$F_c = (215 V_d - 620) \times 0.098$	금회 적용(식⑤)
일본재료학회	$F_c = (102 V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용(식⑥)
※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s) ※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 01, 국토교통부/국토안전관리원) 참조 ※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조		

다. 철근탐사시험

1) 개 요

본 시험은 전자파레이더를 이용한 철근탐사 시험기(RC Radar)를 활용하여 철근콘크리트 구조물에 배근된 철근간격, 콘크리트 피복을 측정하기 위해 실시한다.

철근콘크리트 구조물의 부재 내부에 배근되어 있는 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있으므로 철근탐사는 설계 당시와 같이 콘크리트 내에 배근되어 있는 철근의 배근상태 및 피복두께를 파악하기 위하여 실시한다.

2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래 【그림 3.22】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

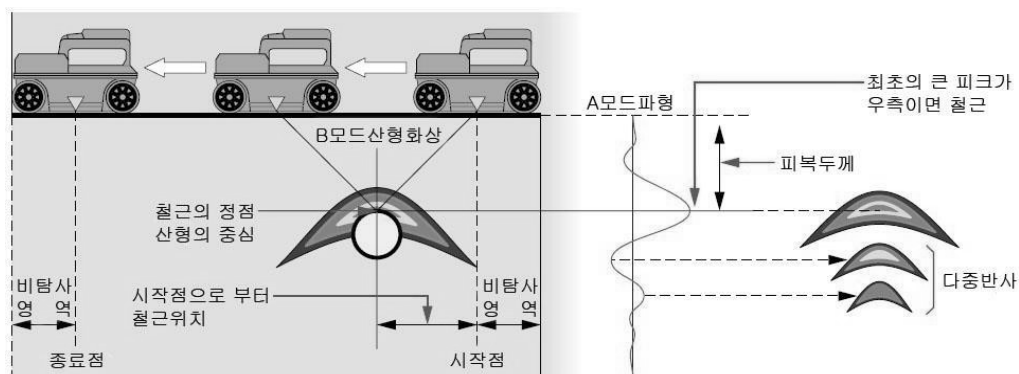
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ϵ_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

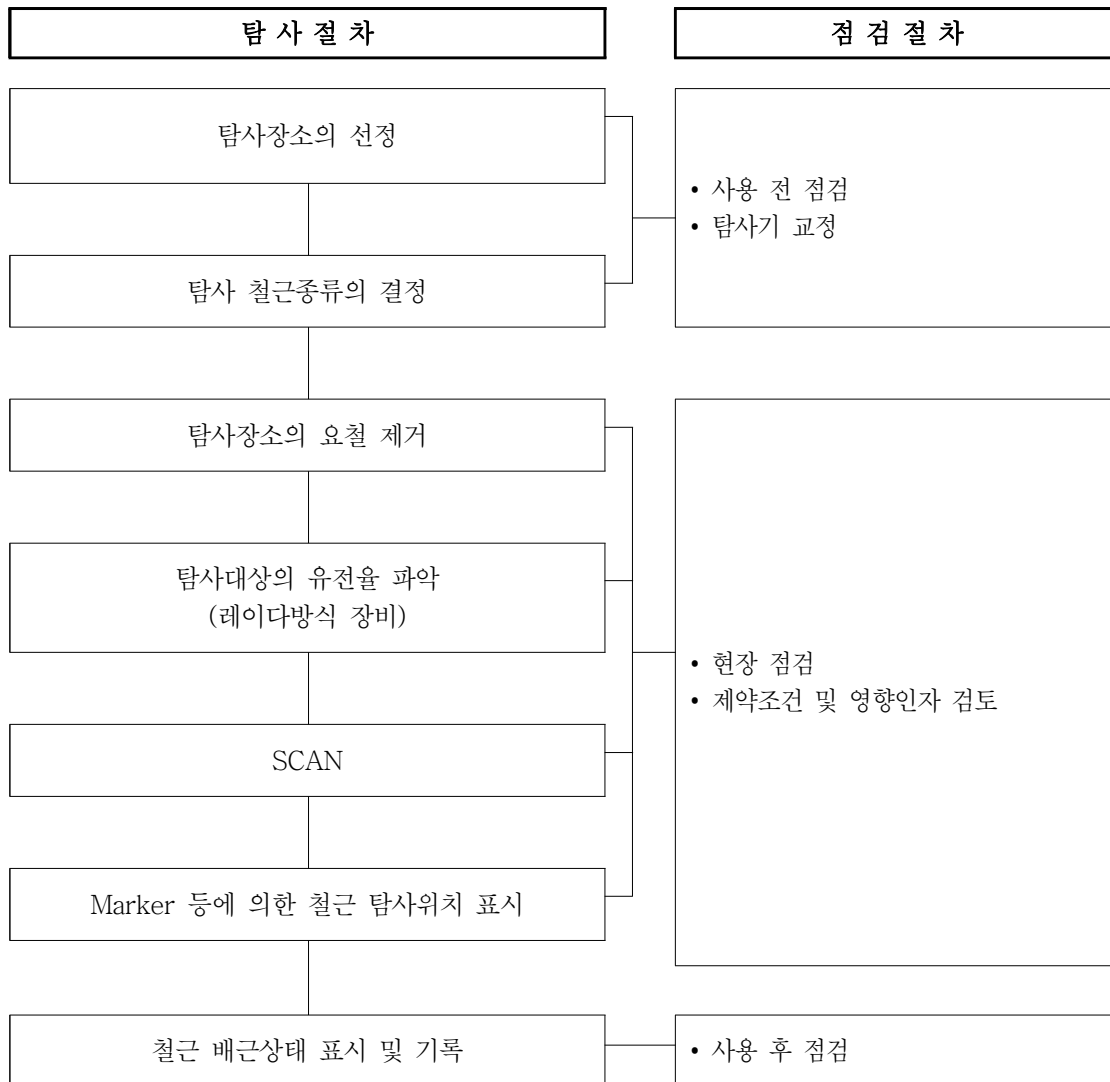
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (\text{m})$$



【그림 3.23】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.



【그림 3.24】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

(1) 탐사조건

- 적용 가능한 조건
 - 탐사심도 200mm이내
 - 탐사대상 철근지름이 $\phi 6\text{mm}$ 이상
 - 콘크리트의 질이 균일한 곳
 - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
 - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우

- 100mm이하의 피치로 배근되어 있는 경우
- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

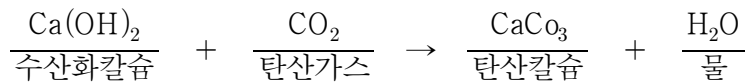
(2) 적용한계

- 탐사대상 물체의 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우
- 비유전율에 따라 피복두께의 차이가 있으므로 탐사 대상물의 비유전율을 추정하기 어려움
- 철근직경과 복철근 및 경사철근의 판독 불가능
- 탐사대상 표면에 요철이 많은 장소는 탐사결과의 신뢰성 저하
- 안테나의 사용으로 좁고, 짧은 위치의 탐사 불편

라. 탄산화 깊이 측정

1) 개요

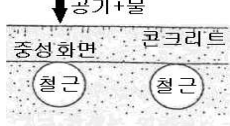
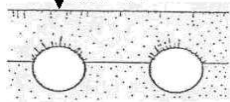
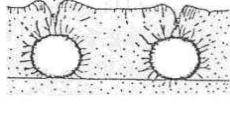
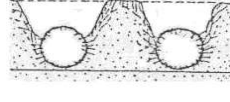
탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매 입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6} mm 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹

의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

 ↓공기+물 중성화면 콘크리트 철근	STEP 1 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음 (약간의 건조수축에 의한 균열)
 ↓공기+물	STEP 2 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
 ↓공기+물 균열	STEP 3 - 철근의 윗면이 팽창함 - 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
 ↓공기+물	STEP 4 - 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨 - 철근단면적이 감소함
 ↓공기+물	STEP 5 - 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨 - 내구성능은 없음

【그림 3.25】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로서는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

【표 3.47】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	- 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 - 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름

【표 3.47】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름
외적 요인	온도	• 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 • 20~50 °C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	• 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 • 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	• 상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	• 실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명예측년수} - \text{경과년수}$$

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.48】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30mm이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10mm이상 ~ 30mm미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0mm이상 ~ 10mm미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0mm미만	• 철근부식 발생 조건 만족
e	• 0mm미만	• 철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

마. 염화물함유량 시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

염화물의 콘크리트 침투를 구분해 보면 일반적으로 두가지로 크게 구분할 수 있다.

