

제1장 서 언

1.1 과업의 목적

1.2 시설물의 개요 및 이력사항

1.3 과업의 범위 및 내용

1.4 과업의 수행방법

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 과업수행 일정

1.7 교량 기호의 정의

제 1 장 서 언

1.1 과업의 목적

본 용역은 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』 제12조 및 동법 시행령 제10조에 따라 정기적으로 실시하는 정밀안전진단으로서, 정밀한 외관조사와 시험·측정장비 및 기기를 사용하여 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 검토·분석·평가하여 보수·보강방법을 제시함으로써 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성 및 사용성을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 과학적 유지관리를 체계화 하는데 그 목적이 있다.

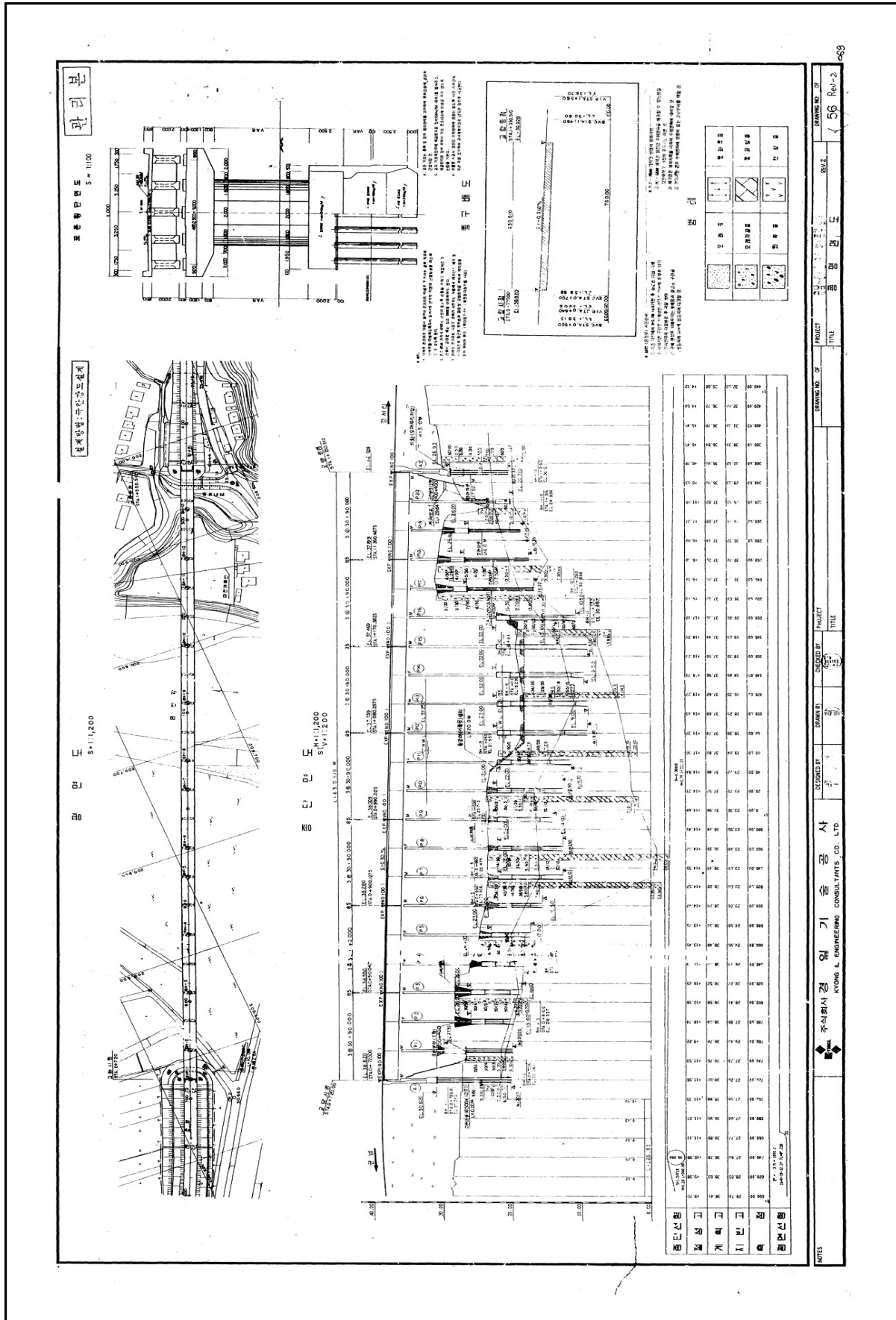
1.2 시설물의 개요 및 이력사항

1.2.1 교량의 현황

본 교량의 현황은 다음과 같다.

【표 1.1】 시설물의 현황

구 분			내 용
교 량 명			북삼교
위 치			경기도 연천군 군남면 삼거리
설계하중			DB-24(DL-24)
종 별			1종
상부구조	형 식		P.S.C.I 교
	교 폭		B = 11.0m(왕복2차로)
	연 장		L=630.0m (7@(3@30.0m))
하부구조	교대	형 식	역T형
		기 초	강관파일기초
	교각	형 식	라멘식(π 형)
		기 초	강관파일기초(P1, P17~P20) 우물통기초(P2~P16)
교면포장			아스팔트 포장
난 간			콘크리트 방호벽, 철제 방호벽
신축이음			레일 조인트, 핑거조인트(P18)
교량받침			탄성받침
설 계 사			(주)경일기술공사
시 공 사			흥화공업
관리주체			북부도로과
준공년도			2000년 12월 28일
교차시설물			임진강



【그림 1.1】 중·평면도

1.2.2 이력사항

본 교량은 2000년 12월 28일 준공되었으며, 준공이후 정밀안전진단 3회, 정밀안전점검 11회, 정기안전점검 38회 등 총 52회의 점검을 실시하였다. 주요 이력사항은 다음과 같다. 주요한 이전 점검결과 내용 및 보수·보강 이력은 ‘제2장’에 상세하게 기술하였다.

【표 1.2】 주요 이력사항

번호	구분	일시	결과	수행기관
1	정밀안전점검	2002.05.23	A등급	고려구조엔지니어링
2	정밀안전점검	2003.05.30	B등급	서경구조안전진단
3	정밀안전점검	2005.08.12	A등급	명도엔지니어링(주)
4	정밀안전점검	2007.10.13	A등급	인본토건(주)
5	정밀안전점검	2009.05.14	B등급	일승시스템(주)
6	정밀안전진단	2011.07.18	B등급	(주)중앙종합안전기술연구원
7	정밀안전점검	2013.06.02	B등급	서경구조안전진단(주)
8	정밀안전점검	2015.07.28	B등급	(주)동안기술
9	정밀안전진단	2016.06.27	B등급	주식회사 남양이앤씨
10	정밀안전점검	2018.06.05	B등급	그린드림건설(주)
11	정밀안전점검	2020.07.05	B등급	(주)대한이앤씨
12	정밀안전진단	2021.06.20	B등급	(주)케이디이앤지
13	정밀안전점검	2023.06.20	B등급	(주)두우엔지니어링
14	정밀안전점검	2025.06.20	B등급	(주)삼현비앤이

1.3 과업의 범위 및 내용

1.3.1 과업의 범위

대상 교량 시설물의 정밀안전진단 범위는 【표 1.3】에서 정하는 바에 따라 다음과 같다.

【표 1.3】 교량 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	부재명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
◦ 상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	
◦ 하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○	○	
◦ 받침	교량받침	○	○	○	
◦ 케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	
◦ 2차부재	가로보 및 세로보	○		○	
◦ 기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○	○	
◦ 공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	○	
	◦ 도로포장	○	○	○	
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	○	

1.3.2 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원, 2026.01)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

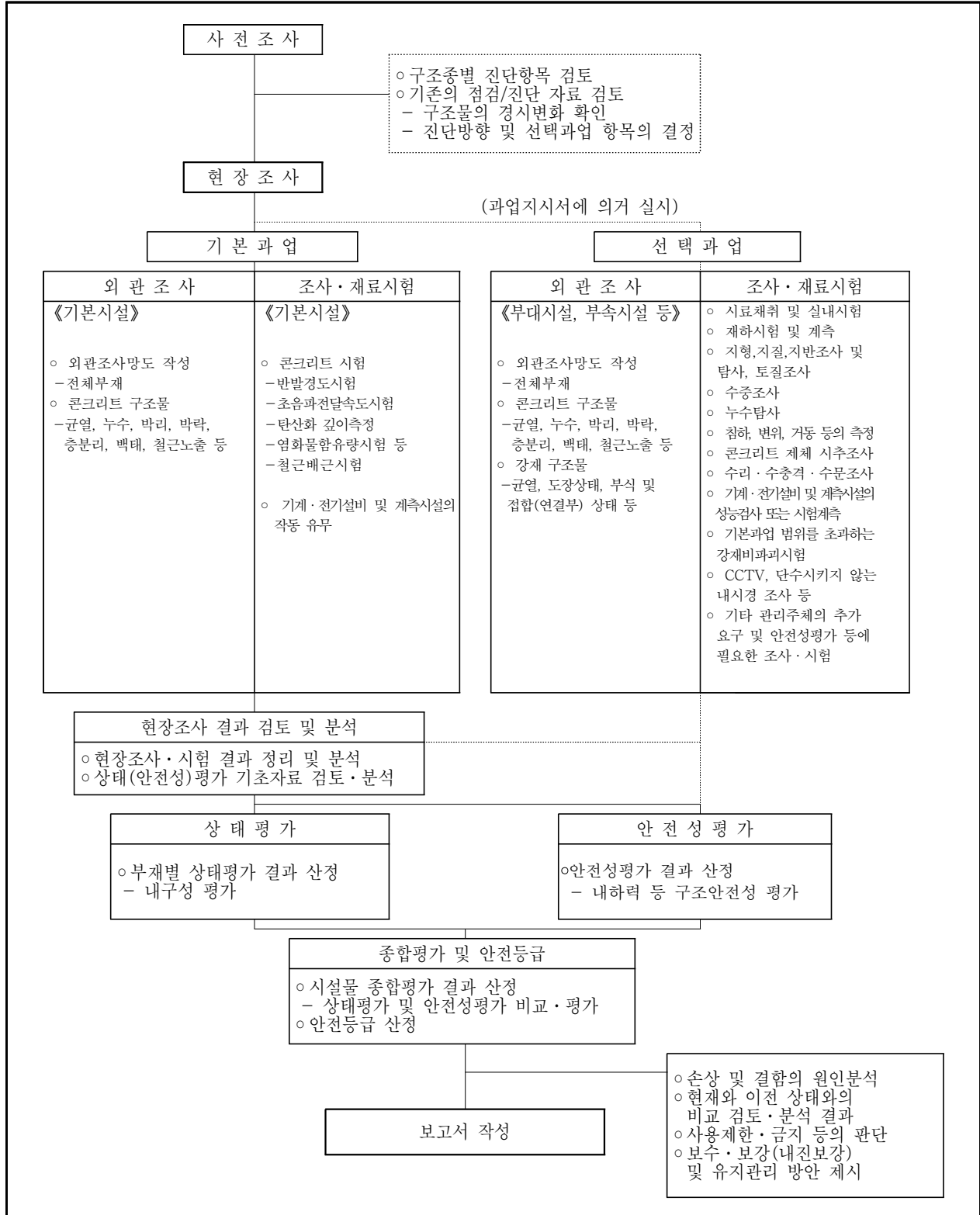
【표 1.4】 과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토 (초기점검, 정밀안전점검(2025년, 2023년), 정밀안전진단(2021년, 2016년))	시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2026.01) 적용
현장 조사 및 시험	현장 조사	1) 체원 및 시공상태 조사 2) 외관 결함 및 손상 등 외관조사 3) 기 정밀안전점검결과와의 비교	
	현장 시험	1) 콘크리트 - 콘크리트 강도 조사 : 반발경도시험, 초음파전달속도시험 - 철근탐사시험 : 배근 간격, 피복두께 - 탄산화 깊이 측정 - 균열깊이 조사 - 염화물 함유량 시험 2) 단면측량	
상태평가		1) 부재별 상태평가 산정 후 시설물 전체의 상태평가 결과 산정 2) 탄산화 및 염화물에 대한 평가 후 상태평가 항목으로 반영 3) 기 정밀안전점검 및 정밀안전진단결과와의 비교	
안전성평가		1) 조사, 시험, 측정결과의 분석 2) 기존의 구조계산서, 안전성평가 자료 검토·분석 3) 구조 안전성 평가 4) 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 및 안전성평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 문제점과 지침 기준 작성 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 최종보고서 작성 및 제출	

1.4 과업수행 절차 및 일정

1.4.1 과업수행 절차

본 교량의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.2】 정밀안전진단 과업수행 흐름도

1.5 사용장비 및 시험기기 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 다음과 같다.

【표 1.5】 주요 사용장비 및 시험기기

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	
비파괴 시험	콘크리트 슈미트해머	콘크리트 강도조사	
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 먼처리	

【표 1.5】 주요 사용장비 및 시험기기(계속)

수행장비	장비명	용 도	사 진
비파괴 시험	햄머드릴	콘크리트 탄산화 조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	초음파측정기	콘크리트 강도추정 균열깊이 추정	
	Rc-Radar	철근배근측정	
	경사계	구조물 변위조사	
접근 장비	고소작업차	외관조사시 근접조사	
	교량점검차	외관조사시 근접조사	

1.6 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전진단 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.6】 정밀안전진단 과업수행 일정

공 종		2025년 11월 06일 ~ 2026년 06월 20일														비 고		
		11월		12월		1월		2월		3월		4월		5월			6월	
		15	30	15	31	15	31	15	28	15	31	15	30	15	31		15	20
1. 자료수집 및 분석																		- 11/06 착수
· 관계도서 수집 및 분석																		
· 현장답사 및 점검계획 수립																		
2. 현장조사 및 시험																		- 현장조사 - 현장시험 - 필요시 추가조사
· 외관조사																		
· 재료시험 및 측정																		
· 재하시험																		
3. 상태평가																		- 현장조사 내업작업 병행 실시
· 상태평가 결과작성																		
4. 안전성평가																		
· 안전성평가 결과작성																		
5. 종합평가 및 안전등급 지정																		
· 종합평가																		
· 안전등급 지정																		
6. 보수·보강 방안 제시																		
· 보수·보강방안 제시																		
· 유지관리방안 제시																		
7. 보고서 작성																		- 06/20 준공예정
· 보고서 작성																		
· 보고서 수정 및 납품																		
공정율(%)	진행	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	5	
	누계	5	15	25	30	35	40	45	50	55	60	65	75	85	90	95	100	

1.7 교량 기호의 정의

대상 교량의 정밀안전진단을 수행하면서 진단의 효율성과 통일성을 기하기 위하여 다음과 같이 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

【표 1.7】 교량 기호의 정의

구 분		사용기호	비 고
공통	경간	S	Span
	거더	G	Girder
	바닥판	SL	Slab
	받침장치	Sh	Shoe
	신축이음	EJ	Expansion Joint
상부 구조	좌측 복부판	L-Web	Left-Web
	우측 복부판	R-Web	Right-Web
	상부 플랜지	U-Flan	Upper-Flange
	하부 플랜지	L-Flan	Lower-Flange
	가로보	CB	Cross Beam
하부 구조	교대	A	Abutment
	교각	P	Pier

- 일련번호 (n)
 - 시점(군남면)방향에서 종점(북삼리)방향으로 일련번호를 정한다.
- 교량받침장치 및 거더의 표시는 시점에서 종점을 바라볼 때 중앙분리대에서 외측방향으로 번호를 부여함.
- 신축이음장치(Expansion Joint)는 하부구조 ID를 첨부시켜 지정한다.
예) EJ1(A1)

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개요

2.2 자료수집 및 현황

2.3 설계 및 시공 자료

2.4 기존 점검 및 진단자료

2.5 시설물 보수·보강 자료

2.6 내진설계 여부 확인

2.7 자료수집 및 분석 결과요약

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 개요

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 관련 자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

2.2 자료수집 및 현황

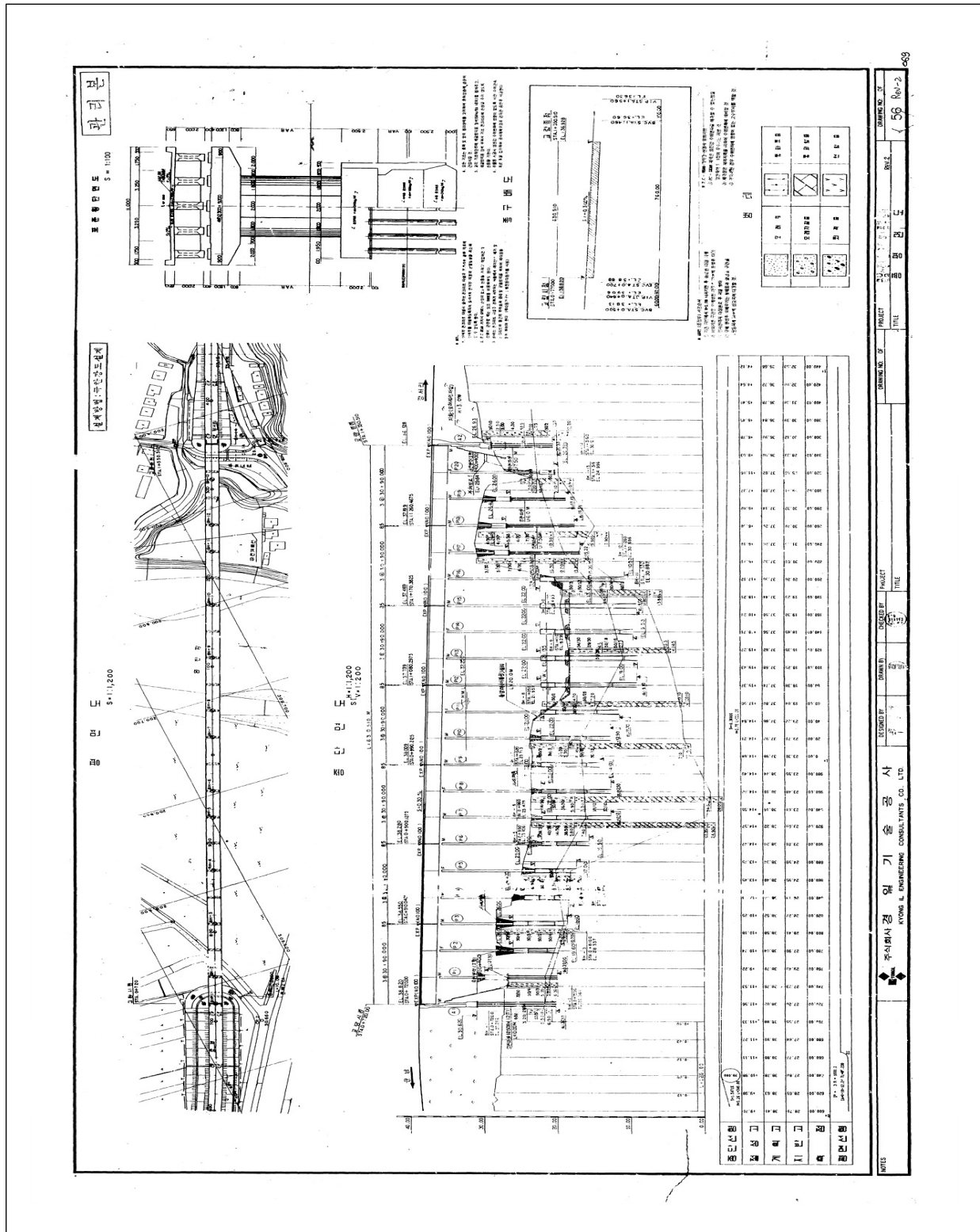
【표 2.1】 자료조사 목록

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◦ 공 통 - 준공 내역서, 실시설계 보고서 - 각종 계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	◇군남-강서간 도로확장 및 포장공사 구조 및 수리계산서(1996.08.) - 구조 및 수리계산서 - 구조물도 등
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡) - 상,하단부 구조물도	보유	◇군남-강서간 도로확장 및 포장공사 설계도 (FMS 보유)
시설물 관리대장	◦ 기본 현황 ◦ 상제 제원 ◦ 유지관리 이력	보유	FMS 보유
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록 - 각종 시험 기록 ◦ 사고기록	미보유	-
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	◇ 2002년~2025년 정밀안전점검 및 정밀안전진단 자료 등
시설물 보수·보강 자료		일부보유	FMS 보유

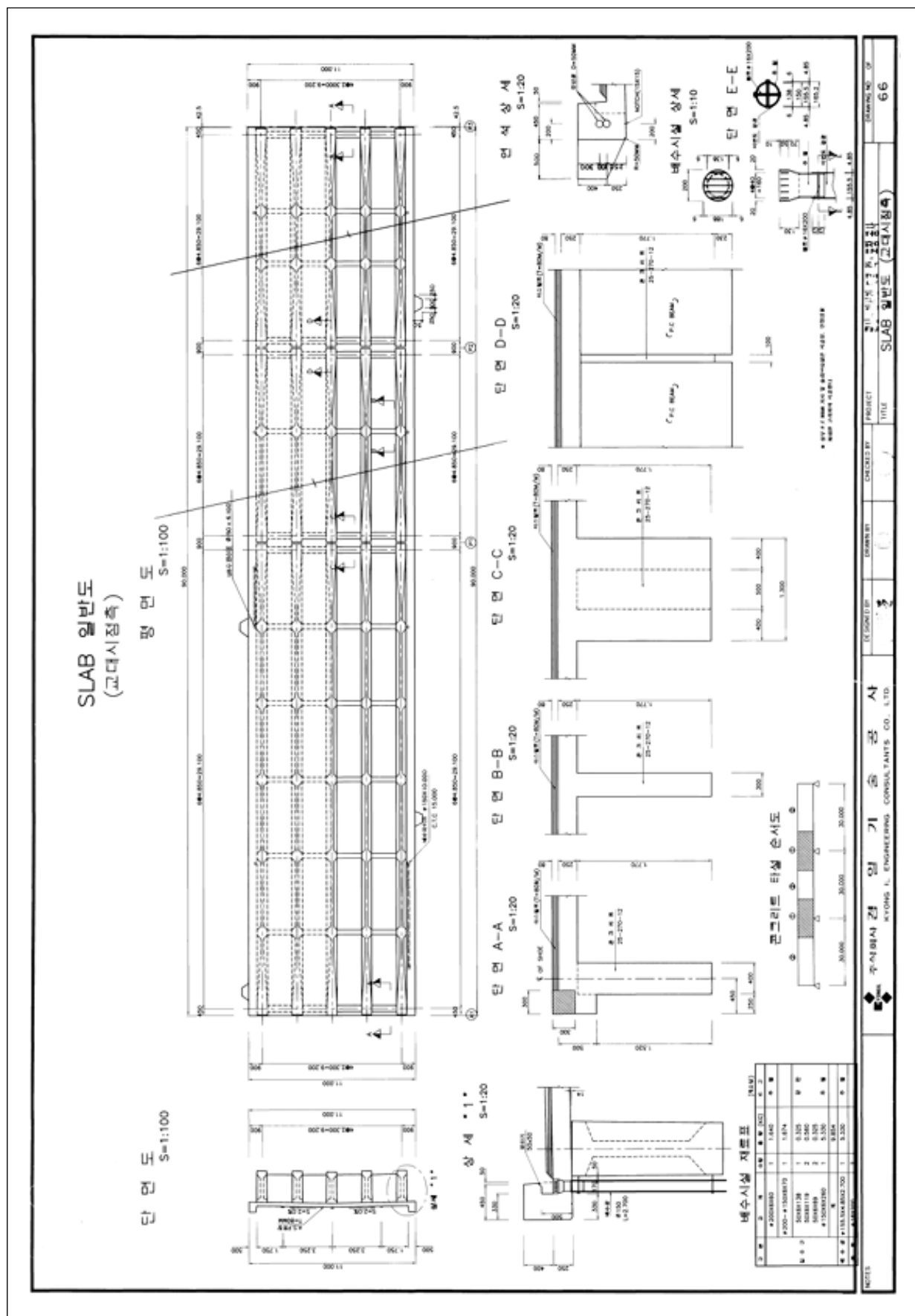
2.3 설계 및 시공 자료

대상 교량의 준공도면과 구조계산서를 확인한 결과는 다음과 같다.

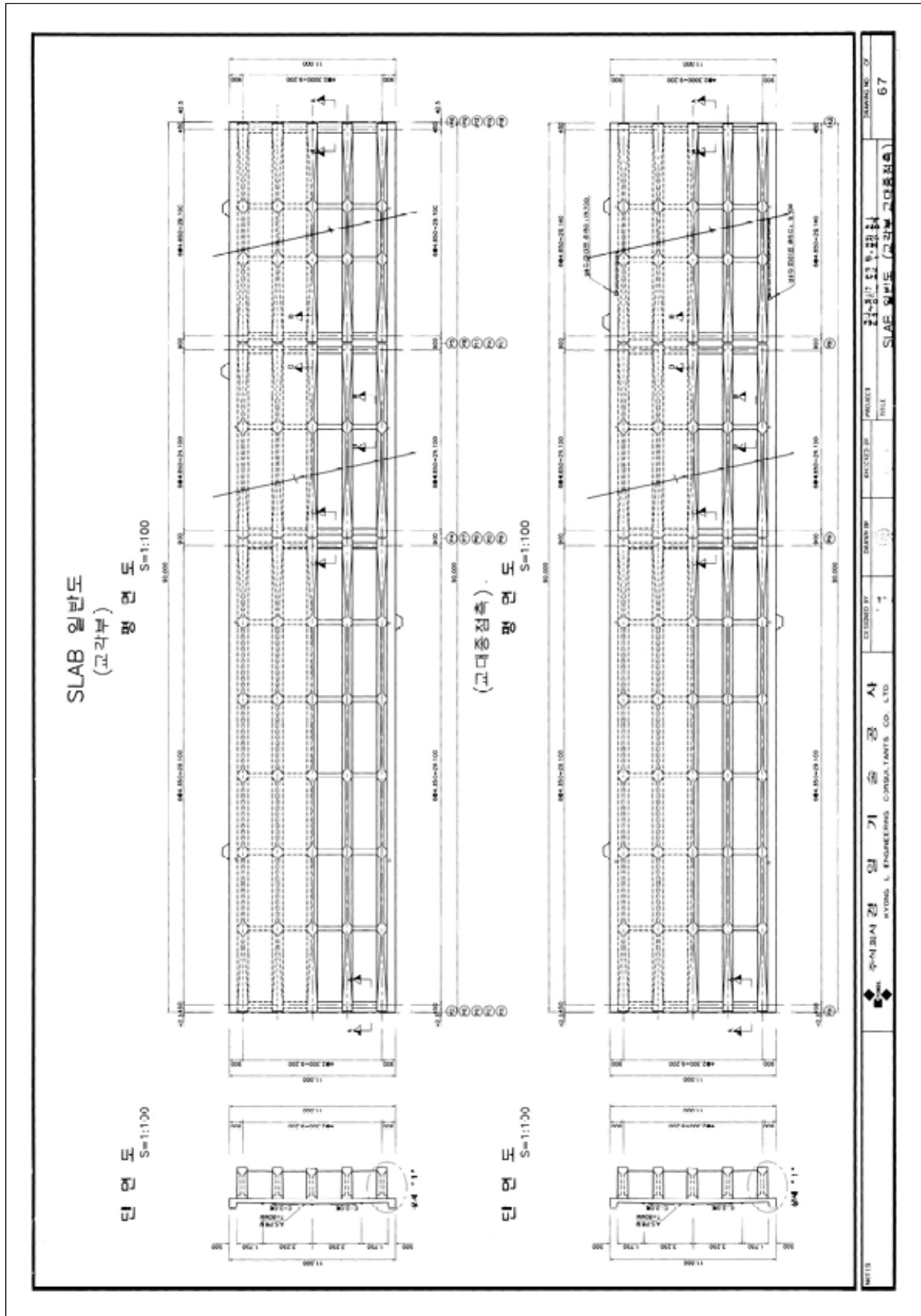
2.3.1 주요 설계도면



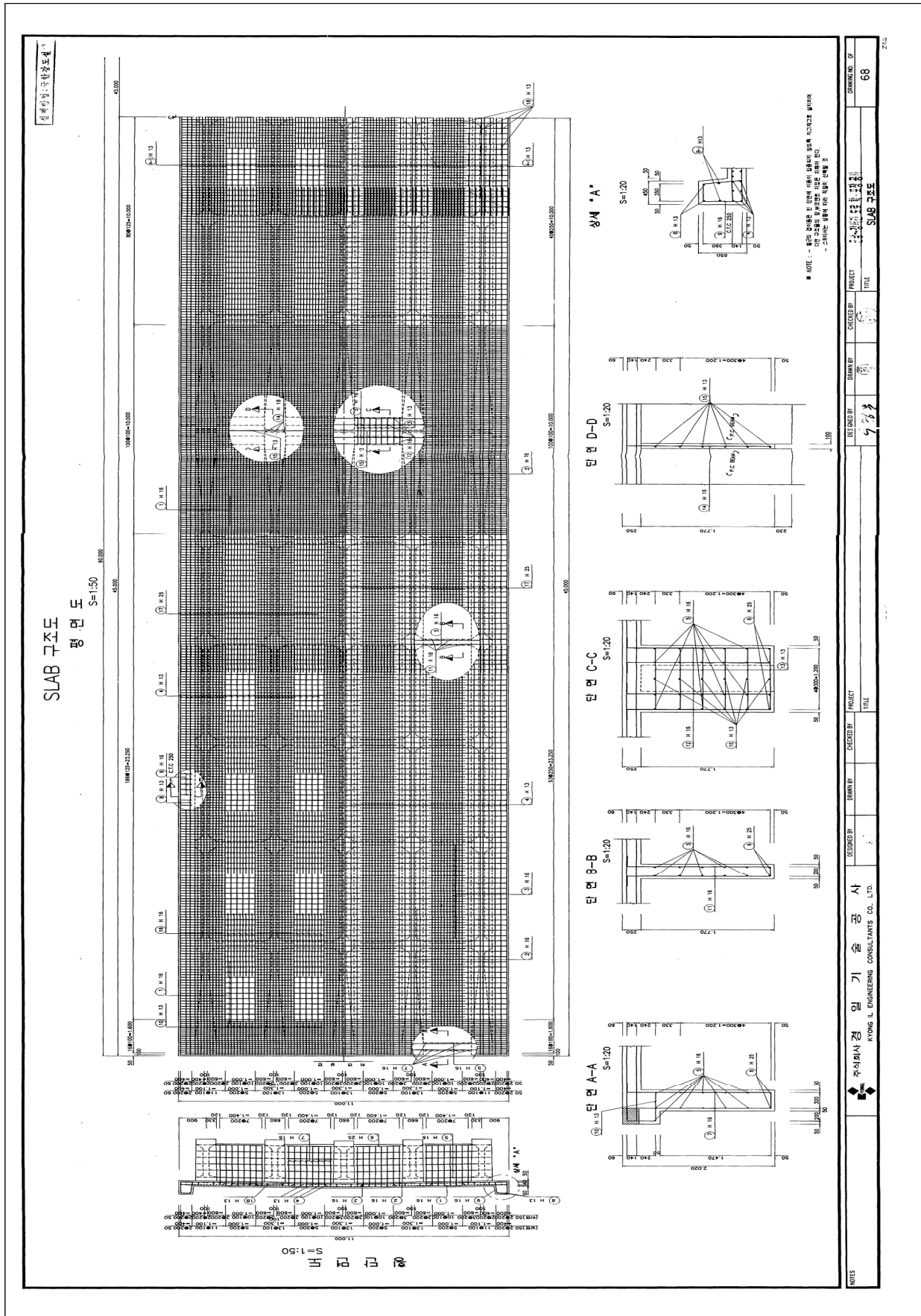
【그림 2.1】 중·평면도



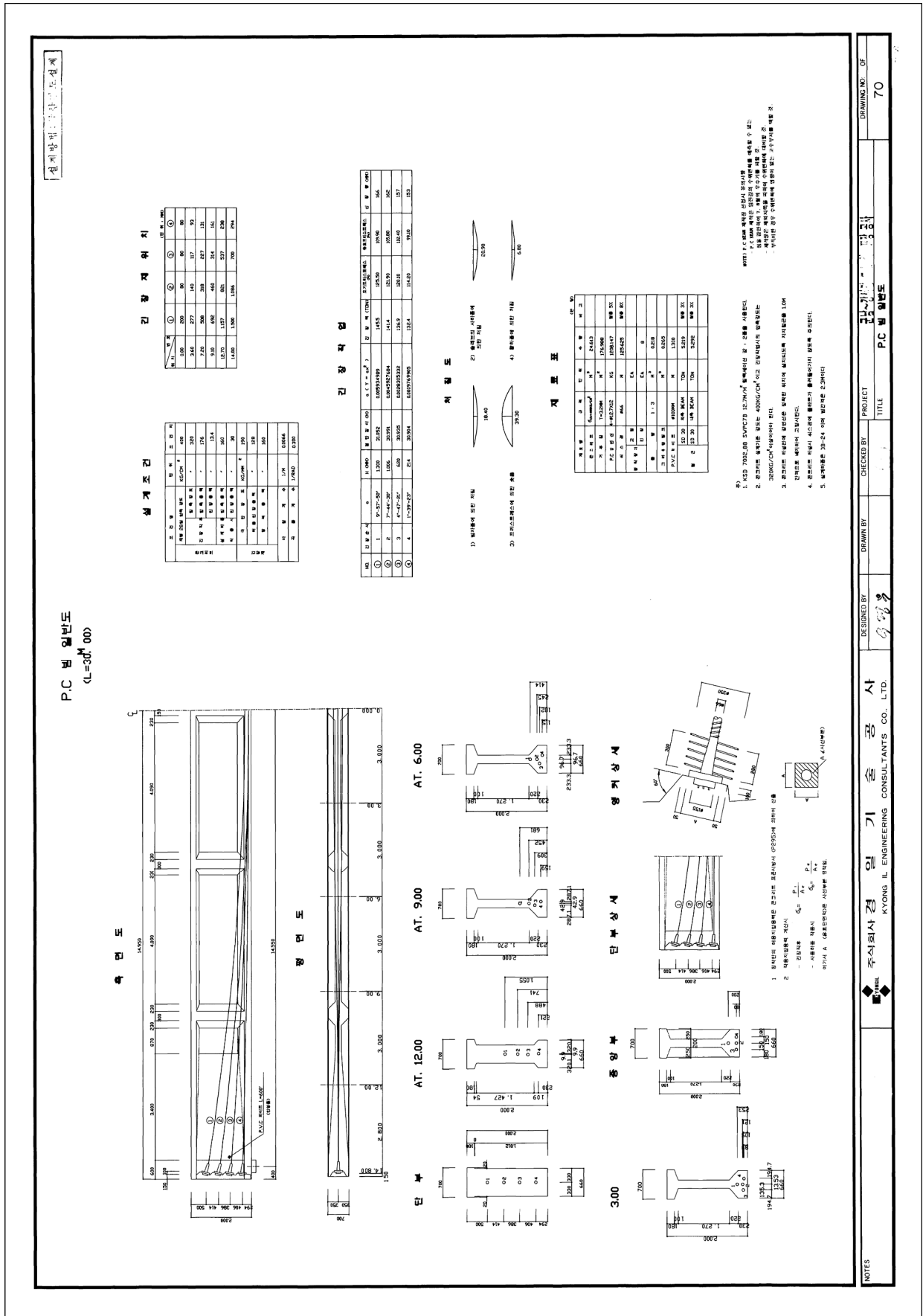
【그림 2.2】 슬래브 일반도 - 1



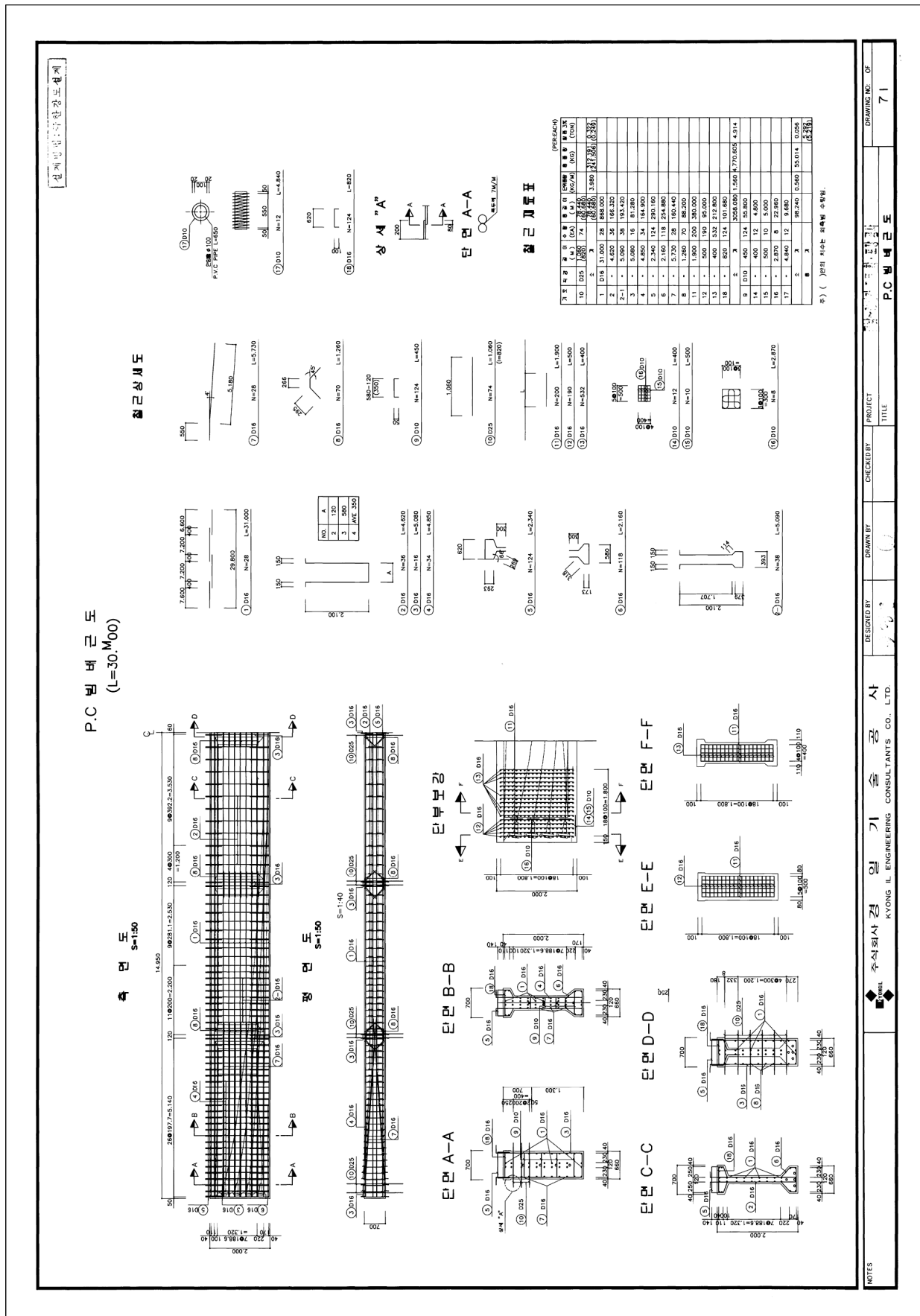
【그림 2.3】 슬래브 일반도 - 2



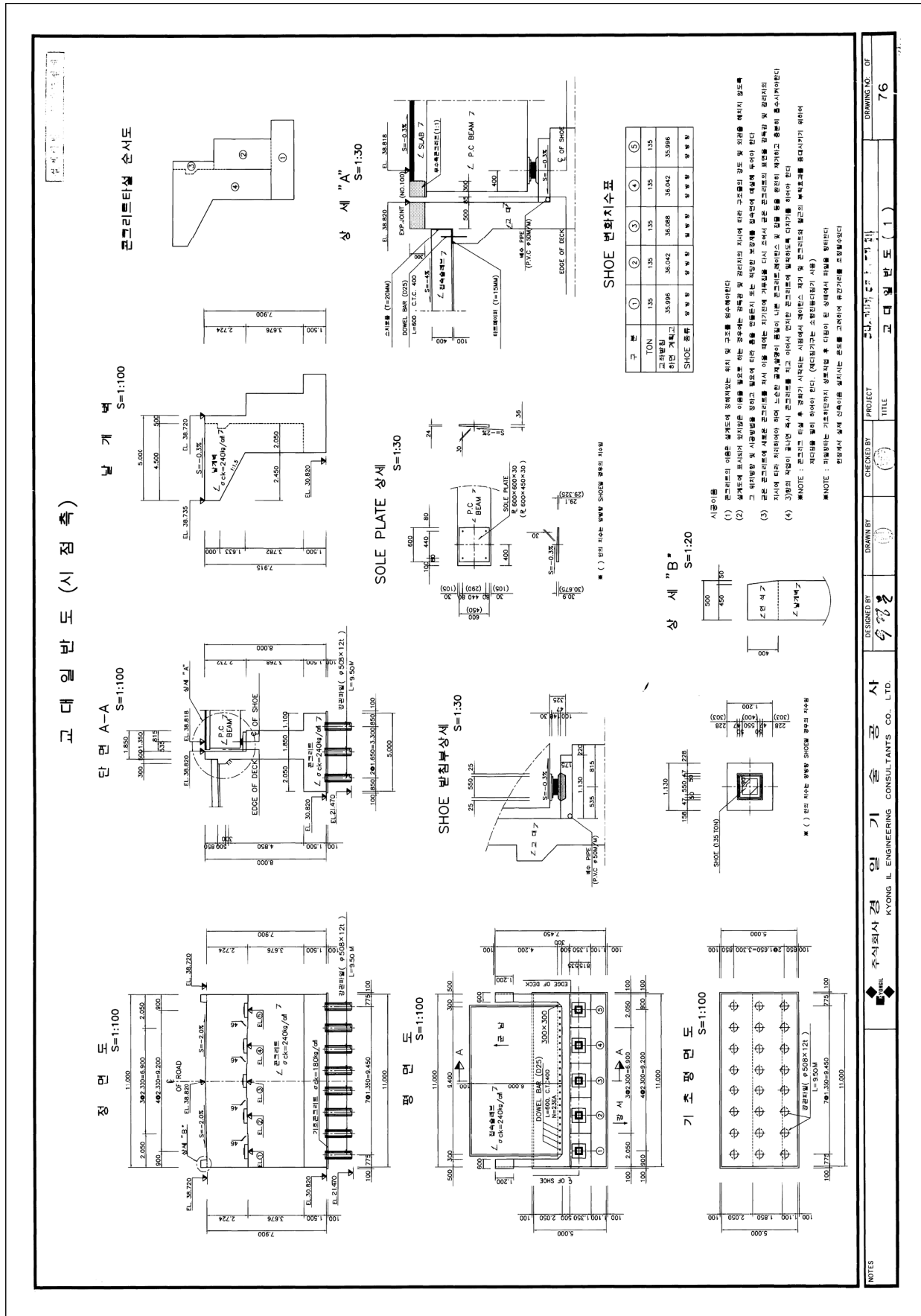
【그림 2.4】 슬래브 구조도



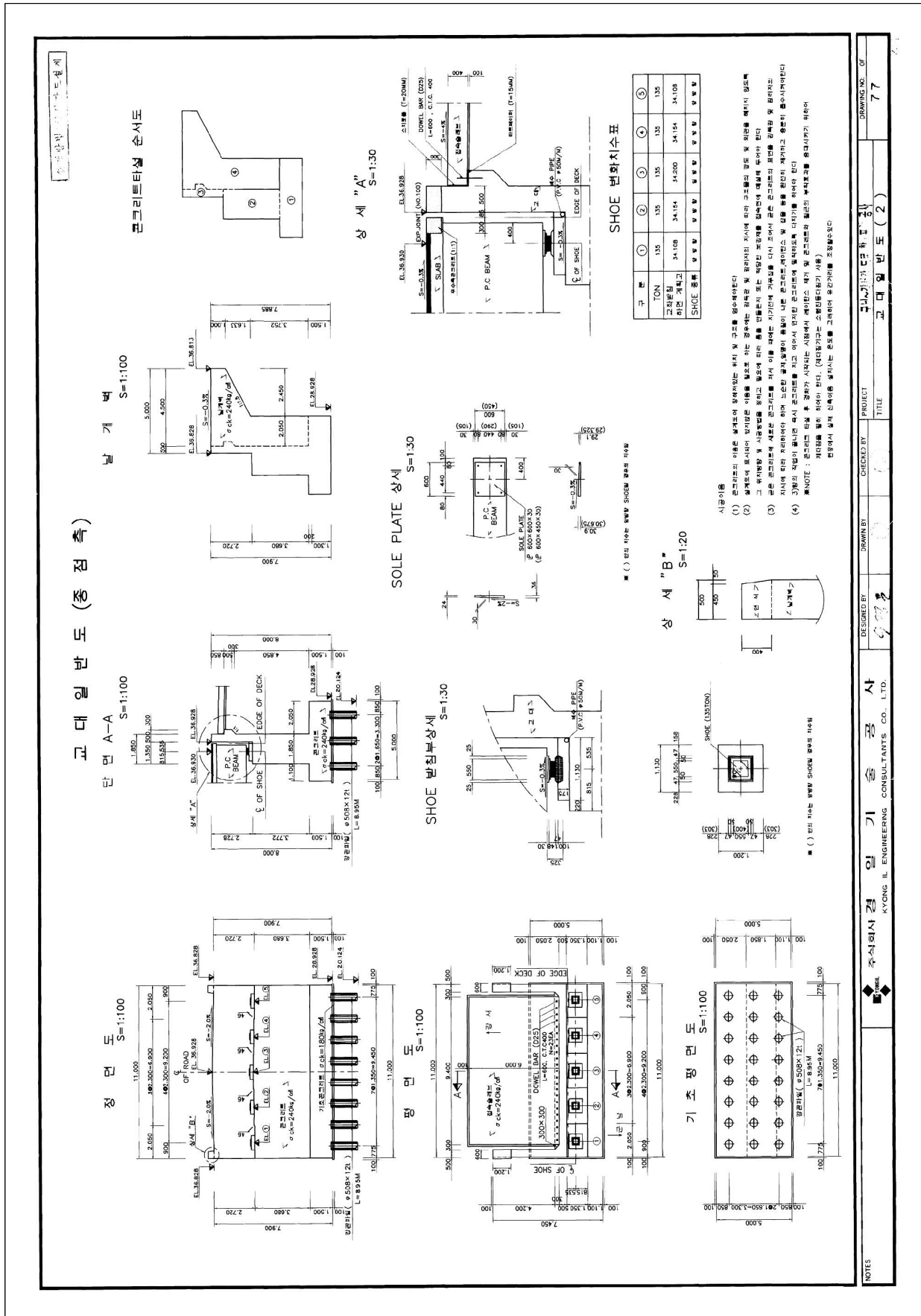
【그림 2.5】 PC빔 일반도

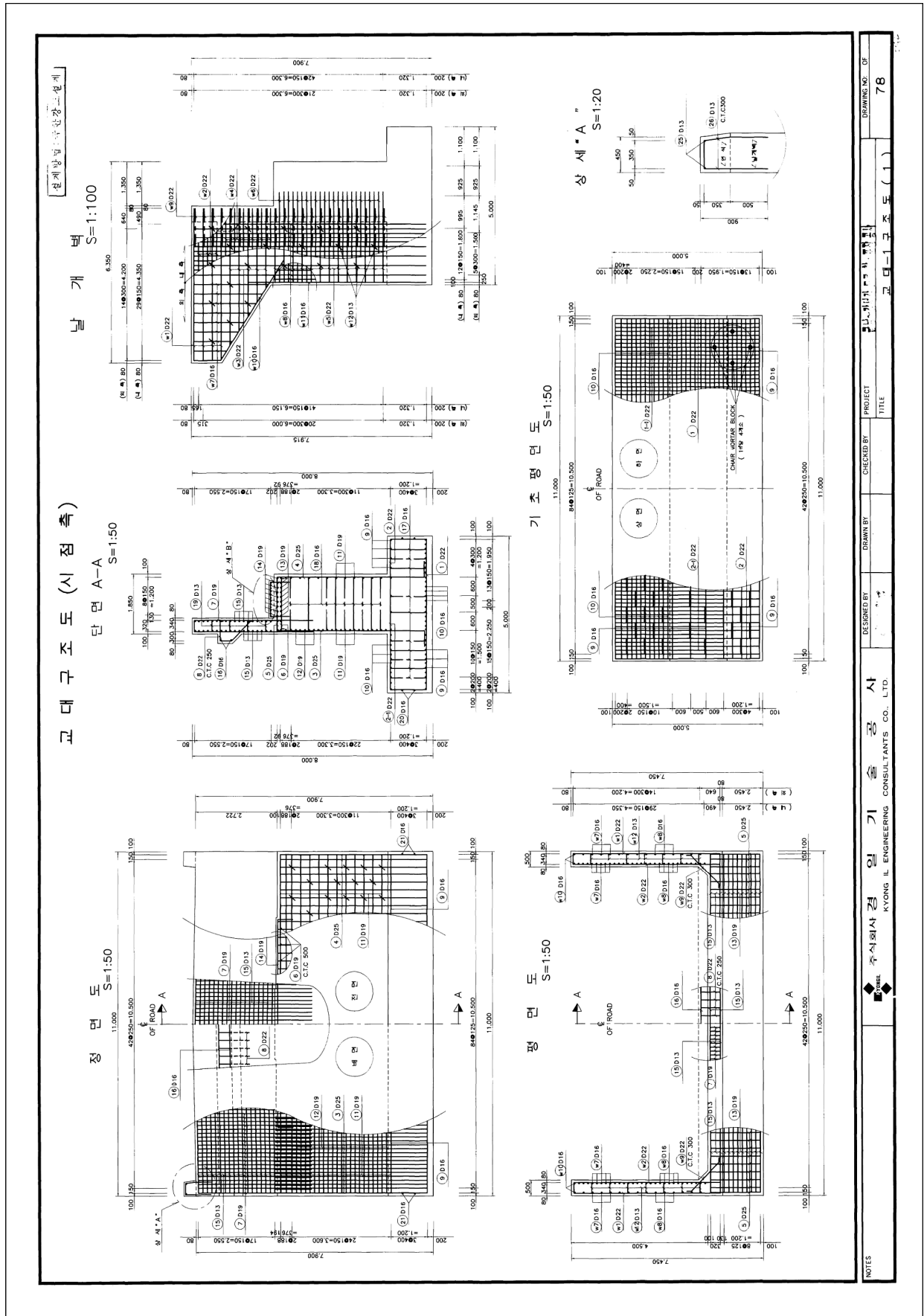


【그림 2.6】 PC빔 배근도

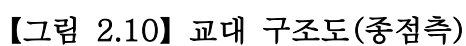


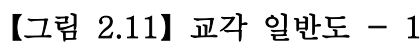
【그림 2.7】 교대 일반도(시점측)

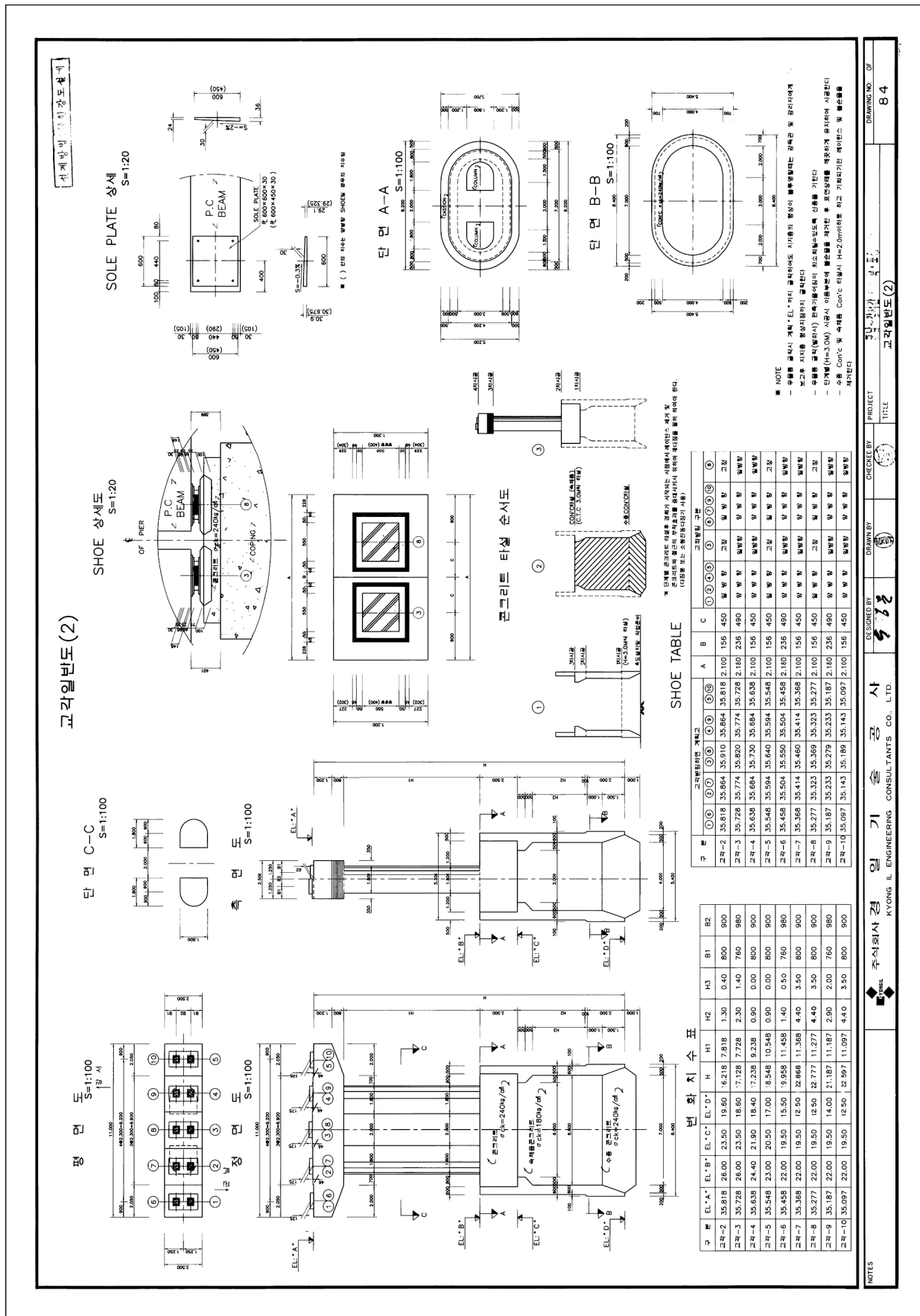




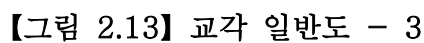
【그림 2.9】 교대 구조도(시점측)

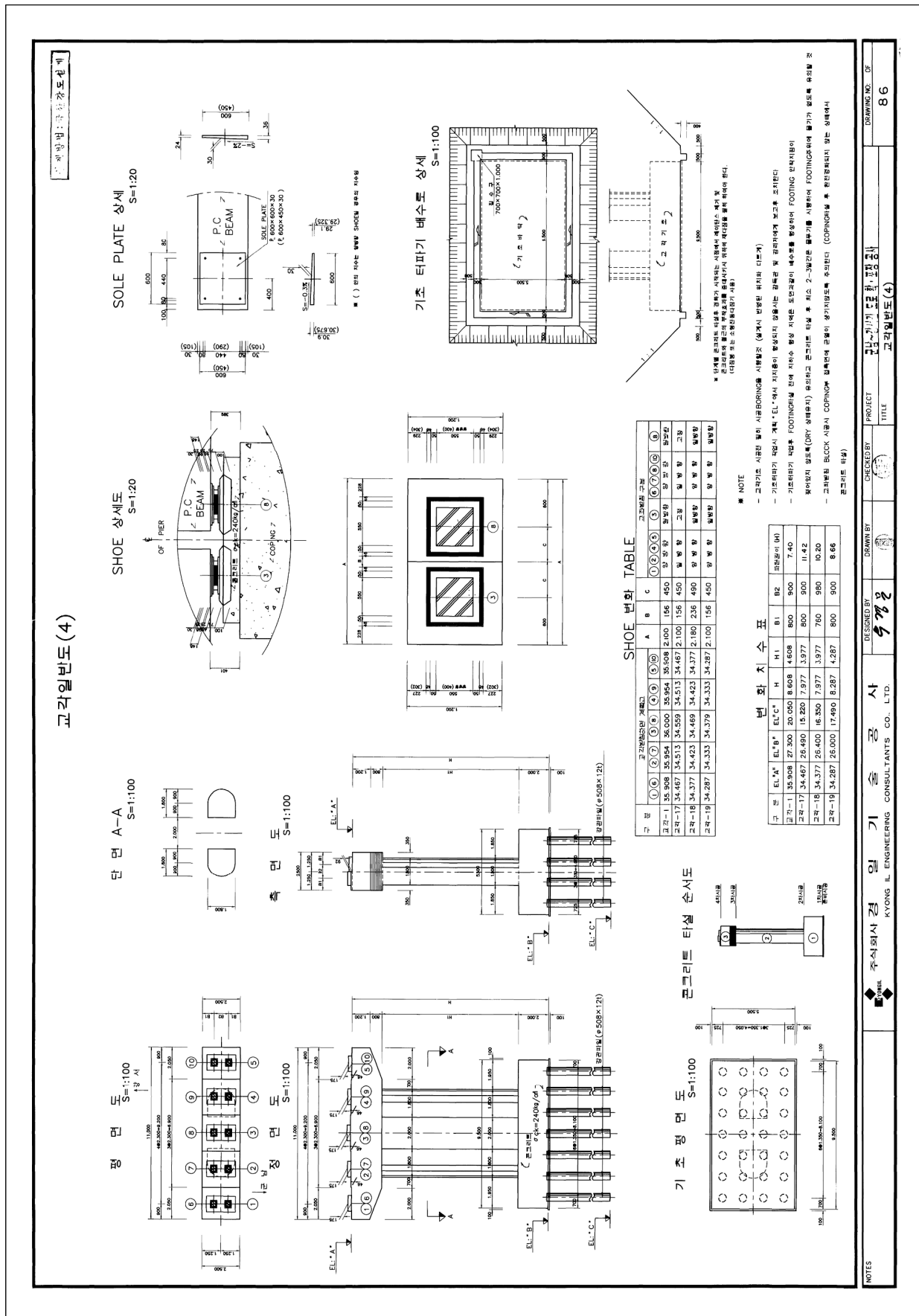




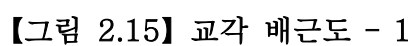


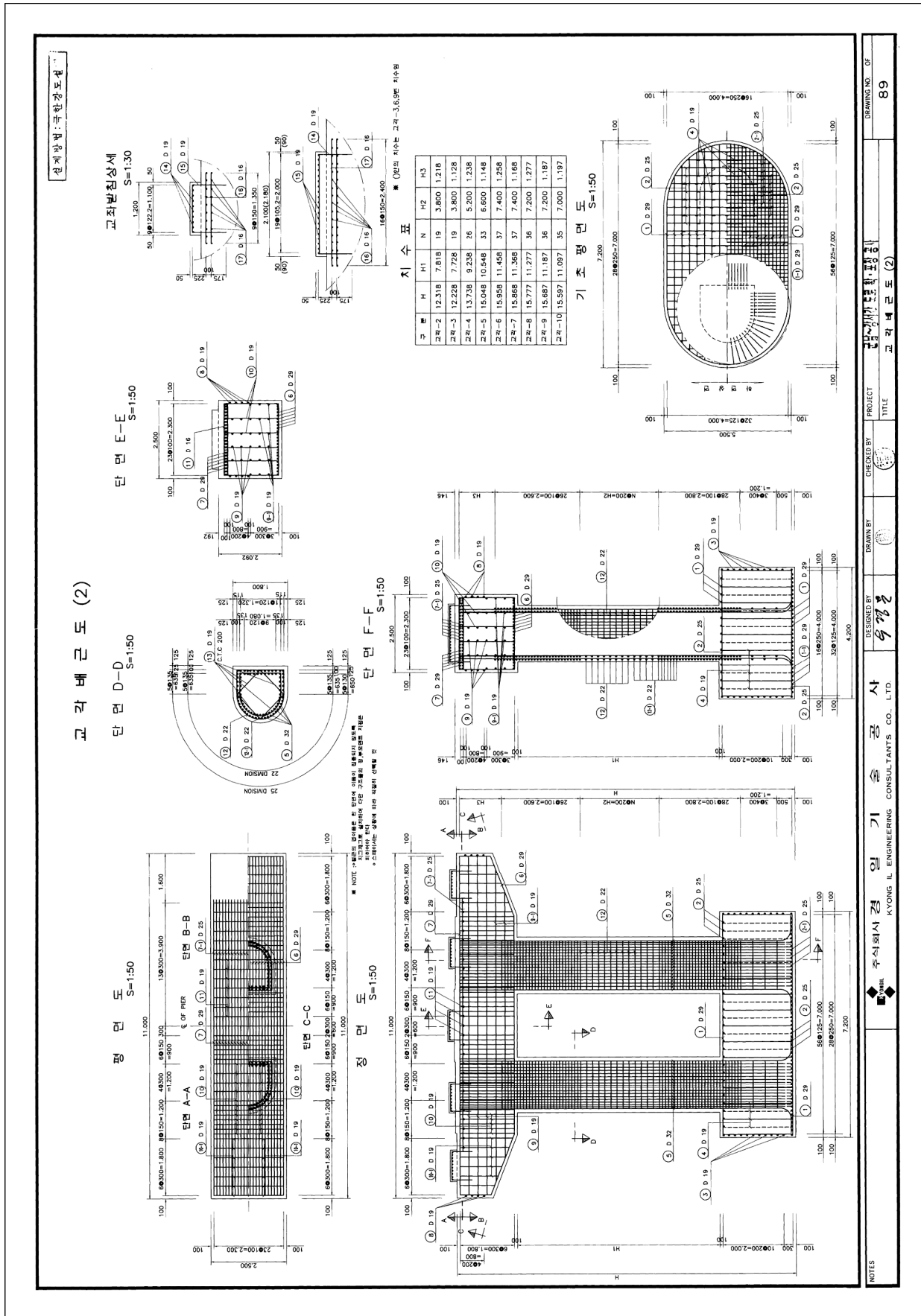
【그림 2.12】 교각 일반도 - 2



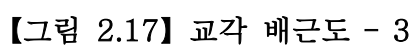


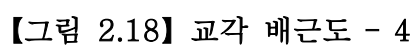
【그림 2.14】 교각 일반도 - 4

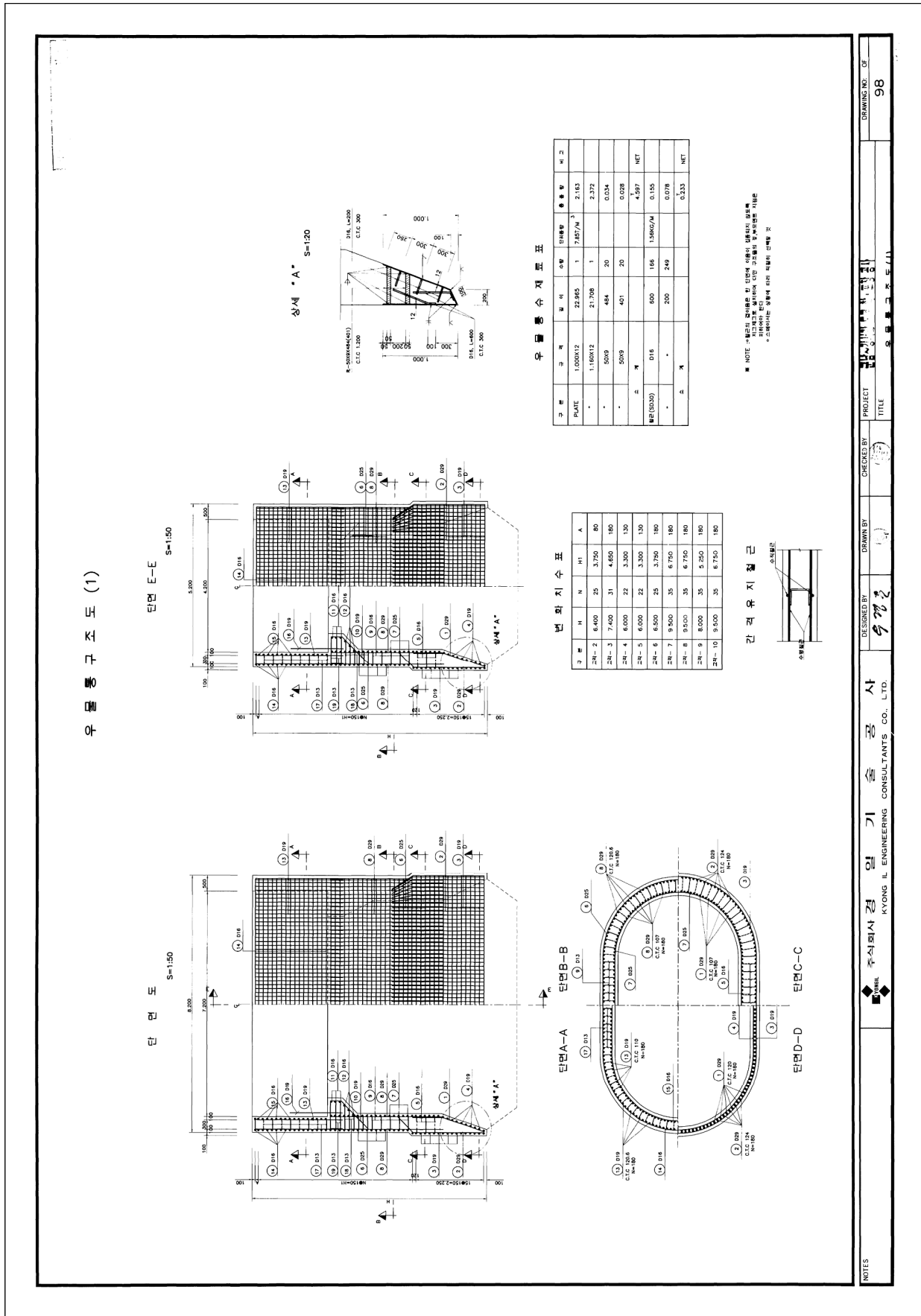




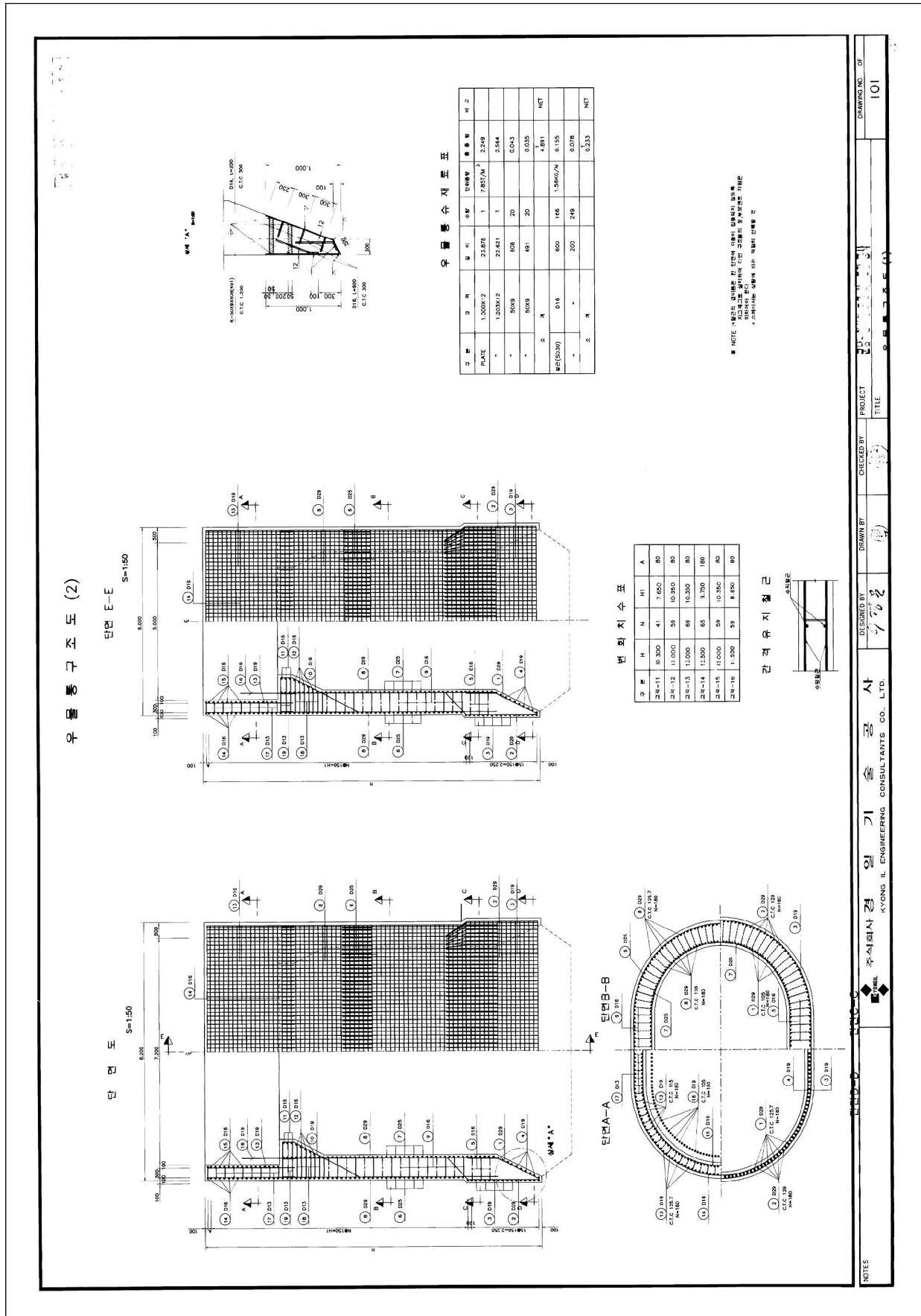
【그림 2.16】 교각 배근도 - 2







【그림 2.19】 우물통 구조도 - 1



【그림 2.20】 우물통 구조도 - 2

2.3.2 준공도면(시설물의 준공도서 검토 분석)

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

【표 2.2】 시설물의 준공도서 검토 분석

부재	준공도면 (mm)	현장 실측 (mm)	부재	준공도면 (mm)	현장 실측 (mm)
바닥판하면 폭	11,000	11,040	교대 폭	11,000	11,040
바닥판하면 두께	300	315	교각 폭	11,000	11,050
거더 높이	2,000	2,030	난간 및 연석 높이	400	400
거더 하면	660	660	중분대 높이	400	400



【사진 2.1】 부재 현장측정 전경

2.3.3 시설물의 용도변경 이력

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.3.4 구조계산서

구조계산서 검토는 “군남-강서간 도로 확포장공사 및 포장공사 및 수리계산서(1996.08.)” 및 “2020년 국지도 78호선 연천 78호선 연천 북삼교 정밀안전진단용역(2021.06.)”의 구조계산서 및 안전성검토를 참고하여 검토를 실시하였다.

