

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

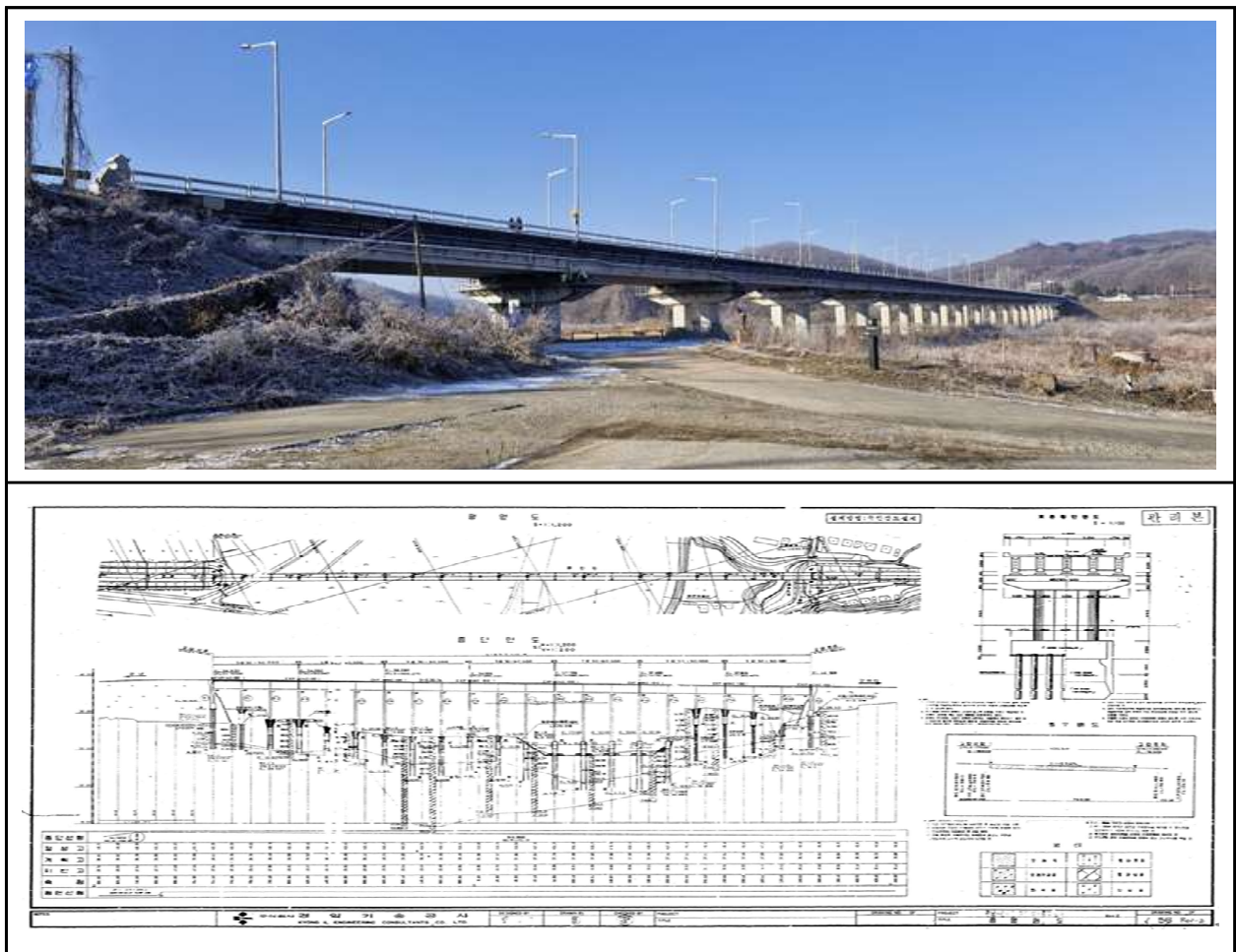
3.6 콘크리트 내구성 조사

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 시설물 및 현장조사 현황

본 과업의 대상 교량인 ‘북삼교’는 경기도 연천군 군남면 삼거리~왕징면 북삼리 일대에 위치하고 있으며, 총연장 630.0m, 교폭 11.0m의 왕복 2차로으로 상부구조는 PSCI Girder, 최대 경간장은 30.0m로 하부구조는 역T형 교대, π 형 교각, 신축이음장치 레일조인트, 핑거조인트(P18), 교량받침은 탄성받침으로 시공되어있다.

2000년 12월 28일에 준공되어 약 25년이 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 종평면도

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	
	PSCI 거더	- 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 - 누수, 백태, 표면오염 - 정착단 누유, 파손	
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
	
거더 전경	가로보 전경
	
교대 A1 전경	교대 A2 전경

【사진 3.2】 부재별 전경 및 현장사진(계속)

	
교각 P2~P10 전경	교각 P11~P16 전경
	
신축이음장치 전경	교량받침 전경
	
난간 및 연석 전경	배수시설 전경

【사진 3.2】 부재별 전경 및 현장사진(계속)

교량 점검시설 전경	제원판 전경
가로등 전경	방음벽 전경
부착시설물(좌측) 전경	부착시설물(우측) 전경

【사진 3.2】 부재별 전경 및 현장사진(계속)

	
도보점검 전경	도보점검 전경
	
부재치수 측정 전경 #1	부재치수 측정 전경 #2
	
반발경도시험 전경	탄산화측정시험 전경

【사진 3.2】 부재별 전경 및 현장사진(계속)

3.3 주변환경 및 하중변화

북삼교는 경기도 연천군 군남면 삼거리~왕징면 북삼리 일대에 위치하는 1종 시설물로서 S1 군왕로, S11~S16 임진강, S18~21 북삼로20번길을 횡단하는 국지도78(군왕로) 교량이며, FMS(시설물통합정보관리시스템) 및 관리주체인 경기도 건설본부 북부도로과에 보관중인 준공도서를 검토한 결과, 준공시 고려되었던 하중이외의 추가하중은 없는 것으로 검토되었다.

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

【표 3.2】 하중변화 검토내용

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

	
하부 교차 시설 전경	상부 전경
	
부착시설물(좌측) 전경	부착시설물(우측) 전경

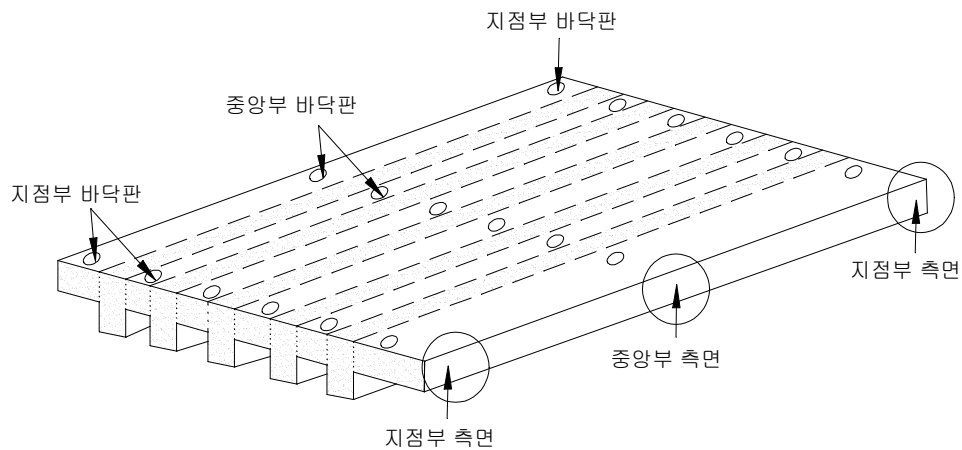
【사진 3.3】 주변환경 및 하중변화 전경

3.4 현장조사의 개요

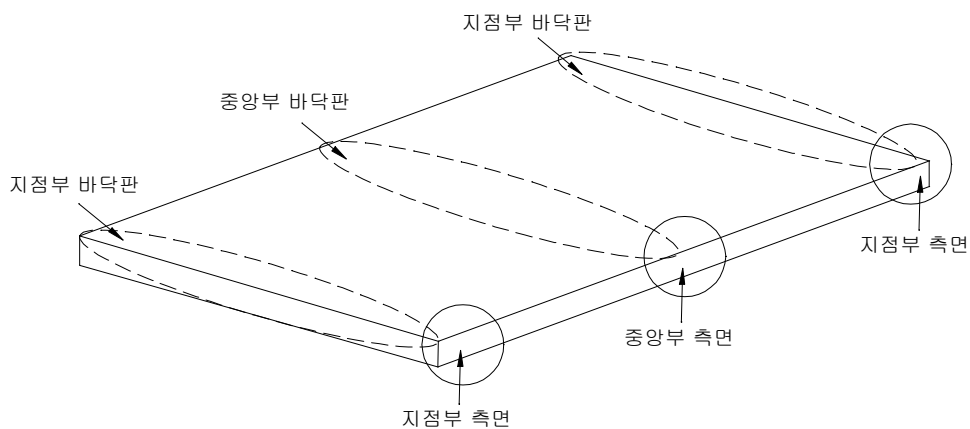
3.4.1 시설물의 점검사항

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



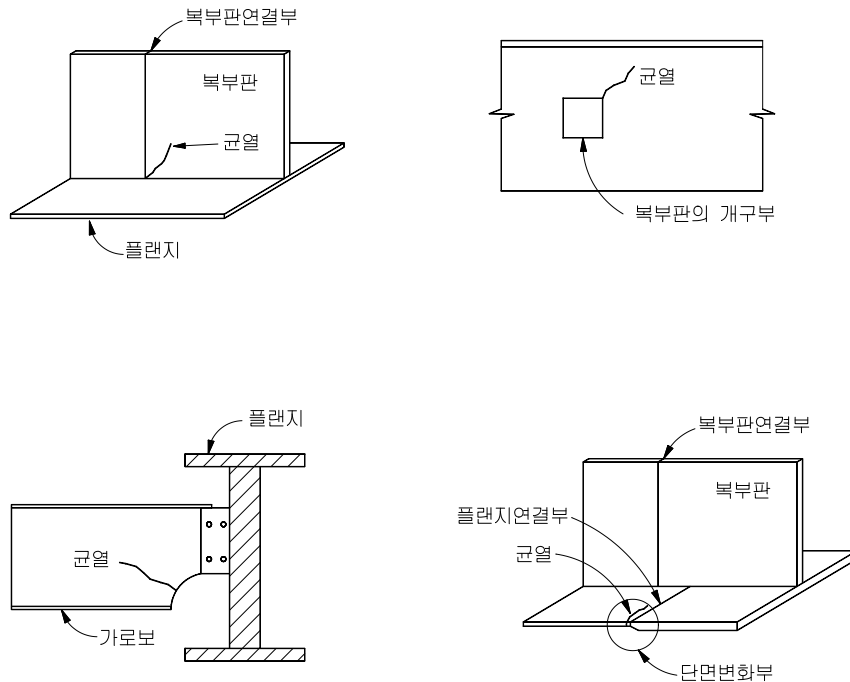
< 거더가 있는 경우의 바닥판점검부위 >



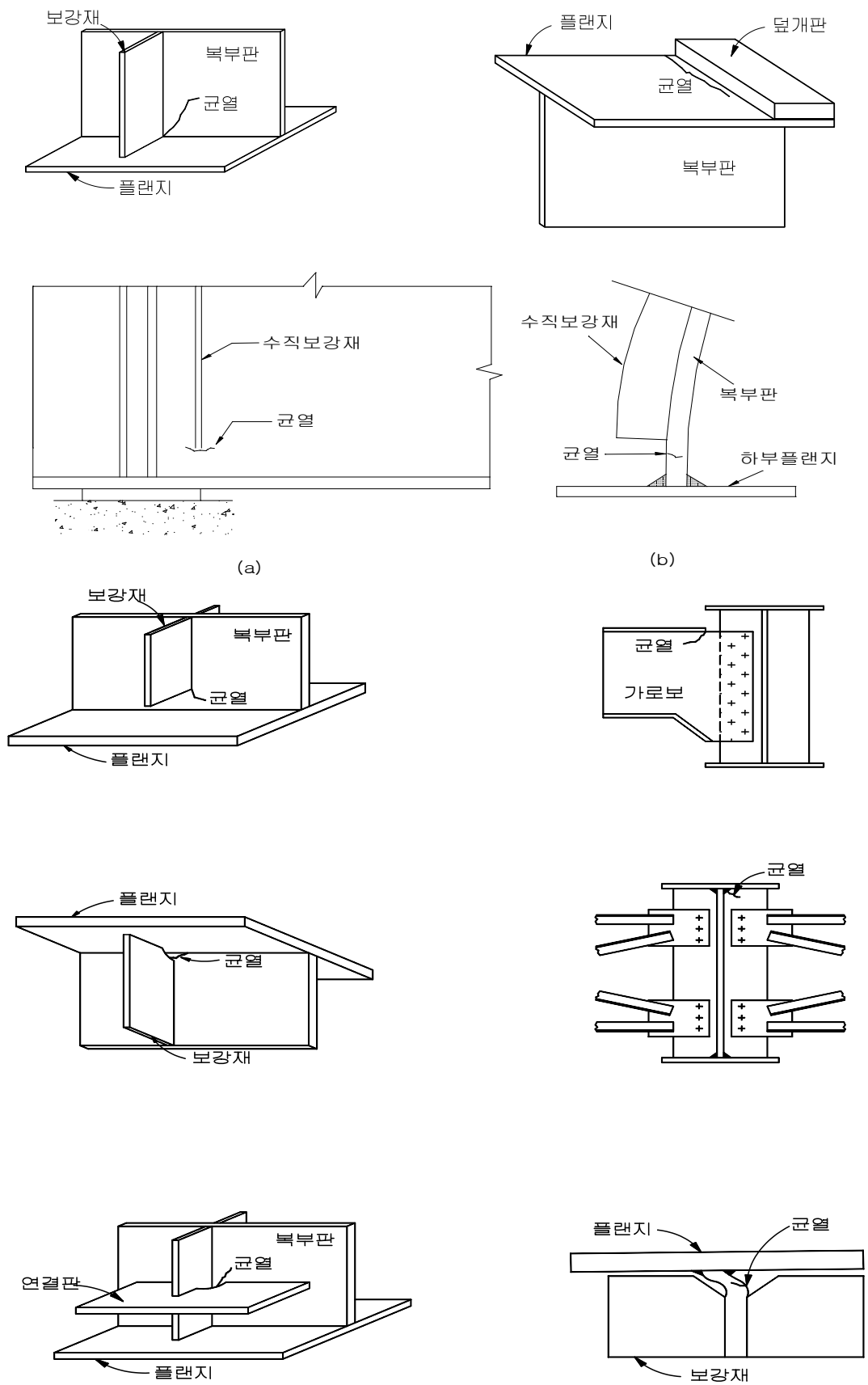
< 거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위 >

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



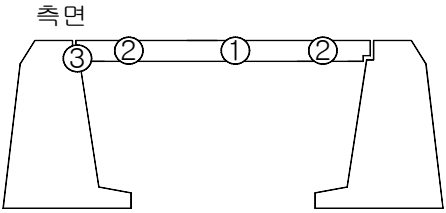
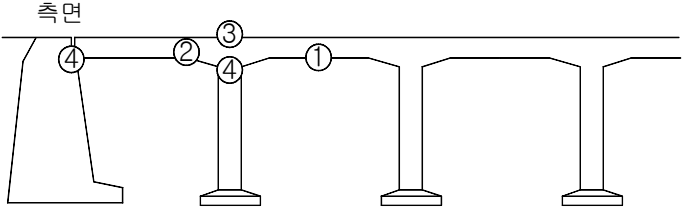
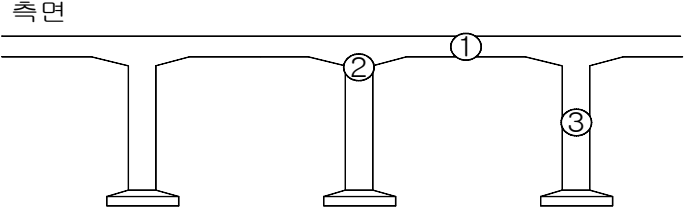
< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 - 1 >

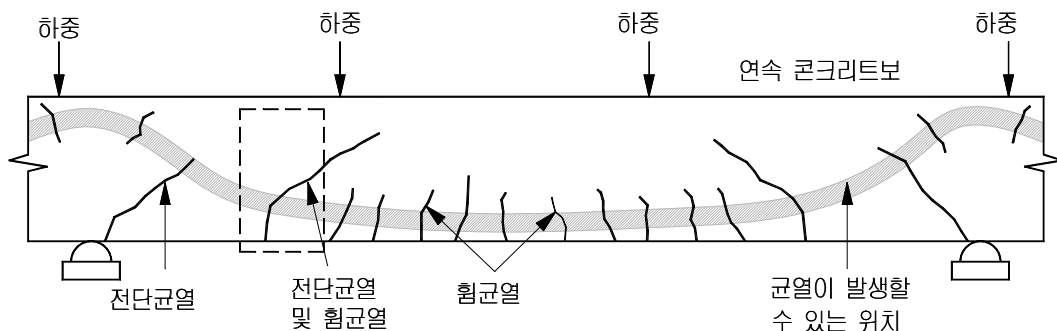


< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 - 2 >

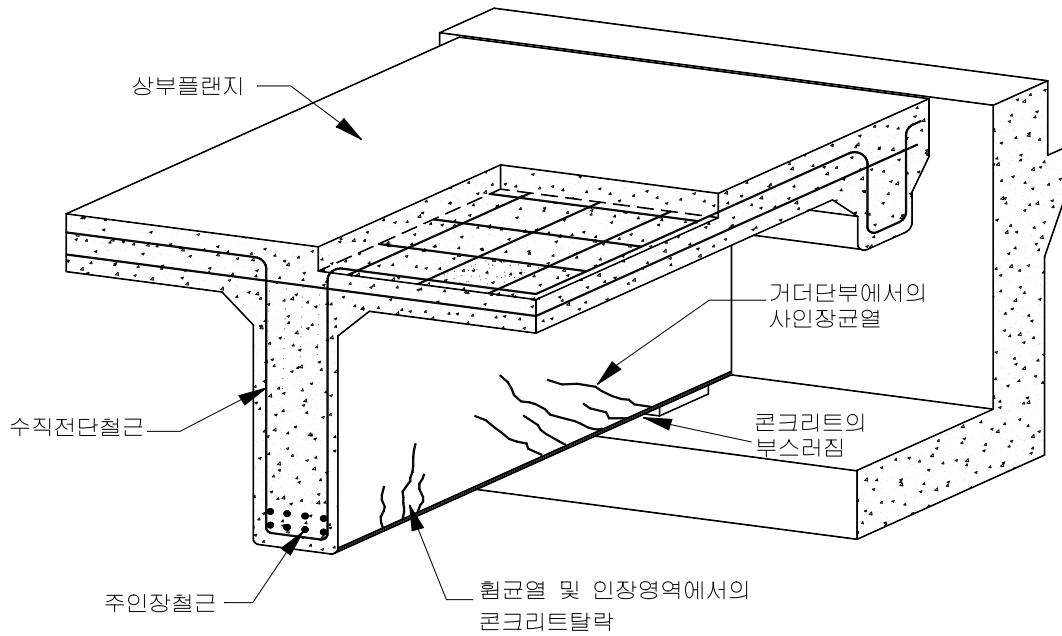
다. 철근콘크리트 거더

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



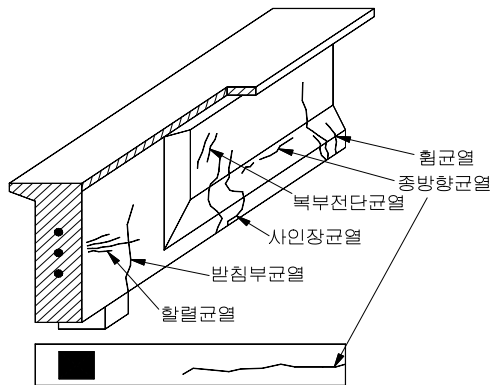
< 콘크리트 거더에 발생하는 균열의 유형과 위치 >



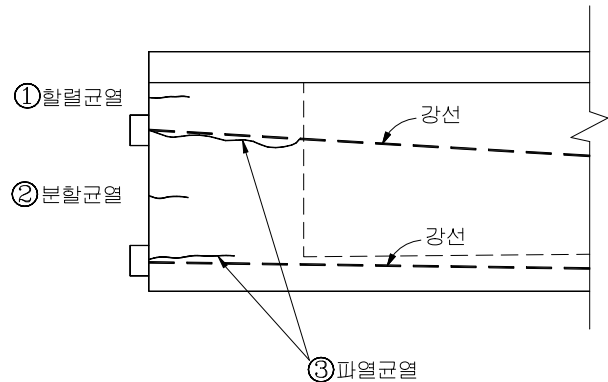
< 철근콘크리트 거더의 점검부위 >

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



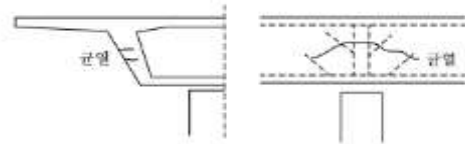
< PSC I빔의 점검부위 >



< 정착구역의 국부균열 >



< PSC 박스거더의 균열 >



< PSC 박스거더의 균열 >

마. 콘크리트 가로보

점검부위	손상종류
▷ 공통	○ 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태 (유리석회)
▷ 철근콘크리트 가로보	○ 박락 (파손), 철근노출 ○ 경사균열 (거더의 상대처짐 의심)
▷ 프리스트레스트 콘크리트 가로보	○ 쉬스관 노출 및 파손 ○ 정착부 균열 및 파손

바. 강 가로보와 세로보

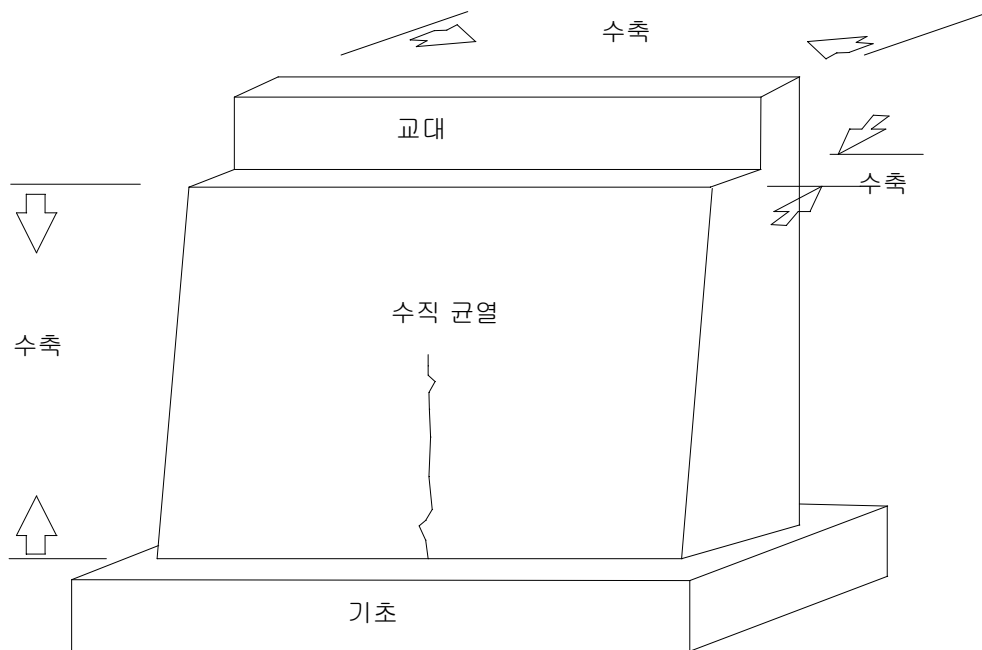
점검부위	손상종류
▷ 공통	○ 도장 손상 및 부식 ○ 현장이음부 볼트손상, 누수 ○ 이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	○ 피로균열
▷ 2차부재	○ 가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ○ 하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ○ 거세트관 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	○ 용접부 및 용접부 주변 균열

사. 케이블

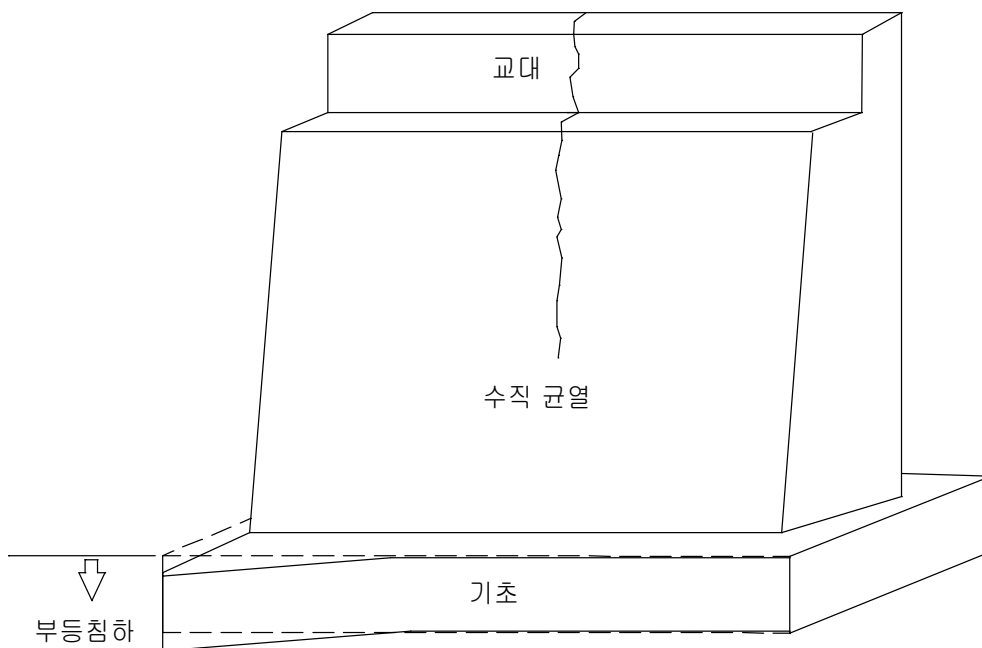
점 검 부 위	손 상 종 류
▷케이블 부재	○도장 손상 및 부식 ○부식으로 인한 케이블 단면 손상 ○케이블 변형 및 꺾임 ○외부 및 내부 소선 단선
▷보호관	○보호관의 파손
▷정착구	○강재 정착구의 도장 손상 및 부식 ○콘크리트 정착구의 파손, 누수 및 체수 ○정착구 댐퍼 파손
▷행어밴드, 새들	○도장 열화 및 부식 ○고정볼트 이완, 탈락 ○변형 및 파손

아. 교대

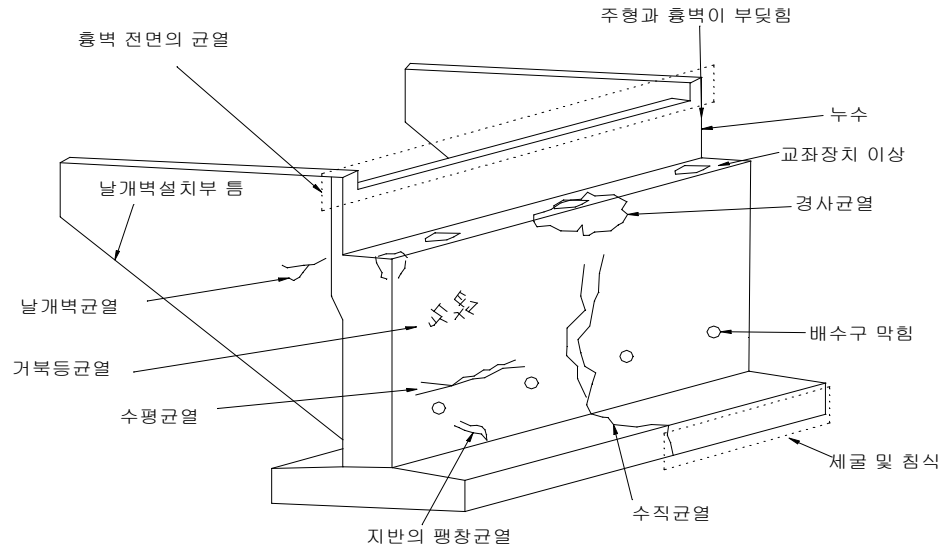
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교대 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 균열 및 파손 ○두부와 홍벽 경계부 균열 ○거더와 홍벽 신축유간 부족
▷벽체	○수직균열 및 침하 ○구체와 날개벽 분리 ○구체부 배수구 막힘 ○수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	○날개벽 이동, 전도 ○석축이 있는 경우 사면붕괴