하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우이고, 다른 하나는 방동대책으로서 염화칼슘(CaCl_2)과 염화나트륨(NaCl)의 살포에 의해 염화물이 침투하는 경우이다.

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레스 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘(CaCl_2)의 사용, ③ 염화칼슘(CaCl_2)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl))을 주로 함유한 것의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

콘크리트 중에 함유하는 염화물은 ① 가용성 염화물(수용성 염화물), ② 전 염화물(산 용해성 염화물)의 2종류로 분류할 수 있다. ①의 가용성 염화물로는 콘크리트에서 물에 의해 유출되는 염화물이고, ②의 전 염화물은 콘크리트를 강한 산으로 용해함으로써 유출되는 염화물이다. 가용성 염화물의 측정은 콘크리트의 세공용액 속에 용해되어 있는 유리 염화물의 양을 구하는 경우로 측정할 수 있고 유출온도 등 시험방법의 자세한 내용은 제안되고 있는 각 방법에 따라 약간 차이가 있다. 일본 콘크리트공학협회(JCI)에서는 가용성 염화물을 「경화콘크리트 중에 함유된 50℃의 온수에 녹는 염화물」이라 정의하여 측정방법을 정하고 있다.

전 염화물량과 가용성 염화물량과의 차이는 시멘트 수화물에 고정되어 있는 염화물로서 판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 $0.3 \sim 1.2\text{kg/m}^3$ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 $0.3 \sim 0.6\text{kg/m}^3$ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 $1.2 \sim 2.4\text{kg/m}^3$ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026.01) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조서편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m^3 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m^3 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

(1) 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/m^3 이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/m^3 까지 허용

(2) 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.49】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

부재의 종류	최대 수용성 염소이온(Cl^-), 시멘트의 중량에 대한 비(%)
프리스트레스트 콘크리트	0.06
염화물에 노출된 철근콘크리트	0.15
건조상태 또는 습기로부터 차단된 철근콘크리트	1.00
기타 철근콘크리트	0.30

(3) 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026.01)

【표 3.50】 염화물 상태평가 기준(시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026.01))

기 준	전염화물 이온량(kg/m^3)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	• 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	• 철근부식 발생 조건 만족
e	• 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	• 철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

3.6.1 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 바닥판하면과 거더, 교각, 교대를 대상으로 진행하였으며, 반발경도시험 및 초음파전달속도시험을 실시하였다. 그라인더를 통해 표면 요철, 부착물, 이물질 등을 제거한 후, 슈미트 해머를 사용하여 반발경도를 측정하고 동일한 위치에서 구리스를 도포하여 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 표면법에 의한 초음파 전달속도를 측정하였으며, 이를 직접법 속도로 환산하였다. 측정결과는 2개 이상의 추정식을 통해 콘크리트 비파괴강도를 추정하고 평균값이 적은 값을 적용하였다. 현재 준공도서를 시설물통합정보관리시스템(FMS)에서 확인할 수 없는 관계로, 설계강도 등 주요 설계값은 기존 전차보고서의 추정 설계값을 참고하여 적용하였다.



【사진 3.35】 콘크리트강도 시험 현장사진

1) 반발경도 시험

(1) 반발경도 시험결과

【표 3.51】 반발경도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	추정설계 기준강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	한국시설 안전공단			
상부 구조	S1 좌측 캔틸레버	바닥판	52.3	42.1	49.1	0.63	40.0	건전부
	S2 (거더 내부 G1)	바닥판	52.2	42.0	49.0			건전부
	S3 (거더 내부 G3)	바닥판	52.6	42.4	49.4			건전부
	S4 (거더 내부 G1)	바닥판	52.6	42.4	49.4			건전부
	S4 좌측 캔틸레버	바닥판	52.4	42.2	49.2			건전부
	S5 (거더 내부 G3)	바닥판	52.8	42.6	49.6			건전부
	S5 좌측 캔틸레버	바닥판	52.6	42.4	49.4			건전부
평균			—	42.3	49.3	—	—	
표준편차			—	0.21	0.19	—	—	
변동계수			—	0.005	0.004	—	—	
최대값			—	42.6	49.6	—	—	
최소값			—	42.0	49.0	—	—	

【표 3.52】 반발경도 시험결과(거더)

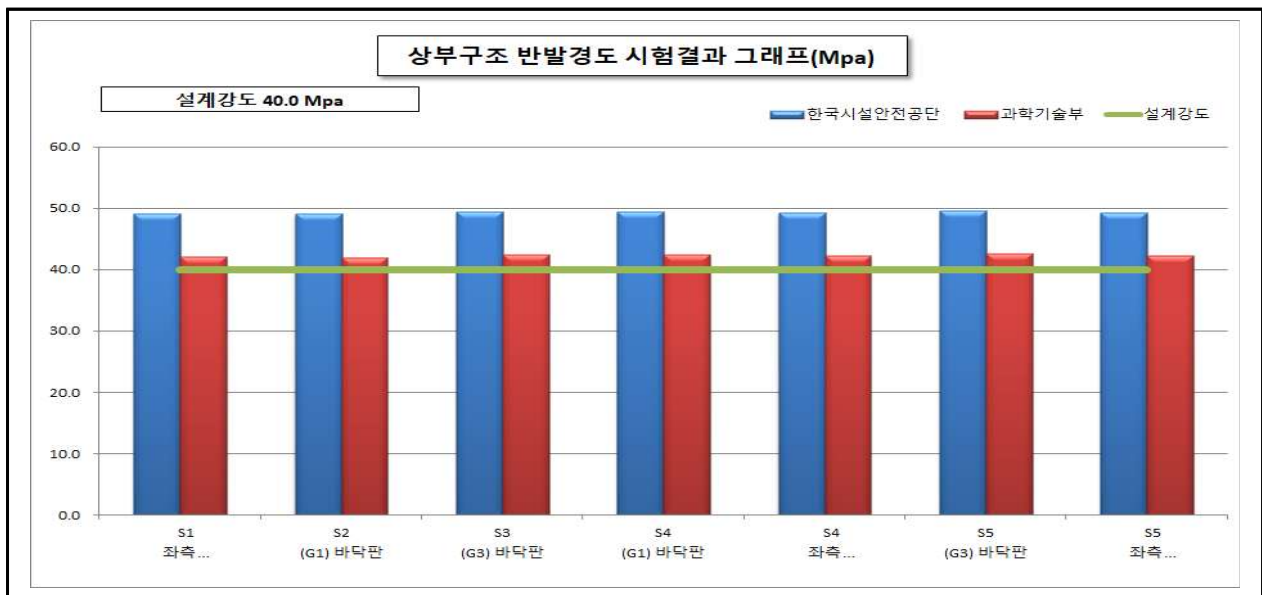
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	추정설계 기준강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	한국시설 안전공단			
상부 구조	외부 S2-G1 (하면)	거더	53.0	42.8	49.7	0.63	40.0	건전부
	외부 S3-G1	거더	52.8	42.6	49.5			건전부
	내부 S2-G1 LW	거더	53.4	43.1	50.1			건전부
	내부 S3-G3 LW	거더	53.5	43.2	50.1			건전부
	내부 S4-G1 LW	거더	53.0	42.7	49.7			건전부
	내부 S4-G1 LW	거더	52.4	42.2	49.2			비건전부
	내부 S5-G3 RW	거더	54.1	43.8	50.6			건전부
평균			—	42.9	49.8	—	—	
표준편차			—	0.51	0.46	—	—	
변동계수			—	0.012	0.009	—	—	
최대값			—	43.8	50.6	—	—	
최소값			—	42.2	49.2	—	—	

【표 3.53】 반발경도 시험결과(교대 및 교각, 옹벽내부)