1) 설계조건

①형식 : P.C BEAM(L=30.0m)

2) 재료

① P.S 콘크리트

㉠설계기준 강도 : $\sigma_{ck} = 40.0\text{MPa}$

㉡프리스트레스 도입시 압축강도 : $\sigma_{ci} = 0.8 \sigma_{ck} = 320.0\text{MPa}$

㉢허용응력

■ 프리스트레스 도입 직후의 응력

• 허용휨압축응력 : $0.55 \sigma_{ci} = 17.6\text{MPa}$

• 허용휨인장응력 : $0.75 \sqrt{\sigma_{ci}} = -1.34\text{MPa}$

(보강철근사용 시 : $1.50 \sqrt{\sigma_{ci}} = -2.68\text{MPa}$)

■ 설계하중 작용 시(손실 후)

• 허용휨압축응력 : $0.40 \sigma_{ck} = 16.0\text{MPa}$

• 허용휨인장응력 : $1.50 \sqrt{\sigma_{ck}} = -3.0\text{MPa}$

㉣균열응력 : $2.00 \sqrt{\sigma_{ck}} = 4.0\text{MPa}$

㉤정착부 지압응력 : $\sigma_{ba} = 2.1\text{MPa}$

㉥탄성계수 : $E_{pc} = 30,000.0\text{MPa}$

② P.C 강연성

㉦극한강도 : $\sigma_{pu} = 1,900.0\text{MPa}$

㉧항복응력 : $\sigma_{py} = 1,600.0\text{MPa}$

㉨JACK에 의한 긴장력 : $0.90 \sigma_{py} = 1,440.0\text{MPa}$

㉩PRESTRESS 도입직후 : $0.83 \sigma_{py} = 1,328.0\text{MPa}$

㉪설계하중 작용 시 : $0.80 \sigma_{py} = 1,280.0\text{MPa}$

㉫탄성계수 : $E_p = 200,000.0\text{MPa}$

㉬파상마찰계수 : $\kappa = 0.0066 \text{ 1/m}$

㉭곡률마찰계수 : $\mu = 0.30 \text{ 1/RAD}$

㉔건조수축율 : 20×10^{-5} (28일 기준)

㉔CREEP 계수 : $\phi = 3.0$ (28일 기준)

③ SLAB 콘크리트

㉔설계기준 강도 : $\sigma_{ck} = 27.0\text{MPa}$

㉔허용휨압축응력 : $\sigma_{ca} = 0.4 \sigma_{ck} = 10.8\text{MPa}$

㉔탄성계수 : $E_c = 24,600.0\text{MPa}$

④ 철근

㉔극한강도 : $\sigma_u = 400.00\text{MPa}$

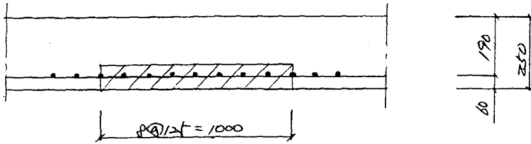
㉔탄성계수 : $E_s = 204,000.00\text{MPa}$

3) 구조계산서 검토

【표 2.3】 북삼교 구조계산서 검토

구분	내용	비고
바 닥 판	캔틸레버부 $\begin{aligned} M_u &= 1.3 M_d + 2.15 M_1 = 3.054 \text{ (T-M/M)} \\ M_u &= \phi \cdot 0.85 \sigma_{ck} \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2) \\ (\phi &= 0.85, \sigma_{ck} = 270.0 \text{ KG/CM}^2, b = 100 \text{ CM}, d = 19.0 \text{ CM}) \\ \therefore a &= .843 \text{ CM} \\ A_s (\text{req'd}) &= M_u / [\phi \sigma_y (d - a/2)] \\ &= 4.835 \text{ CM}^2 \\ P &= .00254 < P_{\min} = .00350 \\ A_s (\text{req'd}) \times 4/3 &= 6.447 \text{ CM}^2 \\ \text{▶ USE H16 @ 125 (} A_s &= 15.890 \text{ CM}^2 \text{)} \end{aligned}$ $\begin{aligned} P &= A_s / b d = .00836 \\ P_{\min} &= 14 / \sigma_y = .00350 \\ P_b &= (0.85 \sigma_{ck} \cdot k_1 / \sigma_y) \times \{6120 / (6120 + \sigma_y)\} \\ &= .02949 \\ P_{\max} &= 0.75 P_b = .02212 \\ P_{\min} &< P < P_{\max} \\ \therefore &\text{O. K.} \end{aligned}$	—

【표 2.3】 북삼교 구조계산서 검토(계속)

구분	내용	비고
연속부	$M_u = 1.3 M_d + 2.15 M_1 = 7.041 \text{ (T-M/M)}$ $M_u = \phi \cdot 0.85 \sigma_{ck} \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$ $(\phi = 0.85, \sigma_{ck} = 270.0 \text{ KG/CM}^2, b = 100 \text{ CM}, d = 19.0 \text{ CM})$ $\therefore a = 2.005 \text{ CM}$ $A_s(\text{req'd}) = M_u / [\phi \sigma_y (d - a/2)]$ $= 11.506 \text{ CM}^2$ ▶ USE H16 @ 125 ($A_s = 15.890 \text{ CM}^2$) $P = A_s / b d = .00836$ $P_{\min} = 14 / \sigma_y = .00350$ $P_b = (0.85 \sigma_{ck} \cdot k_1 / \sigma_y) \times [6120 / (6120 + \sigma_y)]$ $= .02949$ $P_{\max} = 0.75 P_b = .02212$ $P_{\min} < P < P_{\max}$ ∴ O.K.	—
바닥판	 $l_d = 6.00 \text{ m}$ $A = 100 \times 2 \times 6.0 \times \sqrt{9} = 133.333 \text{ cm}^2$ $V_s = 0.60 \text{ kg} = 0.60 \times 4000 = 2400 \text{ KG/m}^2$ $Z = \sqrt[3]{f_c \cdot d_c \cdot A}$ $= 2400 \times \sqrt[3]{6.0 \times 133.33} = 22,279.44 \text{ KG/cm}^2 < 23,170 \text{ KG/cm}^2 \text{ (유리강)}$ ∴ 안전하다.	—

2.3.5 지형 및 지질

지형 및 지질 조사 자료 검토는 “군남-강서간 도로 확포장공사 토질조사보고서(1996.08.)”의 구조계산서를 참고하여 검토를 실시하였다.

1) No. 36+0.0 ~ No. 68+10.0 지역(시추공 No. BH-1~14)

① 지질개요

본 조사지역의 지질은 경기육괴내 서울, 경기, 충청일대에 광범위하게 분포하는 선캄브리아기의 경기 편마암 복합체를관입한 중생대 쥐라기의 대보화강암이 기반암을 이루고 있다. 기반암인 대보화강암은 중생대 대보조산운동에 수반하여 옥천대에 나란하게 중국방향의 분포방향을 보이고 있다. 대보화강암은 퇴적암의 재용융으로 인해 생긴 화강암 즉 S-type의 화강암으로 알려져 있으며 K-Ar법에 의한 절대연령은 132Na~183Na(Million Year) 정도로 추정되고 있다.

② 매립층

조사지역 BB-14 지역의 최상부에서 발견되는 본 지층은 경작지로 사용되는 현 부지 조성시 인위적인 방법에 의해 유입된 부분과 하천의 영향으로 유입되는 실트질 모래가 혼재되어 있는 토사층으로서 현 지표하에서 2.5m의 층후를 가지고 발견된다. 세립내지 중립질의 실트질 모래가 주성분으로 자갈이 혼재된 상태로서 갈색을 띠고 있다. 표준관입시험에 의한 N치는 자갈의 영향으로 50/10으로 “대단히 조밀한” 상대밀도를 나타내며 젖은 상태이다. 통일분류법에 의한 토질분류는 GM또는 GM-GC로 분류된다.

③ 모래층 및 모래자갈층

시추지조사지역 BH-11~12번 지역을 제외하고, 지층의 최상부에 위치하여 현 지표면을 피복하고 있는 지층으로 하천의 영향으로 형성된 충적층의 일원으로 판단되며, 시추공 BH-1~12번 구간의 현 G.L(-) 4.5~9.2m의 층후를 가지며 분포하고, BH-14번 지점에서는 퇴적층하에서 1.2m 층후로 분포한다. 본 지층은 전체적으로 세립 내지 조립질의 실트질 모래와 자갈, 호박돌로 구성되어있으며, BH-1번, 상부 0.0~3.2m에서는 세립 내지 중립질의 모래와 일부 잔자갈이 혼재되어있고, BH-5번의 하부 4.5~5.0m, BH-6번의 하부 5.2~5.5m에서는 저모층을 형성하고 있다. 통일분류법에 의한 토질분류는 BH-1 상부 모래층은 SM으로 분류되고 전체적으로 GW 또는 GW-GM으로 분류된다. 표준관입시험 결과 전체적으로 30~50회 이상으로 “조밀” 내지 “대단히 조밀한” 상태를 보여주나 BH1, 3, 5번 일부 구간에서는 N치가 6/30~14/30회로 “느슨” 내지 “중간의”의 상태를 나타내는 경우도 있다.

④ 퇴적층

시추조사지역 BH-11~12번 지점의 최상부에서 현 지면을 피복하고 있는 지층으로 인접된 하천의 영향으로 형성된 충적층의 일원으로 판단되는 본 지층은 G.L(-)10.3~10.5m의 층후를 가지고 발견되며, BH-14번 지역에서는 매립층 하부에서 3.3m의 층후를 가지고 발견된다. 점토 섞인 세립질의 실트와 조립질의 모래가 혼재되어 구성하고 있으며 BH-11~12번 지점의 하부 9.4~9.5m 이하에서는 모래섞인 자갈로 구성하고 있다. 표준관입시험 결과 N치가 3/30~9/30으로 “느슨한” 상대밀도를 나타내며 갈색조로 습윤 또는 젖은 상태로 존재한다. 통일분류법에 의한 토질분류가 SM-SC로 분류된다.

⑤ 풍화토층

기반암인 화강암이 오랜 지질시대를 거쳐 오면서 물리적, 화학적 풍화작용을 받아 암의 조직 및 구조, 강도를 상실한채 유수나 중력에 의해 이동되지 않고 원위치에 존재하는 토사층으로서 조사지역 BH-5~9번, BH-11, 13번 지역에서 모래 자갈층 및 퇴적층 하부에서 0.7~2.8m의 층후를 가지고 분포하고 있다.

본 지층은 세립 내지 중립질의 실트질 모래로 구성되어 있으며 표준관입시험 결과 N치는 41/30~50/15 “조밀” 내지 “대단히 조밀한” 상대 밀도를 나타낸다. 통일분류법에 의한 토질분류는 SM으로 분류된다.

⑥ 풍화암층

기반암인 화강암이 풍화되어 토사로 변질되는 과정에 있으며 상부 풍화토 보다는 풍화정도가 덜하여 암의 조직과 구조를 보존하고 있으나 역학적 성질은 거의 상실한 상태이다. 본 층은 현 GL(-) 2.2~24.5m 하부부터 발견되어 모암이 토사(풍화토)로 변해가는 과정에 있고 암질이 부식된 상태여서 시추작업시 코아회수는 매우 저조하였으며 표준관입시험에서 채취된 시료는 햄머에 의해 가해지는 타격에너지에 의하여 실트섞인 세립 내지 조립의 모래 및 암편으로 완전히 분해된 상태였다. 따라서 풍화암층은 상부의 풍화토층과 명확하게 구분하기 어려우므로 본 조사과정에서 표준관입시험 결과에 의해 N치가 50/10~50/15를 기준으로 하였다.

⑦ 연암층

기반암이 부분적으로 선택풍화작용을 받아 변질되어 형성된 층으로서 현 지표면으로부터 5.1~24.5m 이후부터 발견된다. 본 연암층은 풍화정도가 풍화암과 경암의 중간 과정으로 풍화가 진전 또는 진행 중에 있는 층이고 균열 및 절리가 발달한 상태여서 코아회수는 매우 저조하였으며 하부로 갈수록 점차 신선해진다.

2) No. 75+0.0 지역(시추공 No. BH-15)

① 표토층

조사지역의 최상부에서 발견되는 본 지층은 경작지로 사용되는 현 부지의 조성시 인위적인 방법, 또는 자연적으로 유입된 토사, 잡석 및 본 지반의 상부 풍화토층과 혼재되어 구성하고 있으며, 현 지표하에서 1.7m의 층후를 가지고 발견된다. 세립 내지 조립질의 실트질 모래가 주 성분으로 점토 및 잡석이 혼재되어 암갈색을 띠고 있다. 표준관입시험에 의한 N치는 37/30으로 조밀한 상대밀도를 나타내며 습윤 내지 젖은 상태로 채취된다. 통일분류법에 토질분류는 GM-GC로 분류된다.

② 풍화토층

기반암인 화강암이 오랜 지질 시대를 거쳐오면서 물리적, 화학적 풍화작용을 받아 암의 조직 및 구조, 강도를 상실한채 유수나 중력에 의해 이동되지 않고 원위치에 존재하는 토사층으로서 표토층 하부에서 1.7~6.1m의 층후를 가지고 분포하고 있다. 본 지층은 세립 내지 중립질의 실트질 모래로 구성되어 있으며 표준관입시험결과 N치는 50/27~50/25fh “대단히 조밀한” 상대밀도를 보이고 암갈색조의 습윤한 상태이다. 통일분류법에 의한 토질분류는 SM으로 분류한다.

③ 풍화암층

기반암인 화강편암이 오랜 지질 시대를 거쳐 오면서 물리적, 화학적 및 기계적 풍화작용을 받아 풍화되어 토사로 변질되는 과정에 있으며 암의 조직과 구조를 보존하고 있으나 역학적 성질은 거의 상실한 상태이다.

본 층은 현 G.L(-) 6.1~8.4m에서 발견되어 2.3m의 층후로 분포하고 있고 모암이 토사(풍화토)로 변해가는 과정에 있고 암질이 부식된 상태여서 코어회수는 매우 저조하였으며, 표준관입시험에서 채취된 시료는 햄머에 의해 가해지는 타격에너지에 의하여 실트섞인 세립 내지 조립질 모래 및 암편으로 완전히 분해된 상태였다.

따라서 풍화암층은 구분은 명확하게 구분하기 어려우므로 본 조사 과정에서 표준관입시험 결과에 의해 N치가 50/15~50/10를 기준으로 하였다.

④ 연암층

기반암인 화강암이 부분적으로 선택풍화작용을 받아 변질되어 형성된 층으로서 지표면으로부터 8.4m이하에서 분포되어 있다.

본 연암은 그 풍화정도가 풍화암과 경암의 중간과정으로서 풍화가 진전 또는 진행중에 있는 층이고 균열 및 절리가 발달한 상태여서 코어 회수는 저조하였으며 하부로 갈수록 신선해 진다.

2.4 기존 점검 및 진단자료

대상 교량은 2000년 12월 28일 준공 이후 정기적으로 안전점검이 시행되었으며 그 결과에 의한 유지관리가 실시되고 있는 상태이다. 현재까지 실시한 안전점검 중 정기 및 정밀안전점검, 정밀안전진단시 조사된 주요한 손상내용 및 분석결과는 다음과 같다.

2.4.1 점검이력사항

【표 2.4】 점검이력사항

번호	기간	점검진단기관명	책임기술자	점검종류	점검 결과	안전등급
1	2002.03.25 ~2002.05.23	고려구조엔지니어링	최종구	정밀안전점검	교대교각 코핑부에 건조 수축 균열과 일부주형에 재료분리 백태가 발생하였으나 교량의 기능적 구조적 손상이 없는상태	A등급
2	2002.10.01 ~2002.11.26	고려구조엔지니어링	이운병	정기안전점검	교면;양호 배수;양호 난간;양호 바닥하면;양호 주형및가로보;부분적재료분리 교대교각;코핑부미세균열교좌;양호신축이음;유간내토사퇴적	양호
3	2003.04.01 ~2003.05.30	서경구조안전진단	김창식	정밀안전점검	교면;11,17,18경간패임 배수;양호 난간연석;양호 슬레브하면;양호 교대;A1균열 교각;코핑부균열교좌;양호신축이음;후타재 균열	B등급
4	2003.10.21 ~2003.12.19	태경개발(주)	김준	정기안전점검	상부구조 :양호 하부구조:양호	양호
5	2004.05.21 ~2004.09.17	(주)인송건설	김철	정기안전점검	신축이음 유간의 토사퇴적	양호
6	2004.03.21 ~2005.01.18	(주)인송건설	임종구	정기안전점검	전반적 양호	양호
7	2005.06.13 ~2005.08.12	명도엔지니어링(주)	김성수	정밀안전점검	-일부보수필요(신축이음,후타재,교대,교각,주형,가로보,받침장치) -점검결과대표등급은"문제점이없는최상의상태인A등급" -관리계획:일부손상에대하여보수를실시하여내구성확보	A등급
8	2005.10.25 ~2006.01.22	인송건설(주)	최호영	정기안전점검	바닥판 하면 일부구간 세균열발생, 주형 일부구간 미세균열 발생, 교대,교각 일부구간 미세균열 발생	양호
9	2006.04.19 ~2006.07.17	인송건설(주)	최호영	정기안전점검	상부 아스콘균열,접속부 단차 및이격, 배수시설 일부 막힘 및 식생, 하면 횡방향 균열(0.1mm), 주형 접합부백태, 주형부 측면콘크리트박락,재료분리,측면활렬균열(0.1mm), 교각 코핑부 수직균열(0.1mm), 신축이음 유간내 토사퇴적	양호

【표 2.4】점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
10	2006.09.26 ~2006.12.24	인송건설(주)	최호영	정기안전 점검	아스콘 균열, 배수관 막힘, 바닥판 하면 횡방향균열, 주형 접합부 백태, 주형 박 락, 재료분리 및 할렬균열, 교각 코핑부 수직균열, 지속적인점검 및 유지관리필요	양호
11	2007.05.21 ~2007.08.18	성보종합건 성(주)	김정태	정기안전 점검	바닥판하면 교면포장부 부분균열 및 배수 구 막힘 발생. 연석 국부적인 균열 발생. 후타재 국부적 균열 발생.바닥판하면 균 열 및 주형 콘크리트 탈락 발생. 교각 균 열 발생.	보통
12	2007.07.12 ~2007.10.13	인본토건(주)	백성근	정밀안전 점검	대체적인 구조물 상태는 양호하며 주부재 및 보조부재의 손상을 방지하기 위하여 교량상부의 배수기능 확보를 위한 배수구 정비가 요구된다.	A등 급
13	2008.04.21 ~2008.06.20	성보종합건 설(주)	김정태	정기안전 점검	외관조사 결과 시설물의 상태는 전반적으 로 양호한 것으로 조사됨	양호
14	2008.10.27 ~2009.01.25	성보종합건 설(주)	김정태	정기안전 점검	아스콘균열, 배수구막힘, 후타재균열, 바 닥판하면 일부개소 미세균열 발생	보통
15	2009.02.14 ~2009.05.14	일승시스템 (주)	김기영	정밀안전 점검	교각18의 신축이음부 고무재 파손부로 하부로 누수되고 있는 상태로 하부구조의 콘크리트 손상이 우려되는 상태로 조속한 시일내에 보수가 이루어져야 할것으로 판 단된다. 또한 교조장치 이격 및 스톱퍼의 구속, 거더 횡방향 균열 등의 손상은 보 수의 시급성이 낮은 손상이나 추후 공용 년수 경과에 따라 확대될 손상에 대비하 여 점검시 중점적으로 관찰하여 교량 공 용동안 교량의 사용성 및 안전성에 문제 가 없도록 하여야 할 것이다.	B등 급
16	2009.07.01 ~2009.12.16	세창건설(주)	임세운	정기안전 점검	아스콘 균열, 배수구 막힘, 연석부 균열, 신축이음 고무재 판손, 후타재 균열, SLAB 하면 균열, 주형 균열, 재료분리, 교좌장치 플레이트 부식, 이격, 교대 및 교각 균열 등이 발생	보통
17	2010.02.08 ~2010.12.14	(주)한양이 엔지	민영국	정기안전 점검	아스콘 균열, 배수구 막힘, 연석부 균열, 신축이음 고무재 파손, 후타재 균열, SLAB 하면 균열, 주형 균열, 재료분리, 교좌장치 플레이트 부식, 이격, 교대 및 교각 균열 등이 발생	양호
18	2010.02.03 ~2010.12.14	(주)한양이 엔지	민영국	정기안전 점검	아스콘 균열, 배수구 막힘, 연석부 균열, 신축이음 후타재 균열, 고무재 파손, 바닥 판 하면 균열, 주형 균열, 재료분리, 교좌 장치 플레이트 부식, 이격, 교대 및 교각 균열	양호

【표 2.4】점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
19	2011.04.20 ~2011.07.18	(주)중앙중 합안전기술 연구원	조원구	정밀안전 진단	교면포장부 공용으로 인한 종방향 균열이 일부 구간 발생, P18 신축이음부 고무재 손상으로 인하여 하부로의 누수가 발생, 배수구 주변오물퇴적 및 COVER 망실, 바닥판 하면 일부 구간 미세박락 및 재료 분리 구간이 조사되었으나 대체로 양호한 상태, 받침장치의 PLATE 부식, 받침콘 크리트 철근노출 및 0.2mm의 균열이 일 부 발생한 것으로 조사, PSC Girder의 인양홀 주변 박락이 조사되었으며 하부 재료분리 현상등이 조사, 교대 및 교각은 재료분리, 균열, 박리 및 박락, 표면열화 등이 조사.	B등 급
20	2011.07.01 ~2012.01.09	(주)거명	김선규	정기안전 점검	점검결과 이전 점검 후 기존손상의 변화 및 추가손상은 없는 상태이나, 교각18에 서 조사된 신축이음장치 고무재 파손은 노면수의 하부 누수로 인한 슬래브 하면, 주형, 교각 코핑부 콘크리트 열화 및 교 좌장치 부식, 거동 불량 등의 손상을 일 으킬 수 있는 요인으로 유지보수가 필요 한 상태이다.	양호
21	2012.03.15 ~2012.06.30	성은건설산 업(주)	김재기	정기안전 점검	-상부구조-토사퇴적, 아스콘균열,접속부 망상균열,-배수구막힘,덜개누락,연식 파 손, -하면:균열,재료분리,박락,-주형 박 락,재료분리, -하부구조-균열,망상균열, 표면열화,누수,백태, -신축이음 유간토사 퇴적,고무재파손, -받침장치 부식,받침물 탈 철근노출	보통
22	2012.07.01 ~2012.12.09	성은건설산 업(주)	김재기	정기안전 점검	아스콘 균열, 망상균열, 토사퇴적, 배수구 덜개 유실, 막힘, 하면 균열, 박리박락, 재료분리, 주형 균열, 재료분리, 박락, 파 손, 가로보 박리박락, 재료분리, 받침 플 레이트 부식, 받침콘크리트 균열, 철근노 출, 후타재 균열, 단차, 유간토사퇴적, 교 대 및 교각 균열, 균열백태, 백태, 망상균 열, 누수흔적, 표면열화, 재료분리, 박락, 점검로 파손 발생	보통

【표 2.4】점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
23	2013.03.05 ~2013.06.02	서경구조안전진단(주)	곽경현	정밀안전 점검	· 금번 조사된 손상-결함부에 대하여 교량의 건전성 및 사용성 증진을 위해 일부 보수, 보강이 필요한 상태로서 안전등급은 B등급으로 평가되었다. · 내구성평가 결과는 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 평가되었다.	B등급
24	2013.07.04 ~2013.11.28	(주)토당건설	이근표	정기안전 점검	외관조사결과, 포장균열, 포트홀, 토사퇴적, 배수구 막힘, 덮개망실, 배수관 탈락, 연석부 철근노출, 방음판 탈락, 교명주 기초 콘크리트파손, 신축이음 유간 토사퇴적, 바닥판 균열 및 재료분리, 주형 및 가로보 균열, 백태, 콘크리트 파손, 재료분리, 받침콘크리트 균열, 철근노출, 플레이트 녹발생, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 박리, 재료분리, 표면열화 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 공용기간 증가, 중차량 반복통행, 환경요인, 망실, 피복두께부족, 시공초기 다짐불량, 외부충격 및 건조수축, 도장열화, 시공불량 등의 손상으로 판단되며, 지속적인 관찰 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 등의 확인을 통한 내구성 및 사용성 확보 차원의 보수 등의 적절한 조치가 필요한 것으로 판단된다.	양호
25	2014.03.21 ~2014.06.30	성원건설	배영혁	정기안전 점검	외관조사결과, 포장균열, 포트홀, 토사퇴적, 배수구 막힘, 덮개망실, 배수관 탈락, 연석부 철근노출, 방음판 탈락, 교명주 기초 콘크리트파손, 신축이음 유간 토사퇴적, 바닥판 균열 및 재료분리, 주형 및 가로보 균열, 백태, 콘크리트 파손, 재료분리, 받침콘크리트 균열, 철근노출, 플레이트 녹발생, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 박리, 재료분리, 백태, 표면열화 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 공용기간 증가, 중차량 반복통행, 환경요인, 망실, 피복두께부족, 시공초기 다짐불량, 외부충격 및 건조수축, 도장열화, 시공불량 등의 손상으로 판단되며, 지속적인 관찰 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 등의 확인을 통한 내구성 및 사용성 확보 차원의 보수 등의 적절한 조치가 필요한 것으로 판단된다.	양호

【표 2.4】점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
26	2014.07.01 ~2014.11.15	성원건설	이근표	정기안전 점검	외관조사결과, 포장균열, 포트홀, 토사퇴적, 배수구 막힘, 덮개망실, 배수관 탈락, 연석부 철근노출, 방음판 탈락, 교명주 기초 콘크리트파손, 신축이음 유간 토사퇴적, 바닥판 균열 및 재료분리, 주형 및 가로보 균열, 백태, 콘크리트 파손, 재료분리, 받침콘크리트 균열, 철근노출, 플레이트 녹발생, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 박리, 재료분리, 백태, 표면열화 등의 손상이 조사되었다. 기 발생된 손상은 공용기간 증가, 중차량 반복통행, 환경요인, 망실, 피복두께부족, 시공초기 다짐불량, 외부충격 및 건조수축, 도장열화, 시공불량 등의 손상으로 판단되며, 지속적인 관찰 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 등의 확인을 통한 내구성 및 사용성 확보 차원의 보수 등의 적절한 조치가 필요한 것으로 판단된다.	양호
27	2015.06.19 ~2015.06.30	영동이앤지 (주)	김용주	정기안전 점검	- 본 교량의 점검결과 전회차 점검 이후 추가손상 및 손상의 진행은 없는 상태로 포장균열, 포트홀, 연석부 철근노출, 바닥판 균열 및 재료분리, 주형 및 가로보 균열 및 백태, 콘크리트 파손, 교대 및 교각 균열 및 망상균열, 박리, 백태 등이 조사되었으며 지속적인 관찰 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 등의 확인을 통한 내구성 및 사용성 확보 차원의 보수 등이 필요할 것으로 판단됨.	양호
28	2015.04.30 ~2015.07.28	(주)동안기술	김대명	정밀안전 점검	구조적 안전성을 저해할 만한 심각한 결함이나 손상은 없으나, 미관개선 및 장기적인 내구성확보 차원에서 보수가 필요한 결함, 손상이 확인됨. 바닥판, 거더, 교각 등의 콘크리트 부재에서 발생하는 초기결함인 재료분리가 일부 관찰되었으며 일부 단면복구가 필요함. 거더 측면 파손으로 미관이 불량하거나 방음판이 탈락하여 사용상 불리한 손상, 강재의 부식으로 장기적인 내구성 확보가 필요한 손상들은 위치와 규모를 고려한 개별적인 보수가 필요함. 내구성조사 결과 콘크리트 강도 및 탄산화에 의한 내구성저하 우려는 없는 것으로 조사됨.	B등급

【표 2.4】점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
29	2016.03.28 ~2016.06.27	주식회사 남양이엔씨	김창수	정밀안전 진단	—외관조사결과 북삼교는 기발생 손상에 대한 보수는 국부적으로 실시한 것으로 확인되며, 포장부 균열, 망상균열, 연석부 철근노출, 박리, 배수구막힘, 그레이트팅 망실, 신축유간 토사퇴적, 바닥판하면 재료분리, 균열, 박락, 거더 인양홀, 박리, 재료분리, 가로보 균열, 박리, 백태, 교대 및 교각 균열, 망상균열, 표면불량, 박리, 철근노출, 받침장치 플레이트부식 등 공용중 발생하는 일반적인 손상이 조사되었다. —내구성조사결과설계기준을대체로만족하고있는상태로서, 북삼교의내구성상태는적정한것으로평가된다. —구조검토및재하시험결과구조물은소정의안전율을확보하고있으며, 공용내하력은설계하중인DB-24를상회하는것으로분석되었다. —정밀안전진단결과시설물의종합평가등급은B등급으로지정된다.	B등급
30	2016.03.31 ~2016.06.30	(주)태강	김학도	정기안전 점검	· 방음벽 탈락, 변형 · 바닥판균열, 철근노출 · 거더균열, 재료분리 · 신축이음후타재박리, 박락 · 받침장치부식 · 교대 · 교각균열, 백태	양호
31	2016.07.01 ~2016.12.30	(주)태강	김학도	정기안전 점검	· 아스콘 망상균열 · 방음벽탈락, 변형 · 바닥판철근노출, 재료분리 · 거더및가로보박리, 박락, 파손, 재료분리, 균열 · 신축이음토사퇴적 · 받침장치부식, 받침콘크리트균열, 박락 · 교대 · 교각균열, 재료분리, 박리, 박락	양호
32	2017.04.10 ~2017.06.30	(주)용마엔 지니어링	차성윤	정기안전 점검	교면포장-본선 및 접속부 아스콘 균열 및 망상균열, 오물받치, 채수 방음판-방음판탈락 연석-교명주파손, 계단부분부식, 교각표지판탈락, 균열(0.3mm미만), 표면리밋박리, 철근노출 신축이음-유간토사퇴적 배수시설-그레이트팅망실, 배수관고정부파손, 배수구막힘, 상수관보온관파손 바닥판하면-조인트수손, 박리, 균열(0.3mm미만), 열화, 재료분리, 철근노출 거더외부-균열(0.3mm미만), 박리, 박락, 파손, 재료분리 가로보-균열(0.3mm미만및이상), 들뜸, 박리, 박락, 재료분리, 백태 받침장치-받침콘크리트균열및박리, 플레이트부식 교대및교각-균열(0.3mm미만및이상), 망상균열, 보수부재 균열, 박리, 박락, 재료분리, 자재적치, 조류배설물퇴적, 철근노출, 표면불량및오염	보통

【표 2.4】점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
33	2017.08.01 ~2017.12.05	(주)용마엔 지니어링	차성윤	정기안전 점검	- 포장 망상균열, 표면열화, 토사퇴적 및 식생 - 난간및연석균열, 표면박리, 철근노출 - 신축유간토사퇴적-바닥판하면균열(0.3mm미만), 누수흔적, 열화, 재료분리, 철근노출 - 거더및가로보균열 들뜸, 박리, 박락, 파손, 재료분리, 백테 - 교대및교각균열(0.3mm미만및이상), 망상균열, 박리, 박락, 재료분리, 보수부재균열, 철근노출등	보통
34	2018.03.08 ~2018.06.05	그린드림건설(주)	박재원	정밀안전 점검	교면 포장 : 아스콘균열 바닥판하면: 열화, 재료분리, 철근노출 거더및가로보: 균열, 망상균열, 재료분리 교대및교각: 균열, 망상균열, 재료분리 등의손상이발생하였으나구조적결함은없는상태이며, 교량의기능발휘에문제없는상태임	B등급
35	2018.06.26 ~2018.12.07	(주)삼우아이엠씨	장지훈	정기안전 점검	북삼교는 약 18년간 공용된 교량으로서 외관조사 결과 상-부구조 균열표부, 단면보수, 단면(방청)보수, 표면보수, 받침 재 도장 등의 보수를 실시중 인 것으로 조사되었으며, 포장부 아스콘 균열, 아스콘 망상균열 배수시설 배수구 막힘, 그레이팅 망실, 배수관 탈락, 연석 균열 파손, 방음판 변형/탈락, 신축이음 후타재 균열 유간토사퇴적, 바닥판하면 상수관 보호관 파손, 교량받침 콘크리트 및 몰탈 균열 교대 및 교각, 자재 적치 파손, 이격, 점검로 파손 등의 보수중인 손상을 제외 한 기존 및 신규(누락) 손상이 조사되었다. 조사된 손상들은 비구조적인 손상들이나 구조물의 건전성 및 2차손상 방지 차원에서 보고서에 제시한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 사료되며, 특히 교각 P15에서 관찰된 점검로 파손은 보수불량으로 판단되며 점검자 및 보수공사시 작업자의 안전확보 차원에서 보수가 판단 된다.	양호
36	2019.03.20 ~2019.06.30	(주)두우엔 지니어링	배동식	정기안전 점검	본 대상시설물인 북삼교는 2000년 준공 후 약 19년간 공용된 교량으로서 현장조사를 통한 종합평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며, 외관조사 결과 아스콘 망상균열, 연석 균열, 배수구 막힘, 신축이음 후타재 균열, 유간 토사퇴적, 방호판 변형 및 탈락 등이 조사되었다. 따라서 조사된 손상들에 대해서는 보수영역에 따른 적절한 보수를 실시하고 향후 주기적인 점검을 시행한다면 시설물의 공용에는 지장이 없을 것으로 판단된다.	양호

【표 2.4】 점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단기관명	책임기술자	점검종류	점검 결과	안전등급
37	2019.07.01 ~2019.12.14	(주)두우엔 지니어링	배동식	정기안전 점검	2000년 준공 후 약 19년간 공용된 교량으로서 전회 상반기 조사된 아스콘 망상균열 연석 균열 배수구 막힘 산책이음 후타체 균열 유간 토사퇴적 방호판 변형 및 탈락 등이 급회 해반기 현장조사에도 유지되고 있는 것으로 조사되었다 보조부재에 발생한 상부 및 하부구조에 발생한 단면손상은 손상 정도는 경미하나 구조물의 내성 확보 및 장기적인 유지관리 차원에서 단면보강이 필요할 것으로 판단되며, 경미한 손상은 주의관찰 후 손상 증가시 보수방안에 따른 적절한 보수를 실시한다면 시설물 공용에는 장애가 없을 것으로 판단된다	양호
38	2020.03.12 ~2020.06.30	(주)동명기 술공단종합 건축사사무 소	이관용	정기안전 점검	- 교면표장: 균열 망상균열 파손 표지판탈락 - 배수시설배수관탈락 - 난간·연석 개관부식발생 안전화순 균열 난간변형방음판 변형탈락 - 바퀴하단 균열 무단점거상구관보온파손열화 - 가드레일보온파손 망상균열 보수망상균열인양파손 - 교대이격 - 교각조류배출물퇴적 파손 표면열화 - 교면침하물결파손 반침하식반침하 교대균열 - 산책이음 유간 토사퇴적 차수판 파손 후타체 균열 균열 - 점검통로 점검파손	양호
39	2020.04.07 ~2020.07.05	(주)대한이 엔씨	성찬경	정밀안전 점검	- 교면표장은 포장 망상균열 포장균열 파손 파손 등 발생 - 난간·연석은 난간변형 연석 균열 균열부파손 파손 방음판 탈락 변형 고정볼광등 발생 - 배수시설은 배수구 막힘 배수관 탈락 배수관 자대탈락 배수관 고정부 파손 배수관 고정된 탈락 등 발생 - 산책이음은 본체 부식 유간 토사퇴적 후타체 균열 및 박리 박락 등 발생 - 바퀴하단 균열 균열부파손 박리 박리 보수부 박리 철근 노출 접철물 노출 상판 보온 탈락 외부인 불발설치 등 발생 - 주형은 균열 균열부파손 망상균열 보수부 망상균열 파손 박리 재로관리 등 발생 - 가드레일은 균열 파손 박리 박락 재로관리 등 발생 - 반침하차는 반침하 도장박리 부식 몰탈 균열 반침하 포트 균열 반침하 포트 보수부 망상균열 반침하 포트 보수부 박리 몰탈 박리 반침하 포트 박리 반침하 포트 철근 노출 등 발생 - 교각 및 교대는 균열 망상균열 파손 박리 박락 보수부 박리 철근 노출 표면열화 자재파괴 법면파괴 손상 등 발생	B등급

【표 2.4】 점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단기관명	책임기술자	점검종류	점검 결과	안전등급
40	2020.07.01 ~2020.12.15	(주)동명기술공단종합건축사사무소	이관용	정기안전점검	-교면포장: 균열, 망상균열, 파손, 표사판탈락 -배수시설배수관탈락 -난간연삭계단부분부식발생, 연삭파손, 박리/백태, 균열, 방음판형상변형 -바닥판하면균열, 무단점거상수관보온관파손, 열화 -가터밋가로보, 균열, 망상균열, 보수구, 망상균열, 안상출파손 -교대이격 -교각조류배설물퇴적, 파손, 표면오염 -교량변형, 말발파손, 반침부식, 반침콘크리트균열 -산책이음유간토사퇴적, 차수관파손, 후타재파손, 박리, 균열 -점검통로점검로파손	양호
41	2020.08.25 ~2021.06.20	(주)케이디이엔지	한상협	정밀안전진단	· 교면포장: 아스콘 균열 및 망상균열, 파손 등 · 연삭균열, 박리, 보수부들파손 등 · 산책이음, 체부식, 토사퇴적, 후타재파손 · 배수시설: 배수구 막힘, 배수관탈락 등 · 바닥판: 균열, 박리, 백태, 찰그, 출몰 · 가터밋: 균열, 부백태, 망상균열, 파손 등 · 반침: 장부식, 도장박리, 반침콘크리트 균열 · 교대: 균열, 이격, 보수부, 박리, 백태 · 교각: 균열, 망상균열, 박리, 찰그, 출몰, 파손	B등급
42	2021.06.16 ~2021.12.21	에이콘(주)	서종록	정기안전점검	-교면포장: 아스콘균열, 망상균열, 아스콘파손, 패임 -배수시설: 배수관, 고정부파손, 배수관볼트망실, 배수관탈락, 차수대탈락, 배수구막힘 -난간: 연삭계단, 부분부식발생, 교각표사판탈락, 방음판탈락, 고정볼트량변형 -산책: 이음장치, 본체부식, 토사퇴적, 후타재균열(cw=0.1~0.2mm), 후타재열화 -바닥판: 균열(cw=0.2mm이하), 백태, 균열, 부백태(cw=0.2mm이하), 박리, 보수부, 박리, 상수관보온관파손, 외부인발, 발차지, 찰그, 출몰, 잡철물, 노출 -가터밋: 가로보, 균열(cw=0.2mm이하), 백태, 균열(cw=0.3mm이하), 균열, 부백태(cw=0.2mm이하), 보수구, 망상균열, 망상균열, 콘크리트열화, 파손, 박리, 박리, 재료분리 -교량: 반침, Plate부식, 균열(cw=0.2mm이하), 보수구, 망상균열, 균열(cw=0.3mm이하), 도장박리, 반침부식, 찰그, 출몰, 파손, 박리 -교대: 보수구, 재균열(cw=0.2mm이하), 균열(cw=0.2mm이하), 백태, 이격, 보수구, 박리 -교각: 균열(cw=0.2mm이하), 망상균열, 균열(cw=0.3mm이상), 보수구, 재균열(cw=0.2mm이하), 박리, 박리, 보수구, 박리, 재료분리, 파손, 찰그, 출몰, 조류배설물, 퇴적, 표면오염 -점검시설: 자재취치(점검로)	양호

【표 2.4】 점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
43	2022.02.16 ~2022.06.30	(주)티원	목창준	정기안전 점검	- 교면장: 아스콘열 아스콘상면열 - 배수설상열 - 낙동천천열(0.3m²만), 군열부백태계면부식발생교차 표지판탈락, 박락, 보수부들뜸, 보수부망상열, 파손, 방음판 탈락, 고정볼량변형 - 신축이음: 본체부식, 유근토사퇴적, 후타재열, 후타재파 손, 후타재손맞춤그늘 - 비타면하면열(0.3m²만), 군열부백태바리, 백태보 수부바리, 상수관보온관파손, 외부인발법설치 - 가다열(0.3m²만), 군열부백태망상열, 바리, 보수 부망상열, 재료분리, 콘크리트열화, 파손 - 가로보열(0.3m²만), 군열(0.3m²이상), 박락, 바리, 백태, 재료분리, 파손 - 교량침반판플라이트식반침판열, 도상바리, 반침판바리, 반침콘크리트열(0.3m²만), 반침콘크리트열(0.3m²이상), 반 침콘크리트바리, 반침콘크리트보수망상열, 반침콘크리트열그늘 - 교대보수재열(0.3m²만), 군열(0.3m²만), 이적보수박 리, 백태 - 교각열(0.3m²만), 군열(0.3m²이상), 보수재열(0.3m² 만), 망상열, 박락, 바리, 보수부바리, 재료분리, 조위배출물, 적설 근출, 파손, 교면열 - 기초상열 - 점토지반열, 파손, 파손, 파손	양호
44	2022.07.01 ~2022.12.09	(주)티원	목창준	정기안전 점검	- 교면장: 상열 - 배수설상열 - 낙동천천열(0.3m²만), 군열부백태계면부식발생교차 표지판탈락, 박락, 보수부들뜸, 보수부망상열, 파손, 방음판, 고정 볼량변형, 보수부바리 - 신축이음: 본체부식, 유근토사퇴적, 후타재열, 후타재파 손, 맞춤그늘 - 비타면하면열(0.3m²만), 군열부백태바리, 백태보수부바리, 상수관보온관파손, 외부인발법설치 - 가다열(0.3m²만), 군열부백태망상열, 바리, 보수부망상열, 재료분리, 콘크리트열화, 파손 - 가로보열(0.3m²만), 군열(0.3m²이상), 박락, 바리, 백태, 재 료분리, 파손 - 교량침반판플라이트식반침판열, 도상바리, 반침판바리, 반침 콘크리트열(0.3m²만), 반침콘크리트열(0.3m²이상), 반침콘크리트바리, 반침콘크리트보수망상열, 반침콘크리트열그늘 - 교대보수재열(0.3m²만), 군열(0.3m²만), 이적보수박리, 백태 - 교각열(0.3m²만), 군열(0.3m²이상), 보수재열(0.3m² 만), 망상열, 박락, 바리, 보수부바리, 재료분리, 조위배출물, 적설 근출, 파손, 교면열 - 기초상열 - 점토지반열, 파손, 파손, 파손	양호

【표 2.4】 점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단기관명	책임기술자	점검종류	점검 결과	안전등급
45	2023.03.24 ~2023.06.20	(주)두우엔 지니어링	이강형	정밀안전 점검	- 외관조사 결과, 바닥하면 철근출/파손 박리/보수부 박리, 파손/들뜸/ 균열부 백태, 거더 0.3mm이상 미만 균열 파손/재료분리, 균열부 백태, 교대 0.3mm 미만 균열 교각 0.3mm이상, 미만 균열 박리/박락, 철근출/부식, 기초부 박락, 반침 몰탈 0.3mm이상 균열 들뜸/박리, 반침 콘크리트 파손 및 철근출, 산축이음 후타재 균열 및 박리, 파손 연석 균열 및 파손 보수재 박리, 배수관 고정부 파손 및 탈락, 점검로 발판 파손 등의 손상이 조사되었다. - 바닥하면 및 교각, 거더, 반침장치 등 주요 부재에 조사된 철근출, 파손 0.3mm 이상 균열, 배수관 탈락 및 점검로 발판 파손 등은 구조물 내구성 확보 및 안전에 제 점검자 안전 확보 등을 위한 보수가 요구된다.	B등급
46	2023.03.17 ~2023.06.30	(주)태경이 엔씨	김종순	정기안전 점검	- 바닥판 : 균열(0.3mm미만), 균열부 백태, 박리, 백태, 보수부 박리, 상수관 보온관 파손, 외부인 불법설치 등 - 거더/가로보 : 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상 균열, 균열부 백태, 백태 박리, 파손, 재료 분리 등 - 교대/교각 : 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상 균열, 박리, 박락, 철근출, 재료 분리, 파손이격 등 - 반침장치 : 플레이트 부식, 반침 몰탈, 균열, 도장 박리, 반침 콘크리트 균열(0.3mm미만 이상), 반침 콘크리트 철근출 - 산축이음 : 본체 부식, 유간 토사 퇴적, 후타재 균열, 후타재 파손 등 - 교면 포장 : 상태 양호 - 배수 시설 : 상태 양호 - 난간/연석 : 균열(0.3mm미만), 균열부 백태, 파손, 박락, 방음판 탈락 등	양호
47	2023.03.17 ~2023.12.09	(주)태경이 엔씨	김종순	정기안전 점검	- 바닥판 : 균열(0.3mm미만), 균열부 백태, 박리, 백태, 보수부 박리, 상수관 보온관 파손, 외부인 불법설치 등 - 거더/가로보 : 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상 균열, 균열부 백태, 백태 박리, 파손, 재료 분리 등 - 교대/교각 : 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상 균열, 박리, 박락, 철근출, 재료 분리, 파손이격 등 - 반침장치 : 플레이트 부식, 반침 몰탈, 균열, 도장 박리, 반침 콘크리트 균열(0.3mm미만 이상), 반침 콘크리트 철근출 등 - 산축이음 : 본체 부식, 유간 토사 퇴적, 후타재 균열, 후타재 파손 등 - 교면 포장 : 상태 양호 - 배수 시설 : 상태 양호 - 난간/연석 : 균열(0.3mm미만), 균열부 백태, 파손, 박락, 방음판 탈락 등	양호

【표 2.4】 점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단기관명	책임기술자	점검종류	점검 결과	안전등급
48	2024.02.26 ~2024.06.30	(주)에스티 오이엔지	김진석	정기안전 점검	바닥판하면:균열(0.3mm미만), 균열부백태, 보수부 박리, 파손 등 거더:균열부백태,박리,보수부망상균열,재료분리,콘크리트열화,파손등 가로보:균열(0.3mm미만/이상),박락,박리,백태,재료분리,파손 교량받침:플레이트부식,받침몰탈(균열,박리),받침콘크리트철근노출등 교대,교각:균열(0.3mm미만/이상),망상균열,보수부박리,철근노출등 교면포장:상태양호 신축이음:본체부식,유간토사퇴적,후타재균열,후타재파손 배수시설:상태양호 난간및연석:균열(0.3mm미만),명판탈락,보수부(들뜸,벽리,망상균열)등 점검시설:좌물쇠걸고리파손,자재적치	양호
49	2024.07.01 ~2024.12.10	(주)에스티 오이엔지	김진석	정기안전 점검	바닥판하면:상수관 보온관 파손, 외부인 불법설치 거더:균열(0.3mm미만),균열부백태,망상균열,박리,보수부망상균열등 가로보:상태양호 교량받침:받침플레이트부식,받침몰탈(균열,박리),보수부망상균열등 교대,교각:이격,조류배설물퇴적 교면포장:상태양호 신축이음:본체부식,유간토사퇴적,후타재균열,후타재파손 배수시설:배수관고정부파손,배수관탈락,배수관볼트망실 난간및연석:균열(0.3mm미만),명판탈락,계단부분부식,방음판탈락등 점검시설:자물쇠걸고리파손,자재적치	양호

【표 2.4】점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
50	2025.02.14 ~2025.06.20	(주)삼현비 앤이	나정훈	정밀안전 점검	-바닥판 : (재)균열 0.3mm미만, 백태, 박리, 재료분리, 들뜸(충분리), 철근노출, 표면오염 등 -거더:균열0.3mm미만,재료분리,파손,충분리,표면오염등 -가로보:재료분리,파손등 -교대/교각:균열0.3mm미만/이상,망상균열,박리,박락,재료분리,충분리,파손,표면오염 등 -기초:균열0.3mm미만,파손등 -교량받침:받침장치부식,도장박리,받침콘크리트/몰탈균열,충분리등 -신축이음:본체부식,고무재갈라짐,후타재균열,파손,유간토사퇴적등 -배수시설:배수관볼트망실,탈락,배수구막힘등 -교면포장:상태양호 -난간및연석:연석균열,백태,긁힘,파손,보수부망상균열,박리,방음판변형,탈락등 -점검시설:점검로이물질적치등 -기타장비,설비등:상수관고정부파손,보온관파손,통신관파손,접속계단부식등	B등급
51	2025.03.13 ~2025.06.30	(주)한국건설안전공사	윤석순	정기안전 점검	- 교면포장 : 포장폐임 -배수시설:상태양호 -난간/연석:보수재박리,방음판변형,방음판탈락,방음판고정불량 -신축이음:누수,부식,유간토사퇴적,후타재균열 -받침:Plate부식,Plate박리,도장박리,받침콘크리트균열,받침콘크리트보수부망상균열,받침몰탈균열,받침몰탈박리 -바닥판:지장물덮개파손 -거더:파손,충분리 -가로보/세로보:상태양호 -교대:이격,표면오염 -교각:균열(0.3mm미만/이상),망상균열,보수부재균열,박락,보수부박리,표면오염,이물질퇴적,조류배설물퇴적,자재적치 -기초:균열(0.3mm미만),박락 -점검로:계단부식	양호

【표 2.4】점검이력사항(계속)

번호	기간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
52	2025.07.01 ~2025.12.05	(주)한국건설안전공사	윤석순	정기안전 점검	- 교면포장 : 포장패임 - 배수시설:상태양호 - 난간/연석:보수재박리,방음판변형,방음판 탈락,방음판고정불량 - 신축이음:누수,부식,유간토사퇴적,후타재 균열 - 받침:Plate부식,Plate박리,도장박리,받침 콘크리트균열,받침콘크리트보수부망상균 열,받침물탈균열,받침물탈박리 - 바닥판:지장물덮개파손 - 거더:파손,충분리 - 가로보/세로보:상태양호 - 교대:이격,표면오염 - 교각:균열(0.3mm미만/이상),망상균열,보 수부재균열,박락,보수부박리,표면오염,이 물질퇴적,조류배설물퇴적,자재적치 - 기초:균열(0.3mm미만),박락 - 점검로:계단부식	양호

2.4.2 전차 정밀안전점검 실시결과(2025년 06월)

구분	정밀안전점검 결과	비고
용역명	2025년 대전교 등 2개소 정밀안전점검 용역	
용역기간	2025-02-14 ~ 06-20	
용역사	(주)삼현비앤이	
현장조사결과	- 바닥판 : (재)균열 0.3mm미만, 백태, 박리, 재료분리, 들뜸(충분리), 철근노출, 표면오염 등 - 거더 : 균열 0.3mm미만, 재료분리, 파손, 충분리, 표면오염 등 - 가로보 : 재료분리, 파손 등 - 교대/교각 : 균열 0.3mm미만/이상, 망상균열, 박리, 박락, 재료분리, 충분리, 파손, 표면오염 등 - 기초 : 균열 0.3mm미만, 파손 등 - 교량받침 : 받침장치 부식, 도장박리, 받침콘크리트/몰탈 균열, 충분리 등 - 신축이음 : 본체 부식, 고무재 갈라짐, 후타재 균열, 파손, 유간토사퇴적 등 - 배수시설 : 배수관 볼트 망실, 탈락, 배수구 막힘 등 - 난간 및 연석 : 연석 균열, 백태, 균열, 파손, 보수부 망상균열, 박리, 방음판 변형, 탈락 등 - 점검시설 : 점검로 이물질 적치 등 - 기타장비, 설비 등 : 상수관 고정부 파손, 보호관 파손, 통신관 파손, 접속계단 부식 등	양방향
비파괴조사	- 반발경도법에 의한 압축강도 측정 결과, 상부구조(바닥판하면:27Mpa, 거더:40Mpa) 및 하부구조(교대:24Mpa, 교각:24Mpa)의 설계기준 강도를 상회하는 것으로 검토되어 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 발생하지 않은 것으로 판단된다. - 탄산화 깊이 측정 결과, 탄산화의 잔여깊이가 30mm(a등급) 이상으로 측정되어 철근의 부식발생의 영향은 없는 것으로 판단된다.	양방향
안전성평가 (진단시)	해당없음	
상태평가	손상결함도 지수 0.192으로 B등급	
보수보강 (진단시)	해당없음	
종합의견	- 북삼교 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 중대결함은 조사되지 않았으나, 일부 공용년수의 증가에 따른 내구성 및 사용성을 저하시킬 수 있는 바닥판하면 철근노출, 거더 균열(0.3mm미만), 신축이음 본체부식, 후타재 파손, 교각 균열(0.3mm이상), 배수시설 배수관 탈락, 연석 보수부 박락 등을 중점유지관리 사항에 추가함. - 기정안전점검(23년) 과 비교한 결과, 모든 부재에서 전반적인 보수로 인해 손상이 감소한 것으로 확인됨. 증가된 손상 대부분은 기 점검 시 누락된 손상이 금회 상세 점검에 의해 조사된 것으로 판단됨. 기존손상의 진행성은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 분석됨. - 현장시험 결과, 콘크리트의 내구성은 전반적으로 양호한 상태로 분석되었으며, 탄산화 시험의 경우 전 구간 “a” 로 측정되어 탄산화에 의한 부식 발생 가능성은 없는 것으로 분석됨. - 종합평가에 의한 안전등급은 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인」 B등급으로 지정됨.	

2.4.3 전차 정밀안전진단 실시결과(2021년 06월)

구분	정밀안전진단 결과	비고
용역명	2020년 국지도 78호선 연천 북삼교 정밀안전진단 용역	
용역기간	2020-08-25 ~ 2021-06-20	
용역사	(주)케이디이엔지	
현장조사결과	- 바닥판하면 균열, 박리, 백태, 철근노출 등 - 거더 균열, 균열부 백태, 망상균열, 파손 등 - 가로보 상태양호 - 교대 균열, 이격, 보수부 박리, 백태 - 교각 균열, 망상균열, 박락, 철근노출, 파손 - 반침장치 부식, 도장박리, 반침콘크리트 균열 - 신축이음 본체 부식, 토사퇴적, 후타재 파손 - 교면포장 아스콘 균열 및 망상균열, 파손 등 - 배수시설 배수구막힘, 배수관 탈락 등 - 연석 균열, 박락, 보수부 들뜸 파손 등	양방향
비파괴조사	- 반발경도법에 의한 압축강도 측정 결과, 상부구조(바닥판하면:27Mpa) 및 하부구조 (교대:24Mpa, 교각:27Mpa)의 설계기준 강도를 상회하는 것으로 검토했으며 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 발생하지 않은 것으로 판단된다. - 탄산화 깊이 측정 결과, 탄산화의 잔여깊이가 30mm(a등급) 이상으로 측정되어 철근의 부식발생의 영향은 없는 것으로 판단된다.	양방향
안전성평가	- 거더 외측 안전율 2.049~11.364, 내측 안전율 2.149~9.009로 으로 평가등급 “a” - 바닥판 중앙부 안전율 1.938, 캔틸레버부 안전율 7.740으로 평가등급 “a” - 거더 외측 기본내하율 2.222, 응력보정계수 1.348으로 공용내하력 “DB-24이상” - 거더 내측 기본내하율 2.499, 응력보정계수 1.348으로 공용내하력 “DB-24이상”	양방향
상태평가	손상결함도 지수 0.154으로 B등급	
보수보강	주요 손상에 대한 포장 전면 재포장, 유간부 청소, 단면보수, 표면처리, 단면보수(방청), 재도장, 배수관 재설치, 교각 표지판 재설치 등의 보수 필요	
종합의견	- 반발경도 에너지 및 피타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계된 여러 요인에 의해 크게 달라지며, 콘크리트 표면의 골재 유무, 콘크리트 내부의 공극 존재 유무, 시험자의 타격각도 오차 등의 차이로 판단되며, 금회 콘크리트 내구성 시험에서는 상·하부 모두 설계기준강도 이상으로 분석되었으며 콘크리트 강도 부족에 따른 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다. - 기 정밀안전진단과의 비교·분석 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 철근 배근간격 및 피복두께는 설계도면과 유사하며 설계피복을 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 판단된다. 2016년 정밀안전진단, 2020년 정밀안전점검에서 탄산화 깊이정도가 다소 차이를 보이는 이유는 조사자의 위치 차이 및 천공 후 콘크리트 시료의 미제거 오차, 공용년수 증가로 인한 탄산화 진행에 의한 것으로 판단된다. - 본 교량은 상태등급 산정결과 각 구간별 교량전체 환산결함점수가 0.234이고 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 양호한 수준의 “B등급”에 해당되는 것으로 평가된다. - 대량교량의 개별부재에서 조사된 손상 및 결함은 적절한 보수를 통해 구조물의 내구성 및 사용성을 확보하여야 할 것이며, 보수 후에도 주변부재 추가손상 발생유무 등에 대한 주의관찰이 필요.	

2.5 시설물 보수·보강 자료

대상시설물의 보수 및 보강이력은 다음과 같다.

【표 2.5】 북삼교 보수·보강 이력사항

번호	공사명	공사 구분	보수·보강공사 부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비(천원)	책임기술자
1	—	—	—	—	미래씨엔알
	2012.09.		• 에폭시 주입 : 2.9m • 신축이음장치 교체 : P18	—	—
2	—	—	—	—	지에스건설(주)
	2015.12.		• 후타재 보수 : 8㎡ • 아스팔트 실링보수 : 453.2m • 포트홀 보수 : 1㎡ • 콘크리트 주입공법 : 2m • 단면보수 철근노출부 : 0.1㎡ • 배수관 재설치 : 11개소	—	—
3	—	—	—	—	(주)호연건설
	2018.11.		• 콘크리트 표면처리 : 166m • 콘크리트 주입공법 : 0.3m • 단면보수 일반 : 22㎡ • 콘크리트 중성화방지 : 63㎡ • 슬플레이트 채도장 : 129개소	—	—
4	—	—	—	—	대원건설 주식회사
	2020. 상반기		• 배수관 설치	—	—
5	—	—	—	—	(주)쓰리맥스 건설
	2022.07.		• 재포장(방수포함)	—	—
6	—	—	—	—	—
	2026. 상반기		• 신축이음장치 교체 : P18	—	—

※시설물통합정보관리시스템(FMS) 내 교량관리대장 및 보수공사현황 참조.

※전차 정밀안전점검(2025년) 자료 참조.

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

2.6 내진설계 여부 확인

본 교량에 적용된 내진설계 관련 내용은 ‘군남-강서간 도로 확포장공사 및 포장공사 및 수리계 산서(1996.08.)’에서 발췌하였다.

2.6.1 내진설계 여부

【표 2.6】 내진설계 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
하부구조, 받침부	Y	OK	하부구조 : OK 받침부 : OK
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 2021년 실시된 것으로 확인되었다.			