< 온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열 >



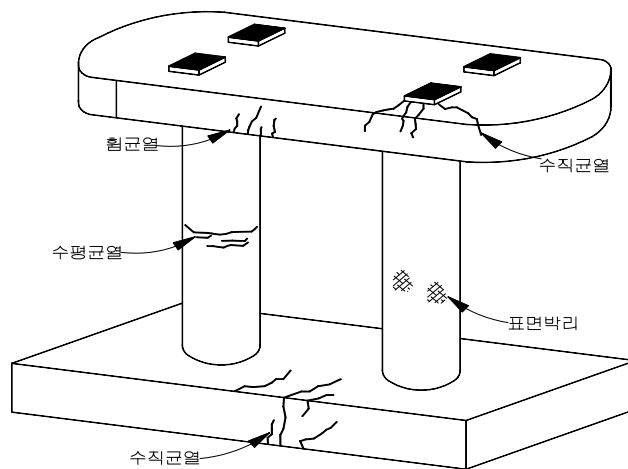
< 부등침하로 인한 교대의 수직균열 >



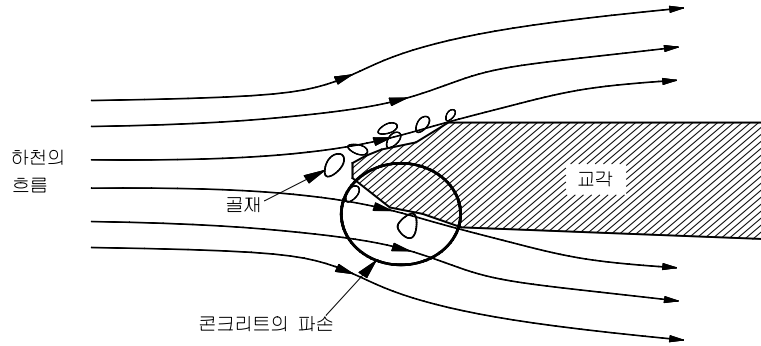
< 교대의 점검부위 >

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 ○반침부 하부 균열 및 파손
▷벽체	○시공이음부 균열 ○이동 또는 기울음 ○수면접촉부 침식



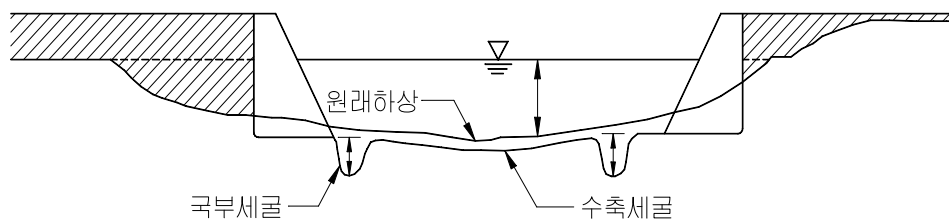
< 콘크리트 교각의 점검부위 >



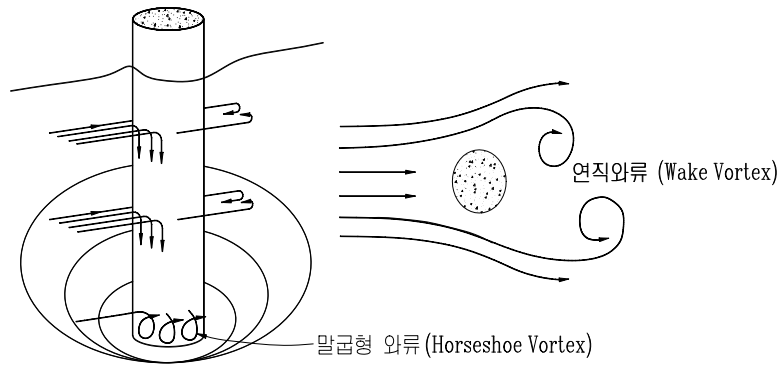
< 유수에 의한 콘크리트 교각의 침식 >

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



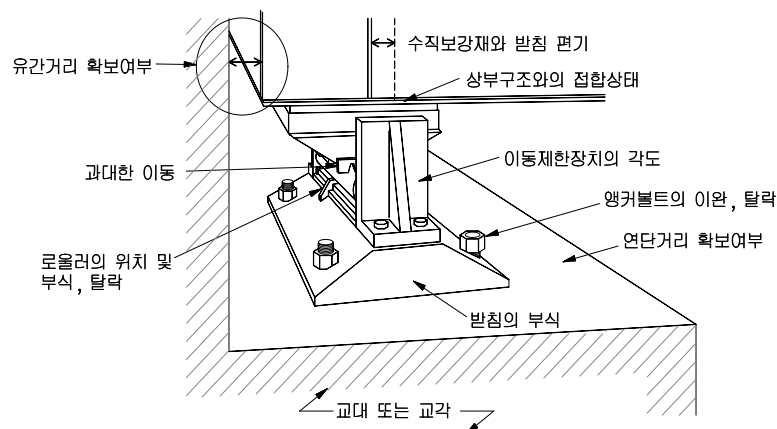
< 수축세굴과 국부세굴 >



< 원형기초의 국부세굴 >

카. 교량받침

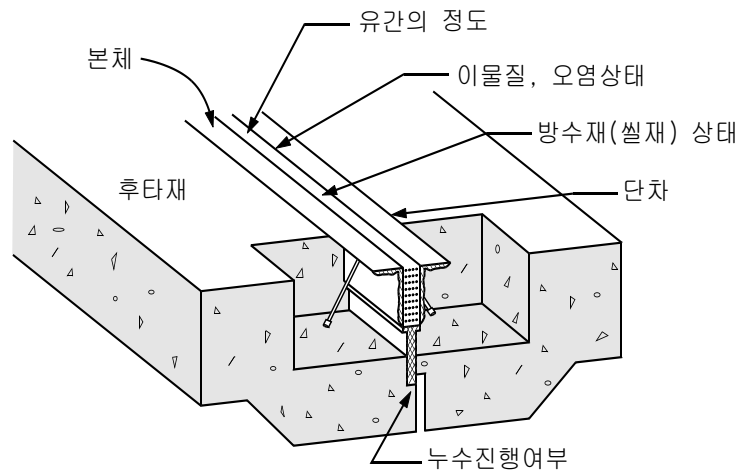
점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 본체	- 공동	- 가동받침의 신축유간 부족 - 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 - 받침과 거더의 밀착상태 - 수직보강재와 받침 편기상태 - 받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	- 가동면 부식 - 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 탄성받침	- 부풀음 및 갈라짐 - 고무판의 과도한 변형
▷ 받침콘크리트		- 앵커볼트 파손, 절단 - 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 - 교각두부 균열



< 교량받침 점검부위 >

타. 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

- 북삼교는 PSCI Girder 총 21경간으로 이루어져 있으며, 연장 L=630.0m, 폭 11.0m(왕복 2차로) 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차 및 드론을 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.4】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 재료분리, 층분리, 철근노출, 파손 및 철근노출, 그을림, 외부인 불법설치 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.3】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		재료분리 (㎡/개소)		층분리 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)	
S1	—	—	0.18	1	—	—	—	—
S8	—	—	—	—	0.40	1	—	—
S9	—	—	—	—	0.23	2	0.03	1
S13	1.00	1	—	—	—	—	—	—
S19	0.80	1	—	—	—	—	—	—
합계	1.80	2	0.18	1	0.63	3	0.03	1

※ 손상이 발생한 경간에 대한 손상물량만 기입함.

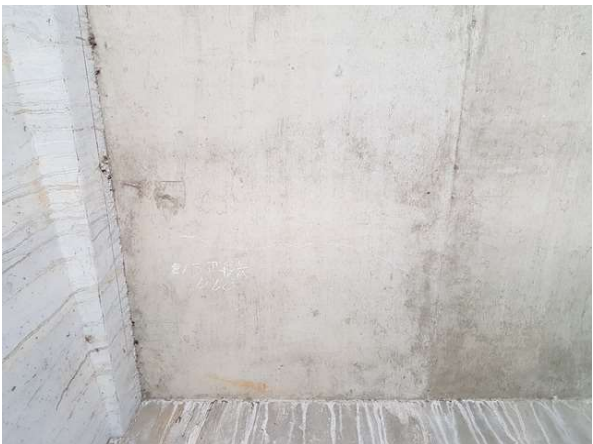
【표 3.3】 바닥판하면 현장조사 결과(계속)

구분	파손 및 철근노출 (㎡/개소)		그울림 (㎡/개소)		외부인 불법설치 (개소/개소)	
S4	0.10	1	—	—	—	—
S6	0.15	1	—	—	—	—
S15	0.16	1	—	—	—	—
S16	0.40	2	—	—	—	—
S17	—	—	8.00	1	—	—
S18	0.50	1	—	—	4.00	4
S19	0.50	1	—	—	—	—
합계	1.81	7	8.00	1	4.00	4

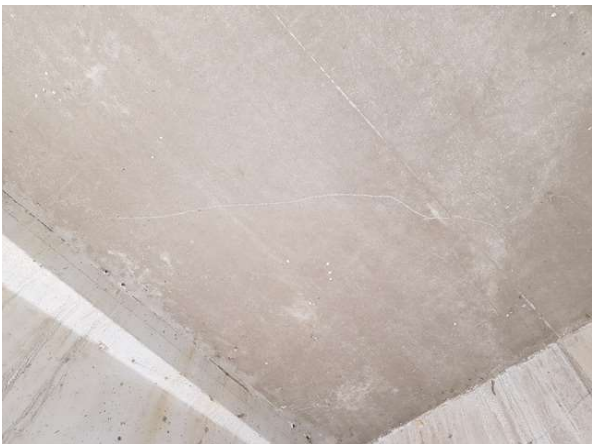
※ 손상이 발생한 경간에 대한 손상물량만 기입함.

			
손상현황	• S1 재료분리(0.3m×0.6m)	손상현황	• S4 파손 및 철근노출(1.0m×0.1m)
원 인	• 다짐미흡	원 인	• 다짐미흡, 우수유입, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수(방청)

【사진 3.5】 바닥판하면 손상현황

			
손상현황	• S6 파손 및 철근노출(0.5m×0.3m)	손상현황	• S8 충분리(0.4m×1.0m)
원 인	• 다짐미흡, 우수유입, 거푸집 조기탈거	원 인	• 다짐미흡, 손상부 우수유입
조치방안	• 단면보수(방청)	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S9 철근노출(0.3m×0.1m)	손상현황	• S9 충분리(0.3m×0.1m)
원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈거	원 인	• 다짐미흡, 손상부 우수유입
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S13 균열(0.3mm미만)	손상현황	• S15 파손 및 철근노출(0.4m×0.4m)
원 인	• 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거	원 인	• 다짐미흡, 우수유입, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수(방청)

【사진 3.5】 바닥판하면 손상현황(계속)

			
손상현황	• S16 파손 및 철근노출(1.0m×0.2m)	손상현황	• S17 그을림(4.0m×2.0m)
원 인	• 다짐미흡, 우수유입, 거푸집 조기탈거	원 인	• 하부 화재
조치방안	• 단면보수(방청)	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S18 불법설치(4EA)	손상현황	• S18 불법설치(4EA)
원 인	• 외부인 불법설치	원 인	• 외부인 불법설치
조치방안	• 철거	조치방안	• 철거
			
손상현황	• S19 균열(0.3mm미만)	손상현황	• S19 파손 및 철근노출(1.0m×0.5m)
원 인	• 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거	원 인	• 다짐미흡, 우수유입, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수(방청)

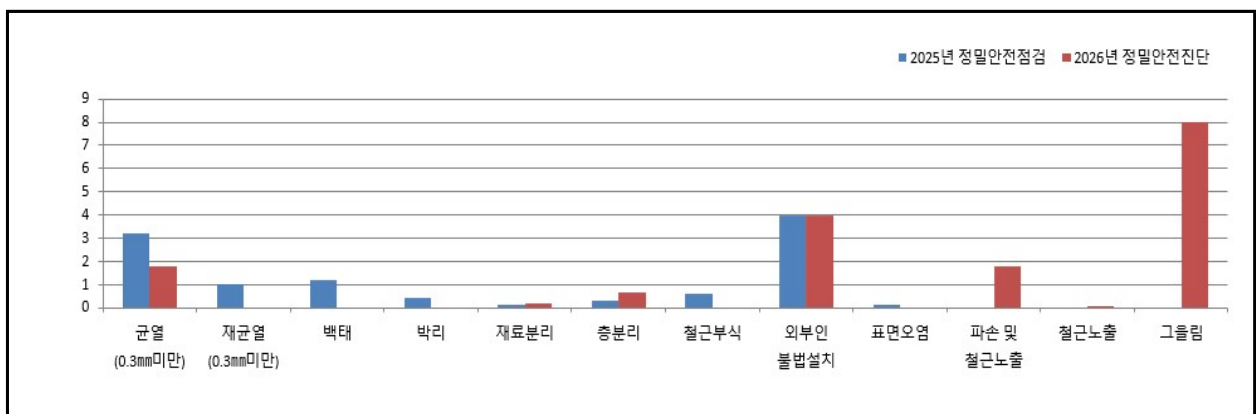
【사진 3.5】 바닥판하면 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만), 재료분리, 층분리, 외부인 불법설치 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 재료분리, 층분리, 파손 및 철근노출, 철근노출, 그을림 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 균열 및 재균열(0.3mm미만), 백태, 박리, 재료분리, 층분리, 철근부식, 표면오염 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.4】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	3.20	4	1.80	2	▼ 1.40	보수실시
	재균열(0.3mm미만)	m	1.00	1	—	—	▼ 1.00	보수실시
	백태	m ²	1.22	7	—	—	▼ 1.22	보수실시
	박리	m ²	0.40	3	—	—	▼ 0.40	보수실시
	재료분리	m ²	0.12	2	0.18	1	▲ 0.06	보수실시 신규손상
	층분리	m ²	0.32	4	0.63	3	▲ 0.31	보수실시 신규손상
	철근부식	m ²	0.62	7	—	—	▼ 0.62	보수실시
	불법설치	EA	4.00	4	4.00	4	— —	변동없음
	표면오염	m ²	0.12	1	—	—	▼ 0.12	보수실시
	파손 및 철근노출	m ²	—	—	1.81	7	▲ 1.81	신규손상
	철근노출	m ²	—	—	0.03	1	▲ 0.03	신규손상
	그을림	m ²	—	—	8.00	1	▲ 8.00	신규손상



【그림 3.1】 바닥판하면 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 바닥판하면에서 조사된 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 조사된 손상은 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성 확보차원의 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 재료분리, 층분리의 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 철근노출, 파손 및 철근노출의 경우 공용기간 중 다짐미흡부 우수유입, 다짐미흡, 거푸집 조기탈거 등으로 인한 손상으로 판단되며, 점검당시 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 지속적인 우수유입으로 층분리, 박락, 내구성저하 등의 손상 진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위한 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요하다.
- 조사된 그을림의 경우 교량하부 인위적인 화재(농작물)로 인한 손상으로 판단되며, 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 미관을 고려해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 외부인 불법설치의 경우 주변 주민이 경작물 보관을 위하여 불법으로 경작물보관소를 설치한 것으로 보이며, 시설물의 원활한 유지관리를 실시하기 위하여 철거가 필요하다고 판단된다.

나. PSCI 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 PSCI Girder는 총 21경간 5열 배치되어 있으며, 연장은 L=630.0m 폭 11.0m(왕복 2차로) 고강도 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 거더에 대한 현장조사는 점검차 및 드론을 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.6】 거더 전경

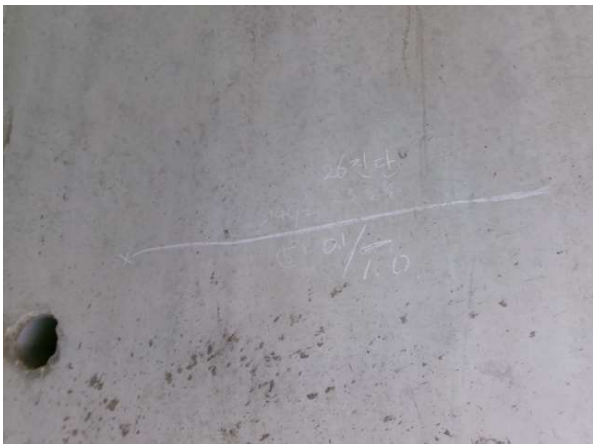
2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 재료분리, 파손, 층분리, 그을림 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.5】 거더 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		재료분리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		층분리 (㎡/개소)		그을림 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—	0.09	1	—	—	—	—
S2	—	—	0.05	1	0.01	1	—	—	—	—
S7	—	—	—	—	0.02	2	—	—	—	—
S14	1.00	1	—	—	—	—	—	—	—	—
S17	—	—	0.40	3	—	—	—	—	16.00	2
S18	—	—	—	—	0.04	1	0.05	1	—	—
S19	—	—	—	—	0.05	2	0.40	2	—	—
S21	—	—	0.16	2	0.02	2	—	—	—	—
합계	1.00	1	0.61	6	0.23	9	0.45	3	16.00	2

※ 손상이 발생한 경간에 대한 손상물량만 기입함.

			
손상현황	• S1-G5 파손 (0.3m×0.3m)	손상현황	• S2-G4 재료분리 (0.5m×0.1m)
원 인	• 외부충격	원 인	• 다짐미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S2-G5 인양홀 파손 (0.1m×0.1m)	손상현황	• S7-G3 인양홀 파손 (0.1m×0.1m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S7-G3 파손 (0.1m×0.1m)	손상현황	• S14-G2 균열 (0.3mm미만)
원 인	• 외부충격 등	원 인	• 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리

【사진 3.7】 거더 손상현황

			
손상현황	• S17-G1 그을림(4.0m×2.0m)	손상현황	• S17-G5 재료분리(0.2m×1.0m)
원 인	• 하부 화재	원 인	• 다짐미흡
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S18-G1 층분리(0.1m×0.5m)	손상현황	• S19-G1 층분리(0.1m×0.5m)
원 인	• 다짐미흡, 손상부 우수유입	원 인	• 다짐미흡, 손상부 우수유입
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S19-G4 파손(0.1m×0.1m)	손상현황	• S21-G1 재료분리(0.6m×0.1m)
원 인	• 외부충격	원 인	• 다짐미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 3.7】 거더 손상현황(계속)

			
손상현황	• S21-G1 인양홀 파손(0.1m×0.1m)	손상현황	• S21-G1 파손(0.1m×0.1m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 외부충격
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S21-G4 재료분리(1.0m×0.1m)	손상현황	• S1 기보수부 상태양호
원 인	• 다짐부족	원 인	• -
조치방안	• 단면보수	조치방안	• -
			
손상현황	• S8 기보수부 상태양호	손상현황	• S16 기보수부 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

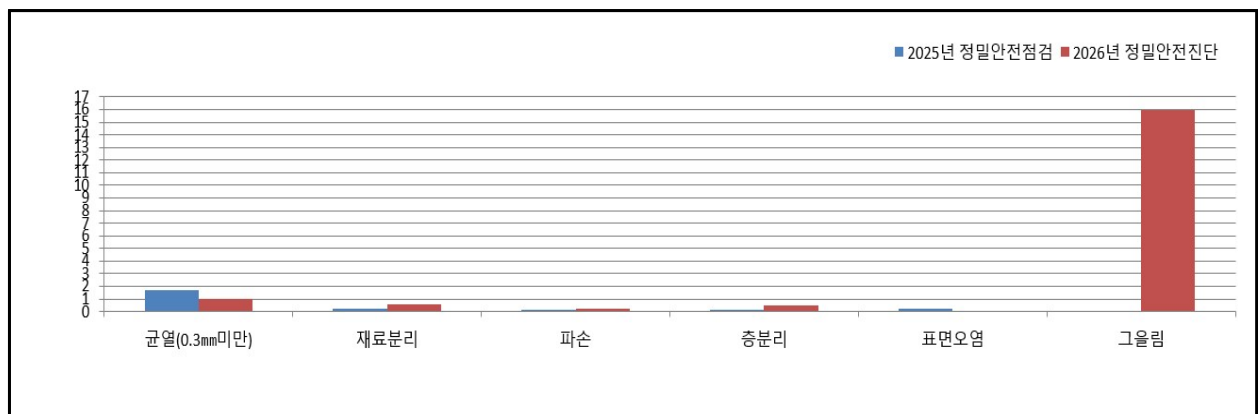
【사진 3.7】 거더 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만), 재료분리, 파손, 층분리 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 균열(0.3mm미만), 재료분리, 파손, 층분리, 그을림 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 균열(0.3mm미만), 파손, 표면오염 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.6】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	균열(0.3mm미만)	m	1.70	5	1.00	1	▼ 0.70	보수실시 신규손상
	재료분리	m ²	0.20	2	0.61	6	▲ 0.41	신규손상
	파손	m ²	0.11	7	0.23	9	▲ 0.12	보수실시 신규손상
	층분리	m ²	0.11	2	0.45	3	▲ 0.34	손상증가 신규손상
	표면오염	m ²	0.25	1	—	—	▼ 0.25	보수실시
	그을림	m ²	—	—	16.00	2	▲ 16.00	신규손상



【그림 3.2】 거더 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 거더에서 조사된 균열(0.3mm미만)의 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, 파손의 경우 시공초기 다짐미흡, 외부충격, 시공당시에 거더를 안착하면서 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 층분리의 경우 신축이음장치 하부에 발생하여 공용기간 중 신축이음 하부 누수로 인한 손상부 우수유입, 우수유입부 반복적인 동결융해 등에 의하여 발생한 손상으로 지속적인 우수유입으로 인한 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위하여 신축이음 하부 누수 보수와 연계한 단면보수 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 그을림의 경우 교량하부 화재로 인한 손상으로 판단되며, 내구성조사 실시결과, 손상으로 인한 내구성저하는 없는 것으로 조사되었다. 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나, 미관을 고려해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

다. 2차부재(가로보)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거터의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 점검차 및 드론을 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.8】 가로보 전경

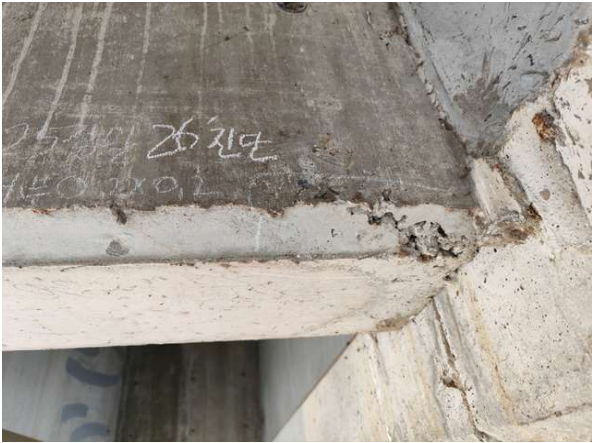
2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 재료분리, 박락 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.7】 가로보 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)	
S1	0.10	2	—	—
S15	0.04	1	—	—
S16	—	—	0.12	3
합계	0.14	3	0.12	3

※ 손상이 발생한 경간에 대한 손상물량만 기입함.

			
손상현황	• S1 재료분리(0.2m×0.2m)	손상현황	• S1 재료분리(0.2m×0.3m)
원 인	• 다짐미흡	원 인	• 다짐미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S15 재료분리(0.2m×0.2m)	손상현황	• S16 박락(0.2m×0.2m)
원 인	• 다짐미흡	원 인	• 다짐미흡, 윤하중, 진동
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S16 박락(0.2m×0.2m)	손상현황	• S9 기보수부 상태양호
원 인	• 다짐미흡, 윤하중, 진동	원 인	• -
조치방안	• 단면보수	조치방안	• -

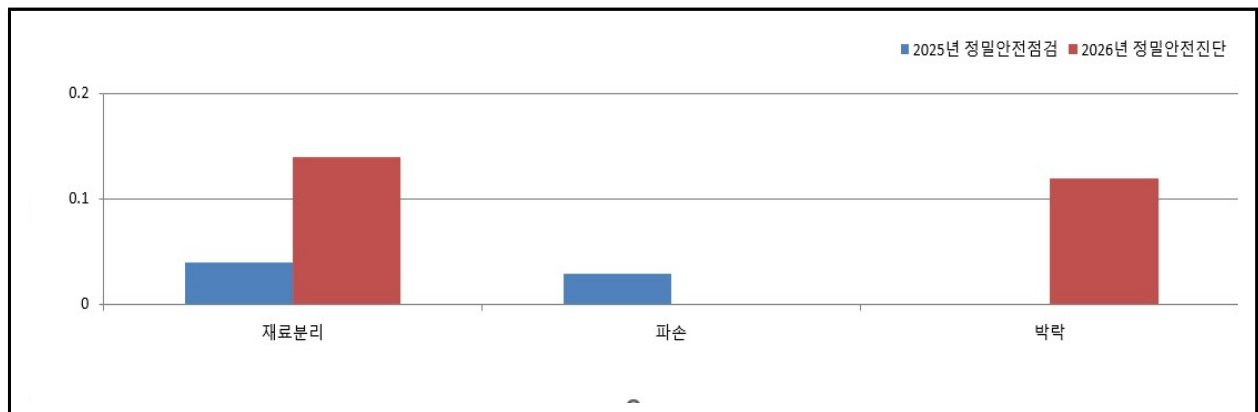
【사진 3.9】 가로보 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 재료분리, 박락 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 재료분리, 박락 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 재료분리, 파손 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.8】 가로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	재료분리	m ²	0.04	1	0.14	3	▲ 0.10	보수실시 신규손상
	파손	m ²	0.03	1	—	—	▼ 0.03	보수실시
	박락	m ²	—	—	0.12	3	▲ 0.12	신규손상



【그림 3.3】 가로보 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 가로보에서 조사된 재료분리의 경우 시공당시 콘크리트 다짐미흡으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 확보차원의 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 박락의 경우 다짐미흡으로 인한 부착력 저하부의 지속적인 구속응력, 차량 반복통행 진동 등에 의하여 발생한 손상으로 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성 확보차원의 단면보수 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 배면의 토사와 접촉되어 상부구조로부터의 하중과 접속부로부터의 토압, 상재하중에 의한 압력을 받아 교대 자체의 자중 등을 기초지반에 전달하는 역할을 하는 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 파일기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.10】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과, 철근노출, 이물질퇴적, 법면바닥 균열, 보호블럭 이격, 표면오염 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.9】 교대 현장조사 결과

구분	철근노출 (㎡/개소)		이물질퇴적 (㎡/개소)		법면바닥 균열 (m/개소)		보호블럭 이격 (m/개소)		표면오염 (㎡/개소)	
A1	—	—	3.40	2	1.20	1	12.00	1	—	—
A2	0.10	1	7.20	1	2.40	2	12.00	1	0.50	1
합계	0.10	1	10.60	3	3.60	3	24.00	2	0.50	1

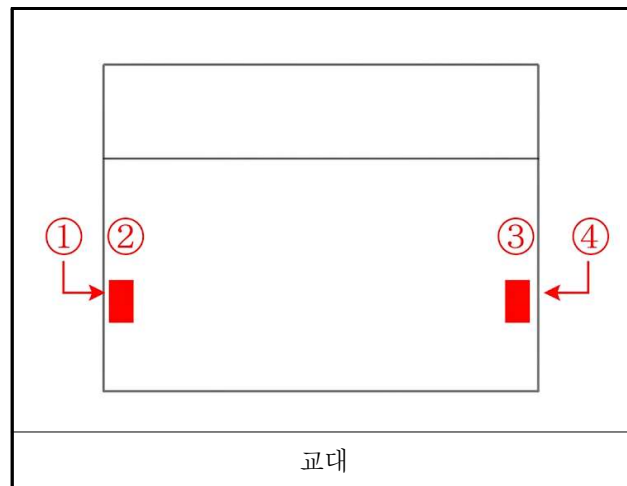
			
손상현황	• A1 법면바닥 균열	손상현황	• A1 보호블럭 이격
원 인	• 지반 다짐미흡, 건조수축, 잔류침하	원 인	• 지반 다짐미흡, 잔류침하
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• A1 이물질 퇴적	손상현황	• A2 철근노출(0.2m×0.5m)
원 인	• 불법 투기, 무단 점용	원 인	• 시공미흡, 피복부족
조치방안	• 정비	조치방안	• 단면보수(방청)
			
손상현황	• A2 표면오염(0.2m×2.5m)	손상현황	• A2 보호블럭 이격
원 인	• 신축이음 하부 누수	원 인	• 지반 다짐미흡, 잔류침하
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 주의관찰

【사진 3.11】 교대 손상현황

3) 기울음 측정

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

(1) 측정 위치도



【그림 3.4】 교대 기울음 측정 위치도

(2) 측정결과

【표 3.10】 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 : 지면으로부터 1.0m 높이에서 실시

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

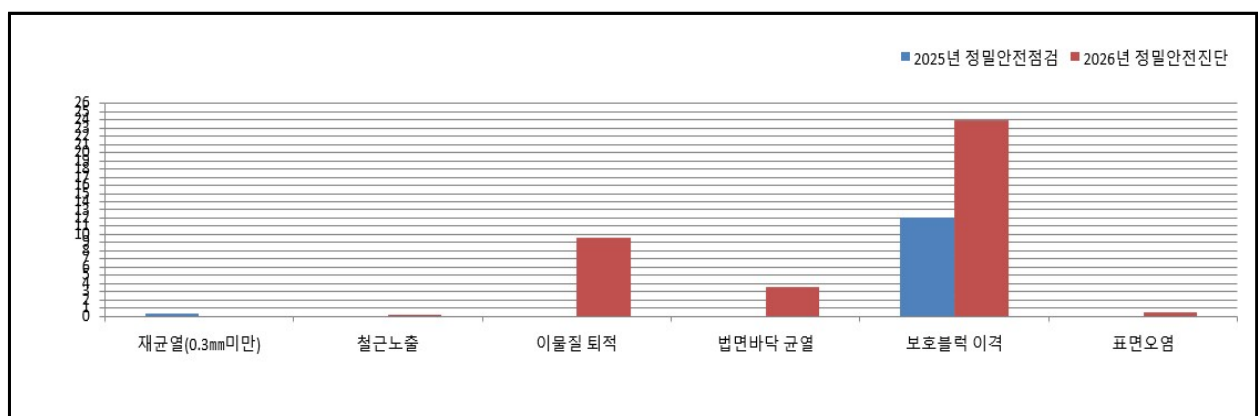
4) 기 점검과의 비교

(1) 손상현황 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 보호블럭 이격 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 철근노출, 자재적치, 이물질 퇴적, 법면바닥 균열, 보호블럭 이격, 표면오염 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 재균열(0.3mm미만) 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.11】 교대 손상현황 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	재균열(0.3mm미만)	m	0.30	1	—	—	▼ 0.30	보수실시
	철근노출	m ²	—	—	0.10	1	▲ 0.10	신규손상
	이물질 퇴적	m ²	—	—	10.60	3	▲ 9.60	신규손상
	법면바닥 균열	m	—	—	3.60	3	▲ 3.60	신규손상
	보호블럭 이격	m	12.00	1	24.00	2	▲ 12.00	신규손상
	표면오염	m ²	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상



【그림 3.5】 교대 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

(2) 기울음 측정 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 0.2° 미만의 경미한 수준의 경사값 차이가 측정되었으며, 기울음에 의한 전도우려는 없는 것으로 판단된다. 현재 발생한 오차는 측정면의 평탄성 및 측정오차 등으로 판단되며, 현재 기울음이 없는 양호한 상태로 판단된다.