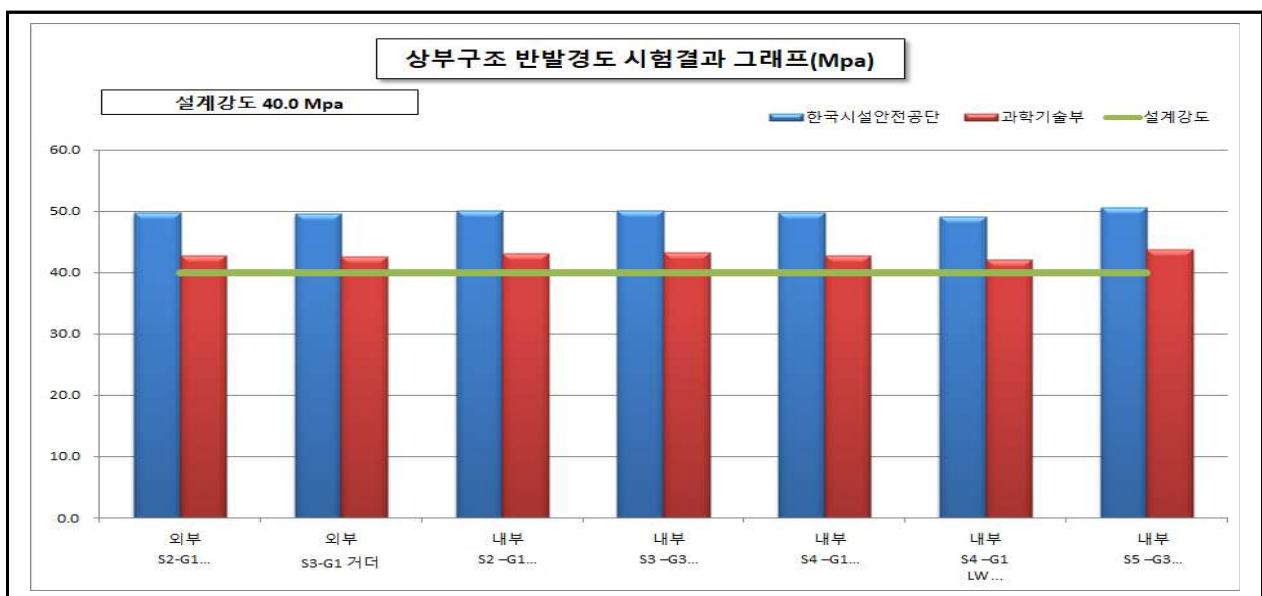
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	추정설계 기준강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	A1	교대	48.1	27.1	27.9	0.63	24.0	건전부
	A2	교대	48.1	27.1	27.9			건전부
	P1	교각	46.6	25.9	27.2			건전부
	P2	교각	48.6	27.5	28.1			건전부
	P3	교각	48.3	27.3	27.9			건전부
	P4	교각	47.4	26.5	27.5			건전부
	슬래브	옹벽내부	48.6	27.6	28.1			건전부
	벽체	옹벽내부	48.5	27.4	28.0			건전부
평균			—	27.1	27.8	—	—	
표준편차			—	0.57	0.32	—	—	
변동계수			—	0.021	0.012	—	—	
최대값			—	27.6	28.1	—	—	
최소값			—	25.9	27.2	—	—	

【표 3.54】 반발경도 시험결과 분석

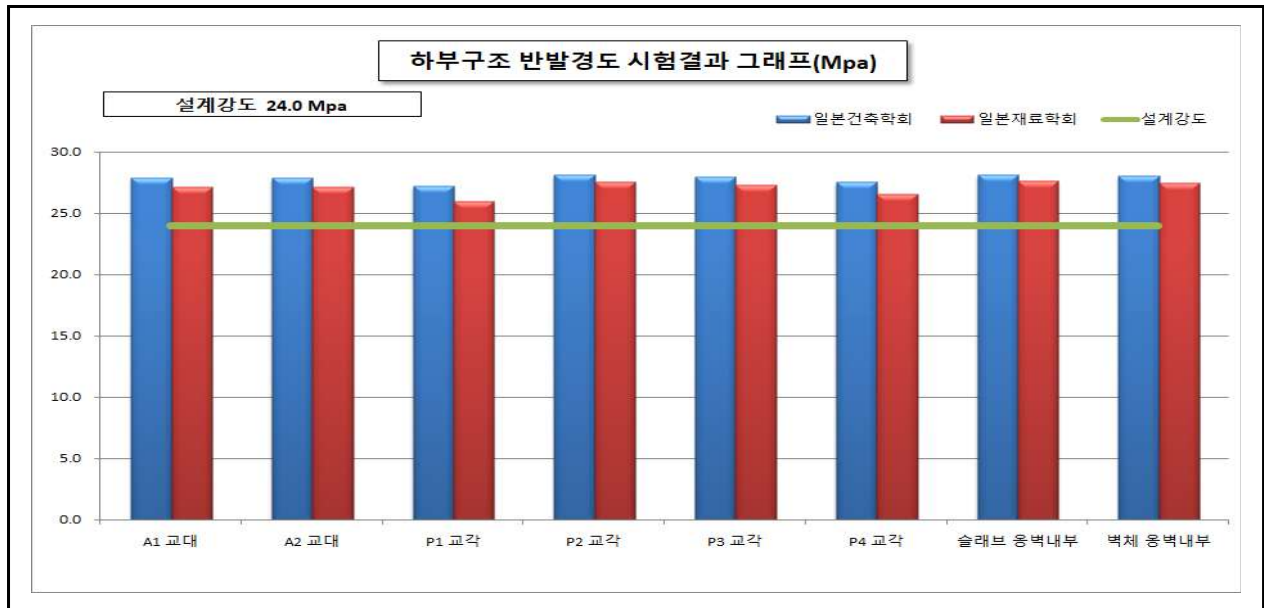
시험위치	압축강도(MPa) 추정	추정설계 기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본재료학회 (과학기술부)				
바닥판하면	42.0 ~ 42.6	40.0	42.3	105.0 ~ 106.5	
거더	42.2 ~ 43.8	40.0	42.9	105.5 ~ 109.5	
교대, 교각, 옹벽내부	25.9 ~ 27.6	24.0	27.1	107.9 ~ 115.0	



【그림 3.26】 반발경도시험 측정결과



【그림 3.26】 반발경도시험 측정결과(계속)



【그림 3.26】 반발경도시험 측정결과(계속)

- 반발경도 시험에 따른 측정부재의 시험결과를 추정설계강도와 비교한 결과, 바닥판하면 42.0 ~ 42.6MPa(105.0 ~ 106.5%), 거더 42.2 ~ 43.8MPa(105.5 ~ 109.5%), 교대 및 교각 25.9 ~ 27.6MPa(107.9 ~ 115.0%)로 측정되었으며, 사전검토자료를 참고하여 선정된 비건전부의 측정강도가 설계기준 압축강도를 상회하는 것으로 확인되었다. 따라서 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 양호한 상태로 판단된다.

(2) 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	2026년 정밀안전진단	추정설계 기준강도(MPa)
바닥판	40.4 ~ 41.6	40.8 ~ 41.9	42.0 ~ 42.6	40.0
거더	40.7 ~ 41.9	41.7 ~ 42.7	42.2 ~ 43.8	40.0
교대 및 교각, 웅벽내부	25.3 ~ 26.2	25.6 ~ 27.8	25.9 ~ 27.6	24.0
검토의견	■ 기준 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.			

(3) 반발경도 시험보고서

【표 3.55】 반발경도 시험보고서

반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2026. 04. 15~2026. 04. 24 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	계남고가교
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 및 거더 : 40.0MPa 교대 및 교각, 옹벽내부 : 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	16.2~18.7℃, 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	

2) 초음파전달속도 시험

(1) 초음파전달속도 시험결과

【표 3.56】 초음파전달속도 시험결과(바닥판)

시험위치			초음파전달속도법(MPa)			재령계수	추정설계 기준강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1 좌측 캔틸레버	바닥판	5.161	48.0	40.1	0.63	27.0	건전부
	S2 (거더 내부 G1)	바닥판	5.168	48.1	40.2			건전부
	S3(거더 내부 G3)	바닥판	5.150	47.7	40.0			건전부
	S3 좌측 캔틸레버	바닥판	5.233	49.5	40.9			건전부
	S4 (거더 내부 G1)	바닥판	5.160	47.9	40.1			건전부
	S4 우측 캔틸레버	바닥판	5.154	47.8	40.1			건전부
	S5 (거더 내부 G3)	바닥판	5.187	48.5	40.4			건전부
	S5 좌측 캔틸레버	바닥판	5.144	47.6	40.0			건전부
평균			—	48.2	40.2	—	—	
표준편차			—	0.60	0.30	—	—	
변동계수			—	0.013	0.007	—	—	
최대값			—	49.5	40.9	—	—	
최소값			—	47.6	40.0	—	—	

【표 3.57】 초음파전달속도 시험결과(거더)