2.6.2 내진설계 내용

적용유무		내진설계					비고
적용		■ 내진등급 : 내진 I 등급 ■ 위험도계수 : 0.14 ■ 지반계수 : S=1.2 (지반종류 II)					

구분	교축방향(종방향)			교축 직각방향(횡방향)			비고
	수평력(Fx)	모멘트(Mz)		수평력(Fz)	모멘트(Mx)		
		교각	기초		교각	기초	
교각-8	33.103	452.75	1,811.00	14.889	90.368	361.472	우물통기초 (Type-1)
교각-14	34.315	450.798	1,803.192	12.236	70.340	281.360	우물통기초 (Type-2)
교각-17	68.949	439.688	1,758.752	11.585	43.063	172.252	파일기초
교각-20	36.228	442.268	1,669.072	0.339	3.288	13.150	직접기초

2.6.3 내진성능평가 필요여부

본 교량은 설계시 내진설계가 적용되었으며 전회 진단시(2021.06) 내진성능평가를 실시하였다. “2020년 국지도 78호선 연천 북삼교 정밀안전진단 용역” 결과보고서를 참고하여 정리하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 교량명 : 북삼교
- 교량위치 : 경기도 (지진 I 구역)
- 내진등급 : 내진1등급교
- 지반종류 : II
- 설계하중 : DB-24
- 연속경간 : 21@30=630.0m
- 교량폭원 : 11.0m
- 사 각 : 0°

【표 2.7】 내진성능평가 결과 요약

구 분	내진성능평가구간				
대상교량 특징	- 상부형식: PSC-I - 내진성능평가 교각: P8(고정단) - 교각형식 : π 형교각 기초형식 : 말뚝기초, 우물통기초 - 교각단면 : 반트랙형단면 ☞ 교각:1,350kN(10EA) ■ 교각부 : OK, 받침부 : OK				
구 분		공급역량	소요역량	비 고	
P8 고정단 교각부 평가					
변위연성도 평가	교축방향		2.284	1.000	2.284 OK
	교축직각방향 (하단)		2.207	1.000	2.207 OK
	교축직각방향 (상단)		2.284	1.000	2.284 OK
교각 받침부 평가					
P8 교각부(kN)	받침본체 - 수평력	교축방향	2,160	1,125	1.921 OK
		교축직각방향	2,160	1,437	1.503 OK
	앵커볼트 - 강재파괴	교축방향	483	112	4.295 OK
		교축직각방향	483	144	3.361 OK
	앵커볼트 - Con'c 파괴	교축방향	1,776	562	3.159 OK
		교축직각방향	450	287	1.564 OK
	앵커볼트 - 프라이아웃파괴	교축방향	568	112	5.051 OK
		교축직각방향	1,033	287	3.593 OK

【표 2.7】 내진성능평가 결과 요약(계속)

구 분			공급역량	소요역량	비 고	
교대 받침부 평가						
A1 교대부 (kN)	받침본체 - 수평력	교축방향	1,080	678	1.592	OK
		교축직각방향	1,080	548	1.970	OK
	앵커볼트 - 강재파괴	교축방향	483	136	3.561	OK
		교축직각방향	483	110	4.405	OK
	앵커볼트 - Con'c 파괴	교축방향	2,175	678	3.208	OK
		교축직각방향	252	110	2.299	OK
	앵커볼트 - 프라이아웃파괴	교축방향	561	136	4.138	OK
		교축직각방향	554	110	5.048	OK
받침지지길이 평가						
교대 받침지지길이(mm)			1215	325	3.74	OK

2.7 자료수집 및 분석 결과요약

【표 2.8】 자료수집 및 분석 결과요약

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

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

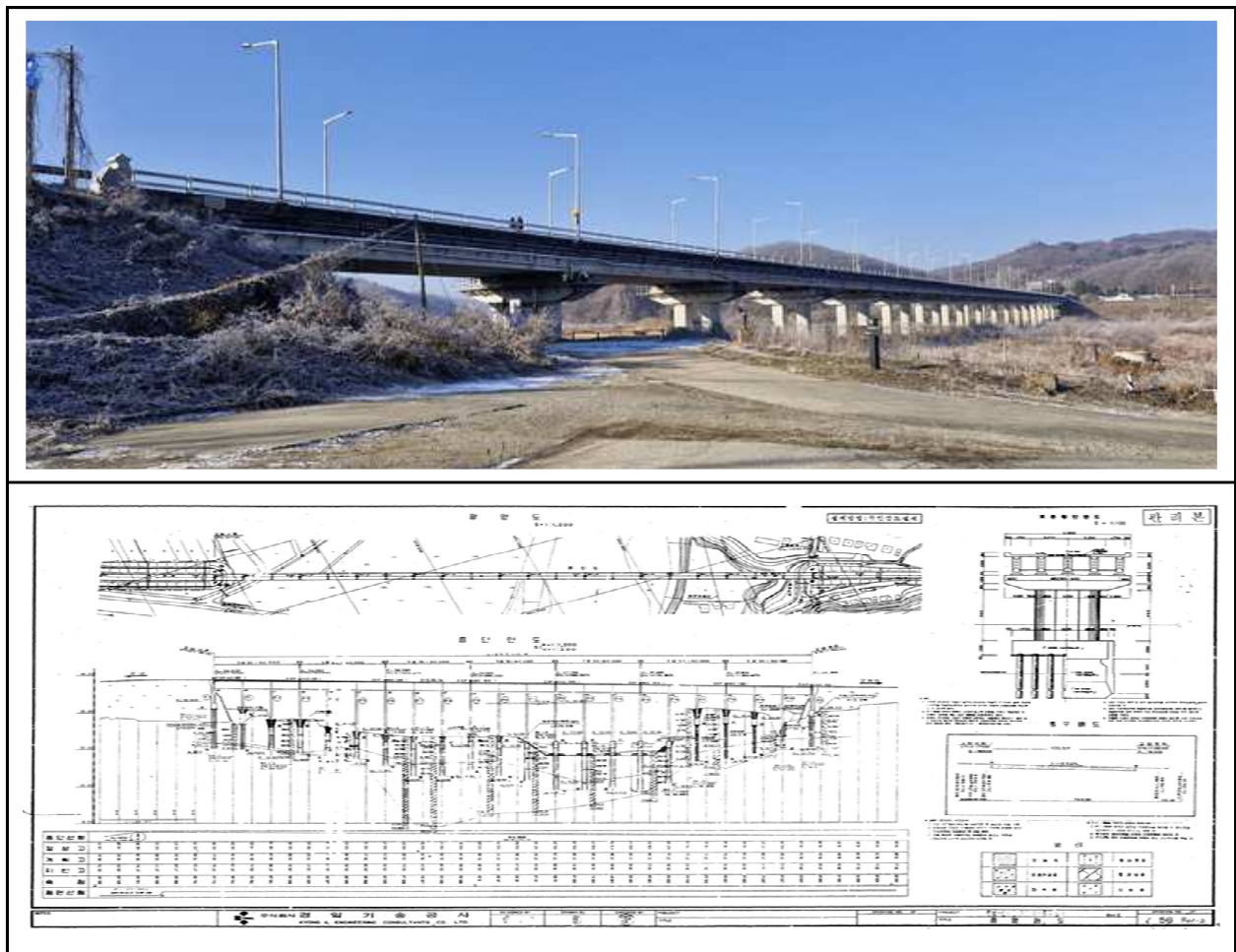
3.6 콘크리트 내구성 조사

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

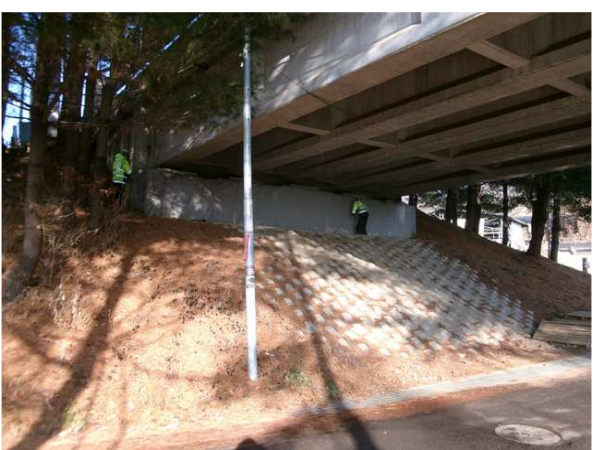
3.2 부재별 항목조사

【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

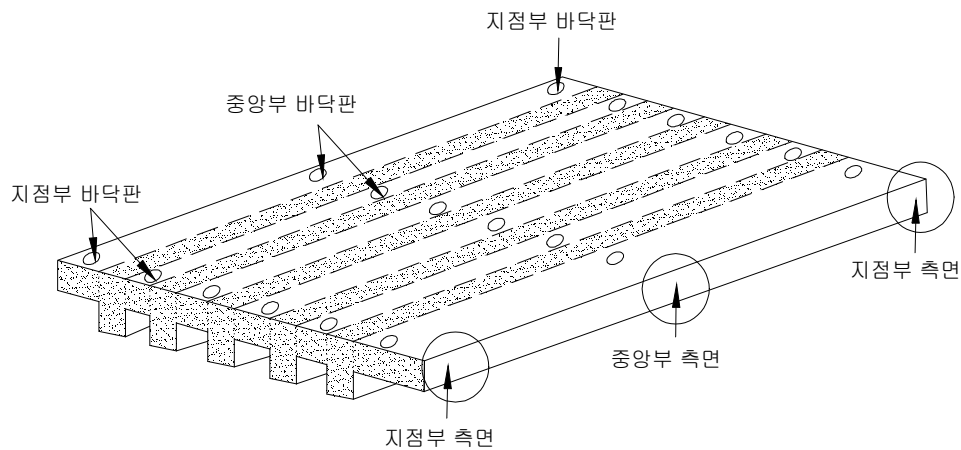
【사진 3.3】 주변환경 및 하중변화 전경

3.4 현장조사의 개요

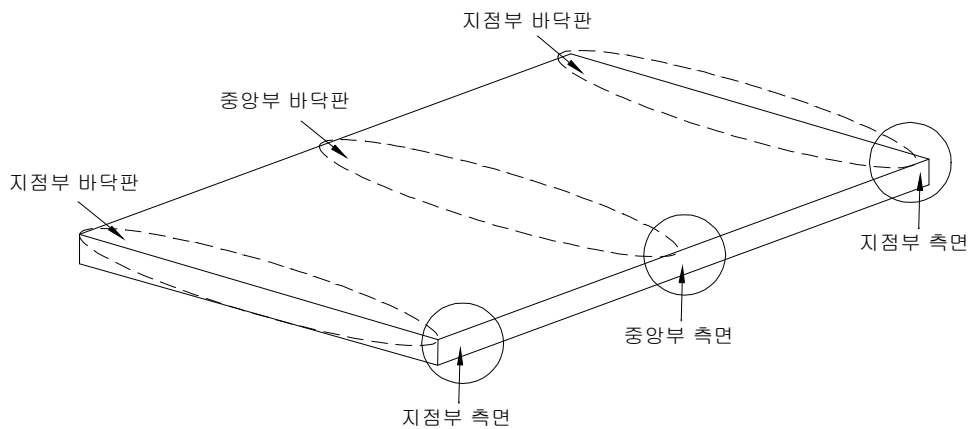
3.4.1 시설물의 점검사항

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



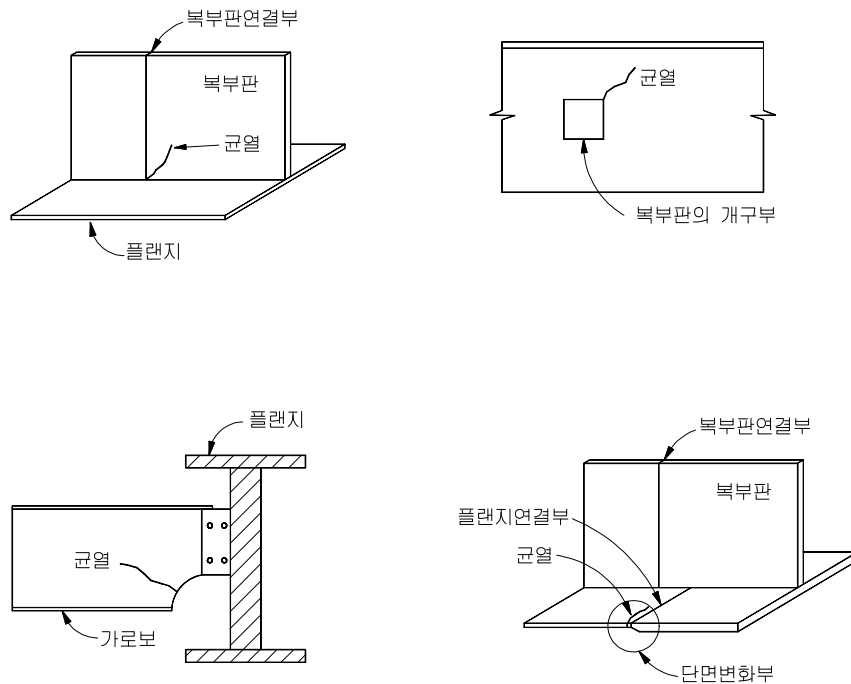
< 거더가 있는 경우의 바닥판점검부위 >



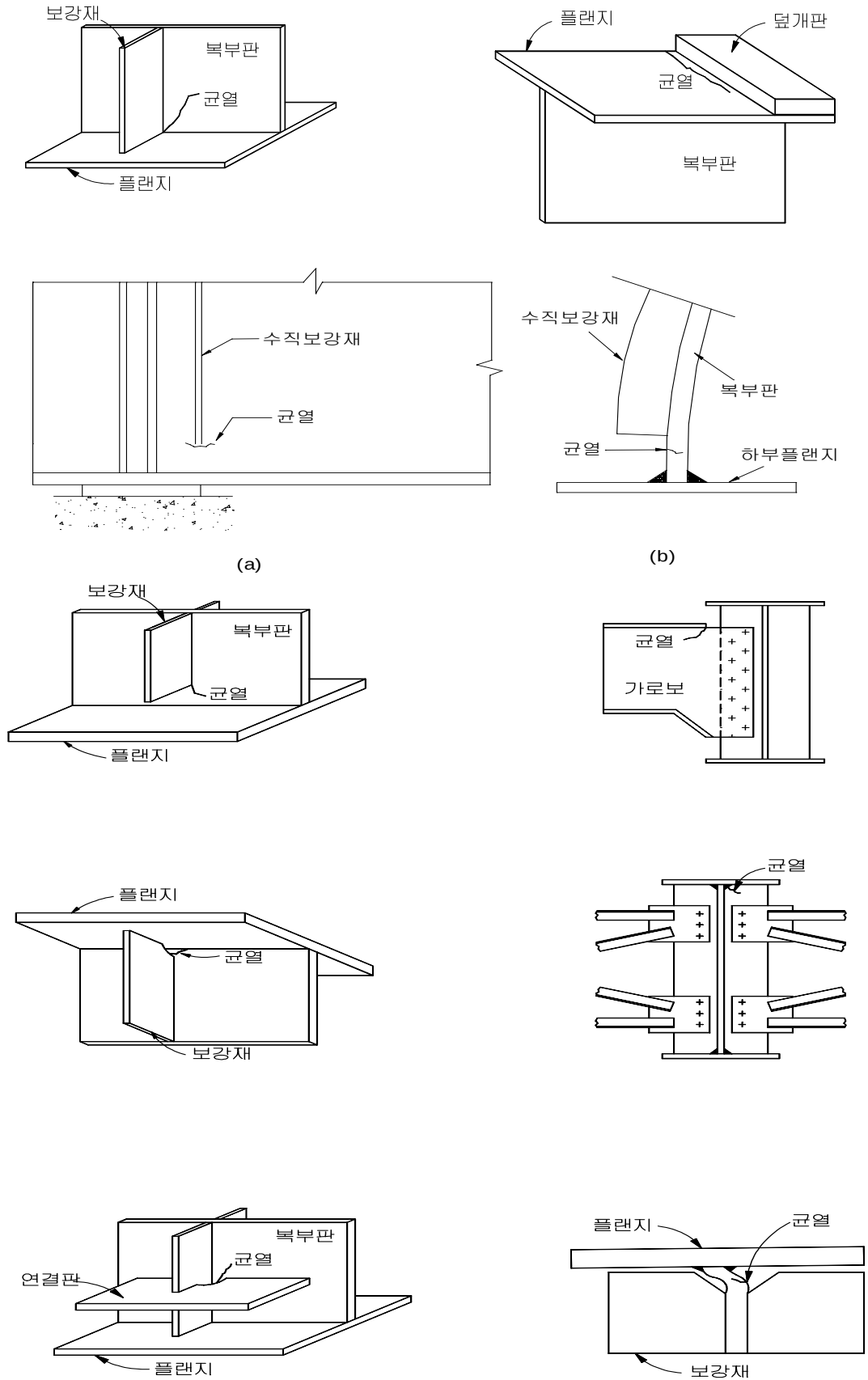
< 거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위 >

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



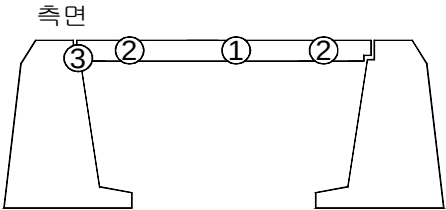
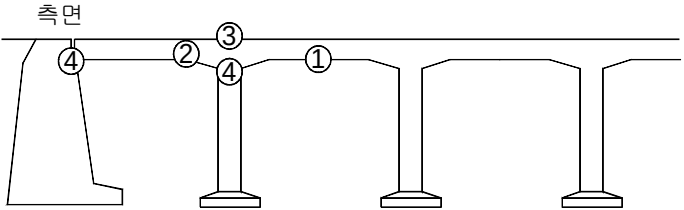
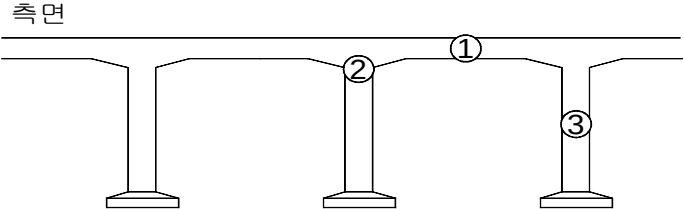
< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 - 1 >

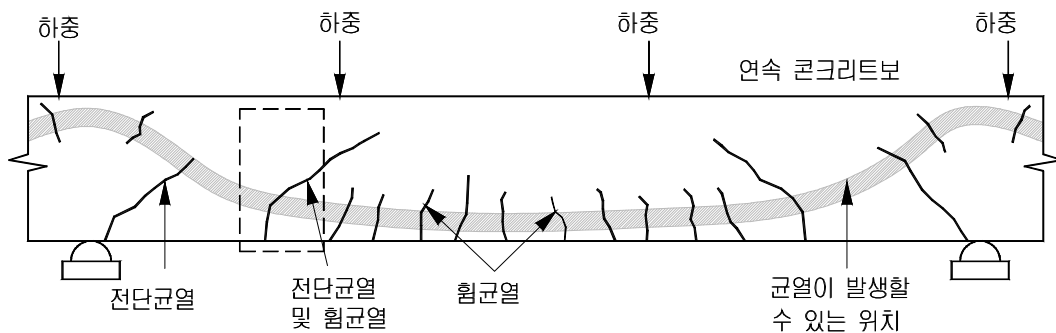


< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 - 2 >

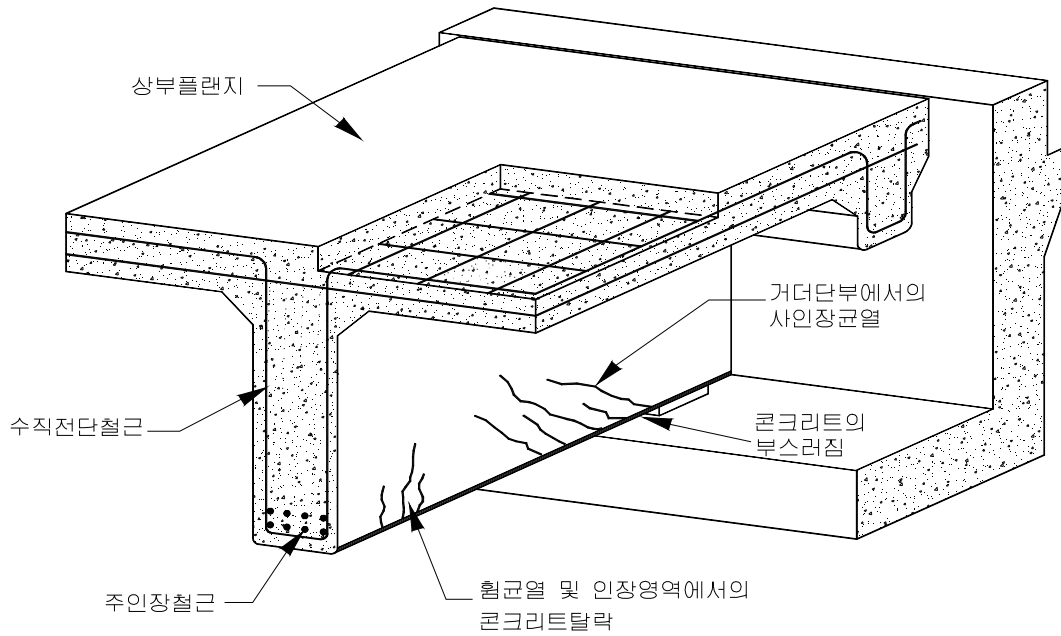
다. 철근콘크리트 거더

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



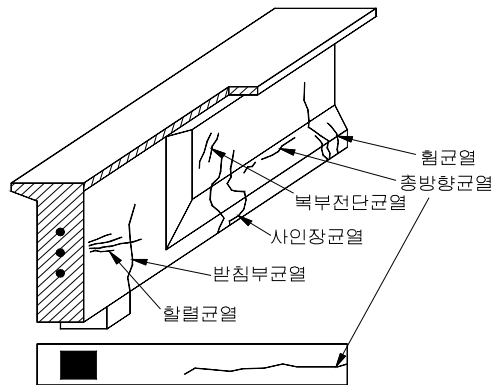
< 콘크리트 거더에 발생하는 균열의 유형과 위치 >



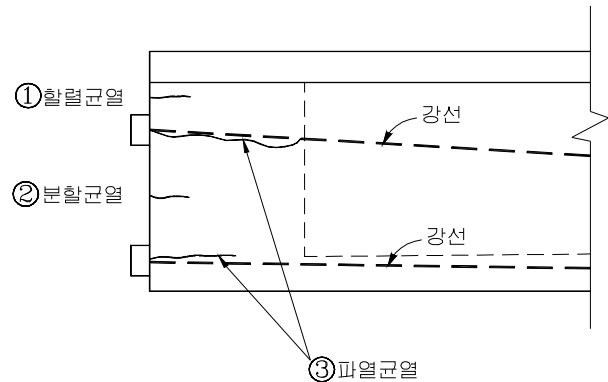
＜ 철근콘크리트 거더의 점검부위 ＞

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



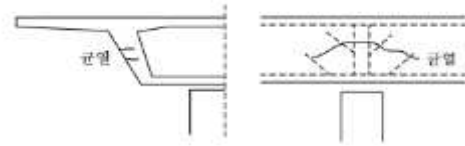
< PSC I빔의 점검부위 >



< 정착구역의 국부균열 >



< PSC 박스거더의 균열 >



< PSC 박스거더의 균열 >

마. 콘크리트 가로보

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 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

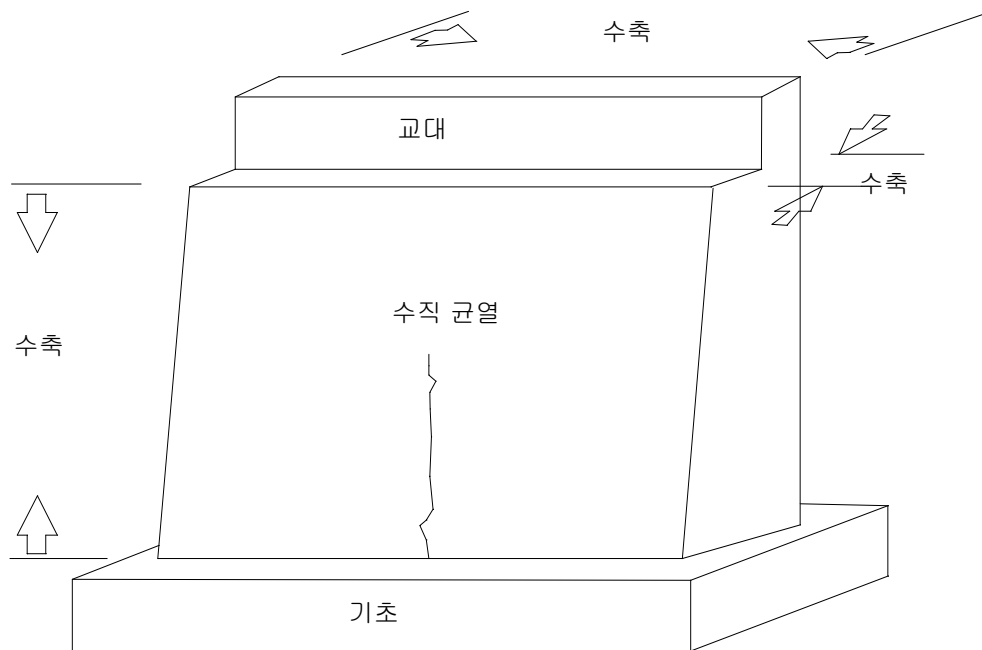
점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 도장 손상 및 부식 ○ 현장이음부 볼트손상, 누수 ○ 이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	○ 피로균열
▷ 2차부재	○ 가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ○ 하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ○ 거세트판 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	○ 용접부 및 용접부 주변 균열

사. 케이블

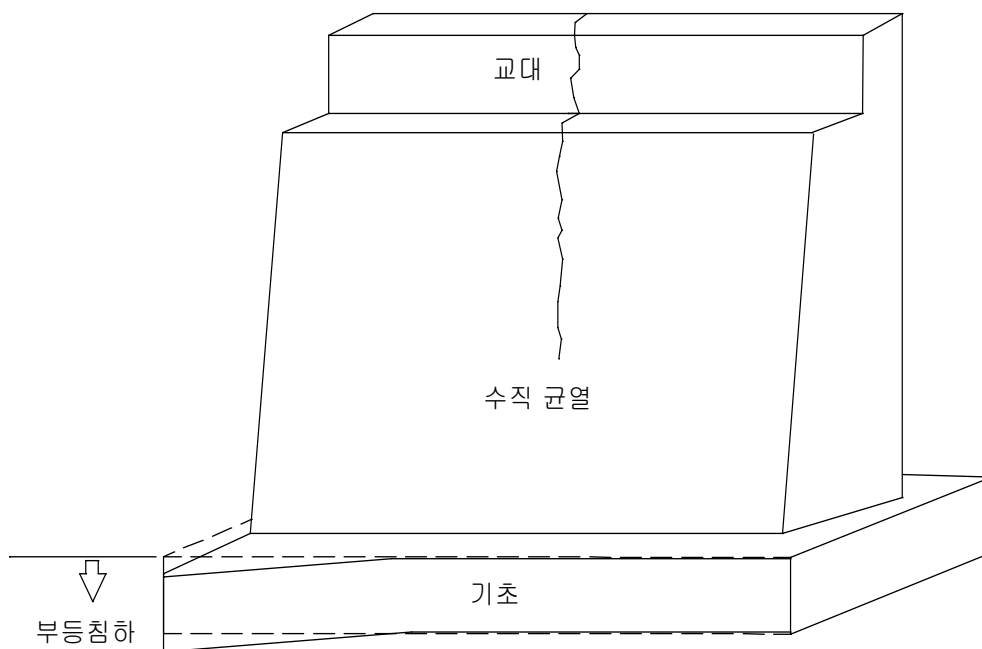
점 검 부 위	손 상 종 류
▷케이블 부재	○도장 손상 및 부식 ○부식으로 인한 케이블 단면 손상 ○케이블 변형 및 꺾임 ○외부 및 내부 소선 단선
▷보호관	○보호관의 파손
▷정착구	○강재 정착구의 도장 손상 및 부식 ○콘크리트 정착구의 파손, 누수 및 체수 ○정착구 댐퍼 파손
▷행어밴드, 새들	○도장 열화 및 부식 ○고정볼트 이완, 탈락 ○변형 및 파손

아. 교대

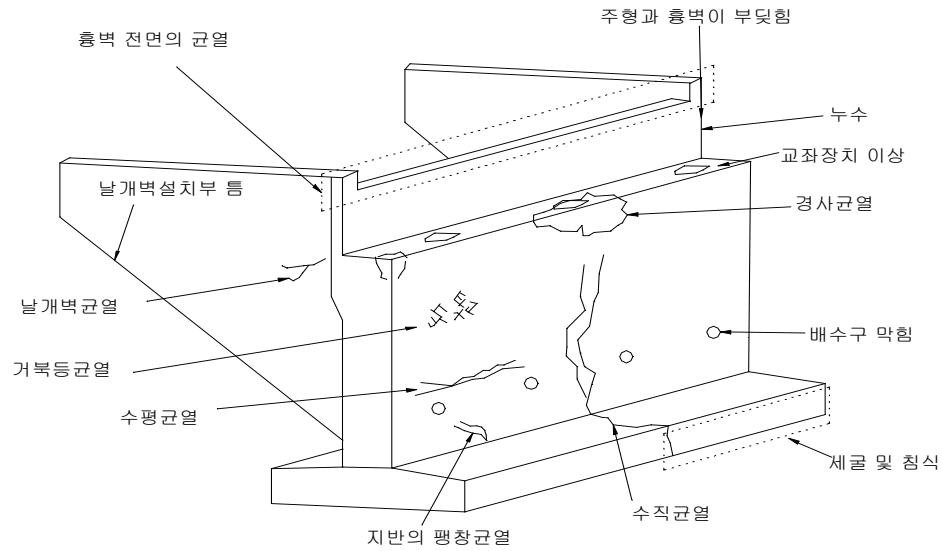
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교대 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 균열 및 파손 ○두부와 홍벽 경계부 균열 ○거더와 홍벽 신축유간 부족
▷벽체	○수직균열 및 침하 ○구체와 날개벽 분리 ○구체부 배수구 막힘 ○수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	○날개벽 이동, 전도 ○석축이 있는 경우 사면붕괴



< 온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열 >



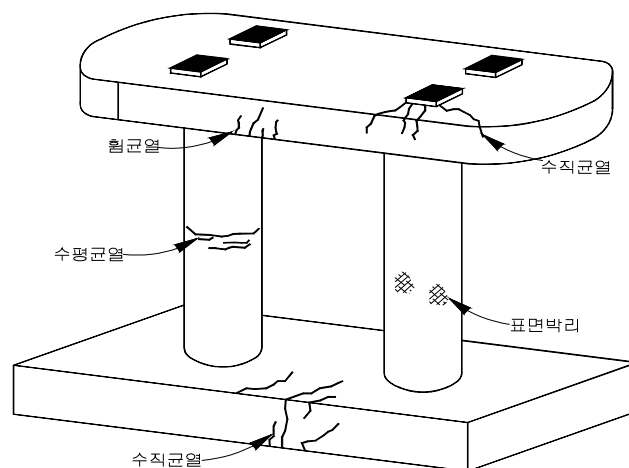
< 부등침하로 인한 교대의 수직균열 >



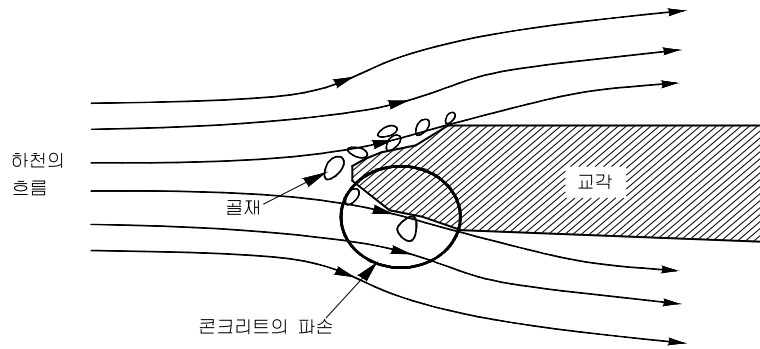
< 교대의 점검부위 >

자. 콘크리트 교각

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



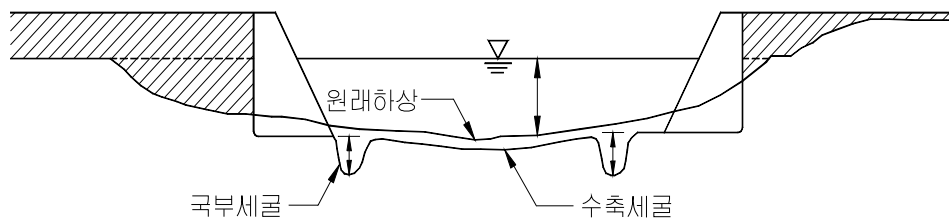
< 콘크리트 교각의 점검부위 >



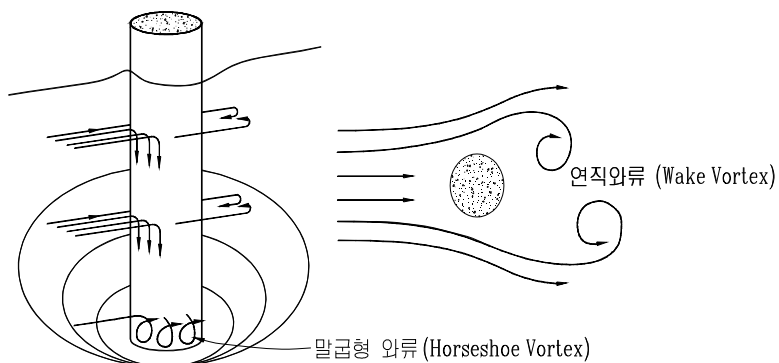
< 유수에 의한 콘크리트 교각의 침식 >

차. 기초

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



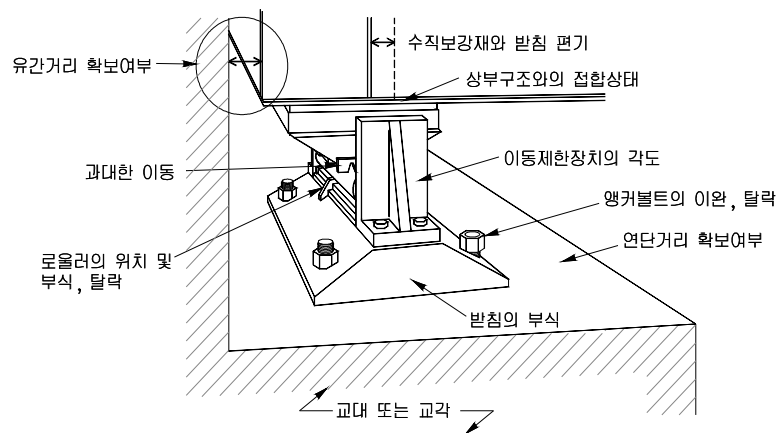
< 수축세굴과 국부세굴 >



< 원형기초의 국부세굴 >

카. 교량받침

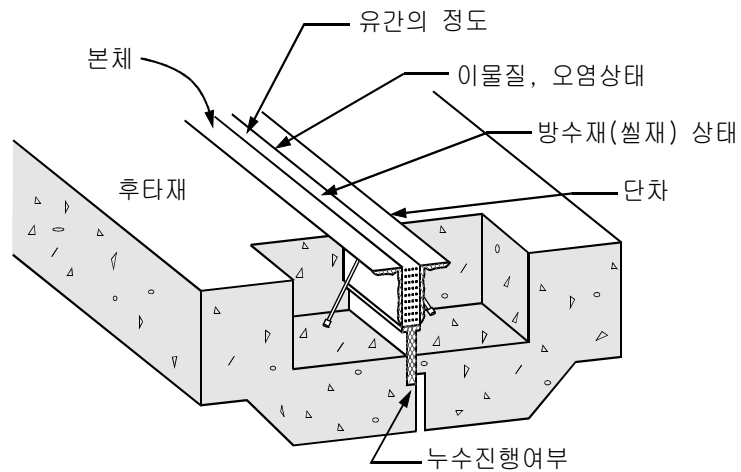
점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	○가동받침의 신축유간 부족 ○가동받침 전·후방의 가동장애 요소 ○받침과 거더의 밀착상태 ○수직보강재와 받침 편기상태 ○받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	○가동면 부식 ○부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 탄성받침	○부풀음 및 갈라짐 ○고무판의 과도한 변형
▷받침콘크리트		○앵커볼트 파손, 절단 ○콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 ○교각두부 균열



< 교량받침 점검부위 >

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)		그을림 (㎡/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) 원 인 • 다짐미흡, 우수유입, 거푸집 조기탈거 조치방안 • 단면보수(방청)	손상현황 • S8 충분리(0.4m×1.0m) 원 인 • 다짐미흡, 손상부 우수유입 조치방안 • 단면보수
	
손상현황 • S9 철근노출(0.3m×0.1m) 원 인 • 다짐미흡, 거푸집 조기탈거 조치방안 • 단면보수	손상현황 • S9 충분리(0.3m×0.1m) 원 인 • 다짐미흡, 손상부 우수유입 조치방안 • 단면보수
	
손상현황 • S13 균열(0.3mm미만) 원 인 • 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈거 조치방안 • 표면처리	손상현황 • S15 파손 및 철근노출(0.4m×0.4m) 원 인 • 다짐미흡, 우수유입, 거푸집 조기탈거 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	• 주의관찰
			
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)

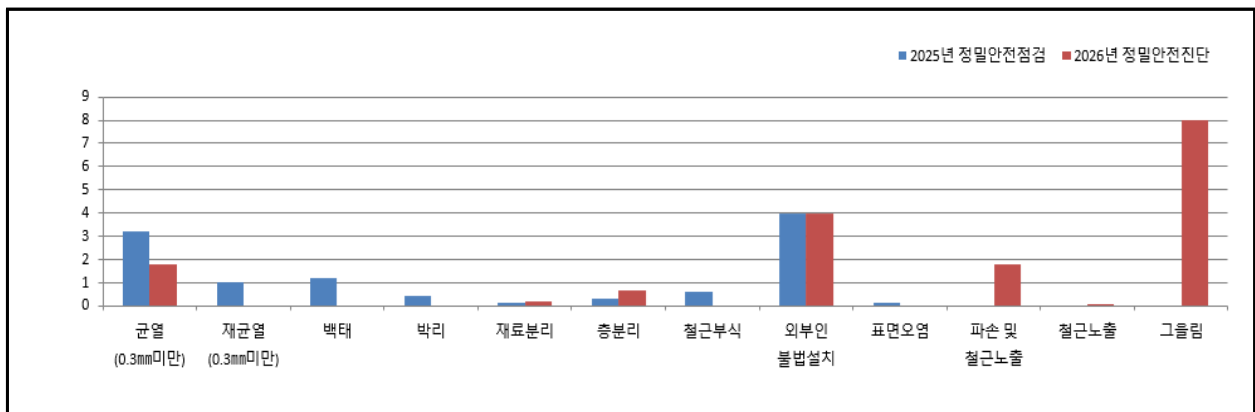
【사진 3.5】 바닥판하면 손상현황(계속)

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, 점검당시 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니므로, 주의관찰 후 손상 진전 시 적절한 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

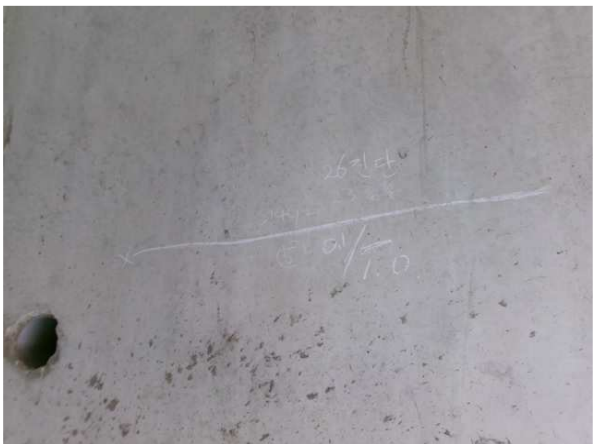
2) 현장조사 결과

- 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	• 주의관찰	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	• -

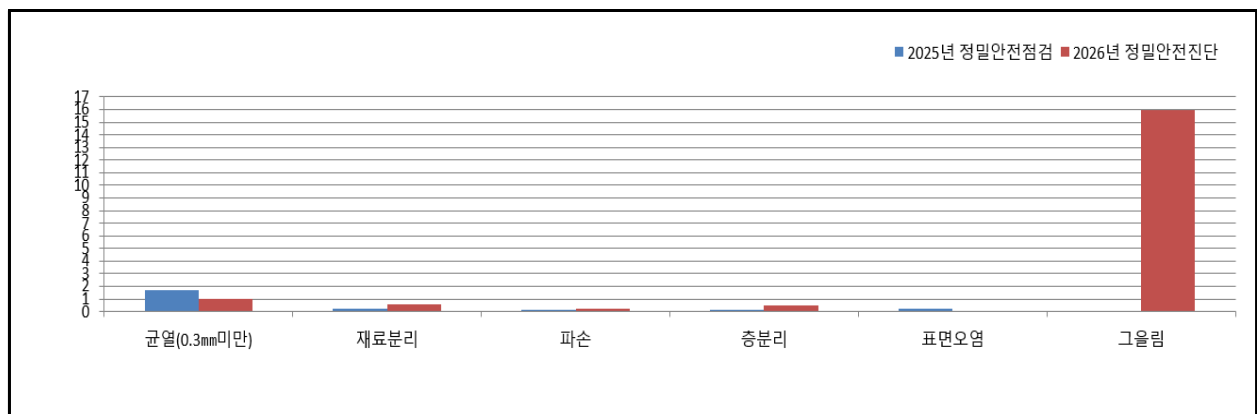
【사진 3.7】 거터 손상현황(계속)

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. 기 손상은 시설물의 구조적 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니므로, 미관을 고려한 적절한 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	• -

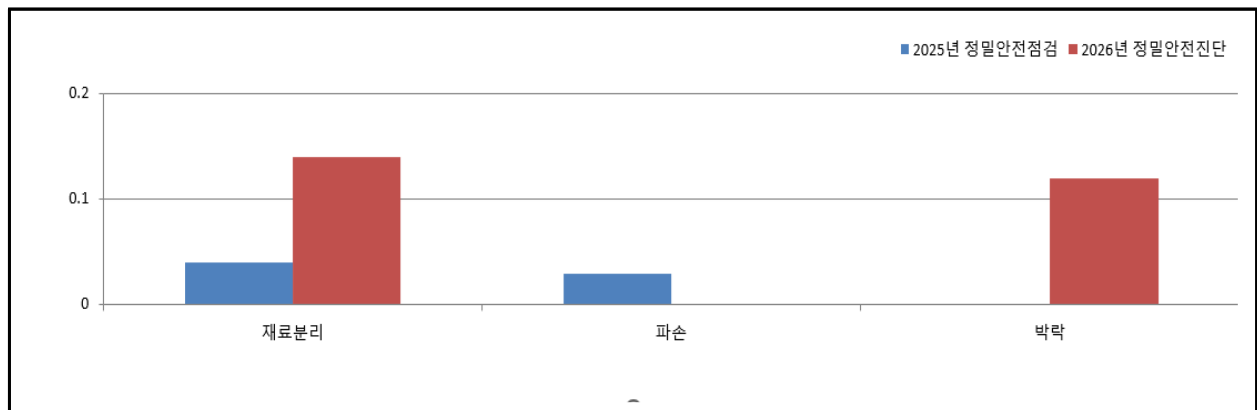
【사진 3.9】 가로보 손상현황

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		증감 (▲, ▼)	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 접촉부로부터의 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

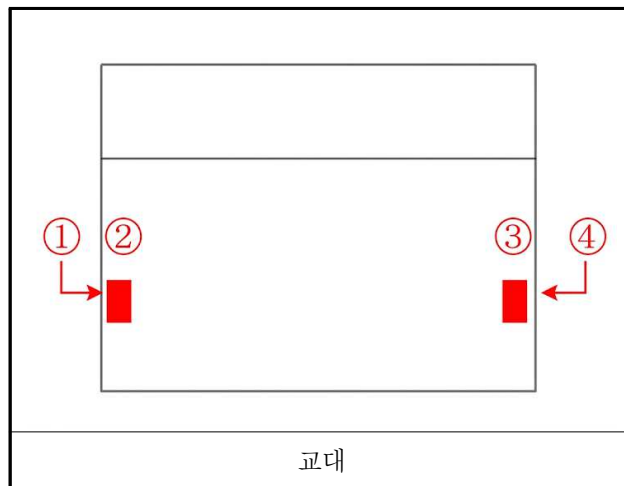
			
손상현황	• A1 법면바닥 균열	손상현황	• A1 보호블럭 이격
원 인	• 지반 다짐미흡, 건조수축, 잔류침하	원 인	• 지반 다짐미흡, 잔류침하
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• A1 이물질 퇴적	손상현황	• A2 철근노출(0.2m×0.5m)
원 인	• 불법 투기, 무단 점용	원 인	• 시공미흡, 피복부족
조치방안	• 정비	조치방안	• 단면보수(방청)
			
손상현황	• A2 표면오염(0.2m×2.5m)	손상현황	• A2 보호블럭 이격
원 인	• 신축이음 하부 누수	원 인	• 지반 다짐미흡, 잔류침하
조치방안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

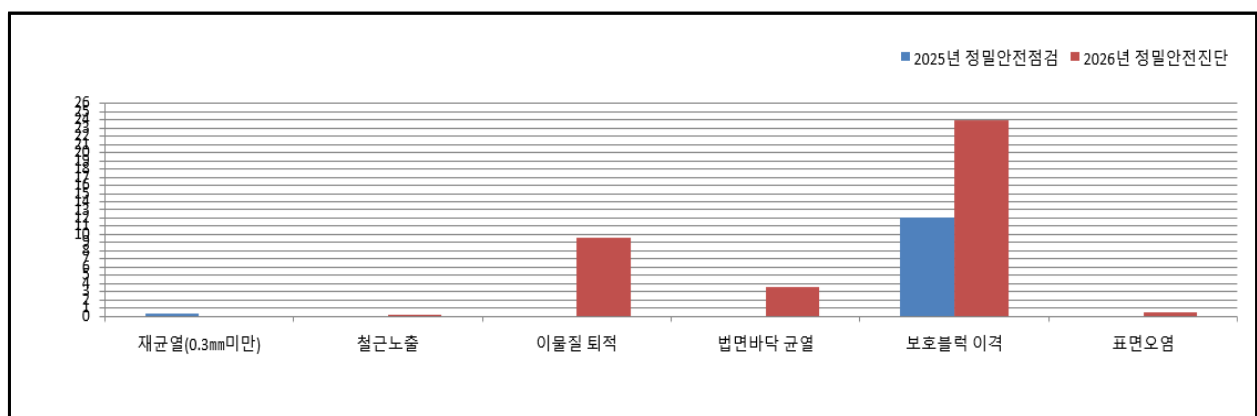
4) 기 점검과의 비교

(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		증감 (▲, ▼)	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, 충분리, 조류 배설물퇴적, 표면오염, 하부 점용 등의 손상이 조사되었다.

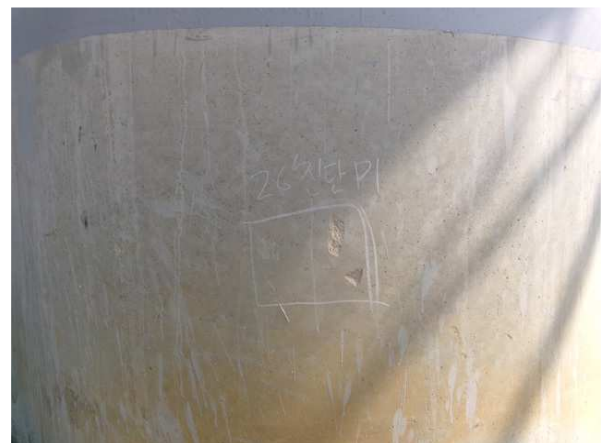
【표 3.13】 교각 현장조사 결과

구분	박리, 보수부박리 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)		박락 및 철근노출 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		파손, 굽힘 (㎡/개소)		충분리 (㎡/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 균열(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

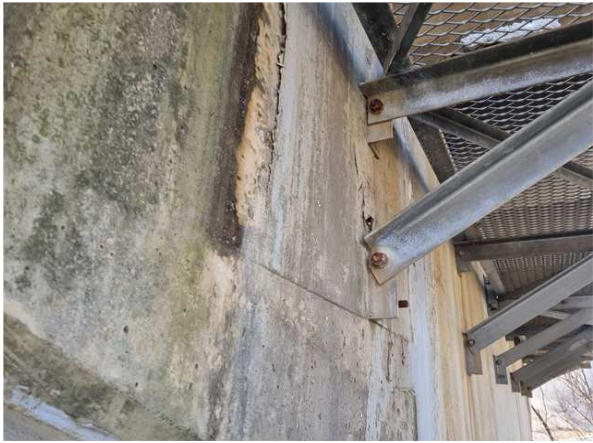
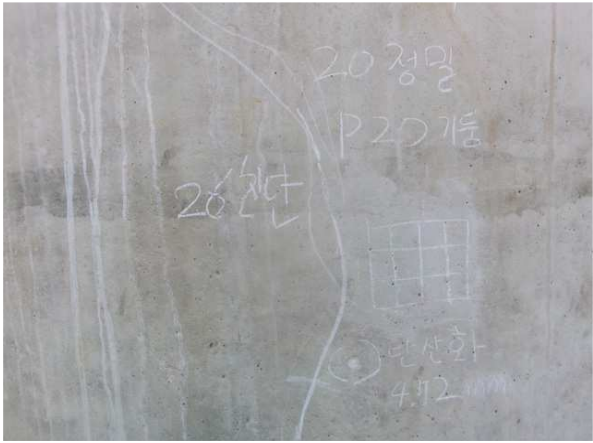
【사진 3.13】 교각 손상현황(계속)

			
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)

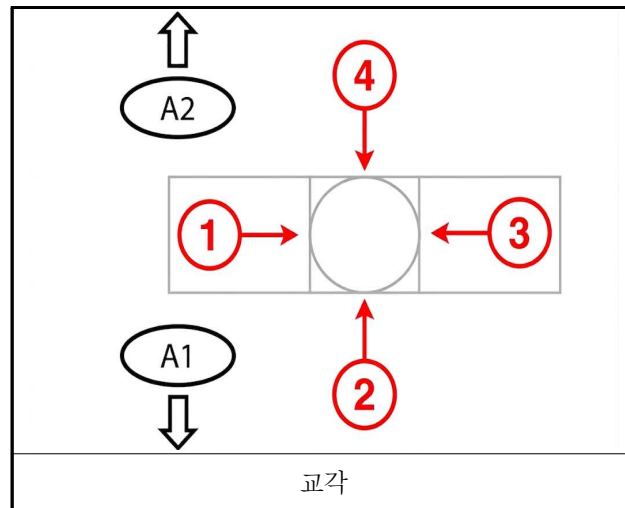
			
손상현황	• P18 박락 및 철근노출(0.4m×1.0m)	손상현황	• P18 코핑부 박락(1.2m×1.2m)
원 인	• 손상부 우수유입, 다짐불량, 열화	원 인	• 손상부 우수유입, 다짐불량, 열화
조치방안	• 단면보수(방청)	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P18 코핑부 층분리(1.5m×0.7m)	손상현황	• P20 기둥부 균열(0.3mm미만)
원 인	• 손상부 우수유입, 다짐불량, 열화	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P2 기둥부 기보수 상태양호	손상현황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

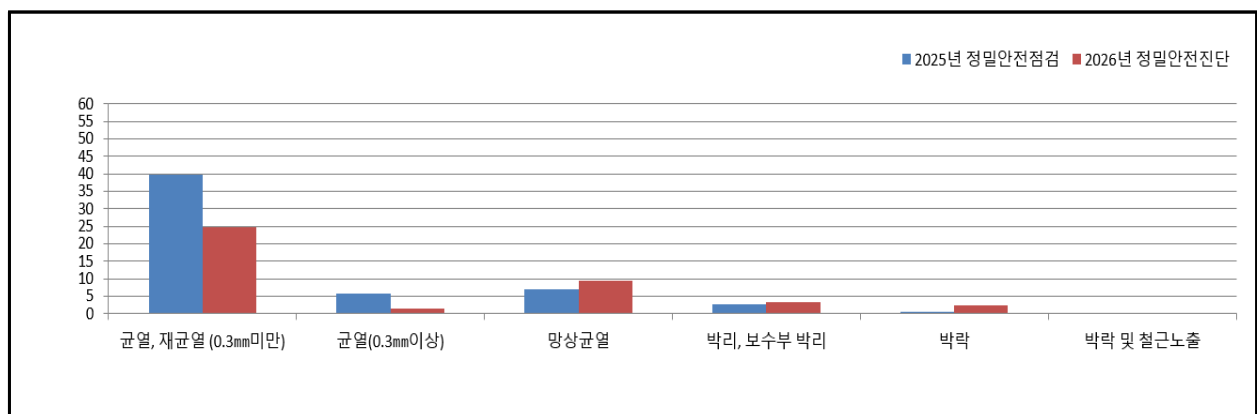
4) 기 점검과의 비교

(1) 손상현황 비교

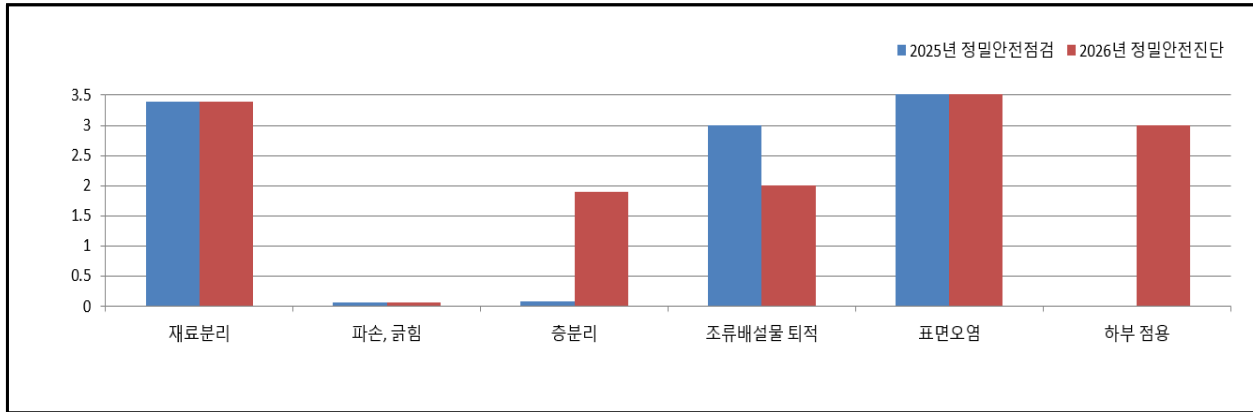
- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열(0.3mm미만), 박리, 보수부 박리, 박락, 재료분리, 파손, 굽힘, 층분리, 조류배설물 퇴적, 표면오염 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박리, 박락, 박락 및 철근노출, 파손, 굽힘, 표면오염, 하부점용 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박리, 파손, 층분리, 조류배설물 퇴적 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【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

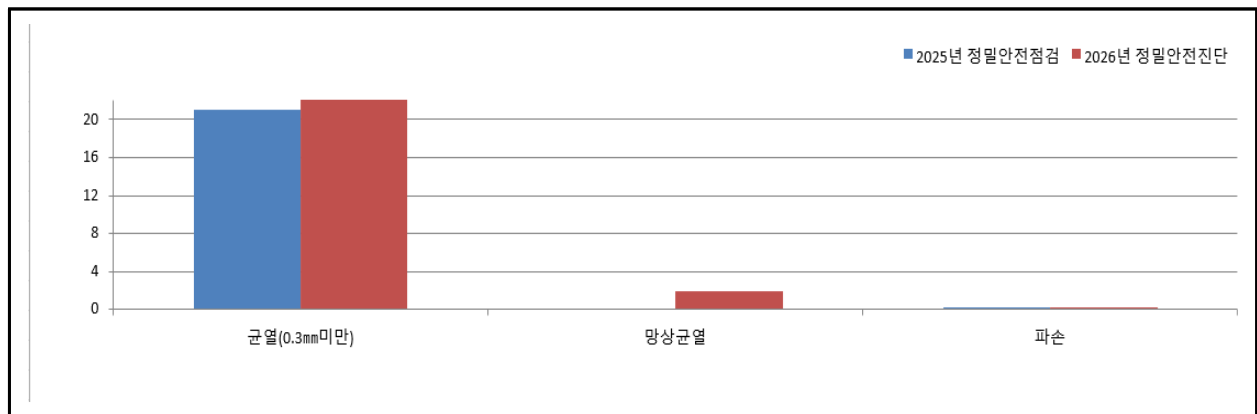
【사진 3.15】 기초 손상현황

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.

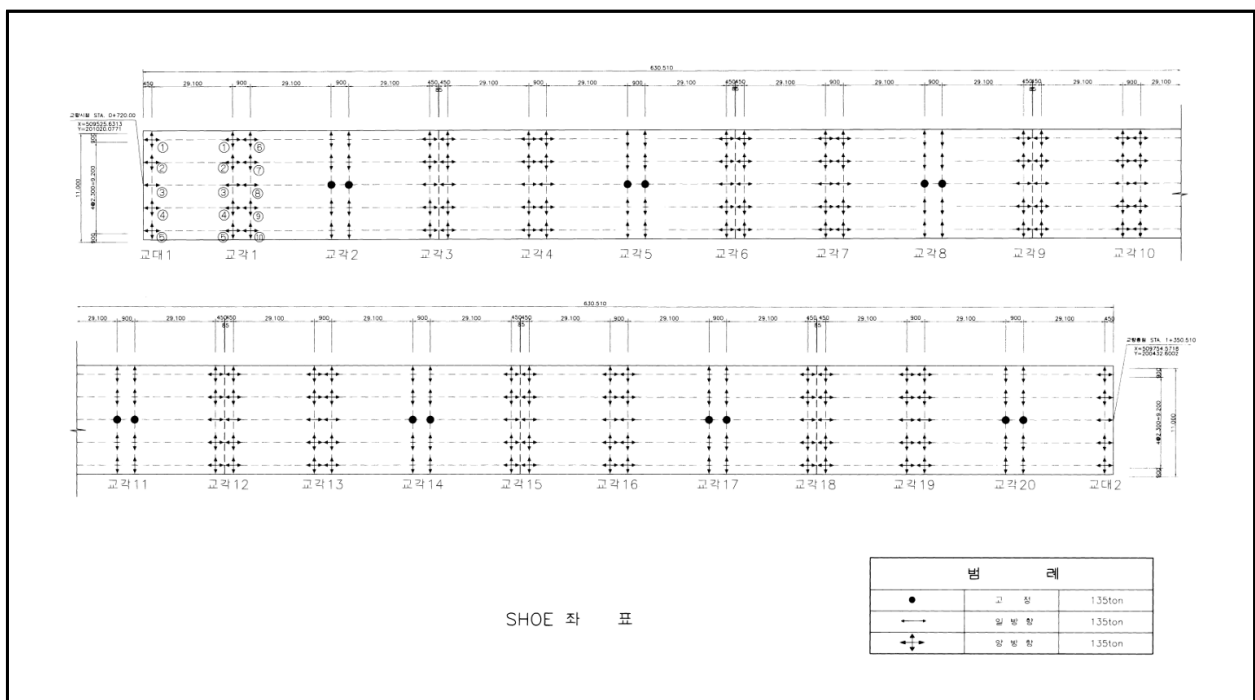
사. 교량받침

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	• P6-SH1 받침물탈 균열(0.3mm미만)	손상현황	• P6-SH1 받침콘크리트 균열(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P6-SH10 고무재 들뜸	손상현황	• P9-SH3~8 받침콘크리트 층분리(1.5m×0.2m)
원 인	• 시공미흡, 마찰력 부족	원 인	• 우수유입, 거푸집 조기탈거, 온도변화
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P9-SH6 본체 부식	손상현황	• P9-SH6 받침콘크리트 균열(0.3mm이상)
원 인	• 공용기간 증가, 열화, 습기흡착	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거, 온도변화
조치방안	• 채도장	조치방안	• 주입보수

【사진 3.17】 교량받침 손상현황(계속)

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

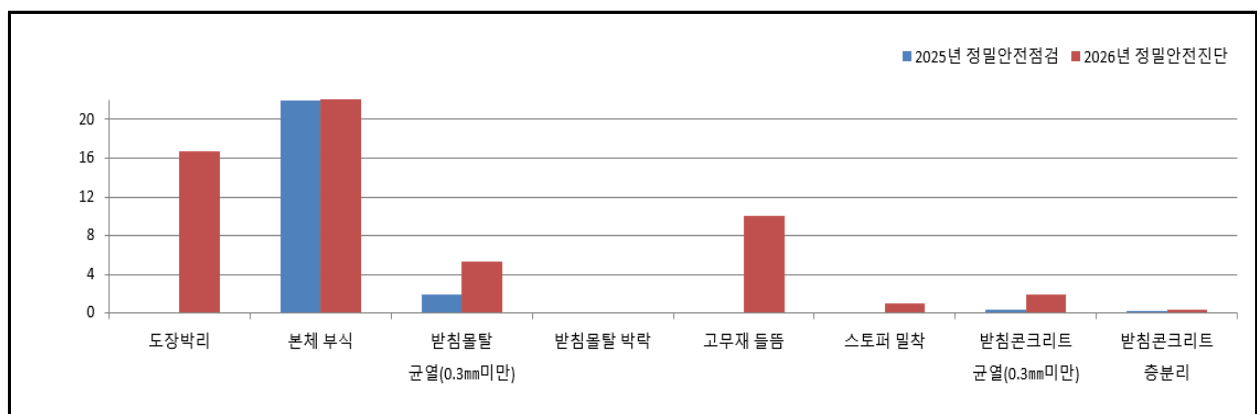
【사진 3.17】 교량받침 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 도장박리, 본체 부식, 받침몰탈 균열(0.3mm미만), 받침 콘크리트 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 층분리 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 도장박리, 본체 부식, 받침몰탈 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	단 위	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
	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 층분리	m ²	0.20	1	0.40	2	▲ 0.20	신규손상



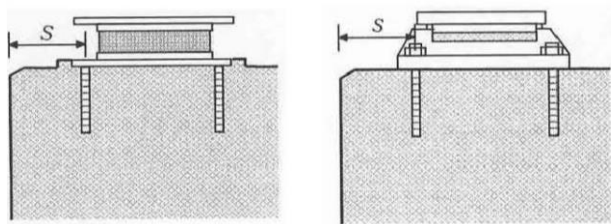
【그림 3.10】 교량받침 기 점검과의 손상물량 변동 그래프

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

【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 ($\Delta T, ^{\circ}\text{C}$)		선폭창 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 교량반침 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 교량반침 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	• 유도배수관 설치	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	• -

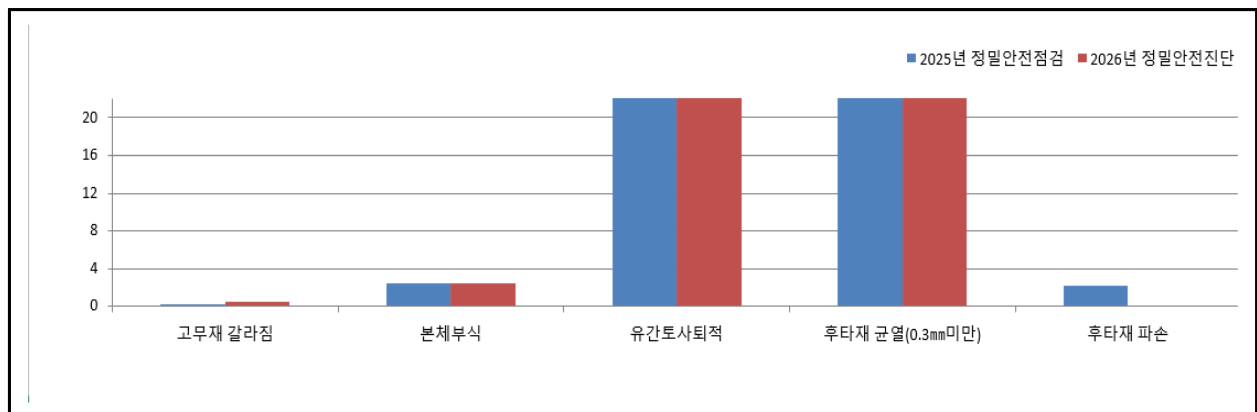
【사진 3.21】 신축이음장치 손상현황(계속)

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	보수 실시 신규손상
	본체부식	m	2.52	14	2.52	14	— —	변동 없음
	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	오기수정 변동 없음
	후타재 파손	m ²	2.26	5	0.15	1	▼ 2.11	보수 실시 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 하부에 유도배수관 설치 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 채도장 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>선평창계수 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	선평창계수 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	선평창계수 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 3.29】 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) $\Delta T(\text{신장시}) : 35.0^{\circ}\text{C} - 2.3^{\circ}\text{C} = 32.7^{\circ}\text{C}$ $\Delta T(\text{수축시}) : -15.0^{\circ}\text{C} - (2.3^{\circ}\text{C}) = 17.3^{\circ}\text{C}$ $\Delta l_t(\text{최소필요유간}) : \Delta T \times \alpha \times L$ - 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~+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	선팅창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	
교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)																				
강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}																				
	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}																				
RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}																				

【표 3.32】 2차 신축이음장치 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팽창 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	• -

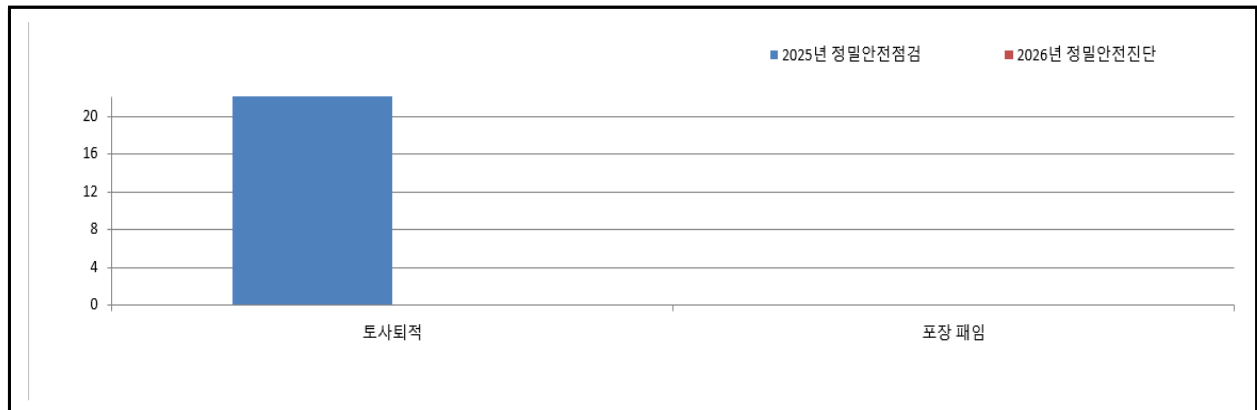
【사진 3.24】 교면포장 손상현황

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	• -

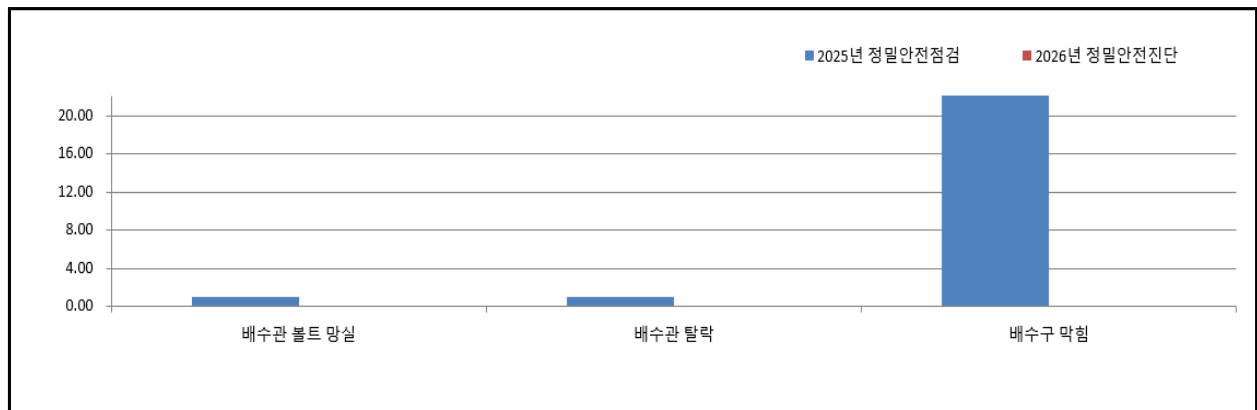
【사진 3.26】 배수시설 손상현황

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

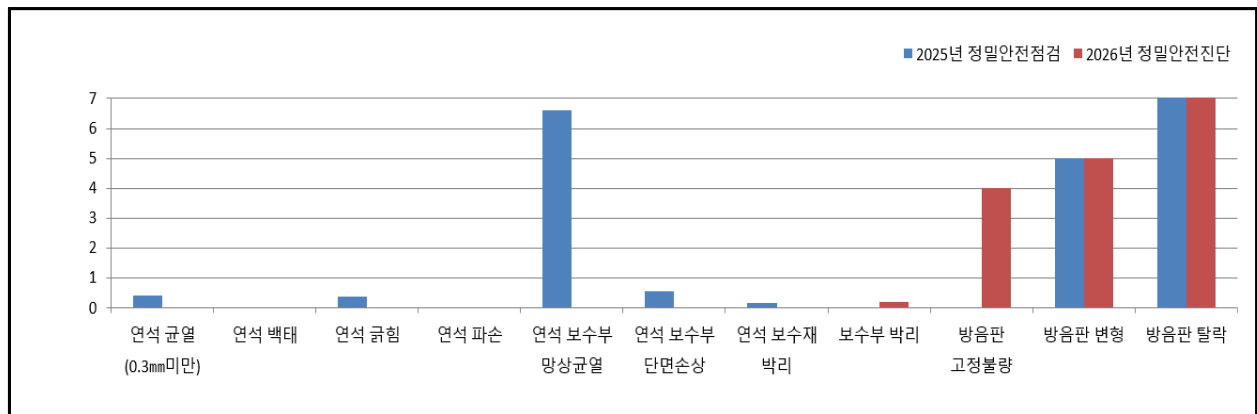
【사진 3.28】 난간 및 연석 손상현황

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	• -

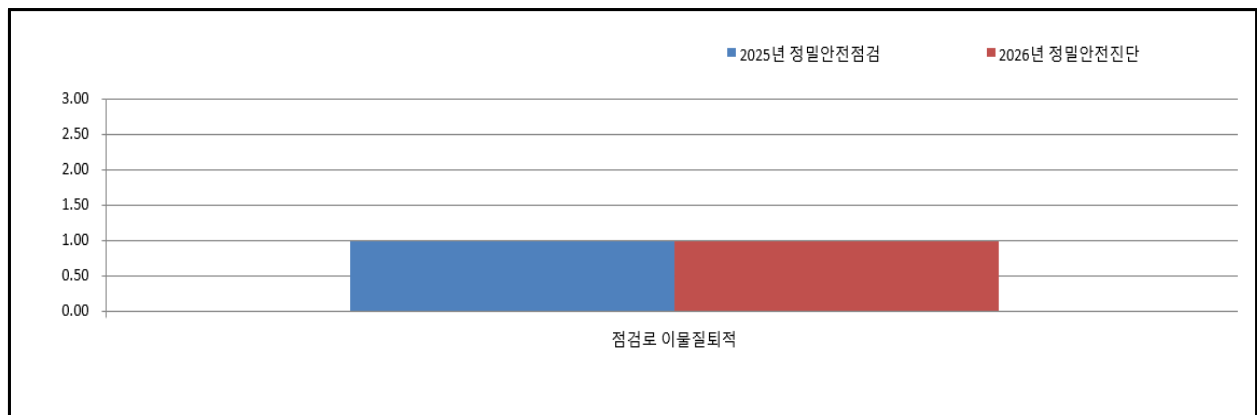
【사진 3.30】 교량 점검시설 손상현황

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.