【표 3.12】 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	90.0	90.0	-89.9	-89.8	-89.9	-89.9	90.0	-89.8	
A2	90.0	89.8	-89.9	-89.8	90.0	89.8	-89.9	-89.7	

5) 검토의견

- 교대에서 조사된 철근노출의 경우 시공미흡, 피복부족 등으로 인한 손상으로 판단되며, 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 내구성 확보차원의 단면보수(방청) 등 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 이물질 퇴적의 경우 불법 투기, 무단 점용 등으로 인한 손상으로 판단되며, 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 사용성 확보차원의 정비 등 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 보호블럭 이격, 법면바닥 균열의 경우 시공초기 지반 다짐미흡, 잔류침하 등으로 인한 손상으로 판단되며, 교대의 변위측정 실시결과 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 검토되었다. 이에 즉각적인 보수를 실시하기보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하고 손상의 진전시 진전된 손상에 대한 적절한 보수방안을 선정하여 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 표면오염의 경우 신축이음 하부 누수 등에 의하여 발생한 손상으로 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아닌 상태이며 표면처리 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 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 π 형으로 시공되어 있으며, 기초는 말뚝기초, 우물통기초로 시공되어 있다.
- 교각에 대한 현장조사는 점검차 및 드론, 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.12】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열(0.3mm미만), 박리, 박락, 보수부 박리, 재료분리, 파손, 굽힘, 층분리, 조류 배설물퇴적, 표면오염, 하부 점용 등의 손상이 조사되었다.

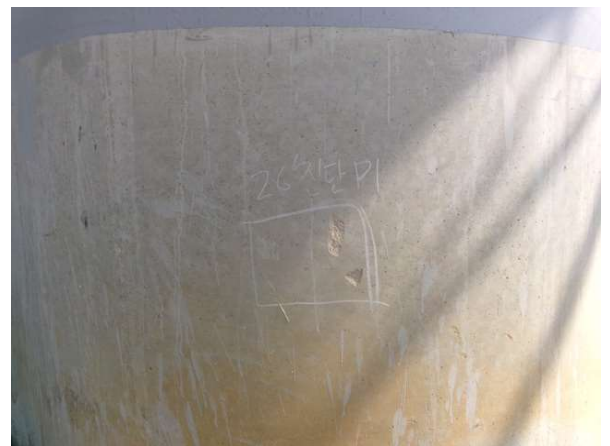
【표 3.13】 교각 현장조사 결과

구분	박리, 보수부박리 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)		박락 및 철근노출 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		파손, 굽힘 (㎡/개소)		층분리 (㎡/개소)	
P1	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	3	—	—
P3	—	—	—	—	—	—	3.40	1	—	—	0.75	1
P8	—	—	—	—	—	—	—	—	0.02	1	—	—
P10	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	1	0.10	1
P11	—	—	0.12	2	—	—	—	—	—	—	—	—
P16	0.60	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P18	2.80	2	1.89	3	0.40	1	—	—	—	—	1.05	1
합계	3.40	3	2.01	5	0.40	1	3.40	1	0.06	5	1.90	3

※ 손상이 발생한 경간에 대한 손상물량만 기입함.

【표 3.13】 교각 현장조사 결과(계속)

구분	균열, 재균열 (0.3mm미만) (m/개소)		균열 (0.3mm이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		조류배설물 퇴적 (개소/개소)		표면오염 (㎡/개소)		하부 점용 (개소/개소)	
P1	1.20	1	—	—	—	—	—	—	16.25	2	—	—
P2	0.60	1	—	—	—	—	—	—	3.00	1	—	—
P3	3.50	4	—	—	—	—	—	—	3.00	1	—	—
P4	3.80	3	—	—	—	—	—	—	3.00	1	—	—
P5	1.00	1	—	—	—	—	—	—	2.00	1	—	—
P6	—	4	—	—	—	—	—	—	3.00	1	—	—
P7	4.50	3	—	—	—	—	—	—	3.75	1	—	—
P8	1.20	2	—	—	—	—	—	—	3.75	1	—	—
P9	1.00	1	—	—	—	—	—	—	3.75	1	—	—
P10	—	—	0.50	1	0.50	1	—	—	2.50	1	—	—
P11	1.50	2	0.60	1	—	—	—	—	3.00	1	—	—
P12	0.50	1	—	—	3.00	1	—	—	5.00	2	—	—
P13	0.90	3	0.30	1	0.80	2	—	—	3.00	1	—	—
P14	—	1	—	—	2.25	1	—	—	3.00	1	—	—
P15	1.00	2	—	—	3.00	1	1.00	1	9.00	3	—	—
P16	—	—	—	—	—	—	—	—	6.00	2	—	—
P17	0.30	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P18	—	—	—	—	—	—	—	—	35.00	2	1.00	1
P19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00	1
P20	1.50	1	—	—	—	—	—	—	3.00	1	1.00	1
합계	22.5	31	1.40	3	9.55	6	1.00	1	108.0	24	3.00	3

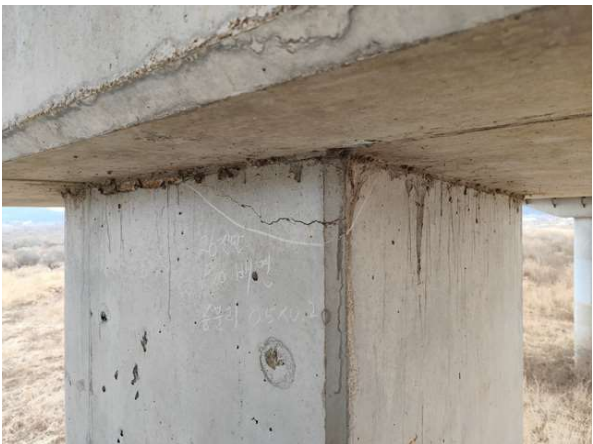


손상현황	• P1 기둥부 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P1 기둥부 금함(0.1m×0.1m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거	원 인	• 외부충격, 시공미흡
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수

【사진 3.13】 교각 손상현황

			
손상현황	• P2 기둥부 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P2 코핑부 표면오염(1.5m×2.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거	원 인	• 신축이음 하부 누수
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P3 코핑부 층분리(2.5m×0.3m)	손상현황	• P3 기둥부 균열(0.3mm미만)
원 인	• 다짐미흡, 손상부 우수유입	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P5 기둥부 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P5 코핑부 표면오염(2.0m×1.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거	원 인	• 신축이음 하부 누수
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

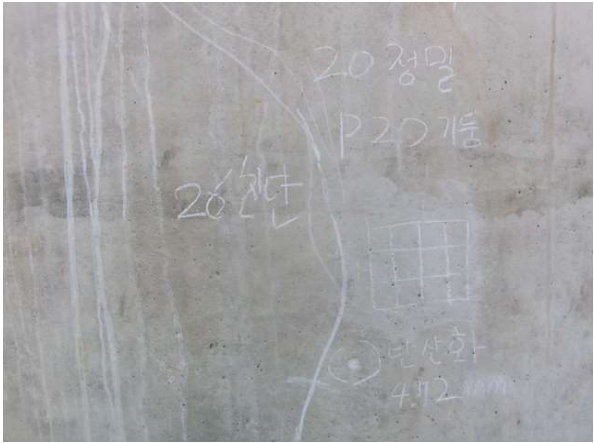
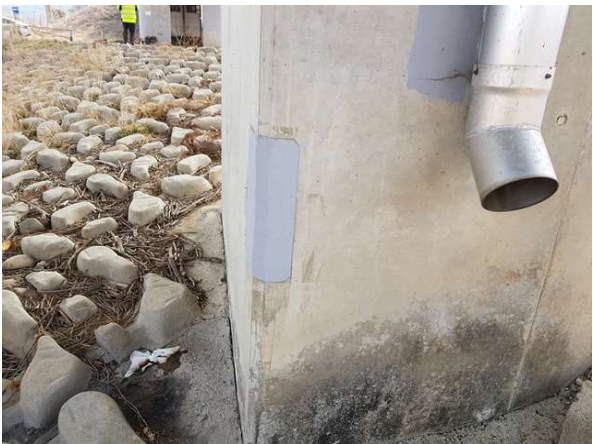
【사진 3.13】 교각 손상현황(계속)

			
손상현황	• P7 기둥부 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P8 기둥부 파손(0.1m×0.2m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거	원 인	• 외부충격, 시공미흡
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P10 기둥부 망상균열(1.0m×0.5m)	손상현황	• P10 기둥부 파손(0.1m×0.1m)
원 인	• 다짐미흡, 건조수축	원 인	• 외부충격, 시공미흡
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P10 기둥부 층분리(0.5m×0.2m)	손상현황	• P11 기둥부 균열(0.3mm이상)
원 인	• 다짐미흡, 손상부 우수유입	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주입보수

【사진 3.13】 교각 손상현황(계속)

			
손상현황	• P11 기둥부 박락(0.3m×0.3m)	손상현황	• P13 기둥부 균열(0.3mm이상)
원 인	• 다짐미흡	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주입보수
			
손상현황	• P14 기둥부 망상균열(1.5m×1.5m)	손상현황	• P15 기둥부 균열(0.3mm미만)
원 인	• 다짐미흡, 건조수축	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P15 조류배설물 퇴적	손상현황	• P16 보수부 박리(2.0m×0.3m)
원 인	• 조류 서식	원 인	• 보수 미흡
조치방안	• 정비	조치방안	• 단면보수

【사진 3.13】 교각 손상현황(계속)

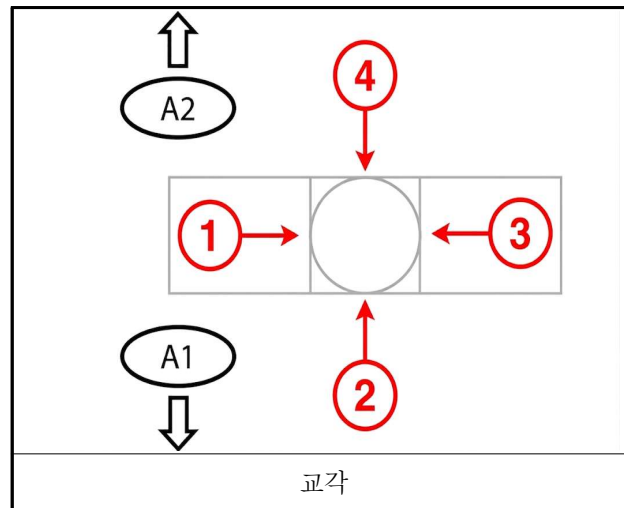
			
손상현황	• P18 박락 및 철근노출(0.4m×1.0m)	손상현황	• P18 코핑부 박락(1.2m×1.2m)
원 인	• 손상부 우수유입, 다짐불량, 열화	원 인	• 손상부 우수유입, 다짐불량, 열화
조치방안	• 단면보수(방청)	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P18 코핑부 충분리(1.5m×0.7m)	손상현황	• P20 기둥부 균열(0.3mm미만)
원 인	• 손상부 우수유입, 다짐불량, 열화	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P2 기둥부 기보수 상태양호	손상현황	• P5 기둥부 기보수 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【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 측정하였으며, 하상구간인 P11~P16은 측정이 불가하여 제외하였다.

(1) 측정 위치도



【그림 3.6】 교각 기울음 측정 위치도

(2) 측정결과

【표 3.14】 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	
P5	—	-89.9	89.9	89.9	90.0	
P6	—	89.9	90.0	90.0	-89.9	
P7	—	-89.9	89.9	89.9	89.8	
P8	—	89.9	89.9	89.9	-89.9	
P9	—	90.0	-89.9	89.9	-89.9	
P10	—	89.8	-89.9	-89.9	-89.9	
P17	—	90.0	-89.9	89.9	89.9	
P18	—	89.9	-89.9	89.9	89.9	
P19	—	90.0	89.9	89.9	89.8	
P20	—	-89.9	-89.9	89.8	90.0	

※ 측정위치 : 지면으로부터 1.0m 높이에서 실시

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

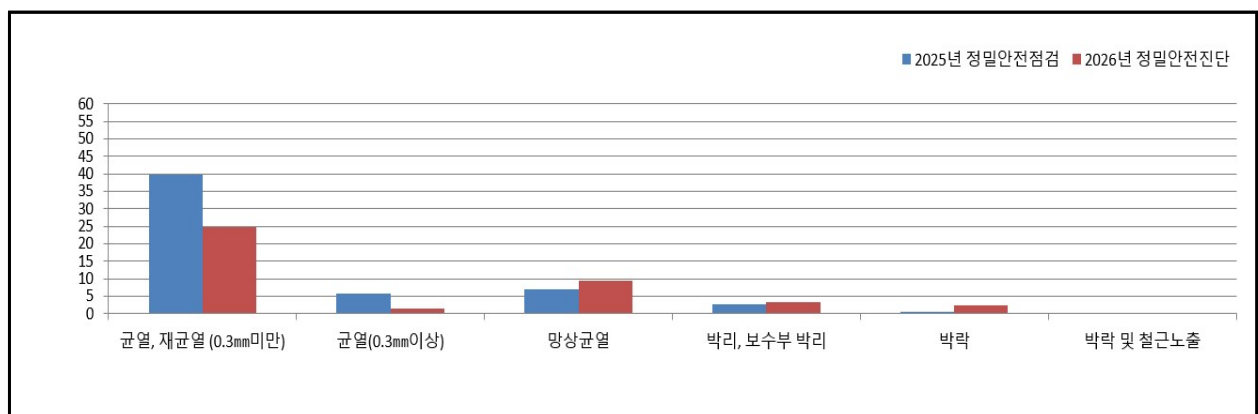
4) 기 점검과의 비교

(1) 손상현황 비교

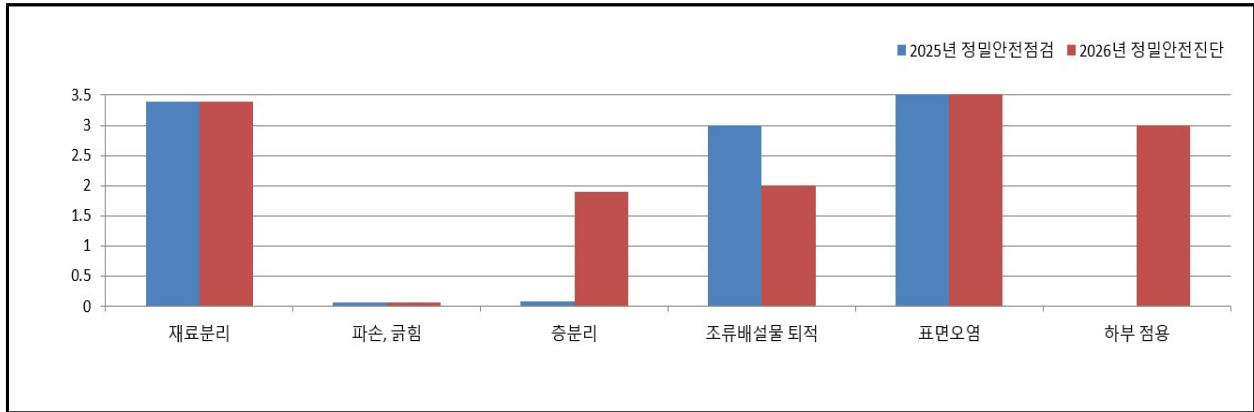
- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열(0.3mm미만), 박리, 보수부 박리, 박락, 재료분리, 파손, 굽힘, 층분리, 조류배설물 퇴적, 표면오염 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박리, 박락, 박락 및 철근노출, 파손, 굽힘, 표면오염, 하부점용 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박리, 파손, 층분리, 조류배설물 퇴적 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.15】 교각 손상현황 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열, 재균열 (0.3mm미만)	m	39.80	47	22.5	30	▼ 17.3	보수실시 신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	5.90	6	1.40	3	▼ 4.50	보수실시 신규손상
	망상균열	m ²	7.00	5	9.55	6	▲ 2.55	보수실시 신규손상
	박리, 보수부 박리	m ²	2.70	2	3.40	3	▲ 0.70	보수실시 신규손상
	박락	m ²	0.52	4	2.01	5	▲ 1.49	손상증가 신규손상
	박락 및 철근노출	m ²	—	—	0.40	1	▲ 0.40	신규손상
	재료분리	m ²	3.40	1	3.40	1	— —	변동없음
	파손, 굽힘	m ²	0.07	4	0.06	5	▼ 0.01	보수실시 신규손상
	층분리	m ²	0.08	1	1.90	3	▲ 1.82	보수실시 신규손상
	조류배설물 퇴적	EA	3.00	3	1.00	1	▼ 2.00	보수실시
	표면오염	m ²	57.20	18	108.00	24	▲ 50.80	신규손상
	하부 점용	EA	—	—	3.00	3	▲ 3.00	신규손상



【그림 3.7】 교각 기 점검과의 손상물량 변동 그래프



【그림 3.7】 교각 기 점검과의 손상물량 변동 그래프(계속)

(2) 기울음 측정 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 0.2° 미만의 경미한 수준의 경사값 차이가 측정되었으며, 기울음에 의한 전도우려는 없는 것으로 판단된다. 현재 발생한 오차는 측정면의 평탄성 및 측정오차 등으로 판단되며, 현재 기울음이 없는 양호한 상태로 판단된다.

【표 3.16】 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	90.0	-89.8	90.0	-89.9	90.0	90.0	89.9	89.8	
P2	89.9	90.0	89.9	89.8	89.9	89.9	89.9	-89.9	
P3	89.9	89.9	90.0	89.9	89.9	90.0	90.0	-89.9	
P4	90.0	89.9	90.0	-89.9	89.9	90.0	90.0	89.9	
P5	90.0	-89.9	90.0	89.9	89.9	89.9	90.0	90.0	
P6	90.0	89.9	90.0	90.0	90.0	90.0	89.9	-89.9	
P7	89.9	-89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.8	
P8	89.9	89.9	89.9	89.9	90.0	89.9	89.9	-89.9	
P9	89.9	90.0	89.9	-89.9	89.9	89.9	89.9	-89.9	
P10	89.9	89.8	90.0	-89.9	89.9	-89.9	90.0	-89.9	
P17	90.0	90.0	89.9	-89.9	89.9	89.9	90.0	89.9	
P18	89.9	89.9	90.0	-89.9	90.0	89.9	90.0	89.9	
P19	90.0	90.0	90.0	89.9	89.9	89.9	90.0	89.8	
P20	89.9	-89.9	89.9	-89.9	90.0	89.8	89.9	90.0	

5) 검토의견

- 교각에서 조사된 균열, 재균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 등으로 인한 손상으로 판단되고, 표면오염은 신축이음 하부 누수, 외부 우수유입, 열화 등에 의한 손상으로 점검당시 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아닌 상태이며, 표면처리 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 균열(0.3mm이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 등으로 인한 손상으로 균열의 범위와 형상이 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성 확보를 위한 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 박리, 보수부 박리, 박락, 재료분리, 파손, 굽힘, 층분리, 박락 및 철근노출의 경우 손상부 우수유입, 열화, 보수미흡, 다짐미흡, 외부충격 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 점검당시 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성 확보 및 손상의 진전을 방지하기 위한 단면보수, 단면보수(방청) 등의 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 조류배설물 퇴적, 하부 점용의 경우 교각 코핑부 조류서식, 무단 점용으로 인한 손상으로 부재의 내구성 저하 방지와 시설물의 원활한 점검을 위한 정비 등 보수조치가 필요하다.
- 교각에 대한 변위(기울음)측정 결과, 양호한 상태로 측정 및 검토되었다.

바. 기초

1) 부재의 개요

- 북삼교의 기초는 교대 A1, A2 강관파일기초, 교각 P1, P17~P20 강관파일기초, P2~P16 우물통기초로 시공되어 있으며, 하상구간인 P11~P16의 기초만 노출되어 있고, 이 외 교대 및 교각의 기초는 매립되어 있는 상태로 조사가 불가한 상태이다.
- 기초에 대한 현장조사는 점검차 및 드론, 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



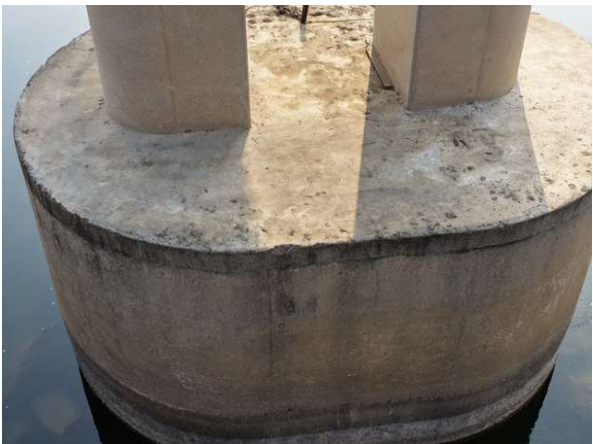
【사진 3.14】 기초 전경

2) 현장조사 결과

- 기초에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 망상균열, 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.17】 기초 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상 균열 (m/개소)		파손 (m/개소)	
P11	21.00	2	—	—	0.28	2
P12	—	—	2.00	1	—	—
P13	2.00	2	—	—	0.01	1
P14	9.00	1	—	—	—	—
P15	2.00	1	—	—	—	—
P16	—	—	—	—	—	—
합계	34.00	6	2.00	1	0.29	3

			
손상현황	• P11 파손(0.3m×0.1m)	손상현황	• P11 파손(0.5m×0.5m)
원 인	• 외부충격	원 인	• 외부충격
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P11 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P12 망상균열(2.0m×1.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P13 파손(0.1m×0.1m)	손상현황	• P14 균열(0.3mm미만)
원 인	• 외부충격	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리

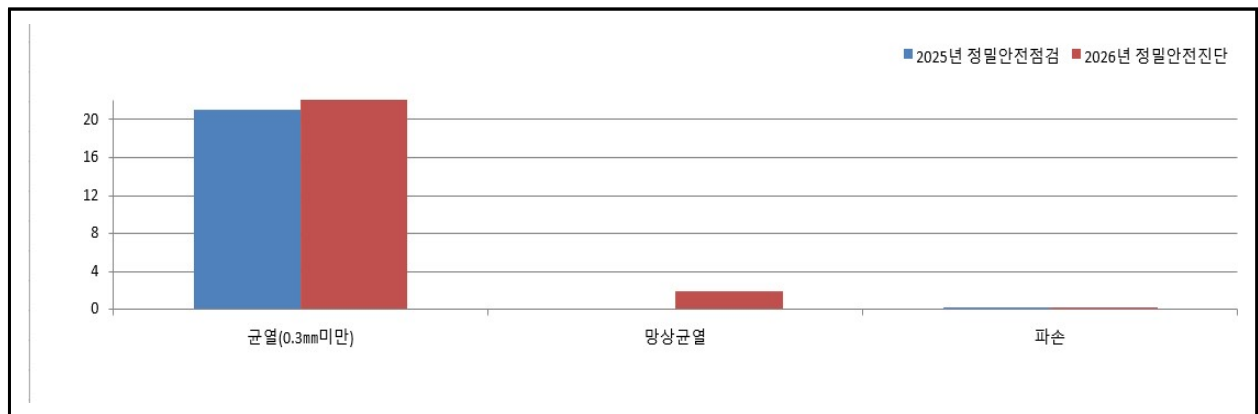
【사진 3.15】 기초 손상현황

3) 기 점검과의 비교

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

【표 3.18】 기초 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
기초	균열(0.3mm미만)	m	21.00	2	34.00	6	▲ 13.00	신규손상
	망상균열	m ²	-	-	2.00	1	▲ 2.00	신규손상
	파손	m ²	0.28	2	0.29	3	▲ 0.01	신규손상



【그림 3.8】 기초 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 기초에서 조사된 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 건조수축, 거푸집 조기탈거 등으로 인한 손상으로 판단되며, 점검당시 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 수위상승으로 인한 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위한 표면처리 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성을 확보하기 위한 단면보수 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

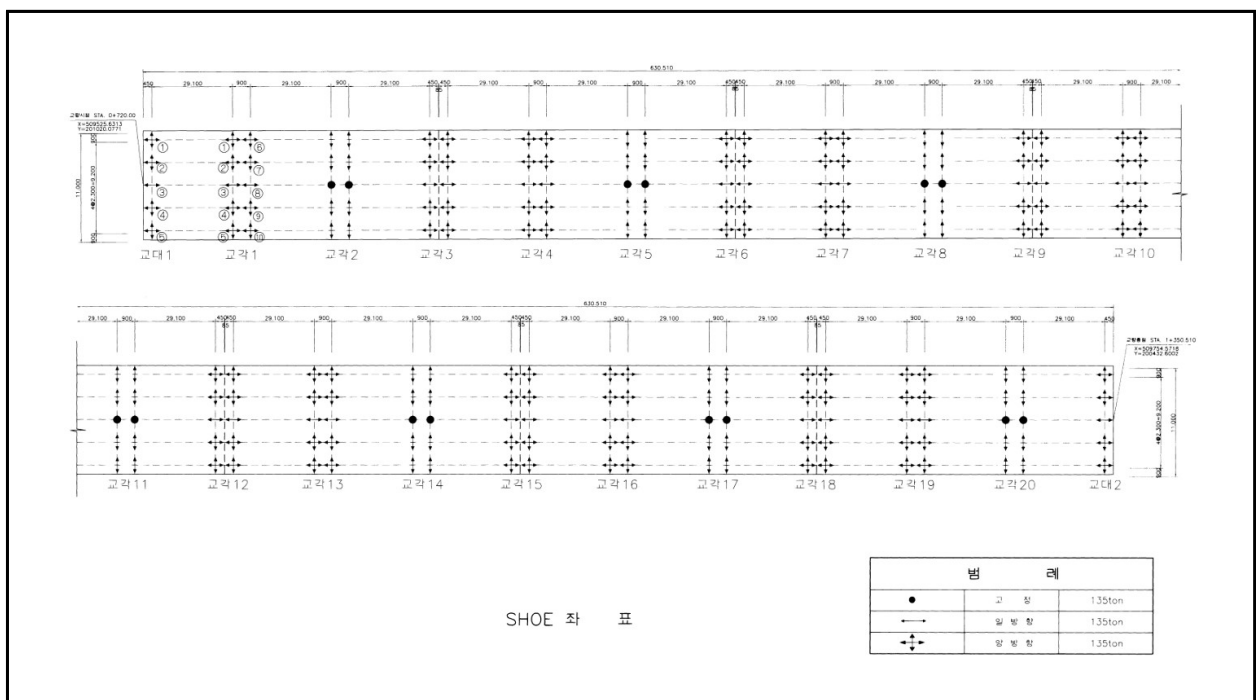
사. 교량받침

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 탄성받침으로 하부구조 교대 각 5기, 교각 각 10기씩 총 210기가 설치되어 있다.
- 교량받침에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.16】 교량받침 전경



【그림 3.9】 교량받침 배치도

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과, 도장박리, 본체 부식, 받침몰탈 균열(0.3mm미만), 박락, 고무재 들뜸, 스토퍼 밀착, 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 층분리 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.19】 교량받침 현장조사 결과

구분	도장박리 (㎡/개소)		본체 부식 (개소/개소)		받침몰탈 균열(0.3mm미만) (m/개소)		받침몰탈 박락 (㎡/개소)	
A1	1.25	5	—	—	—	—	0.02	2
P1	2.50	10	10.00	10	—	—	—	—
P2	2.50	10	10.00	10	—	—	—	—
P3	2.50	10	10.00	10	—	—	—	—
P4	2.50	10	10.00	10	—	—	—	—
P5	—	—	—	—	0.50	5	—	—
P6	2.50	10	10.00	10	1.00	5	—	—
P7	0.75	3	3.00	3	—	—	—	—
P8	0.50	2	2.00	2	—	—	—	—
P9	—	—	10.00	10	—	—	—	—
P10	0.25	1	—	—	—	—	—	—
P11	—	—	—	—	0.40	4	—	—
P12	—	—	2.00	2	1.60	8	—	—
P14	—	—	—	—	—	—	0.01	1
P15	0.18	3	1.00	1	0.80	4	—	—
P16	—	—	—	—	0.70	7	—	—
P18	—	—	10.00	10	—	—	—	—
P19	—	—	—	—	0.30	3	—	—
A2	1.25	5	—	—	—	—	—	—
합계	16.68	69	78.00	78	5.30	36	0.03	3

※ 손상이 발생한 공간에 대한 손상물량만 기입함.