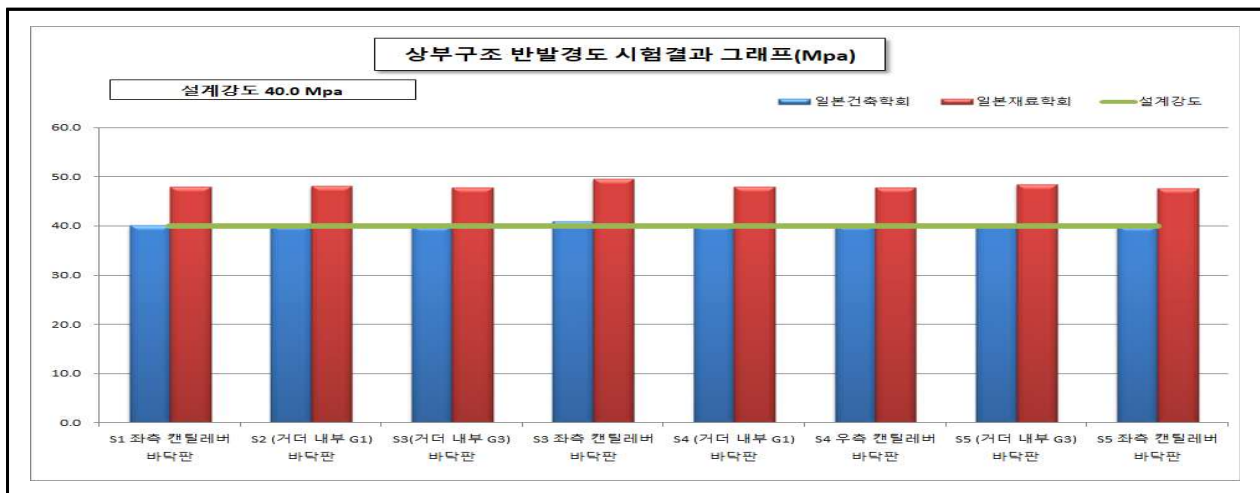
시험위치			초음파전달속도법(MPa)			재령계수	추정설계 기준강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	외부 2S -G1 (하면)	거더	5.148	47.7	40.0	0.63	40.0	비건전부
	외부 3S-G1	거더	5.388	52.7	42.4			건전부
	내부 2S -G1 LW	거더	5.156	47.9	40.1			건전부
	내부 S3 -G3 LW	거더	5.195	48.7	40.5			건전부
	내부 4S -G1 LW	거더	5.233	49.5	40.9			건전부
	내부 S5 -G3 RW	거더	5.180	48.4	40.3			건전부
평균			—	49.2	40.7	—	—	
표준편차			—	1.85	0.91	—	—	
변동계수			—	0.038	0.022	—	—	
최대값			—	52.7	42.4	—	—	
최소값			—	47.7	40.0	—	—	

【표 3.58】 초음파전달속도 시험결과(교대 및 교각, 옹벽내부)

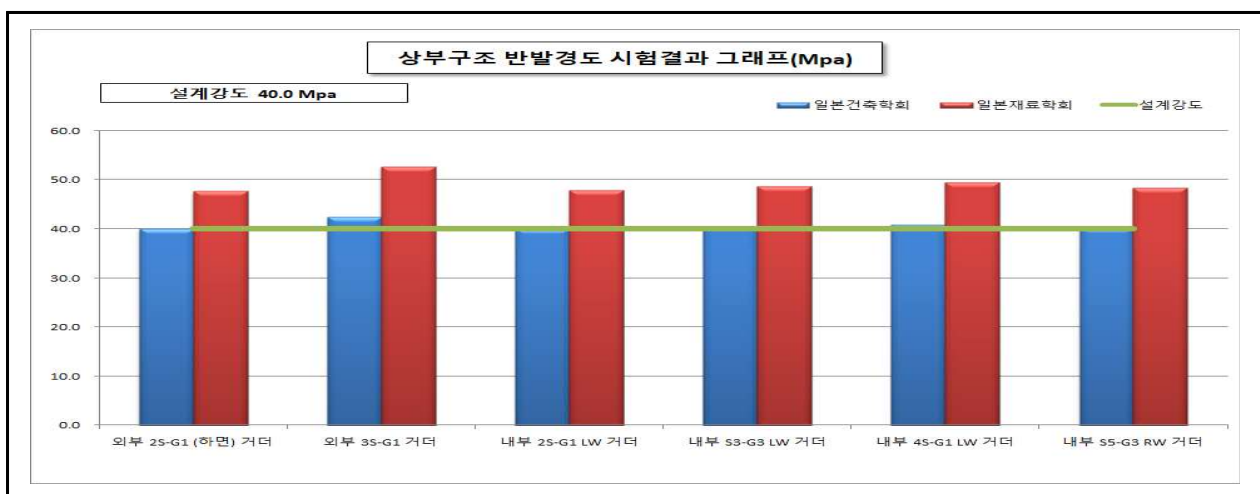
시험위치			초음파전달속도법(MPa)			재령계수	추정설계 기준강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	A1	교대	4.138	26.5	29.9	0.63	24.0	건전부
	A2	교대	4.085	25.3	29.4			건전부
	P1	교각	4.074	25.1	29.3			건전부
	P2	교각	4.034	24.2	28.8			건전부
	P3	교각	4.052	24.6	29.0			건전부
	P4	교각	4.155	26.8	30.1			건전부
	슬래브	옹벽내부	4.034	24.2	28.8			건전부
	벽체	옹벽내부	4.030	24.1	28.8			건전부
평균			—	25.1	29.3	—	—	
표준편차			—	1.03	0.50	—	—	
변동계수			—	0.041	0.017	—	—	
최대값			—	26.8	30.1	—	—	
최소값			—	24.1	28.8	—	—	

【표 3.59】 초음파전달속도 시험결과 분석

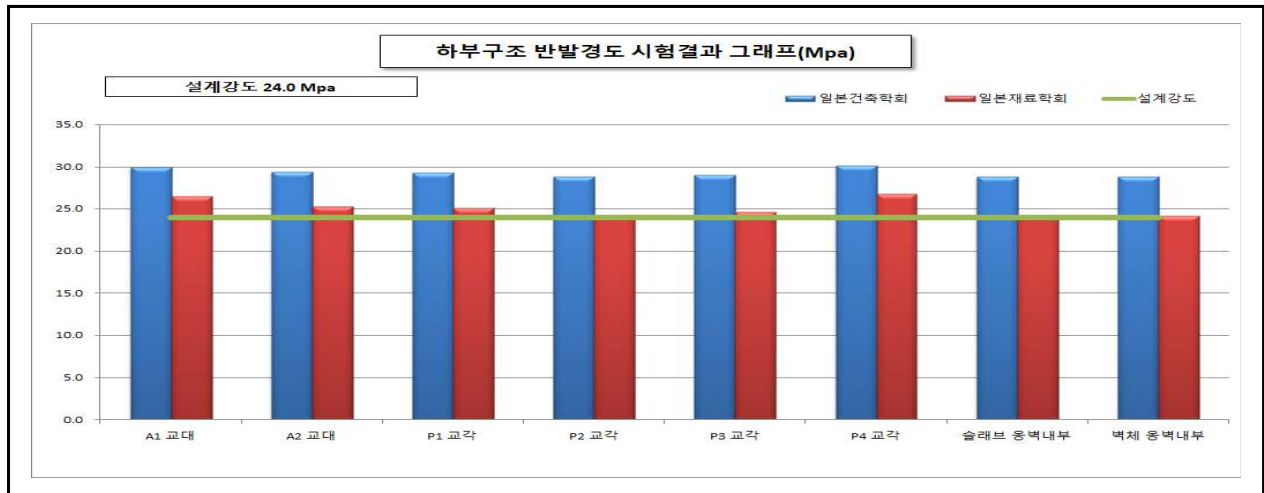
시험위치	압축강도(MPa) 추정	추정설계 기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	상부: 일본건축학회 하부: 일본재료학회				
바닥판	40.0 ~ 40.9	40.0	40.2	100.0 ~ 102.3	
거더	40.7 ~ 42.4	40.0	40.7	101.8 ~ 106.0	
교대 및 교각	24.1 ~ 26.8	24.0	25.1	100.4 ~ 111.7	



【그림 3.27】 초음파전달속도시험 측정결과



【그림 3.27】 초음파전달속도시험 측정결과(계속)



【그림 3.27】 초음파전달속도시험 측정결과(계속)

- 초음파전달속도 시험에 따른 시험결과를 추정설계강도와 비교한 결과, 바닥판하면 40.0 ~ 40.9MPa(100.0 ~ 102.3%), 거더 40.7 ~ 42.4MPa(101.8 ~ 106.0%), 교대 및 교각 24.1 ~ 26.8MPa(100.4 ~ 111.7%)로 측정되었다. 사전검토자료를 참고하여 선정된 비건전부의 측정강도가 설계기준 압축강도를 상회하는 것으로 확인되었다. 따라서 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 양호한 상태로 판단된다.