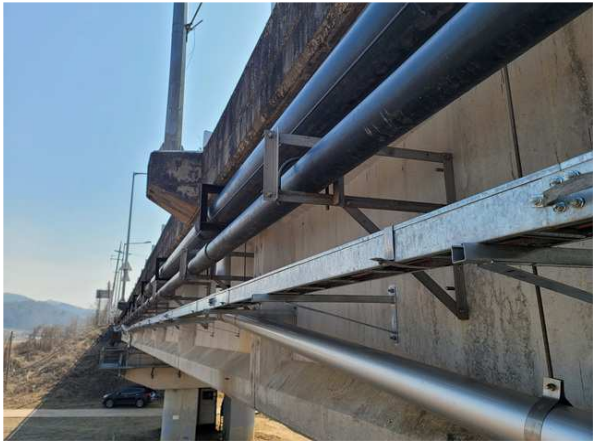
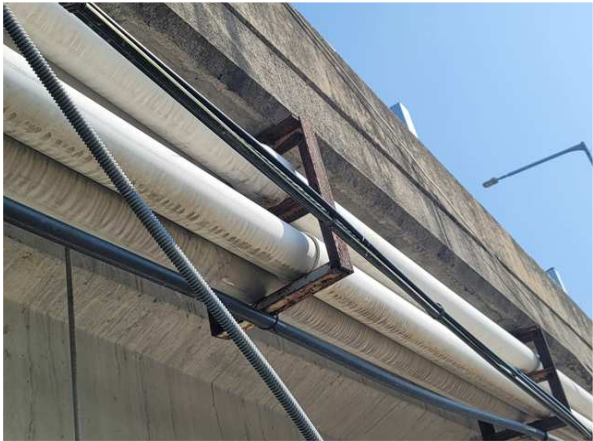
【표 3.42】 기타시설 현장조사 결과

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

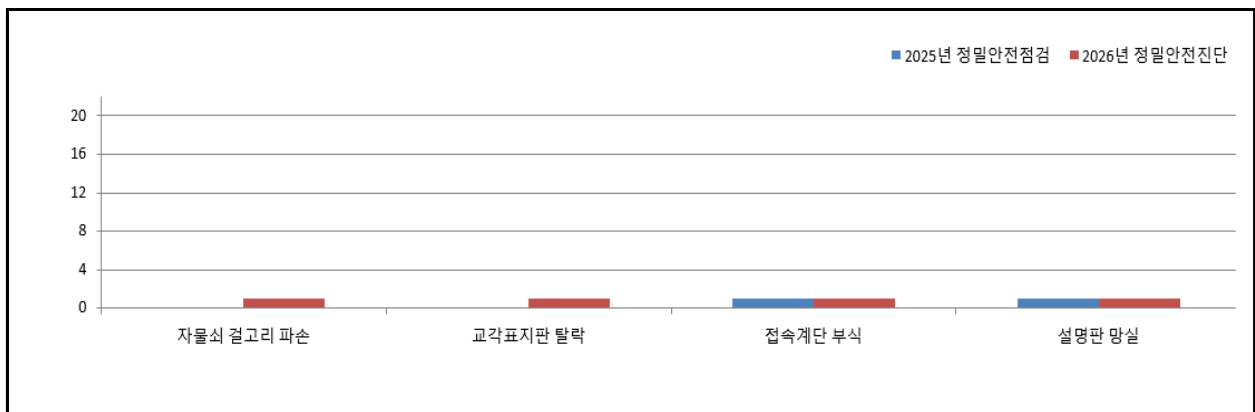
【사진 3.32】 기타시설 손상현황(계속)

3) 기 점검과의 비교

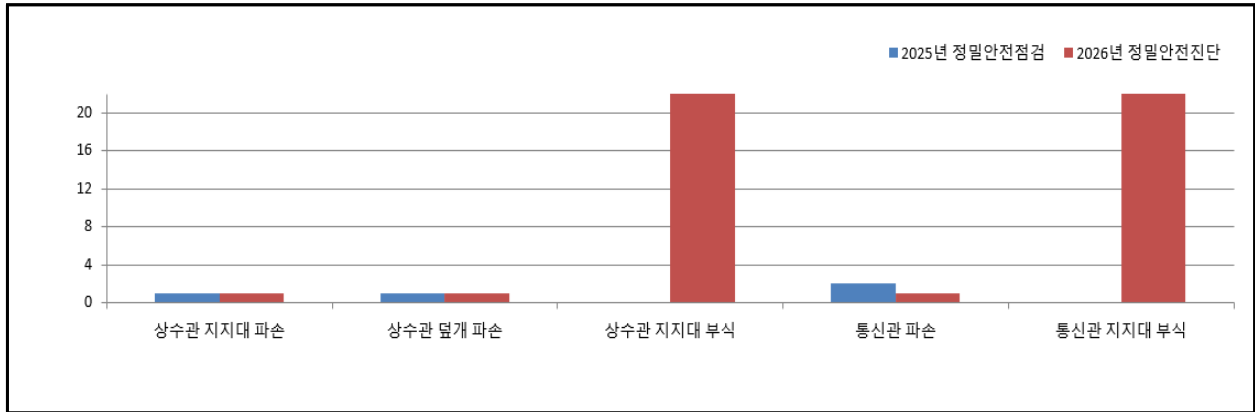
- 전회 점검과의 비교 결과, 기존손상인 접속계단 부식, 설명판 망실, 상수관 지지대 파손, 상수관 덮개 파손 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 자물쇠 걸고리 파손, 교각표지판 탈락, 상수관 지지대 부식, 통신케이블 보호관 파손, 통신관 지지대 부식 등의 손상이 추가로 조사되었다. 또한, 통신케이블 보호관 파손 등의 손상은 금회에 보수가 실시된 것으로 확인되었다.

【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, 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부착시설물의 안정적인 고정을 위한 재설치 등 조치가 필요할 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, 시설물의 안전성 및 사용성에 영향을 미치는 손상은 아니나 부착시설물의 원활한 사용 및 손상진전을 방지하기 위한 재설치 등 조치가 필요할 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	비고
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, 굽힘	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	— —	변동 없음
	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 변동 없음
	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	— —	변동 없음
	방음판 탈락	EA	8.00	8	10.00	10	▲ 2.00	신규손상
교량 점검시설	점검로 이물질퇴적	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동 없음
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	— —	변동 없음
	설명판 망실	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동 없음
	상수관 지지대 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동 없음
	상수관 덮개 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동 없음
	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 실시하고, 염해에 취약한 해상교량과 하천교량 중 염해의 영향이 있을 것으로 판단되는 하천과 바다가 만나는 합류부 부근 교량의 경우에는 교량 하부 수중부(간만대 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

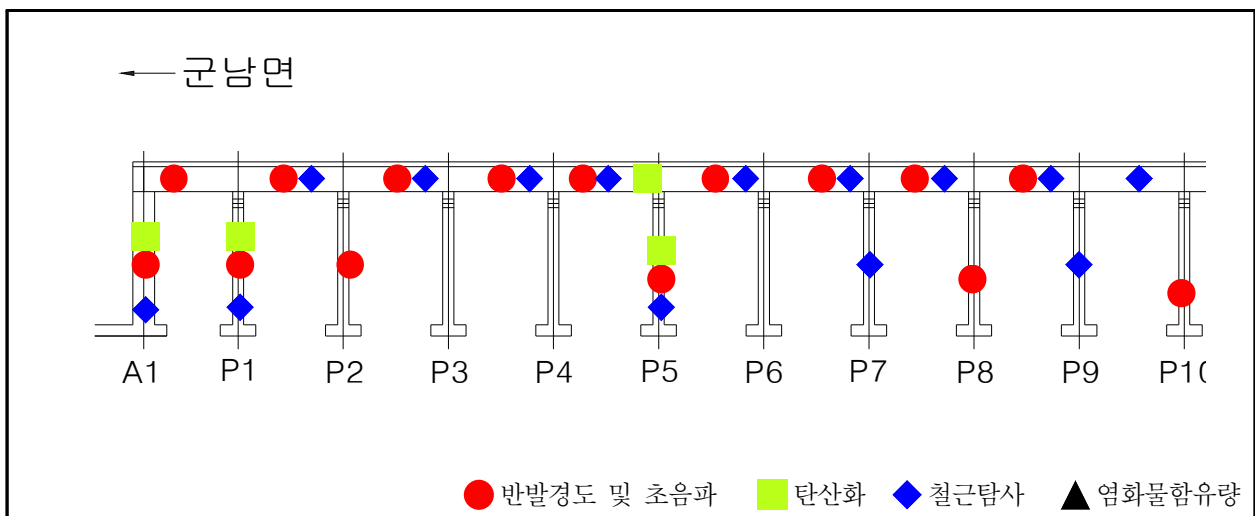
금회 점검에서 대상 구조물에 대한 재료시험 위치선정은 도보로 접근 가능한 부위 및 전회점검 결과와의 비교를 위해 비슷한 위치로 선정하였으며, 도보로 접근이 난해한 부위는 고소점검차 등을 이용하여 접근하였다. 콘크리트 강도시험의 경우 건전부와 비건전부의 비교·검토를 위하여 외관상 균열, 박리, 열화 등의 유무에 따라 양호한 부위와 불량한 부위를 선정하여 시험을 실시하였다.

다. 조사 사진

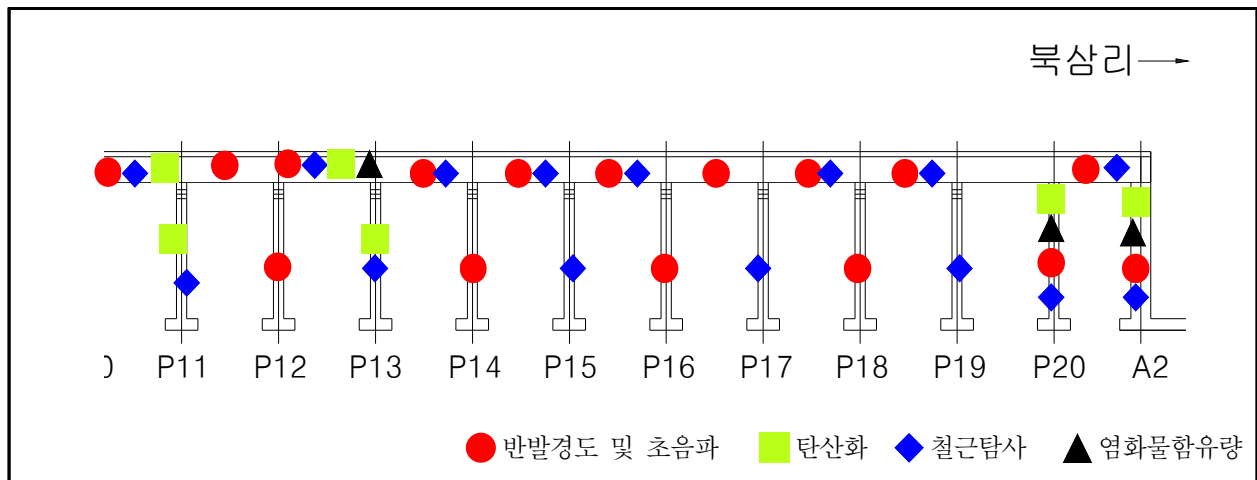


【사진 3.34】 콘크리트 내구성조사 현황

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	$F_c = (15.2 \times R_0 - 112.8) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	과학기술부(고강도 콘크리트일 때 사용)
식 ④	$F_c = (1.3343 \times R_0 + 8.1977) \text{ (MPa)}$	한국시설안전공단(고강도콘크리트일 때 사용)

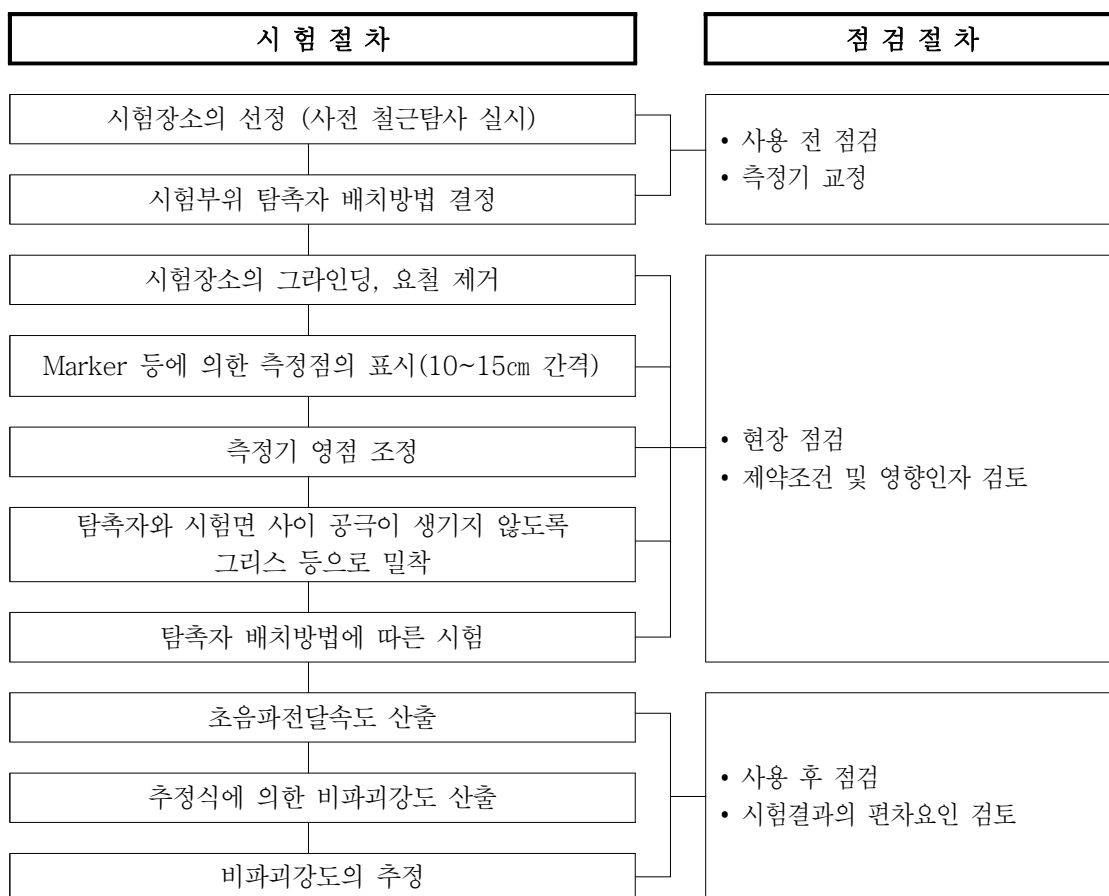
여기서, F_c : 추정강도(kg/cm²), R_0 : 반발경도

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



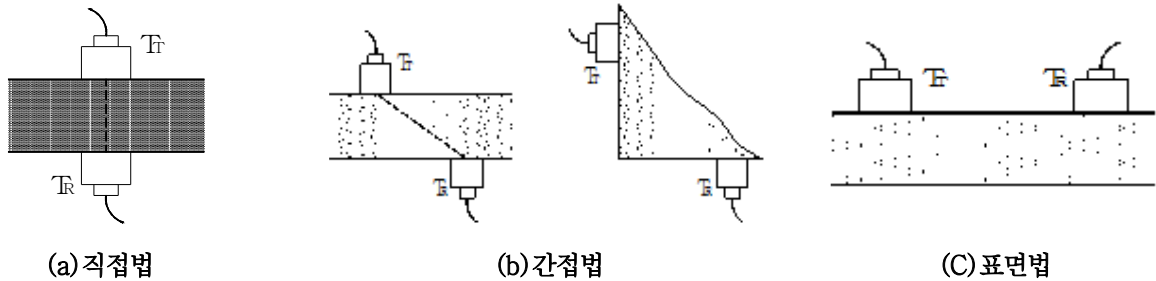
【그림 3.19】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

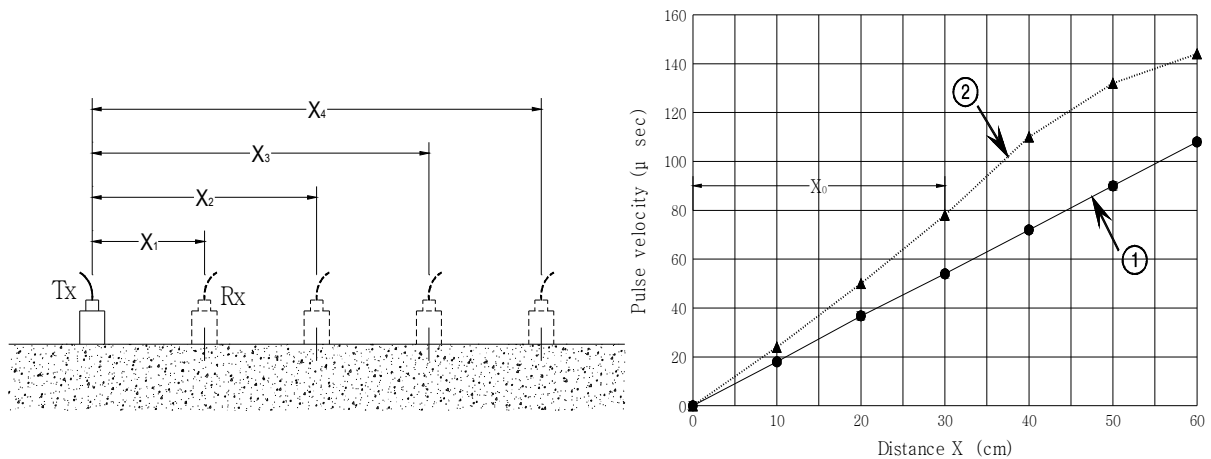
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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.

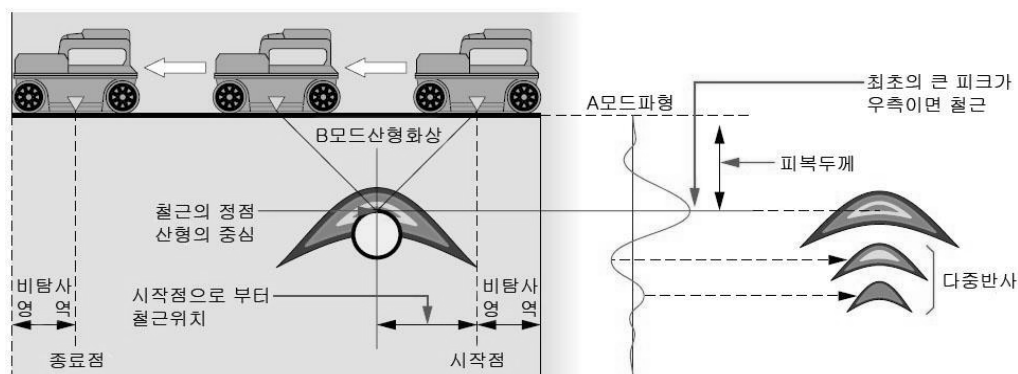
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

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.

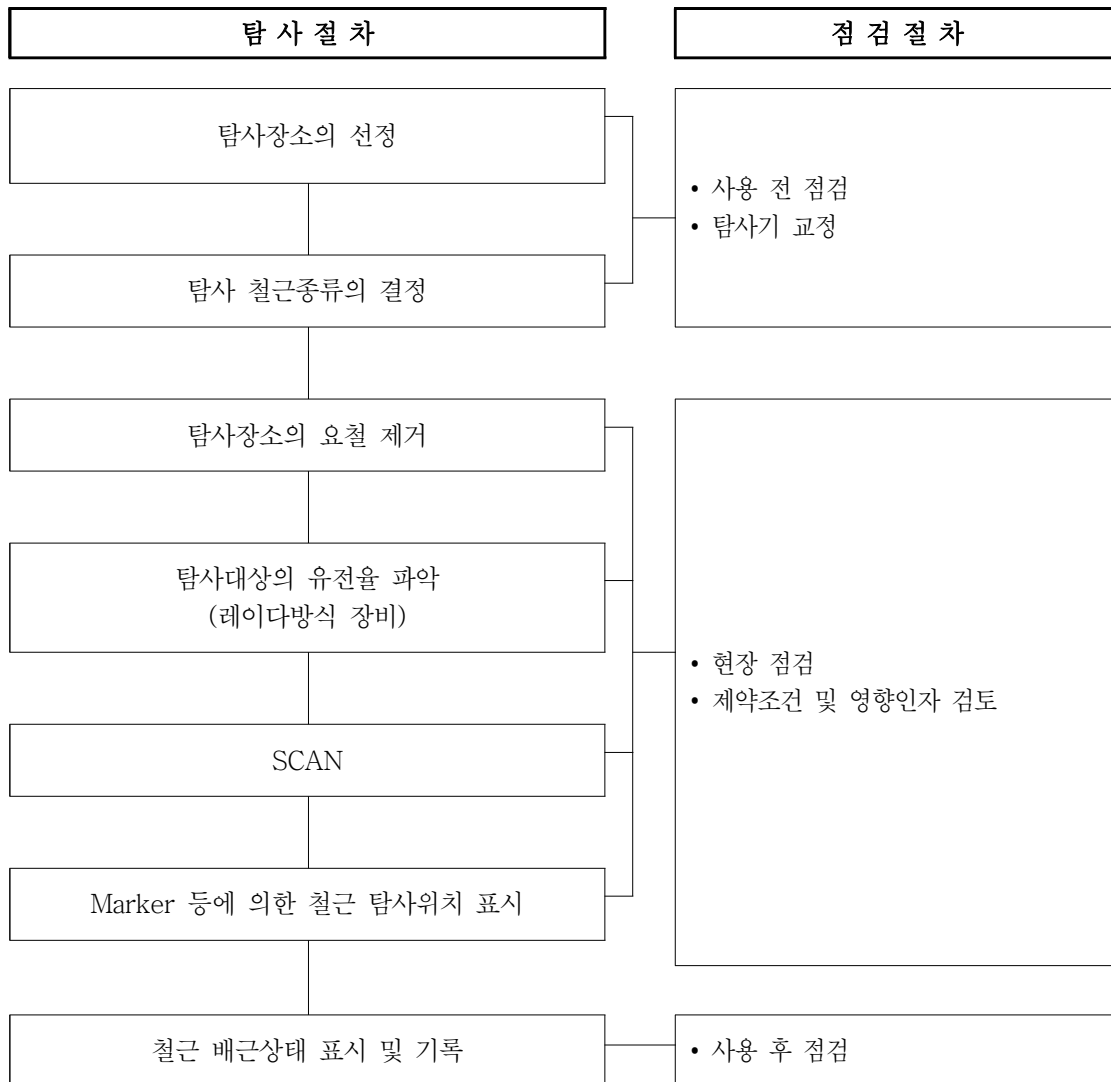
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (\text{m})$$



【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

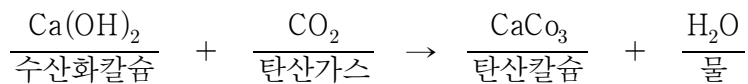
(2) 적용한계

- 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.

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

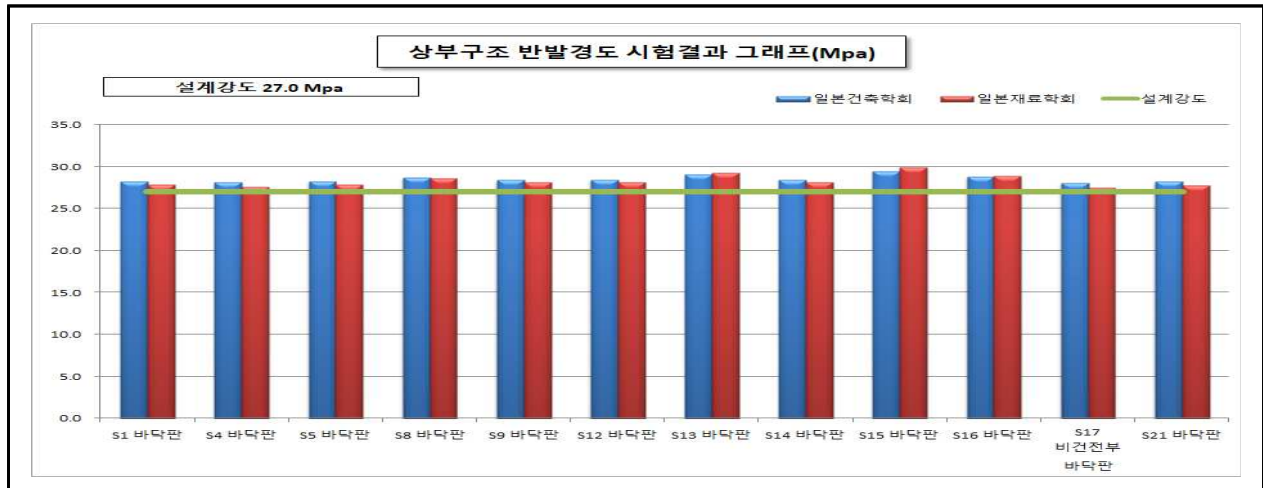
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	한국시설 안전공단			
상부 구조	S1-G2	거더	51.1	41.0	48.1	0.63	40.0	건전부
	S2-G3	거더	51.5	41.3	48.4			건전부
	S3-G1	거더	54.1	43.8	50.6			건전부
	S6-G1	거더	51.1	40.9	48.1			건전부
	S7-G1	거더	54.1	43.8	50.6			건전부
	S11-G1	거더	51.3	41.2	48.3			건전부
	S17-G1	거더	50.1	40.1	47.3			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)

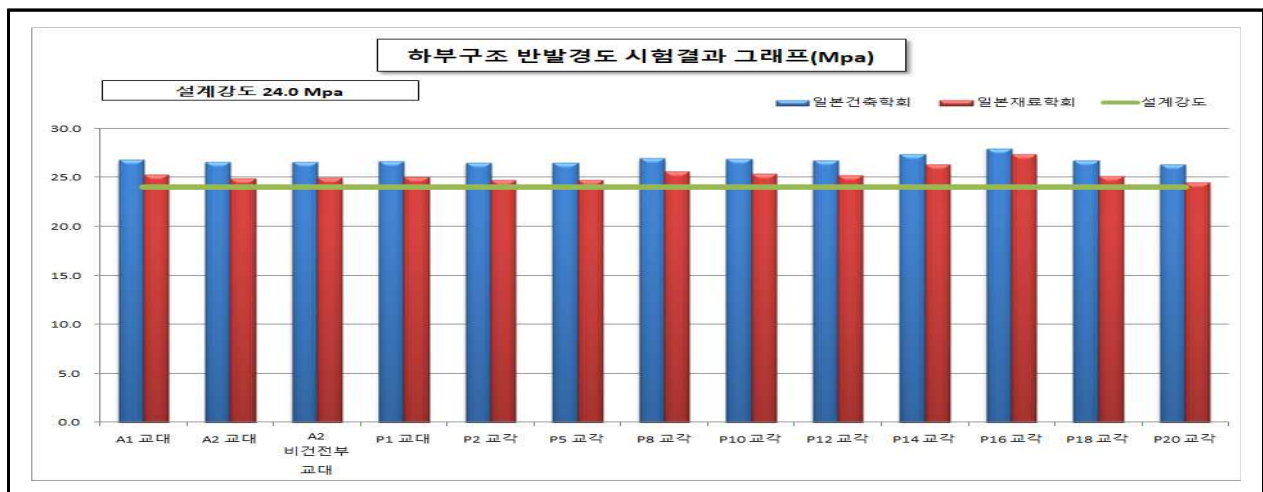
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	A1	교대	45.8	25.3	26.8	0.63	24.0	건전부
	A2	교대	45.3	24.9	26.6			건전부
	A2	교대	45.4	24.9	26.6			비건전부
	P1	교각	45.5	25.0	26.7			건전부
	P2	교각	45.1	24.7	26.5			건전부
	P5	교각	45.1	24.7	26.5			건전부
	P8	교각	46.2	25.6	27.0			건전부
	P10	교각	45.9	25.4	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

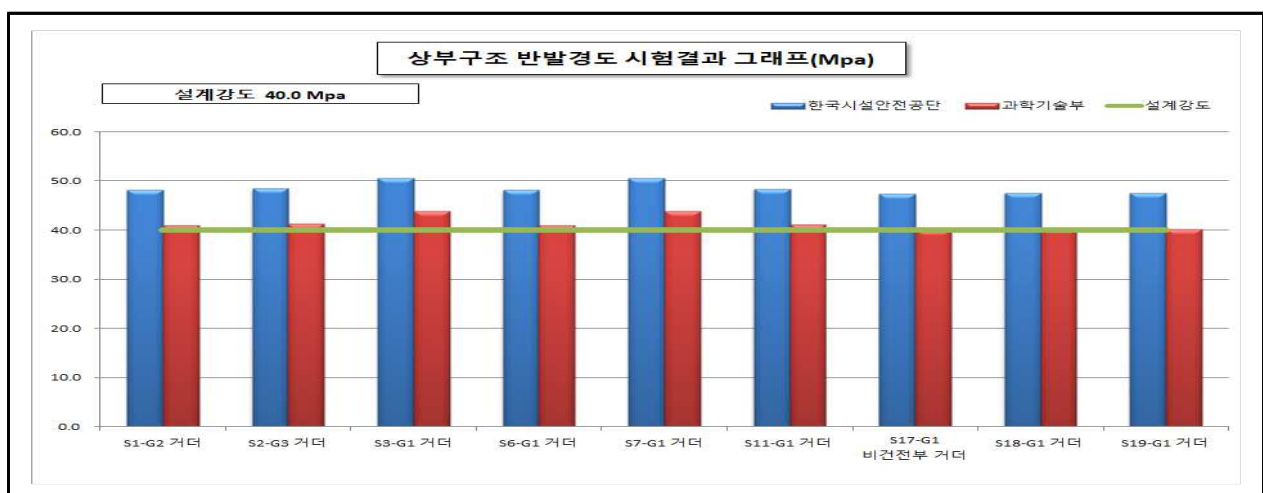
시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회 (한국시설안전공단)					
바닥판하면	28.1	~ 29.4	27.0	28.5	104.1 ~ 108.9	
거더	47.3	~ 50.6	40.0	48.5	118.2 ~ 126.5	
교대, 교각	26.3	~ 28.0	24.0	26.8	109.6 ~ 116.7	



【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 $\pm 20\%$ 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

【표 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)

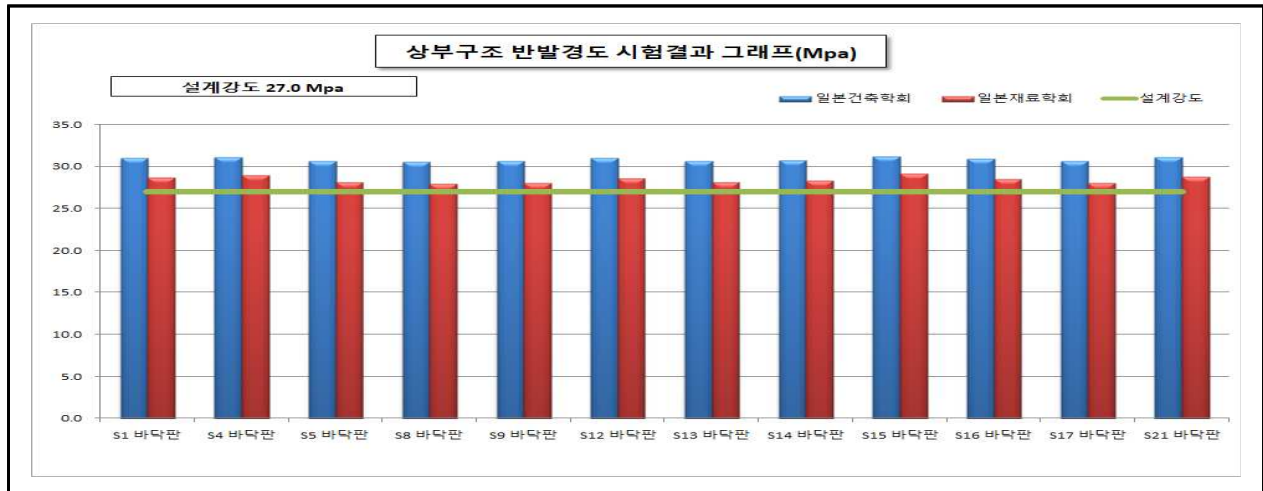
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1-G2	거더	5.287	50.7	41.4	0.63	40.0	건전부
	S2-G3	거더	5.321	51.4	41.7			건전부
	S3-G1	거더	5.278	50.5	41.3			건전부
	S6-G1	거더	5.424	53.5	42.7			건전부
	S7-G1	거더	5.262	50.1	41.2			건전부
	S11-G1	거더	5.357	52.1	42.0			건전부
	S17-G1	거더	5.408	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)

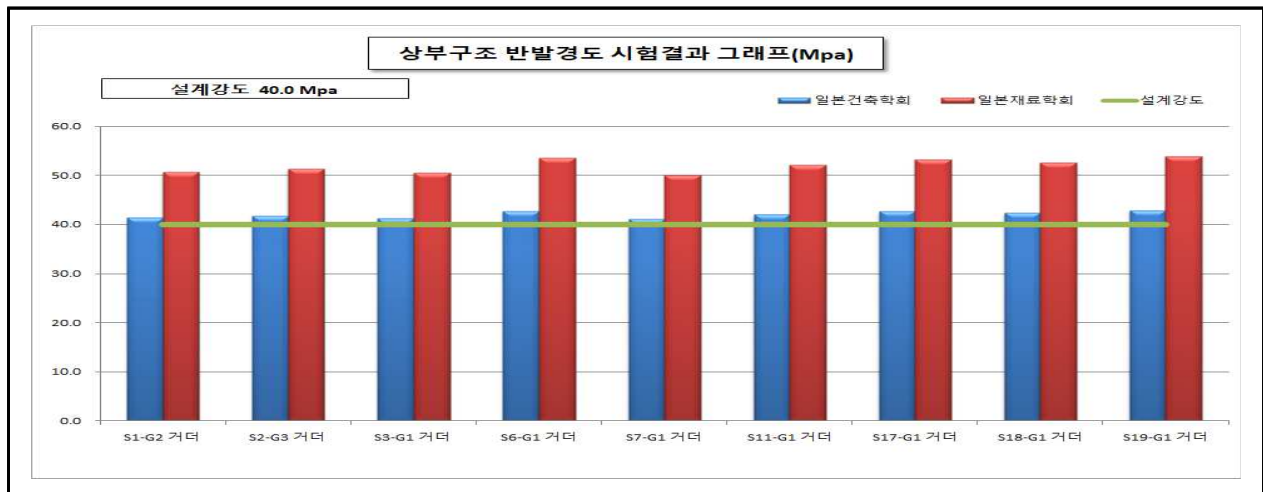
시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			초음파속도 (Vd, mm/μs)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	A1	교대	4.226	28.3	30.8	0.63	24.0	건전부
	A2	교대	4.177	27.2	30.3			건전부
	A2	교대	4.151	26.7	30.0			비건전부
	P1	교각	4.095	25.5	29.5			건전부
	P2	교각	4.118	26.0	29.7			건전부
	P5	교각	4.184	27.4	30.4			건전부
	P8	교각	4.152	26.8	30.1			건전부
	P10	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

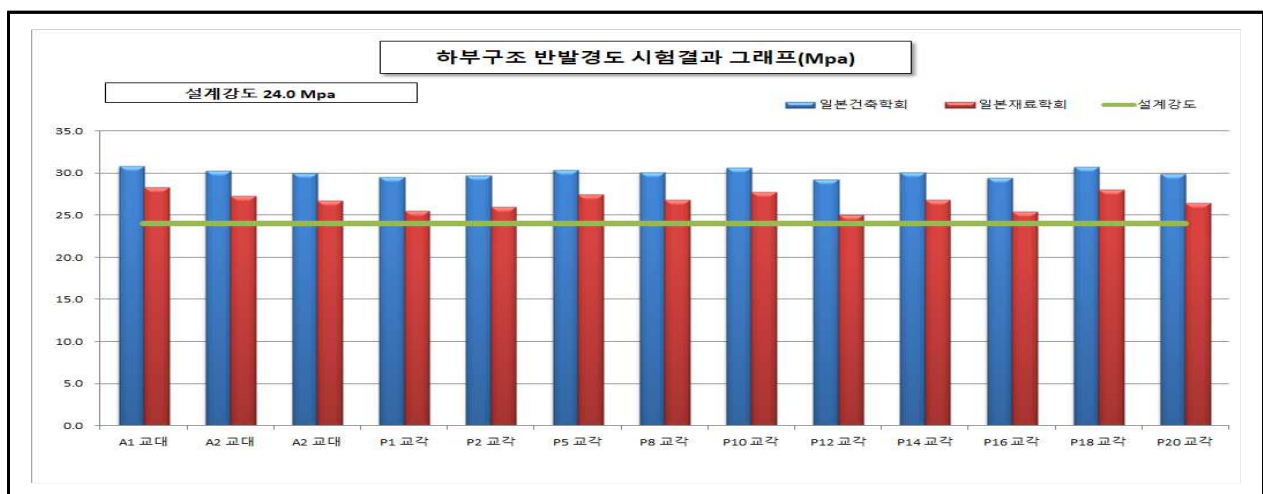
시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회					
바닥판	30.6	~ 31.2	27.0	30.8	113.3 ~ 115.6	
거더	41.2	~ 42.9	40.0	42.0	103.0 ~ 107.3	
교대 및 교각	29.2	~ 30.8	24.0	30.0	121.7 ~ 128.3	



【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.



철근탐사시험

【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	중방향철근	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) $V = C / \sqrt{\epsilon_r} \text{ (m/s)}$ 여기서, C : 진공중에서의 전자파속도 ϵ_r : 콘크리트의 비유전율 - 반사물체까지의 거리(D) $D = VT / 2 \text{ (m)}$ 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

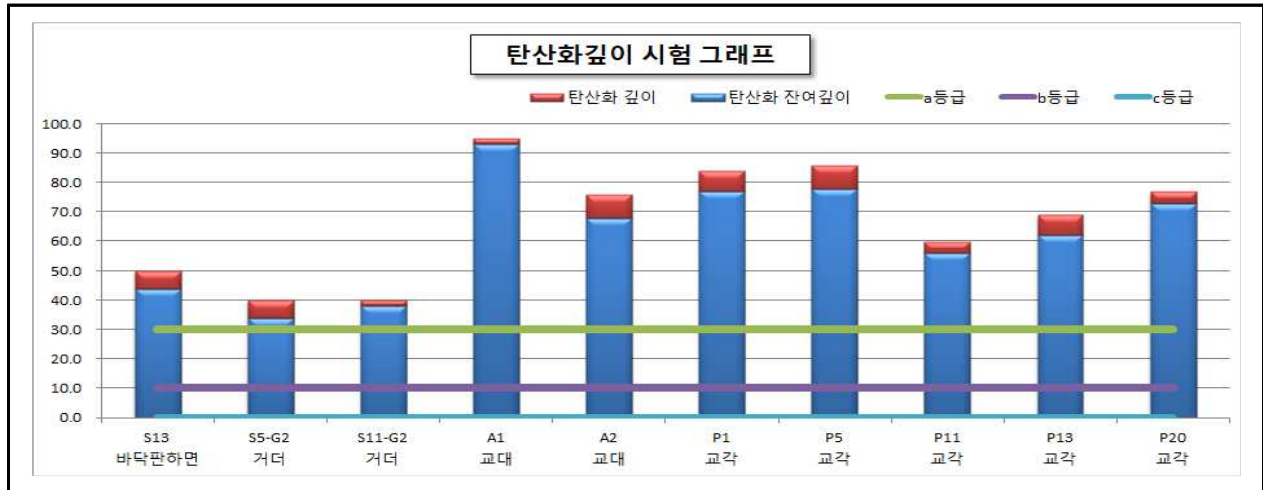
【표 3.70】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

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) 그래프: 25년 시점에서 6mm 깊이를 나타내는 곡선 그래프.

탄산화 속도계수(A) 그래프: 1.2 값을 나타내는 그래프.

탄산화 등급 그래프: a 등급을 나타내는 그래프.

【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 산정 기준

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

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

상부구조 - 거더 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 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 - 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 (탄산화 속도 계수)	등급 산정 기준										
a (56)	0.8 (mm/year0.5)	<table><tr><td>등급</td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td></tr><tr><td>탄산화 잔여깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10mm 이상 30mm 미만</td><td>0mm 이상 10mm 미만</td><td>0mm 이하</td></tr></table>	등급	a	b	c	d	탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하
등급	a	b	c	d								
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하								
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 (탄산화 속도 계수)	등급 산정 기준										
a (62)	1.4 (mm/year0.5)	<table><tr><td>등급</td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td></tr><tr><td>탄산화 잔여깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10mm 이상 30mm 미만</td><td>0mm 이상 10mm 미만</td><td>0mm 이하</td></tr></table>	등급	a	b	c	d	탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하
등급	a	b	c	d								
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하								
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	■ 기존 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

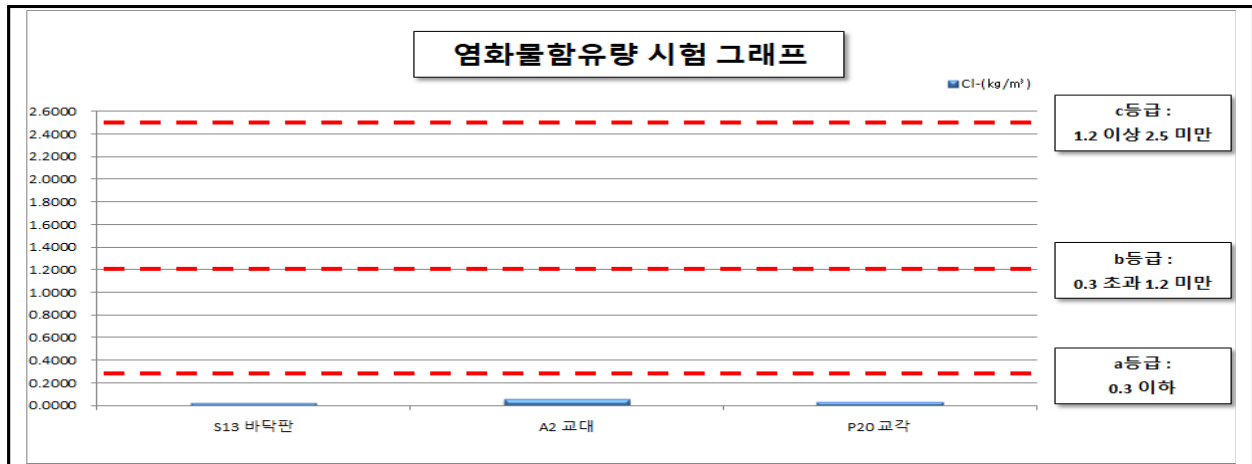
【표 3.75】 염화물 함유량 시험결과

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/m³ 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 점검결과와의 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		

제4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

4.2 상태평가 결과

제 4 장 시설물의 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 외관조사 및 재료시험(내구성 조사) 결과를 바탕으로 시설물의 물리적·기능적 결함 상태를 정량적으로 평가하였다. 관련 법령 및 최신 세부지침을 준수하여 각 부재별 손상 정도를 분석하고 최종적인 상태등급을 산정함으로써, 현재 노후화 수준을 객관적으로 진단하는데 목적이 있다.

4.1.1 상태평가 항목 및 기준

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 01.)’의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

가. 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 재료시험의 탄산화와 염화물 및 월류(여유고)에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화함으로써 가능한 한 전체 상태평가기준과 부합하도록 조정하였다. 교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

【표 4.1】 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재 (가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물, 월류(여유고)	a, b, c, d, e

나. 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 평가항목	슬래브 교 량	거더교량							라멘교		
			일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치,트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조 물)	
			일 반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판			
상부	바닥판	34	18	18	—	20	20	15		34	20	21
	주 형	—	20	25	37	18	20	23		—	21	23
	2차부재	—	5	—	11	5	3	5		—	5	—
하부	교대/교각	24	16	16	22	16		16		34	22	24
	기초	21	21	21	21	21		21		21	21	21
받침	교량받침	10	9	9	14	9		9		3	3	3
기타	신축이음	10	9	9	—	9		9		3	3	3
	교면포장	7	7	7	—	7		7		7	7	7
	배수시설	3	3	3	—	3		3		3	3	3
	난간/연석	2	2	2	6	2		2		2	2	2
재료 시험	탄산화/ 염화물/ 윌류 (여유고)	7	7	7	7	7		7		7	7	7
합계		118	117	119	118	117		117		114	114	114

<해 설>

- 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개 구조물은 터널시설물의 상태평가기준에 따라 평가한다.
- 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.
- 아치트러스에서 바닥판이 없는 경우, 거더와 2차부재에 가중치를 균등하게 배분한다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.
- 하천교량의 경우 기초의 가중치를 10% 할증할 수 있다.
- 재료시험은 수행한 결함도 평가항목 중 최저등급의 결함도지수에 가중치를 적용한다.

4.1.2 상태평가등급 산정 절차

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- 1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가결과 중 최저값을 개별부재 상태평가결과로 산정한다.
- 2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가결과로 산정한다.
- 3) 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

나. 구조형식별 상태평가결과 결정

- 1) 구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한다.
- 2) 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 구조형식별 상태평가결과를 산정하기 위한 기준 값이며, [표 1.33]의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 구조형식별 상태평가결과를 구한다.
- 3) 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우 상태평가결과는 중대한 결함이 발생한 부재의 상태평가결과 중 최저값을 적용하고 환산 결함도 점수는 [표 1.33]의 결함도 지수 값을 적용한다. 이후 중대한 결함이 발생한 부재의 환산 결함도 점수와 ①, ②를 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

다. 본교의 상태평가결과 결정

- 1) 여러 구조형식이 복합적으로 구성되어 있는 경우 구조형식별 환산 결함도 점수, 상태평가결과, 연장 및 연장비를 구하고, 구조형식별 환산 결함도 점수와 연장비를 각각 곱한 후 그 값을 더하여 본교의 상태평가결과를 구한다.
- 2) 일부 구조형식에 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 상태평가결과는 중대한 결함이 발생한 구조형식의 상태평가결과 중 최저값을 적용한다. 이후 중대한 결함이 발생한 구조형식의 환산 결함도 점수와 ①을 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

라. 램프교, 접속교 등의 상태평가 결과 결정

- 1) 1~3단계의 방법을 적용하여 램프교, 접속교 등의 상태평가결과를 결정한다. 이때, 램프교의 경우 각각의 램프에 대해 별도로 평가하며 램프교 전체를 대표하는 상태평가결과는 산정하지 않는다.
- 2) 경간 및 부재의 상태가 좋지 않은 경우 부가적인 설명을 명시한다.

마. 전체 시설물의 상태평가결과 결정

- 1) 본교, 램프교, 접속교 각각의 상태평가결과에 연장비를 곱하여 전체 시설물 상태평가결과를 산정한다. 이때 연장비는 연장(m)과 차로를 곱한 값으로 구한다.
- 2) 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 상태평가결과는 중대한 결함이 발생한 구분(본교, 램프교 등)의 상태평가결과 중 최저값을 적용한다. 이후 중대한 결함이 발생한 구분의 환산 결함도 점수와 ①을 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

【표 4.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

※ 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생하여 시설물 상태평가 결과가 결정되는 경우 환산 결함도 점수는 중대한 결함이 발생한 부재의 상태평가 결과에 부합하는 결함도 지수를 적용한다.

4.2 상태평가 결과

4.2.1 각 부재별 상태평가 결과

가. 콘크리트 바닥판

【표 4.4】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과

구분	1방향 균열				2방향 균열		열화 및 손상						평가 결과
	균열폭 (mm)		균열율 (%)		균열폭 (mm)		누수 및 백태(%)		표면손상 면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
S1	—	a	—	a	—	a	—	a	2%미만	b	—	a	b
S2	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a
S3	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a
S4	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	2%미만	c	c
S5	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a
S6	0.2	b	2%미만	b	—	a	—	a	—	a	2%미만	c	c
S7	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a
S8	—	a	—	a	—	a	—	a	2%미만	b	—	a	b
S9	—	a	—	a	—	a	—	a	2%미만	b	—	a	b
S10	0.2	b	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	b
S11	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a
S12	0.2	b	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	b
S13	0.2	b	2%미만	b	—	a	—	a	—	a	—	a	b
S14	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a
S15	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	2%미만	c	c
S16	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	2%미만	c	c
S17	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a
S18	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	2%미만	c	c
S19	0.2	b	2%미만	b	—	a	—	a	—	a	2%미만	c	c
S20	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a
S21	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	—	a	a

나. 거더(P.S.C Beam 거더)

【표 4.5】 거더 상태평가 결과

구 분	부재 면적 (㎡)	거더				긴장재(텐던)						평가 결과
		균열 폭		열화 및 손상		강연선 노출 및 손상		시멘트 그라우트 충전 결합		보호관 손상		
S1	804.00	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	b
S2	804.00	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	b
S3	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S4	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S5	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S6	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S7	804.00	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	b
S8	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S9	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S10	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S11	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S12	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S13	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S14	804.00	0.1	b	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	b
S15	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S16	804.00	—	a	상태양호	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S17	804.00	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	b
S18	804.00	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	b
S19	804.00	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	b
S20	804.00	—	a	표면손상 면적 2%미만	a	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	a
S21	804.00	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	노출없음	a	충전결합 없음	a	이상없음	a	b

다. 가로보

【표 4.6】 가로보 상태평가 결과

구 분	부재 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열 폭		표면손상 면적		철근부식 면적		
S1	108.30	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	상태양호	a	b
S2	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S3	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S4	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S5	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S6	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S7	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S8	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S9	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S10	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S11	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S12	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S13	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S14	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S15	108.30	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	상태양호	a	b
S16	108.30	—	a	표면손상 면적 2%미만	b	상태양호	a	b
S17	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S18	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S19	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S20	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a
S21	108.30	—	a	상태양호	a	상태양호	a	a

라. 하부구조(교대 및 교각)

【표 4.7】 콘크리트 교대 및 교각 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(mm)		변위		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
A1	54.40	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P1	145.50	0.1	b	없음	a	2%미만	b	없음	a	b
P2	188.10	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P3	186.90	0.2	b	없음	a	2%이상~10%미만	c	없음	a	c
P4	206.90	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P5	224.30	0.1	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P6	236.30	—	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
P7	235.10	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P8	233.90	0.1	b	없음	a	2%미만	b	없음	a	b
P9	232.70	0.1	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P10	231.50	0.3	c	없음	a	2%미만	b	없음	a	c
P11	250.10	0.3	c	없음	a	2%미만	b	없음	a	c
P12	248.80	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P13	247.40	0.3	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P14	246.10	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P15	244.70	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P16	243.40	—	a	없음	a	2%미만	b	없음	a	b
P17	137.20	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P18	137.20	—	a	없음	a	2%이상~10%미만	c	2%미만	c	c
P19	141.30	—	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
P20	214.40	0.2	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
A2	61.70	—	a	없음	a	없음	a	2%미만	c	b

마. 기초

【표 4.8】 기초 상태평가 결과

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (mm)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (mm)		
A1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P5	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P6	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P7	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P8	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P9	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P10	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P11	0.2	b	단면손상 발생	c	비노출	q	비노출	q	c
P12	0.2	b	－	a	비노출	q	비노출	q	b
P13	0.2	b	단면손상 발생	c	비노출	q	비노출	q	c
P14	0.2	b	－	a	비노출	q	비노출	q	b
P15	0.2	b	－	a	비노출	q	비노출	q	b
P16	－	a	－	a	비노출	q	비노출	q	a
P17	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P18	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P19	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P20	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

바. 교량받침

【표 4.9】 교량받침 상태평가 결과

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	강재받침(부식, 파손 등)		균열폭(mm)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	부분적 박리, 탈락 등 손상	b	b
P1	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b
P2	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b
P3	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b
P4	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b
P5	외부 도장탈락 및 부식	b	0.3 미만	b	없음	a	b
P6	받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	d	0.3 미만	b	없음	a	d
P7	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b
P8	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b
P9	외부 도장탈락 및 부식	b	0.3 이상	c	부분적 박리, 탈락 등 손상	b	c
P10	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b
P11	상태양호	a	0.3 미만	b	없음	a	b
P12	외부 도장탈락 및 부식	b	0.3 미만	b	없음	a	b
P13	상태양호	a	없음	a	없음	a	a
P14	상태양호	a	없음	a	부분적 박리, 탈락 등 손상	b	b
P15	외부 도장탈락 및 부식	b	0.3 미만	b	부분적 박리, 탈락 등 손상	b	b
P16	상태양호	a	0.3 미만	b	없음	a	b
P17	상태양호	a	없음	a	없음	a	a
P18	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b
P19	상태양호	a	0.3 미만	b	없음	a	b
P20	상태양호	a	없음	a	없음	a	a
A2	외부 도장탈락 및 부식	b	없음	a	없음	a	b

사. 신축이음장치

【표 4.10】 신축이음 상태평가 결과

구분	본 체 (이물질, 파손, 누수 등)		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
A1	본체부식	c	미세균열 발생	b	상태양호	a	c
P3	본체부식	c	미세균열 발생	b	상태양호	a	c
P6	본체부식	c	미세균열 발생	b	상태양호	a	c
P9	누수	c	미세균열 발생	b	국부적인 박리, 박락, 파손	c	c
P12	본체부식	c	미세균열 발생	b	상태양호	a	c
P15	본체부식	c	미세균열 발생	b	상태양호	a	c
P18	상태양호	a	상태양호	a	상태양호	a	a
A2	본체부식	c	미세균열	b	상태양호	a	c

아. 교면포장

【표 4.11】 교면포장 상태평가 결과

구분	부재 면적 (㎡)	포장불량				배 수 (물고임 등)		평가 결과
		포장불량율 (%)		포장손상에 따른 주행 및 통행 영향				
S1	300.00	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S2	300.00	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S3	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S4	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S5	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S6	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S7	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S8	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S9	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S10	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S11	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S12	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S13	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S14	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S15	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S16	300	5% 미만	b	상태양호	—	—	a	b
S17	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S18	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S19	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S20	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a
S21	300	상태양호	a	상태양호	—	—	a	a

자. 배수시설

【표 4.12】 배수시설 상태평가 결과

구 분	평가내용	평가결과
S1	양호	a
S2	양호	a
S3	양호	a
S4	양호	a
S5	양호	a
S6	양호	a
S7	양호	a
S8	양호	a
S9	양호	a
S10	양호	a
S11	양호	a
S12	양호	a
S13	양호	a
S14	양호	a
S15	양호	a
S16	양호	a
S17	양호	a
S18	양호	a
S19	양호	a
S20	양호	a
S21	양호	a

차. 난간 및 연석

【표 4.13】 난간 및 연석 상태평가 결과

구분	부재 면적 (m)	강재				콘크리트				평가 결과
		도장, 부식 (%)		파손(%)		균열폭(mm)		박리, 파손, 철근부식(%)		
S1	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S2	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S3	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S4	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S5	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S6	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S7	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S8	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S9	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S10	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S11	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S12	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S13	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S14	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S15	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S16	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S17	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S18	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S19	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S20	60.00	—	a	양호	a	—	a	양호	a	a
S21	60.00	—	a	양호	a	—	a	경미한 손상	b	b

카. 탄산화

【표 4.14】 탄산화 상태평가 결과

구분	상부				평가 결과	하부				평가 결과	종합 평가 결과
	탄산화 잔여깊이		철근부식의 가능성			탄산화 잔여깊이		철근부식의 가능성			
S1/A1	—	—	—	—	—	96.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	a
S2/P1	—	—	—	—	—	77.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	a
S3/P2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S4/P3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S5/P4	63.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	—	—	—	—	—	a
S6/P5	—	—	—	—	—	78.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	a
S7/P6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S8/P7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S9/P8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S10/P9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S11/P10	75.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	—	—	—	—	—	a
S12/P11	—	—	—	—	—	56.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	a
S13/P12	59.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	—	—	—	—	—	a
S14/P13	—	—	—	—	—	62.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	a
S15/P14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S16/P15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S17/P16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S18/P17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S19/P18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S20/P19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S21/P20	—	—	—	—	—	73.0	a	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	a
A2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

타. 염화물

【표 4.15】 염화물 상태평가 결과

구분	상부				평가 결과	하부				평가 결과	종합 평가 결과
	전염화물 이온량		철근부식의 가능성			전염화물 이온량		철근부식의 가능성			
S1/A1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S2/P1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S3/P2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S4/P3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S5/P4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S6/P5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S7/P6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S8/P7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S9/P8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S10/P9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S11/P10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S12/P11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S13/P12	0.0272	a	염화물에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	—	—	—	—	—	a
S14/P13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S15/P14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S16/P15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S17/P16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S18/P17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S19/P18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S20/P19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S21/P20	—	—	—	—	—	0.0611	a	염화물에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	a
A2	—	—	—	—	—	0.0362	a	염화물에 의한 부식발생 우려 없음	a	a	a

파. 시설물 전체 상태평가 결과

북삼교의 현장조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않았으나, 내구성 차원의 손상에 따라 “B” 등급으로 평가되었다.

【표 4.16】 상태평가 결과

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
상부	하부	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산 화	염화 물
S1	A1	PSCI	b	b	b	a	a	a	c	b	b	q	a	—
S2	P1	PSCI	a	b	a	a	a	a	—	b	b	q	a	—
S3	P2	PSCI	a	a	a	a	a	a	—	b	b	q	—	—
S4	P3	PSCI	c	a	a	a	a	a	c	b	c	q	—	—
S5	P4	PSCI	a	a	a	a	a	a	—	b	b	q	a	—
S6	P5	PSCI	c	a	a	a	a	a	—	b	b	q	a	—
S7	P6	PSCI	a	b	a	a	a	a	c	d	a	q	—	—
S8	P7	PSCI	b	a	a	a	a	a	—	b	b	q	—	—
S9	P8	PSCI	b	a	a	a	a	a	—	b	b	q	—	—
S10	P9	PSCI	b	a	a	a	a	a	c	c	b	q	—	—
S11	P10	PSCI	a	a	a	a	a	a	—	b	c	q	a	—
S12	P11	PSCI	b	a	a	a	a	a	—	b	c	c	a	—
S13	P12	PSCI	b	a	a	a	a	a	c	b	b	b	a	a
S14	P13	PSCI	a	b	a	a	a	a	—	a	c	c	a	—
S15	P14	PSCI	c	a	b	a	a	a	—	b	b	b	—	—
S16	P15	PSCI	c	a	b	b	a	a	c	b	b	b	—	—
S17	P16	PSCI	a	b	a	a	a	a	—	b	b	a	—	—
S18	P17	PSCI	c	b	a	a	a	a	—	a	b	q	—	—
S19	P18	PSCI	c	b	a	a	a	a	a	b	c	q	—	—
S20	P19	PSCI	a	a	a	a	a	a	—	b	a	q	—	—
S21	P20	PSCI	a	b	a	a	a	b	—	a	b	q	a	a
	A2								c	b	c	q	—	a
평균			0.214	0.138	0.114	0.105	0.100	0.105	0.363	0.218	0.245	0.250	0.100	
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	16	21	7	
(평균×가중치) /가중치합			0.033	0.024	0.005	0.006	0.003	0.002	0.028	0.017	0.034	0.045	0.006	
													0.201	
													B	

하. 공중이 이용하는 부위(추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개)

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설의 경우 교량점검시설, 도로포장의 경우 교면포장, 도로부 신축이음부의 경우 교량 신축이음의 외관조사 자료를 참고하여 작성하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 것으로 확인되었다.