【표 3.19】 교량받침 현장조사 결과(계속)

구분	고무재 들뜸 (개소/개소)		스토퍼 밀착 (개소/개소)		받침콘크리트 균열(0.3mm미만) (m/개소)		받침콘크리트 균열(0.3mm이상) (m/개소)		받침콘크리트 층분리 (㎡/개소)	
P6	10.00	10	—	—	0.30	1	—	—	—	—
P9	—	—	—	—	—	—	1.20	1	0.30	1
P15	—	—	—	—	—	—	—	—	0.10	1
P19	—	—	—	—	0.40	1	—	—	—	—
A2	—	—	1.00	1	—	—	—	—	—	—
합계	10.00	10	1.00	1	0.70	2	1.20	1	0.40	2

※ 손상이 발생한 공간에 대한 손상물량만 기입함.

			
손상현황	• A1-SH1 도장박리 (0.5m×0.5m)	손상현황	• A1-SH2 몰탈 박락 (0.1m×0.1m)
원 인	• 공용기간 증가, 열화, 습기흡착	원 인	• 다짐미흡, 우수유입, 공용기간 증가
조치방안	• 채도장	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• A2-SH3 스톱퍼 밀착	손상현황	• A2-SH5 도장박리 (0.5m×0.5m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 공용기간 증가, 열화, 습기흡착
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 채도장
			
손상현황	• P1-SH1 본체 부식	손상현황	• P5-SH10 받침몰탈 균열 (0.3mm미만)
원 인	• 공용기간 증가, 열화, 습기흡착	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화
조치방안	• 채도장	조치방안	• 표면처리

【사진 3.17】 교량받침 손상현황

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

【사진 3.17】 교량받침 손상현황(계속)

손상현황 • P10-SH9 도장박리(0.5m×0.5m) 원 인 • 공용기간 증가, 열화, 습기흡착 조치방안 • 채도장	손상현황 • P12-SH5 반침몰탈 균열(0.3mm미만) 원 인 • 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화 조치방안 • 표면처리
손상현황 • P14-SH3 몰탈 박락(0.1m×0.1m) 원 인 • 다짐미흡, 우수유입, 공용기간 증가 조치방안 • 단면보수	손상현황 • P15-SH4 반침콘크리트 층분리(0.2m×0.5m) 원 인 • 우수유입, 거푸집 조기탈거, 온도변화 조치방안 • 단면보수
손상현황 • P18-SH5 본체 부식 원 인 • 공용기간 증가, 열화, 습기흡착 조치방안 • 채도장	손상현황 • P19-SH4 반침콘크리트 균열(0.3mm미만) 원 인 • 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화 조치방안 • 표면처리

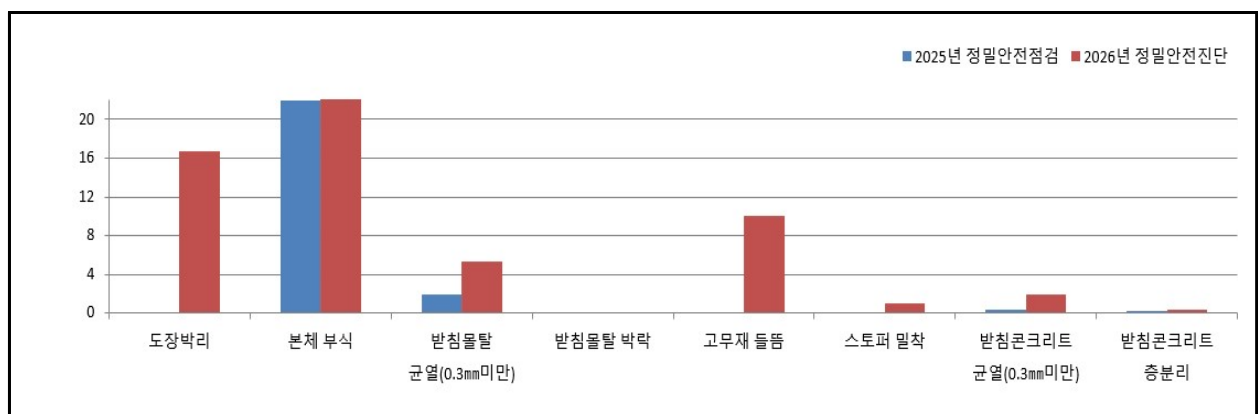
【사진 3.17】 교량받침 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 도장박리, 본체 부식, 받침물탈 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 층분리 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 도장박리, 본체 부식, 받침물탈 균열(0.3mm미만), 박락, 고무재 들뜸, 스토퍼 밀착, 받침콘크리트 균열(0.3mm미만, 이상), 층분리 등의 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.20】 교량받침 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	도장박리	m ²	14.50	58	16.68	69	▲ 2.18	신규손상
	본체 부식	EA	22.00	22	78.00	78	▲ 56.00	신규손상
	받침물탈 균열(0.3mm미만)	m	1.90	19	5.30	36	▲ 3.40	신규손상
	받침물탈 박락	m ²	—	—	0.03	3	▲ 0.03	신규손상
	고무재 들뜸	EA	—	—	10.00	10	▲ 10.00	신규손상
	스토퍼 밀착	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	0.40	2	0.70	2	▲ 0.30	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm이상)	m	—	—	1.20	1	▲ 1.20	신규손상
	받침콘크리트 층분리	m ²	0.20	1	0.40	2	▲ 0.20	신규손상



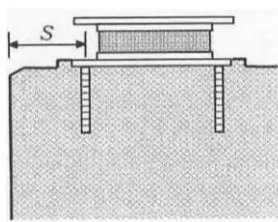
【그림 3.10】 교량받침 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

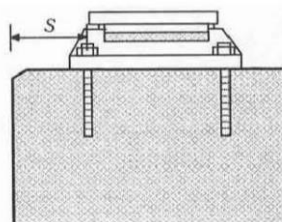
- 교량받침에서 조사된 받침몰탈 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 균열(0.3mm미만, 이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 등에 의한 손상으로 판단되며, 점검당시 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부재의 내구성을 확보하기 위한 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 받침몰탈 박락, 받침콘크리트 층분리의 경우 신축이음 하부 누수로 인한 손상부 우수 유입, 반복 동결융해, 다짐미흡, 외부 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 점검당시 부재의 기능성에 영향을 미치는 손상은 아니나 지속적인 우수유입으로 인한 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위하여 단면보수 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 도장박리, 본체 부식의 경우 도장미흡, 공용기간 증가, 열화, 신축이음 하부 누수로 인한 손상부 우수유입, 외부 우수유입, 습기흡착 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 점검당시 부재의 기능성과 내구성에 영향을 미치는 손상은 아니나 지속적인 우수유입으로 인한 손상의 진전을 방지하고 부재의 내구성을 확보하기 위하여 재도장 등의 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 고무재 들뜸, 스토퍼 밀착의 경우 시공미흡, 마찰력 부족 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 점검당시 부재의 기능성에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 검토되었다. 이에 즉각적인 보수를 실시하기보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하고 손상의 진전시 진전된 손상에 대한 적절한 보수방안을 선정하여 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 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) 강재받침

- 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 3.18】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이 ($L=30.0\text{m}$) : $200+5 \times 30.0 = 350(\text{mm})$

【표 3.21】연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		350	570	580	615	570	550	O.K
P1	A1측	350	600	600	560	580	550	O.K
	A2측	350	570	630	580	580	645	O.K
P2	A1측	350	640	630	630	685	640	O.K
	A2측	350	690	710	680	705	700	O.K
P3	A1측	350	520	520	515	560	530	O.K
	A2측	350	550	535	545	530	540	O.K
P4	A1측	350	350	350	550	560	560	O.K
	A2측	350	550	550	560	570	560	O.K
P5	A1측	350	570	560	570	550	550	O.K
	A2측	350	550	565	560	545	570	O.K
P6	A1측	350	550	520	530	510	540	O.K
	A2측	350	530	510	525	530	545	O.K
P7	A1측	350	550	560	550	540	545	O.K
	A2측	350	580	565	580	590	570	O.K
P8	A1측	350	590	605	590	605	610	O.K
	A2측	350	605	590	580	590	585	O.K
P9	A1측	350	580	570	560	550	550	O.K
	A2측	350	510	500	515	530	490	O.K
P10	A1측	350	590	585	590	590	575	O.K
	A2측	350	580	590	570	575	575	O.K
P11	A1측	350	655	640	570	640	645	O.K
	A2측	350	650	650	580	670	660	O.K
P12	A1측	350	500	495	500	500	510	O.K
	A2측	350	600	605	590	580	570	O.K
P13	A1측	350	615	620	615	600	590	O.K
	A2측	350	550	555	560	560	570	O.K
P14	A1측	350	650	645	580	650	670	O.K
	A2측	350	645	660	610	650	650	O.K
P15	A1측	350	590	570	575	560	555	O.K
	A2측	350	520	510	550	550	560	O.K
P16	A1측	350	540	570	580	580	600	O.K
	A2측	350	570	590	590	560	560	O.K
P17	A1측	350	655	630	610	670	680	O.K
	A2측	350	630	640	590	615	620	O.K
P18	A1측	350	555	510	570	580	590	O.K
	A2측	350	600	560	550	575	550	O.K
P19	A1측	350	570	560	575	580	580	O.K
	A2측	350	565	580	600	590	580	O.K
P20	A1측	350	650	650	580	660	650	O.K
	A2측	350	670	680	615	660	660	O.K
A2		350	605	620	600	620	605	O.K

② 연단거리 검토의견

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

6) 교량받침 신축거동상태 검토

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

금회 점검에서는 1차 2025년 12월 18일, 2차 2026년 03월 10일 총 2회에 걸쳐 신축거동량을 측정하였다.



【사진 3.19】 교량받침 이동량 측정

(1) 1차 교량받침 신축거동상태 검토

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

② 금회 점검당시 기온은 해당시설물이 시공되어있는 연천에 기지국이 없는 상태로 인근지역인 동두천의 기상청자료를 참고하여 검토하였다.

【표 3.22】 1차 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 ($\Delta T, ^{\circ}\text{C}$)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	15.0	35.0	0.00001	60.00	-9.0	21.0	
P1(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P1(A2)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P2	고정단						
P3(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P3(A2)	15.0	35.0	0.00001	60.00	-9.0	21.0	
P4(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P4(A2)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P5	고정단						
P6(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P6(A2)	15.0	35.0	0.00001	60.00	-9.0	21.0	
P7(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P7(A2)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P8	고정단						
P9(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P9(A2)	15.0	35.0	0.00001	60.00	-9.0	21.0	
P10(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P10(A2)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P11	고정단						
P12(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P12(A2)	15.0	35.0	0.00001	60.00	-9.0	21.0	
P13(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P13(A2)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P14	고정단						
P15(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P15(A2)	15.0	35.0	0.00001	60.00	-9.0	21.0	
P16(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P16(A2)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P17	고정단						
P18(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P18(A2)	15.0	35.0	0.00001	60.00	-9.0	21.0	
P19(A1)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P19(A2)	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	
P20	고정단						
A2	15.0	35.0	0.00001	30.00	-4.5	10.5	

1) 조사당시 온도 : 0.0°C (조사일 : 2025년 12월 18일, 평균온도, 동두천)2) 검토온도 : $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)

【표 3.23】 1차 교량반침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
A1	SH1	5	64.0	54.0	55.0	33.0	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	50.0	38.0	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	50.0	38.0	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	50.0	38.0	±59	O.K	O.K
	SH5	-4	55.0	63.0	46.0	42.0	±59	O.K	O.K
P1(A1)	SH1	-4	55.0	63.0	50.5	52.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-3	56.0	62.0	51.5	51.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-3	56.0	62.0	51.5	51.5	±59	O.K	O.K
P1(A2)	SH1	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-6	53.0	65.0	48.5	54.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
P2		고정단							
P3(A1)	SH1	-8	51.0	67.0	46.5	56.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-10	49.0	69.0	44.5	58.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-10	49.0	69.0	44.5	58.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-10	49.0	69.0	44.5	58.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
P3(A2)	SH1	-13	46.0	72.0	37.0	51.0	±59	O.K	O.K
	SH2	-15	44.0	74.0	35.0	53.0	±59	O.K	O.K
	SH3	-15	44.0	74.0	35.0	53.0	±59	O.K	O.K
	SH4	-15	44.0	74.0	35.0	53.0	±59	O.K	O.K
	SH5	-17	42.0	76.0	33.0	55.0	±59	O.K	O.K
P4(A1)	SH1	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-3	56.0	62.0	51.5	51.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-3	56.0	62.0	51.5	51.5	±59	O.K	O.K
P4(A2)	SH1	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-8	51.0	67.0	46.5	56.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-8	51.0	67.0	46.5	56.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-8	51.0	67.0	46.5	56.5	±59	O.K	O.K
P5		고정단							
P6(A1)	SH1	-14	45.0	73.0	40.5	62.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-14	45.0	73.0	40.5	62.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-15	44.0	74.0	39.5	63.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-15	44.0	74.0	39.5	63.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-15	44.0	74.0	39.5	63.5	±59	O.K	O.K
P6(A2)	SH1	-20	39.0	79.0	30.0	58.0	±59	O.K	O.K
	SH2	-19	40.0	78.0	31.0	57.0	±59	O.K	O.K
	SH3	-20	39.0	79.0	30.0	58.0	±59	O.K	O.K
	SH4	-20	39.0	79.0	30.0	58.0	±59	O.K	O.K
	SH5	-23	36.0	82.0	27.0	61.0	±59	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.23】 1차 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
P7(A1)	SH1	-3	56.0	62.0	51.5	51.5	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-4	55.0	63.0	50.5	52.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
P7(A2)	SH1	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH4	2	61.0	57.0	56.5	46.5	±59	O.K	O.K
	SH5	3	62.0	56.0	57.5	45.5	±59	O.K	O.K
P8		고정단							
P9(A1)	SH1	-15	44.0	74.0	39.5	63.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-15	44.0	74.0	39.5	63.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-13	46.0	72.0	41.5	61.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-15	44.0	74.0	39.5	63.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-15	44.0	74.0	39.5	63.5	±59	O.K	O.K
P9(A2)	SH1	-20	39.0	79.0	30.0	58.0	±59	O.K	O.K
	SH2	-20	39.0	79.0	30.0	58.0	±59	O.K	O.K
	SH3	-23	36.0	82.0	27.0	61.0	±59	O.K	O.K
	SH4	-22	37.0	81.0	28.0	60.0	±59	O.K	O.K
	SH5	-22	37.0	81.0	28.0	60.0	±59	O.K	O.K
P10(A1)	SH1	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-3	56.0	62.0	51.5	51.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-3	56.0	62.0	51.5	51.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
P10(A2)	SH1	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-4	55.0	63.0	50.5	52.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-7	52.0	66.0	47.5	55.5	±59	O.K	O.K
P11		고정단							
P12(A1)	SH1	-17	42.0	76.0	37.5	65.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-18	41.0	77.0	36.5	66.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-21	38.0	80.0	33.5	69.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-22	37.0	81.0	32.5	70.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-20	39.0	79.0	34.5	68.5	±59	O.K	O.K
P12(A2)	SH1	-19	40.0	78.0	31.0	57.0	±59	O.K	O.K
	SH2	-16	43.0	75.0	34.0	54.0	±59	O.K	O.K
	SH3	-19	40.0	78.0	31.0	57.0	±59	O.K	O.K
	SH4	-17	42.0	76.0	33.0	55.0	±59	O.K	O.K
	SH5	-17	42.0	76.0	33.0	55.0	±59	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.23】 1차 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
P13(A1)	SH1	2	61.0	57.0	56.5	46.5	±59	O.K	O.K
	SH2	3	62.0	56.0	57.5	45.5	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
P13(A2)	SH1	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
P14		고정단							
P15(A1)	SH1	-15	44.0	74.0	39.5	63.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-19	40.0	78.0	35.5	67.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-20	39.0	79.0	34.5	68.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-18	41.0	77.0	36.5	66.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-21	38.0	80.0	33.5	69.5	±59	O.K	O.K
P15(A2)	SH1	-14	45.0	73.0	36.0	52.0	±59	O.K	O.K
	SH2	-16	43.0	75.0	34.0	54.0	±59	O.K	O.K
	SH3	-17	42.0	76.0	33.0	55.0	±59	O.K	O.K
	SH4	-20	39.0	79.0	30.0	58.0	±59	O.K	O.K
	SH5	-20	39.0	79.0	30.0	58.0	±59	O.K	O.K
P16(A1)	SH1	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
P16(A2)	SH1	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-4	55.0	63.0	50.5	52.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-4	55.0	63.0	50.5	52.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-5	54.0	64.0	49.5	53.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-4	55.0	63.0	50.5	52.5	±59	O.K	O.K
P17		고정단							
P18(A1)	SH1	-20	39.0	79.0	34.5	68.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-22	37.0	81.0	32.5	70.5	±59	O.K	O.K
	SH3	-22	37.0	81.0	32.5	70.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-20	39.0	79.0	34.5	68.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-22	37.0	81.0	32.5	70.5	±59	O.K	O.K
P18(A2)	SH1	-10	49.0	69.0	40.0	48.0	±59	O.K	O.K
	SH2	-13	46.0	72.0	37.0	51.0	±59	O.K	O.K
	SH3	-20	39.0	79.0	30.0	58.0	±59	O.K	O.K
	SH4	-12	47.0	71.0	38.0	50.0	±59	O.K	O.K
	SH5	-15	44.0	74.0	35.0	53.0	±59	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.23】 1차 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
P19(A1)	SH1	2	61.0	57.0	56.5	46.5	±59	O.K	O.K
	SH2	2	61.0	57.0	56.5	46.5	±59	O.K	O.K
	SH3	2	61.0	57.0	56.5	46.5	±59	O.K	O.K
	SH4	2	61.0	57.0	56.5	46.5	±59	O.K	O.K
	SH5	3	62.0	56.0	57.5	45.5	±59	O.K	O.K
P19(A2)	SH1	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
	SH2	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	54.5	48.5	±59	O.K	O.K
	SH4	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
	SH5	-2	57.0	61.0	52.5	50.5	±59	O.K	O.K
P20		고정단							
A2	SH1	4	63.0	55.0	58.5	44.5	±59	O.K	O.K
	SH2	4	63.0	55.0	58.5	44.5	±59	O.K	O.K
	SH3	4	63.0	55.0	58.5	44.5	±59	O.K	O.K
	SH4	3	62.0	56.0	57.5	45.5	±59	O.K	O.K
	SH5	3	62.0	56.0	57.5	45.5	±59	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

② 교량받침 이동량 검토의견

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

(2) 2차 교량받침 신축거동상태 검토

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

② 금회 점검당시 기온은 해당시설물이 시공되어있는 연천에 기지국이 없는 상태로 인근지역인 동두천의 기상청자료를 참고하여 검토하였다.

【표 3.24】 2차 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 ($\Delta T, ^{\circ}\text{C}$)		선폭창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	17.3	32.7	0.00001	60.00	-10.4	19.6	
P1(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P1(A2)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P2	고정단						
P3(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P3(A2)	17.3	32.7	0.00001	60.00	-10.4	19.6	
P4(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P4(A2)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P5	고정단						
P6(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P6(A2)	17.3	32.7	0.00001	60.00	-10.4	19.6	
P7(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P7(A2)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P8	고정단						
P9(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P9(A2)	17.3	32.7	0.00001	60.00	-10.4	19.6	
P10(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P10(A2)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P11	고정단						
P12(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P12(A2)	17.3	32.7	0.00001	60.00	-10.4	19.6	
P13(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P13(A2)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P14	고정단						
P15(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P15(A2)	17.3	32.7	0.00001	60.00	-10.4	19.6	
P16(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P16(A2)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P17	고정단						
P18(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P18(A2)	17.3	32.7	0.00001	60.00	-10.4	19.6	
P19(A1)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P19(A2)	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
P20	고정단						
A2	17.3	32.7	0.00001	30.00	-5.2	9.8	
1) 조사당시 온도 : 2.3°C (조사일 : 2026년 03월 10일, 평균온도, 동두천)							
2) 검토온도 : $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)							

【표 3.25】 2차 교량반침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
A1	SH1	7	66.0	52.0	55.6	32.4	±59	O.K	O.K
	SH2	2	61.0	57.0	50.6	37.4	±59	O.K	O.K
	SH3	3	62.0	56.0	51.6	36.4	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	48.6	39.4	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	48.6	39.4	±59	O.K	O.K
P1(A1)	SH1	2	61.0	57.0	55.8	47.2	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
P1(A2)	SH1	-8	51.0	67.0	45.8	57.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-7	52.0	66.0	46.8	56.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-8	51.0	67.0	45.8	57.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-8	51.0	67.0	45.8	57.2	±59	O.K	O.K
P2		고정단							
P3(A1)	SH1	-12	47.0	71.0	41.8	61.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-12	47.0	71.0	41.8	61.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
P3(A2)	SH1	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
	SH2	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
	SH3	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
	SH4	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
	SH5	-12	47.0	71.0	36.6	51.4	±59	O.K	O.K
P4(A1)	SH1	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
P4(A2)	SH1	-7	52.0	66.0	46.8	56.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-8	51.0	67.0	45.8	57.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-8	51.0	67.0	45.8	57.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-8	51.0	67.0	45.8	57.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
P5		고정단							
P6(A1)	SH1	-9	50.0	68.0	44.8	58.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-15	44.0	74.0	38.8	64.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-13	46.0	72.0	40.8	62.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-14	45.0	73.0	39.8	63.2	±59	O.K	O.K
P6(A2)	SH1	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH2	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH3	-20	39.0	79.0	28.6	59.4	±59	O.K	O.K
	SH4	-18	41.0	77.0	30.6	57.4	±59	O.K	O.K
	SH5	-18	41.0	77.0	30.6	57.4	±59	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.25】 2차 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
P7(A1)	SH1	1	60.0	58.0	54.8	48.2	±59	O.K	O.K
	SH2	2	61.0	57.0	55.8	47.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
P7(A2)	SH1	-1	58.0	60.0	52.8	50.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-1	58.0	60.0	52.8	50.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-2	57.0	61.0	51.8	51.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-1	58.0	60.0	52.8	50.2	±59	O.K	O.K
P8		고정단							
P9(A1)	SH1	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-15	44.0	74.0	38.8	64.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-18	41.0	77.0	35.8	67.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-18	41.0	77.0	35.8	67.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-16	43.0	75.0	37.8	65.2	±59	O.K	O.K
P9(A2)	SH1	-20	39.0	79.0	28.6	59.4	±59	O.K	O.K
	SH2	-20	39.0	79.0	28.6	59.4	±59	O.K	O.K
	SH3	-20	39.0	79.0	28.6	59.4	±59	O.K	O.K
	SH4	-21	38.0	80.0	27.6	60.4	±59	O.K	O.K
	SH5	-19	40.0	78.0	29.6	58.4	±59	O.K	O.K
P10(A1)	SH1	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
P10(A2)	SH1	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-12	47.0	71.0	41.8	61.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-7	52.0	66.0	46.8	56.2	±59	O.K	O.K
P11		고정단							
P12(A1)	SH1	-22	37.0	81.0	31.8	71.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-15	44.0	74.0	38.8	64.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-20	39.0	79.0	33.8	69.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-20	39.0	79.0	33.8	69.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-15	44.0	74.0	38.8	64.2	±59	O.K	O.K
P12(A2)	SH1	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH2	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH3	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH4	-20	39.0	79.0	28.6	59.4	±59	O.K	O.K
	SH5	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.25】 2차 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
P13(A1)	SH1	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-2	57.0	61.0	51.8	51.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
P13(A2)	SH1	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-2	57.0	61.0	51.8	51.2	±59	O.K	O.K
P14		고정단							
P15(A1)	SH1	-20	39.0	79.0	33.8	69.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-15	44.0	74.0	38.8	64.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-10	49.0	69.0	43.8	59.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-15	44.0	74.0	38.8	64.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-15	44.0	74.0	38.8	64.2	±59	O.K	O.K
P15(A2)	SH1	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH2	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH3	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH4	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
	SH5	-15	44.0	74.0	33.6	54.4	±59	O.K	O.K
P16(A1)	SH1	2	61.0	57.0	55.8	47.2	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
P16(A2)	SH1	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-5	54.0	64.0	48.8	54.2	±59	O.K	O.K
P17		고정단							
P18(A1)	SH1	-20	39.0	79.0	33.8	69.2	±59	O.K	O.K
	SH2	-20	39.0	79.0	33.8	69.2	±59	O.K	O.K
	SH3	-15	44.0	74.0	38.8	64.2	±59	O.K	O.K
	SH4	-20	39.0	79.0	33.8	69.2	±59	O.K	O.K
	SH5	-20	39.0	79.0	33.8	69.2	±59	O.K	O.K
P18(A2)	SH1	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
	SH2	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
	SH3	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
	SH4	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
	SH5	-10	49.0	69.0	38.6	49.4	±59	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.25】 2차 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (mm)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장			
P19(A1)	SH1	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
P19(A2)	SH1	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH2	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH5	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
P20		고정단							
A2	SH1	5	64.0	54.0	58.8	44.2	±59	O.K	O.K
	SH2	10	69.0	49.0	63.8	39.2	±59	O.K	O.K
	SH3	0	59.0	59.0	53.8	49.2	±59	O.K	O.K
	SH4	5	64.0	54.0	58.8	44.2	±59	O.K	O.K
	SH5	10	69.0	49.0	63.8	39.2	±59	O.K	O.K
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K									

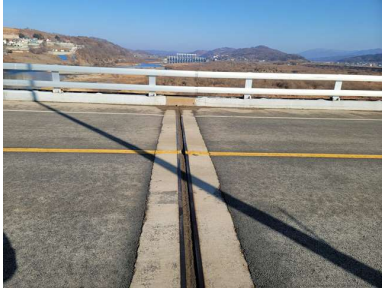
② 교량받침 이동량 검토의견

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

아. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조 수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 A1, P3, P6, P9, P12, P15, A2 레일조인트, P18은 핑거조인트로 총 8 개소가 시공되어 있다.
- 신축이음장치에 대한 현장조사는 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.