(2) 기 점검결과와의 비교

【표 3.60】 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	2026년 정밀안전진단	추정설계 기준강도(MPa)
바닥판	41.8 ~ 42.3	—	40.0 ~ 40.9	40.0
거더	41.4 ~ 42.7	—	40.7 ~ 42.4	40.0
교대 및 교각	26.5 ~ 27.1	—	24.1 ~ 26.8	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.			

(3) 초음파전달속도 시험보고서

【표 3.61】 초음파전달속도 시험보고서

초음파전달속도 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2026. 04. 15~2026. 04. 24 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	계남고가교
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 및 거더 : 40.0MPa 교대 및 교각, 옹벽내부 : 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	16.2~18.7℃, 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. 철근탐사시험

철근콘크리트의 철근량은 구조물 안전성 평가결과에 영향을 크게 미치는 인자이므로 대상 구조물의 정확한 철근 정보를 파악하는 것은 매우 중요하다. 현재 준공도서를 시설물통합정보관리시스템(FMS)에서 확인할 수 없는 관계로, 피복두께 및 배근간격 등 주요 설계값은 기존 전차보고서의 추정 설계값을 참고하여 적용하였다. 금회 진단에서는 철근탐사 장비를 사용하여 철근 콘크리트 구조물에 배근된 철근의 위치, 콘크리트 피복두께의 탐사에 적용하였다.



철근탐사시험

【사진 3.36】 철근탐사시험 현장사진

1) 철근탐사시험 결과

【표 3.62】 철근탐사시험 결과

구 분	측정위치	철근	실측 배근간격(mm)	추정 설계 배근간격(mm)	실측 피복두께(mm)	추정 설계 피복두께(mm)	비고
상부 구조	바닥판하면 S1 좌측 캔틸레버	종방향철근	190	200	60	61.0	
		횡방향철근	150	150	44	39.0	
	바닥판하면 S2 (거더 내부 G1)	종방향철근	200	200	44	61.0	
		횡방향철근	130	150	32	39.0	
	바닥판하면 S3 (거더 내부 G3)	종방향철근	200	200	52	61.0	
		횡방향철근	160	150	36	39.0	
	바닥판하면 S4 (거더 내부 G1)	종방향철근	200	200	41	61.0	
		횡방향철근	125	150	33	39.0	
	바닥판하면 S5 (거더 내부 G3)	종방향철근	160	200	39	61.0	
		횡방향철근	140	150	30	39.0	
	바닥판하면 S5 좌측 캔틸레버	종방향철근	200	200	69	61.0	
		횡방향철근	140	150	30	39.0	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

【표 3.62】 철근탐사시험 결과(계속)

구 분	측정위치	철근	실측 배근간격(mm)	추정 설계 배근간격(mm)	실측 피복두께(mm)	추정 설계 피복두께(mm)	비고
상부 구조	거더 외부 S2-G1(하면)	종방향철근	125	200	55	42.0	
		횡방향철근	130	150	72	58.0	
	거더 내부 S2 -G1 LW	수직철근	140	150	39	40.5	
		수평철근	200	200	57	59.5	
	거더 내부 S3 -G3 LW	수직철근	150	150	47	40.5	
		수평철근	130	200	82	59.5	
	거더 내부 S5 -G3 RW	수직철근	190	150	41	40.5	
		수평철근	150	200	57	59.5	
하부 구조	교대 홍벽 A1	수직철근	120	150.0	39	40.5	
		수평철근	280	300.0	65	59.8	
	교대 홍벽 A2	수직철근	270	300.0	91	40.5	
		수평철근	400	300.0	113	59.8	
	교각 기둥부 P1	수직철근	300	300.0	67	92.5	
		수평철근	275	300.0	47	67.5	
	교각 기둥부 P2	수직철근	300	300.0	74	92.5	
		수평철근	300	300.0	65	67.5	
	교각 기둥부 P3	수직철근	300	300.0	82	92.5	
		수평철근	310	300.0	69	67.5	
	교각 기둥부 P4	수직철근	300	300.0	96	92.5	
		수평철근	300	300.0	72	67.5	
	옹벽내부 슬래브	종방향철근	200	—	69	—	
		횡방향철근	165	—	49	—	
	옹벽내부 벽체	수직철근	200	—	65	—	
		수평철근	230	—	79	—	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

- 철근 피복두께 및 배근간격 조사자료를 전차 진단보고서와 비교·검토한 결과, 조사 위치에 따라 전반적으로 소요의 배근간격 및 피복두께를 확보한 것으로 판단되며, 일부 구간에서 측정에 차이를 보이고 있는 것으로 확인되었다. 이는 시공 시 발생 가능한 철근 배치 편차, 구조부위별 단면 특성 차이, 비파괴 탐사장비의 측정 오차 등에 기인한 것으로 판단된다.

【표 3.63】 철근탐사시험 결과 분석

구 분		실측		추정설계		비고
		배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
바닥판	종방향철근	160 ~ 200	39 ~ 69	200	61.0	
	횡방향철근	125 ~ 160	30 ~ 44	150	39.0	
거더	수직철근 (종방향)	125 ~ 190	39 ~ 55	150~200	40.5~42.0	
	수평철근 (횡방향)	130 ~ 200	57 ~ 82	150~200	58.0~59.5	
교대 및 교각,	수직철근	120 ~ 300	39 ~ 96	150~300	40.5~92.5	
	수평철근	275 ~ 400	47 ~ 113	300	59.8~67.5	
옹벽 내부	수직철근 (종방향)	200	65 ~ 69	—	—	
	수평철근 (횡방향)	165 ~ 230	49 ~ 79	—	—	

2) 기 점검결과와의 비교

【표 3.64】 기 점검결과와의 비교

구분			2021년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		비고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상 부 구 조	바 닥 판	종방향철근	177 ~ 225	30 ~ 85	—	—	160 ~ 200	39 ~ 69	
		횡방향철근	145 ~ 155	45 ~ 102	—	—	125 ~ 160	30 ~ 44	
	거 더	수직철근 (종방향)	140 ~ 160	32 ~ 70	—	—	125 ~ 190	39 ~ 55	
		수평철근 (횡방향)	185 ~ 225	40 ~ 85	—	—	130 ~ 200	57 ~ 82	
하 부 구 조	교대 교각	수직철근	135 ~ 310	65 ~ 110	—	—	120 ~ 300	39 ~ 96	
		수평철근	275 ~ 310	55 ~ 100	—	—	275 ~ 400	47 ~ 113	
	옹벽 내부	수직철근 (종방향)	120 ~ 255	39 ~ 47	—	—	200	65 ~ 69	
		수평철근 (횡방향)	145 ~ 310	49 ~ 60	—	—	165 ~ 230	49 ~ 79	
검토의견			■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 배근간격 및 피복두께에 다소 차이가 있으나 이는 시공 시 발생 가능한 철근 배치 편차, 구조부위별 단면 특성 차이, 비파괴 탐사장비의 측정 오차 등에 기인한 것으로 철근배근 상의 문제는 없는 것으로 판단된다.						

3) 철근탐사 시험보고서

【표 3.65】 철근탐사 시험보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2026년 04월 15일~24일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조	
시험 대상 표본 선정		재료시험 수량에 따른 표본 선정	
시험 한계(잡음원인 및 장애물)		없음	
측정기구	종 류	NJJ-95A(전자파레이더 방식)	
	제품번호	ED72983	
	매개변수	X-axis(측정방식)	레이더 방식
		depth(심도보정)	6~11 0. 1단계
	매개변수	300mm 미만	
시험 대상면에서나 안테나 위치, 방향		측정 대상 철근의 수직방향, 수평방향 측정	
시험을 통한 획득 정보		배근간격 및 피복두께	
전자파를 콘크리트 내로 방사하면 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율·도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계면에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 구한다. - 콘크리트 내의 전자파속도(V) $V = C / \sqrt{\epsilon_r} \ (m/s)$ 여기서, C : 진공중에서의 전자파속도 ϵ_r : 콘크리트의 비유전율 - 반사물체까지의 거리(D) $D = VT / 2 \ (m)$ 여기서, V : 콘크리트 내의 전자파속도 T : 왕복전파시간			
시험 성과표 참조			