① 추락방지시설

추락방지시설은 손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태인 “a”로 평가됨.

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

② 도로포장

포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태인 “b” 등급으로 평가됨.

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

③ 도로부 신축이음부

신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태인 “c” 로 평가됨.

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

④ 환기구 등의 덮개

해당없음.

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

거. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 4.17】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
북삼교	0.201	B	630.00	2	1,260.0	1.000	0.201
합계(Σ)			630.00	2	1,260.0	1.000	0.201
1. 평가지수 =							0.201
2. 상태평가결과 =							B

4.2.2 기 점검 결과와의 비교

【표 4.18】 전회 정밀안전점검과 상태평가 결과 비교·분석

구 분	2023년 정밀안전점검	2025년 정밀안전점검	2026년 정밀안전진단
환산결함도점수	0.224	0.192	0.201
상태평가결과	B	B	B
총 평	●금회 정밀안전진단 결과, 북삼교의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다. ●전회(2025년) 정밀안전점검과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.192에서 0.201로 0.009 증가하였으며, 상태평가 등급은 “B” 로 동일하게 평가되었다. ●환산결함도 점수가 증가한 주요 원인은 전회 점검과 비교 시 정밀조사로 인한 바닥판하면, 거더, 교대, 교각, 교량받침, 신축이음 등의 신규 손상으로 인하여 전체 환산결함도 점수가 증가한 것으로 판단된다.		

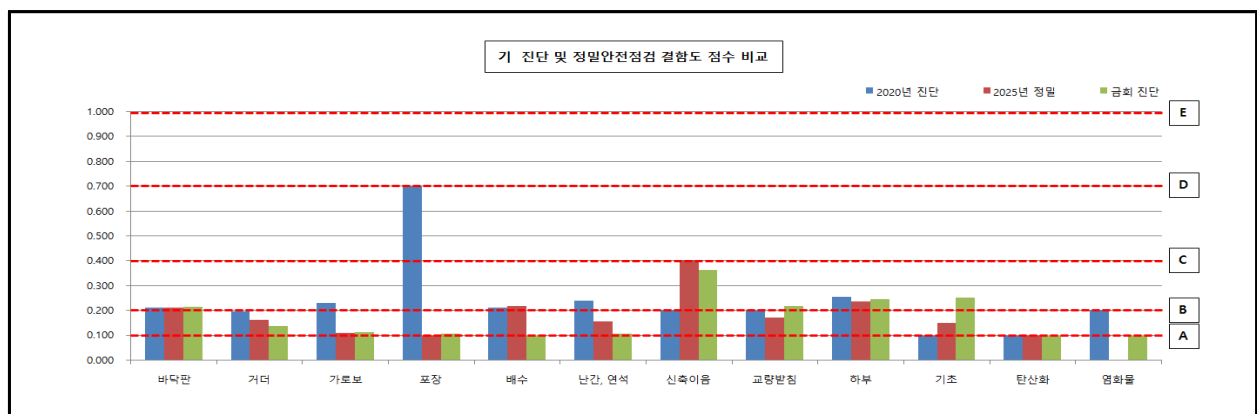
4.2.3 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 비교

상태평가 결과, 기준 “B” 등급으로 평가되었으며 2020년 정밀안전진단 이후 일부 부재에 대해 보수 후 2025년 정밀안전점검 이후 일부 부재에 대한 신규 손상이 조사되었다. 손상중 중대한 결함에 해당되는 손상은 없는 것으로 평가되었다.

기 정밀안전점검 이후 바닥판하면 균열, 거더 부식, 교면포장 아스콘 균열, 하부구조 균열, 단면 손상 증가 등에 의해서 환산결함도 점수가(0.192 ⇨ 0.201) 소폭 증가된 것으로 검토되었다.

【표 4.19】 기 진단 및 정밀안전점검 상태평가 결함도 점수 비교

구 분		2020년 진단		2025년 정밀		금회 진단		결함도 점수 변화요인
		등급	평균	등급	평균	등급	평균	
상부구조	바닥판	a~c	0.210	a~c	0.210	a~c	0.214	·보수실시, 단면손상 증가 → 결함도 점수 증가
	거더	a~b	0.195	a~c	0.162	a~b	0.138	·보수실시, 단면손상 증가 → 결함도 점수 감소
2차부재	가로보	b~c	0.229	a~b	0.110	a~b	0.114	·보수실시, 신규 단면손상 → 결함도 점수 증가
기타부재	포장	d	0.700	a	0.100	a~b	0.105	·신규손상 → 결함도 점수 증가
	배수	b~c	0.210	b~c	0.219	a	0.100	·보수실시 → 결함도 점수 감소
	난간, 연석	a~c	0.238	a~c	0.157	a~b	0.105	·보수실시 → 결함도 점수 감소
	신축이음	b~c	0.200	c	0.400	a~c	0.363	·보수실시 → 결함도 점수 감소
받침	교량받침	a~c	0.200	a~b	0.171	a~d	0.218	·균열, 단면손상 증가 → 결함도 점수 증가
하부구조	하부	b~c	0.255	a~c	0.236	a~c	0.245	·보수실시, 균열, 단면손상 증가 → 결함도 점수 증가
	기초	a~b	0.100	a~c	0.150	a~c	0.250	·균열, 단면손상 증가 → 결함도 점수 증가
내구성 요소	탄산화	a	0.100	a	0.100	a	0.100	·변동없음
	염화물	a	0.200	X	N/A	a	0.100	·변동없음
합 계		B	0.234	B	0.192	B	0.201	·(결함도 점수 평균 × 가중치) / 가중치합



【그림 4.1】 기 진단 및 정밀안전점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교

제5장 재하시험

5.1 개요

5.2 재하시험 계획 및 실행

5.3 정적재하시험

5.4 동적주행시험

5.5 재하시험 결과분석

제 5 장 재 하 시 험

5.1 개요

본 과업은 북삼교에 대한 재하시험(정·동적 거동 평가)을 실시하여, 구조물 거동값(처짐 및 고유진동수 등)을 측정하고 그 결과를 토대로 구조물의 안전성 평가 및 내하력 평가를 실시하는데 그 목적이 있다.

5.1.1 일반

재하시험의 목적은 교량의 실제 내하력을 정량화시키기 위함이며, 재하시험의 결과는 이론적인 방법으로 평가된 교량의 내하력을 보완하는데 적용된다.

재하시험은 정적 및 동적재하시험으로 구분하여 실시하되 의사정적재하시험을 실시하는 경우에는 정적재하시험을 생략할 수 있다. 재하시험을 시행할 경우에는 시험방법, 시험하중, 계측기기의 운영, 시험원의 자격요건 및 안전조치계획 등을 포함한 신중한 계획이 이루어져야 한다.

내하력평가에서 재하시험의 세부목적은 다음과 같다.

- 1) 교량의 실제 정적 및 동적거동 평가
- 2) 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토
- 3) 새로운 해석방법 및 설계기법의 검증
- 4) 교량의 결함원인의 분석 및 규명
- 5) 해석에 의한 내하력이 작은 경우 실제거동을 반영한 내하력을 결정하여 교량 유지관리의 경제성 향상
- 6) 보수·보강 효과 확인
- 7) 교량의 동특성(진동수, 진동모드 및 감쇠비 및 충격계수)평가
- 8) 설계도서 및 보수·보강 이력자료가 미비한 교량의 내하력평가

5.1.2 재하시험 대상교량 선정

내하력평가 과정에서 재하시험 대상교량은 내하력평가 목적, 교량상태평가 및 선행 구조해석 결과와 다음에 기술한 사항을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다.

가. 재하시험이 필요한 경우

- 1) 설계도서가 충분치 않아 교량의 내하력 및 거동을 이론적인 방법만으로 평가할 수 없는 경우
- 2) 교량의 구조계에 변경이 있는 보강을 실시하였거나 일부 부재가 원 설계와 다른 부재로 교체되어 교량의 전체적인 거동을 이론적인 방법만으로 해석하기 어려운 사유가 있는 경우
- 3) 이론적인 방법으로 평가한 교량의 내하력이 관리주체가 정한 관리수준 목표 이하여서 교량의 실제 여유 내하력을 평가하고자 하는 경우
- 4) 교량의 노후화, 구성재료의 전반적인 열화와 주요 부재의 손상 등의 사유로 인하여 이론적인 방법만으로 교량의 정확한 내하력평가가 불가능하다고 판단되는 경우
- 5) 최초로 실시하는 정밀안전진단인 경우 교량의 초기 동적특성 등 초기치 확보측면에서 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다. 단 「건설공사 안전관리 업무수행 지침」에 따른 초기점검(이하 “초기점검”이라 한다.)에서 실시한 경우는 제외한다.
- 6) 기타 교량의 동적 특성을 평가하고자 하는 경우

나. 재하시험이 적합하지 않은 경우

- 1) 상태평가결과가 양호하고, 이론적인 방법으로 평가한 내하력이 관리수준 목표를 상당히 초과하는 경우
단, 초기점검에서 실시하는 재하시험은 예외로 한다.
- 2) 교량의 심각한 노후화 또는 손상이 진행되어 긴급한 보강이 필요한 경우
단, 보강 후에는 필요한 경우 재하시험을 실시하여 보강효과를 확인토록 한다.
- 3) 평가자가 판단할 때 내하력평가에서 재하시험이 불필요한 경우

5.1.3 재하시험 계획

가. 시험경간 선정

- 1) 시험경간은 주형의 손상상태, 신축이음의 상태, 받침상태, 보수 및 보강이력 등을 고려하여 종합적으로 가장 취약하고 최대응답이 발생할 것으로 예측되는 경간을 선택함을 원칙으로 하되 교량 총 연장에 따라 시험경간 개소를 증가시킬 수 있다.
- 2) 상부구조가 2개 이상의 형식으로 구성되었거나 연속교와 단순교의 조합으로 구성된 경우, 형식별로 1개 경간을 선정하여 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다.
- 3) 단, 주 형식 이외의 나머지 형식이 주 형식의 일부로 분류 가능하거나 손상 및 노후상태, 하부구조상태, 구성비율, 보강이력 등을 고려할 때 재하시험의 필요성이 없는 경우는 예외로 한다.
- 4) 국부적 충돌사고 및 손상, 일부 경간의 보강효과 검증 등 특수한 목적을 위한 재하시험은 예외로 한다.

나. 계측기 및 센서의 부착

- 1) 대상교량의 구조형식 및 계측 목적에 따라 센서 및 계측기의 종류, 부착위치 및 개소수, 재하하중, 시험회수 등을 결정한다.
- 2) 계측기와 센서는 압축인장 휨변형률, 전단변형률, 최대처짐, 진동 및 동적특성, 균열거동 등을 계측하기 위하여 부착한다.
- 3) 4차로 이하 교량의 경우 계측기와 센서의 부착 위치는 시험경간 내 전 거더를 대상으로 하며 4차로 초과인 경우는 예외로 한다.
슬래브교의 경우 시험트럭의 축간거리 간격만큼 이격시켜 전폭에 대하여 계측기와 센서를 부착함을 원칙으로 하며, 특수교량이나 박스교의 경우는 시험목적에 맞게 결정한다.
- 4) 연속교의 경우 하중 영향범위를 고려하여 정·부 모멘트부에 공히 계측기와 센서를 부착하는 것을 원칙으로 한다.
- 5) 센서를 부착할 경우 직사광선, 습기, 이물질에 의한 손상 및 간섭을 받지 않도록 방습 및 보호처리를 한다.

다. 재하하중 선택

- 1) 재하하중은 교량의 형식과 설계활하중 및 노후정도를 고려하여 하중재하로 인한 계측효과를 충분히 얻을 수 있도록 재하하중을 정하여야 한다. 그리고 전륜/후륜의 축중은 현행법상 과적기준을 초과하지 않으며, 건설기준코드(구 도로교설계기준)의 규정을 벗어나지 않는 범위 내에서 시험 중 중량의 변화가 없는 토사를 적재한 덤프트럭을 사용한다.

단, 교량의 노후 및 손상정도가 심하여 재하시험으로 추가적인 손상이 우려되는 경우는 선행 구조 해석을 통하여 시험차량의 중량을 결정하는 것이 바람직하다.

2) 시험차량은 성능이 양호한 차량을 선택하며, 차량에 대한 제원과 축중을 정확히 파악한다. 4차로 이상의 교량은 2대 이상을 교폭 또는 교축방향으로 동시에 재하시켜 시험하는 것이 바람직하며, 이때 트럭간 총중량의 차이는 최소화하고 가급적 같은 모델의 차량을 사용하는 것이 좋다.

3) 우천시에는 우수로 인한 적재물의 중량 증가를 방지할 수 있도록 덮개를 씌우고, 시험 종료 후 하중증가가 우려되는 경우 축중을 재측정한다.

라. 재하시험 계획

1) 재하시험 시기는 교량의 주변여건, 교통량, 보행자의 안전 등 경제적, 사회적 손실을 고려하여 교통통제의 영향이 적은 시간대를 선정한다.

2) 우천 시나 대기온도가 계측기의 작동범위를 벗어날 때는 적절한 대책을 마련하지 않는 한 재하시험을 실시하지 않는다.

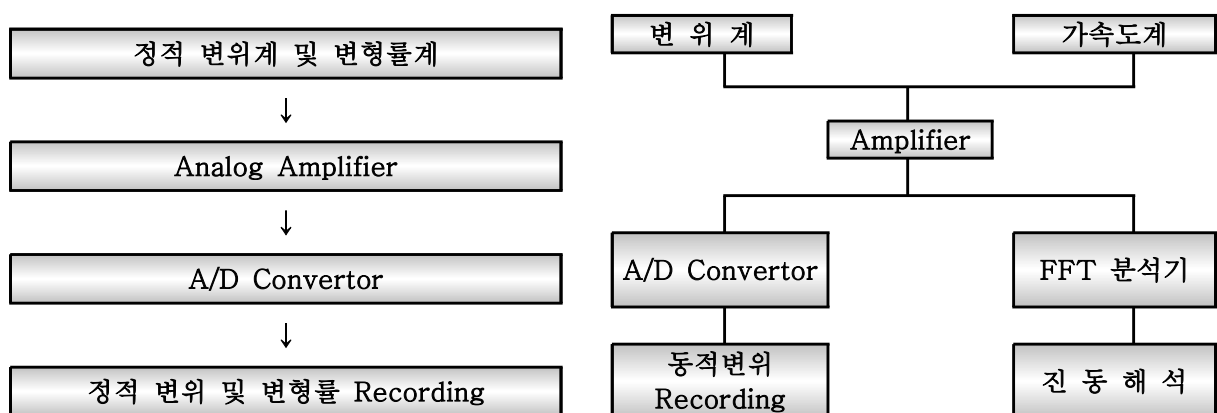
마. 안전계획

1) 재하시험원 및 교통통제원은 주야간 모두 육안으로 식별이 가능한 복장을 착용한다.

2) 차량의 안전운행을 위하여 각종 교통통제용 안전간판, 비상조명등, 보조장비를 설치하여 운영한다.

3) 재하시험 종료 후 부분적으로 훼손된 교량표면을 원상 복구한다.

바. 정·동적 재하시험의 측정체계는 <그림 5.1>과 같다.



【그림 5.1】 정·동적 재하시험 측정체계

5.1.4 정적 재하시험

정적재하시험은 센서의 부착, 측정장비와 센서의 연결, 측정장비 및 센서의 점검, 시험차량의 중량 및 제원확인, 재하위치 표시, 교통통제 등이 완료되면 시작하도록 한다.

정적재하시험은 다음과 같은 목적에 따라 정적처짐 또는 정적변형율을 측정한다.

- 1) 중립축 위치 판단
- 2) 하중의 횡분배
- 3) 주형과 바닥판과의 합성 작용
- 4) 부재의 강성
- 5) 응력 및 처짐의 영향선
- 6) 계산응력과 측정응력의 비교

가. 시험방법

- 1) 재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- 2) 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 전혀 재하되지 않은 상태에서 매 재하경우마다 0점 조정을 실시하여 시험결과를 정리할 때 반영토록 한다.
- 3) 상부구조의 진동, 소음, 충격 등이 측정결과에 영향을 미칠 수 있으므로 시험차량은 시동을 끈 후 구조체의 응답시간을 고려하여 약 1분 정도의 측정대기 시간을 가진 후 측정하는 것이 좋다.
- 4) 재하경우별로 2회 이상 반복측정을 실시하는 것이 바람직하다.
- 5) 활하중 재하위치는 설계조건, 차로조건을 고려하여 계측 대상부재에 최대응답이 발생하도록 결정하고, 대칭성과 중첩성을 확인할 수 있는 재하조건을 적어도 1회 이상 실시하는 것으로 한다.
- 6) 전면 교통통제에 따른 차량지체가 예상되고, 교통사고의 가능성이 높은 경우에는 재하횟수를 합리적으로 줄여서 시행할 수 있으며, 재하차량을 차로별로 주행시켜 시험하는 의사정적 재하시험을 수행할 수 있다.

나. 정적처짐

정적처짐의 측정위치는 대상교량의 규모와 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

각 주형의 지간 중앙부에는 반드시 측점을 설치하고 필요에 따라 경간의 1/4지점, 3/4지점 (또는 1/3지점, 2/3지점) 등 측점수를 증가 시킨다.

다. 정적변형률

정적변형률의 측정위치는 대상교량의 구조적 특성과 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

5.1.5 동적 재하시험

교량의 동적재하시험은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

시험차의 주행에 따른 동적응답으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적 특성을 구하기 위한 시험이 있다.

가. 차량 주행시험

- 1) 특수한 목적을 제외하고 동적재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- 2) 정적재하시험용 계측기와 동적재하시험용 계측기가 상이한 경우 계측기의 측정오차를 검정하기 위하여 동적재하시험용 계측기를 사용하여 정적재하시험과 동일한 1개 재하 경우를 선택하여 정적재하시험을 실시한다.
- 3) 시험차량의 주행속도는 상행차로와 하행차로에서 각각 최저 10km/h에서부터 현장여건상 가능한 최대 주행속도까지 10km/h 간격으로 속도를 증가시키면서 교량의 동적응답신호를 측정한다.
- 4) 측정결과를 이용하여 교량의 충격계수, 동적변형률, 가속도, 진동주기, 고유 진동수에 따라 사용성 측면에서의 교량진동 특성을 분석한다.
- 5) 동적주행시험 결과로부터 산정된 실측충격계수가 『도로교설계기준』에서 규정한 충격계수의 적용한계($i = 0.3$)를 초과하는 경우에는 원인을 분석하여야 한다.
- 6) 무손상인 경우 측정 고유진동수가 해석 고유진동수를 다소 상회하는 경우가 일반적이며, 차이가 큰 경우 해석 모델 재검토를 통해 원인 분석을 하여야 한다.

나. 동적특성 시험

- 1) 교량의 동적특성 즉 고유진동수, 감쇠율, 모드형상을 구하는 시험으로써 상시 미진동, 주행차량에 의한 진동, 가진기에 의한 진동 등을 가속도계 및 변위계로 측정하는 시험이다.
- 2) 장대교의 경우 내진안전도, 내풍안전도를 평가함에 있어 대상교량의 동특성이 기본자료로 활용되며 공용중인 교량에서 기간 경과에 따른 동특성의 차이는 교량의 손상정도를 평가하는데 사용될 수 있다.

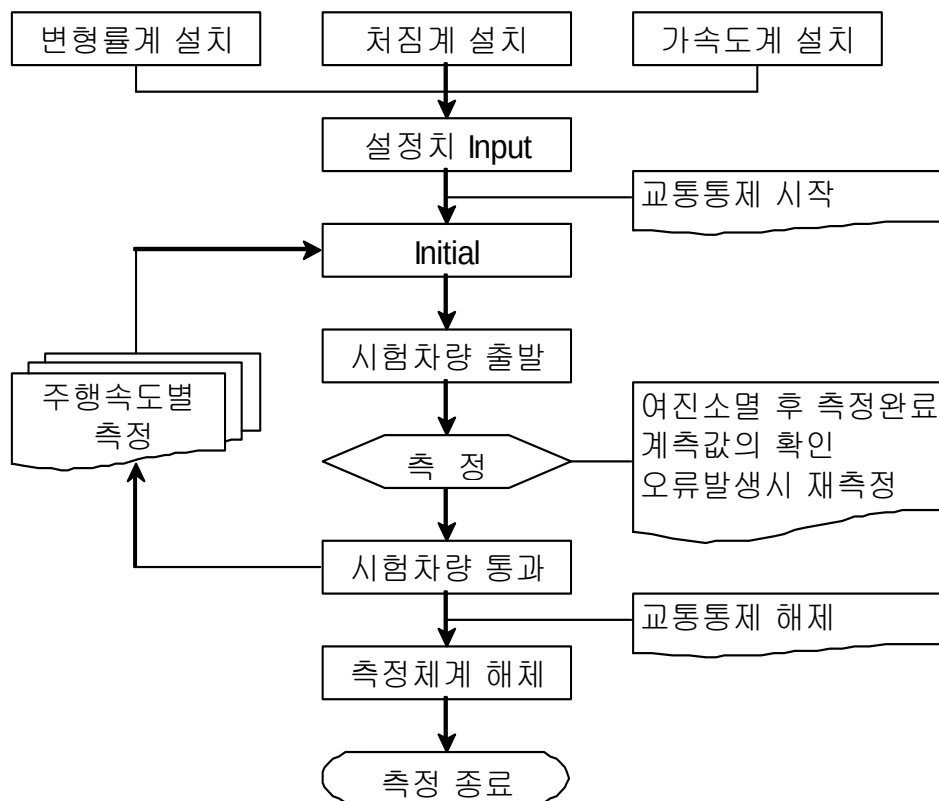
5.1.6 의사정적재하시험

의사정적재하시험은 동적재하시험과 마찬가지로 차량주행시험을 실시하여 계측된 응답파형으로부터 정적응답을 간접적으로 유추하는 재하시험 방법으로서 동적 측정장비를 이용할 수 있고 정적재하시험에 비하여 차량통제가 용이하기 때문에 재하시험 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

따라서 의사정적재하시험은 평가대상 교량의 현장여건, 교통량 등을 감안하여 차량의 전면교통통제를 실시하는 것이 바람직하지 않다고 판단될 때 실시하도록 한다.

의사정적재하시험은 다음과 같은 요령으로 실시한다.

- 1) 시험대상 교량에 정적재하시험과 같은 요령으로 재하경우별로 재하위치를 표시한다.
- 2) 시험대상 교량 전후방에 신호 및 교통통제요원을 배치하고 차량의 통행이 없는 시기에 시험차량을 교량으로 유도하여 재하위치를 통과하도록 한다.
- 3) 차량의 통행이 없는 시기를 확보하기 곤란한 경우에는 시험차량의 전후방에 주행유도 차량을 운행하여, 시험차량이 평가대상교량을 통과할 때까지 다른 차량의 교량진입을 통제한다.
- 4) 의사정적재하시험에서 시험차량의 속도는 약 10km/h 이내의 속도를 유지하도록 한다.
- 5) 의사정적시험에서 계측된 데이터에서 동적효과를 제거하여 정적효과를 구한다.



【그림 5.2】 재하시험의 절차

5.2 재하시험 계획 및 실행

5.2.1 재하시험 장비

본 교량의 재하시험에 사용될 측정기기 및 센서의 종류는 아래의 【표 5.1】 및 【표 5.2】와 같다.

【표 5.1】 재하시험 측정기기

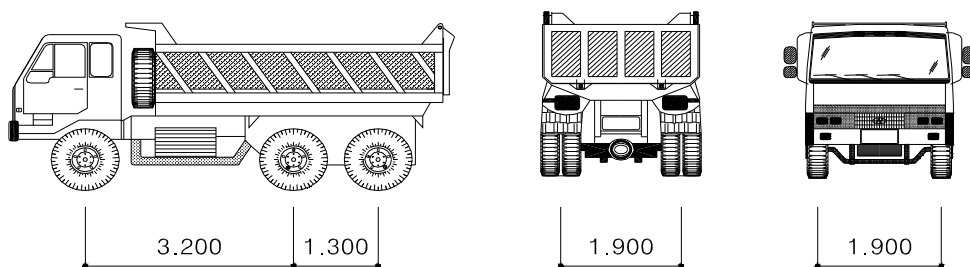
기 기 명	모 델 명	용 도	비 고
Strain Meter	STC-16NB	정·동적 변형률, 변위 및 가속도 측정기	한국, 삼연기술
Software	SAS97	데이터 획득 및 저장 프로그램	한국, 삼연기술
Notebook PC	Samsung Sens	데이터 저장 및 분석용 하드웨어	한국, 삼성

【표 5.2】 센서의 종류

센 서 명	모 델 명	용 도	비 고
Strain Gauge	PL-60-11-1L	콘크리트 변형률 측정	일본, TML사
Displacement Meter	OU-30	정·동적 변위 측정	일본, TML사
Accelerometer	ARF-20A	가속도 측정 (1축)	일본, TML사

5.2.2 시험차량 제원 및 축중

재하차량은 덤프트럭에 모래를 적재한 총중량 약 27.5톤의 덤프트럭 1대를 사용하였고, 시험에 이용된 시험트럭의 총중량은 설계하중의 약 64% 수준이다. 【그림 5.3】 , 【표 5.3】 에 재하차량의 제원 및 축중을 나타내었다.



【그림 5.3】 재하차량 제원

【표 5.3】 재하차량 제원

구 분	총중량 (tonf)	전륜 (tonf)	중륜 (tonf)	후륜 (tonf)	비 고
15ton 덤프트럭	27.500	7.600	9.950	9.950	

5.2.3 시험경간의 선정

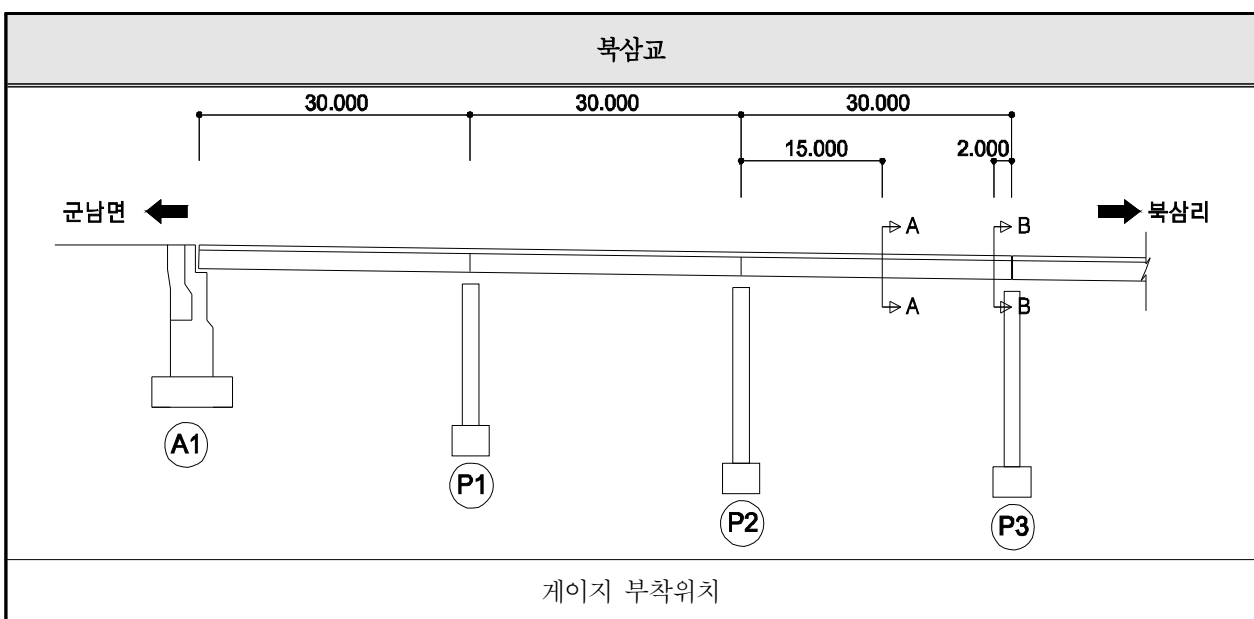
본 교량은 PSCI Girder교 형식으로 이루어진 교량으로서 금회 정밀안전진단 재하시험 구간은 현장 조사 시 내하력 저하 등이 발생할 수 있는 손상은 발견되지 않아 최대 단면력의 발생 위치 및 현장 작업 여건과 전차(2020년 정밀안전진단)와의 용이한 비교를 위해 【표 5.4】 , 【그림 5.4】와 같이 S3구간을 선정하였다.

【표 5.4】 재하시험 대상경간

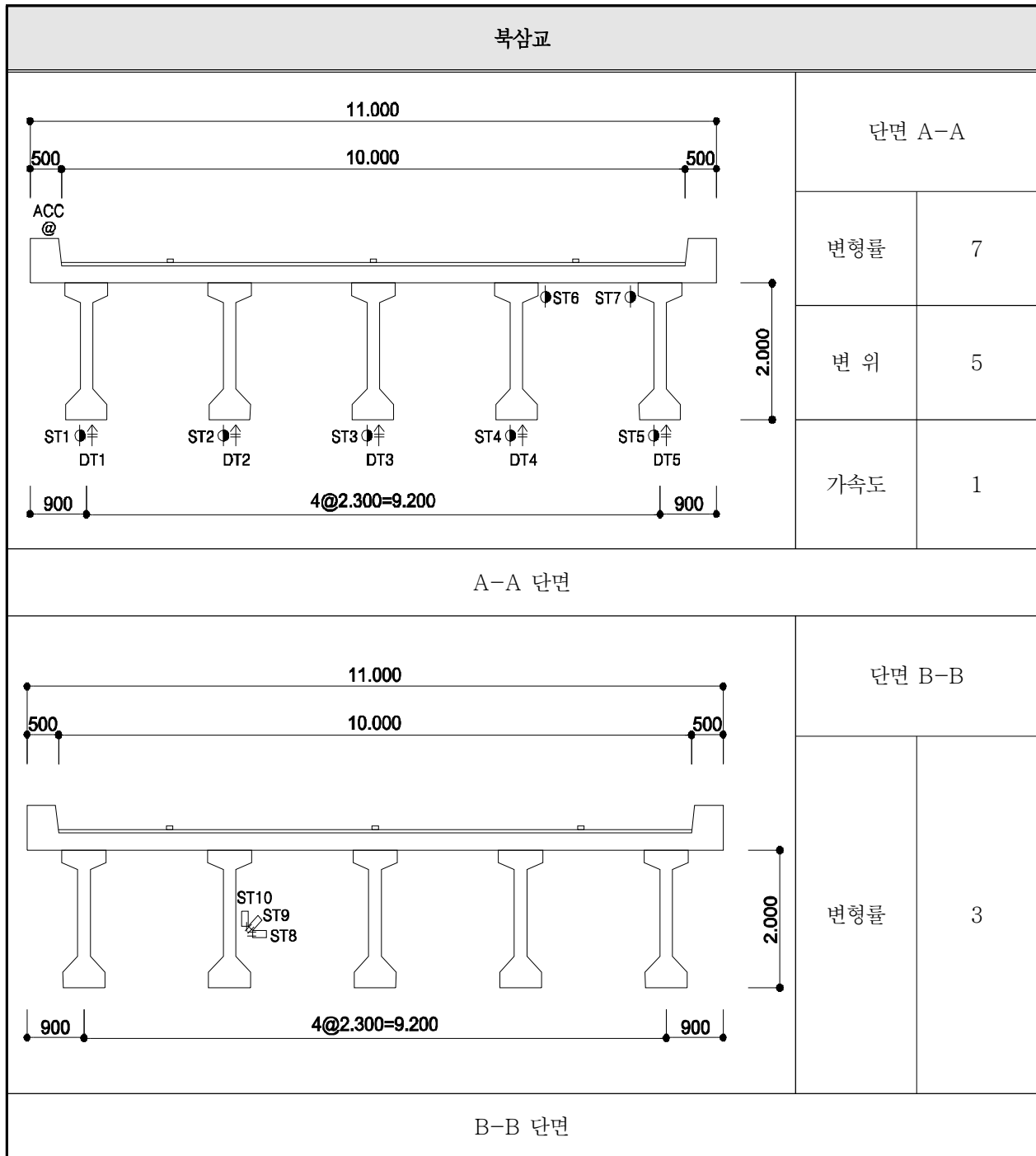
측정 경간		시험 항목	선정 사유
PSCI Girder	S3	- 정적 재하시험 - 동적 주행시험	- 전차(2020)와 동일위치 - 게이지 설치 용이

5.2.4 측정 센서의 부착위치

대상 경간의 구조적 최대처짐(변위) 및 모멘트 발생구간에 대해 게이지를 부착 및 재하시험을 계획을 수립하여 다음과 같이 도식화 하였다.



【그림 5.4】 게이지 부착위치



【그림 5.4】 게이지 부착위치(계속)

【표 5.5】 재하시험 구간 Gauge 번호, 부착위치 및 목적

구분	센서명	센서 NO	부착위치	비고
단면 A-A S3 정모멘트부	처짐계	DT1	G1 거더 하면	S3 처짐 측정
		DT2	G2 거더 하면	
		DT3	G3 거더 하면	
		DT4	G4 거더 하면	
		DT5	G5 거더 하면	
	변형률계	ST1	G1 거더 하면	S3 변형률(응력) 측정
		ST2	G2 거더 하면	
		ST3	G3 거더 하면	
		ST4	G4 거더 하면	
		ST5	G5 거더 하면	
		ST6	G4 거더 상면	
		ST7	G5 거더 상면	
	가속도계	ACC	S3 좌측 연석	고유진동수 측정
단면 B-B S3 전단부	변형률계	ST8	G2 거더 측면	전단 응력 측정
	변형률계	ST9	G2 거더 측면	
	변형률계	ST10	G2 거더 측면	

【사진 5.1】 재하시험 현황

	
처짐 게이지 설치현황	처짐 게이지 전경
	
변형률 게이지 설치현황	전단 게이지 설치현황
	
가속도 게이지 설치현황	재하시험 장비 운영현황
	
재하시험 차량(정적재하시험)	재하시험 차량(동적재하시험)

5.3 정적재하시험

5.3.1 시험방법 및 결과

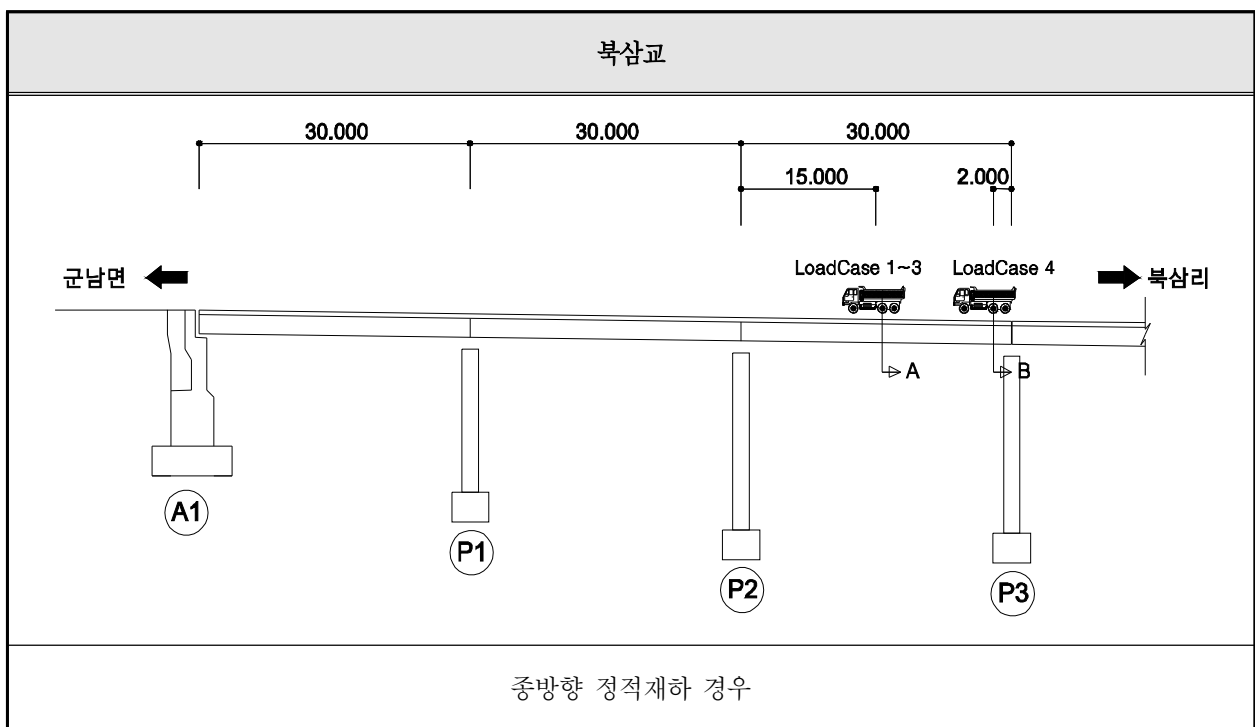
가. 시험방법

정적재하시험의 경우 1대의 재하차량을 이용하여 북삼리(A2)에서 군남면(A1)방향으로 진행하며 LC1 ~ LC4 까지 총 3개의 하중조합으로 실시하였다.

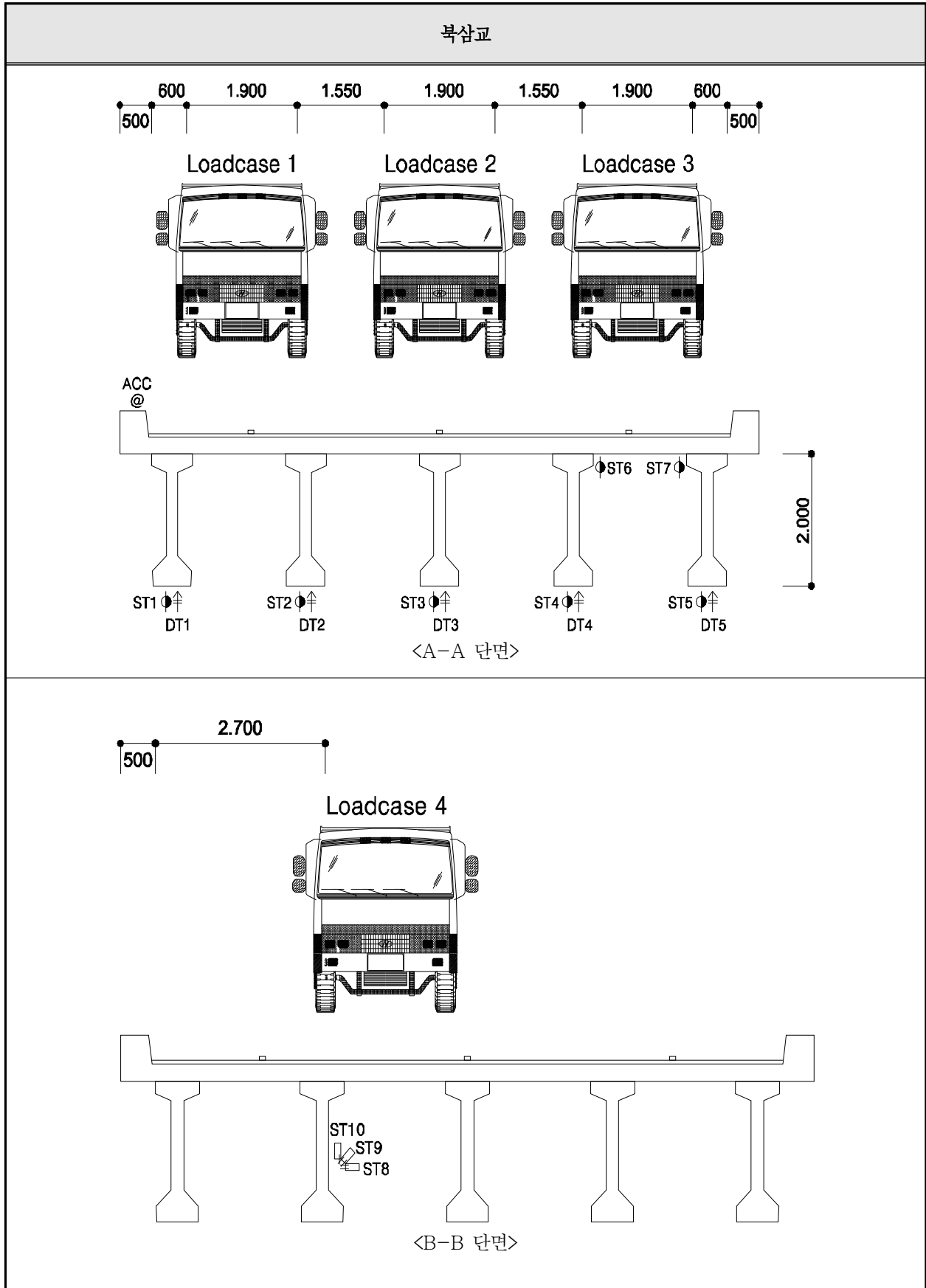
정적재하시험의 재하경우는 다음 【표 5.6】과 같으며 【그림 5.5】은 차량 재하 방향 및 Load Case별 시험차량 위치를 나타내었다.

【표 5.6】 정적재하시험 하중 재하 경우

재하경우	주행방향	재하경간	비 고
LC1~LC4	북삼리(A2) → 군남면(A1)	S3	1대



【그림 5.5】 Load Case별 재하위치



【그림 5.5】 Load Case별 재하위치(계속)

나. 정적재하시험 결과

본 교량에 대한 정적재하시험의 측정결과는 아래 【표 5.7】 ~ 【표 5.8】 과 같다.

【표 5.7】 변위 측정 결과(mm)

구 분	하중경우	3경간(L/2 지점)			비 고
		LC1	LC2	LC3	
	DT1	1.415	0.570	-0.077	
	DT2	1.050	0.646	0.302	
	DT3	0.658	0.747	0.672	
	DT4	0.297	0.729	1.074	
	DT5	-0.074	0.691	1.399	

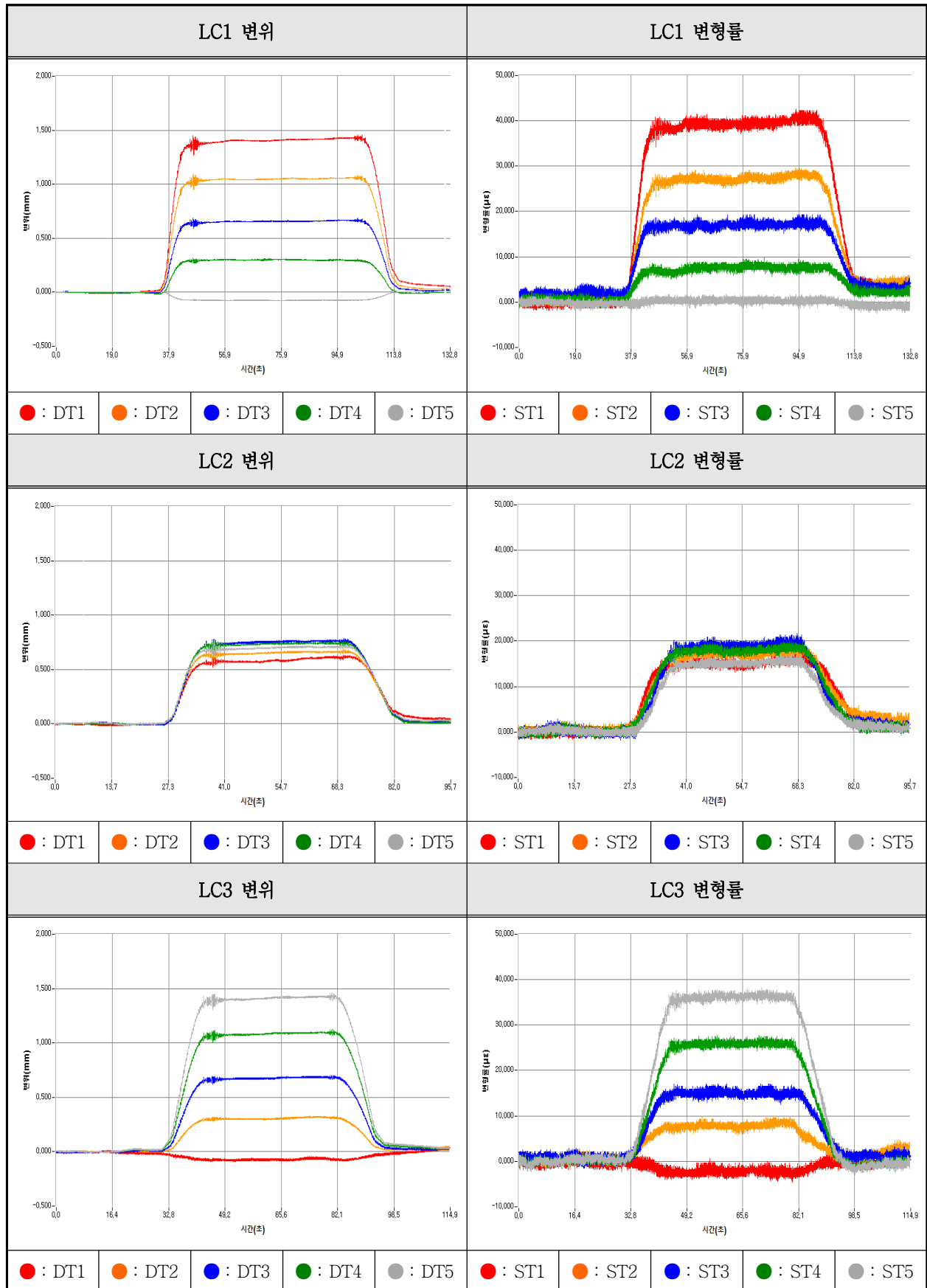
※ (+) : 하향처짐, (-) : 상향솟음

【표 5.8】 변형률 측정 결과($\mu \epsilon$)

구 분	하중경우	3경간(L/2 지점)			비 고
		LC1	LC2	LC3	
	ST1	39.588	15.136	-2.030	
	ST2	27.355	17.297	7.953	
	ST3	17.085	18.983	14.852	
	ST4	7.531	18.186	25.751	
	ST5	0.331	15.187	36.050	
	ST6	-0.414	-4.003	-7.283	
	ST7	-0.061	-3.573	-10.995	

※ (+) : 인장, (-) : 압축

정적재하시험 실시결과, 최대 변위 및 최대 변형률은 LC1 재하시 DT1과 ST1에서 각각 1.415mm, 39.588 $\mu \epsilon$ (인장)로 측정되었다.



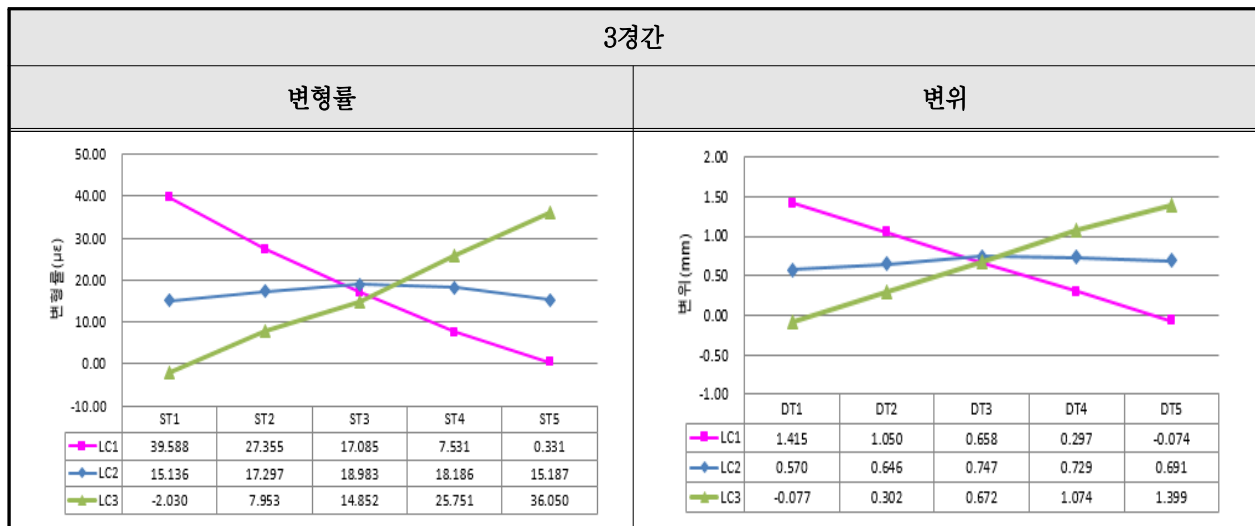
【그림 5.6】 Load Case별 측정 데이터

다. 계측결과의 분석

1) 횡방향 거동 특성

대칭성이란 대칭구조의 교량부재에 하중을 대칭으로 재하시, 측정결과는 대칭성을 보여주게 되는데, 측정값이 합리적이고 충분한 신뢰성을 가지고 있다면 교량의 대칭거동 분석을 통해 구조물의 하중분배, 이상거동 유무를 판단하여 교량의 건전성을 판단하는 기초자료로 활용할 수 있다. 본 교량에 대한 횡분배 특성 분석 및 대칭성 분석결과 아래 그림과 같이 미세한 센서의 차이, 차량 재하시 재하위치의 오차 등을 감안할 때 대칭성 분석을 통한 본 교량의 거동상태는 비교적 양호한 상태로 판단되므로 본 정적재하시험 계측결과의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

【표 5.9】 횡방향 거동분포



2) 중립축 위치분석

계측값에 의한 중립축 분석의 경우 거더의 상·하연에 부착한 변형률계의 계측값을 계산치와 비교를 통해 정확한 중립축 위치를 나타내기보다는 경향을 파악하기 위한 수단으로 사용하는 것이 적절하다.

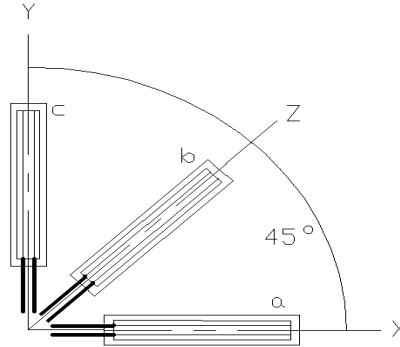
중립축 위치 분석결과 【그림 5.6】에서 보는바와 같이 거더의 하연으로부터 1.533m~1.559m 범위로 이론상의 중립축 위치보다 다소 상연에 위치한 것으로 분석되었으며 이는 이론적인 방법으로 중립축 산정시 고려되지 않은 포장, 방호벽 등이 실제로는 상부구조와 일체적인 거동을 하기 때문에 다소 상향으로 평가된 것으로 거더와 바닥판의 합성거동은 양호한 상태로 판단된다.

구분		중립축		비고
3경간	ST4-ST6 (LC3) (G4)	하연으로부터의 중립축 위치 = 1.559		이론 : 1.443
	ST5-ST7 (LC3) (G5)	하연으로부터의 중립축 위치 = 1.533		이론 : 1.396

【그림 5.7】 중립축 위치분석

3) 전단 변형률 평가

거더의 수직전단변형률($\mu \epsilon$)을 구하기 위해 로우젯게이지를 거더의 지점부에 부착하여 수직, 수평 그리고 45° 에서의 변형률을 측정하였다. 측정된 결과는 다음과 같다.



【그림 5.8】 전단 게이지

단부변형률 측정 결과로부터, 전단변형률, 수직전단응력을 허용전단응력과 비교한 결과는 다음과 같다.

·콘크리트 설계기준강도(MPa) : $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$

·탄성계수(MPa) : $E_c = 30,008 \text{ MPa}$

·포아송비 : $\nu = 0.167$

·전단탄성계수(MPa) : $G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{30,008}{2(1+0.167)} = 12,861 \text{ MPa}$

·수직전단변형률($\mu \epsilon$) : $\epsilon_{xy} = 2\epsilon_b - (\epsilon_a + \epsilon_c)$

·수직 전단응력(N) : $v_{xy} = 1 \times 10^{-6} G \gamma_{xy}$

·최대 전단응력(N) : $v_{\max} = 2 \times 10^{-6} \times G \times \sqrt{\left(\frac{\epsilon_a - \epsilon_c}{2}\right)^2 + \left(\epsilon_b - \frac{\epsilon_a}{2} - \frac{\epsilon_c}{2}\right)^2}$

·허용 전단응력(N) : $v_{ca} = 0.08 \sqrt{f_{ck}} = 0.506 \text{ N}$

【표 5.10】 수직전단 변형률 및 전단응력 계산결과

구 분	$\epsilon_{xy} (\mu\epsilon)$	$v_{xy} (N)$	$v_{\max} (N)$	$v_{ca} (N)$	판정
G2	-2.545	-0.033	0.060	0.5060	OK

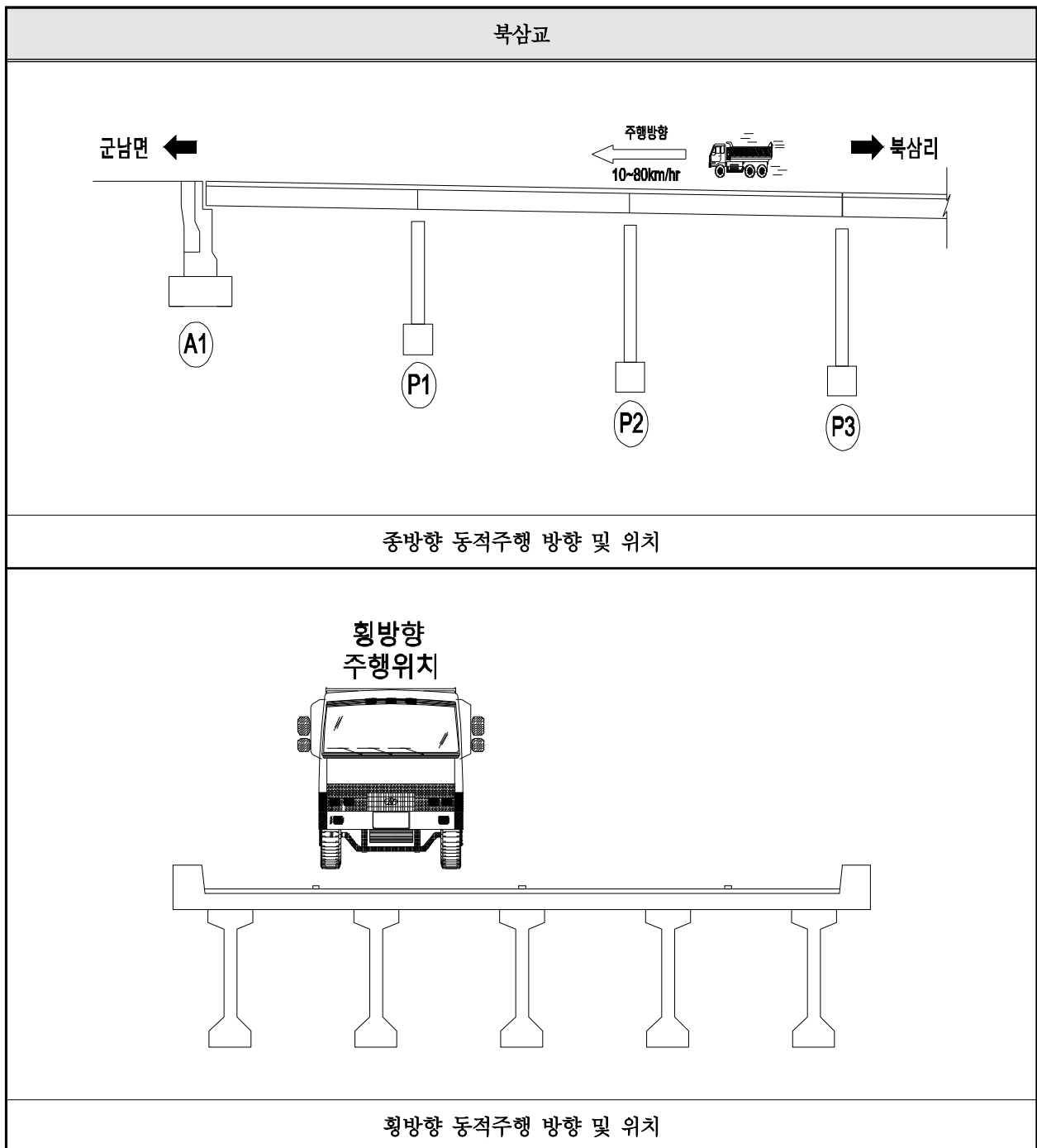
거더 단부의 수직전단응력 및 최대전단응력은 모두 허용응력 이내로 측정되어 안전한 상태인 것으로 판단된다.

5.4 동적주행시험

5.4.1 시험방법 및 결과

가. 주행시험 및 재하 경우

동적재하시험은 충격계수와 고유진동수 측정을 위하여 실시하였으며, 재하차량을 이용하여 10km/h에서 주행 가능한 최대속도 80km/h까지 속도를 증가하여 측정하였으며, 주행속도 및 주행 방법은 【그림 5.9】에 나타내었다.



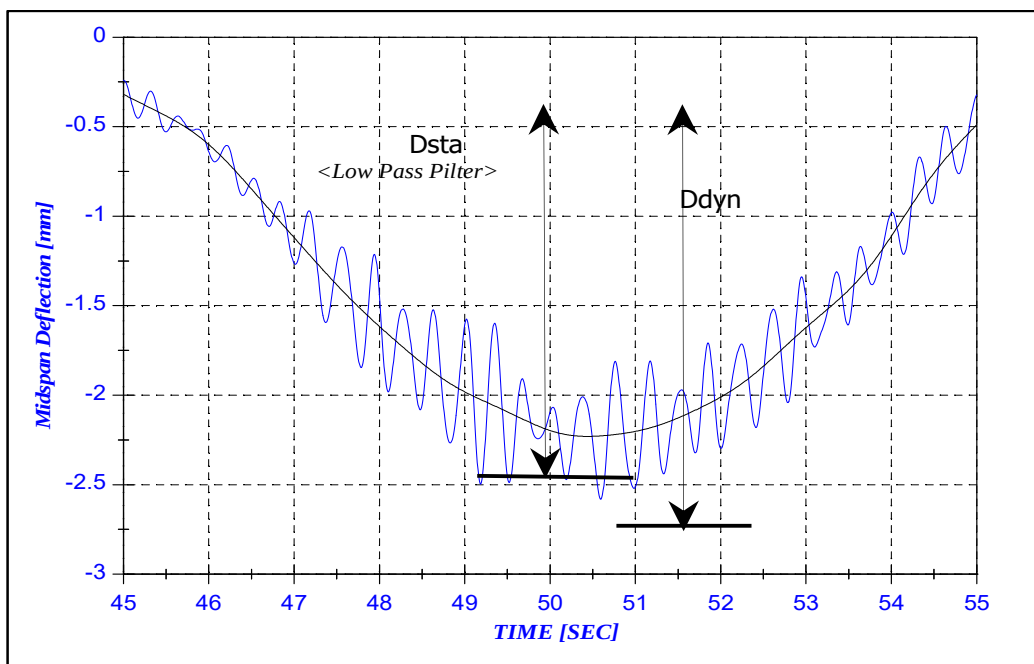
【그림 5.9】 동적 주행 방향 및 위치

나. 실측충격계수 분석

충격계수 산정시 5~10km 정도의 서행에 의한 응답을 정적응답치로 간주하고 이 값을 기준으로 속도별 응답치를 이용하여 충격계수를 산정하는 방법이 일반적으로 사용되나, 최초 서행시와 매 속도마다의 응답은 운전자의 숙달, 습관, 주행위치 이격 등으로 달라질 수 있다. 따라서 각 속도별 동적응답을 1.0Hz이하의 Low Pass Filter로 필터링하여 정적 응답곡선을 구하고 필터링 전후의 값을 이용하여 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

산정방법은 【그림 5.9】와 같이 동적주행 시험의 각 속도별의 동적응답 곡선을 Low Pass Filter에 의해서 필터링한 최대정적응답 <Dsta(max)> 곡선을 기준으로 계측 최대 동적응답치 <Ddyn(max)> 와 비교하여 실측충격계수를 산정한다.

$$\text{동적증폭율 (D.L.F)} = \frac{D_{dyn}}{D_{sta}(\max)}, \quad \text{실측충격계수 } i = D.L.F - 1$$



【그림 5.10】 응답 이력곡선

다. 동적재하시험 결과

1) 주행속도별 변위 측정결과

동적재하시험 결과 시험차량에 의해 발생된 최대 변위는 80km/h 주행시 DT1에서 1.228mm로 나타났다.

【표 5.11】 속도별 변위 측정결과

구 분 주행속도	3경간(L/2 지점)					비 고
	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	
10km/h	0.976	0.884	0.720	0.500	0.286	
20km/h	1.054	0.950	0.759	0.541	0.250	
30km/h	0.987	0.891	0.711	0.481	0.251	
40km/h	1.075	0.972	0.774	0.520	0.235	
50km/h	1.017	0.927	0.710	0.475	0.267	
60km/h	1.150	1.000	0.757	0.498	0.227	
70km/h	1.060	0.976	0.804	0.575	0.287	
80km/h	1.228	1.074	0.83	0.563	0.295	

2) 주행속도별 충격계수 분석

충격계수 산정은 교량의 전반적인 거동을 대변하는 변위 값을 이용 하였으며, 주행 위치에서 벗어나 응답 값이 적은 변위 게이지는 제외하였다. 북삼교 충격계수 측정결과를 다음과 같다.

【표 5.12】 실측 충격계수

하중재하경우		북삼교		
		DT1	DT2	DT3
10km/h	Ddyn	0.976	0.884	0.720
	Dsta	0.937	0.858	0.694
	충격계수(i)	0.042	0.030	0.037
20km/h	Ddyn	1.054	0.950	0.759
	Dsta	0.979	0.884	0.705
	충격계수(i)	0.077	0.075	0.077
30km/h	Ddyn	0.987	0.891	0.711
	Dsta	0.961	0.871	0.690
	충격계수(i)	0.027	0.023	0.030
40km/h	Ddyn	1.075	0.972	0.774
	Dsta	1.005	0.909	0.726
	충격계수(i)	0.070	0.069	0.066
50km/h	Ddyn	1.017	0.927	0.710
	Dsta	0.968	0.883	0.673
	충격계수(i)	0.051	0.050	0.055
60km/h	Ddyn	1.150	1.000	0.757
	Dsta	0.993	0.857	0.649
	충격계수(i)	0.158	0.167	0.166
70km/h	Ddyn	1.060	0.976	0.804
	Dsta	0.928	0.846	0.699
	충격계수(i)	0.142	0.154	0.150
80km/h	Ddyn	1.228	1.074	0.830
	Dsta	1.057	0.914	0.715
	충격계수(i)	0.162	0.175	0.161
최대충격계수		0.175		
이론충격계수		0.217		

동적 주행시험결과 실측충격계수 최대값은 80km/h 주행시 DT2에서 0.175로 도로교 설계기준에서 제시하는 이론충격계수(0.217)보다 작게 분석되어 이동하중에 대한 영향은 양호한 것으로 판단된다.

다. 고유진동수

대상교량의 고유진동수를 평가하기 위하여 S3 정모멘트부에 가속도계를 1축(연직방향)으로 부착하여 주행속도별로 진동가속도를 측정하였고 재하차량이 측정경간을 벗어나서 영향을 주지 않는 자유진동 상태에서의 응답곡선으로 FFT 분석을 실시하였다. 분석결과 대상교량의 주행 속도에 따른 측정 고유진동수는 4.688~5.078Hz로 나타나 해석고유진동수(4.056Hz)보다 크게 나타났다.

【표 5.13】 실측 고유진동수

구분	ACC(연직) 실측고유진동수(Hz)	Power Spectrum Data
10km/h	4.688	70km/h
20km/h	5.078	
30km/h	4.883	
40km/h	5.078	
50km/h	4.688	
60km/h	5.078	
70km/h	4.883	
80km/h	4.883	

Mode No.	고유진동수(Frequency)	Period
	(cycle/sec)	(sec)
5	4.056	0.2464

MIDAS/Civil 11
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
4.056870

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.246495

MRP(N)
DX= 0.000000
DY= 0.000000
DZ= 8.308181
RX= 0.000290
RY= 0.000440
RZ= 0.000000

MODE 5

MAX : 611
MIN : 598

FILE: 복삼교_재-
UNIT: N,mm
DATE: 03/24/2026

VIEW-DIRECTION
X: -0.463
Y: -0.537
Z: 0.259

【그림 5.11】 해석 고유진동수

5.5 재하시험 결과분석

5.5.1 재하시험 결과

북삼교에 대한 재하시험 결과를 요약정리하면 다음과 같다.