		
A1	P3	P6
		
P9	P12	P15
		
P18	A2	-

【사진 3.20】 신축이음 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음장치에 대한 현장조사 결과, 고무재 갈라짐, 본체부식, 유간토사퇴적, 후타재 균열 (0.3mm미만), 후타재 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.26】 신축이음장치 현장조사 결과

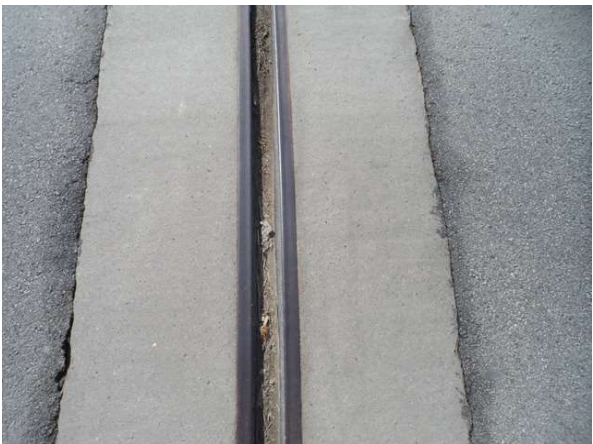
구분	고무재 갈라짐 (m/개소)		본체부식 (m/개소)		유간토사퇴적 (m/개소)		후타재 균열(0.3mm미만) (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)	
A1	—	—	0.32	2	11.00	1	8.70	19	—	—
P3	—	—	0.32	2	11.00	1	7.60	19	—	—
P6	—	—	0.32	2	11.00	1	9.20	23	—	—
P9	0.50	1	0.32	2	11.00	1	7.60	19	0.15	1
P12	—	—	0.32	2	11.00	1	6.90	23	—	—
P15	—	—	0.32	2	11.00	1	1.20	3	—	—
P18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A2	—	—	0.60	2	11.00	1	0.80	2	—	—
합계	0.50	1	2.52	14	77.00	7	42.00	108	0.15	1

			
손상현황	• A1 본체 부식(0.2m×0.8m)	손상현황	• A1 후타재 균열(0.3mm미만)
원 인	• 공용기간 증가, 체수, 열화	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 재도장	조치방안	• 주의관찰

【사진 3.21】 신축이음장치 손상현황

			
손상현황	• A2 후타재 균열 (0.3mm미만)	손상현황	• P3 유간토사퇴적 (L=11.0m)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 공용기간 증가, 비산먼지퇴적
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 정비
			
손상현황	• P3 후타재 균열 (0.3mm미만)	손상현황	• P3 본체 부식 (0.2m×0.8m)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 공용기간 증가, 체수, 열화
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 재도장
			
손상현황	• P6 본체 부식 (0.2m×0.8m)	손상현황	• P6 후타재 균열 (0.3mm미만)
원 인	• 공용기간 증가, 체수, 열화	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 재도장	조치방안	• 주의관찰

【사진 3.21】 신축이음장치 손상현황(계속)

			
손상현황	• P9 고무재 갈라짐(L=0.5m)	손상현황	• P9 후타재 파손(0.5m×0.3m)
원 인	• 공용기간 증가, 열화	원 인	• 우수유입, 윤하중, 열화
조치방안	• 교체	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P12 본체 부식(0.2m×0.8m)	손상현황	• P15 본체 부식(0.2m×0.8m)
원 인	• 공용기간 증가, 체수, 열화	원 인	• 공용기간 증가, 체수, 열화
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장
			
손상현황	• P15 후타재 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P18 신축이음 교체 상태양호
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• -
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• -

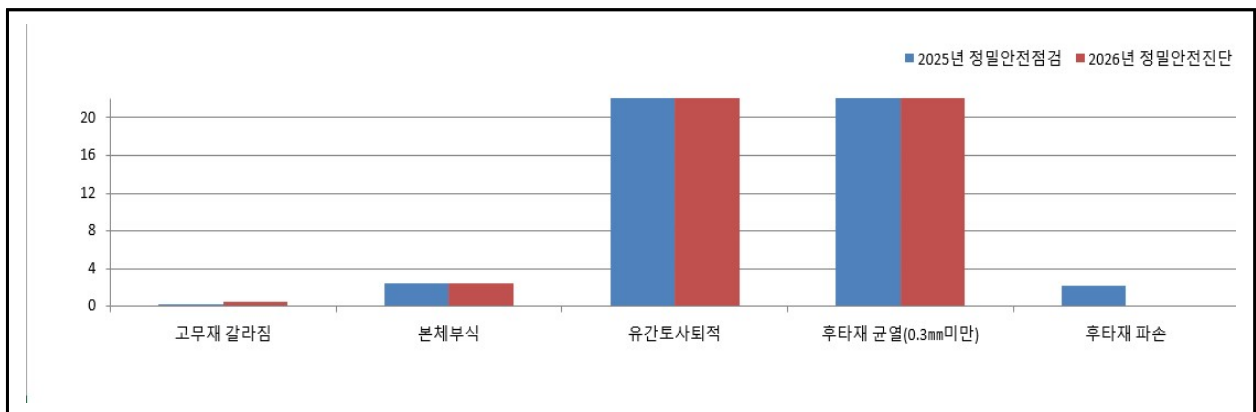
【사진 3.21】 신축이음장치 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

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

【표 3.27】 신축이음장치 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음장치	고무재 갈라짐	m	0.20	1	0.50	1	▲ 0.30	보수실시 신규손상
	본체부식	m	2.52	14	2.52	14	— —	변동없음
	유간토사퇴적	m	88.00	9	77.00	7	▼ 11.00	보수실시
	후타재 균열(0.3mm미만)	m	41.00	106	42.00	108	▲ 1.00	오기수정 변동없음
	후타재 파손	m ²	2.26	5	0.15	1	▼ 2.11	보수실시 신규손상



【그림 3.12】 신축이음장치 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 신축이음장치에서 조사된 후타재 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축, 온도변화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수를 실시하기보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하고 손상의 진전시 진전된 손상에 대한 적절한 보수방안을 선정하여 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 후타재 파손의 경우 손상부 우수유입 및 동결융해, 차량 반복통행 운하중, 열화 등 복합적인 원인으로 인한 손상으로 판단되며, 점검당시 부재의 기능성 및 통행자의 안전성에 영향을 미치는 손상은 아니나 손상의 진전방지 및 내구성 확보차원의 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하고 손상의 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 조사된 고무재 갈라짐의 경우 공용기간 증가, 비산면지퇴적, 열화 등에 의한 손상으로 판단되며, 지속적인 누수 및 열화로 인한 손상의 진전시 상부구조(바닥판하면, 거더), 하부구조(교각), 교량받침 등의 타부재에 충분리, 철근부식, 백태 등 2차 손상을 유발할 수 있는 가능성이 농후하여 이를 방지하고자 신축이음 교체 등의 보수를 실시하고 추가적인 누수여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 판단된다.
- 조사된 본체부식의 경우 공용기간 증가, 비산면지퇴적으로 인한 체수, 열화 등에 의한 손상으로 판단되며, 점검당시 부재의 기능성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부식의 진전으로 인하여 내구성 저하를 방지하기 위한 재도장 등의 보수조치가 필요하다.
- 조사된 유간토사퇴적의 경우 공용기간 증가, 비산면지퇴적 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 1차 2025년 12월 18일, 2차 2026년 03월 10일 총 2회에 걸쳐 신축거동량을 측정하였다.

		
신축이음장치 유간 측정	바닥판하면 유간 측정	거더 유간 측정

【사진 3.22】 신축이음장치 유간 측정

(1) 1차 신축이음장치 신축거동상태 검토

- ① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토
- ② 금회 점검당시 기온은 해당시설물이 시공되어있는 연천에 기지국이 없는 상태로 인근지역인 동두천의 기상청자료를 참고하여 검토하였다.

【표 3.28】 1차 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 : 2025. 12. 18. 기온 적용: 0.0°C(일평균) ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - 0.0^{\circ}\text{C} = 35.0^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-15.0^{\circ}\text{C} - (0.0^{\circ}\text{C}) = 15.0^{\circ}\text{C}$ 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>선행창계수 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	선행창계수 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	선행창계수 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 3.29】 1차 신축이음장치 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기		
A1	15.0	35.0	0.00001	60.00	9.0	21.0	—	
P3	15.0	35.0	0.00001	90.00	13.5	31.5	—	
P6	15.0	35.0	0.00001	90.00	13.5	31.5	—	
P9	15.0	35.0	0.00001	90.00	13.5	31.5	—	
P12	15.0	35.0	0.00001	90.00	13.5	31.5	—	
P15	15.0	35.0	0.00001	90.00	13.5	31.5	—	
P18	15.0	35.0	0.00001	90.00	13.5	31.5	—	
A2	15.0	35.0	0.00001	30.00	4.5	10.5	—	
1) 조사당시 온도 : 0.0°C (조사일 : 2025년 12월 18일, 평균온도, 동두천) 2) 검토온도 : -15°C ~ 35°C (한랭지방)								

【표 3.30】 1차 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	9.0	21.0	60.0	100	31.0	39.0	OK	OK
	바닥판	9.0	21.0	103.0	—	—	82.0	—	OK
	거더	9.0	21.0	115.0	—	—	94.0	—	OK
P3	신축이음	13.5	31.5	70.0	100	16.5	38.5	OK	OK
	바닥판	13.5	31.5	115.0	—	—	83.5	—	OK
	거더	13.5	31.5	118.0	—	—	86.5	—	OK
P6	신축이음	13.5	31.5	82.0	100	4.5	50.5	OK	OK
	바닥판	13.5	31.5	132.0	—	—	100.5	—	OK
	거더	13.5	31.5	119.0	—	—	87.5	—	OK
P9	신축이음	13.5	31.5	82.0	100	4.5	50.5	OK	OK
	바닥판	13.5	31.5	120.0	—	—	88.5	—	OK
	거더	13.5	31.5	125.0	—	—	93.5	—	OK
P12	신축이음	13.5	31.5	86.0	100	0.5	54.5	OK	OK
	바닥판	13.5	31.5	110.0	—	—	78.5	—	OK
	거더	13.5	31.5	120.0	—	—	88.5	—	OK
P15	신축이음	13.5	31.5	80.0	100	6.5	48.5	OK	OK
	바닥판	13.5	31.5	115.0	—	—	83.5	—	OK
	거더	13.5	31.5	110.0	—	—	78.5	—	OK
P18	신축이음	13.5	31.5	74.0	100	12.5	42.5	OK	OK
	바닥판	13.5	31.5	120.0	—	—	88.5	—	OK
	거더	13.5	31.5	130.0	—	—	98.5	—	OK
A2	신축이음	4.5	10.5	52.0	100	43.5	41.5	OK	OK
	바닥판	4.5	10.5	80.0	—	—	69.5	—	OK
	거더	4.5	10.5	80.0	—	—	69.5	—	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.

(2) 2차 신축이음장치 신축거동상태 검토

- ① 설계기준온도($-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방))에 따른 여유량 검토
- ② 금회 점검당시 기온은 해당시설물이 시공되어있는 연천에 기지국이 없는 상태로 인근지역인 동두천의 기상청자료를 참고하여 검토하였다.

【표 3.31】 2차 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. 03. 10. 기온 적용: 2.3°C(일평균) ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - 2.3^{\circ}\text{C} = 32.7^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-15.0^{\circ}\text{C} - (2.3^{\circ}\text{C}) = 17.3^{\circ}\text{C}$ 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>선팅창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)</th></tr><tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>$-10 \sim +40$</td><td>$-20 \sim +40$</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>$-10 \sim +50$</td><td>$-20 \sim +40$</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>$-5 \sim +35$</td><td>$-15 \sim +35$</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>				교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)	강교	상로교	$-10 \sim +40$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	$-10 \sim +50$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		$-5 \sim +35$	$-15 \sim +35$	1.0×10^{-5}	
교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)																				
강교	상로교	$-10 \sim +40$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}																				
	하로교, 강바닥판교	$-10 \sim +50$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}																				
RC, PSC교		$-5 \sim +35$	$-15 \sim +35$	1.0×10^{-5}																				

【표 3.32】 2차 신축이음장치 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기		
A1	17.3	32.7	0.00001	60.00	10.4	19.6	—	
P3	17.3	32.7	0.00001	90.00	15.6	29.4	—	
P6	17.3	32.7	0.00001	90.00	15.6	29.4	—	
P9	17.3	32.7	0.00001	90.00	15.6	29.4	—	
P12	17.3	32.7	0.00001	90.00	15.6	29.4	—	
P15	17.3	32.7	0.00001	90.00	15.6	29.4	—	
P18	17.3	32.7	0.00001	90.00	15.6	29.4	—	
A2	17.3	32.7	0.00001	30.00	5.2	9.8	—	
1) 조사당시 온도 : 2.3°C(조사일 : 2026년 03월 10일, 평균온도, 동두천) 2) 검토온도 : -15°C ~ 35°C(한랭지방)								

【표 3.33】 2차 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	10.4	19.6	56.0	100	33.6	36.4	OK	OK
	바닥판	10.4	19.6	103.0	—	—	83.4	—	OK
	거더	10.4	19.6	120.0	—	—	100.4	—	OK
P3	신축이음	15.6	29.4	76.0	100	8.4	46.6	OK	OK
	바닥판	15.6	29.4	120.0	—	—	90.6	—	OK
	거더	15.6	29.4	114.0	—	—	84.6	—	OK
P6	신축이음	15.6	29.4	79.0	100	5.4	49.6	OK	OK
	바닥판	15.6	29.4	130.0	—	—	100.6	—	OK
	거더	15.6	29.4	118.0	—	—	88.6	—	OK
P9	신축이음	15.6	29.4	80.0	100	4.4	50.6	OK	OK
	바닥판	15.6	29.4	125.0	—	—	95.6	—	OK
	거더	15.6	29.4	120.0	—	—	90.6	—	OK
P12	신축이음	15.6	29.4	80.0	100	4.4	50.6	OK	OK
	바닥판	15.6	29.4	100.0	—	—	70.6	—	OK
	거더	15.6	29.4	110.0	—	—	80.6	—	OK
P15	신축이음	15.6	29.4	73.0	100	11.4	43.6	OK	OK
	바닥판	15.6	29.4	105.0	—	—	75.6	—	OK
	거더	15.6	29.4	115.0	—	—	85.6	—	OK
P18	신축이음	15.6	29.4	67.0	100	17.4	37.6	OK	OK
	바닥판	15.6	29.4	115.0	—	—	85.6	—	OK
	거더	15.6	29.4	125.0	—	—	95.6	—	OK
A2	신축이음	5.2	9.8	50.0	100	44.8	40.2	OK	OK
	바닥판	5.2	9.8	74.0	—	—	64.2	—	OK
	거더	5.2	9.8	72.0	—	—	62.2	—	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

- 북삼교의 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 3.23】 교면포장 전경

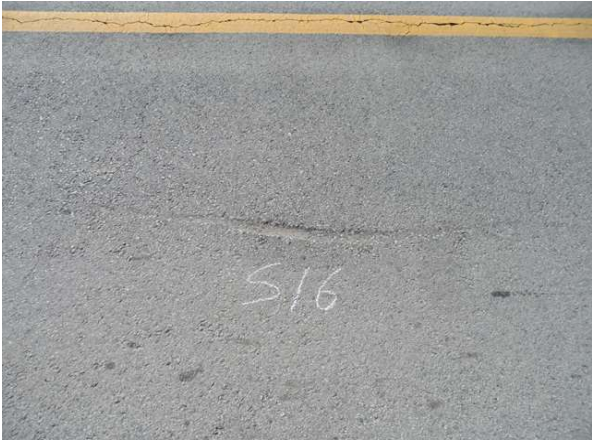
2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과, 포장 패임 등의 손상이 발생하였다.

【표 3.34】 교면포장 현장조사 결과

구분	포장 패임 (㎡/개소)	
S16	0.05	1
합계	0.05	1

※ 손상이 발생한 경간에 대한 손상물량만 기입함.

			
손상현황	• S16 포장 폐임 (0.1m×0.5m)	손상현황	• 교면포장 상태양호
원 인	• 외부 충격	원 인	• -
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• -
			
손상현황	• 교면포장 상태양호	손상현황	• 교면포장 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• 교면포장 상태양호	손상현황	• 교면포장 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

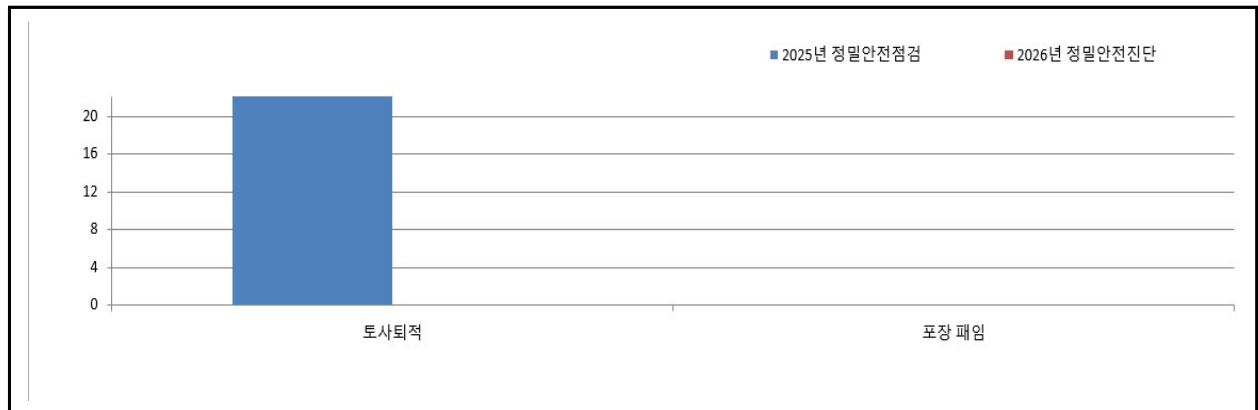
【사진 3.24】 교면포장 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 토사퇴적은 보수가 실시되었으며, 금회 점검에서 신규 손상으로 포장 패임 등의 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.35】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	토사퇴적	m ²	105.00	4	—	—	▼ 105.0	보수실시
	포장 패임	m ²	—	—	0.05	1	▲ 0.05	신규손상



【그림 3.13】 교면포장 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 교면포장에서 조사된 포장 패임의 경우 외부충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수를 실시하기보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하고 손상의 진전시 적절한 보수방안을 선정하여 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

차. 배수시설

1) 부재의 개요

- 북삼교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수구가 설치되어 바닥판하면 배수관으로 배수가 진행되고 있다.
- 배수시설에 대한 현장조사는 점검차 및 드론, 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.25】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 3.36】 배수시설 현장조사 결과

구분	-	
-	-	-
합계	-	-

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

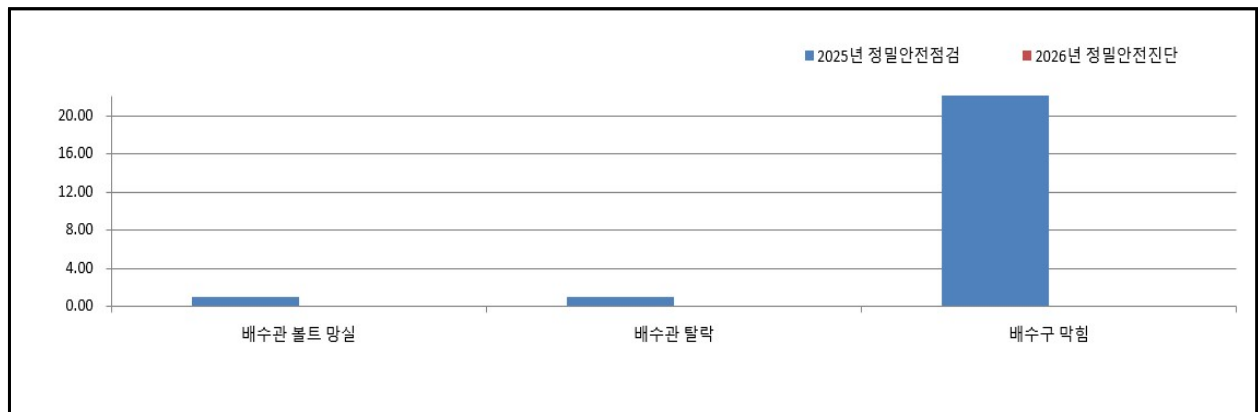
【사진 3.26】 배수시설 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 배수관 볼트 망실, 배수관 탈락, 배수구 막힘 등의 손상은 보수가 실시되었으며, 금회 점검에서 신규손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 3.37】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수관 볼트 망실	EA	1.00	1	—	—	▼ 1.00	보수실시
	배수관 탈락	EA	1.00	1	—	—	▼ 1.00	보수실시
	배수구 막힘	EA	84.00	84	—	—	▼ 84.00	보수실시



【그림 3.14】 배수시설 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 배수시설은 기존손상인 배수관 볼트 망실, 배수관 탈락, 배수구 막힘 등의 손상은 보수가 실시되었으며, 금회 점검에서 신규손상이 없는 상태로 조사되었다.

카. 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 양측면 하단에 콘크리트 연석이 난간 지주와 결합 시공되어 있으며, S18~S21 구간은 민가지역으로 방음벽이 추가로 설치되어 있다.
- 난간 및 연석에 대한 현장조사는 점검차 및 드론, 도보출 통한 근접조사를 실시하였다.



난간 및 연석 전경

S18~S21 방음벽 전경

【사진 3.27】 난간 및 연석 전경

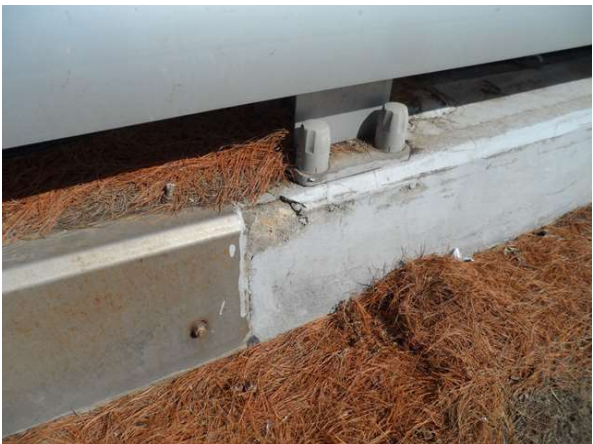
2) 현장조사 결과

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 보수부 박리, 방음판 고정볼량, 방음판 변형, 방음판 탈락 등의 손상이 발생하였다.

【표 3.38】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	보수부 박리 (㎡/개소)		방음판 고정볼량 (개소/개소)		방음판 변형 (개소/개소)		방음판 탈락 (개소/개소)	
S18	—	—	—	—	—	—	2.00	2
S19	—	—	3.00	3	3.00	3	4.00	4
S20	—	—	1.00	1	2.00	2	—	—
S21	0.01	1	—	—	—	—	4.00	4
S21-A2	0.20	1	—	—	—	—	—	—
합계	0.21	2	4.00	4	5.00	5	10.00	10

※ 손상이 발생한 경간에 대한 손상물량만 기입함.

			
손상현황	• S18 방음판 탈락 1EA	손상현황	• S19 방음판 변형
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡, 외부충격
조치방안	• 재설치	조치방안	• 재설치
			
손상현황	• S19 방음판 탈락 1EA	손상현황	• S20 방음판 고정볼량
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 재설치	조치방안	• 재설치
			
손상현황	• S21 보수부 박리(0.1m×0.1m)	손상현황	• S21 접속부 보수부 박리(0.4m×0.5m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

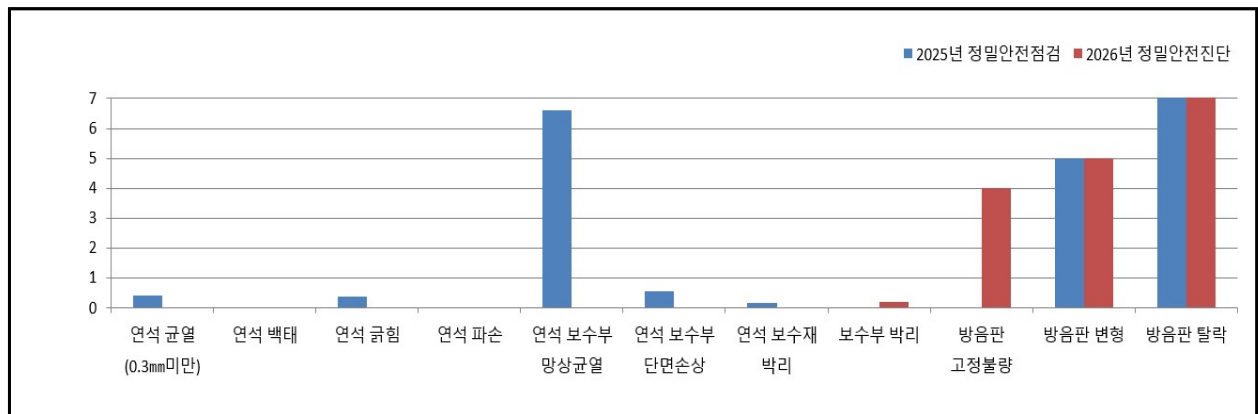
【사진 3.28】 난간 및 연석 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 방음판 변형, 방음판 탈락 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 접속부 보수부 박리, 방음판 고정볼량, 방음판 탈락 등의 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.39】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
난간 및 연석	연석 균열(0.3mm미만)	m	0.40	2	—	—	▼ 0.40	보수실시
	연석 백태	m ²	0.03	1	—	—	▼ 0.03	보수실시
	연석 굽힘	m ²	0.36	3	—	—	▼ 0.36	보수실시
	연석 파손	m ²	0.01	1	—	—	▼ 0.01	보수실시
	연석 보수부 망상균열	m ²	6.60	3	—	—	▼ 6.60	보수실시
	연석 보수부 단면손상	m ²	0.56	4	—	—	▼ 0.56	보수실시
	연석 보수재 박리	m ²	0.18	4	—	—	▼ 0.18	보수실시
	보수부 박리	m ²	—	—	0.21	2	▲ 0.21	신규손상
	방음판 고정볼량	EA	—	—	4.00	4	▲ 4.00	신규손상
	방음판 변형	EA	5.00	5	5.00	5	— —	변동없음
	방음판 탈락	EA	8.00	8	10.00	10	▲ 2.00	신규손상



【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 고정볼량, 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

- 북삼교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~20에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 일체형으로 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 현장조사는 점검차 및 드론을 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.29】 교량 점검시설 전경

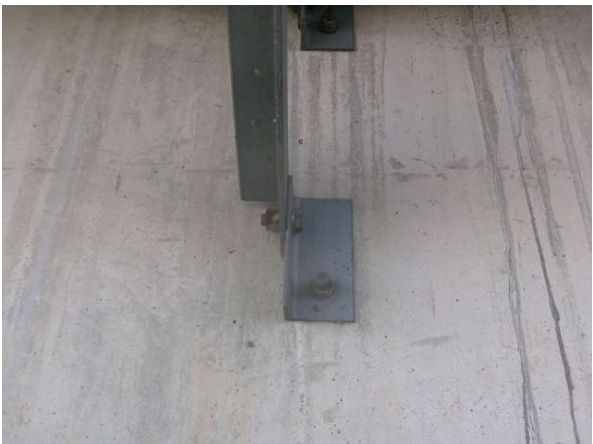
2) 현장조사 결과

- 교량 점검시설에 대한 현장조사 결과, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.40】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	점검로 이물질퇴적 (개소/개소)	
P19	1.00	1
합계	1.00	1

※ 손상이 발생한 공간에 대한 손상물량만 기입함.

			
손상현황	• P19 점검로 이물질 퇴적	손상현황	• P19 점검로 이물질 퇴적
원 인	• 무단 투기	원 인	• 무단 투기
조치방안	• 정비	조치방안	• 정비
			
손상현황	• 점검로 상태양호	손상현황	• 점검로 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• 점검로 상태양호	손상현황	• 점검로 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

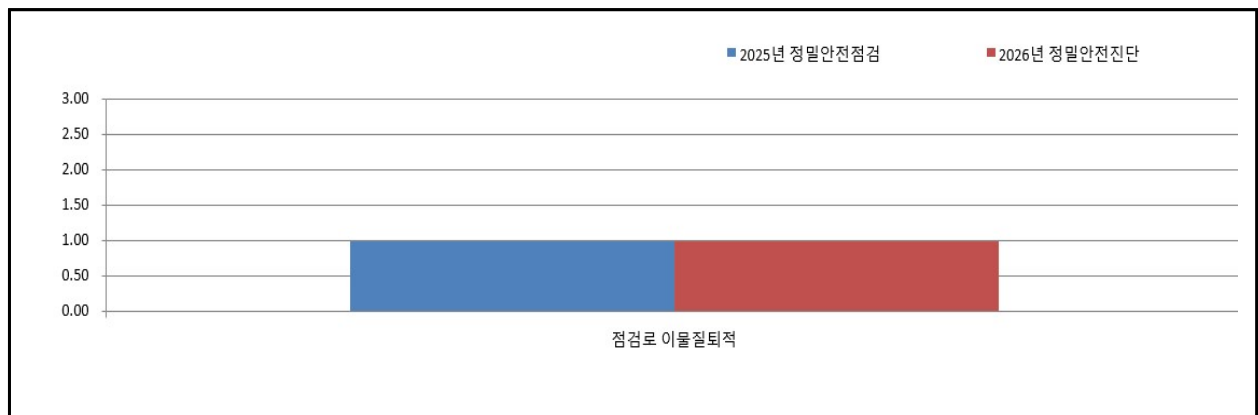
【사진 3.30】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 점검로 이물질퇴적 등의 손상이 확인되었다.