다. 탄산화 깊이 측정

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



【사진 3.37】 탄산화 깊이 측정 현장사진

1) 탄산화 깊이 측정결과

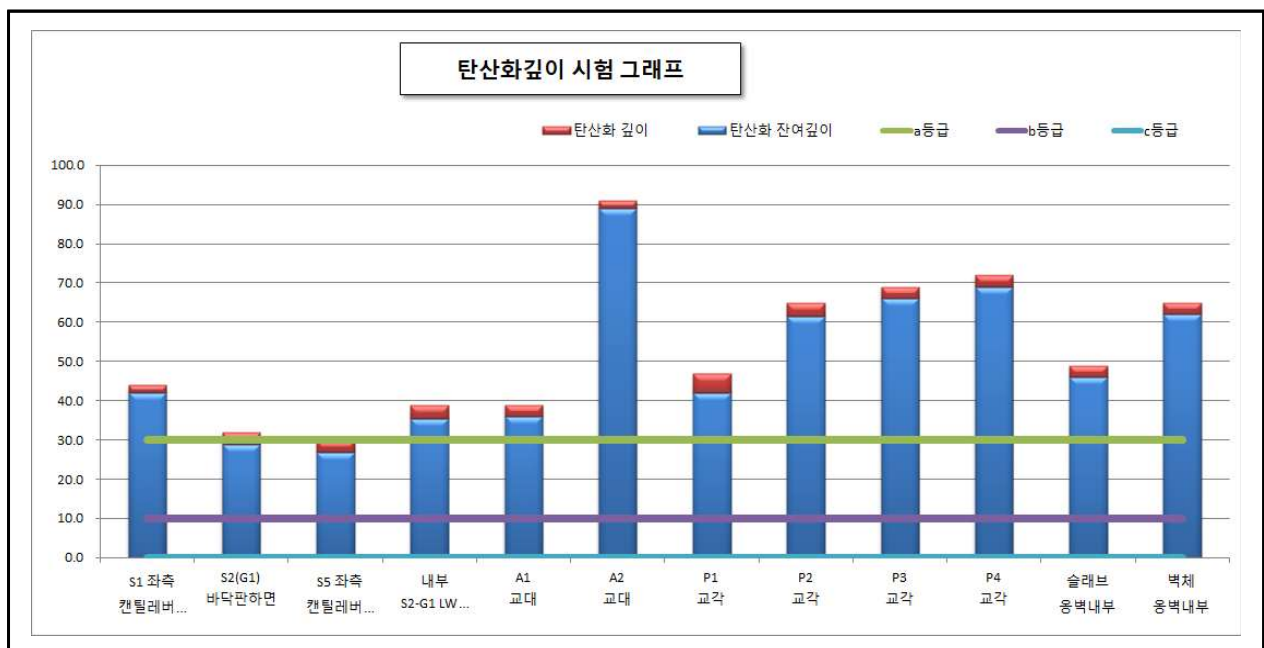
【표 3.66】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치	탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	경과년수	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	평가등급	비 고
S1 좌측 캔틸레버 바닥판하면	2.0	39.0	37.0	33	0.35	100년 이상	a등급	
S2(거더 내부 G1) 바닥판하면	3.0	32.0	29.0	33	0.52	100년 이상	b등급	
S5 좌측 캔틸레버 바닥판하면	3.0	30.0	27.0	33	0.52	100년 이상	b등급	
내부 S2-G1 LW 거더	3.5	39.0	35.5	33	0.61	100년 이상	a등급	
A1 교대	3.0	39.0	36.0	33	0.52	100년 이상	a등급	
A2 교대	2.0	40.5	38.5	33	0.35	100년 이상	a등급	
P1 교각	5.0	47.0	42.0	33	0.87	100년 이상	a등급	
P2 교각	3.5	65.0	61.5	33	0.61	100년 이상	a등급	
P3 교각	3.0	67.5	64.5	33	0.52	100년 이상	a등급	
P4 교각	3.0	67.5	64.5	33	0.52	100년 이상	a등급	
슬래브 옹벽내부	3.0	49.0	46.0	33	0.52	100년 이상	a등급	
벽체 옹벽내부	3.0	65.0	62.0	33	0.52	100년 이상	a등급	

- 탄산화 깊이 측정 결과, 바닥판 하면의 탄산화 깊이는 2.0~3.0mm, 거더는 3.5mm, 교대 및 교각은 2.0~5.0mm로 측정되었다. 전반적으로 철근까지의 잔여깊이는 30mm 이상 확보된 것으로 확인되었으며, 바닥판하면 일부 구간에서 잔여깊이가 30mm 미만으로 나타나 세부지침 기준상 “b”로 평가되었다. 다만, 해당 부재를 검토한 결과, 일부 구간에서 국부적으로 피복두께확보가 미흡한 것으로 확인되었으며, 탄산화 속도계수 및 잔존수명 등의 검토 결과를 종합적으로 고려할 때, 현재 단계에서 구조적 내구성에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

【표 3.67】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	2.0 ~ 3.5	27.0 ~ 37.0	
하부구조	2.0 ~ 5.0	36.0 ~ 64.5	



【그림 3.28】 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. 계남고가교의 상하부 구조를 대상으로 내구성 예측 서비스를 활용하여 100년 후 탄산화 깊이 및 탄산화 속도계수를 예측하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

【표 3.68】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

상부구조 - 바닥판하면 S1 좌측 캔틸레버	
피복두께(mm)	39.0
탄산화 진행깊이(mm)	2.0
잔여깊이(mm)	37.0
탄산화 속도계수	0.35
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(37)

A (탄산화 속도 계수)

0.34816

(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

상부구조 - 바닥판하면 S2 (거더 내부 G1)	
피복두께(mm)	32.0
탄산화 진행깊이(mm)	3.0
잔여깊이(mm)	29.0
탄산화 속도계수	0.52
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	b

탄산화 등급

b

(29)

A (탄산화 속도 계수)

0.52223

(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 3.68】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

상부구조 - 바닥판하면 S5 좌측 캔틸레버	
피복두께(mm)	30.0
탄산화 진행깊이(mm)	3.0
잔여깊이(mm)	27.0
탄산화 속도계수	0.52
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	b

탄산화 등급

b

(27)

A (탄산화 속도 계수)

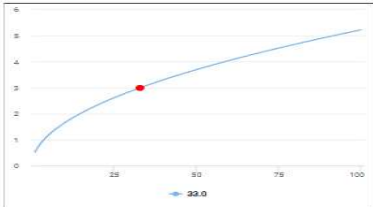
0.52223

(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



상부구조 - 거더 내부 S2-G1 LW	
피복두께(mm)	39.0
탄산화 진행깊이(mm)	3.5
잔여깊이(mm)	35.5
탄산화 속도계수	0.61
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(35.5)

A (탄산화 속도 계수)

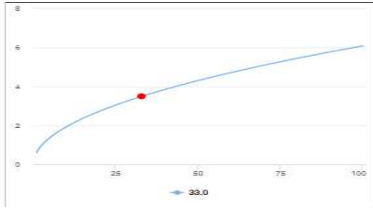
0.60927

(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 3.68】탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교대 A1	
피복두께(mm)	39.0
탄산화 진행깊이(mm)	3.0
잔여깊이(mm)	36.0
탄산화 속도계수	0.52
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(36)

A (탄산화 속도 계수)

0.52223
(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

하부구조 - 교대 A2	
피복두께(mm)	40.5
탄산화 진행깊이(mm)	2.0
잔여깊이(mm)	38.5
탄산화 속도계수	0.35
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(39)

A (탄산화 속도 계수)

0.34816
(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 3.68】탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교각 P1	
피복두께(mm)	47.0
탄산화 진행깊이(mm)	5.0
잔여깊이(mm)	42.0
탄산화 속도계수	0.87
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(42)

A (탄산화 속도 계수)

0.87039

(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

하부구조 - 교각 P2	
피복두께(mm)	65.0
탄산화 진행깊이(mm)	3.5
잔여깊이(mm)	61.5
탄산화 속도계수	0.61
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(61.5)

A (탄산화 속도 계수)

0.60927

(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 3.68】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교각 P3	
피복두께(mm)	67.5
탄산화 진행깊이(mm)	3.0
잔여깊이(mm)	64.5
탄산화 속도계수	0.54
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(65)

A (탄산화 속도 계수)
0.52223
(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

하부구조 - 교각 P4	
피복두께(mm)	67.5
탄산화 진행깊이(mm)	3.0
잔여깊이(mm)	64.5
탄산화 속도계수	0.54
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(65)

A (탄산화 속도 계수)
0.52223
(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)