【표 5.14】 재하시험 결과분석

시험구분	측정항목	Gauge No.	측정치	측정최대치	비 고
정적 재하시험	변형률 ($\mu \varepsilon$)	ST1	39.588	39.588	(+)인장 (-)압축
		ST2	27.355		
		ST3	18.983		
		ST4	25.751		
		ST5	36.050		
		ST6	-7.283		
		ST7	-10.995		
		ST8	1.466		
		ST9	-1.799		
		ST10	-2.479		
	변위 (mm)	DT1	1.415	1.415	(+)하향처짐 (-)상향솟음
		DT2	1.050		
		DT3	0.747		
		DT4	1.074		
		DT5	1.399		
동적 재하시험	변위 (mm)	DT1	1.228	1.228	(+)하향처짐 (-)상향솟음
		DT2	1.074		
		DT3	0.830		
		DT4	0.575		
		DT5	0.295		
	충격계수	DT1	0.162	0.175	이론치 0.217
		DT2	0.175		
		DT3	0.166		
	고유진동수	ACC	4.688~5.078	5.078	이론치 4.056

5.5.2 결과 고찰

- 1) 정적재하시험 결과, 최대 휨모멘트 발생 구간에 대하여 변위 측정 결과 최대 변위는 LC1-DT1에서 1.415mm, 최대변형률은 LC1-ST1에서 $39.588 \mu \epsilon$ 가 측정되었다.
- 2) 변형률 및 변위에 의한 하중의 횡분배 거동은 양호한 것으로 나타났으며, 거더와 바닥판의 합성 정도를 파악하기 위하여 실시한 중립축 분석결과 역시 양호한 것으로 나타났다.
- 3) 전단변형률 평가결과 P3 단부의 수직전단응력 및 최대전단응력은 모두 허용응력 이내로 측정되어 양호한 상태인 것으로 분석되었다.
- 4) 동적재하시험 결과 시험차량에 의해 발생된 최대 변위는 80km/h 주행시 DT1에서 1.228mm로 측정되었으며, 실측 충격계수는 80km/h 주행시 DT2에서 0.175 지방서에서 규정하고 있는 설계 충격계수에 대한 기준치인 0.217 이내로 측정되었다.
- 5) 실측 고유진동수는 4.688~5.078Hz로 측정되어 해석 고유진동수인 4.056Hz보다 크게 나타나 공용기간 경과로 인한 구조물의 강성 저하는 없는 것으로 판단된다.

5.5.3 전차 재하시험 결과 비교분석

2020년에 실시된 정밀안전진단과 금회 정밀안전진단에서 실시한 재하시험 결과를 비교·분석하였다.

【표 5.15】 재하시험 결과 비교분석

구 분		2020년 정밀안전진단	2025년 정밀안전진단	비 고
개요	시험경간	S3 (중점⇒시점)	S3 (중점⇒시점)	· 전차 대비 금회 시험 덤프의 하중 차이는 105.9%
	시험차량 (ton)	총중량 : 259.60 1 축 : 69.00 2,3축 : 126.35	총중량 : 275.00 1 축 : 76.00 2,3축 : 99.50	
정적 재하시험	횡방향거동	처짐 및 변형률 양호	처짐 및 변형률 양호	· 2020년 진단 시와 비교하여 변형률과 변위 계측값이 약간 증가 되었으나, 이는 전차와 금회의 시험 덤프의 하중 차이 및 재하 위치의 미세한 차이를 감안하였을때 구조적 변화는 없는 것으로 사료됨.
	중립축 (mm)	하연부터 1.637~1.766	하연부터 1.533~1.559	
	최대처짐 (mm)	1.246	1.415	
	최대변형률 ($\mu\epsilon$)	37.954	39.588	
동적 재하시험	실측충격계수	실측 : 0.164 이론 : 0.217	실측 : 0.175 이론 : 0.217	· 전차 진단 시와 비교하여 비슷 하게 분석되었으며 이는 도로교 설계기준에서 제시하는 이론 충격계수인 0.217보다 작게 나타나 이동하중에 의한 영향은 양호한 것으로 판단됨.
	고유진동수 (Hz)	실측 : 4.688~5.078 이론 : 4.020	실측 : 4.688~5.078 이론 : 4.056	· 전차와 비교하여, 이론치 및 실측치 모두 유사하게 나타나 교량의 동적 특성 변화는 없는 것으로 판단됨.

제6장 시설물의 안전성평가

6.1 개요

6.2 구조해석 및 안전성 검토

6.3 내하력 평가

6.4 안전성평가 등급 산정

제6장 시설물의 안전성평가

6.1 개요

구조물의 안전성평가는 그 기능과 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 사용상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는 것이므로 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료에 대한 검토, 보수·보강이력 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통한 기초자료를 확보하여 이를 바탕으로 구조검토를 실시하고 안전성 여부를 판단하여야 한다.

가. 검토구간 선정 및 사유

본 과업 대상 교량인 북삼교는 경기도 연천군 왕징면 북삼리에 위치하고 있으며 상부 PSC BEAM의 총 연장은 $7 \times (3 \times 30) = 630\text{m}$, 폭원 11.0m, 3경간 연속구간 21개소로 구성되어 있으며 활하중 DB-24, DL-24 으로 설계되었다. 안전성 검토 및 내하력평가는 재하시험 위치와 동일한 S1~S3 구간에 대해서 수행하였다.

【표 6.1】 구조검토구간 선정

상부구조	구간	연속구분	지간구분	거더수
PSC BEAM	S1~S3	3경간연속	$L=3 \times 30\text{m}=90\text{m}$	5
	선정사유	발주처와 협의하여 재하시험 위치를 선정하였으며, 재하시험을 실시한 S3 구간에 대하여 안전성 검토를 실시한다. S1 ~ S3		

나. 구조검토 조건

본 교량은 설계 시와 현재의 설계기준을 비교하여 현 기준에 의하여 안전성 검토 및 내하력 평가를 실시하며, 사용재료의 특성 및 철근간격, 피복두께 등을 설계도서와 현장측정 값을 비교하여 적용하였다. 최초 설계단계와 안전성 평가시 비교표는 다음 표와 같다.

【표 6.2】설계시와 정밀안전진단의 구조검토 조건비교

구 분		설 계 당 시	금회 안전성 평가시
설계기준		- 도로교 표준시방서(1992) - 콘크리트 표준시방서(1988)	- 도로교 설계기준(2010) - 콘크리트구조기준(2012)
적용하중		고정하중+활하중	고정하중+활하중
플랜지 및 바닥판유효폭		유효폭 고려	유효폭 고려
적용하중	고정하중	- 철근콘크리트 : $\gamma_c = 2.5 \text{ tf/m}^3$ - 아스팔트 포장 : $\gamma_a = 2.3 \text{ tf/m}^3$	- 철근콘크리트 : $\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$ - 아스팔트 포장 : $\gamma_a = 23.0 \text{ kN/m}^3$
	활하중	DB-24, DL-24	DB-24, DL-24
설계방법		- 바닥판 : 강도설계법 - P.S.C Beam Girder : 허용응력설계법, 강도설계법	- 바닥판 : 강도설계법 - P.S.C Beam Girder : 허용응력설계법, 강도설계법
프리스트레스 도입		프리스트레스 도입시 Con 압축강도 : 320 kgf/cm^2	프리스트레스 도입시 Con 압축강도 : 32 MPa
허용응력	프리스트레스 도입시	- 허용휨압축 = $0.55f_{ci} = 176 \text{ kgf/cm}^2$ - 허용휨인장 = $0.75\sqrt{f_{ci}} = -13.4 \text{ kgf/cm}^2$	- 허용휨압축 = $0.60f_{ci} = 19.2 \text{ MPa}$ - 허용휨인장 = $0.25\sqrt{f_{ci}} = -1.41 \text{ MPa}$
	사용하중	- 허용휨압축 = $0.4f_{ck} = 160 \text{ kgf/cm}^2$ - 허용휨인장 = $1.50\sqrt{f_{ck}} = -30 \text{ kgf/cm}^2$	- 허용휨압축 = $0.45f_{ck} = 18 \text{ MPa}$ - 허용휨인장 = $0.63\sqrt{f_{ck}} = -3.98 \text{ MPa}$
사용재료	콘크리트 강도	- 바닥판 : 270 kgf/cm^2 - 빔 : 400 kgf/cm^2	- 비파괴 강도 값이 설계기준강도를 상회하므로 설계기준 강도 적용 - 설계기준강도 적용 - 바닥판 27 MPa, 빔 40 MPa
	탄성계수	- 콘크리트 - 바닥판 : $2.46 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$, - 빔 : $3.00 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ - 철근 : $2.04 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$	- 콘크리트 $E_c = 0.077m^{1.5} \sqrt{f_{cu}}$ - 바닥판: 26681 MPa, - 빔: 29985 MPa - 철근 : 200000 MPa
	철근 항복강도	바닥판(SD40) $f_y = 4000 \text{ kgf/cm}^2$	바닥판(SD40) $f_y = 400 \text{ MPa}$
	PS강재	인장강도 $f_{pu} = 190 \text{ kgf/mm}^2$	인장강도 $f_{pu} = 1900 \text{ MPa}$
검토결과		- 비파괴강도 측정값이 설계기준강도를 상회하므로 설계기준강도 적용 - 구조해석 검토시 사용재료의 특성 및 피복 등은 설계기준, 준공도서 및 현장조사 자료를 분석하여 보수적으로 적용	

다. 검토방법

대상교량은 1등교(DB-24, DL-24)로 설계 및 시공되어 있으며, 설계 당시 빔은 허용응력설계법과 강도설계법, 바닥판은 강도설계법을 적용한 것을 확인하였으며, 구조검토 상세내용은 부록에 추가 수록토록 하였다.

안전성검토는 대상 시설물의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것이 원칙이기 때문에 현행 설계법인 한계상태설계법(신뢰성 이론)을 미적용 하였으며, 설계당시 거더의 종방향은 허용응력설계법, 거더의 횡방향은 강도설계법을 적용하여 안전성평가를 실시하였다.

재하시험은 선택과업으로서 현장조사시 대상교량의 구조적 결함 및 손상은 없는 것으로 분석되었으며, 재하시험 위치는 발주처와 협의하여 선정하였고, 구조해석 결과를 활용한 기본내하력과 공용내하력 평가를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석 및 활하중의 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램인 Midas/Civil을 이용하여 수행하였다.

라. 구조계산의 기본가정

- 1) 사용된 해석모델은 보요소를 이용하여 격자해석을 실시한다.
- 2) 철근량은 측정값을 기준으로 하며 철근의 종류는 도면을 참조한다. 유효높이는 철근탐사결과 측정된 피복두께와 준공도를 참조하여 단면력 검토시 안전측으로 적용한다.
- 3) 콘크리트 강도는 비파괴 압축강도 시험결과와 설계기준값의 만족여부를 고려하여 적용한다.
- 4) 고정하중은 바닥판, 거더, 방호벽 및 기타하중에 대해서 합성전 고정하중 및 합성후 고정하중으로 구분하여 고려한다.
- 5) 포장두께는 현장조사 및 시험에서 코어채취를 통해 얻은 실측포장두께 중 안전측 검토를 위해 최대두께를 적용하여 검토한다.
- 6) 활하중은 DB, DL하중 및 충격하중을 고려하여 산정한다.
- 7) 강도검토시 하중계수는 도로교설계기준(2010)을 이용한다.
- 8) 구조검토 결과는 도로교설계기준에 준하여 SI단위계를 사용한다.

$$\ast 1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.098 \text{ MPa} \approx 0.1 \text{ MPa}$$

$$(1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 106 \text{ N/m}^2, 1 \text{ N} = 0.102\text{kgf} \approx 0.1 \text{ kgf})$$

6.2 구조해석 및 안전성검토

6.2.1 구조검토조건

가. 구조형식

- 1) 교 량 명 : 북삼교
- 2) 교량등급 : 1등급(DB-24, DL-24)
- 3) 교량형식 : PSC Beam Girder
- 4) 교 장 : 7(3@30)=630m
- 5) 교 량 폭 : B = 11.00m
- 6) 빔 제원 : B = 0.660m, H = 2.000m
- 7) 사 각 : 0°

나. 교량제원

- 1) 고정하중
 - 철근 콘크리트 : $W_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$
 - 아스콘 포장 : $W_a = 23.500 \text{ kN/m}^3$
- 2) 활하중
 - DB-24, DL-24
 - 충격계수 : $i = 15 / (40+L) \leq 0.3$

다. 사용재료

- 1) 콘크리트
 - ① 설계기준강도
 - PSC Beam : $f_{ck} = 40.0 \text{ MPa}$
 - 바닥판 : $f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$
 - ② 탄성계수
 - PSC Beam : $E_c = 0.077m_c^{1.5} \sqrt{f_{cu}} = 29,985 \text{ MPa}$
 - 바닥판 : $E_c = 0.077m_c^{1.5} \sqrt{f_{cu}} = 26,681 \text{ MPa}$
 - ③ 단위중량
 - 철근콘크리트 : $W_c = 25 \text{ kN/m}^3$
 - ④ 바닥판 슬래브
 - 콘크리트 허용 휨 압축강도
 - $f_{ca} = 0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27.0 = 10.8 \text{ MPa}$

⑤ P.S.C BEAM 본체

- 프리스트레스 도입시의 콘크리트 압축강도

$$f_{ci}' = 0.8 \times f_{ck} = 0.8 \times 40.0 = 32.0 \text{ MPa}$$

⑥ 허용응력

- 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 허용응력

$$\text{휨압축응력} : f_{cat}' = 0.60 \times f_{ci}' = 0.60 \times 32.0 = 19.2 \text{ MPa}$$

$$\text{휨인장응력} : f_{cat} = 0.25 \times \sqrt{f_{ci}'} = 0.25 \times \sqrt{32.0} = 1.4 \text{ MPa}$$

(부착된 철근이 없는 인장구역)

$$: f_{cat} = 0.50 \times \sqrt{f_{ci}'} = 0.50 \times \sqrt{32.0} = 2.8 \text{ MPa}$$

(부착된 철근이 있는 인장구역)

- 모든 손실이 일어난후 사용하중 상태에서의 허용응력

$$\text{휨압축응력} : f_{caw}'' = 0.45 \times f_{ck} = 0.45 \times 40.0 = 18.0 \text{ MPa}$$

- 허용균열응력

$$f_{cr} = 0.63 \times \sqrt{f_{ck}} = 0.63 \times \sqrt{40.0} = 3.9 \text{ MPa (보통 콘크리트)}$$

$$f_{cr} = 0.53 \times \sqrt{f_{ck}} = 0.53 \times \sqrt{40.0} = 3.3 \text{ MPa (부분 경량 콘크리트)}$$

$$f_{cr} = 0.47 \times \sqrt{f_{ck}} = 0.47 \times \sqrt{40.0} = 2.9 \text{ MPa (전 경량 콘크리트)}$$

- 정착부의 허용지압응력

$$0.70f_{ci}\sqrt{\frac{A_b}{A_b}} - 0.2 \leq 1.10f_{ci} \text{ (긴장재 정착 직후)}$$

$$0.50f_{ck}\sqrt{\frac{A_b}{A_b}} \leq 0.90f_{ck} \text{ (프리스트레스 손실 발생 후)}$$

2) 철근

① 항복응력

- PSC Beam : $f_y = 300 \text{ MPa (SD30)}$
- 바닥판 콘크리트 : $f_y = 400 \text{ MPa (SD40)}$

② 탄성계수 : $E_c = 200,000 \text{ MPa}$

3) PS강재

① P.S STRAND - (SWPC 7B 5 - 12 × 12.7mm)

- P.S STRAND 면적

$$A = 98.71 \text{mm}^2/\text{EA} \times 12.0 = 1184.5 \text{mm}^2$$

$$\Sigma A = 4.0 \text{ CABLE} \times 1184.5 = 4738.0 \text{mm}^2$$

- 인장강도 : $f_{pu} = 1900.0 \text{ MPa}$ - 항복강도 : $f_{py} = 1600.0 \text{ MPa}$ - 파상마찰계수 : $k = 0.0066 \text{ 1/m}$ - 곡률마찰계수 : $\mu = 0.30 \text{ 1/rad}$

② 허용응력

- 프리스트레스 부재

$$\text{허용인장응력} : f_{py}' = 0.94 \times f_{py} = 0.94 \times 1,600 = 1,504 \text{ MPa}$$

(긴장을 할 때 허용응력)

$$f_{py}' = 0.82 \times f_{py} = 0.82 \times 1,600 = 1,312 \text{ MPa}$$

(프리스트레스 도입직후 허용응력)

$$f_{py}' = 0.70 \times f_{pu} = 0.70 \times 1,900 = 1,330 \text{ MPa}$$

(정착구와 커플러의 위치에서 프리스트레스 도입직후 허용응력)

라. 검토방법

1) 철근콘크리트 : 강도 설계법

하중계수

고정하중 : 1.3, 활 하 중 : 2.15, 풍 하 중 : 1.3

강도감소계수

휨 : 0.85, 전단 : 0.75, 압축 : 0.70

2) 설계방법

- 바닥판 : 강도설계법

- PSC Beam : 허용응력설계법, 강도설계법

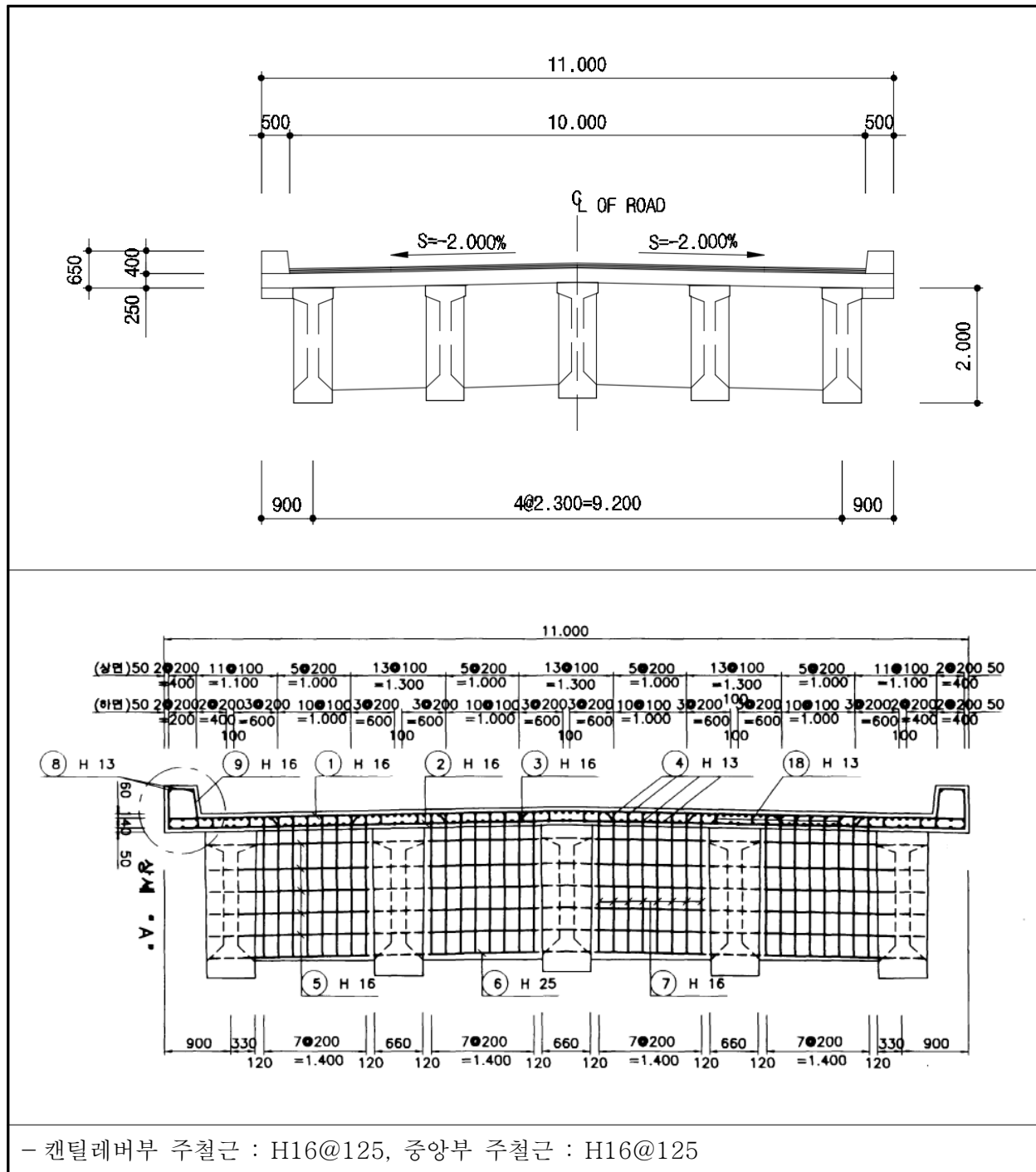
마. 참고문헌

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1) 도로교 설계기준 | - 국토해양부 (2010년) |
| 2) 콘크리트 구조기준 | - 국토해양부 (2012년) |
| 3) 도로설계편람 | - 국토해양부 (2008년) |
| 4) 도로설계요령 제3권 교량편 | - 한국도로공사 (2009년) |

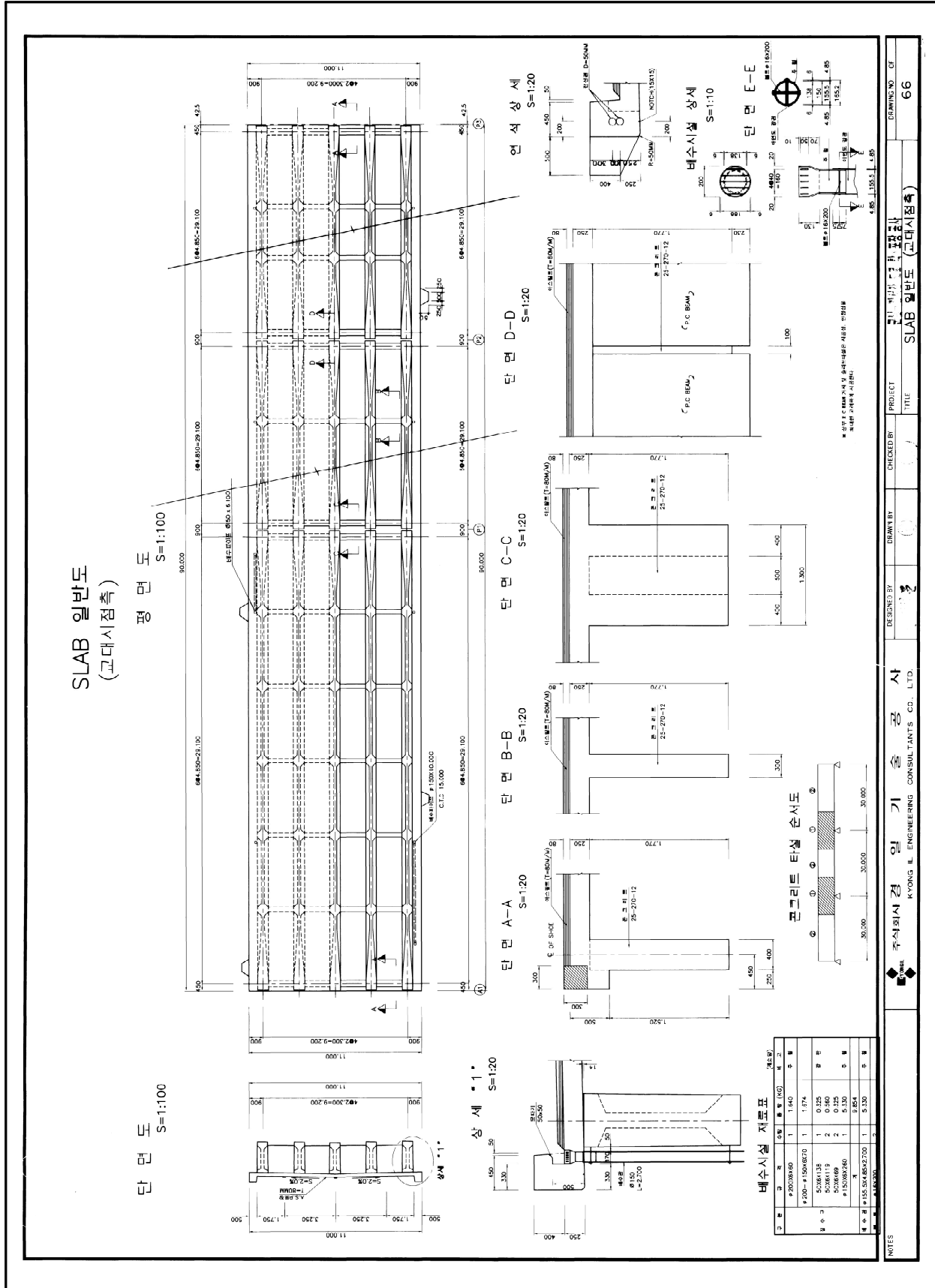
6.2.2 PSC Beam 안전성평가

북삼교 상부 PSC BEAM의 총 연장은 7(3@30)=630m (S1~S21)이며, 경간구성은 3경간 연속구간 7개소(S1~S21)로 구성되어 있으며, 금회 안전성 검토는 3경간 연속구간(S1~S3)에 대하여 수행하였다.

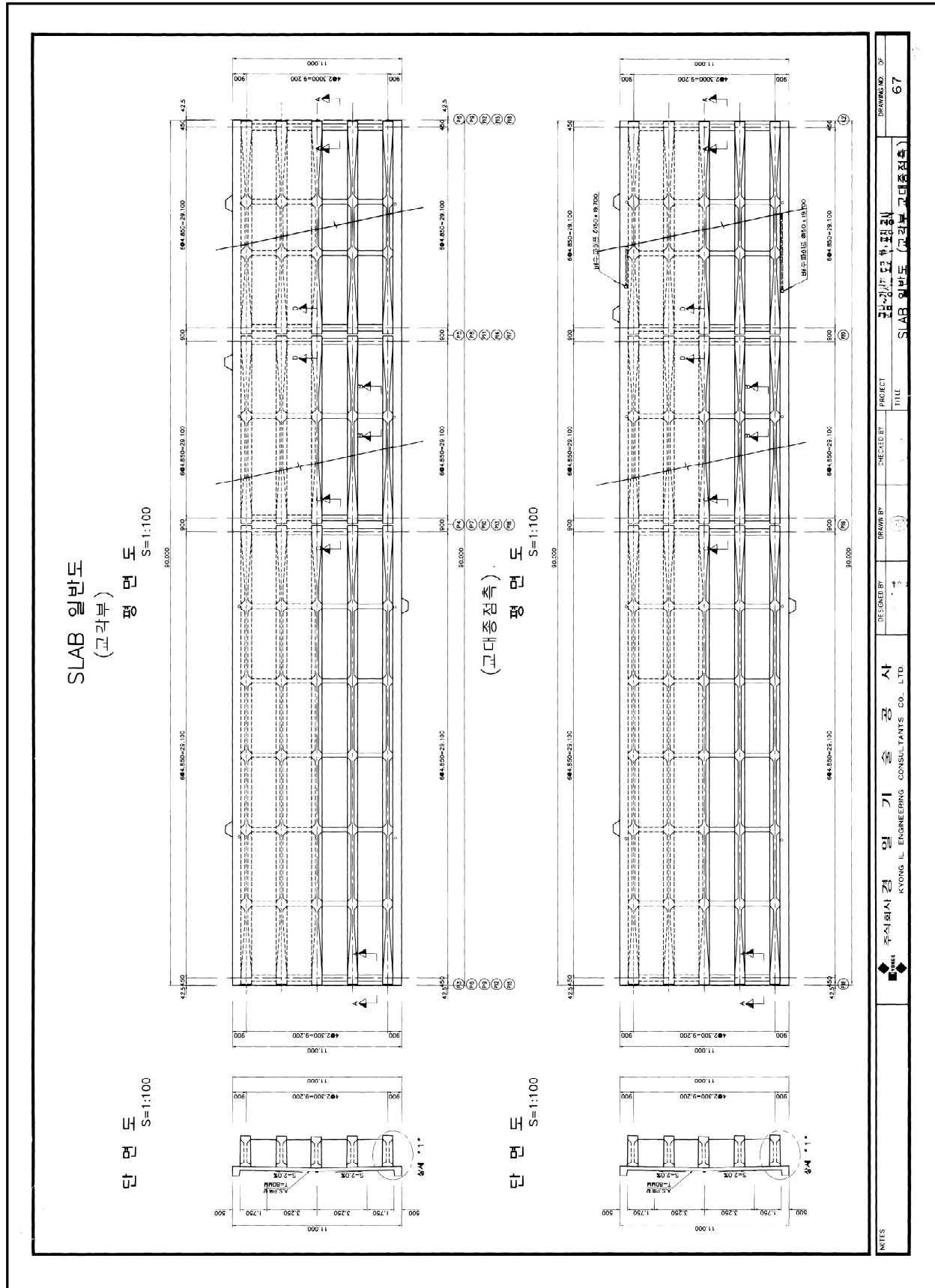
가. 관련도면



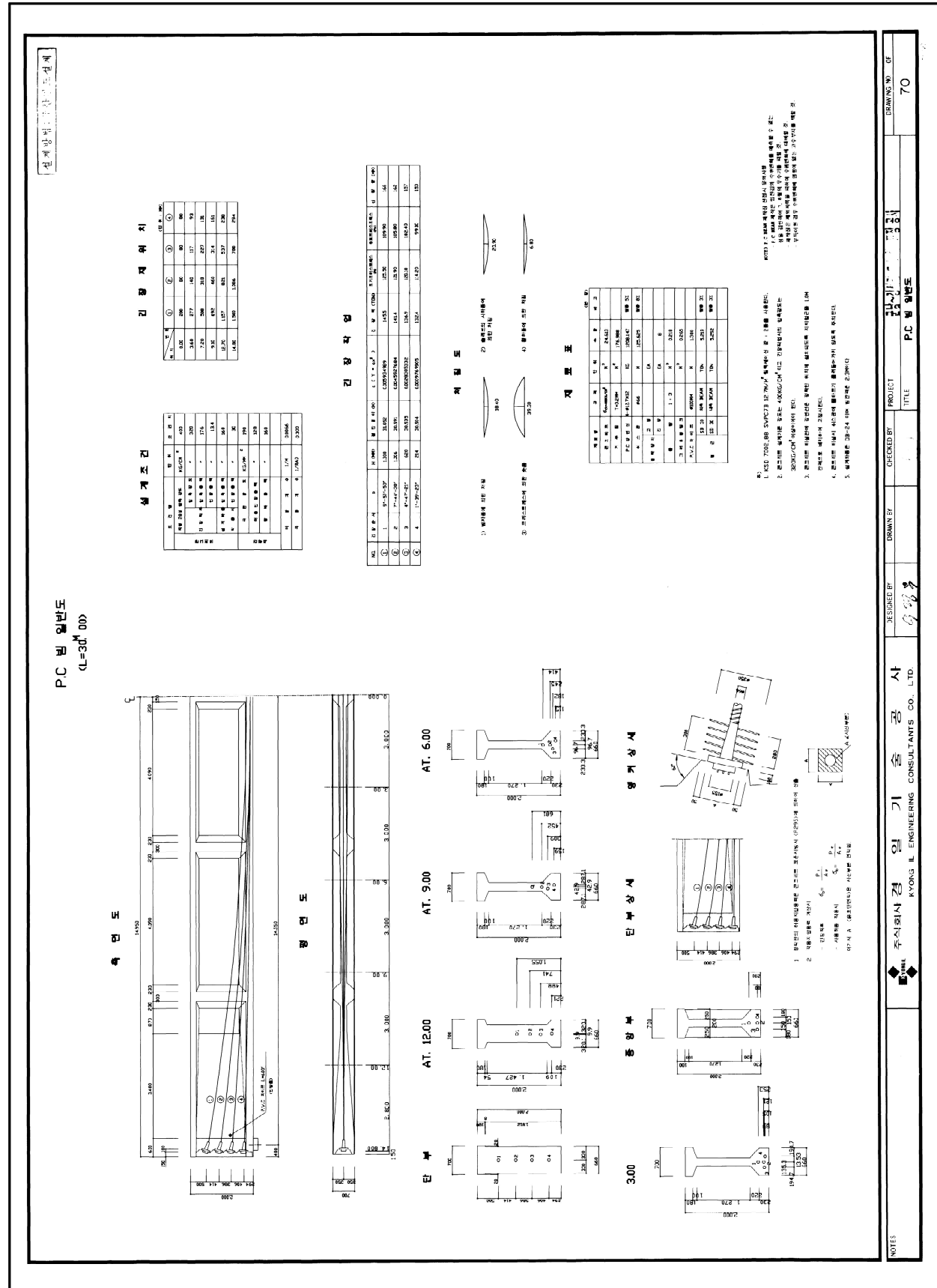
【그림 6.1】 상부구조 표준횡단면도



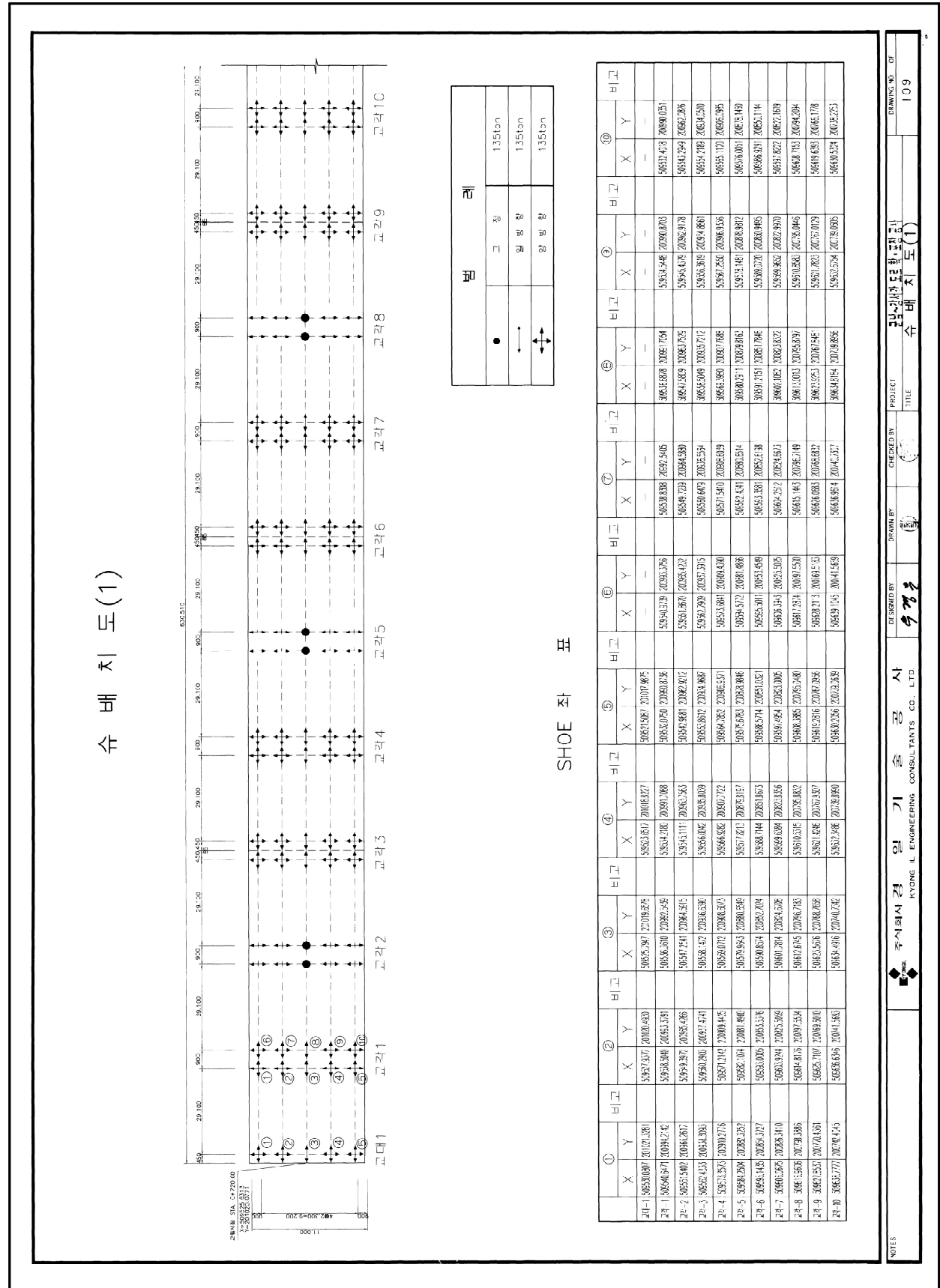
【그림 6.2】 슬래브일반도(1)



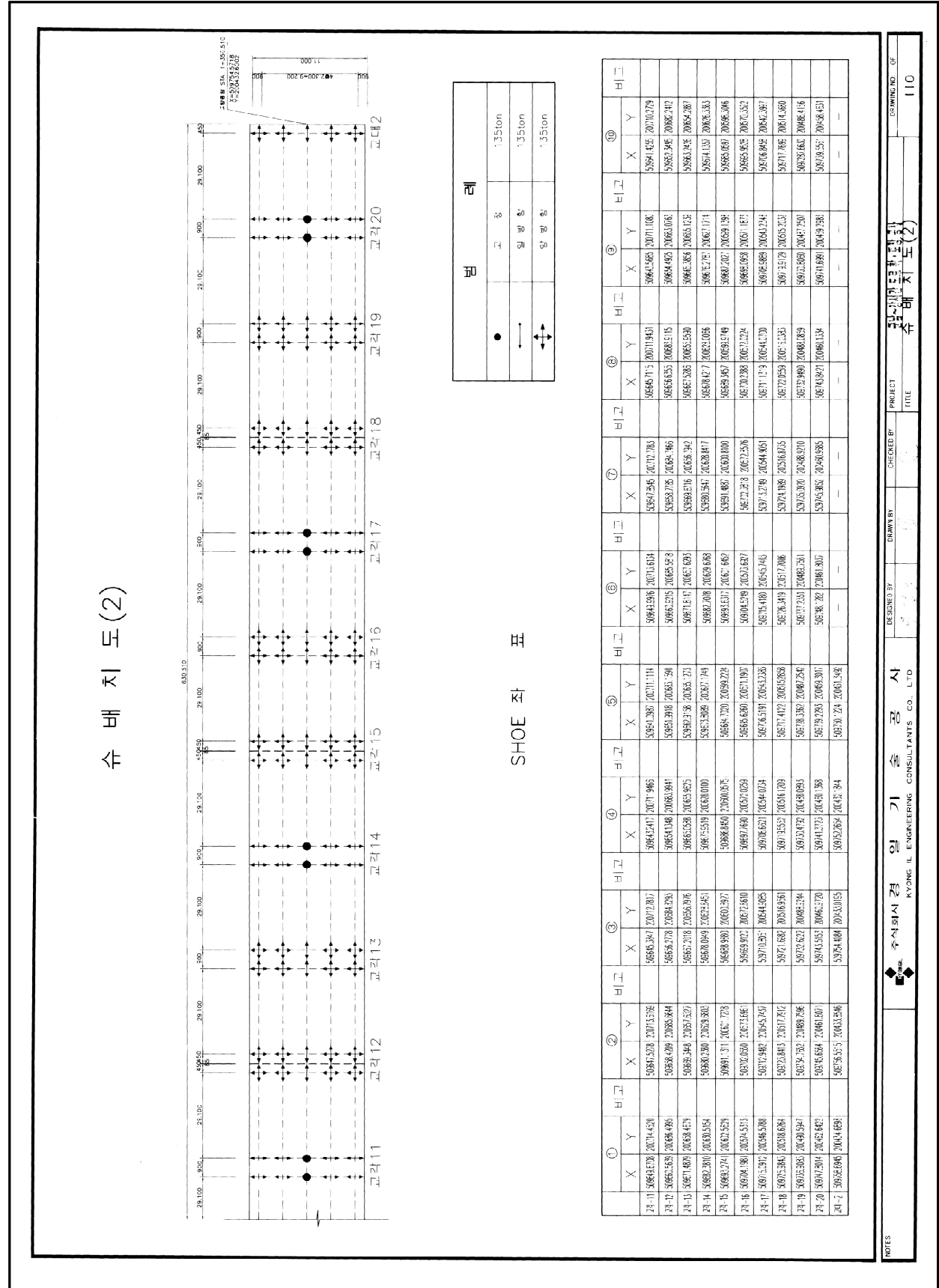
【그림 6.3】 슬래브일반도(2)



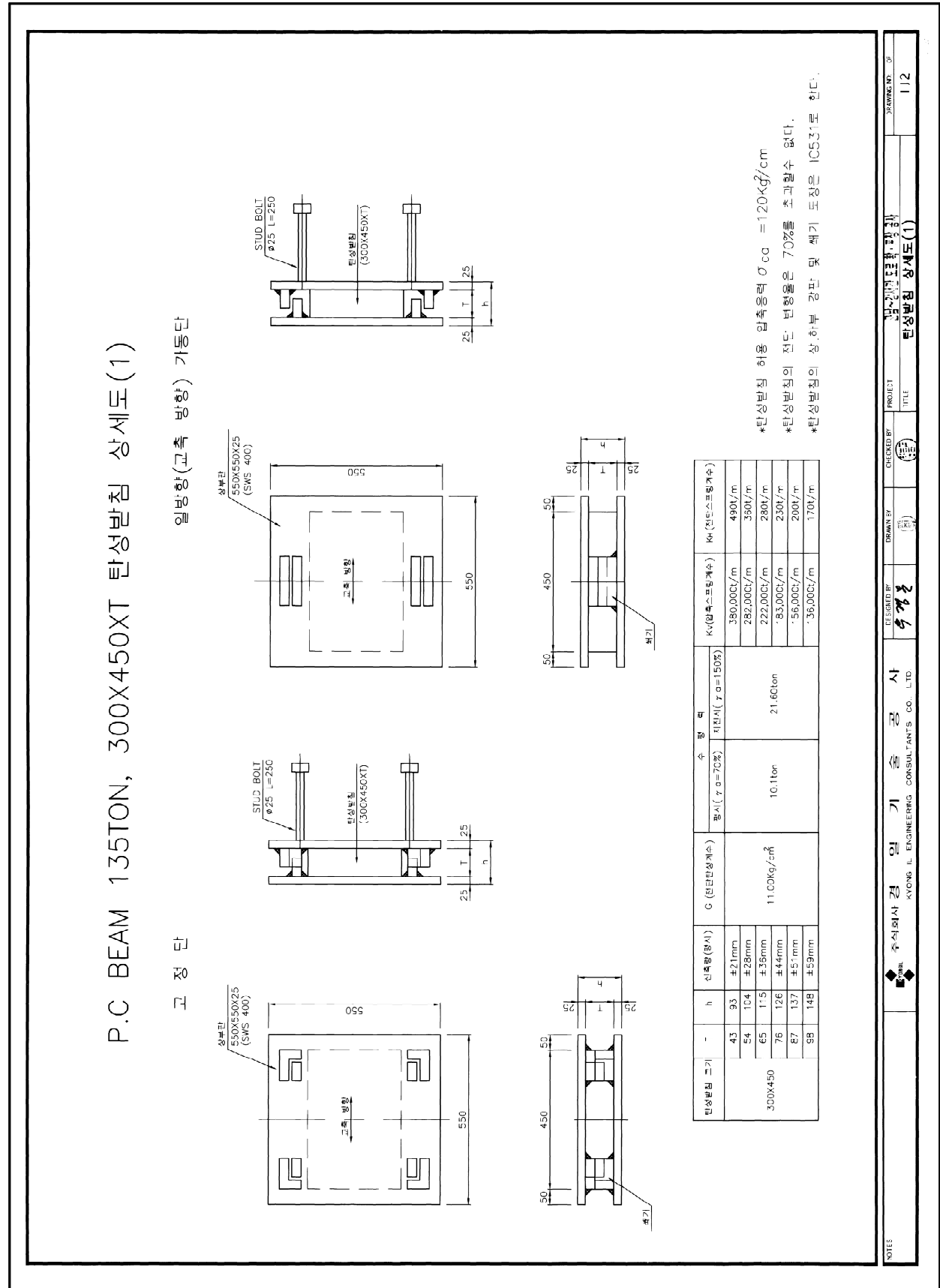
【그림 6.4】 PSC BEAM일반도



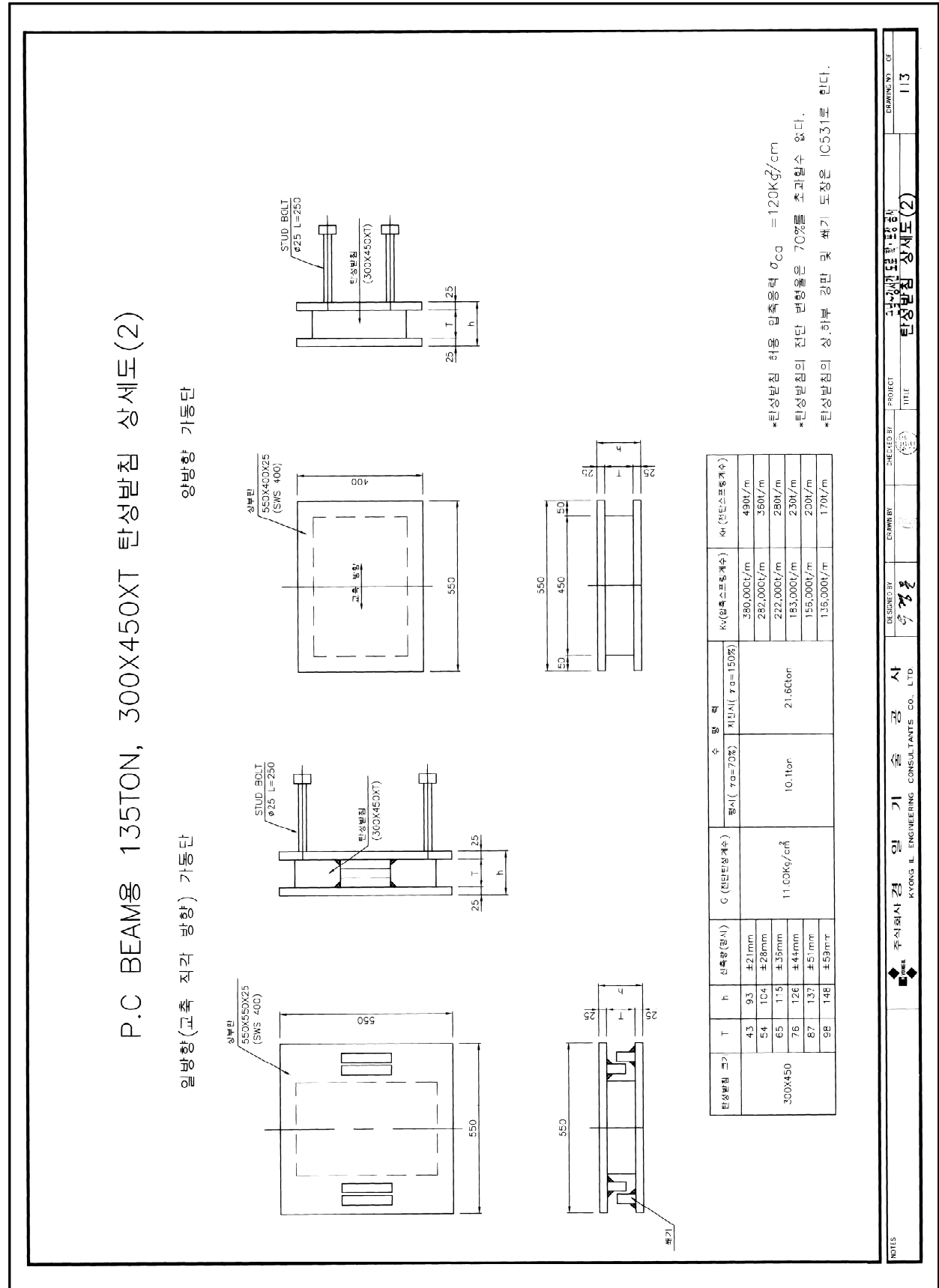
【그림 6.5】 슈배치도(1)



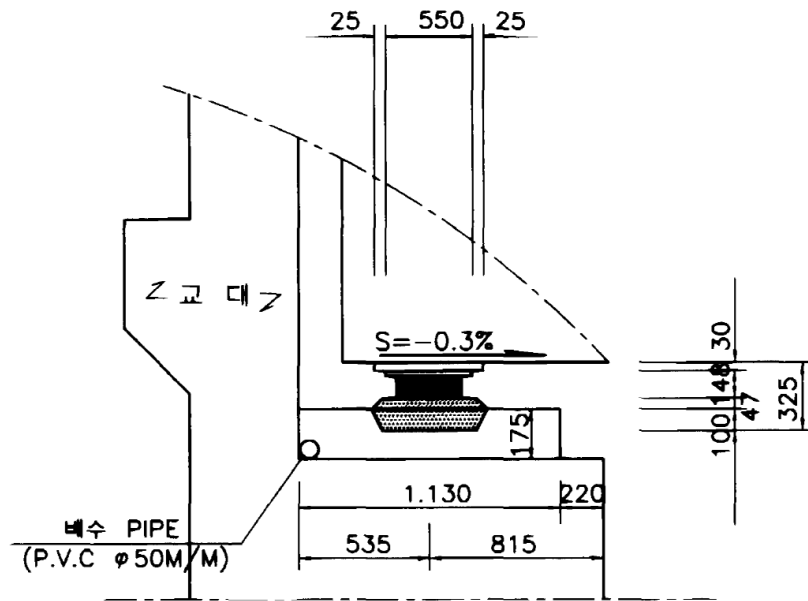
【그림 6.6】 슈배치도(2)



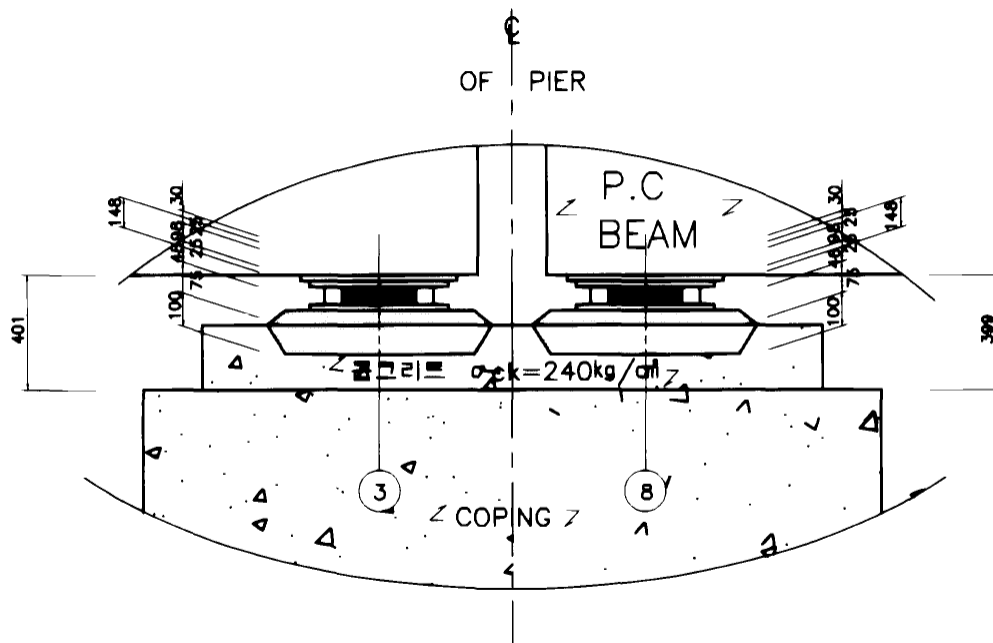
【그림 6.7】 탄성받침 상세도(1)



【그림 6.8】 탄성받침 상세도(2)



교대부 135톤 탄성받침(h=148mm) 스프링계수 : $K_v = 1,360,000 \text{ kN/m}$, $K_h = 1,700 \text{ kN/m}$
(탄성받침 상세도참조)



교각부 135톤 탄성받침(h=148mm) 스프링계수 : $K_v = 1,360,000 \text{ kN/m}$, $K_h = 1,700 \text{ kN/m}$
(탄성받침 상세도참조)

【그림 6.9】 교대 및 교각의 탄성받침 스프링계수 제원

나. 하중산정

1) 합성전 고정하중

(가) PSC BEAM

거더의 자중은 표준구간, 단부, 가로보 연결 위치의 콘크리트블럭 자중을 구분하여 산정하여 반영하였다.

① Beam 자중

$$\cdot \text{표준구간}(W1) = 0.6714 \times 25.0 = 16.785 \text{ kN/m}$$

$$\cdot \text{단부}(W2) = 1.3724 \times 25.0 = 33.184 \text{ kN/m}$$

② Beam 콘크리트 블록 자중(W3)

$$\cdot (0.300 \times 1.270 \times 0.230 + 0.230 \times 0.220/2 \times 0.300) \times 25.0 \times 2ea = 4.761 \text{ kN}$$

$$\cdot 0.230 \times 0.230 / 2 \times 1.270 \times 25.0 \times 4ea = 3.359 \text{ kN}$$

$$\cdot 0.230 \times 0.230 / 2 \times 0.220 / 3 \times 25.0 \times 4ea = 0.194 \text{ kN}$$

$$\cdot 0.092 \times 0.230 / 2 \times 0.300 \times 25.0 \times 2ea = 0.159 \text{ kN}$$

$$\cdot 0.230 \times 0.230 / 2 \times 0.092 / 3 \times 25.0 \times 4ea = 0.081 \text{ kN}$$

$$\text{합계} \quad 8.554 \text{ kN}$$

③ Beam 총중량

$$\begin{aligned} Wt &= [33.184 \times 0.600 + (33.184 + 16.785)/2 \times 3.400 + 16.785 \times 10.950] \times 2 + 8.554 \times 5 \\ &= 620.077 \text{ kN} \end{aligned}$$

(나) Cross Beam

외측빔, 내측빔, 중앙부, 단부, 연속지점부로 구분하여 산정하고 집중하중으로 재하하였다.

① 외측 Beam

$$\begin{aligned} \cdot \text{중앙부}(Wc1) &= [1.770 \times 1.640 - (0.180 \times 0.020 + 0.008 \times 0.020/2) \times 2] \times 0.300 \times 25.0 / 2 \\ &= 10.858 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{단부}(Wc2) &= [1.770 \times 1.640 - (0.180 \times 0.020 + 0.008 \times 0.020/2) \times 2] \times 0.400 \times 25.0 / 2 \\ &= 14.477 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{연속지점부}(Wc3) &= [1.770 \times 1.640 - (0.180 \times 0.020 + 0.008 \times 0.020/2) \times 2] \times 0.650 \\ &\quad \times 25.0/2 = 23.525 \text{ kN} \end{aligned}$$

② 외측 Beam

$$\cdot \text{중앙부}(Wc4) = 10.858 \times 2 = 21.716 \text{ kN}$$

$$\cdot \text{단부}(Wc5) = 14.4778 \times 2 = 28.954 \text{ kN}$$

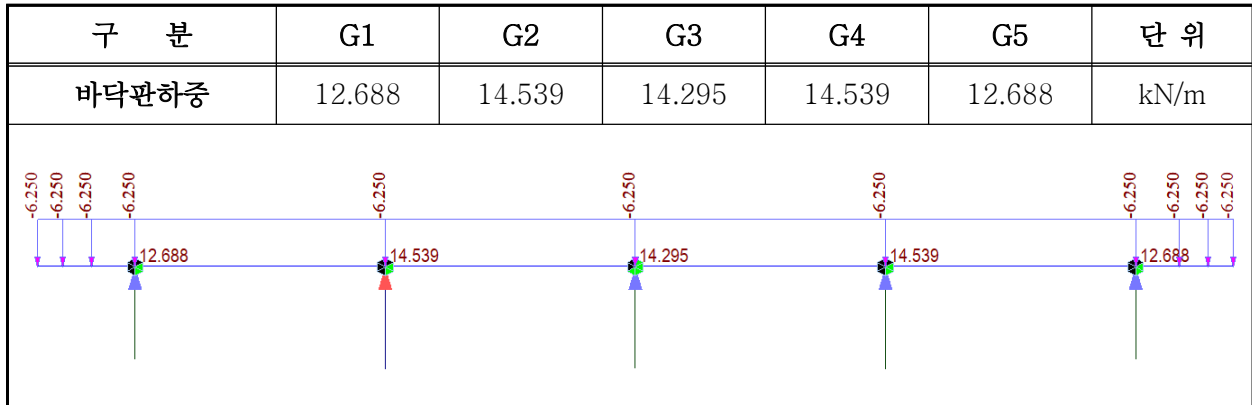
$$\cdot \text{연속지점부}(Wc6) = 23.525 \times 2 = 47.050 \text{ kN}$$

(다) 바닥판

거더 복부를 지점으로 하는 2차원 프레임 모델을 사용하여 반력으로 산출한 후, 이를 단위길이 당 분포하중으로 변환하여 적용하였다.

- 바닥판 자중 : $0.250 \times 25.0 = 6.250 \text{ kN/m}$

【표 6.3】 바닥판 자중의 거더별 횡분배 결과



2) 합성후 고정하중

합성후 고정하중은 현장 실측값을 사용하였으며, 준공 이후 교량상부의 추가시설물 설치 및 준공당시와 변화된 부분이 있는지 현장 확인 후 해석에 반영하였다.

① 연석+강재방호책(좌)

- 방호벽 : 5.750 kN (캔틸레버 끝단에서 작용점까지의거리 : 0.235m)

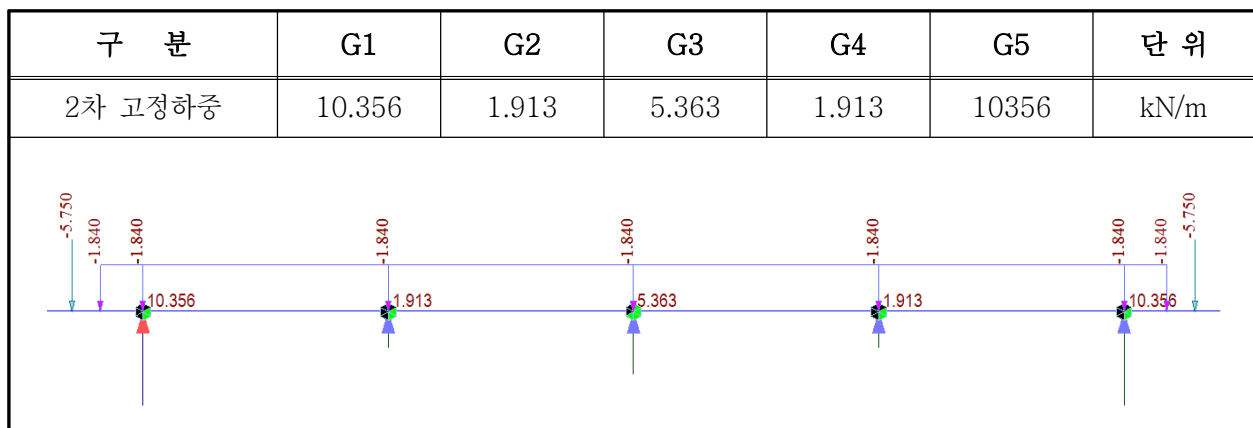
② 연석+강재방호책(우)

- 방호벽 : 5.750 kN (캔틸레버 끝단에서 작용점까지의거리 : 0.235m)

③ 아스콘 포장

- 포장두께 (T=80mm) : $0.080 \times 23.0 \text{ kN/m}^3 = 1.84 \text{ kN/m}^2$

【표 6.4】 합성후 고정하중의 거더별 횡분배 결과

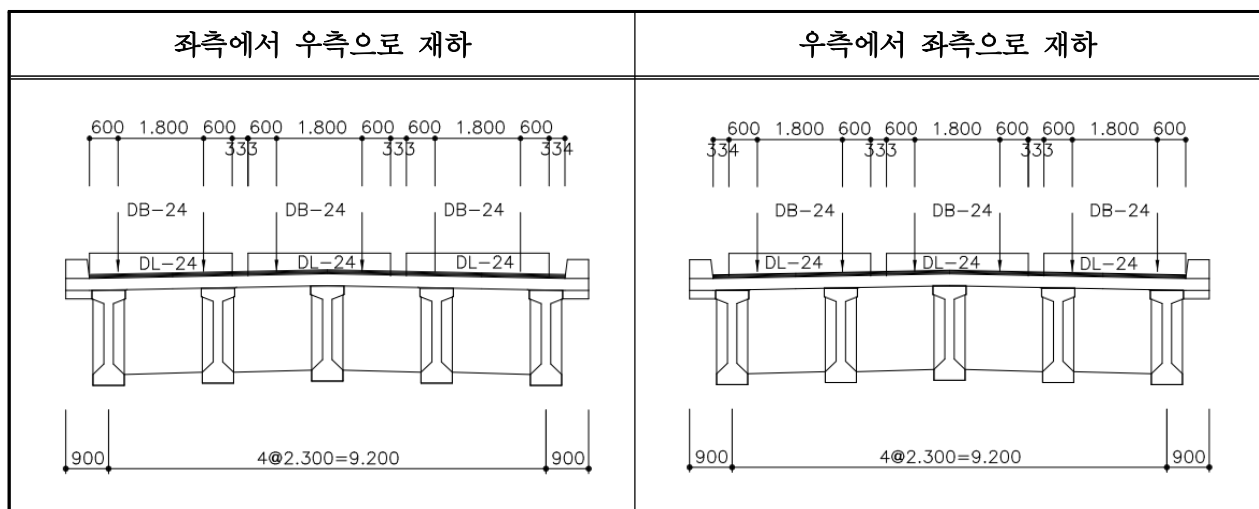
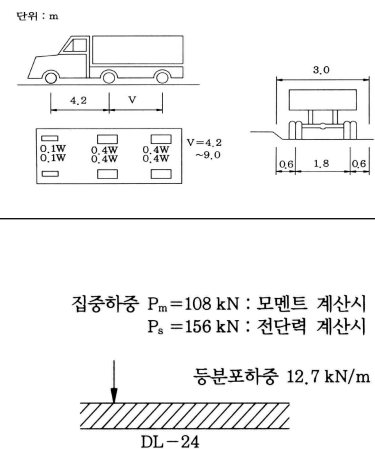


3) 활하중

설계활하중의 재하는 해석프로그램 내의 이동하중해석 옵션을 사용하였으며 도로교설계기준 (2010년)을 적용하여 가장 불리한 하중조건이 되도록 설정하였다.