【표 3.41】교량 점검시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 점검시설	점검로 이물질퇴적	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음



【그림 3.16】교량 점검시설 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

4) 검토의견

- 교량 점검시설에서 조사된 점검로 이물질퇴적의 경우 인근 주민의 폐자재 투기로 인한 손상으로 판단되며, 작업자의 원활한 통행을 위한 정비 등의 조치가 필요하다.

파. 기타시설(통신관로, 상수관로, 접속계단, 수위관측장비 등)

1) 부재의 개요

- 북삼교의 기타설비는 바닥부 켄틸레버부에 설치된 통신관로 및 상수관로, S18 접속계단, P13 지점 수위관측장비 등이 설치되어 있다.
- 기타시설에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.31】 기타시설 전경

2) 현장조사 결과

- 기타시설에 대한 현장조사 결과, 자물쇠 걸고리 파손, 교각표지판 탈락, 접속계단 부식, 설명판 망실, 상수관 지지대 파손, 상수관 덮개파손, 상수관 지지대 부식, 통신케이블 보호관 파손, 통신관 지지대 부식 등의 손상이 조사되었다.

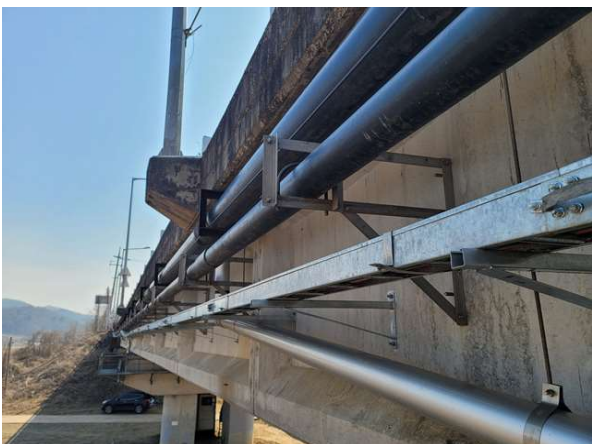
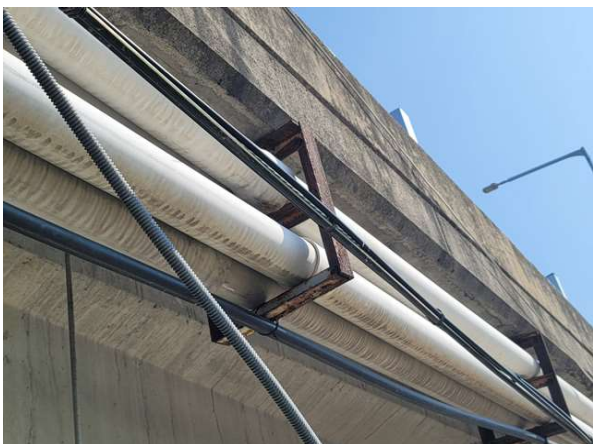
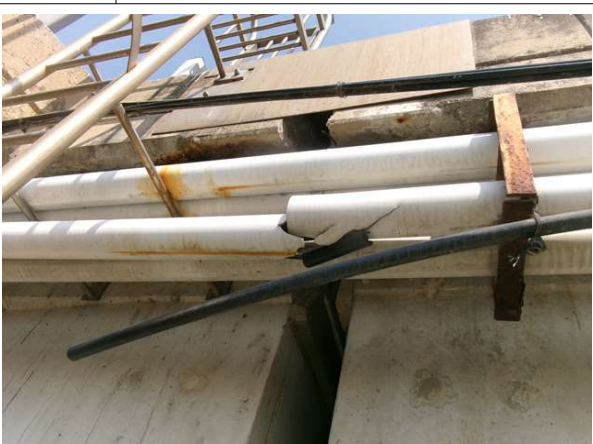
【표 3.42】 기타시설 현장조사 결과

구분	자물쇠 걸고리 파손 (개소/개소)		교각표지판 탈락 (개소/개소)		접속계단 부식 (개소/개소)		설명판 망실 (개소/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—	1.00	1
S10	1.00	1	—	—	—	—	—	—
S13	—	—	1.00	1	—	—	—	—
S18	—	—	—	—	1.00	1	—	—
합계	1.00	1	1.00	1	1.00	1	1.00	1

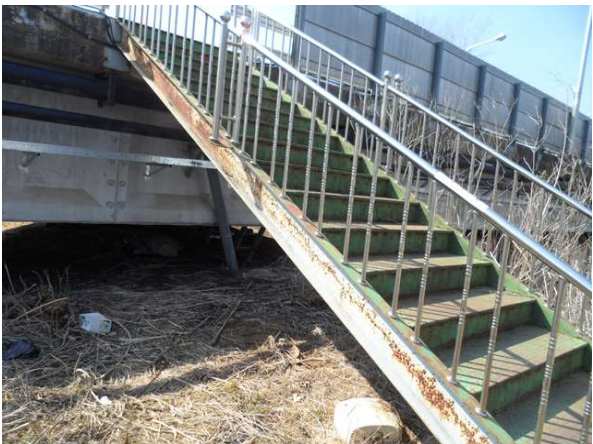
※ 손상이 발생한 공간에 대한 손상물량만 기입함.

【표 3.42】 기타시설 현장조사 결과(계속)

구분	상수관 지지대 파손 (개소/개소)		상수관 덮개 파손 (개소/개소)		상수관 지지대 부식 (개소/개소)		통신케이블 보호관 파손 (개소/개소)		통신관 지지대 부식 (개소/개소)	
S1	—	—	—	—	6.00	6	—	—	16.00	16
S2	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S3	—	—	—	—	7.00	7	1.00	1	14.00	14
S4	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S5	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S6	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S7	1.00	1	1.00	1	7.00	7	—	—	14.00	14
S8	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S9	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S10	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S11	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S12	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S13	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S14	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S15	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S16	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S17	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S18	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S19	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S20	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
S21	—	—	—	—	7.00	7	—	—	14.00	14
합계	1.00	1	1.00	1	146.00	146	1.00	1	296.00	296

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

【사진 3.32】 기타시설 손상현황

	
손상현황 • S6 상수관 지지대 부식 원 인 • 공용기간 증가, 습기흡착 조치방안 • 주의관찰	손상현황 • S7 상수관 덮개 파손 원 인 • 공용기간 증가, 외부충격, 우수유입 조치방안 • 주의관찰
	
손상현황 • S7 상수관 지지대 파손 원 인 • 공용기간 증가, 우수유입, 습기흡착 조치방안 • 주의관찰	손상현황 • S7 상수관 지지대 파손 원 인 • 공용기간 증가, 우수유입, 습기흡착 조치방안 • 주의관찰
	
손상현황 • S18 접속계단 부식 원 인 • 공용기간 증가, 열화 조치방안 • 주의관찰	손상현황 • S1 설명판 망실 원 인 • 인위적 탈거 조치방안 • 주의관찰

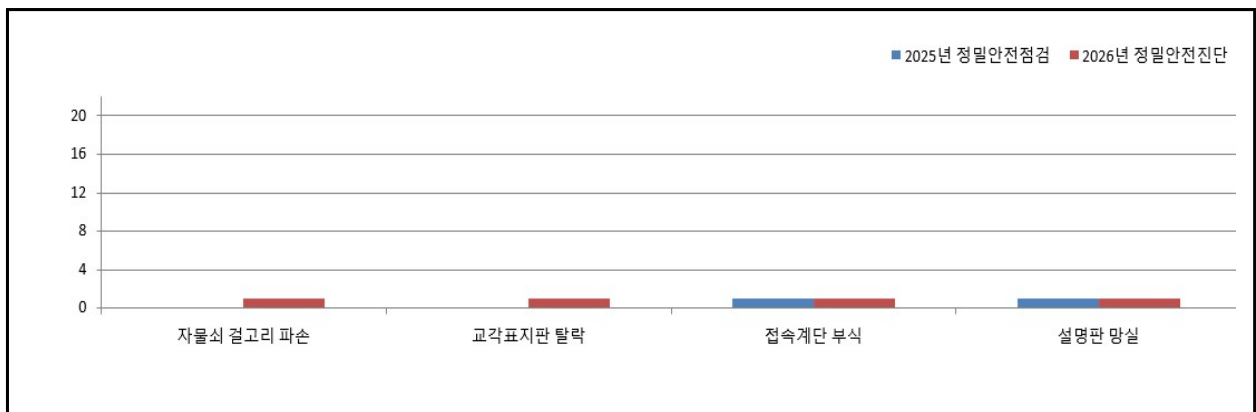
【사진 3.32】 기타시설 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

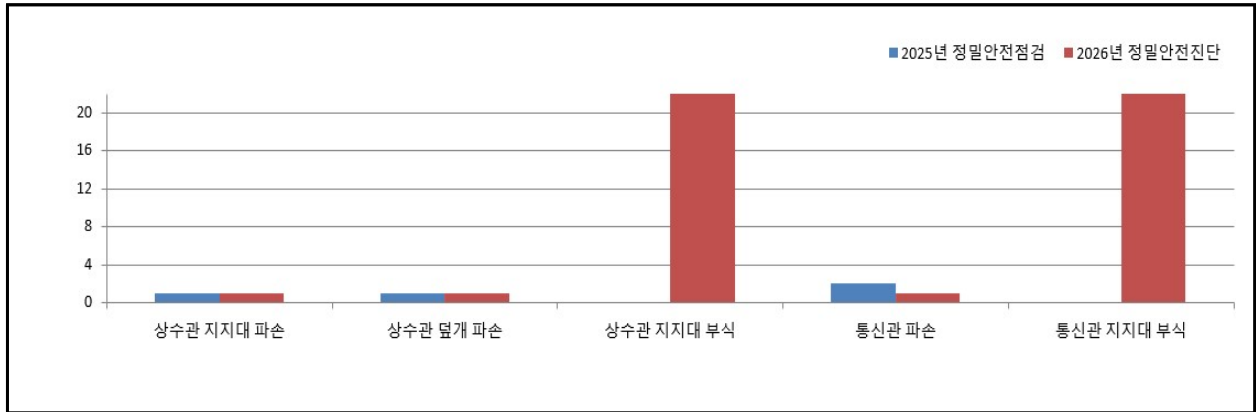
- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 접속계단 부식, 설명판 망실, 상수관 지지대 파손, 상수관 덮개 파손 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 자물쇠 걸고리 파손, 교각표지판 탈락, 상수관 지지대 부식, 통신케이블 보호관 파손, 통신관 지지대 부식 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 통신케이블 보호관 파손 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【표 3.43】 기타시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
기타시설	자물쇠 걸고리 파손	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	교각표지판 탈락	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	접속계단 부식	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	설명판 망실	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	상수관 지지대 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	상수관 덮개 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	상수관 지지대 부식	EA	—	—	146.00	146	▲ 146.0	신규손상
	통신케이블 보호관 파손	EA	2.00	2	1.00	1	▼ 1.00	보수실시 신규손상
	통신관 지지대 부식	EA	—	—	296.00	296	▲ 296.0	신규손상



【그림 3.17】 기타시설 기 점검과의 손상물량 변동 그래프



【그림 3.17】 기타시설 기 점검과의 손상물량 변동 그래프(계속)

4) 검토의견

- 기타시설에서 조사된 상수관 지지대 파손의 경우 습기흡착, 지속적인 우수유입 등으로 인한 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 상수관 지지대 부식, 통신관 지지대 부식의 경우 습기흡착, 지속적인 우수유입 등으로 인한 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 상수관 덮개 파손, 통신케이블 보호관 파손의 경우 지속적인 우수유입, 열화, 외부 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 접속계단 부식의 경우 공용기간 증가, 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, S18에 설치되어 점검 및 공중이 이용하고 있는 시설이다. 발생한 손상은 점검당시 사용성에 영향을 미치는 상태는 아니며, 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하고 손상의 진전 및 확대시 사용자의 안전을 도모하기 위한 적절한 보수방안을 선정하여 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 설명판 망실, 자물쇠 걸고리 파손, 교각 표지판 탈락의 경우 외부인에 의한 고의적인 탈거, 외부 충격 등의 원인으로 추정되며, 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

하. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 방호벽, 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 3.44】 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 북삼교는 S1 군왕로, S18, S21 북삼로20번길, 이외 경간은 하천 및 임진강을 횡단하는 교량이다.
- 중대시민재해를 유발할 수 있는 위험요소로 낙하물, 교량접속부 파손, 포장불량, 배수시설 기능저하 등 항목이 해당된다.
- 공중이용시설 10대 위험요소 중 교량에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 교각(P18)에서 박락, 박락 및 철근노출, 중분리 등의 손상이 발생하였으나, 통행차량 및 통행인이 이용하지 않아 위험성이 낮은 것으로 확인되었으며, 중대시민재해를 방지하기 위한 단면보수, 단면보수(방청) 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	비 고
1	교량 교각 코핑 콘크리트 탈락	■유, □무	박락, 철근노출, 층분리	단면보수(방청)	
3	배수관 낙하사고	□유, ■무	이상없음	—	
4	고드름 낙하사고	□유, ■무	이상없음	—	
5	신축이음장치 솟음(Blow-up)	□유, ■무	이상없음	—	
6	교면포장 부분 보수부 파손	□유, ■무	이상없음	—	
7	교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	□유, ■무	이상없음	—	



【사진 3.33】 교량의 공중이용시설 10대 위험요소 손상현황



【사진 3.33】 교량의 공중이용시설 10대 위험요소 손상현황(계속)

3.5.2 현장조사 총괄표

【표 3.45】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단 위	물량	개소	비고
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	m	1.80	2	
	재료분리	m ²	0.18	1	
	충분리	m ²	0.63	3	
	불법설치	EA	4.00	4	
	파손 및 철근노출	m ²	1.81	7	
	철근노출	m ²	0.03	1	
	그을림	m ²	8.00	1	
거더	균열(0.3mm미만)	m	1.00	1	
	재료분리	m ²	0.61	6	
	파손	m ²	0.23	9	
	충분리	m ²	0.45	3	
	그을림	m ²	16.00	2	
가로보	재료분리	m ²	0.14	3	
	박락	m ²	0.12	3	
교대	철근노출	m ²	0.10	1	
	이물질 퇴적	m ²	10.60	3	
	법면바닥 균열	m	3.60	3	
	보호블럭 이격	m	24.00	2	
	표면오염	m ²	0.50	1	
교각	균열, 재균열 (0.3mm미만)	m	22.5	30	
	균열(0.3mm이상)	m	1.40	3	
	망상균열	m ²	9.55	6	
	박리, 보수부 박리	m ²	3.40	3	
	박락	m ²	2.01	5	
	박락 및 철근노출	m ²	0.40	1	
	재료분리	m ²	3.40	1	
	파손, 긁힘	m ²	0.06	5	
	충분리	m ²	1.90	3	
	조류배설물 퇴적	EA	2.00	2	
	표면오염	m ²	108.00	24	
	하부 점용	EA	3.00	3	
기초	균열(0.3mm미만)	m	34.00	6	
	망상균열	m ²	2.00	1	
	파손	m ²	0.29	3	

【표 3.45】 손상내용 총괄표(계속)

구분	손상 내용	단 위	물량	개소	비고
교량받침	도장박리	m ²	16.68	69	
	본체 부식	EA	78.00	78	
	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	m	5.30	36	
	받침몰탈 박락	m ²	0.03	3	
	고무재 들뜸	EA	10.00	10	
	스토퍼 밀착	EA	1.00	1	
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	0.70	2	
	받침콘크리트 균열(0.3mm이상)	m	1.20	1	
	받침콘크리트 층분리	m ²	0.40	2	
신축이음장치	고무재 갈라짐	m	0.50	1	
	본체부식	m	2.52	14	
	유간토사퇴적	m	77.00	7	
	후타재 균열(0.3mm미만)	m	42.00	108	
	후타재 파손	m ²	0.15	1	
교면포장	포장 패임	m ²	0.05	1	
배수시설	상태양호	—	—	—	
난간 및 연석	보수부 박리	m ²	0.21	2	
	방음판 고정볼량	EA	4.00	4	
	방음판 변형	EA	5.00	5	
	방음판 탈락	EA	10.00	10	
교량 점검시설	점검로 이물질퇴적	EA	1.00	1	
기타 시설	자물쇠 걸고리 파손	EA	1.00	1	
	교각표지판 탈락	EA	1.00	1	
	접속계단 부식	EA	1.00	1	
	설명판 망실	EA	1.00	1	
	상수관 지지대 파손	EA	1.00	1	
	상수관 덮개 파손	EA	1.00	1	
	상수관 지지대 부식	EA	146.00	146	
	통신케이블 보호관 파손	EA	1.00	1	
	통신관 지지대 부식	EA	296.00	296	

3.5.3 전회차 손상물량 비교

【표 3.46】 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	3.20	4	1.80	2	▼ 1.40	보수실시
	재균열(0.3mm미만)	m	1.00	1	—	—	▼ 1.00	보수실시
	백태	m ²	1.22	7	—	—	▼ 1.22	보수실시
	박리	m ²	0.40	3	—	—	▼ 0.40	보수실시
	재료분리	m ²	0.12	2	0.18	1	▲ 0.06	보수실시 신규손상
	층분리	m ²	0.32	4	0.63	3	▲ 0.31	보수실시 신규손상
	철근부식	m ²	0.62	7	—	—	▼ 0.62	보수실시
	불법설치	EA	4.00	4	4.00	4	— —	변동없음
	표면오염	m ²	0.12	1	—	—	▼ 0.12	보수실시
	파손 및 철근노출	m ²	—	—	1.81	7	▲ 1.81	신규손상
	철근노출	m ²	—	—	0.03	1	▲ 0.03	신규손상
	그을림	m ²	—	—	8.00	1	▲ 8.00	신규손상
거더	균열(0.3mm미만)	m	1.70	5	1.00	1	▼ 0.70	보수실시 신규손상
	재료분리	m ²	0.20	2	0.61	6	▲ 0.41	신규손상
	파손	m ²	0.11	7	0.23	9	▲ 0.12	보수실시 신규손상
	층분리	m ²	0.11	2	0.45	3	▲ 0.34	손상증가 신규손상
	표면오염	m ²	0.25	1	—	—	▼ 0.25	보수실시
	그을림	m ²	—	—	16.00	2	▲ 16.00	신규손상
가로보	재료분리	m ²	0.04	1	0.14	3	▲ 0.10	보수실시 신규손상
	파손	m ²	0.03	1	—	—	▼ 0.03	보수실시
	박락	m ²	—	—	0.12	3	▲ 0.12	신규손상
교대	재균열(0.3mm미만)	m	0.30	1	—	—	▼ 0.30	보수실시
	철근노출	m ²	—	—	0.10	1	▲ 0.10	신규손상
	이물질 퇴적	m ²	—	—	10.60	3	▲ 9.60	신규손상
	법면바닥 균열	m	—	—	3.60	3	▲ 3.60	신규손상
	보호블럭 이격	m	12.00	1	24.00	1	▲ 12.00	신규손상
	표면오염	m ²	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상

【표 3.46】 손상물량 비교표(계속)

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열, 재균열 (0.3mm미만)	m	39.80	47	22.5	30	▼ 17.3	보수 실시 신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	5.90	6	1.40	3	▼ 4.50	보수 실시 신규손상
	망상균열	m ²	7.00	5	9.55	6	▲ 2.55	보수 실시 신규손상
	박리, 보수부 박리	m ²	2.70	2	3.40	3	▲ 0.70	보수 실시 신규손상
	박락	m ²	0.52	4	2.01	5	▲ 1.49	손상 증가 신규손상
	박락 및 철근노출	m ²	—	—	0.40	1	▲ 0.40	신규손상
	재료분리	m ²	3.40	1	3.40	1	— —	변동 없음
	파손, 굽힘	m ²	0.07	4	0.06	5	▼ 0.01	보수 실시 신규손상
	충분리	m ²	0.08	1	1.90	3	▲ 1.82	보수 실시 신규손상
	조류배설물 퇴적	EA	3.00	3	1.00	1	▼ 2.00	보수 실시
	표면오염	m ²	57.20	18	108.00	24	▲ 50.80	신규손상
	하부 점용	EA	—	—	3.00	3	▲ 3.00	신규손상
기초	균열(0.3mm미만)	m	21.00	2	34.00	6	▲ 13.00	신규손상
	망상균열	m ²	—	—	2.00	1	▲ 2.00	신규손상
	파손	m ²	0.28	2	0.29	3	▲ 0.01	신규손상
교량받침	도장박리	m ²	14.50	58	16.68	69	▲ 2.18	신규손상
	본체 부식	EA	22.00	22	78.00	78	▲ 56.00	신규손상
	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	m	1.90	19	5.30	36	▲ 3.40	신규손상
	받침몰탈 박락	m ²	—	—	0.03	3	▲ 0.03	신규손상
	고무재 들뜸	EA	—	—	10.00	10	▲ 10.00	신규손상
	스토퍼 밀착	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	0.40	2	0.70	2	▲ 0.30	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm이상)	m	—	—	1.20	1	▲ 1.20	신규손상
	받침콘크리트 충분리	m ²	0.20	1	0.40	2	▲ 0.20	신규손상

【표 3.46】 손상물량 비교표(계속)

구분	손상 내용	단 위	2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음 장치	고무재 갈라짐	m	0.20	1	0.50	1	▲ 0.30	보수 실시 신규손상
	본체부식	m	2.52	14	2.52	14	— —	변동없음
	유간토사퇴적	m	88.00	9	77.00	7	▼ 11.00	보수 실시
	후타재 균열(0.3mm미만)	m	41.00	106	42.00	108	▲ 1.00	오기 수정 변동없음
	후타재 파손	m ²	2.26	5	0.15	1	▼ 2.11	보수 실시 신규손상
교면포장	토사퇴적	m ²	105.00	4	—	—	▼ 105.0	보수 실시
	포장 패임	m ²	—	—	0.05	1	▲ 0.05	신규손상
배수시설	배수관 볼트 망실	EA	1.00	1	—	—	▼ 1.00	보수 실시
	배수관 탈락	EA	1.00	1	—	—	▼ 1.00	보수 실시
	배수구 막힘	EA	84.00	84	—	—	▼ 84.00	보수 실시
난간 및 연석	연석 균열(0.3mm미만)	m	0.40	2	—	—	▼ 0.40	보수 실시
	연석 백태	m ²	0.03	1	—	—	▼ 0.03	보수 실시
	연석 굽힘	m ²	0.36	3	—	—	▼ 0.36	보수 실시
	연석 파손	m ²	0.01	1	—	—	▼ 0.01	보수 실시
	연석 보수부 망상균열	m ²	6.60	3	—	—	▼ 6.60	보수 실시
	연석 보수부 단면손상	m ²	0.56	4	—	—	▼ 0.56	보수 실시
	연석 보수재 박리	m ²	0.18	4	—	—	▼ 0.18	보수 실시
	보수부 박리	m ²	—	—	0.21	2	▲ 0.21	신규손상
	방음판 고정볼량	EA	—	—	4.00	4	▲ 4.00	신규손상
	방음판 변형	EA	5.00	5	5.00	5	— —	변동없음
	방음판 탈락	EA	8.00	8	10.00	10	▲ 2.00	신규손상
교량 점검시설	점검로 이물질퇴적	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
기타시설	자물쇠 걸고리 파손	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	교각표지판 탈락	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	접속계단 부식	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	설명판 망실	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	상수관 지지대 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	상수관 덮개 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	상수관 지지대 부식	EA	—	—	146.00	146	▲ 146.0	신규손상
	통신케이블 보호관 파손	EA	2.00	2	1.00	1	▼ 1.00	보수 실시 신규손상
	통신관 지지대 부식	EA	—	—	296.00	296	▲ 296.0	신규손상

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 3.47】 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)	21개소	11개소	21개소	13개소	동일 부위 시험
초음파전달 속도	•철근콘크리트 : 2개소/50m •강합성교 : 1개소/50m	•1개소/연장50m •교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	21개소	11개소	21개소	13개소	
철근탐사 시험	•철근콘크리트 : 2개소/50m •강합성교 : 1개소/50m	•1개소/연장50m •교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	21개소	11개소	21개소	12개소	
탄산화 깊이 측정	•5경간 이내 : 4~6개소 ¹⁾ •5경간 이상 : 6~9개소 ²⁾		3개소	3개소	3개소	7개소	
염화물함유량 시험	•3개소 이상 ³⁾		1개소	2개소	1개소	2개소	

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

주4) 기준수량의 경우 연장별 조정비 80%를 적용하여 실시하였다.

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

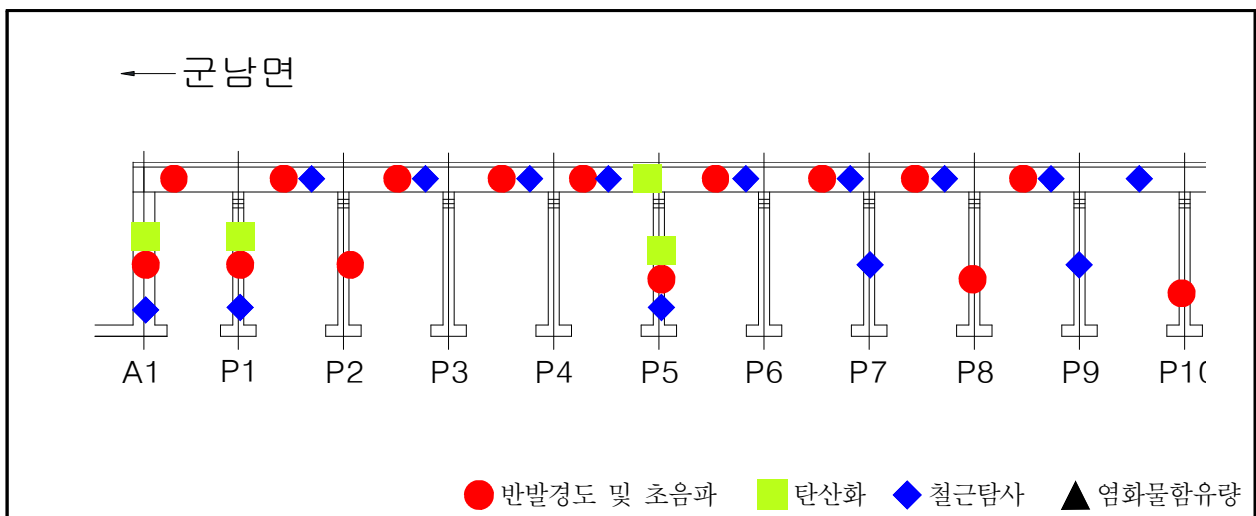
금회 점검에서 대상 구조물에 대한 재료시험 위치선정은 도보로 접근 가능한 부위 및 전회점검 결과와의 비교를 위해 비슷한 위치로 선정하였으며, 도보로 접근이 난해한 부위는 고소점검차 등을 이용하여 접근하였다. 콘크리트 강도시험의 경우 건전부와 비건전부의 비교·검토를 위하여 외관상 균열, 박리, 열화 등의 유무에 따라 양호한 부위와 불량한 부위를 선정하여 시험을 실시하였다.

다. 조사 사진

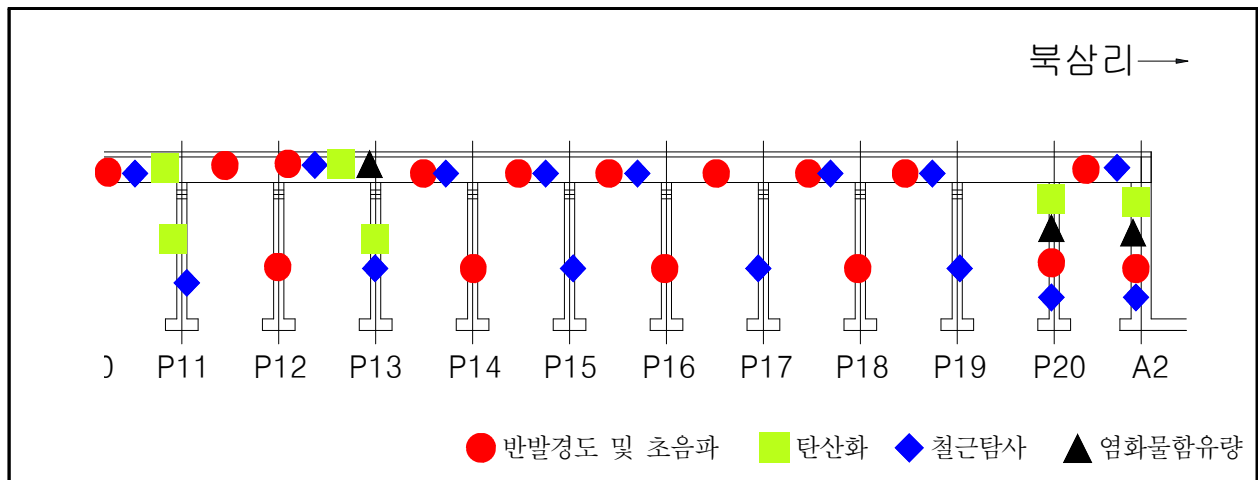


【사진 3.34】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.18】 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.18】 콘크리트 내구성조사 위치도(계속)

3.6.2 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 붙어 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 일반적이나, 수평 이외의 타격시에는 반발경도(R)가 중력에 의해 변화하는 것을 보정하기 위하여 타격각도에 따른 보정치를 다음표의 값으로 보정하여야 한다.