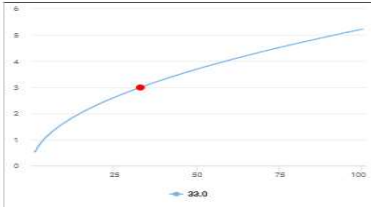
탄산화 등급

【표 3.68】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 옹벽내부 슬래브	
피복두께(mm)	49.0
탄산화 진행깊이(mm)	3.0
잔여깊이(mm)	46.0
탄산화 속도계수	0.52
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급	A (탄산화 속도 계수)	등급 산정 기준				
a (46)	0.52223 (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)



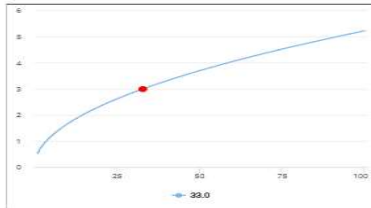
탄산화 등급



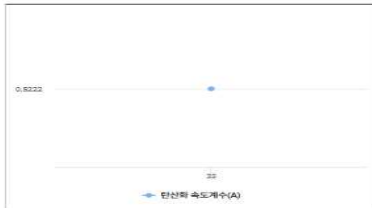
하부구조 - 옹벽내부 벽체	
피복두께(mm)	65.0
탄산화 진행깊이(mm)	3.0
잔여깊이(mm)	62.0
탄산화 속도계수	0.52
공용년수	33년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급	A (탄산화 속도 계수)	등급 산정 기준				
a (62)	0.52223 (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



3) 기 점검결과와의 비교

【표 3.69】탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전진단			2025년 정밀안전점검			2026년 정밀안전진단			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	7.6~10.2	22.3~63.9	b	6.8~9.2	30.8~42.8	a	2.0~3.5	27.0~37.0	b	
하부구조	8.5~12.3	30.4~76.6	a	9.1~10.2	46.8~61.4	a	2.0~5.0	36.0~64.5	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 시험 위치에 따른 편차로 인해 다소 차이는 있지만, 급격한 변화없이 유사하게 측정되었다. 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있으나 탄산화 속도계수 및 잔존수명 등의 검토 결과를 종합적으로 고려할 때, 현재 단계에서 구조적 내구성에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.									

4) 탄산화 깊이 시험보고서

【표 3.70】탄산화 깊이 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2026년 04월 15일~24일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
구조물경과년수	33년
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	보고서 '탄산화 깊이 측정' 참조
연한 적자색 변색 유무	유

라. 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 콘크리트 내부로 침투·축적된 염화물로 인한 철근 부식 가능성을 평가하기 위하여 실시하였다. 바닥판 하면, 교대 등 총 3개소에서 깊이별로 시료(분말)를 채취하였으며, 추정설계 피복두께와 철근탐사기를 이용하여 조사한 피복두께를 검토하여 철근매입부에 해당하는 염화물함유량을 평가자료로 활용하였다.



【사진 3.38】 염화물 함유량 시험 현장사진

1) 염화물 함유량 시험 결과

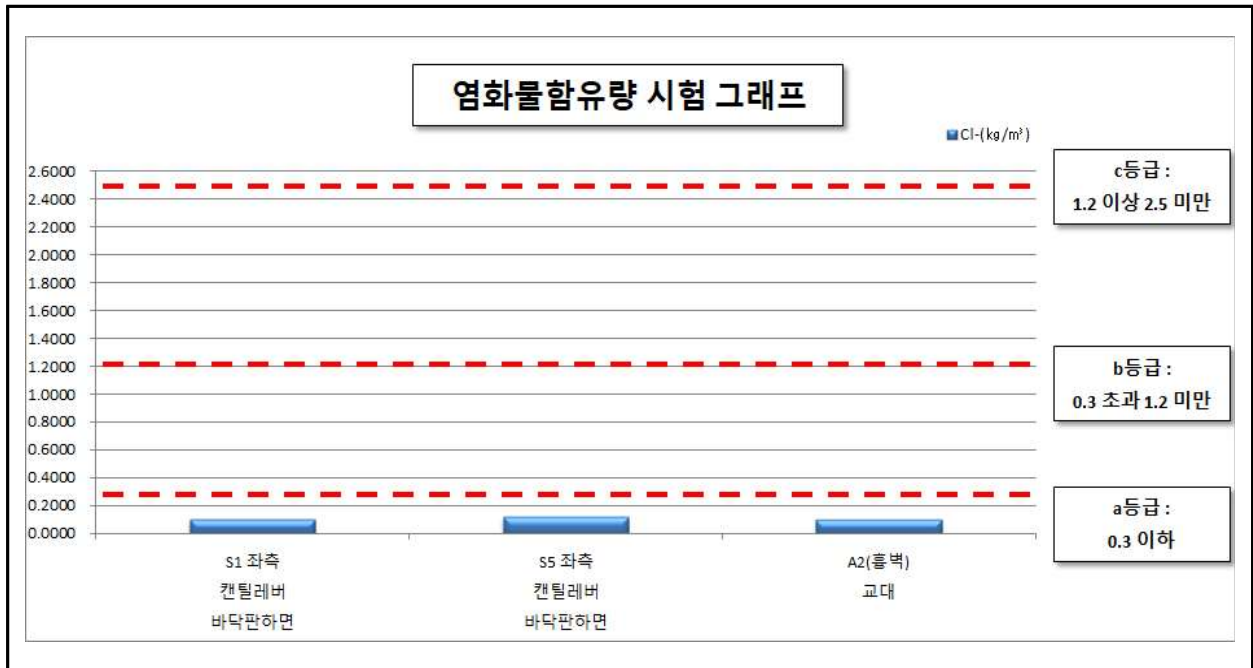
【표 3.71】 염화물 함유량 시험결과

위치		깊이 (mm)	염화물 함유량		등급	염화물 상태평가 기준
			Cl-(%)	Cl-(kg/m³)		
상부구조	S1 좌측 캔틸레버 바닥판하면	0~15	0.0159	0.3598	b	판정결과 a : 염화물 ≤ 0.3 b : 0.3 < 염화물 < 1.2 c : 1.2 ≤ 염화물 < 2.5 d : 염화물 ≥ 2.5 e : -
		15~30	0.0082	0.1856	a	
		30~철근	0.0045	0.1018	a	
	S5 좌측 캔틸레버 바닥판하면	0~15	0.0138	0.3123	b	
		15~30	0.0081	0.1833	a	
		30~철근	0.0053	0.1199	a	
하부구조	A2(홍벽) 교대	0~20	0.0146	0.3304	b	
		20~40	0.0078	0.1765	a	
		40~60	0.0056	0.1267	a	
		60~80	0.0044	0.0996	a	
		80~철근	0.0043	0.0973	a	

- 염화물 함유량 시험 결과, 표피층 일부 구간에서 염화물 함유량이 0.3kg/m³ 이상으로 확인되었으나, 염화물에 의한 철근 부식 가능성 여부는 철근 위치 부근의 함유량을 기준으로 판단하는 것이 적절하다고 판단된다. 철근매입부의 염화물 함유량은 상태평가기준 'a'에 해당하는 것으로 확인되었으며, 현재 기준으로는 염화물에 의한 철근 부식 발생 가능성은 낮은 것으로 확인된다.

【표 3.72】 염화물 함유량 시험 결과 분석

구 분	상부구조	하부구조	비고
염화물 함유량(kg/m ³)	0.1018 ~ 0.3598	0.0973 ~ 0.3304	



【그림 3.29】 염화물 함유량 시험 시험결과 그래프

2) 기 점검결과와의 비교

【표 3.73】 기 점검결과와의 비교

구분		2021년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	2026년 정밀안전진단	비고
염화물 함유량(kg/m ³)	상부구조	0.171 ~ 0.242	—	0.1018 ~ 0.3598	
	하부구조	0.264 ~ 0.608	—	0.0973 ~ 0.3304	
검토의견		■ 기존 조사 결과와 비교할 때 염화물 함유량에 일부 편차가 있으나 이는 조사 위치 및 시료 채취 깊이, 시험방법, 시료 채취 조건에 따른 측정값의 편차로 판단된다. 철근매입부 기준으로 염화물 함유량은 측정 전 개소에서 0.3kg/m³ 이하로 확인되어 상태평가기준 'a' 로 평가되었으며, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단된다.			