【표 6.5】 활하중 검토

구 분	하 중 산 정	
해석지간(L)	• 3@30=90.0m (3경간 연속)	
유효폭(Wc)	• 유효폭 = 10.00m	
재하차로수(N)	• $9.1 \leq Wc < 12.8 \text{ m} \quad \therefore 3\text{차로재하}$	
설계차로폭(W)	• $10.000 / 3 = 3.333 \text{ m} \geq 3.600 \text{ m} \quad \therefore W = 3.333 \text{ m}$	
활하중 (DB-24, DL-24)	표준트럭하중(DB-24)	
	전륜(1축)	48 kN
	후륜(2축)	192 kN
	후륜(3축)	192 kN
	표준차로하중(DL-24)	
	P _m	108 kN
	P _s	156 kN
	등분포하중	12.7 kN/m
충격계수(I)	• $15 / (40+29.1) = 0.217 < 0.3 \quad \therefore i = 0.217 \text{ 적용}$	



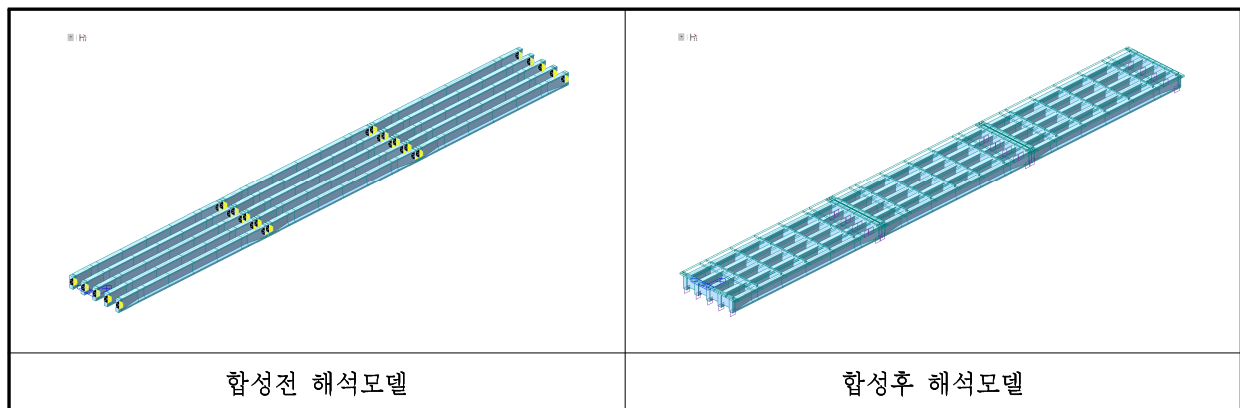
【그림 6.10】 활하중 재하도

다. 해석모델

1) 모델링

해석모델은 3차원격자 모델을 적용하였으며 시공단계별로 대상 교량의 실제 강성과 최대한 근접할 수 있도록 모델링하였다. 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 대상교량은 활하중합성 PSCI 교량이므로 시공단계별 해석을 하여야 하며, 이를 감안하여 합성전과 합성후 단계로 나누어 모델링하였다.
- 합성전 모델링 시 바닥판은 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 하므로 바닥판에 의한 횡분배효과는 고려하지 않는 것으로 하였다. 설계활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용 하였으며 도로교설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.
- 경계조건은 준공도서분석 및 현장조사 시 확인된 각 지점의 탄성받침의 Spring계수를 고려하여 설정하였다. (탄성받침 135톤 : $K_v=1,360,000$ kN/m, $K_v=1,700$ kN/m)



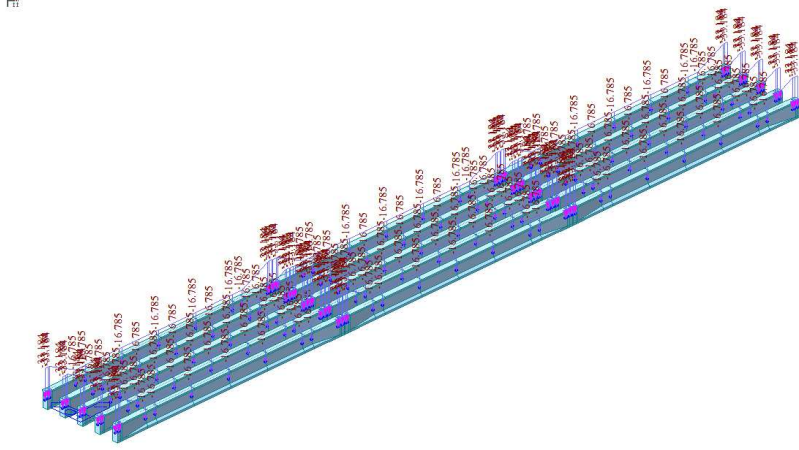
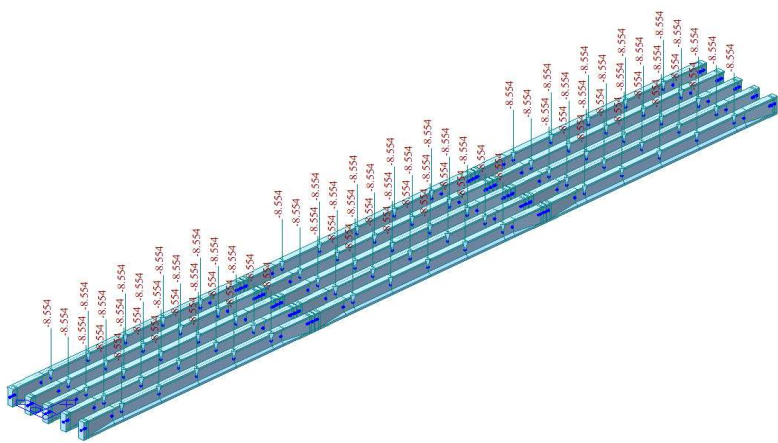
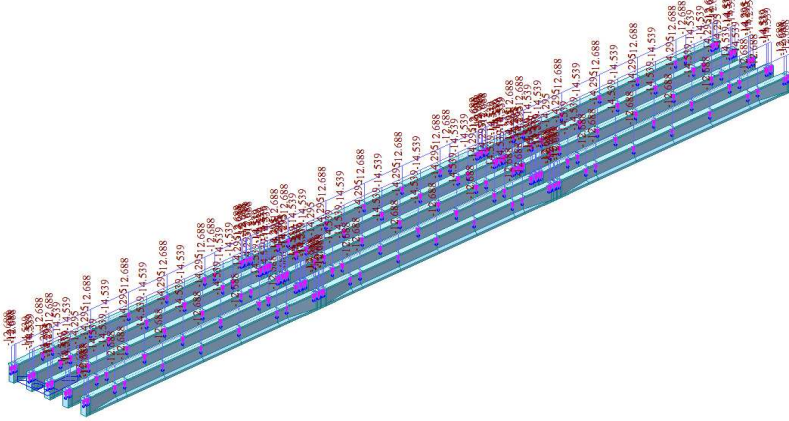
【그림 6.11】 구조해석 모델

2) 단면특성

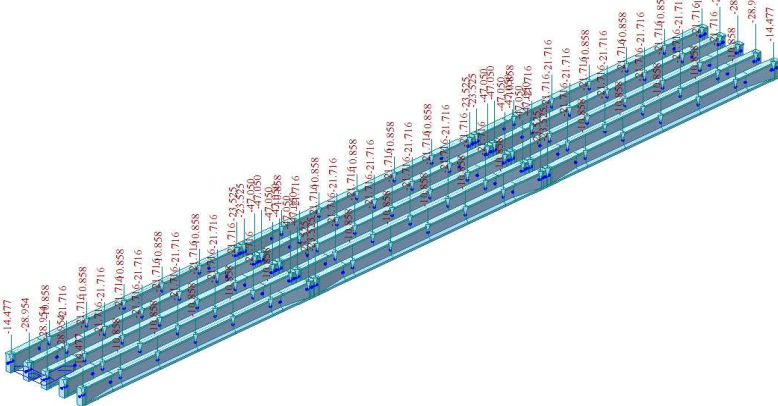
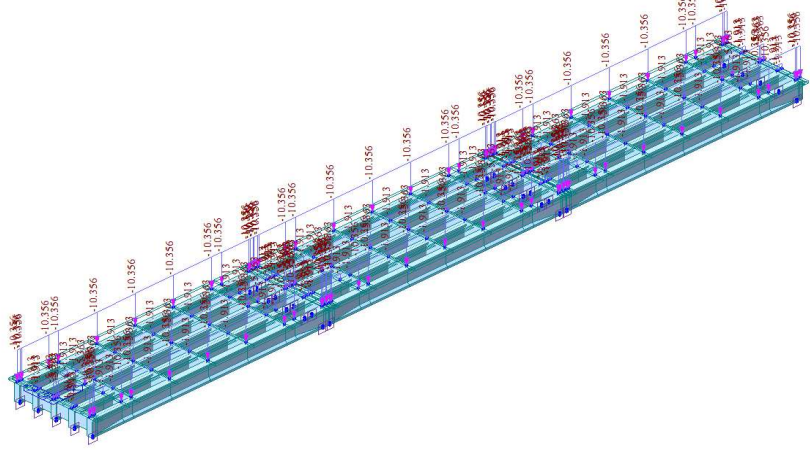
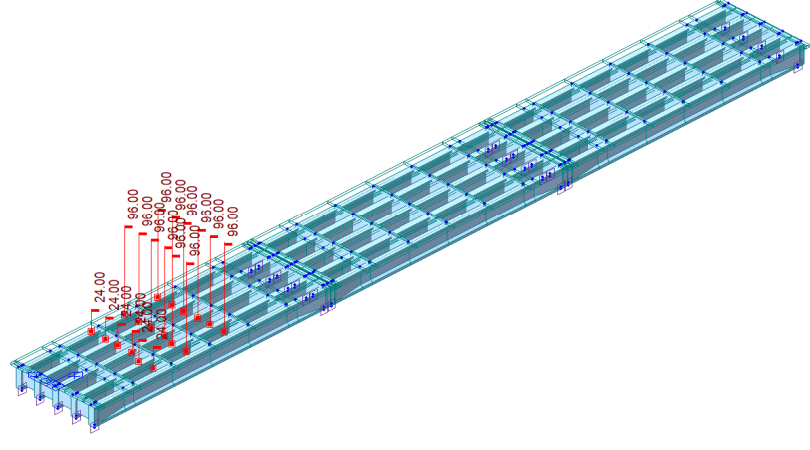
【표 6.6】 단면특성 산정 결과

구 분		순단면	PS강선 환산단면	바닥판 합성단면	
				외측	내측
A (mm ²)		6.58E+05	6.89E+05	1.12E+06	1.20E+06
바닥판	y _{st} (mm)	—	—	854.0	807.0
거 더	y _t (mm)	1023.0	1063.0	604.0	557.0
y _b (mm)		977.0	937.0	1396.0	1443.0
e _p (mm)		86.70	827.0	1286.0	1333.0
I _c (mm ⁴)		3.20E+11	3.43E+11	7.21E+11	7.60E+11
바닥판	Z _{st} (mm ³)	—	—	8.44E+08	9.42E+08
거 더	Z _t (mm ³)	3.13E+08	3.23E+08	1.19E+09	1.36E+09
Z _b (mm ³)		3.28E+08	3.66E+08	5.16E+08	5.27E+08
Z _p (mm ³)		3.70E+08	4.15E+08	5.60E+08	5.70E+08

라. 하중재하도

구 분	하 중 재 하
합 성 전 고정하중	
	• PSC Beam 자중 
	• PSC Beam 콘크리트블럭 
	• 바닥판

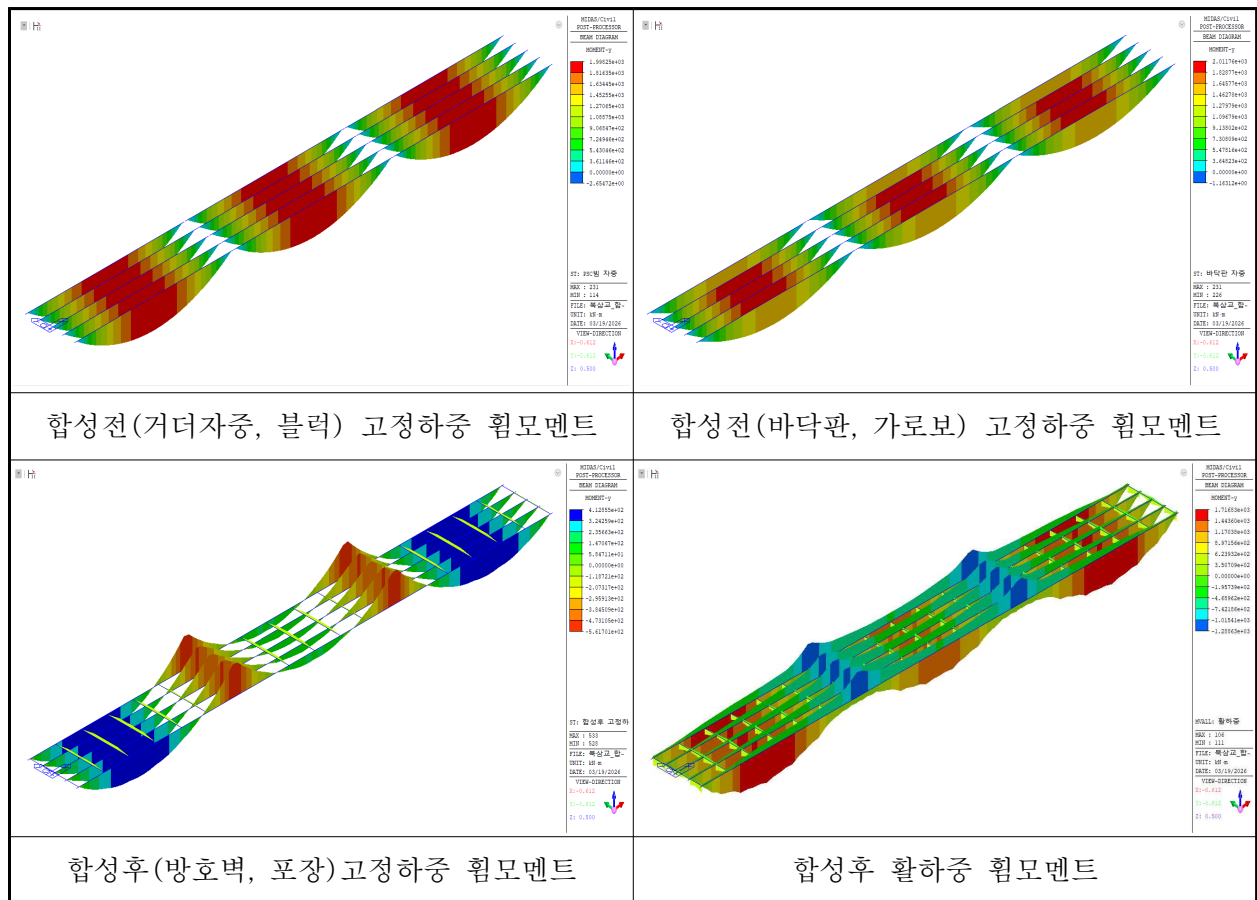
【그림 6.12】 하중재하도

구 분	하 중 재 하
합 성 전 고정하중	 • 가로보
합 성 후 고정하중	 • 강제방호책, 포장
활하중	 • 활하중(DB-24, DL-24)

【그림 6.12】 하중재하도(계속)

마. 해석결과

1) 단면력도



【그림 6.13】 하중조건별 단면력도

2) 단면력 산정결과

【표 6.7】 휨모멘트 산출 결과 (단위: kN·m)

구 분		합성전 고정하중		합 성 후		계	비고
		거더자중, 콘크리트블럭	바닥판, 가로보	고정하중	활 하 중 (충격포함)		
휨모멘트	외측거더	1,998.249	1,579.001	412.855	1,716.827	5,706.932	
	내측거더	1,998.249	2,011.760	398.198	1,484.229	5,892.436	

3) 휨응력 산정

휨응력 검토는 최대 정모멘트가 작용하는 지간 중앙부의 내·외측 거더에 대해서 수행하였으며 압축을 정(+)으로 하고 인장을 부(-)로 하여 검토하였다. 또한 계산과정은 부록에 수록하였다.

【표 6.8】 외측거더 휨응력 산정 결과

구 분	모 멘 트 (kN.m)	단면계수 Z(mm ³)	콘크리트단면 휨응력(MPa)				P.S강선 (MPa)
			바닥판	거 더			PS강선도심
			상 연	상 연	하 연	PS강선도심	
거 더 자 중	1998.249	313222792	-	6.380	-	-	-
		327981389	-	-	-6.093	-	-
		369594607	-	-	-	-5.407	36.062
합 성 전 고정하중	1579.001	322833937	-	4.891	-	-	-
		366073928	-	-	-4.313	-	-
		414751970	-	-	-	-3.807	25.393
합 성 후 고정하중	412.855	1193836891	-	0.346	-	-	-
		516466215	-	-	-0.799	-	-
		844331333	0.489	-	-	-	-
		560641131	-	-	-	-0.736	4.912
활 하 중	1716.827	1193836891	-	1.438	-	-	-
		516466215	-	-	-3.324	-	-
		844331333	2.033	-	-	-	-
		560641131	-	-	-	-3.062	20.425
합 계	5706.932	-	2.522	13.055	-14.529	-13.012	86.792

【표 6.9】 내측거더 휨응력 산정 결과

구 분	모 멘 트 (kN.m)	단면계수 Z(mm ³)	콘크리트단면 휨응력(MPa)				P.S강선 (MPa)
			바닥판	거 더			PS강선도심
			상 연	상 연	하 연	PS강선도심	
거 더 자 중	1998.249	313222792	-	6.380	-	-	-
		327981389	-	-	-6.093	-	-
		369594607	-	-	-	-5.407	36.062
합 성 전 고정하중	2011.760	322833937	-	6.232	-	-	-
		366073928	-	-	-5.496	-	-
		414751970	-	-	-	-4.851	32.353
합 성 후 고정하중	398.198	1365435351	-	0.292	-	-	-
		526645595	-	-	-0.756	-	-
		942272331	0.423	-	-	-	-
		570094421	-	-	-	-0.698	4.659
활 하 중	1484.229	1365435351	-	1.087	-	-	-
		526645595	-	-	-2.818	-	-
		942272331	1.575	-	-	-	-
		570094421	-	-	-	-2.603	17.365
합 계	5892.436	-	1.998	13.991	-15.163	-13.559	90.439

4) PSC Beam 응력검토

프리스트레스의 손실을 고려하여, 내·외측 거더의 응력을 검토하였으며, 설계하중 작용시의 총 하중의 휨응력은 허용응력 이내로 안전성을 확보하고 있는 것으로 분석되었다. 검토 결과를 요약하면 다음과 같으며 거더응력 검토과정은 부록에 수록하였다.

【표 6.10】 PSC Beam 응력 검토결과 (단위:MPa)

구 분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용		
		Prestress	BEAM 자중	계	유효 Prestress	총하중 D+L(1+i)	계
외측빔	상연	-5.903	6.380	0.477	-4.882	13.055	8.173
	하연	19.703	-6.093	13.610	16.294	-14.529	1.765
	허용응력	-1.414(인장) < 계 < 19.200(압축)			-3.984(인장) < 계 < 18.000(압축)		
내측빔	상연	-5.903	6.380	0.477	-4.917	13.991	9.074
	하연	19.703	-6.093	13.610	16.413	-15.163	1.250
	허용응력	-1.414(인장) < 계 < 19.200(압축)			-3.984(인장) < 계 < 18.000(압축)		

5) 극한강도 검토

(가) 외측거더

① 극한 모멘트

$$\bullet M_u = 1.3 \times (1998.249 + 1579.001 + 412.855) + 2.15 \times 1716.827 = 8878.315 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

② 휨강도 검토

$$\bullet B = 2050 \text{ mm}$$

$$\bullet d = 2000 + 250 - 110 = 2140 \text{ mm} : \text{바닥판상단에서 강연선도심까지 거리}$$

$$\bullet A_p = 98.71 \times 12ea \times 4ea = 4738.1 \text{ mm}^2 : \text{PS강연선의 총단면적}$$

$$\bullet f_{ps} = 1900 \times (1 - 0.28/0.766 \times 0.00108 \times 1900/40) = 1864.4 \text{ MPa}$$

$$\bullet a = 4738.1 \times 1864.4 / (0.85 \times 40 \times 2050) = 126.7 < t_f = 250 \text{ mm}$$

∴ 직사각형 부재로 계산

$$\bullet \phi M_n = \phi A_p f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) = 0.85 \times 4738.1 \times 1864.4 \times \left(2140 - \frac{126.7}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 16068.202 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 8878.315 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore O.K. \quad [S.F = 1.810]$$

(나) 내측거더

① 극한 모멘트

$$\bullet M_u = 1.3 \times (1998.249 + 2011.760 + 398.198) + 2.15 \times 1484.229 = 8921.761 \text{ } kN \cdot m$$

② 휨강도 검토

$$\bullet B = 2300 \text{ } mm$$

$$\bullet d = 2000 + 250 - 110 = 2140 \text{ } mm : \text{바닥판상단에서 강연선도심까지 거리}$$

$$\bullet A_p = 98.71 \times 12ea \times 4ea = 4738.1 \text{ } mm^2 : \text{PS강연선의 총단면적}$$

$$\bullet f_{ps} = 1900 \times (1 - 0.28/0.766 \times 0.00096 \times 1900/40) = 1868.2 \text{ } MPa$$

$$\bullet a = 4738.1 \times 1868.2 / (0.85 \times 40 \times 2300) = 113.2 < t_f = 250 \text{ } mm$$

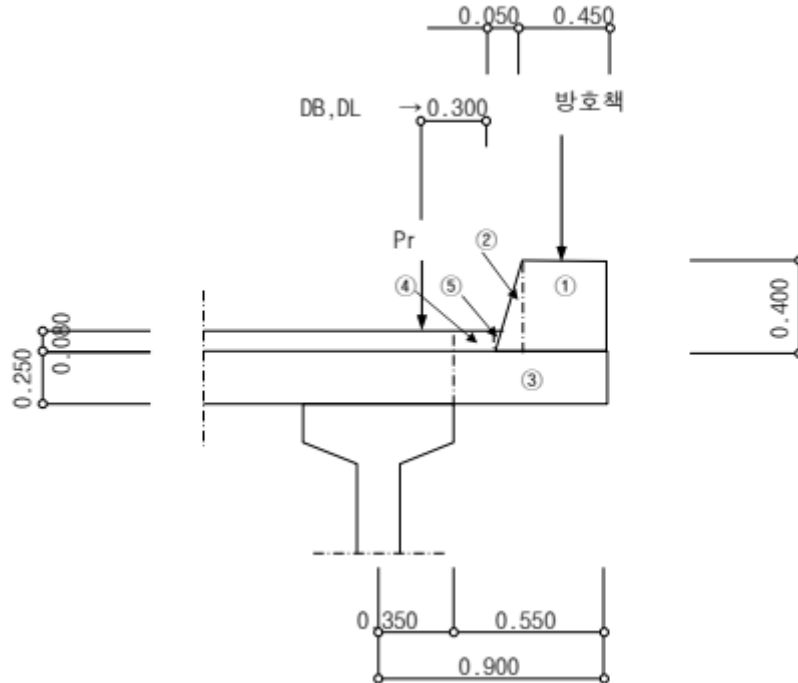
$\therefore$ 직사각형 부재로 계산

$$\bullet \phi M_n = \phi A_p f_{ps} (d_p - \frac{a}{2}) = 0.85 \times 4738.1 \times 1868.2 \times (2140 - \frac{113.2}{2}) \times 10^{-6}$$

$$= 16101.580 \text{ } kN \cdot m > M_u = 8921.761 \text{ } kN \cdot m \quad \therefore O.K \quad [S.F = 1.805]$$

6.2.3 바닥판 안전성평가

가. 캔틸레버부



1) 고정하중

구 분	하 중 (kN)	거리(m)	Md (kN · m)
①	$0.450 \times 0.400 \times 25.0 = 4.500$	0.325	1.463
②	$0.050 \times 0.400 / 2 \times 25.0 = 0.250$	0.083	0.021
강재방호책	1.000	0.325	0.325
소 계	5.750		1.809
③	$0.250 \times 0.550 \times 25.0 = 3.438$	0.275	0.945
④	$0.080 \times 0.050 \times 23.0 = 0.092$	0.025	0.002
⑤	$0.080 \times 0.010 / 2 \times 23.0 = 0.009$	0.355	0.001
합 계	9.289		2.757

2) 활하중(DB-24)

캔틸레버부의 지간이 적어서 활하중에 대한 영향이 없으므로 검토 불필요.

3) 충돌하중

① 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시

$$\begin{aligned} \cdot H &= (V / 60)^2 \times 7500 + 2500 \\ &= (40 / 60)^2 \times 7500 + 2500 = 5833.333 \text{ N/m} = 5.833 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\cdot \text{작용높이 } h = 1.080\text{m}$$

$$\cdot M_{co1} = 5.833 \times 1.080 = 6.300 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 $H = 10 \text{ kN/m}$ 의 수평하중 재하시

$$\cdot \text{작용높이 } h = 1.200\text{m}$$

$$\cdot M_{co2} = 10 \times 1.200 = 12.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\therefore M_{co} = \text{Max} [M_{co1}, M_{co2}] = 12.000 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

4) 풍하중

$$\cdot P_w = 3.000 \text{ kN/m}^2$$

$$\cdot M_w = 3.810 \times 0.720 \times 0.440 = 0.950 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

5) 원심하중

· 활하중이 작용하지 않으므로 원심하중 미적용

6) 하중조합

구분	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계 ($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)	비고
M_{U1}	1.30	2.15			1.30	3.583	
M_{U2}	1.30			1.30		4.819	
M_{U3}	1.30	1.30		0.65	1.30	4.201	
M_{U4}	1.25	1.25		0.625	1.25	4.040	
M_{U5}	1.30	1.30	1.30		1.30	19.183	◎
M_{U6}	1.20		1.20	1.20		18.848	
M_{U7}	1.00	1.00		0.30		3.042	

7) 단면검토

① 검토조건

콘크리트 설계기준강도	$f_{ck} = 27.0\text{MPa}$	철근의 항복강도	$f_y = 400.0\text{MPa}$
설계 모멘트	$M_u = 19.183\text{kN} \cdot \text{m}$	휨강도 감소계수	$\phi_f = 0.85$
부재 높이	$h = 250.0\text{mm}$	부재 폭	$b = 1000.0\text{mm}$
인장 피복	$d' = 60.0\text{mm}$	유효높이	$d = 190.0\text{mm}$

② 검토결과

구분	폭(mm)	높이(mm)	피복(mm)	사용철근량(mm ²)	$M_u(\text{kN} \cdot \text{m})$	$\phi M_n(\text{kN} \cdot \text{m})$	결과
휨검토	1000.0	250.0	60.0	H16@250 = 794.4 H16@250 = 794.4	19.183	95.157	O.K S.F=4.960
사용성검토	M_{max}		최외단철근 소요중심간격		최외단철근 평균배근간격		결과
	3.042 kN · m/m		5651.1mm		125.0mm		O.K

나. 중앙부

1) 고정하중(바닥판, 아스팔트포장)

$$\cdot W = 0.25\text{m} \times 25.0 + 0.08\text{m} \times 23.0 = 8.090 \text{ kN/m}^2$$

$$\cdot M_D = (1/10) \times 8.09 \times 1.600^2 = 2.071 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2) 활하중

$$\cdot \text{지간} : L = 1.600\text{m}$$

$$\cdot \text{충격계수} : i = 15 / (40 + L) = 0.361 \geq 0.300, \therefore i = 0.300$$

$$\cdot \text{활하중 모멘트} : M_{1+i} = \left(\frac{L+0.6}{9.6} \right) \times 96 \times (1+0.3) = 28.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\text{연속 바닥판이므로 } M_{1+i} = 0.8 \times 28.600 = 22.880 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

3) 작용모멘트

구분	고정하중 (M_D)	활하중 (M_{L+i})	충돌하중 (M_{CO})	풍하중 (M_W)	원심하중 (M_{CF})
모멘트($kN \cdot m/m$)	2.071	22.880	—	—	—

4) 하중조합

구분	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계 ($kN \cdot m/m$)	비고
M_{U1}	1.30	2.15	—	—	—	51.884	
M_{U2}	1.00	1.00	—	—	—	24.951	

5) 단면검토

① 검토조건

콘크리트 설계기준강도	$f_{ck} = 27.0MPa$	철근의 항복강도	$f_y = 400.0MPa$
설계 모멘트	$M_u = 51.884kN \cdot m$	휨강도 감소계수	$\phi_f = 0.85$
부재 높이	$h = 250.0mm$	부재 폭	$b = 1000.0mm$
인장 피복	$d' = 50.0mm$	유효높이	$d = 200.0mm$

② 검토결과

구분	폭(mm)	높이(mm)	피복(mm)	사용철근량(mm ²)	M_u ($kN \cdot m$)	ϕM_n ($kN \cdot m$)	결과
휨검토	1000.0	250.0	50.0	H16@250 = 794.4 H16@250 = 794.4	51.884	100.559	O.K S.F=1.938
사용성 검 토	M_{max}		최외단철근 소요중심간격		최외단철근 평균배근간격		결과
	24.951 $kN \cdot m/m$		726.8mm		125.0mm		O.K

다. 바닥판 검토결과

구분	M_D ($kN \cdot m$)	M_{L+i} ($kN \cdot m$)	M_u ($kN \cdot m$)	ϕM_n ($kN \cdot m$)	안전율	최소안전율
캔틸레버부	9.289	—	19.183	95.157	4.960	1.938
중양부	2.071	22.880	51.884	100.559	1.938	

6.3 내하력 평가

6.3.1 내하력 평가 방법

구조물이 현재 보유하고 있는 실제 내하력 및 안전도를 추정하기 위한 내하력 평가는 유지관리 체계의 핵심이 되는 중요한 분야로서 그 분석 및 평가방법의 합리성과 결과의 신뢰도가 중요한 문제로 된다. 현재 사용되고 있는 교량의 내하력 평가기법은 공용하중에 대한 내하율(Rating Factor)을 구하기 위한 허용응력개념(Working Stress Rating)이나 강도 또는 하중저항계수개념(Load and Resistance Factor Design)에 의한 방법과 신뢰성 이론의 개념에 기초한 방법으로 대별될 수 있다. 국토교통부에서 제정한 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-교량편’에 의한 내하력 평가절차는 다음과 같다.

가. 허용응력법에 의한 공용내하력 평가

1) 내하율의 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 $D+L(1.0+i)$ 를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다. 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 도로교 설계기준에 의거 부재종류에 따라 결정한다. 고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 중성화, 염해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 설계기준의 설계 활하중을 사용한다. 허용응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

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

여기서, f_a = 실측 허용응력, f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중에 의한 응력, i = 설계 충격계수

2) 공용내하력의 산정

허용응력법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\text{공용내하력(P)} = K_s \times \text{RF} \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응답 보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \quad \text{또는} \quad \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

$i_{\text{계산}}$ = 도로교의 경우 도로교설계기준,

철도교의 경우 철도설계기준에 의한 충격계수

$i_{\text{실측}}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

P_r = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우KRL하중)

$$\delta_{\text{계산}}(\delta_{\text{실측}}) = \text{이론적인 처짐량(실측 처짐량)}$$

$$\epsilon_{\text{계산}}(\epsilon_{\text{실측}}) = \text{이론적인 변형률(실측 변형률)}$$

나. 강도설계법에 의한 공용내하력 평가

1) 내하율의 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정시 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15 가된다.

단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 설계기준과 콘크리트 구조설계기준의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가 시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정 시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다. 고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 설계기준의 설계 활하중(DB 또는 DL하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

$$\text{내하율(RF)} = \frac{\emptyset M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, M_n = 극한 저항모멘트 (RC·PC구조물의 휨부재 $\emptyset = 0.85$)

M_d = 실측 고정하중에 의한 모멘트, M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

r_d = 고정하중 계수 = 1.30, r_l = 활하중 계수 = 2.15

i = 설계 충격계수

2) 공용내하력의 산정

$$\text{내하력 : } P = K_s \times \text{RF} \times P_r$$

P_r = 설계 활하중

$$K_s = \text{응답보정계수} = \left(\frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \right)$$

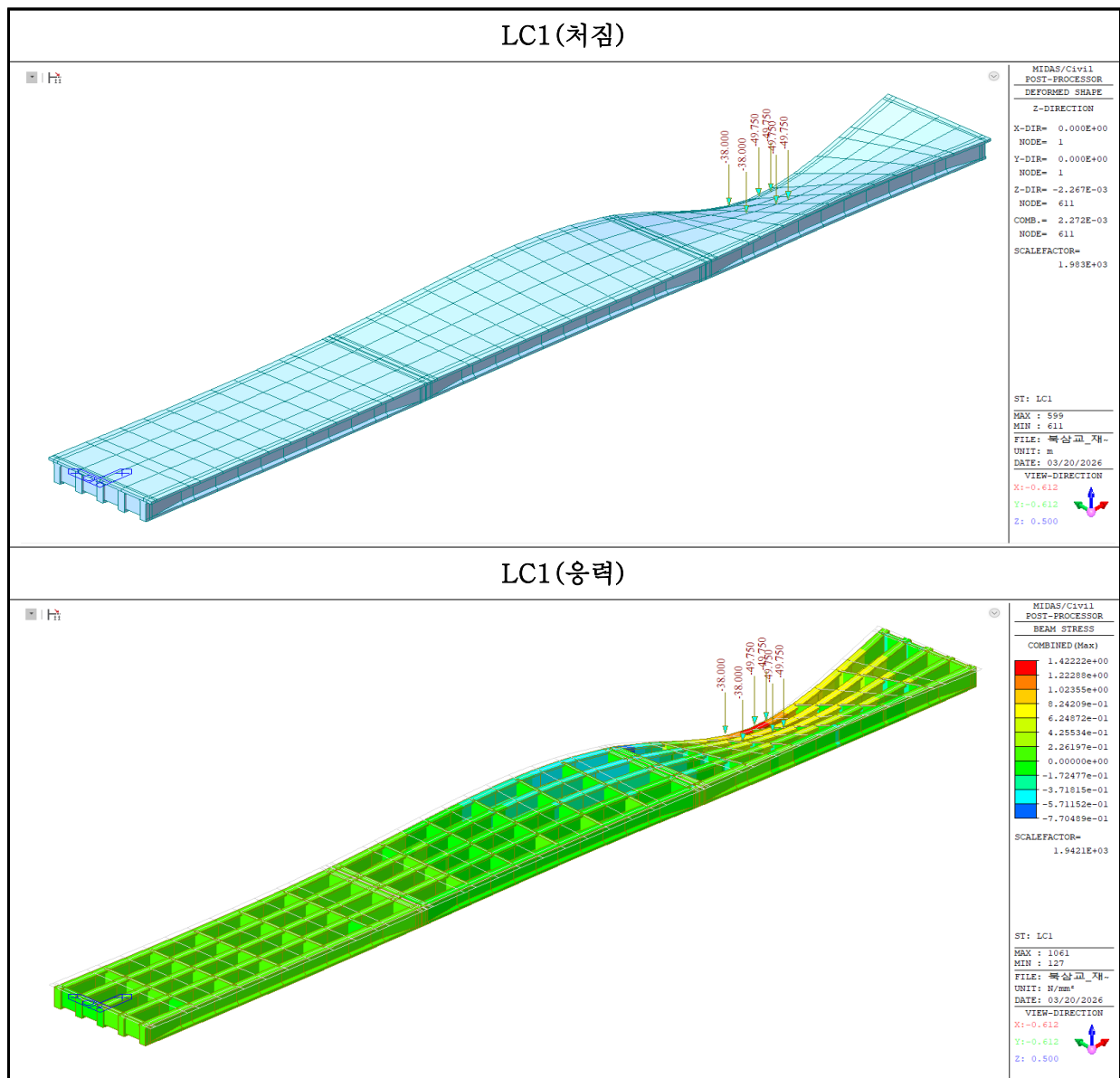
$$\text{또는 응답보정계수} = \left(\frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \right)$$

6.3.2 응답보정계수 산정

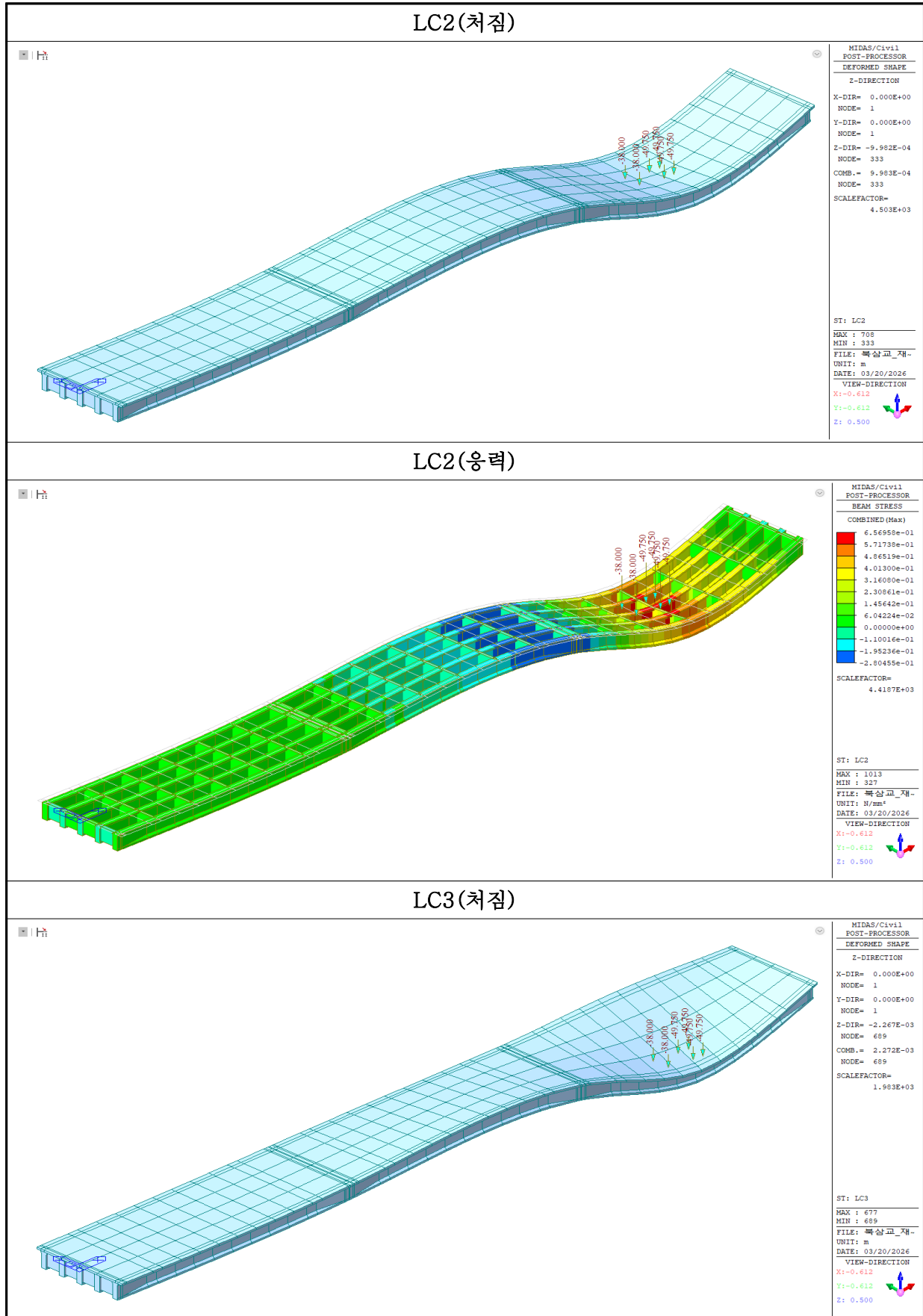
재하 차량에 의한 구조해석 결과로 이론적인 계산 처짐 및 변형을 값을 구한 후 현장 재하시험에서 측정된 실측 값을 비교하여 응답보정계수(K_s)를 산출한다. 교량의 설계하중에 의한 기본 내하력에 응답보정계수를 고려하여 공용내하력을 산정한다. PSC Beam의 경간중앙부의 외측 거더와 내측거더가 계산 단면으로 적용되었으며, Plate와 Frame 요소를 사용하여 계산하였다. 상세한 검토내용은 부록에 수록하였다.

가. 재하시험 차량에 의한 구조해석 결과

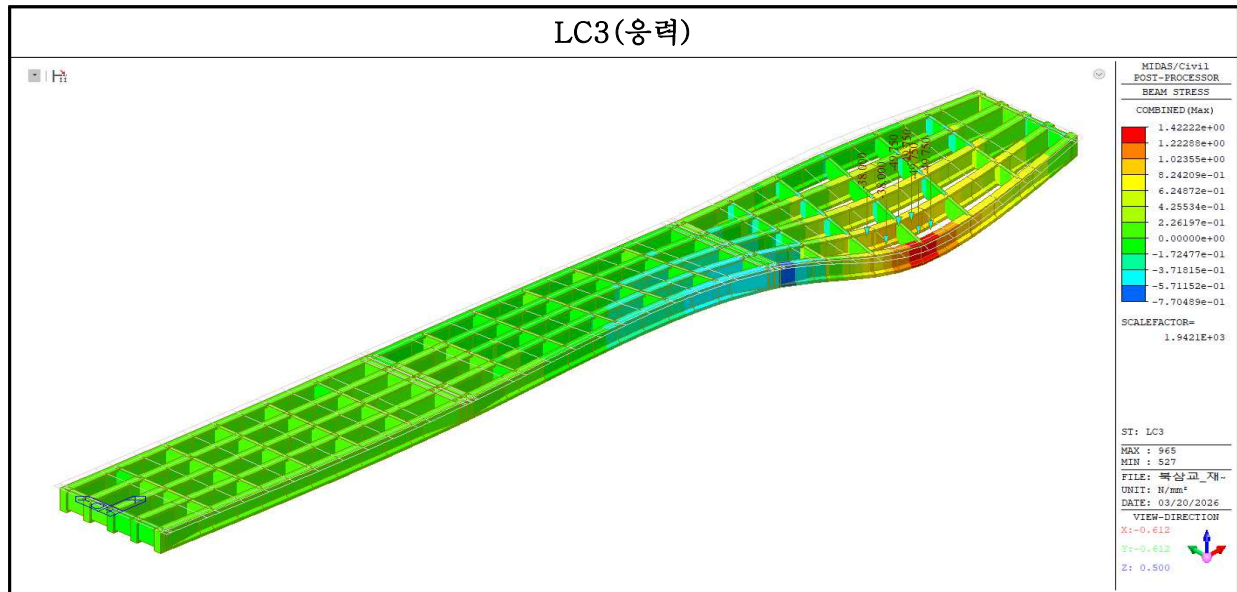
1) 처짐 및 응력도



【그림 6.14】 재하Case별 처짐



【그림 6.14】 재하Case별 처짐(계속)



【그림 6.14】 재하Case별 처짐(계속)

2) 처짐 및 응력 집계

【표 6.11】 재하시험 차량에 의한 처짐해석 결과

하 중 재 하		처짐(mm)					비고
		G1(DT1)	G2(DT2)	G3(DT3)	G4(DT4)	G5(DT5)	
재하 Case	L.C 1	2.049	1.496	0.934	0.408	-0.098	
	L.C 2	0.918	0.965	0.998	0.965	0.918	
	L.C 3	-0.098	0.408	0.934	1.496	2.049	

※ 부호 + : 하향처짐, - : 상향처짐

【표 6.12】 재하시험 차량에 의한 응력해석 결과

하 중 재 하		응력(MPa)					비고
		G1(ST1)	G2(ST2)	G3(ST3)	G4(ST4)	G5(ST5)	
재하 Case	L.C 1	1.422	1.043	0.658	0.341	0.028	
	L.C 2	0.527	0.629	0.657	0.629	0.527	
	L.C 3	0.028	0.341	0.658	1.043	1.422	

※ 부호 + : 인장

나. 응답비 산정

변형의 응답비는 재하시험에서 시험차량하중의 재하경우에 측정된 실 구조물의 변형에 대한 구조해석에서 해석모델 상에 동일한 시험차량 하중을 적용하였을 경우의 이론적인 변형의 비(이론치/실측치)를 말한다.

재하시험시 측정된 변형은 계측장비 및 센서의 정밀도, 측정시의 기후조건, 교량의 기하학적 특성 및 차량재하시 하중 집중으로 인한 국부적인 변형의 증가 등의 요인으로 인하여 오차를 포함하게 되므로 일반적으로 1.000에 가장 가까운 값을 응답비로 사용한다.

【표 6.13】 처짐응답비

구 분		G1	G2	G3	G4	G5	비 고
LC1	실측(mm)	1.415	1.050	0.658	0.297	-0.074	최저응답비: 외측빔 : 1.448 내측빔 : 1.323
	이론(mm)	2.049	1.496	0.934	0.408	-0.098	
	응답비	1.448	1.424	1.419	1.373	-	
LC2	실측(mm)	0.570	0.646	0.747	0.729	0.691	
	이론(mm)	0.918	0.965	0.998	0.965	0.918	
	응답비	1.610	1.493	1.336	1.323	1.328	
LC3	실측(mm)	-0.077	0.302	0.672	1.074	1.399	
	이론(mm)	-0.098	0.408	0.934	1.496	2.049	
	응답비	-	1.350	1.389	1.392	1.464	

【표 6.14】 변형율응답비

구 분		G1	G2	G3	G4	G5	비 고
LC1	실측($\mu\epsilon$)	39.588	27.355	17.085	7.531	0.331	최저응답비: 외측빔 : 1.197 내측빔 : 1.153
	이론($\mu\epsilon$)	47.423	34.784	21.944	11.372	0.933	
	응답비	1.197	1.271	1.284	1.510	2.818	
LC2	실측($\mu\epsilon$)	15.136	17.297	18.983	18.186	15.187	
	이론($\mu\epsilon$)	17.575	20.977	21.91	20.977	17.575	
	응답비	1.161	1.212	1.154	1.153	1.157	
LC3	실측($\mu\epsilon$)	-2.030	7.953	14.852	25.751	36.050	
	이론($\mu\epsilon$)	0.933	11.372	21.944	34.784	47.423	
	응답비	-	1.429	1.477	1.350	1.315	

다. 응답보정계수(Ks) 산정

변형에 대한 실측치와 해석 모델상에 동일한 시험차량 하중을 적용하였을 경우의 이론적인 변형의 비(계산치/실측치)를 말하며, 이 변형률의 응답비와 충격계수의 응답비(이론충격계수/실측 충격계수)를 곱한 값이 응답보정계수이다.

재하시험 시 측정된 변형은 계측장비 및 센서의 정밀도, 측정시의 기후조건, 교량의 기하학적 특성 및 차량재하 시 하중집중으로 인한 국부적인 변형의 증가 등으로 인하여 오차를 포함하게 되므로 계측값이 큰 Load Case의 응답비를 이용하여 응답보정계수를 산정한다.

【표 6.15】 충격계수 비

구분	충격계수		충격계수비 $\left(\frac{1+A}{1+B}\right)$	비고
	계산(A)	실측(B)		
S3 경간 중앙	0.217	0.175	1.035	

【표 6.16】 응답보정계수(Ks)

구 분			응답비	충격계수비	응답보정계수(Ks)	비고
S3 경간 중앙	치짐	외측빔	1.448	1.035	1.499	
		내측빔	1.323	1.035	1.369	◎
	변형율	외측빔	1.197	1.035	1.238	
		내측빔	1.153	1.035	1.193	◎

6.3.3 내하력 평가

각 구간별 슬래브와 거더의 내하력 검토결과, 내하율이 1.0 이상으로 내하력을 확보하는 것으로 평가되었다.

가. 기본내하율 산정

1) PSC Beam의 기본내하율(허용응력설계법) 산정

【표 6.17】 거더의 기본 내하율 산정(허용응력설계법)

구 분		고정하중 (MPa)	활하중 (MPa)	유효 Prestress (MPa)	허용응력 (MPa)	내하력 계산과정	내하율	내하력
외측 빔	상연	11.617	1.438	-4.882	18.000	$\frac{18.000-(11.617-4.882)}{1.438}$	7.834	DB-24 이상
	하연	-11.205	-3.324	16.294	-3.984	$\frac{-3.984-(-11.205+16.294)}{-3.324}$	2.730	DB-24 이상
내측 빔	상연	12.904	1.087	-4.917	18.000	$\frac{18.000-(12.904-4.917)}{1.087}$	9.212	DB-24 이상
	하연	-12.345	-2.818	16.413	-3.984	$\frac{-3.984-(-12.345+16.413)}{-2.818}$	2.858	DB-24 이상

2) PSC Beam의 기본내하율(강도설계법) 산정

【표 6.18】 거더의 기본 내하율 산정(강도설계법)

구 분	ϕM_n	M_D	M_{L+i}	내하율 계산과정	내하율	내하력
외측빔	16068.202	3990.105	1716.827	$\frac{16068.202 - 1.3 \times 3990.105}{2.15 \times 1716.827}$	2.948	DB-24 이상
내측빔	16101.580	4408.207	1484.229	$\frac{16101.580 - 1.3 \times 4408.207}{2.15 \times 1484.229}$	3.250	DB-24 이상

3) 바닥판의 기본내하율(강도설계법) 산정

【표 6.19】 바닥판의 기본 내하율 산정(강도설계법)

구 분	ϕM_n	M_D	M_{L+i}	내하율 계산과정	내하율	내하력
캔틸레버부 (방호벽)	95.157	9.289	0.000	—	—	활하중 비재하
중앙부	100.559	2.071	22.880	$\frac{100.559 - 1.3 \times 2.071}{2.15 \times 22.880}$	1.989	DB-24 이상

나. 공용내하력 평가

각 응답비는 재하시험을 통해 선정하였으며, 각 경간의 재하시험에 산정된 응답보정계수를 이용하여 공용내하력 평가에 적용하였다.

구조해석 결과를 바탕으로 산정된 공용 내하율의 최소값은 PSC Beam 3.256, 바닥판 1.989로 설계 활하중인 1등급(DB-24, DL-24)의 설계조건을 만족하는 것으로 평가되었다,

【표 6.20】 공용내하력 산정

구 분				기본내하율	응답보정계수		공용내하율		공용내하력
					치짐	변형율	치짐	변형율	
허용응력 설계법	PSC Beam	외측 빔	상연	7.834	1.369	1.193	10.724	9.345	DB-24이상
			하연	2.730			3.737	3.256	DB-24이상
		내측 빔	상연	9.212			12.611	10.989	DB-24이상
			하연	2.858			3.912	3.409	DB-24이상
강도 설계법	PSC Beam	외측빔		2.948			4.035	3.516	DB-24이상
		내측빔		3.250			4.449	3.877	DB-24이상
강도 설계법	바닥판	중앙부		1.989	-		1.989		DB-24이상

6.4 안전성평가 등급 산정

외관상태와 내구성조사를 근거로 교량구조물의 대표등급을 산정하는 경우 구조물의 실제적인 안전성에 대한 효과적인 고려가 곤란하다. 따라서 정밀점검(필요시)이나 정밀안전진단시에는 안전성평가 결과에 의하여 안전성평가등급을 산정하도록 한다.

6.4.1 안전성 평가 기준

가. 구조물의 안전성평가 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성 검토는 대상교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고 있다.

또한 교량의 안전성 평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나, 내하력은 활하중 여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서 안전성평가는 교량의 안전을 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가등급을 산정한다.

【표 6.21】 구조물의 안전성 평가기준

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

나. 세굴에 대한 안전성평가 기준

교량의 안전성능에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며, 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 평가 결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다.

교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성능 확보 유무가 평가되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려해야 한다.

하천(해상)을 횡단하는 공용중인 교량에 대한 세굴을 포함한 기초안전성 평가방법은 세굴 조사 기반 평가 및 세굴심 검토와 기초지반의 안전성을 검토하는 2단계의 평가절차를 적용한다.

1단계 평가의 경우, (1) 기초의 형식, (2) 지반의 종류, (3) 지반 및 세굴상태, 세굴심 검토 (4) 보호공의 상태를 검토하여 “a~e”로 판정하고, 판정의 근거가 되는 조사자료 등을 제시하여야 한다.

기초의 형식(우물통기초)과 지반의 종류(암반)인 경우, 세굴 저항성과 안정성 검토 결과가 충분히 입증되는 경우는 “a”로 판정한다.

【표 6.22】 (1)기초 형식 및 (2)지반 종류에 따른 등급판정

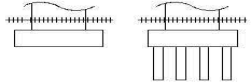
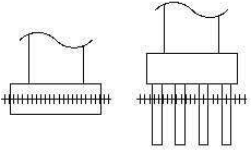
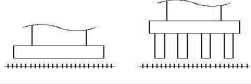
기초 및 지반	등급 판정 기준	등 급
기초 형식	우물통 기초인 경우 ¹⁾	a
지반 종류	지반이 암반인 경우 ¹⁾	a
세굴 저항성과 안정성 검토 결과가 충분히 입증되는 경우	a	

주1) 기초의 하단부가 세굴 등에 의해 지반과 맞닿아 있지 않은 경우 2단계(기초안전성) 평가를 실시하고 그 결과에 따라 등급을 지정하며, 지반조건 변화가 반영된 값에 대해 구조해석을 실시하는 경우 선택과업으로 실시한다.

이에 해당되지 않는 경우에는 (3) 지반 및 세굴 상태, 세굴심 검토에 따른 등급판정에 따라 “a~e”로 판정한다.

구조적 손상이나 진행 중인 세굴이 확인되는 경우에는 추가적인 검토를 진행하여야 하며 상향 보정 시 설계·시공 자료, 조사·시험 결과 등 객관적 근거를 명시하여야 한다.

【표 6.23】 (3) 지반 및 세굴 상태, 세굴심 검토에 따른 등급판정

등급	지반 및 세굴상태	세굴심 검토	비 고
a	기초상단보다 위 (0%)	세굴심도가 기초상단보다 높을 경우	
b	기초 또는 말뚝 상단 일부 노출 (1~30%)	세굴심도가 기초 또는 말뚝 사이에 있을 경우	
c	기초 또는 말뚝 깊이내 (31~70%)	-	
d	기초 또는 말뚝 하단 일부 노출 (71~100%)	-	
e	기초 또는 말뚝 하단보다 아래 (100% 초과)	세굴심도가 기초 또는 말뚝 하단보다 낮을 경우	

“a”와 “e”는 해당등급으로 판정하고, 이를 제외한 “b~d”는 (4)보호공 상태에 따른 등급판정에 따라 등급을 보정하여 판정한다.

【표 6.24】 (4) 세굴보호공 상태에 따른 등급판정

보호공 상태	등급 판정 기준	등급 보정
상	적정 세굴보호공이 설치되어 있으며 세굴보호공이 원래 기능을 충분히 수행 중인 상태	한 등급 상향
중	세굴보호공이 설치되어 있으나 설계기준을 만족하지 못하는 상태 또는 손상 또는 기능 저하로 부분적으로 기능 유지중인 상태	등급 유지
하	세굴보호공이 없거나 기능이 사실상 상실된 상태	한 등급 하향

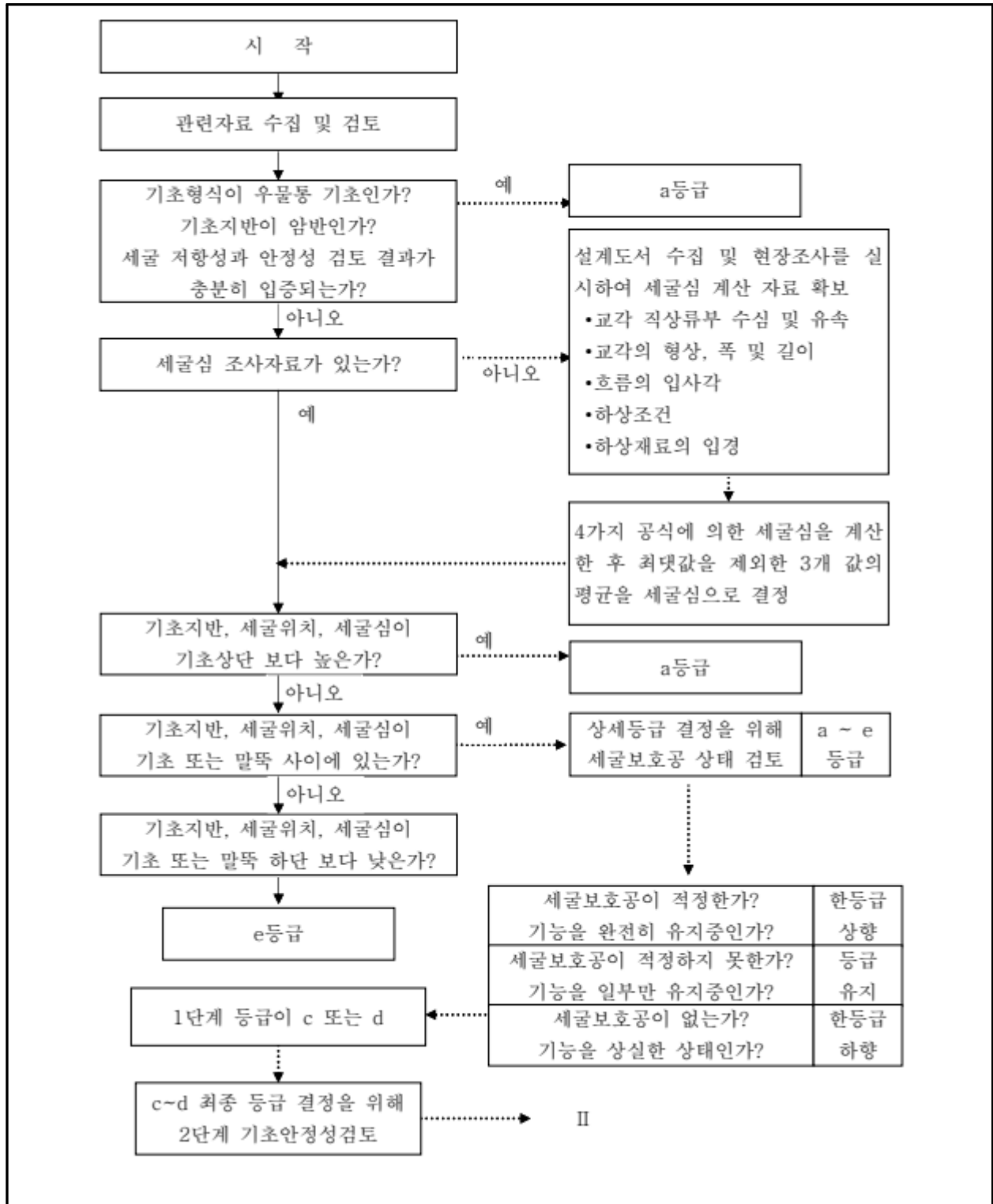
(4) 세굴보호공 상태를 적용한 등급판정에 따라 “c~d”로 판정되는 경우 구조해석 결과에 따라 안전율을 확보한 경우는 특별한 안전조치가 필요하지 않는 안전에 지장이 없는 상태이므로 등급 “c”로, 안전율을 확보하지 못한 경우 세굴방지공 설치 등의 긴급한 보수·보강 조치가 필요하므로 등급 “d”로 구분한다.

또한 교량기초는 기초형식에 따라 지지력, 전도, 활동에 안정하여야 하며 기초의 변위량은 허용변위량을 초과하지 않아야 한다.

【표 6.25】 기초의 안전성능 평가기준

구 분	1단계 평가에 의한 등급	2단계 (기초안전성)
a	•1단계 평가 결과가 ‘a’	—
b	•1단계 평가 결과가 ‘b’	—
c	•1단계 평가 결과가 ‘c’ 또는 ‘d’	•기초 지지력 확보 $S.F. \geq 1.0$
d		•허용변위량 이내일 경우 •기초 지지력 부족 $S.F. < 1.0$ •허용변위량을 초과할 경우
e	•1단계 평가 결과가 ‘e’	—
< 해 설 > • 1단계 검토 중 세굴심도 계산은 건설기준코드(구 하천설계기준, 도로교설계기준) 등 관련설계기준을 참고하여 수행함. • 2단계(기초안전성) 평가의 기초지지력은 기초형식별로 건설기준코드(구 도로교설계기준) 등 관련 설계기준을 참고하여 책임기술자의 판단에 따라 산정할 수 있음. • 2단계(기초안전성) 평가의 실시가 곤란한 경우 책임기술자의 판단에 따라 1단계 검토에 의한 구조안전성능결과를 산정할 수 있음. • 지지력의 안전율($S.F.$) = 지반의 허용지지력/작용응력 • 기초형식별 허용변위량은 건설기준코드(구 도로교설계기준, 구조물 기초 설계기준) 등 관련 설계기준을 참고하여 결정함.		

① 1단계 세굴심 평가



【그림 6.15】 1단계 지반, 세굴, 세굴심 결과 산정 방법

다. 안전성평가결과 산정방법

교량의 안전성평가결과 = $\text{Min}(\text{구조안전성}, \text{기초안전성})$

6.4.2 안전성 평가등급 산정결과

가. 구조물 안전성평가 결과

1) PSC Beam(허용응력설계법)

【표 6.26】 PSC Beam 안전성검토 결과(허용응력 설계법)

구 분		fmax (MPa)	fa (MPa)	안전율 (fa/fmax)	안전성 평가등급
외측빔	상연	8.173	18.000	2.202	a
	하연	1.765	18.000	10.198	a
내측빔	상연	9.074	18.000	1.984	a
	하연	1.250	18.000	14.400	a

2) PSC Beam(강도설계법)

【표 6.27】 PSC Beam 안전성검토 결과(강도설계법)

구 분	Mu(kN·m)	ϕMn (kN·m)	안전율 ($\phi Mn/Mu$)	안전성 평가등급
외측빔	16068.202	8878.315	1.810	a
내측빔	16101.580	8921.761	1.805	a

3) 바닥판(강도설계법)

【표 6.28】 바닥판 안전성검토 결과(강도설계법)

구 분	Mu(kN·m)	ϕMn (kN·m)	안전율 ($\phi Mn/Mu$)	안전성 평가등급
켄틸레버부	19.183	95.157	4.960	a
중앙부	51.884	100.559	1.938	a

나. 세굴에 대한 안전성평가 결과

북삼교는 임진강을 횡단하는 교량으로, 안전성 평가시 구조물 안전성평가와 세굴을 포함한 기초안전성을 평가하여야 한다. 평가방법은 세굴조사 기반 평가 및 세굴심 검토와 기초지반의 안전성을 검토하는 2단계의 평가절차를 적용한다. 세굴을 포함한 기초안전성 평가를 포함해야 한다.

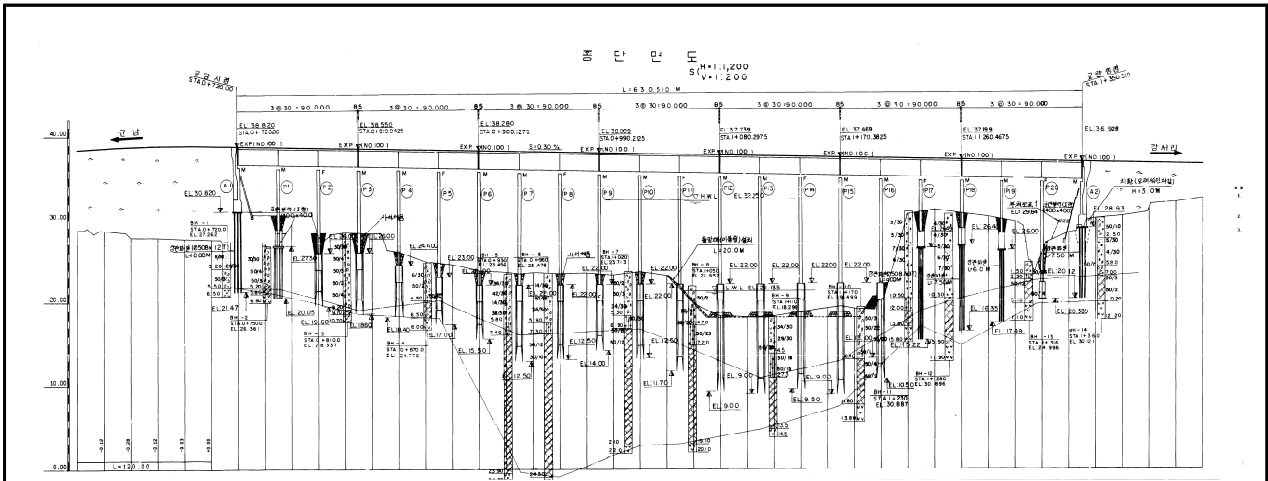
1단계 평가의 경우, (1)기초의 형식, (2)지반의 종류, (3)지반 및 세굴상태, 세굴심 검토 (4)보호공의 상태를 검토하여야 한다. 현장조사결과 및 준공도서 등을 참조하여 세굴에 대한 안정성을 평가 하였다.

1) 기초형식, 지반, 세굴보호공 현황

북삼교의 기초형식은 말뚝기초, 우물통기초, 직접기초로 계획되어 있고 교각 기초지반의 지층 분포현황은 퇴적층, 풍화토, 풍화암층으로 구성되어 있으므로, 세부지침 기준에 의거하여 지반 및 세굴상태, 세굴심검토에 의한 안전성등급을 판정하여야 한다,

준공도서분석 및 현장조사결과 세굴방지보호공이 설치되어 있고, 사석보호공의 상태가 기능을 충분히 수행하는 양호한 상태이므로 지반 및 세굴상태, 세굴심검토에 따른 판정등급에서 한단계 상향해서 안전성등급을 산정한다.

【표 6.29】 기초, 지반 및 세굴방지보호 현황



하천부지	기초형식	대상교각	지반종류	세굴방지보호공	
				종류	상태
고수부지	말뚝기초	P1, P17, P18,P19	퇴적층, 풍화토, 풍화암	사석	기능유지
	우물통기초	P2~P10	퇴적층, 풍화토, 풍화암	사석	기능유지
	직접기초	P20	퇴적층, 풍화토, 풍화암	사석	기능유지
유심부	우물통기초	P11~P16	퇴적층, 풍화토, 풍화암	사석	기능유지

2) 지반 및 세굴상태, 세굴심도검토

세굴심도는 준공도서 중 구조계산서에 수록된 세굴검토서를 참조하였으며, 채택된 세굴심은 유심부 2.5m, 고수부지 2.0m이다. 준공도서에 검토된 적용 공식별 세굴심에 대한 검토내용은 다음과 같으며, 상세검토 내용은 발췌하여 부록에 수록하였다.