【표 3.48】 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 3.49】 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	$F_c = (15.2 \times R_o - 112.8) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	과학기술부(고강도 콘크리트일 때 사용)
식 ④	$F_c = (1.3343 \times R_o + 8.1977) \text{ (MPa)}$	한국시설안전공단(고강도콘크리트일 때 사용)

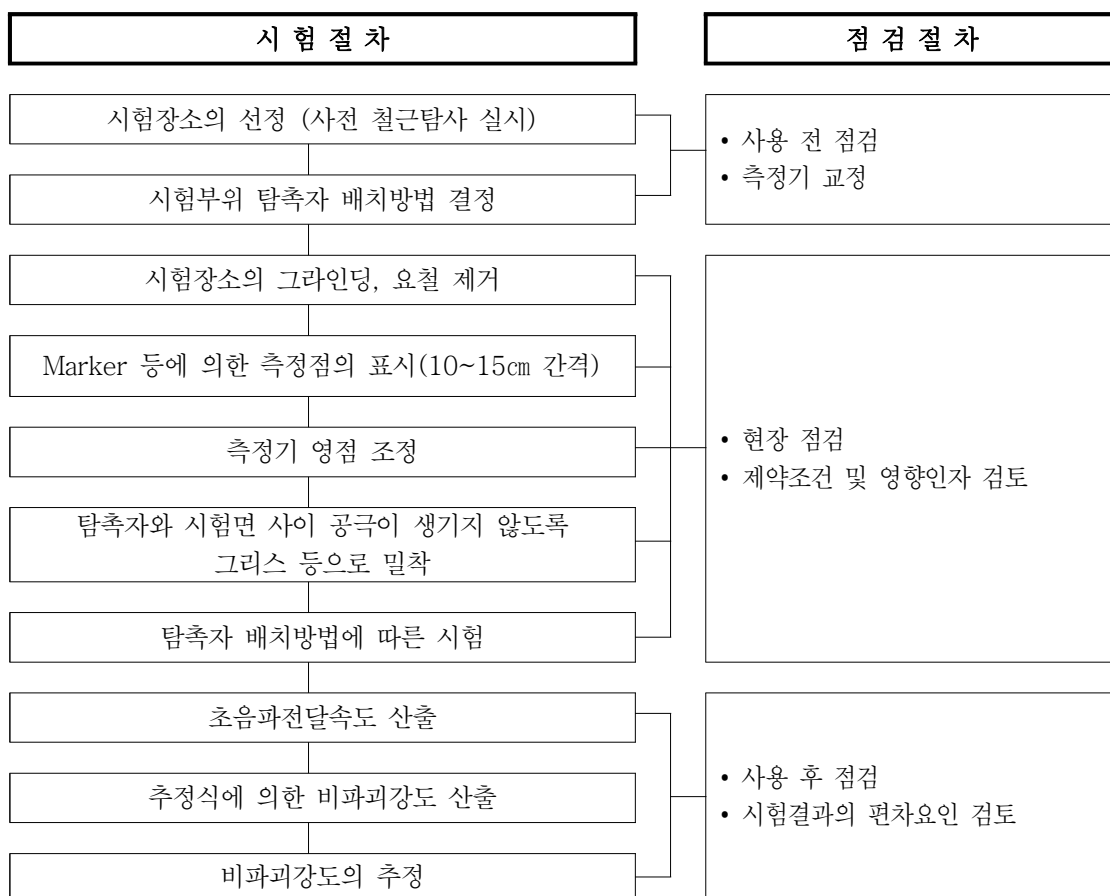
여기서, F_c : 추정강도(kg/cm²), R_o : 반발경도

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



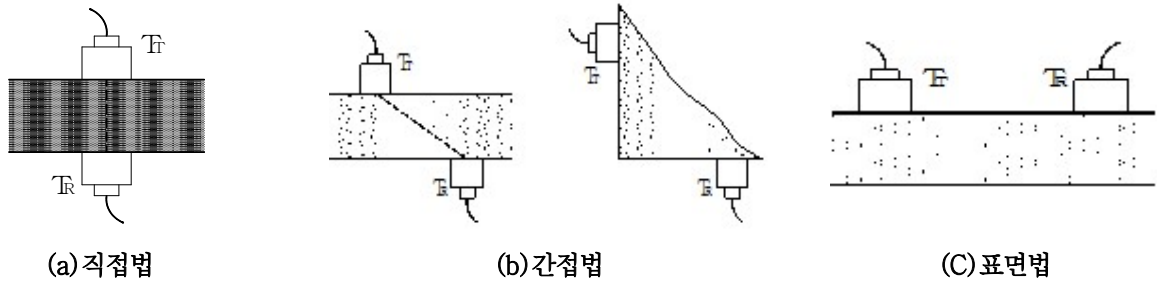
【그림 3.19】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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 3.20】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

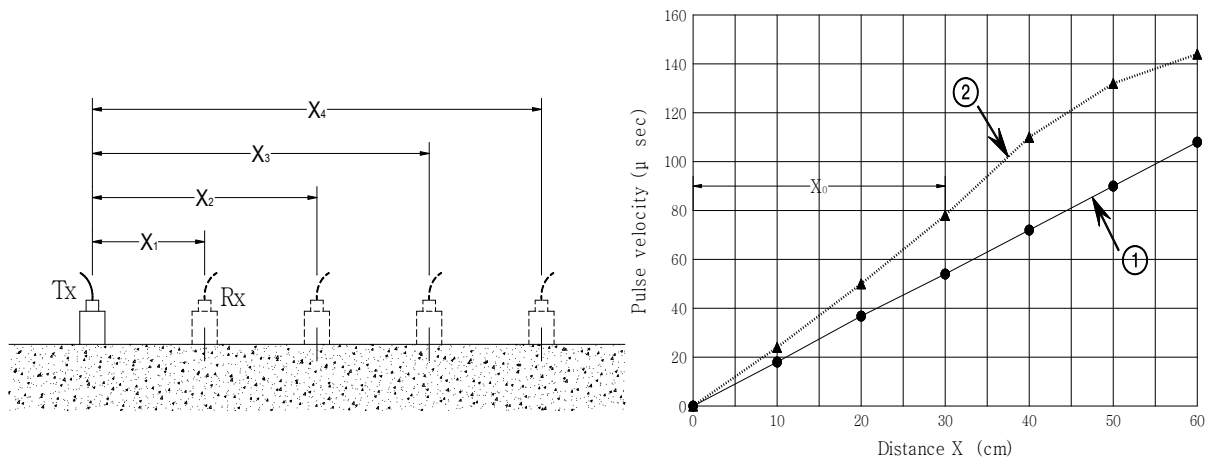
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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 3.21】 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 3.50】 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.

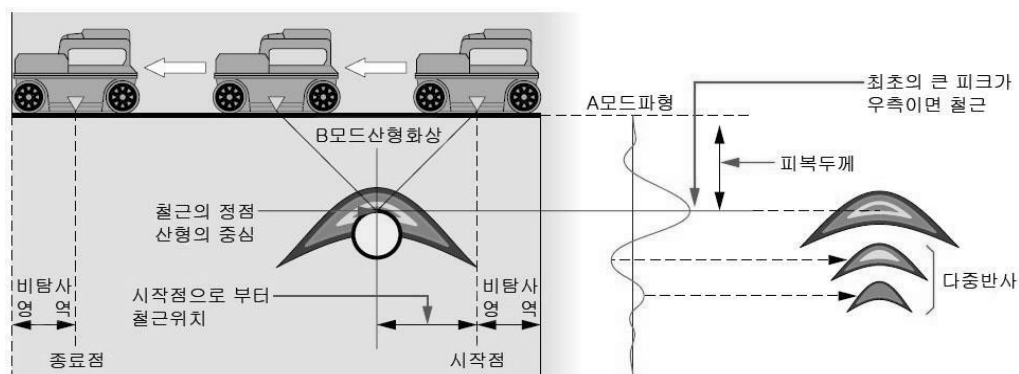
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

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.

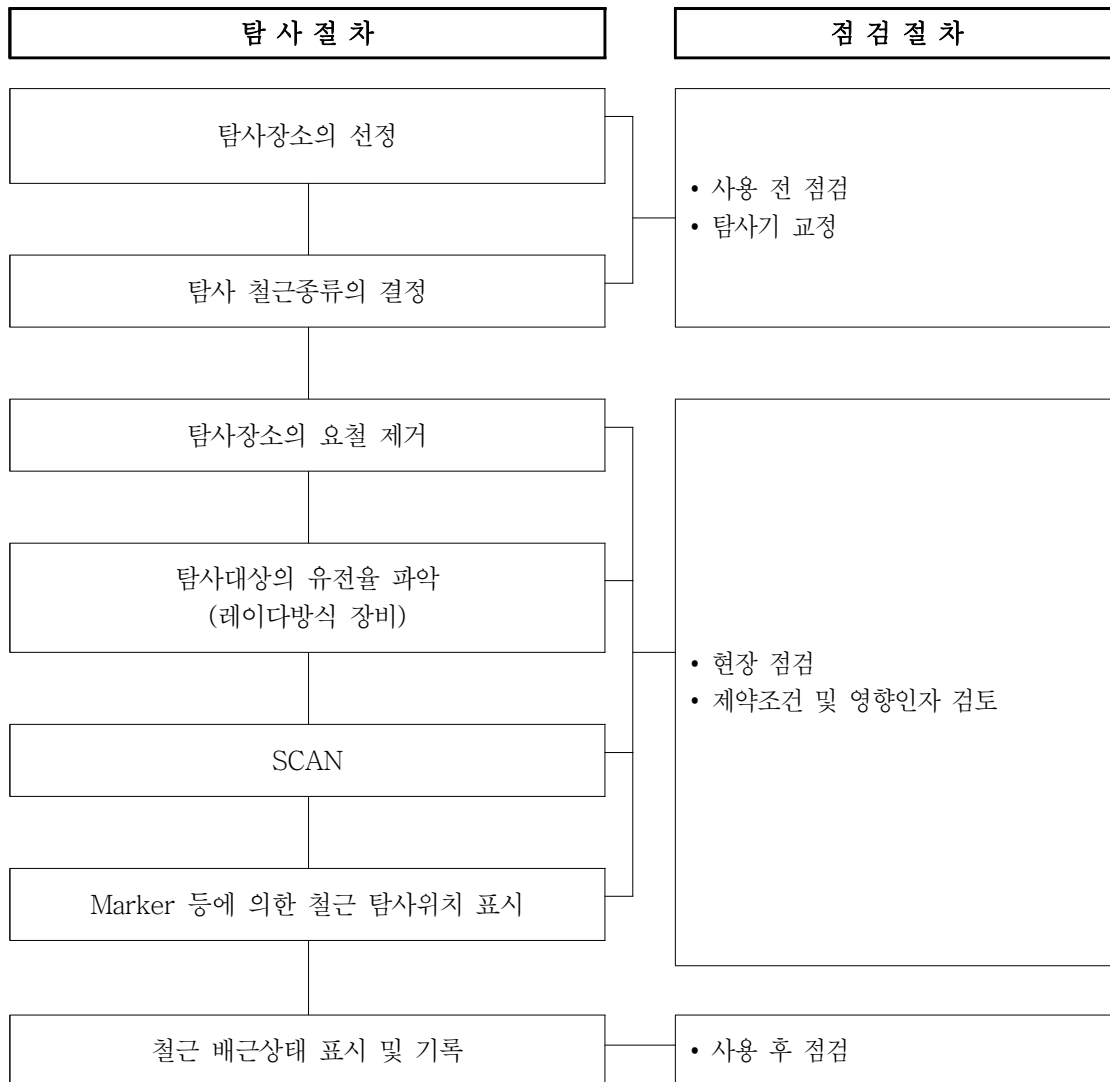
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (\text{m})$$



【그림 3.22】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.23】 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

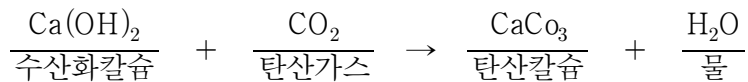
(2) 적용한계

- 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

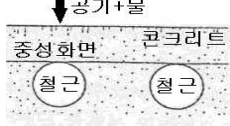
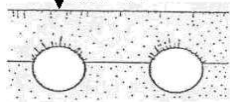
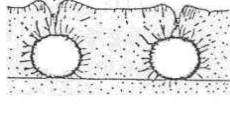
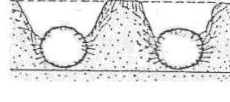
탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



(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 3.24】 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 3.51】 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 3.51】 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 3.52】 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 3.53】 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 3.54】 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

3.6.3 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 표준편차와 변동계수가 적은 값을 적용하였다.



【사진 3.35】 콘크리트강도 시험 현장사진

1) 반발경도 시험

(1) 반발경도 시험결과

【표 3.55】 반발경도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	바닥판	49.0	27.9	28.3	0.63	27.0	건전부
	S4	바닥판	48.6	27.6	28.1			건전부
	S5	바닥판	49.0	27.9	28.3			건전부
	S8	바닥판	50.0	28.6	28.7			건전부
	S9	바닥판	49.3	28.1	28.4			건전부
	S12	바닥판	49.4	28.2	28.4			건전부
	S13	바닥판	50.7	29.2	29.0			건전부
	S14	바닥판	49.4	28.2	28.4			건전부
	S15	바닥판	51.5	29.9	29.4			건전부
	S16	바닥판	50.2	28.9	28.8			건전부
	S17	바닥판	48.6	27.5	28.1			비건전부
	S21	바닥판	48.8	27.7	28.2			건전부
평균			—	28.3	28.5	—	—	
표준편차			—	0.73	0.41	—	—	
변동계수			—	0.026	0.014	—	—	
최대값			—	29.9	29.4	—	—	
최소값			—	27.5	28.1	—	—	

【표 3.56】 반발경도 시험결과(거더)

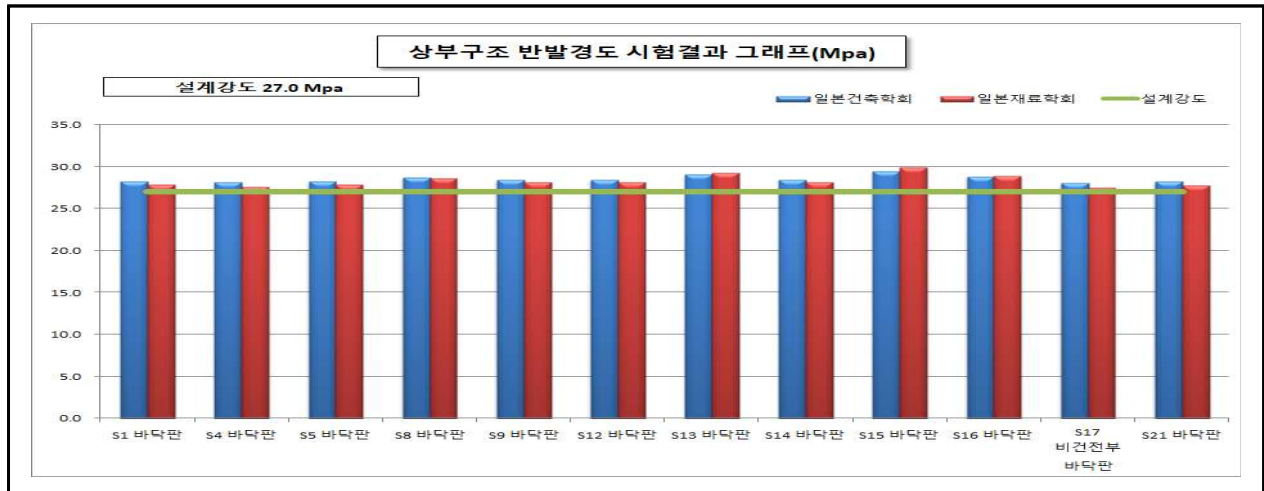
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	한국시설 안전공단			
상부 구조	S1-G2	거더	51.1	41.0	48.1	0.63	40.0	건전부
	S2-G3	거더	51.5	41.3	48.4			건전부
	S3-G1	거더	54.1	43.8	50.6			건전부
	S6-G1	거더	51.1	40.9	48.1			건전부
	S7-G1	거더	54.1	43.8	50.6			건전부
	S11-G1	거더	51.3	41.2	48.3			건전부
	S17-G1	거더	50.1	40.1	47.3			비건전부
	S18-G1	거더	50.4	40.3	47.5			건전부
	S19-G1	거더	50.3	40.2	47.4			건전부
평균			—	41.4	48.5	—	—	
표준편차			—	1.41	1.26	—	—	
변동계수			—	0.034	0.026	—	—	
최대값			—	43.8	50.6	—	—	
최소값			—	40.1	47.3	—	—	

【표 3.57】 반발경도 시험결과(교대 및 교각)

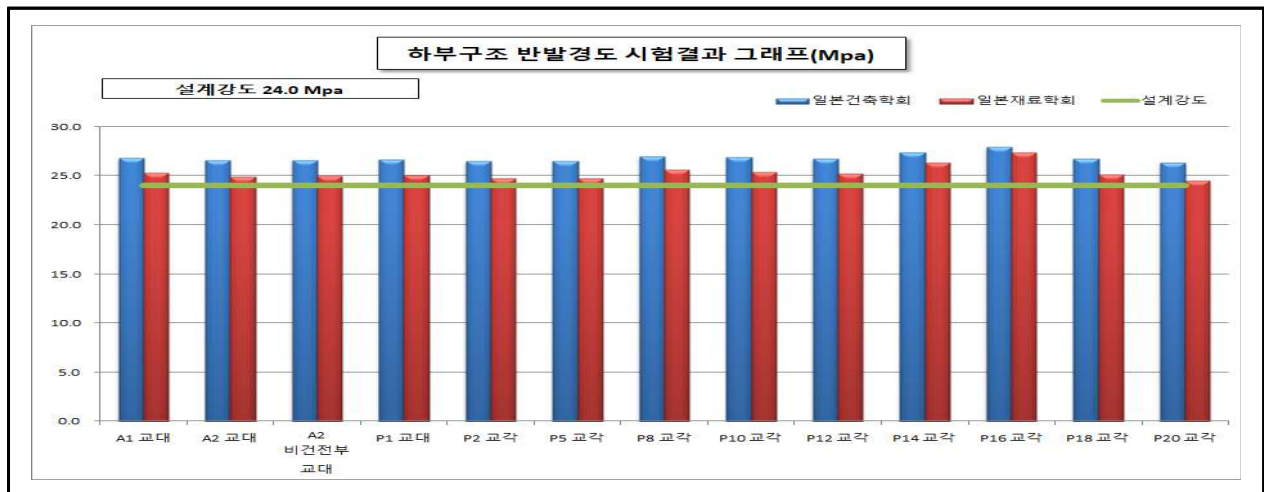
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	A1	교대	45.8	25.3	26.8	0.63	24.0	건전부
	A2	교대	45.3	24.9	26.6			건전부
	A2	교대	45.4	24.9	26.6			비건전부
	P1	교각	45.5	25.0	26.7			건전부
	P2	교각	45.1	24.7	26.5			건전부
	P5	교각	45.1	24.7	26.5			건전부
	P8	교각	46.2	25.6	27.0			건전부
	P10	교각	45.9	25.4	26.9			건전부
	P12	교각	45.7	25.2	26.8			건전부
	P14	교각	47.1	26.3	27.4			건전부
	P16	교각	48.4	27.3	28.0			건전부
	P18	교각	45.6	25.1	26.7			건전부
	P20	교각	44.8	24.5	26.3			건전부
평균			—	25.3	26.8	—	—	
표준편차			—	0.77	0.44	—	—	
변동계수			—	0.031	0.016	—	—	
최대값			—	27.3	28.0	—	—	
최소값			—	24.5	26.3	—	—	

【표 3.58】 반발경도 시험결과 분석

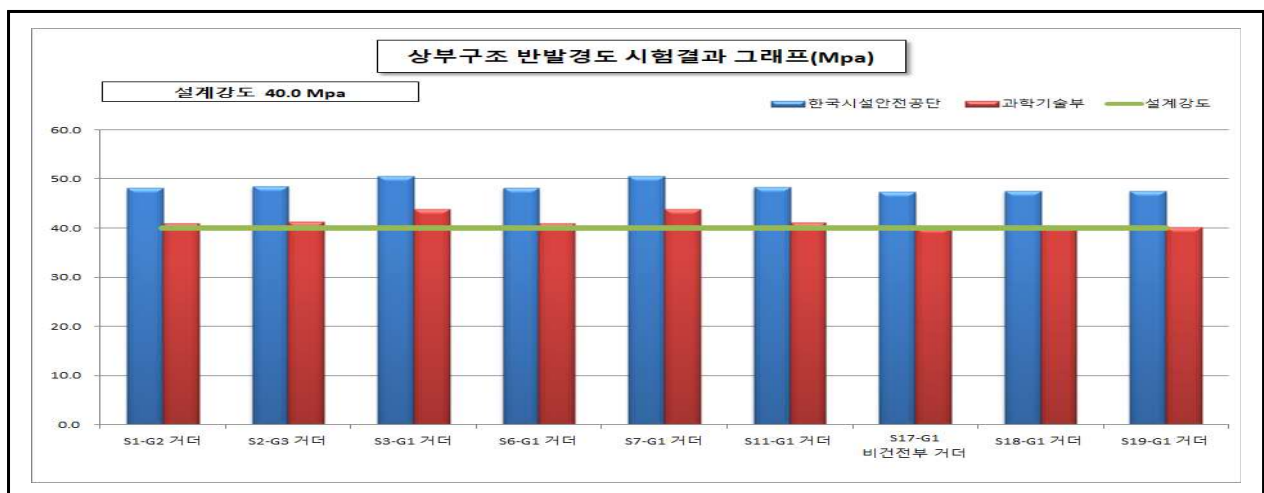
시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회 (한국시설안전공단)					
바닥판하면	28.1	~ 29.4	27.0	28.5	104.1 ~ 108.9	
거더	47.3	~ 50.6	40.0	48.5	118.2 ~ 126.5	
교대, 교각	26.3	~ 28.0	24.0	26.8	109.6 ~ 116.7	



【그림 3.25】 반발경도시험 측정결과



【그림 3.25】 반발경도시험 측정결과(계속)



【그림 3.25】 반발경도시험 측정결과(계속)

- 반발경도 시험에 따른 측정부재의 시험결과를 설계강도와 비교한 결과, 바닥판하면 28.1 ~ 29.4MPa(104.1 ~ 101.1%), 거더 47.3 ~ 50.6MPa(118.2 ~ 126.5%), 교대 및 교각 26.3 ~ 28.0MPa(109.6 ~ 116.7%)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	설계기준강도(MPa)
바닥판	28.0 ~ 30.6	27.1 ~ 31.5	28.1 ~ 29.4	27.0
거더	45.2 ~ 48.9	47.1 ~ 52.8	47.3 ~ 50.6	40.0
교대 및 교각	25.9 ~ 29.7	24.2 ~ 29.7	26.3 ~ 28.0	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) 반발경도 시험보고서

【표 3.59】 반발경도 시험보고서

반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 12. 18. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	북삼교
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 : 27.0MPa 거더 : 40.0MPa 교대 및 교각 : 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	0.0℃, 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 ±20% 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

【표 3.59】 반발경도 시험보고서(계속)

반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2026. 03. 10. ~ 2026. 03. 11 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	북삼교
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 : 27.0MPa 거더 : 40.0MPa 교대 및 교각 : 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	2.3~3.0℃, 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 3.60】 초음파전달속도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	바닥판	4.170	28.7	31.0	0.63	27.0	건전부
	S4	바닥판	4.199	28.9	31.1			건전부
	S5	바닥판	4.170	28.1	30.7			건전부
	S8	바닥판	4.172	27.9	30.6			건전부
	S9	바닥판	4.193	28.0	30.7			건전부
	S12	바닥판	4.184	28.6	31.0			건전부
	S13	바닥판	4.193	28.1	30.7			건전부
	S14	바닥판	4.179	28.3	30.8			건전부
	S15	바닥판	4.211	29.1	31.2			건전부
	S16	바닥판	4.237	28.5	30.9			건전부
	S17	바닥판	4.215	28.0	30.7			비건전부
	S21	바닥판	4.250	28.8	31.1			건전부
평균			—	28.4	30.8	—	—	
표준편차			—	0.40	0.20	—	—	
변동계수			—	0.014	0.006	—	—	
최대값			—	29.1	31.2	—	—	
최소값			—	27.9	30.6	—	—	

【표 3.61】 초음파전달속도 시험결과(거더)

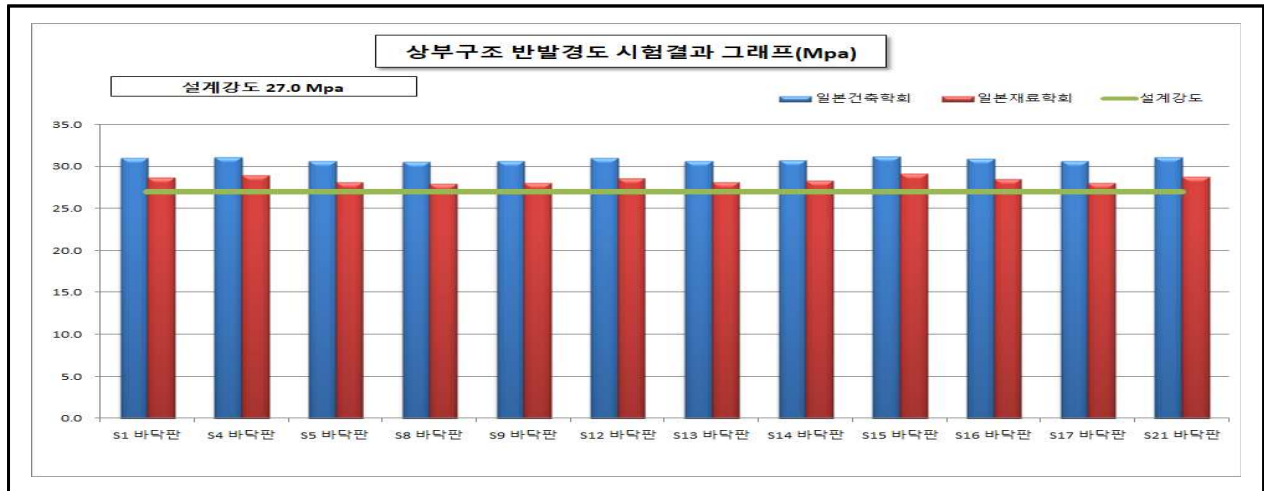
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1-G2	거더	5.287	50.7	41.4	0.63	40.0	건전부
	S2-G3	거더	5.321	51.4	41.7			건전부
	S3-G1	거더	5.278	50.5	41.3			건전부
	S6-G1	거더	5.424	53.5	42.7			건전부
	S7-G1	거더	5.262	50.1	41.2			건전부
	S11-G1	거더	5.357	52.1	42.0			건전부
	S17-G1	거더	5.408	53.2	42.6			비건전부
	S18-G1	거더	5.382	52.6	42.3			건전부
	S19-G1	거더	5.440	53.9	42.9			건전부
평균			—	52.0	42.0	—	—	
표준편차			—	1.41	0.67	—	—	
변동계수			—	0.027	0.016	—	—	
최대값			—	53.9	42.9	—	—	
최소값			—	50.1	41.2	—	—	

【표 3.62】 초음파전달속도 시험결과(교대 및 교각)