4) 염화물 함유량 시험보고서

【표 3.74】 염화물 함유량 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2026년 04월 15일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
골재 종류	보통골재(추정)
채취시료	굳은 콘크리트 분말
채취깊이	0~15mm, 15~30mm, 30~철근 0~20mm, 20~40mm, 40~60mm, 60~80mm, 80~철근
시험방법	KS F 2713
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	보고서 ‘염화물 함유량 시험’ 참조

마. 균열깊이조사

균열깊이조사는 철근 매입깊이 이상 발견 또는 관통 여부 등을 평가하는 항목으로, 현장시험 시 책임기술자의 판단에 따라 균열을 선정하여 조사하였으며, 철근탐사기로 피복두께를 측정하여 조사된 균열깊이와 비교 및 분석을 시행하였다.



【사진 3.39】 균열깊이 조사 현장사진

1) 균열깊이 조사 결과

【표 3.75】 염화물 함유량 시험 결과 분석

위치	균열폭 (mm)	전달거리 (mm)	초음파 전달시간(μ Sec)		균열깊이 (mm)	실측피복두께 (mm)	비고
			건전부(T_o)	균열부(T_c)			
거터외부 S5-G1	0.2	150	57.8	58.5	11.7	65.0	

- 균열깊이 조사결과, 균열깊이 11.7mm로 측정되어 조사부위의 피복두께 내의 표면균열로 검토되었으며, 균열에 의한 구조물 손상이나, 철근부식 등의 내구성 저하는 조사되지 않았다.

2) 균열깊이 조사 결과

【표 3.76】 기 점검결과와의 비교

구분	2021년 정밀안전진단		2026년 정밀안전진단		비고
	균열깊이(mm)	피복두께(mm)	균열깊이(mm)	피복두께(mm)	
균열깊이조사	150.9	39.0	11.7	65.0	
검토의견	■ 금회 측정값 분석 결과, 피복두께 이하로 깊이가 측정되어 양호함.				

3) 균열깊이조사 시험보고서

【표 3.77】 균열깊이조사 시험 보고서

구 분		내 용
시험일자		2026년 04월 15일
시험시간		09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치		시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물		계남고가교
시험 시 온도		16.2℃
콘크리트 내부의 함수 상태		기건 상태
시험한계(잡음원인 및 장애물)		없음
시험수량		1개소
측정기의 종류	초음파 전달속도 측정기	Pundit
	철근탐사기	NJJ-95A(전자파레이더 방식)
시험방법		$T_c - T_o$ 법
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)		보고서 ‘균열깊이조사’ 참조

바. 콘크리트 내구성 조사 결과요약

【표 3.78】금회 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고	
			측정결과	추정 설계 기준		
비파괴 강도 (MPa)	반발경도	바닥판하면	42.0 ~ 42.6	40.0	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다 소 차이는 있지만, 추정 설계강 도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.	
		거더	42.2 ~ 43.8	40.0		
		교대 및 교각, 옹벽내부	25.9 ~ 27.6	24.0		
	초음파속도	바닥판하면	40.0 ~ 40.9	40.0		
		거더	40.7 ~ 42.4	40.0		
		교대 및 교각, 옹벽내부	24.1 ~ 26.8	24.0		
철근탐사 (배근간격/ 피복두께) (mm)	상 부 구 조	바닥판 하면	종방향철근	160~200	39~69	■ 배근간격 및 피복두께는 추 정 설계값과 다소 차이가 있으 나 내구성에 문제는 없는 것으 로 확인되었다. 현재의 차이는 시공 시 발생 가능한 철근 배 치 편차, 구조부위별 단면 특성 차이, 비파괴 탐사장비의 측정 오차 등에 기인한 것으로 판단 된다.
			횡방향철근	125~160	30~44	
		거더	수직철근 (종방향)	125~190	39~55	
			수평철근 (횡방향)	130~200	57~82	
	하 부 구 조	교대 및 교각,	수직철근	120~300	39~96	
			수평철근	275~400	47~113	
		옹벽 내부	수직철근 (종방향)	200	65~69	
			수평철근 (횡방향)	165~230	49~79	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		27.0 ~ 37.0	b등급	■ 일부 부재가 탄산화 잔여깊이 를 30mm미만이나 탄산화 속도 계수 및 잔존수명 등의 검토 결 과를 종합적으로 고려할 때, 현 재 단계에서 구조적 내구성에 미치는 영향은 크지 않은 것으 로 판단된다.	
	하부구조		36.0 ~ 64.5	a등급		
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조		0.1018 ~ 0.3598		■ ‘a’ 등급으로 평가되어 염 화물에 의한 철근 부식이 발생 할 우려가 없는 것으로 판단된 다.	
	하부구조		0.0973 ~ 0.3304			
균열심도	상부 구조	균열폭 =0.2(mm)	균열깊이 (mm)	11.7	■ 균열깊이가 피복두께 미만으로 양호한 상태로 판단된다.	
종합 평가	• 콘크리트 내구성조사 결과 반발경도시험, 초음파전달속도시험 등을 통해 추정된 압축강도는 추정 설계기준강도를 만족하는 것으로 확인되었다. • 탄산화 깊이 및 염화물 함유량 시험 결과, 철근부식에 미치는 영향은 미미한 수준으로 판단된다.					

사. 기 점검과의 내구성조사 비교 결과요약

【표 3.79】 기 점검결과의 내구성조사 비교 결과요약

시험명	시험부위		2021년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		비고
비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	바닥판	40.4	~ 41.6	40.8	~ 41.9	42.0	~ 42.6	추정식, 측정 위치에 따른 편차가 일부 존 재하나 추정 설계강 도를 100% 상회하고 있는 것으로 확인되 어 콘크리트의 강도 상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단 된다.
		거더	40.7	~ 41.9	41.7	~ 42.7	42.2	~ 43.8	
		교대 및 교각, 옹벽 내부	25.3	~ 26.2	25.6	~ 27.8	25.9	~ 27.6	
	초음파 속도	바닥판	41.8	~ 42.3	-		40.0	~ 40.9	
		거더	41.4	~ 42.7	-		40.7	~ 42.4	
		교대 및 교각, 옹벽 내부	26.5	~ 27.1	-		24.1	~ 26.8	
철근 탐사 (mm) (배근 간격/ 피복 두께)	바닥판 하면	종방향 철근	175~225	30~85	-	-	160~200	39~69	배근간격 및 피복두 께는 추정 설계값과 다소 차이가 있으나 내구성에 문제는 없 는 것으로 확인되었 다. 현재의 차이는 시 공 시 발생 가능한 철근 배치 편차, 구조 부위별 단면 특성 차 이, 비파괴 탐사장비 의 측정 오차 등에 기인한 것으로 판단 된다.
		횡방향 철근	145~155	45~102	-	-	125~160	30~44	
	거더	수직 철근 (중)	140~160	32~70	-	-	125~190	39~55	
		수평 철근 (횡)	185~225	40~85	-	-	130~200	57~82	
	교대 및 교각,	수직 철근	135~310	65~110	-	-	120~300	39~96	
		수평 철근	275~310	55~100	-	-	275~400	47~113	
	옹벽 내부	수직 철근 (중)	120~255	39~47	-	-	200	65~69	
		수평 철근 (횡)	145~310	49~60	-	-	165~230	49~79	

【표 3.79】 기 점검결과의 내구성조사 비교 결과요약 (계속)

시험명	시험부위		2021년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	2026년 정밀안전진단	비고
탄산화 깊이 (mm)	잔여 깊이	상부 구조	22.3 ~ 63.9	30.8 ~ 42.8	27.0 ~ 37.0	측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 급격한 진전은 없는 상태로 확인되며, 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있으나 탄산화 속도계수 및 잔존수명 등의 검토 결과를 종합적으로 고려할 때, 현재 단계에서 구조적 내구성에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.
		하부 구조	30.4 ~ 76.6	46.8 ~ 61.4	36.0 ~ 64.5	
염화물 함유량 시험 (kg/m³)	상부구조		0.171 ~ 0.242	—	0.1018 ~ 0.3598	기존 결과와 비교 시 양호하게 측정된 것이 확인되었으며, 이는 측정위치 및 채취 깊이 등에 따른 편차로 염화물에 의한 철근부식의 영향가능성은 낮은 것으로 판단된다.
	하부구조		0.264 ~ 0.608	—	0.0973 ~ 0.3304	
균열 깊이 측정	상부 구조	균열폭 =0.2 (mm)	150.9	—	11.7	기존 결과와 금회 시험은 시험 부위가 각각 바닥판과 거더로 상이하여 직접적인 비교·분석에는 한계가 있으며, 금회 실시한 시험 결과 균열깊이가 피복두께 내에 국한된 것으로 확인되어 구조적 및 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.