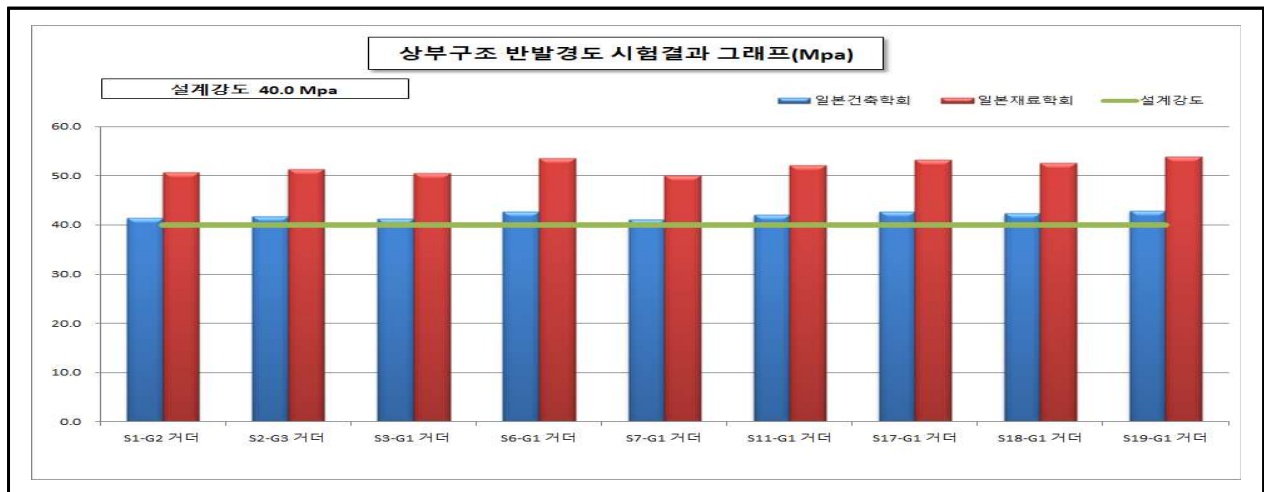
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	A1	교대	4.226	28.3	30.8	0.63	24.0	건전부
	A2	교대	4.177	27.2	30.3			건전부
	A2	교대	4.151	26.7	30.0			비건전부
	P1	교각	4.095	25.5	29.5			건전부
	P2	교각	4.118	26.0	29.7			건전부
	P5	교각	4.184	27.4	30.4			건전부
	P8	교각	4.152	26.8	30.1			건전부
	P10	교각	4.202	27.7	30.6			건전부
	P12	교각	4.068	25.0	29.2			건전부
	P14	교각	4.152	26.8	30.1			건전부
	P16	교각	4.088	25.4	29.4			건전부
	P18	교각	4.213	28.0	30.7			건전부
	P20	교각	4.141	26.5	29.9			건전부
평균			—	26.7	30.0	—	—	
표준편차			—	1.04	0.50	—	—	
변동계수			—	0.039	0.017	—	—	
최대값			—	28.3	30.8	—	—	
최소값			—	25.0	29.2	—	—	

【표 3.63】 초음파전달속도 시험결과 분석

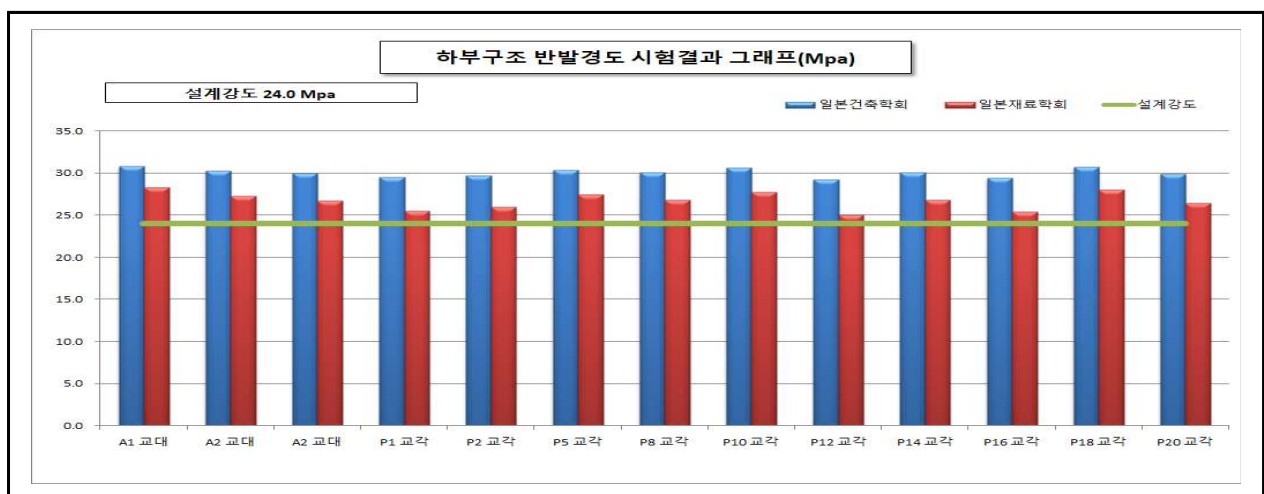
시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회					
바닥판	30.6	~ 31.2	27.0	30.8	113.3 ~ 115.6	
거더	41.2	~ 42.9	40.0	42.0	103.0 ~ 107.3	
교대 및 교각	29.2	~ 30.8	24.0	30.0	121.7 ~ 128.3	



【그림 3.26】 초음파전달속도시험 측정결과



【그림 3.26】 초음파전달속도시험 측정결과(계속)



【그림 3.26】 초음파전달속도시험 측정결과(계속)

- 초음파전달속도 시험에 따른 시험결과를 설계강도와 비교한 결과, 바닥판하면 28.4 ~ 30.9 MPa(105.2 ~ 114.4%), 거더 40.9 ~ 42.9MPa(102.3 ~ 107.3%), 교대 및 교각 27.2 ~ 29.5 MPa(113.3 ~ 122.9%)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 3.64】 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	2026년 정밀안전진단	설계기준강도(MPa)
바닥판	31.6 ~ 33.7	—	30.6 ~ 31.2	27.0
거더	55.4 ~ 60.2	—	41.2 ~ 42.9	40.0
교대 및 교각	29.5 ~ 32.0	—	29.2 ~ 30.8	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 3.65】 초음파전달속도 시험보고서

초음파전달속도 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2026. 03. 10. ~ 2026. 03. 11. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	북삼교
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판하면 : 27.0MPa 거더 : 40.0MPa 교대 및 교각 : 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	2.3~3.0℃, 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. 금회 진단에서는 철근탐사 장비를 사용하여 철근 콘크리트 구조물에 배근된 철근의 위치, 콘크리트 피복 두께의 탐사에 적용하였다.



【사진 3.36】 철근탐사시험 현장사진

1) 철근탐사시험 결과

【표 3.66】 철근탐사시험 결과

구 분	측정위치	철근	실측 배근간격(mm)	설계 배근간격(mm)	실측 피복두께(mm)	설계 피복두께(mm)	비고
상부 구조	바닥판 S1	종방향철근	95	100	53	50	
		횡방향철근	90	100	62	50	
	바닥판 S4	종방향철근	100	100	62	50	
		횡방향철근	100	100	62	50	
	바닥판 S5	종방향철근	100	100	50	50	
		횡방향철근	100	100	74	50	
	바닥판 S8	종방향철근	100	100	50	50	
		횡방향철근	100	100	57	50	
	바닥판 S9	종방향철근	100	100	69	50	
		횡방향철근	100	100	67	50	
	바닥판 S12	종방향철근	85	100	60	50	
		횡방향철근	100	100	72	50	
	바닥판 S13	종방향철근	80	100	65	50	
		횡방향철근	100	100	74	50	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

【표 3.66】 철근탐사시험 결과(계속)

구 분	측정위치	철근	실측 배근간격(mm)	설계 배근간격(mm)	실측 피복두께(mm)	설계 피복두께(mm)	비고
상부 구조	바닥판 S14	종방향철근	100	100	50	50	
		횡방향철근	100	100	54	50	
	바닥판 S15	종방향철근	100	100	47	50	
		횡방향철근	100	100	50	50	
	바닥판 S21	종방향철근	100	100	72	50	
		횡방향철근	100	100	74	50	
	거더 S1-G2	수직철근	110	197.7	62	40	
		수평철근	120	188.6	69	40	
	거더 S2-G3	수직철근	110	197.7	69	40	
		수평철근	175	188.6	65	40	
	거더 S3-G1	수직철근	110	197.7	74	40	
		수평철근	175	188.6	74	40	
	거더 S5-G2	수직철근	115	197.7	72	40	
		수평철근	200	188.6	69	40	
	거더 S6-G1	수직철근	175	197.7	77	40	
		수평철근	175	188.6	72	40	
	거더 S7-G1	수직철근	100	197.7	57	40	
		수평철근	230	188.6	67	40	
	거더 S10-G1	수직철근	110	197.7	74	40	
		수평철근	200	188.6	72	40	
	거더 S11-G2	수직철근	120	197.7	77	40	
		수평철근	200	188.6	96	40	
	거더 S16-G1	수직철근	110	197.7	57	40	
		수평철근	170	188.6	72	40	
	거더 S18-G1	수직철근	100	197.7	77	40	
		수평철근	200	188.6	69	40	
	거더 S19-G1	수직철근	100	197.7	65	40	
		수평철근	250	188.6	65	40	
	교대 벽체 A1	수직철근	220	250	95	100	
		수평철근	300	300	96	100	
	교대 벽체 A2	수직철근	200	250	76	100	
		수평철근	290	300	86	100	
	교각 기둥부 P1	수직철근	120	125	84	100	
		수평철근	100	100	98	100	
	교각 코핑부 P5	수직철근	150	150	107	100	
		수평철근	180	200	86	100	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

【표 3.66】철근탐사시험 결과(계속)

구 분	측정위치	철근	실측 배근간격(mm)	설계 배근간격(mm)	실측 피복두께(mm)	설계 피복두께(mm)	비고
하부 구조	교각 코핑부 P7	수직철근	120	150	69	100	
		수평철근	180	200	72	100	
	교각 코핑부 P9	수직철근	150	150	72	100	
		수평철근	190	200	57	100	
	교각 코핑부 P11	수직철근	160	150	84	100	
		수평철근	200	200	60	100	
	교각 코핑부 P13	수직철근	240	150	93	100	
		수평철근	150	200	69	100	
	교각 코핑부 P15	수직철근	140	150	77	100	
		수평철근	200	200	89	100	
	교각 코핑부 P17	수직철근	180	150	77	100	
		수평철근	195	200	69	100	
	교각 코핑부 P19	수직철근	175	150	79	100	
		수평철근	225	200	77	100	
	교각 코핑부 P20	수직철근	300	150	93	100	
		수평철근	240	200	77	100	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

- 철근 피복두께 및 배근간격 조사자료를 준공도면 및 전차 진단보고서와 비교·검토한 결과 조사 위치에 따라 일부 차이를 보이고 있으며, 이는 시공 시 발생 가능한 철근 배치 편차, 구조부위별 단면 특성 차이, 비파괴 탐사장비의 측정 오차 등에 기인한 것으로 판단된다.

【표 3.67】철근탐사시험 결과 분석

구 분		실측		설계		비고
		배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
바닥판	종방향철근	80 ~ 100	47 ~ 72	100	50	
	횡방향철근	90 ~ 100	50 ~ 74	100	50	
거더	수직철근	100 ~ 175	57 ~ 77	197.7	40	
	수평철근	120 ~ 250	65 ~ 96	188.6	40	
교대 및 교각	수직철근	120 ~ 240	69 ~ 107	125~250	100	
	수평철근	100 ~ 300	57 ~ 98	100~300	100	

2) 기 점검결과와의 비교

【표 3.68】 기 점검결과와의 비교

구분			2021년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		비고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	바닥판	종방향철근	105 ~ 255	55 ~ 70	—	—	80 ~ 100	47 ~ 72	
		횡방향철근	95 ~ 105	70 ~ 90	—	—	90 ~ 100	50 ~ 74	
	거더	수직철근	275 ~ 400	40 ~ 60	—	—	100 ~ 175	57 ~ 77	
		수평철근	180 ~ 200	32 ~ 70	—	—	120 ~ 250	65 ~ 96	
하부구조		수직철근	120 ~ 255	90 ~ 145	—	—	120 ~ 240	69 ~ 107	
		수평철근	100 ~ 305	90 ~ 135	—	—	100 ~ 300	57 ~ 98	
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 3.69】 철근탐사 시험보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2025년 12월 18일	
	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) $V = C / \sqrt{\epsilon_r} \quad (m/s)$ 여기서, C : 진공중에서의 전자파속도 ϵ_r : 콘크리트의 비유전율 – 반사물체까지의 거리(D) $D = VT / 2 \quad (m)$ 여기서, V : 콘크리트 내의 전자파속도 T : 왕복전파시간			
시험 성과표 참조			

【표 3.69】철근탐사 시험보고서(계속)

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2026년 03월 10일~11일	
	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) $V = C / \sqrt{\epsilon_r} \quad (m/s)$ 여기서, C : 진공중에서의 전자파속도 ϵ_r : 콘크리트의 비유전율 － 반사물체까지의 거리(D) $D = VT / 2 \quad (m)$ 여기서, V : 콘크리트 내의 전자파속도 T : 왕복전파시간			
시험 성과표 참조			

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. 피복 두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값을 적용하였다.



【사진 3.37】 탄산화 깊이 측정 현장사진

1) 탄산화 깊이 측정결과

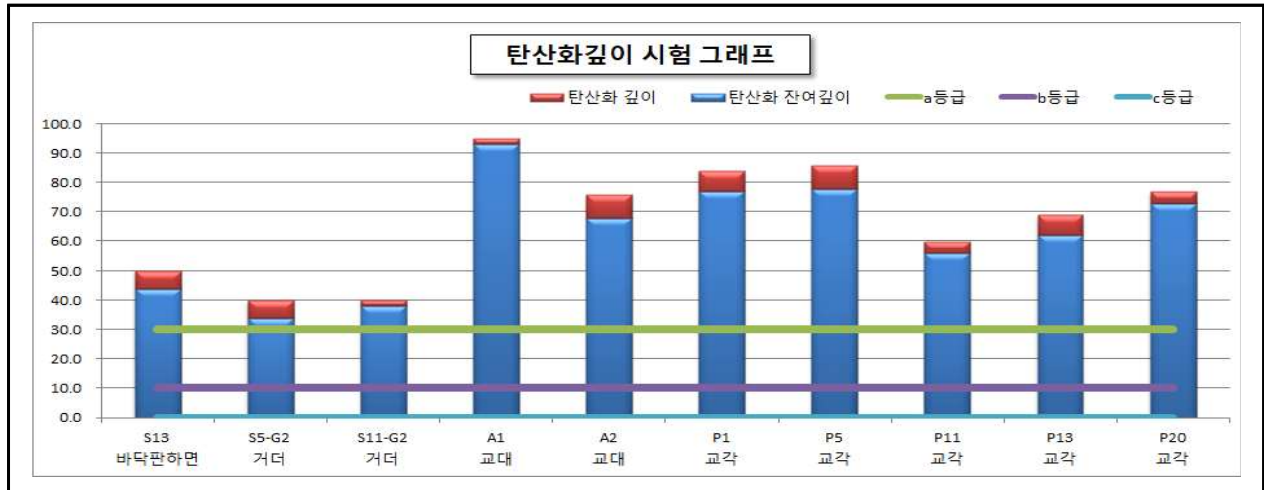
【표 3.70】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치	탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	경과년수	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	평가등급	비 고
S13 바닥판하면	6.0	50.0	44.0	25	1.20	100년 이상	a등급	
S5-G2 거더	6.0	40.0	34.0	25	1.20	100년 이상	a등급	
S11-G2 거더	2.0	40.0	38.0	25	0.40	100년 이상	a등급	
A1 교대	2.0	95.0	93.0	25	0.40	100년 이상	a등급	
A2 교대	8.0	76.0	68.0	25	1.60	100년 이상	a등급	
P1 교각	7.0	84.0	77.0	25	1.40	100년 이상	a등급	
P5 교각	8.0	86.0	78.0	25	1.60	100년 이상	a등급	
P11 교각	4.0	60.0	56.0	25	0.80	100년 이상	a등급	
P13 교각	7.0	69.0	62.0	25	1.40	100년 이상	a등급	
P20 교각	4.0	77.0	73.0	25	0.80	100년 이상	a등급	

- 탄산화 깊이 측정결과, 바닥판하면 탄산화깊이는 6.0mm, 거더 탄산화깊이는 2.0mm~6.0mm, 교대 및 교각 2.0mm~8.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부 지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.71】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)		잔여깊이(mm)		비고
상부구조	2.0	~ 6.0	34.0	~ 44.0	
하부구조	2.0	~ 8.0	56.0	~ 93.0	



【그림 3.27】 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. 북삼교의 상하부 구조를 대상으로 내구성 예측 서비스를 활용하여 100년 후 탄산화 깊이 및 탄산화 속도계수를 예측하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

【표 3.72】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

상부구조 - 바닥판 S13	
피복두께(mm)	50.0
탄산화 진행깊이(mm)	6.0
잔여깊이(mm)	44.0
탄산화 속도계수	1.20
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급 a (44)	A (탄산화 속도 계수) 1.2 (mm/year0.5)	등급 선정 기준	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 3.72】탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

상부구조 - 거더 S5-G2	
피복두께(mm)	40.0
탄산화 진행깊이(mm)	6.00
잔여깊이(mm)	34.0
탄산화 속도계수	1.20
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(34)

A (탄산화 속도 계수)

1.2

(mm/year0.5)

등급 선정 기준

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

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

상부구조 - 거더 S11-G2	
피복두께(mm)	40.0
탄산화 진행깊이(mm)	2.0
잔여깊이(mm)	38.0
탄산화 속도계수	0.40
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(38)

A (탄산화 속도 계수)

0.4

(mm/year0.5)

등급 선정 기준

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

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

【표 3.72】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교대 A1	
피복두께(mm)	95.0
탄산화 진행깊이(mm)	2.0
잔여깊이(mm)	93.0
탄산화 속도계수	0.40
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(93)

A (탄산화 속도 계수)

0.4
(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)	76.0
탄산화 진행깊이(mm)	8.0
잔여깊이(mm)	68.0
탄산화 속도계수	1.60
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(68)

A (탄산화 속도 계수)

1.6
(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 3.72】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교각 P1	
피복두께(mm)	84.0
탄산화 진행깊이(mm)	7.0
잔여깊이(mm)	77.0
탄산화 속도계수	1.40
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(77)

A (탄산화 속도 계수)

1.4

(mm/year0.5)

등급 선정 기준

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

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

하부구조 - 교각 P5	
피복두께(mm)	86.0
탄산화 진행깊이(mm)	8.0
잔여깊이(mm)	78.0
탄산화 속도계수	1.60
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(78)

A (탄산화 속도 계수)

1.6

(mm/year0.5)

등급 선정 기준

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

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

【표 3.72】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교각 P11	
피복두께(mm)	60.0
탄산화 진행깊이(mm)	4.0
잔여깊이(mm)	56.0
탄산화 속도계수	0.80
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(56)

A (탄산화 속도 계수)

0.8

(mm/year0.5)

등급 선정 기준

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

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

하부구조 - 교각 P13	
피복두께(mm)	69.0
탄산화 진행깊이(mm)	7.0
잔여깊이(mm)	62.0
탄산화 속도계수	1.40
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(62)

A (탄산화 속도 계수)

1.4

(mm/year0.5)

등급 선정 기준

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

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

【표 3.72】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교각 P20	
피복두께(mm)	77.0
탄산화 진행깊이(mm)	4.0
잔여깊이(mm)	73.0
탄산화 속도계수	0.80
공용년수	25년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a

(73)

A (탄산화 속도 계수)

0.8

(mm/year0.5)

등급 선정 기준

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

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

3) 기 점검결과와의 비교

【표 3.73】 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	0.8~8.1	46.9~64.2	a	8.0~8.5	41.5~42.0	a	2.0~6.0	34.0~44.0	a	
하부구조	0.3~8.4	62.5~121.2	a	11.5~18.0	82.0~88.5	a	2.0~8.0	56.0~93.0	a	
검토의견	■ 기준 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 시험 위치에 따른 편차로 인해 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 철근부식 가능성은 미미할 것으로 판단된다.									

4) 탄산화 깊이 시험보고서

【표 3.74】 탄산화 깊이 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2025. 12. 18
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	25년
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

【표 3.74】 탄산화 깊이 시험 보고서(계속)

구 분	내 용
시험일자	2026. 03. 10. ~ 2026. 03. 11.
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	25년
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 및 교각 등 총 3개소에서 깊이별로 시료(분말)를 채취하였으며, 설계 피복두께와 철근탐사기를 이용하여 조사한 피복두께를 검토하여 철근 위치까지의 염화물함유량을 평가자료로 활용하였다.



【사진 3.38】 염화물 함유량 시험 현장사진

1) 염화물 함유량 시험 결과

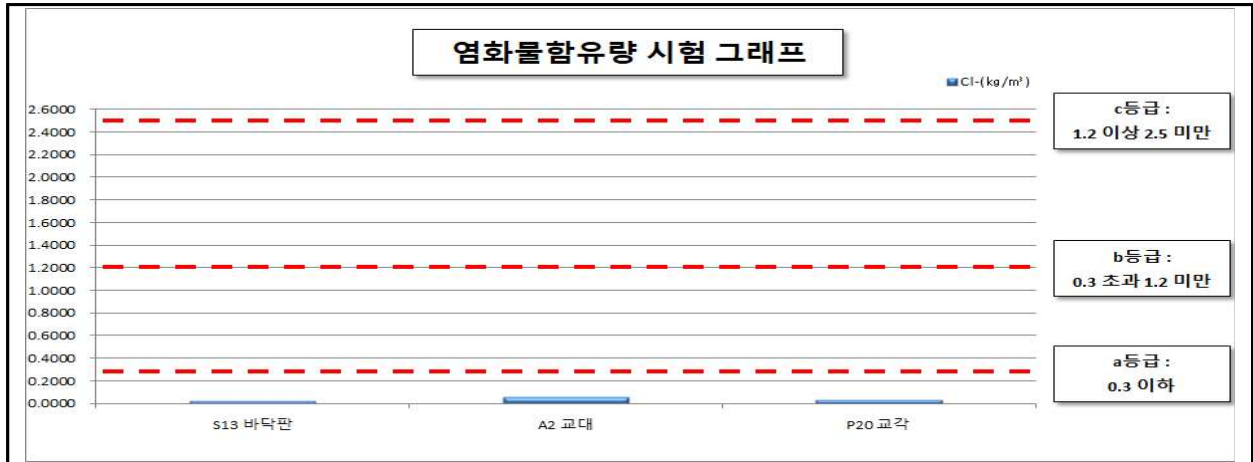
【표 3.75】 염화물 함유량 시험결과

위치		깊이 (mm)	염화물 함유량		등급	염화물 상태평가 기준
			Cl- (%)	Cl- (kg/m ³)		
상부구조	S13 바닥판	0~20	0.0041	0.0928	a	판정결과 a : 염화물 ≤ 0.3 b : 0.3 < 염화물 < 1.2 c : 1.2 ≤ 염화물 < 2.5 d : 염화물 ≥ 2.5 e : -
		20~40	0.0023	0.0520	a	
		40~철근	0.0012	0.0272	a	
하부구조	A2 교대	0~20	0.0041	0.0928	a	
		20~40	0.0038	0.0860	a	
		40~60	0.0035	0.0792	a	
		60~80	0.0030	0.0679	a	
		80~철근	0.0027	0.0611	a	
	P20 교각	0~20	0.0058	0.1313	a	
		20~40	0.0051	0.1154	a	
		40~60	0.0042	0.0950	a	
		60~80	0.0028	0.0634	a	
		80~철근	0.0016	0.0362	a	

- 염화물 함유량은 측정 전 개소에서 0.3kg/m³ 이하로서 상태평가기준 ‘a’ 로 평가되었으며, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단된다.

【표 3.76】 염화물 함유량 시험 결과 분석

구 분	상부구조	하부구조	비고
염화물 함유량(kg/m ³)	0.0272 ~ 0.0928	0.0362 ~ 0.1313	



【그림 3.28】 염화물 함유량 시험 시험결과 그래프

2) 기 점검결과와의 비교

【표 3.77】 기 점검결과와의 비교

구분		2021년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	2026년 정밀안전진단	비고
염화물 함유량 (kg/m ³)	상부구조	0.441 ~ 0.854	—	0.0272 ~ 0.0928	
	하부구조	0.269 ~ 0.498	—	0.0362 ~ 0.1313	
검토의견		■ 기존 조사 결과와 비교할 때 염화물 함유량은 다소 낮게 측정되었으며, 이는 조사 위치 및 시료 채취 깊이, 시험방법, 시료 채취 조건에 따른 측정값의 편차로 판단된다. 염화물 함유량은 측정 전 개소에서 0.3kg/m ³ 이하로서 상태평가기준 ‘a’ 로 평가되었으며, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단된다.			

4) 염화물 함유량 시험보고서

【표 3.78】 염화물 함유량 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2025년 12월 18일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
골재 종류	보통골재(추정)
채취시료	굳은 콘크리트 분말
채취깊이	0~20mm, 20~40mm, 40~60mm, 60~80mm, 80~100mm
시험방법	KS F 2713
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	보고서 ‘염화물 함유량 시험’ 참조

마. 콘크리트 내구성 조사 결과요약

【표 3.79】금회 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고	
			측정결과	설계 기준		
비파괴 강도 (MPa)	반발경도	바닥판하면	28.1 ~ 29.4	27.0	■ 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.	
		거더	43.5 ~ 50.6	40.0		
		교대 및 교각	26.3 ~ 28.0	24.0		
	초음파속도	바닥판하면	30.6 ~ 31.2	27.0		
		거더	41.2 ~ 42.9	40.0		
		교대 및 교각	29.2 ~ 30.8	24.0		
철근탐사 (배근간격/ 피복두께) (mm)	상 부 구 조	바닥판 하면	중방향철근	80~100	47~72	■ 배근간격 및 피복두께는 설계값과 다소 차이가 있으나 이는 시공 시 발생 가능한 철근 배치 편차, 구조부위별 단면 특성 차이, 비파괴 탐사장비의 측정 오차 등에 기인한 것으로 판단된다.
			횡방향철근	90~100	50~74	
		거더	수직철근	100~175	57~77	
			수평철근	120~250	65~96	
	하부구조	수직철근	120~240	69~107		
		수평철근	100~300	57~98		
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		34.0 ~ 44.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이를 30mm이상 확보하여 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없는것으로 판단된다.	
	하부구조		56.0 ~ 93.0	a등급		
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조		0.0272 ~ 0.0928		■ ‘a’ 등급으로 평가되어 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단된다.	
	하부구조		0.0362 ~ 0.1313			
종합 평가	• 콘크리트 내구성조사 결과 반발경도시험, 초음파전달속도시험 등을 통해 추정된 압축강도는 설계기준강도를 만족하는 것으로 확인되었다. • 탄산화 깊이 및 염화물 함유량 시험 결과 철근부식에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되며, 전반적으로 양호한 상태로 평가된다.					

바. 기 점검과의 내구성조사 비교 결과요약

【표 3.80】 기 점검결과의 내구성조사 비교 결과요약

시험명	시험부위		2021년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		2026년 정밀안전진단		비고
비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	바닥판	28.0 ~ 30.6		27.1 ~ 31.5		28.1 ~ 29.4		추정식, 측정 위치에 따른 편차가 일부 존재 하나 설계강도를 100% 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크 리트의 강도상태는 전 반적으로 양호한 것으 로 판단됨
		거더	45.2 ~ 48.9		47.1 ~ 52.8		47.3 ~ 50.6		
		교대 및 교각	25.9 ~ 29.7		24.2 ~ 29.7		26.3 ~ 28.0		
	초음파 속도	바닥판	31.6 ~ 33.7		-		30.6 ~ 31.2		
		거더	55.4 ~ 60.2		-		41.2 ~ 42.9		
		교대 및 교각	29.5 ~ 32.0		-		29.2 ~ 30.8		
철근 탐사 (mm) (배근 간격/ 피복 두께)	바닥판 하면	주 철근	105~255	55~70	-	-	80~100	47~72	피복두께 및 배근간격 은 측정위치에 따른 편 차가 존재하며 기 진단 결과와 마찬가지로 일 부 구간에서 작거나 크 게 시공된 것으로 확인 됨
		배력 철근	95~105	70~90	-	-	90~100	50~74	
	거더	주 철근	275~400	40~60	-	-	100~175	57~77	
		배력 철근	180~200	32~70	-	-	120~250	65~96	
	하부 구조	수직 철근	120~255	90~145	-	-	120~240	69~107	
		수평 철근	100~305	90~135	-	-	100~300	57~98	
탄산화 깊이 (mm)	잔여 깊이	상부 구조	46.9 ~ 64.2		41.5 ~ 42.0		34.0 ~ 44.0		측정위치에 따른 편차 가 일부 존재하나 급격 한 진전은 없는 양호한 상태로 확인되며, 탄산 화 진행으로 인한 철근 부식의 영향은 없는 것 으로 판단됨.
		하부 구조	62.5 ~ 121.2		82.0 ~ 88.5		56.0 ~ 93.0		
염화물 함유량 시험 (kg/m³)	상부구조		0.441 ~ 0.854		-		0.0272 ~ 0.0928		기존 결과와 비교 시 낮게 측정된 것이 확인 되었으며, 이는 측정위 치 및 채취깊이 등에 따른 편차로 염화물에 의한 철근부식의 영향 가능성은 낮은 것으로 판단됨
	하부구조		0.269 ~ 0.498		-		0.0362 ~ 0.1313		