(가) 준공도서 세굴심 검토내용

【표 6.30】 북삼교 세굴심도(준공도서 발췌)

준공 도서(구조 및 수리계산서) 중 세굴심도 검토 내용

	LAURSEA 추정법	Qureshi 공식	Poona 공식
유 심 부	2.07	3.14	1.64
고수부지	2.25	1.72	1.91

$$\text{유 심 부} \quad \frac{2.07+3.14+1.64}{3} = 2.28$$

따라서 $Z_s = 2.50\text{M}$ 적용

$$\text{고수부지} \quad \frac{2.25+1.72+1.91}{3} = 1.98$$

따라서 $Z_s = 2.00\text{M}$ 적용

2) 세굴범위

$$bs = 3.57Z_s + b \text{ (수자원학회 학술논문집 PP48-53)}$$

유심부의 경우 $Z_s = 2.28$ $b = 6.0$ 이므로

$$bs = 3.57 \times 2.28 + 6.0 = 14.13\text{M} \rightarrow 14.50\text{M}$$

고수부지의 경우 $Z_s = 1.98$ $b = 1.8$

$$bs = 3.57 \times 1.98 + 1.8 = 8.94\text{M} \rightarrow 9.0\text{M}$$

3) 사석직경 (Dp)

$$D_p = \frac{0.795V_o^{2.35}b^{0.15}}{(S_s-1)^{1.12}g^{1.12}y_o^{0.27}} \text{ (수자원학회 학술논문집 PP48-53)}$$

V_o : 교각직상류부 유속 (m/sec) 1.3 V_o

y_o : 교각직상류부 수심

b : 교각폭

저수로의 경우 $b = 3.0$ $h = 14.0$

$$D_p = \frac{0.795 \times (1.3 \times 2.25)^{2.35} \times 3.0^{0.15}}{(2.65-1)^{1.12} \times 9.8^{1.12} \times 14.0^{0.27}} = 0.227\text{M}$$

(나) 지반 및 세굴상태, 세굴심 위치에 따른 등급 산정

【표 6.31】 세굴심 위치에 따른 안전성평가 등급 산정

교 각	지반 및 세굴상태	지반고 (GL.m)	세굴심 (m)	세굴심 (EL.m)	기초상단 (EL.m)	기초하단 (EL.m)	세굴심위치	안전성 평가등급	조정 등급
P1	기초상단보다 위	30.30	2.0	28.30	29.30	27.30	기초상단~하단	b	a
P2	기초상단보다 위	27.90	2.0	25.90	26.00	19.60	기초상단~하단	b	a
P3	기초상단보다 위	28.34	2.0	26.34	26.00	18.600	기초상단 이상	a	a
P4	기초상단보다 위	26.13	2.0	24.13	24.40	18.40	기초상단~하단	b	a
P5	기초상단보다 위	24.77	2.0	22.77	23.00	17.00	기초상단~하단	b	a
P6	기초상단보다 위	23.81	2.0	21.81	22.00	15.50	기초상단~하단	b	a
P7	기초상단보다 위	23.63	2.0	21.63	22.00	12.50	기초상단~하단	b	a
P8	기초상단보다 위	23.48	2.0	21.48	22.00	12.50	기초상단~하단	b	a
P9	기초상단보다 위	23.43	2.0	21.43	22.00	14.00	기초상단~하단	b	a
P10	기초상단보다 위	23.71	2.0	21.71	22.00	12.50	기초상단~하단	b	a
P11	기초일부노출	21.53	2.5	19.03	22.00	11.70	기초상단~하단	b	a
P12	기초일부노출	18.38	2.5	15.88	22.00	9.10	기초상단~하단	b	a
P13	기초일부노출	18.30	2.5	15.80	22.00	9.00	기초상단~하단	b	a
P14	기초일부노출	18.85	2.5	16.35	22.00	9.50	기초상단~하단	b	a
P15	기초일부노출	19.27	2.5	16.77	22.00	9.00	기초상단~하단	b	a
P16	기초일부노출	20.26	2.5	17.76	22.00	10.50	기초상단~하단	b	a
P17	기초상단보다 위	30.89	2.0	28.89	28.49	26.49	기초상단 이상	a	a
P18	기초상단보다 위	30.70	2.0	28.70	28.40	26.40	기초상단 이상	a	a
P19	기초상단보다 위	30.02	2.0	28.02	28.00	26.00	기초상단 이상	a	a
P20	기초상단보다 위	25.96	2.0	23.96	22.39	20.39	기초상단 이상	a	a

북삼교의 지반 및 세굴상태 검토결과, 고수부지 구간은 기초상단보다 위에 있는 상태이고 유침부 구간의 기초상단은 일부 노출이 되어 있는 상태이다. 세굴심도 위치는 기초사이에 있는 교각과, 기초상단 이상인 교각으로 분류가 된다. 따라서, 안전성평가 등급은 a와 b로 분석되었으나, 전교각이 세굴방지보호공이 설치되어, 보호공의 기능을 수행하고 있는 양호한 상태이고 준공도서 분석결과, 기초안전성에 대해서 충분한 안전율을 확보하고 있으므로 북삼교의 세굴에 대한 안전성평가 등급은 a등급으로 상향 조정하여 평가하였다.

다. 안전성평가 결과요약

본 과업대상 교량인 북삼교는 임진강을 횡단하고 있으며, 교량 연장 L=630m, 폭원 B=11.0m로 구성된 PSC Beam 형식의 교량으로 재하시험 대상 경간의 3경간 연속구간(S1~S3)을 모델링하여 안전성과 내하력을 평가 하였다. 본 안전성검토는 해석의 일관성을 유지하기 위하여 당초 설계개념을 바탕으로 안전성검토를 실시하였다.

허용응력설계법 및 강도설계법에 의한 구조물 안전성 평가결과, 최소안전율이 1.0이상인 a등급으로 산정되었으며, 세굴을 고려한 기초 안전성검토는 지반 및세굴상태, 세굴심 위치, 세굴보호공 기능유지 등을 고려하여 a등급으로 평가하였다. 따라서 북삼교의 전반적인 안전성 평가등급은 “A등급” 으로 평가되었다.

【표 6.32】 안전성평가 결과요약

구 분				구조물 안전성평가		내하력 평가		세굴 안전성 평가
				안전율	평가	기본 내하율	공용 내하율	
PSC Beam	허용응력 설계법	외측	상연	2.202	a	7.834	9.345	a
			하연	10.198	a	2.730	3.256	
		내측	상연	1.984	a	9.212	10.989	
			하연	14.400	a	2.858	3.409	
	강도설계법	외측		1.810	a	2.948	3.516	
		내측		1.805	a	3.250	3.877	
바닥판	캔틸레버부			4.960	a	—	—	
	중앙부			1.938	a	1.989	1.989	
최저 안전성 평가결과				1.805	A	1.989	1.989	

라. 기 진단 및 금회 안전성평가 결과비교

기 시행된 정밀안전진단 및 금회 진단 결과를 비교·분석한 결과, 고정하중, 물성치, 재하시험조건, 모델링차이 등에 의한 미소한 차이가 발생하였으나, 전반적으로 구조물 안전성평가 결과는 모두 a등급으로 평가되었으며, 비교·분석 결과표는 다음과 같다.

【표 6.33】 기 진단 결과와의 비교·분석표

항 목		기 진단(2020)	금회진단(2026)
적용 물성치	바닥판	· $E_c = 26,893 \text{ MPa}$ (근거없음)	· $E_c = 0.077m_c^{1.5} \sqrt[3]{f_{cu}} = 26,681 \text{ MPa}$
	PSC빔	· $E_c = 31,879 \text{ MPa}$ (근거없음)	· $E_c = 0.077m_c^{1.5} \sqrt[3]{f_{cu}} = 29,985 \text{ MPa}$
주요 하중조합		· 강도설계법 : 1.3D+2.15L · 허용응력설계법 : 1.0(D+L+T+G)	· 강도설계법 : 1.3D+2.15L · 허용응력설계법 : 1.0(D+L+T+G)
방호벽하중		· 연석 적용(강재방호책 미고려)	· 연석+강재방호책 적용
PC 강연선		· 파상마찰계수 : $k = 0.0050 \text{ 1/m}$ · 곡률마찰계수 : $k = 0.25 \text{ 1/rad}$	· 파상마찰계수 : $k = 0.0066 \text{ 1/m}$ · 곡률마찰계수 : $k = 0.30 \text{ 1/rad}$ (준공도서 제원 적용)
PSC빔 허용응력		· 인장 3.16 MPa , · 압축 18.0 MPa ,	· 인장 : $0.63 \sqrt{f_{ck}} = 3.98 \text{ MPa}$, · 압축 : $0.45 f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$,
안전성 평가	바닥판(중앙부)		· $\phi M_n = 100.600 \text{ kN} \cdot \text{m}$ · $M_u = 51.900 \text{ kN} \cdot \text{m}$ · 안전율 : 1.938
	PSC빔	허용응력 설계법	· $f_{max} = 8.783 \text{ MPa}$ · $f_a = 18.00 \text{ MPa}$ · 안전율 : 2.049
		강도설계법	미검토
	구조해석프로그램		SAP 2000
내하력 평가	구조해석프로그램		Midas Civil
	재하시험위치		S3 경간
	응답비 (이론/실측)	충격계수	1.046
		처짐	1.290
		변형율	미검토
	응답보정계수	처짐	1.348
		변형율	미검토
	바닥판 기본 내하율		1.989
	거더 공용 내하율		2.995
	이론 고유진동수(Hz)		4.020(질량참여율 7.05%)

※ 안전율, 응답비, 응답보정계수, 내하율은 최소값을 정리하여 수록하였음.

- 금회 이론고유진동수 분석결과, 종방향 1차 휨모드는 질량참여율 8.31%, 고유진동수 4.056 Hz로 분석되었고, 종방향 2차 휨모드는 질량참여율 61.39%, 고유진동수 6.885Hz로 분석되었다. 따라서, 북삼교의 이론고유진동수는 실측치(4.688~5.078Hz)와 유사한 종방향 1차 휨모드의 고유진동수 4.056 Hz로 선정하는 것이 타당한 것으로 판단된다.
- 기 진단대비 이론고유진동수는 유사하게 분석되었으며, 미세한 차이는 모델링시 강성 및 질량 등의 차이에 의한 것으로 판단된다.
- 금회진단의 경우 종방향 1차 휨모드가 모드5에서 발생하였으나, 기 진단의 경우는 모드 1에서 발생하였다. 그 사유는 탄성받침의 지점경계조건은 연직방향, 수평방향의 스프링강성 제원을 적용하여야 하나, 기 진단의 경우는 받침의 가동 및 고정 상태를 고려한 힌지롤러의 Support경계조건으로 설정하였기 때문이다.
- 기 진단과 금회진단 대비, 물성치, 프로그램, 모델링 차이 등으로 인해 미세한 차이가 발생하였으나, 모두 다 최소안전율이 1.0 이상으로 평가되어 교량은 구조안전성을 확보하는 것으로 판단된다.

제7장 종합평가 및 안전등급의 지정

7.1 종합평가 산정절차

7.2 종합평가 결과

7.3 안전등급 지정

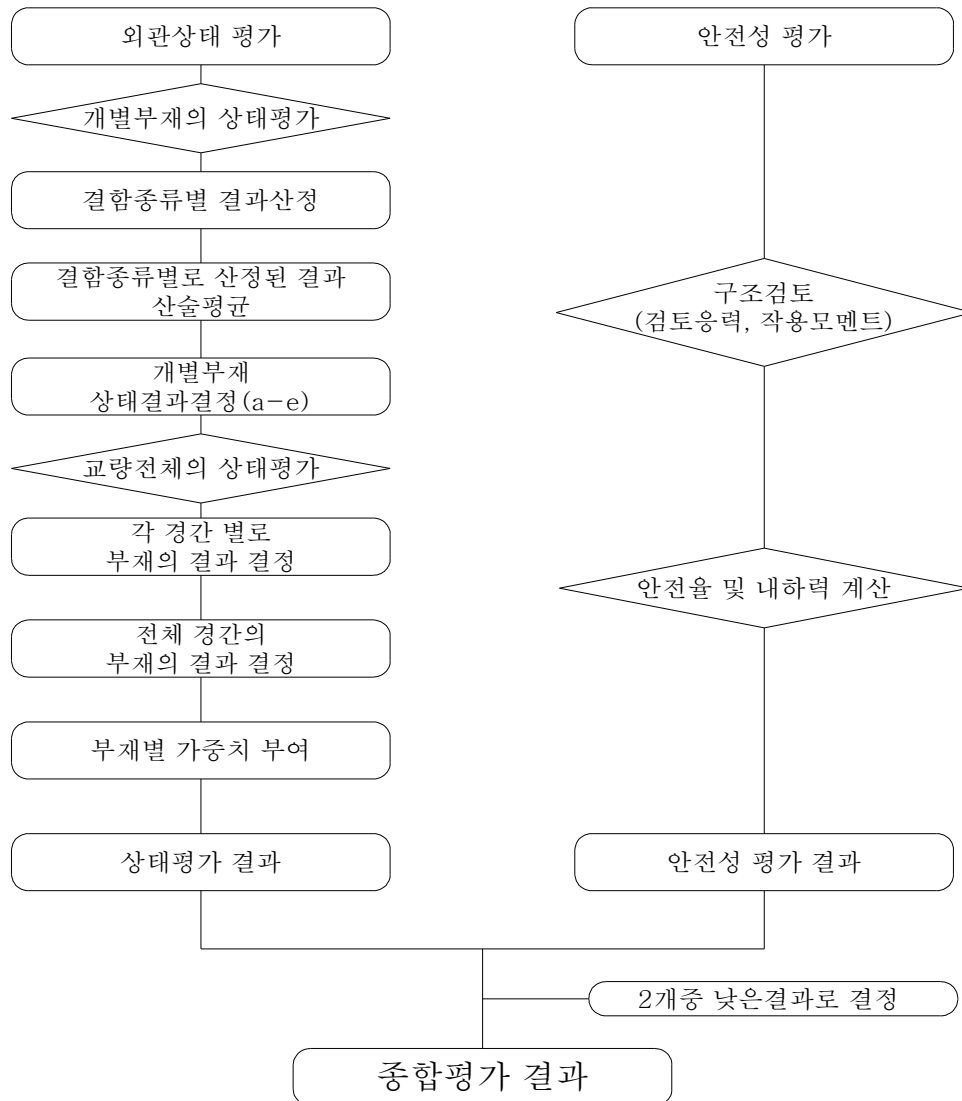
제7장 종합평가 및 안전등급의 지정

7.1 종합평가 산정절차

7.1.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가결과로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 7.1】 종합평가 결과 산정절차

7.2 종합평가 결과

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 북삼교의 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 7.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
북삼교	0.201	B	1.805(거더) 1.938(바닥판)	A	B
종합평가	•북삼교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 “B” 로 평가됨 •안전성평가 결과 양방향 최소 안전율 1.0이상으로 “A” 로 평가됨 •상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 북삼교는 “B” 로 평가됨				

7.3 안전등급 지정

7.3.1 안전등급기준

정밀안전진단을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제16조 및 「영」 제12조 에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

【표 7.2】 시설물의 안전등급 기준

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

7.3.2 안전등급기준

북삼교에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 안전등급 “B등급” 으로 평가되었다.

【표 7.3】 시설물의 안전등급 지정

구조물명	안전등급
북삼교	B등급(양호)

제8장 보수 · 보강 및 유지관리 방안

8.1 보수 · 보강 방안

8.2 보수 · 보강 개략공사비

8.3 유지관리 방안

제8장 보수·보강 및 유지관리 방안

8.1 보수·보강 방안

8.1.1 개요

본 교량에 발생한 주요 손상에는 바닥판하면 백태, 박리, 누수, 거더 도장박리, 하부구조 균열, 파손, 백태, 교량받침 도장박리 등이 있다.

외관조사시 발견된 결함 및 손상은 설계 성능으로의 향상을 위하여 보수 및 보강을 수행하는 것이 원칙이나, 손상으로 인한 내구성 및 내하력의 저하가 미미하고 보수보강 작업으로 오히려 교량부재의 성능이 저하될 것으로 예상되는 손상의 경우에는 보수·보강을 수행하지 않고 추후 실시할 점검 및 진단시 손상부위를 계속 관찰함으로써 교량의 장수명화를 도모하는 것이 효과적이다.

본 장에서는 북삼교에 발생한 각종 결함 및 손상에 대한 원인을 분석하고, 적절한 보수·보강 방안을 제시함으로써 교량의 각부재가 설계 성능을 회복할 수 있도록 하였고, 손상의 정도가 미미하여 보수·보강의 필요가 없는 부분에 대해서는 손상내용을 정확히 기술하여 추후 실시할 점검 및 진단시 손상의 진행여부를 확인하도록 하였다.

보수·보강방안에 대한 검토사항은 기존자료의 검토를 통한 보수·보강 이력을 조사하고 진단 결과에 따른 보수·보강 범위를 선정하며, 이에 따른 공법선정, 재료의 선정 등을 검토하여 보수·보강 긴급우선순위에 따른 보수시기를 결정하여야 한다.

【표 8.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

검 토 순 서	내 용
기존자료분석	기존 점검 및 진단자료 분석, 설계도서 조사
보수·보강 이력검토	사용기간중 시설물의 보수·보강이력검토
보수·보강의 범위 선정	손상규모에 따른 보수여부 결정 구조물의 사용년한을 고려한 보수·보강 범위 산정
공법의 선정	구조물의 기능에 따른 공법선정 구조물의 주변환경 및 형식을 고려하여 공법선정 공법의 시공성 및 경제성 고려하여 결정
보수재료의 선정	기존의 재료와 물성이 같은 보수재 선택 구조물의 종류 및 환경조건 고려 구조물의 사용년한을 고려한 보수재 선택
보수시기 결정	구조적인 안전성, 내구성, 사용성, 결함, 열화의 중요도에 따라 우선순위 부여

8.1.2 우선순위 선정

조사된 손상 중에서 보수·보강 대상 부위에 대해서는 가능한 한 조속히 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 동시에 전체 손상에 대한 보수·보강을 실시하는 것은 비경제적이므로, 경제적이고 효율적인 보수·보강작업을 위해 발생한 손상이 교량의 안전성에 미치는 영향을 고려하여 손상을 종류별로 구분하여 아래와 같이 보수 우선순위를 부여하였다.

또한, 직접 구조물에 발생한 손상이 아닌 경우 유지관리 방안에는 기술하되, 공사비 산정에는 반영하지 않았다.

【표 8.2】 보수·보강 우선순위 결정 기준

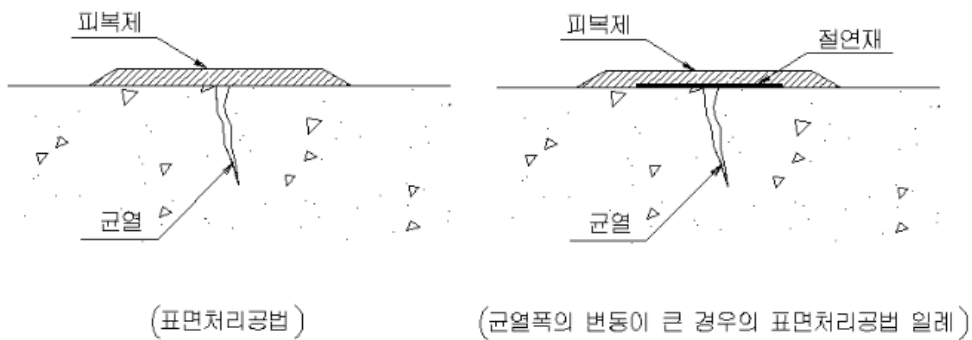
구분	순위	내 용
단기	1순위	『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』 시행령 제18조(시설물의 중대한 결함)의 “대통령령으로 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 - 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 - 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식 가능성이 큰 경우
중기	2순위	- 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 - 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 - 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
장기	3순위	- 기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상 - 발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우
주의 관찰		1~3순위를 제외한 손상으로써 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 경미한 강재의 용접결함 - 기타 경미한 손상으로써 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

8.1.3 보수공법

가. 표면처리공법

1) 적용 범위

- 대상교량에 발생한 폭 0.2mm 이하의 균열과 백태 등의 표면손상은 진전방지 및 미관을 고려한 표면처리 보수를 실시한다.
- 폭 0.2mm 이하의 미세한 균열에 대해 직접 그 균열의 표면을 피복하여 방수성, 내수성을 지니도록 하는 것으로 그 효과는 균열표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열의 진행여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.



<사용 재료>

- | | |
|---------------|----------------------|
| ① 폴리머시멘트 페이스트 | ③ 도막 탄성방수재 (아크릴 수지계) |
| ② 시멘트 필러 | ④ 도막 탄성방수재 (우레탄 수지계) |

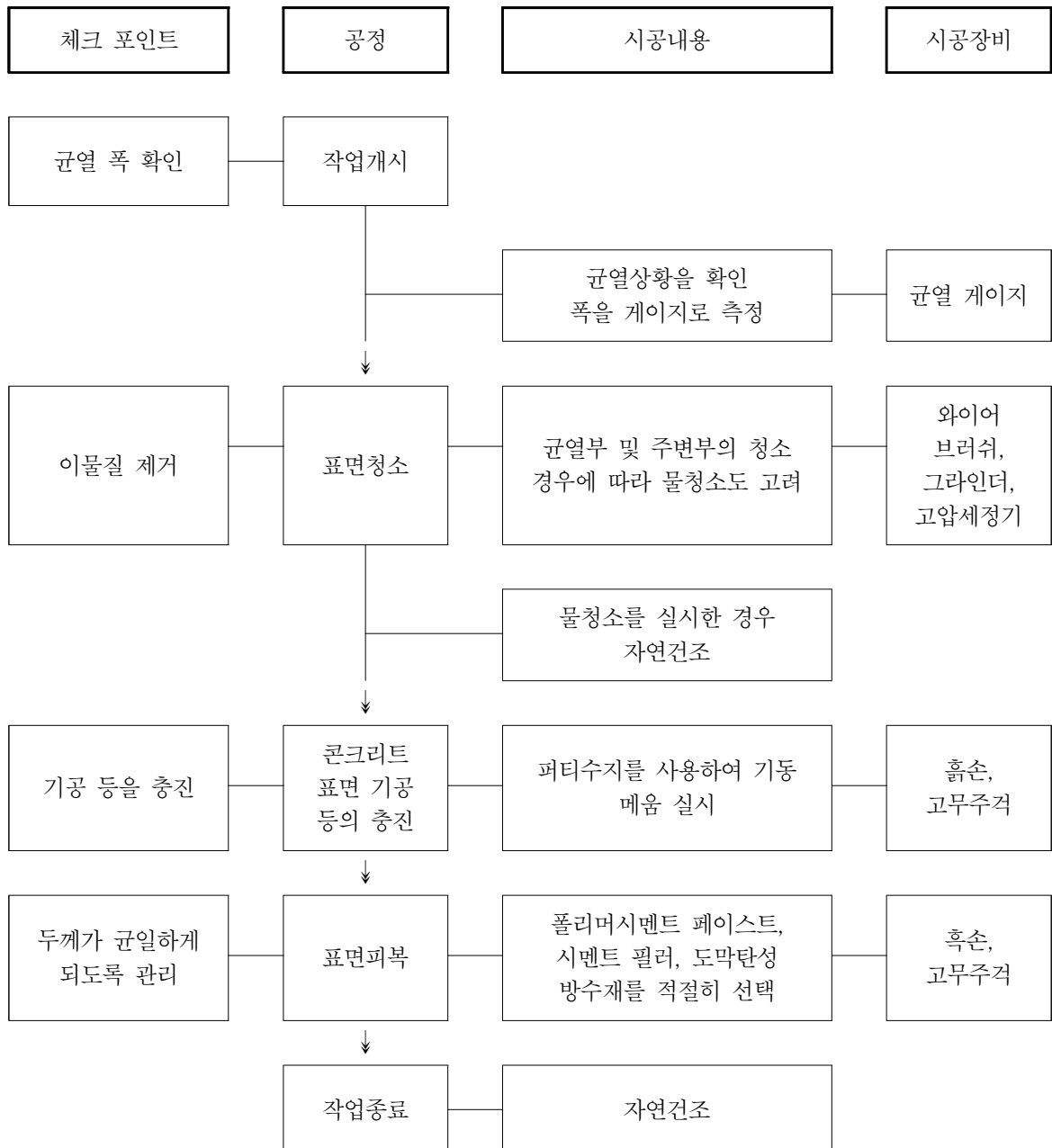
【그림 8.1】 표면처리공법 개요도

2) 시공시 주의사항

- (1) 기존의 도막 및 이물질을 수공구 또는 샌더 등의 전동공구를 사용하여 제거한다.
- (2) 도막을 완전히 제거한 후 고압수세정기(100~150kg/m²)를 사용하여 표면위에 남아있는 이물질을 완전히 제거한다.(물을 사용할수 없는 경우에는 압축공기나 진공 청소기를 사용한다.)
- (3) 세정 순서는 위쪽에서 아래쪽으로 하고 오염된 물이 아래쪽 벽면에 부착되지 않도록 주의하여 세정한다.
- (4) 유지 등으로 더러워진 부분은 용제나 전용세제를 사용하여 세정한다.
- (5) 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.
- (6) 제품선정 후 제품 시방규정에 의한 표준 도포량 확인한다.
- (7) 직사광선, 바람 등이 현저한 장소에서 시공할 때는 급격한 건조를 방지하기 위한 조치를 취하여야 한다.

- (8) 동절기 시공 시에는 따뜻한 날을 선택하여 시공하여야 한다.
 (9) 혼화재는 사용 전에 수회 흔들어야 한다.
 (10) 시공완료 후 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.

3) 시공 흐름도



【그림 8.2】 표면처리공법 시공 흐름도

나. 주입보수공법

1) 개요

균열(0.3mm이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

2) 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 8.3】 수지주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 · 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

【표 8.4】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1mm 전후
	고점도	1,500±500	0.2mm 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0mm 전후

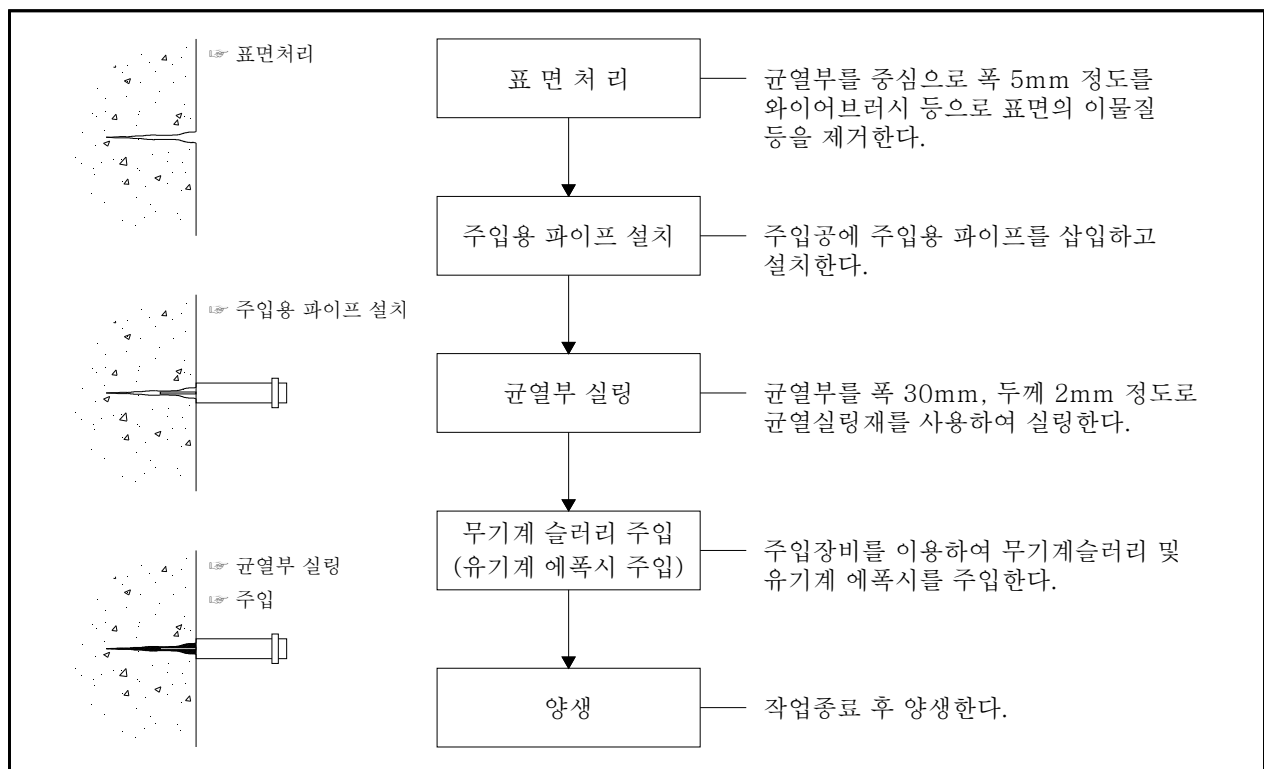
【표 8.5】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(mm)	주입파이프/패커간격(mm)	비고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 8.6】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	"	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	"	"	3.5이상	4.0이상
인장강도	"	"	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	"	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	"	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	"	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	"	80이상	80이상

3) 시공방법

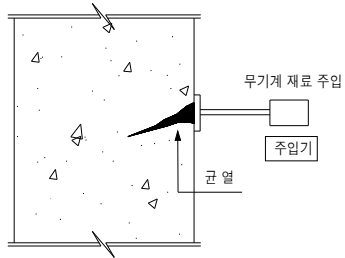
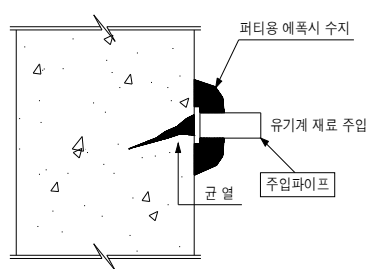


【그림 8.3】 균열 보수공법 개요도

4) 시공시 주의사항

- (1) 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.
- (2) 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
- (3) 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.
- (4) 썰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- (5) 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 썰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

【표 8.7】 주입공법 공법비교안

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법	에폭시 주입공법
개요도		
공법 개요	균열부위를 커팅하고 균열부를 썰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 커팅하고 균열부를 썰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 썰링→폴리머슬러리시멘트주입→단면복구	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 썰링→에폭시주입→단면복구
특징	- 품질관리가 용이하고 재균열 발생우려 없음 - 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 보통형식의 것은 경화시간이 낮고 공기가 길어짐 - 공정이 다소 복잡하여 시공전문가필요 - 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	- 인장, 휨강도가 우수함 - 건조한 환경에 유리함 - 경화시간이 빠름 - 시공실적 다수 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 - 주입압력이 크면 균열이 확대되므로 주의 - 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름

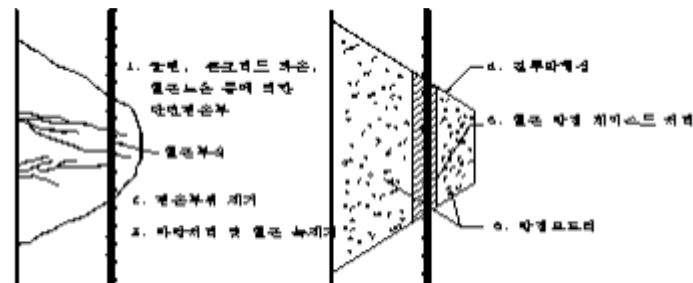
다. 단면보수(철근방청)공법

1) 적용 범위

· 외관조사 결과, 바닥판, 교대의 단면손상 등이 조사되었다. 이는 시공시의 다짐불량, 피복두께 부족, 공용기간의 증가로 인한 콘크리트 열화, 외부충격 등에 의하여 발생된 것으로 판단되며 일부분상에 대해서는 콘크리트 내구성 차원의 보수가 이루어져야 한다.

· 본 공법은 상기 단면 손상부에 대한 보수공법으로, 현재 조사된 부위의 불건전 콘크리트와 기타 이물질 부위를 제거하고, 부식이 발생한 철근은 녹을 제거하고 방청 처리를 한 후 방청모르터를 도포하는 순서로 보수시공을 진행한다.

2) 보수방법



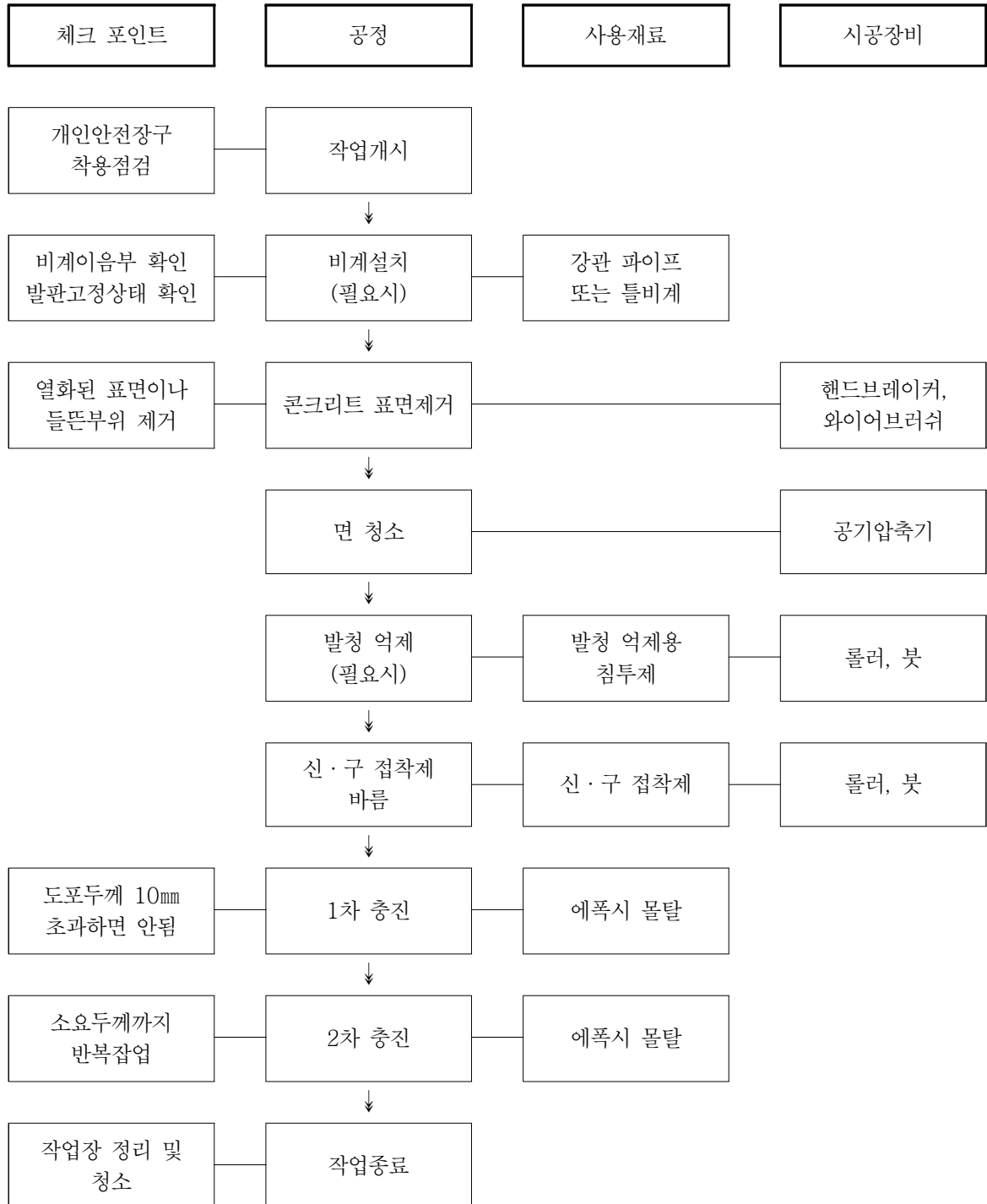
【그림 8.4】 단면보수공법 개요도

3) 시공방법 및 유의사항

- (1) 기존 콘크리트의 열화부위 및 탄산화 부분을 브레이커 등을 이용하여 제거한다.
- (2) 콘크리트 표면제거 시 파편 및 분진이 발생되므로 보호안경을 착용 후 작업에 임한다.
- (3) 콘크리트 표면제거 후 고압세척기를 이용하여 고압 세척한다.
- (4) 콘크리트 제거 후 공기압축기를 사용하여 표면을 깨끗이 청소한다.
- (5) 기온이 5℃ 이하에서는 작업을 중지해야 한다.
- (6) 철근 부식의 원인이 되는 전해질을 제거하고 공극을 메워 콘크리트 밀도증가로 산소와 물이 차단되도록 발청 억제용 침투제를 도포한다.
- (7) 신·구재료의 접착력을 증진시키기 위하여 신·구 접착제를 도포한다.
- (8) 비가 예상되거나 습도가 80%이상일 경우, 안개가 심한 경우에는 작업을 중지하여야 한다.
- (9) 기존 콘크리트 탈락부위에 1차 충진은 에폭시 몰탈로 실시한다.
- (10) 에폭시몰탈 시공시 미장두께는 10mm를 넘어서서는 안 된다.
- (11) 기온이 30℃ 이하에서는 1차 충진 후 최소 2시간 경과 후에 2차 충진을 실시한다.
- (12) 에폭시몰탈은 상온에서 배합후 시간이 경과하면 접착력 및 강도가 저하되므로 작업종료

후 남은 것은 재사용하지 말고 버려야 한다.

(13) 에폭시 몰탈의 혼합량은 중량비를 기준으로 저울을 이용하여 정확히 계량하여야 한다.



【그림 8.5】 단면보수공법 시공 흐름도

라. 강박스 거더 내·외부 도장보수공법

1) 적용 범위

- 공용년수의 증가에 따라 도장부가 열화되어 발생한 부식 및 발청, 도장박리 등의 도장손상에 적용한다.

2) 일반사항

(1) 적용범위

- 본 지침은 강재의 중방식 보수도장 공사에 적용한다.

3) 용어의 정의

- 중방식 도장(Heavy Duty Coating)이라 함은 교량, 해상 구조물 등 심한 부식환경에 놓여있는 철 구조물을 장기간에 걸쳐 부식으로 보호하기 위하여 제조한 도료로 시공하는 방식도장을 말한다.

4) 시방규정의 준수

- 공사감독자는 본 지침은 물론 도로교 표준시방서 및 강교 보수도장공사 시방서 규정을 준수하여야 한다.

5) 사용도료 및 건조도막 두께

(1) 전면 채도장시

【표 8.8】 일반적인 부식 환경 도막두께

도장부위		바탕처리 정도	도장 층별	도료 종류	건조도막 두께(mm)
강교 부위		거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도	무기질 징크계	50
			중 도	염화 고무계	60
			상 도	염화 고무계	60
강교 내부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도	무기질 징크계	75
			상 도	역청질계	75
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도	무기질 징크계	75
			상 도	타르에폭시계	75
	3안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도	무기질 징크계	75
			상 도	에폭시계	75

【표 8.9】가혹한 부식 환경 도막두께

도장부위		바탕처리 정도	도장 층별	도료 종류	건조도막 두께(㎜)
외 부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	무기질 징크계 에폭시계 우레탄계	75 100 80
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계 우레탄계	100 100 80
내 부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질 징크계 타르에폭시계	75 100
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질 징크계 에폭시계	75 100
	3안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계	100 100

(2) 부분 재도장시

【표 8.10】부분 재도장시 도막두께

도장부위		바탕처리 정도	도장 층별	도료 종류	건조도막 두께(㎜)
외 부	염화고무계 알키드 조합페인트	·거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	T/U 하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱) 우레탄계	(80) 100 50
	우레탄계		T/U 하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱) 우레탄계	(80) 80 50
내 부	역청질계	·동력공구 시공(St3)	T/U 상 도	에폭시계(알미늄) 역청질계	(80) 75
	광명단페인트		T/U 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱)	(80) 100

※ 주) T/U(touch-up) : 국부적인 보수도장을 말하며 터치업 면적이 큰 경우는 블라스팅을 하고 전면 재도장 기준을 적용한다.

6) 적용요령

- (1) 전면보수시의 환경은 대기 오염 및 염화칼슘의 영향 등을 고려하여 가급적 가혹한 부식 환경을 적용한다.
- (2) 도료의 종류와 건조도막두께는 공사 및 도료의 특성에 따라 변경될 수도 있다.

- (3) 무기질 징크위에 도장 전에는 반드시 미스트 코트를 실시한다.
- (4) 강교 내부의 상도는 유지관리상 가급적 밝은색(회색)으로 도장한다.
- (5) 전면 재도장은 도장면적 전체를 바탕 처리하는 경우를 말하며 부분 재도장은 녹발생 등으로 도장이 손상된 부분만을 바탕 처리하여 터치업 도장 후 하도, 상도는 필요면적만을 도장하거나 또는 전 면적을 도장 하는 것이다.

7) 바탕처리의 정도

· 보수 도장시의 바탕처리 등급은 다음을 원칙으로 한다.

- (1) 전면 재도장시 : SIS(스웨덴 규격협회) 규정에 의한 Sa 2 1/2
- (2) 부분 재도장시 : SIS 규정에 의한 Sa 2 1/2 또는 St 3

8) 특수부위의 도장

- (1) 모재와 연결판 접촉면은 후막형 무기질 징크리치 페인트로 도장한다.
- (2) 강상판, 강재료와 콘크리트의 접촉면, 방수층면은 브라스팅 처리를 하여 녹·흑피 등을 제거한 후 무기질 징크리치 페인트로 도장한다.
- (3) 받침장치·앵커볼트 부위는 특별히 규정한 경우를 제외하고는 제청작업을 한 후 무기질 징크리치 도료나 에폭시계(알루미늄 또는 미스틱) 도료로 도장한다.

9) 검 사

(1) 검사항목

【표 8.11】 도장 전·후 검사항목

검사이기	검사항목	검사방법
도장 전	·도료 ·피도체 바탕처리 상태	·시험성적표심사 ·시료채취 시험실시(KSM 5000) ·시방서 기준
도장 후	·도료 사용량 ·외관조사 ·도막두께 ·도막부착시험	·전수조사 ·육안조사 ·측정기에 의함 ·테이프 테스트

(2) 도료의 품질검사

－ 제조업체 시험 성적표

- 제조업체가 제출한 시험성적표가 규격에 적합한지 확인하여야 한다.
- 시험성적표는 도료의 종류별·도료 롯트별로 확인 검사를 해야 한다.

- 용기의 규격번호 및 명칭이 표시되었는지 확인하여야 한다.
- 도료의 수량은 설계 소요량이 반입되었는지 확인하여야 한다.
- 현장시료 채취시험은 반드시 공인된 시험기간에 의뢰검사를 실시하여야 한다. 도장 후 도막의 부착성 시험도 필요시에는 의뢰검사를 실시할 수 있다.
- 불합격 도료의 처리
 - 시험에 불합격한 도료는 즉시 현장 외부로 반출하고 반출을 증빙할 수 있도록 반품과정의 사진을 촬영하여 반출송장과 함께 제출한다.
 - 시험에 불합격하여 도료를 반출하고 재 반입하는 경우는 도료 제조업체를 변경한다.

(3) 도장 후 검사

- 외관의 육안조사
 - 도막의 변·퇴색이나, 광택의 감퇴, 백염화, 오손, 균열, 벗겨짐, 부풀음 및 녹 등의 이상 유무 및 발생정도를 판정한다.
- 층별 도장이 건조된 후 도막측정기에 의하여 도막 두께를 측정한다.
- 도막의 부착성 시험
 - 칼로 X-Cut 한 후 테이프 테스트를 실시하여 3A등급 이상(ASTM D 3359 기준)이어야 한다.

10) 강재도장 공법 비교

【표 8.12】 강재도장 공법 비교

공법	중방식 금속혼합물 피막	염화고무계 도료 (일반중방식)	에폭시계 도료	세라믹계 도료
시공 순서	·표면처리 ·1차피막 (하도) ·2차피막 (중도) ·3차피막 (상도)	·표면처리 ·무기질징크 하도 ·염화고무도료 중,상도	·표면처리 ·수용성 무기징크 1,2,3차 도포	·세라믹코팅 바탕만들기 ·무기아연말계 ·무기세라믹계 ·우레탄세라믹
장 점	·내열성, 내후성, 방청력, 부착력, 신율우수 ·내마모성 우수 ·강인한 도막, 미관성 ·내약품성, 내충격성 ·희생양극방식 기능 ·내염성, 내구성 ·Re-Coating이 용이 ·음용수 기준에도 적합한 친환경적 소재	·일반적인 시공성 ·국내적용 실적이 많음 ·건조가 빠름	·내약품성 ·강인한 도막, 미관성 ·희생양극방식기능	·내약품성 ·강인한 도막, 미관성 ·내구성
단 점	·일반적 도료에 비해 비교적 고가 ·작업시 접착제와 금속 혼합물이 잘 혼합되도록 전동 믹서기를 이용하여 혼합하여야 함 ·작업전 시공교육 필요	·내약품성이 나쁨. ·내구성이 짧음 ·내열성이 나쁨 ·초기접착력은 우수하나, 접착력 저하(계면탈락) ·저온시 증점(점도상승, 유동성감소) 및 겔화현상 발생	·공사비 고가 ·수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 ·자외선에 의해 변색을 일으키며, 재료의 변형 유발 ·고온에서 황변현상 있음 ·초기접착력은 우수하나, 접착력저하 (계면탈락)	·공사비 고가 ·수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 ·다른 재질이므로 층간분리현상이 나타날 수 있음
내구성	20년	3 ~ 4년	5년	10년
경제성	36,000원/m ²	18,000원/m ²	20,000원/m ²	30,000원/m ²

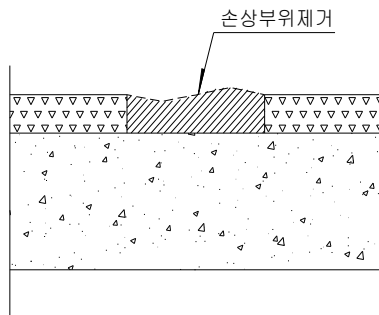
가. 아스팔트 패칭공법

1) 적용범위

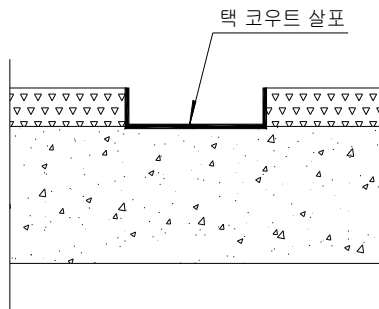
- (1) 교면포장에 발생한 손상 중 국부적인 아스콘 탈락 등은 시간이 지남에 따라 손상이 더욱 커지는 특성이 있고 통행차량의 주행성 저하와 교량에 충격원인을 제공하므로 보수가 필요하다. 보수방안은 단기적으로는 손상부위에 국부적으로 아스팔트 패칭 공법을 적용하는 방법이 있으며 장기적으로는 전면 재포장 하는 방법이 있다.
- (2) 부분적인 아스팔트 포장의 보수에 사용되는 공법으로 보수의 긴급성에 따라 가열혼합식과 상온혼합식으로 나누며 보수효과가 좋은 가열혼합식을 사용하는 것으로 한다.
- (3) 패칭보수 완료후 신·구 아스콘 접속부에서 체수가 될수 있으므로 접속부의 마무리에 유의하여야 한다. 포장의 절취는 상판면까지 행하고 택코우트 및 도막방수는 상판 뿐만아니라 측면까지 잘 도포한다. 아스팔트 패칭 보수는 작업의 효율성 및 보수효과를 위해 1㎡을 기준으로 한다.

2) 시공방법

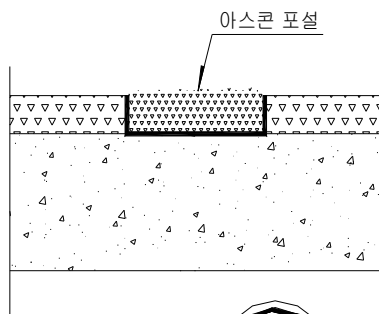
- (1) 안전관리기준에 의거 안전시설 설치후 교통통제를 실시한다.
- (2) 제거부분을 양호한 포장면과 30cm 정도 겹쳐지게 페인트 등으로 표시한다.
- (3) 로드컷터기를 사용하여 차량진행 방향과 나란하게 직각 절단하고 브레이커로 파쇄한다.
- (4) 절삭구간은 바브켓을 이용하여 부산물을 모두 제거하고 특히 절삭면에 분리되어 있는 잔재는 인력으로 압축공기를 이용하여 가열, 건조시킨다.
- (5) 바닥면과 옆면에 수동 살포기 및 인력을 이용하여 택코팅을 실시한다.
- (6) 아스팔트 혼합물 포설
- (7) 탠덤 롤러를 사용하여 충분히 다짐을 실시한다.
- (8) 패칭부 가장자리를 유제 아스팔트로 실링하여 신·구 아스콘 접속을 견고히 함으로 우수의 침투를 예방한다.
- (9) 이음부 포설 시 유제가 많이 포설되었을 경우에는 모래를 뿌려 제거한다.
- (10) 포장보수 완료 후 시공 주위를 깨끗이 청소한다.
- (11) 교통통제 시설 철거 후 교통개방 시 표면온도는 50℃이하가 되도록 한다.
- (12) 절삭된 폐아스팔트는 지정장소에 모아서 처리한다.



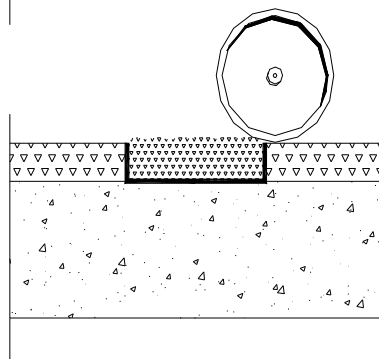
1. 파손된 부분보다 30㎝ 정도 크게 절삭기를 이용하여 절삭한다.
2. 제거하는 부분은 수직으로 정사각형 또는 직사각형의 형상을 만든다.
3. 차량 진행 방향에 직각으로 해야 한다.
4. 포장의 절단은 면이 고르게 나올 수 있도록 해야 한다.
5. 먼지 및 부스러기를 깨끗이 청소한다.



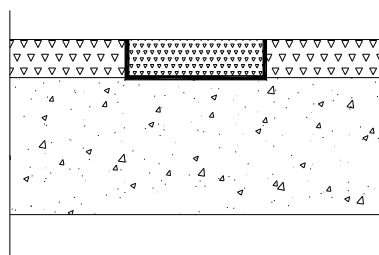
1. 급속 경화형 커트백 아스팔트를 이용하여 택 코우팅을 실시한다.
2. 택 코우트는 적정량을 균일하게 살포하는 것이 중요하므로 시험 살포를 통하여 디스트 리뉴터의 속도와 살포량의 관계를 파악하여 두는 것이 중요하다.
3. 절삭된 면에도 택 코우트를 실시하여 기존 포장면과의 접착력을 증가시켜야 한다.



1. 밀입도 아스팔트 혼합물을 채운다.
2. 가열 아스팔트를 포설할 경우에는 온도가 120℃ 이하가 되지 않도록 시공해야 한다.
3. 인력 포설 경우에는 혼합물의 온도가 쉽게 내려가기 때문에 신속히 작업해야 한다.
4. 균일한 밀도 및 두께가 되도록 신중히 포설한다.
5. 포설시 혼합물의 재료 분리가 발생되지 않도록 주의한다.
6. 가열 아스팔트 혼합물의 사용이 불가능하면 유화 아스팔트나 커트백 아스팔트를 사용한 플랜트 배합 아스팔트를 사용할 수 있다.



1. 포설 후 가능한 빨리 다짐을 하며, 다짐을 하기 전에 표면을 점검하고 불균일한 표면이나 요철 등이 발생한 경우에는 즉시 수정해야 한다.
2. 다짐 작업은 보수 규모에 맞는 장비를 선택해야 한다.
작업의 규모가 작은 보수 공사의 경우에는 진동 컴팩터 또는 1t 진동 롤러가 적합하며 작업 규모가 큰 경우에는 8~12t사이의 진동 롤러가 적합하다.



1. 보수 부위의 종단평탄성을 비롯한 품질 관리를 위해서는 직선자 또는 스트링 라인(String line)을 사용한다.

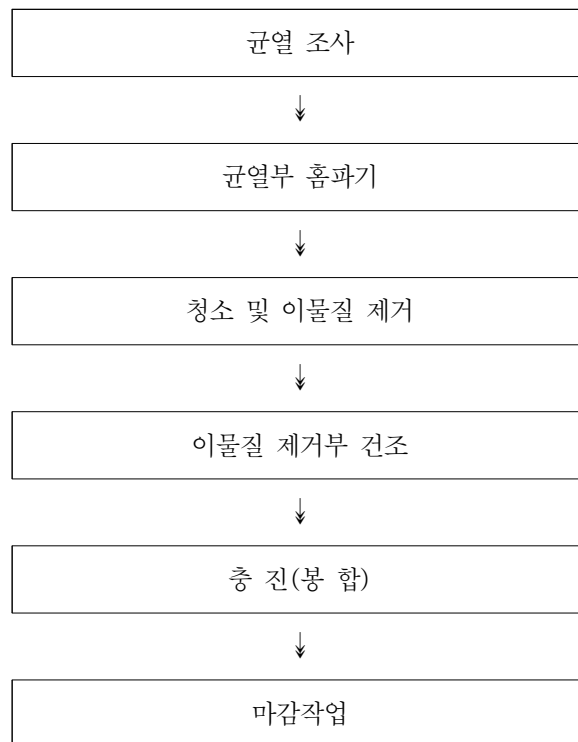
【그림 8.6】 아스팔트 패atching공법 시공 개요도

나. 아스팔트 실링보수

1) 적용 범위

- (1) 아스팔트 포장 도로는 지형, 기후 그리고 교통량에 따라 엄격하게 설계되지만 차량 운하 중의 반복작용과, 온도변화에 의한 수축·팽창 작용 및 기층의 변화상태에 의해 설계에 관계없이 점차 노후화 하기 시작하며 특히, 아스팔트에 포함된 가소성분, 아스팔트 성분은 산화작용으로 경화되며 교통량에 따른 중압과 온도변화로 탄성력이 작아져 균열이 진행된다.
- (2) 단순 균열 부분에 적합하여 시공속도가 빠르고 경제적이며 균열이 폭이 좁고 깊이가 상대적으로 낮아 이물질이 적게 침투되어 있는 균열에 적합하다.
- (3) 발달된 균열의 진행방향에 따라 홈파기 작업을 하여 침투되어 있는 이물질을 제거하며, 시공면 접착부의 접착 강도를 증진시킬수 있어 균열의 폭이 크고 깊이가 깊은 균열에 적합하다.
- (4) 큰 성상 균열 또는 Cement Concrete 포장 위의 Asphalt 층에 보이는 균열 등에 혼합물을 채워서 보수하는 공법
- (5) 균열부의 먼지나 흙은 제거하고 파손 부분을 제거한 후 Asphalt Mortar, Slurry, 혼합물, Brown Asphalt, 주입줄눈재, Guss Asphalt 등으로 채운다.

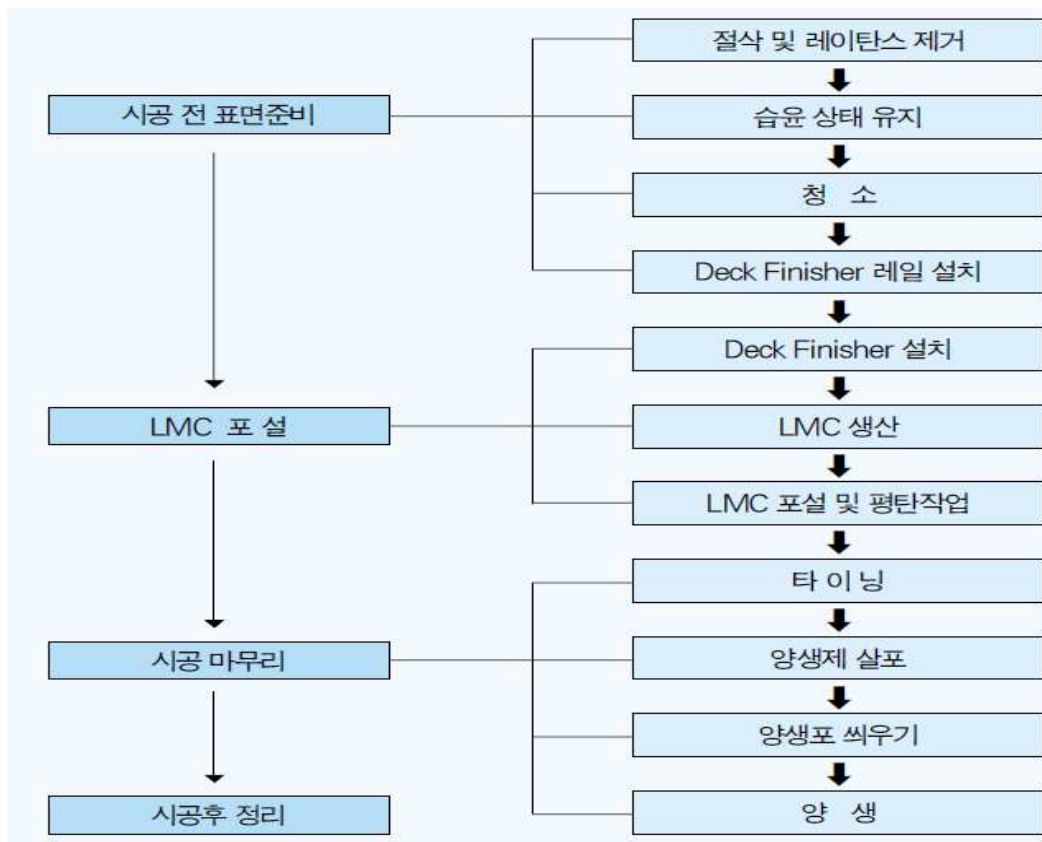
2) 시공흐름도



【그림 8.7】 아스팔트 균열보수공법 시공 흐름도

다. 콘크리트 재포장(LMC)

1) 시공절차



【그림 8.8】 콘크리트 재포장(LMC) 시공절차

2) 시공방법

(1) 교면준비

－ 교면절삭

- 교량 슬래브 콘크리트의 표면을 절삭 깊이 2mm내외로 요철이 생기게 절삭한다.
- Latex 혼합개질콘크리트와 접하는 방호벽이나 중분대 기초 등과 같은 측벽은 치핑(Chipping)하여 거친 면으로 만든다.
- 부착력을 저해하는 레이탄스, 들뜬 콘크리트 부스러기, 오일, 흡착된 이물질 등을 완전히 제거한다.
- 그라인딩 작업에 의해 발생된 미 분말은 압축공기로 완전히 제거한다.

－ 습윤상태 유지

- 건조한 슬래브 콘크리트에 의한 Latex 혼합개질콘크리트의 배합수량 흡수가 방지되도록, 교면 절삭 후 념마를 덮고 살수하여 습윤 상태를 유지한다.

· 이러한 교면 습윤상태는 Latex 혼합개질콘크리트가 포설되기 전 최소 24시간 이상 유지되어야 한다.

－ 교면청소

· 스라인딩 작업, 교면 습윤 유지 등으로 인해 발생된 각종 이물질은 고압수로 살수하여 깨끗이 청소한 다음 비닐을 덮어 이물질의 유입을 방지하여야 한다.

· 이러한 교면청소는 Latex 혼합개질콘크리트가 포설되기 최소 12시간 전에 완료되어야 한다.

· 교면요철, 홀(Hole) 등과 같은 파인 홈에 고여있는 물은 압축공기(Air Compressor)로 제거하여야 한다.

－ 마무리 장비 레일설치

· 레일은 마무리 장비의 중량을 충분히 지지할 수 있고, 이동중 변형이 생기지 않는 재질로 해야 한다.

· 레일은 마무리면이 계획고에 일치될수 있도록 설치되어야 한다.

· 레일 받침대는 좌우, 상하 움직임이 없도록 고정시켜야 한다.

· 레일 이음부 간격은 2m 이상이어야 한다.

· 레일 받침대의 간격은 1m 이내로 하여야 한다. 다만, 레일 이음부 전, 후에는 40cm 이내로 하여야 한다.

(2) 배합 및 생산

－ 배합

· 배합기준 : Latex 혼합개질콘크리트의 배합기준은 아래와 같다.

항목	시험방법	단위	기준
휨강도(f_{28})	KS F 2407,2408	kg/cm ²	45 이상
압축강도(f_{28})	KS F 2405	kg/cm ²	270 이상
단위 Latex량		단위시멘트 중량의 %	15
단위 수량		kg/cm ²	150 이하
굵은골재 최대치수		mm	13
슬럼프 범위	KS F 2403	cm	10~15
공기량 범위	KS F 2409	%	3~6

【그림 8.9】 교면포장용 Latex 혼합개질콘크리트 배합기준

- 시방 배합 : 시공자는 감독원이 승인한 콘크리트의 재료를 사용하여 감독원의 입회하에 시방배합을 실시한다.

- 협장 배합 : 시공자는 Latex 혼합개질콘크리트에 사용할 골재의 시험결과를 반영한 수 정배합표를 작성하여 감독원과 협의하여 현장배합을 결정하여야 한다.

－ 생산

- 믹스에 재료의 투입순서는 골재, 시멘트, 물, Latex순으로 연속하여 투입하여야 한다.
- 믹싱시간(Mixing Time)은 소용의 공기량과 슬럼프를 확보할 수 있는 시간 이상이어야 한다.

- 믹스로부터 배출된 Latex 혼합개질콘크리트의 구성 성분과 반죽질기는 포장기 종료될 때까지 균등하여야 한다.

- 믹스의 용량은 표면에 Latex Film이 생기기 전에 마무리 작업이 종료되고 마무리 장비가 일정한 속도로 진행될 수 있어야 한다.

- 믹스의 배합성능을 확인하기 위하여 포설 전 시험을 실시하여야 하며, 시험결과 그 허용오차는 1%범위 이내이어야 한다.

(3) 포설·마무리

브루밍(Brooming) 작업 - 부착력을 증진시키고 신·구 경계면의 결함을 없애기 위하여 타설 직전에 소량의 Latex 혼합개질콘크리트를 데크브러쉬(Deck Brush)로 쓸어 교면에 모르타르(Mortar)로 얇게 도포하는 작업으로써 다음 사항을 준수하여야 한다.

- 브루밍은 교면뿐만 아니라 Latex 혼합개질콘크리트가 접촉되는 방호벽, 중분대, 측벽에도 실시되어야 한다.

- 브루밍한 표면은 Latex 혼합개질콘크리트가 포설되기 전에 건조되어서는 안된다.

- 브루밍 후 남은 Latex 혼합개질콘크리트(모르타르가 빠진)는 포장재표에 혼합 사용되어서는 안된다.

(4) 포설 및 마무리

- 포설하기 전에 교면이 깨끗하고, 표면건조 포화상태로 되었는지 확인해야 한다.

- 예상치 못한 기상변화에 대비하여 굳지 않은 콘크리트를 보호하기 위해 사전에 충분한 준비를 하여야 한다. 만일, 포설 중 비가 내리면 감독원은 모든 작업을 중단시키고, 이로 인해 손상된 부분은 제거하여야 한다.

- 포설 두께는 최소 40mm 이상이어야 하고, 포설높이는 계획고보다 3~10mm높게 포설한 다음 진동 다짐으로 마무리하여야 한다.
- 모서리 부, 측벽부 등과 같이 채움이 취약한 부위에는 별도의 콘크리트 진동기로 다짐을 실시하여야 한다.
- 포설 양쪽 단부, 국부적인 보수 등은 흙손으로 인력 마무리하여야 한다. 이때 마무리 면은 직선자로 평탄성을 점검하고 필요에 따라 요철 부분을 정정하여야 한다.
- Latex 혼합개질콘크리트 마무리 면은 소요의 평탄성과 중·형계획고와 내구적인 표면을 유지할 수 있어야 한다.

(5) 양생

- 피막양생제 살포
 - 피막양생제는 유성제품을 사용하여야 하며 사용량은 1.5 L/m²(원액농도 0.105kg/m²) 이상으로 한다.
 - 포설마무리 후 즉시 또는 타이닝이 끝난 즉시 양생제를 살포하여야 한다.
 - 양생제는 전 면적에 고르게 살포되어야 하며, 어떠한 경우에도 양생제가 살포되지 않은 부분이 있어서는 안된다.
- 습윤양생
 - 표면마무리가 끝난 후 교통이 개방될때까지 건조, 온도변화, 하중, 충격 등의 나쁜 영향을 받지 않도록 보호하여야 한다.
 - 콘크리트 표면이 변형되지 않을 정도로 성형되면 즉시 깨뜨리고, 고르게 물로 축인 네마를 덮고, 끈이어 비닐을 깔아 48시간 동안 습윤 양생을 하여야 한다. 다만, 대기온도가 13℃이하일 경우는 감독원은 양생기간을 더 연장할 수 있다.
 - 습윤양생이 끝나면 양생포를 걷어내고 72시간 이상 기건양생을 하여야 한다.
- 타이닝
 - 평탄 마무리가 끝나고 표면에 성형성이 유지되면 즉시 타이닝기에 의한 기계마무리를 하여야 한다. 이때 홈의 깊이는 3mm이상을 표준으로 하고, 홈의 간격은 2~3cm로 하여 충분한 마찰계수를 갖도록 하여야 한다.
 - 특별히 마찰계수를 증진시킬 필요가 있을 경우에는 감독원의 지시에 따라 홈의 깊이 및 간격을 조정할 수 있다.

3) 품질관리

라텍스 - 라텍스의 고형분 함유량, 입도분포, 제조공정 등에 따라 LMC의 성질에 미치는 영향이 매우 크므로 표준화된 제조공정을 갖춘 공장 제품을 반드시 사용하여야 하며, 아래의 품질을 만족하여야 한다.

부타디엔 함유량(%)	고형분 함유량(%)	pH	응고량(%)	표면장력 (dyne/cm)	입자크기 (Å)	동결융해 안정성
34±1.5	46~53	9.5~11	0.1이하	40이하	1,800~ 2,100	응고량 0.1% 이하

【그림 8.10】 라텍스의 품질기준

4) 기존 교면포장 공법과의 비교

구분		LMC 포장	아스팔트 포장	콘크리트 포장	비고
조직구성					
설치단면					
경제성	초기 투자비	49,036원/㎡	46,941원/㎡	16,345원/㎡	
	유지관리비	-	56,700원/㎡	-	
	계	49,036원/㎡	103,641원/㎡	16,345원/㎡	제집비 포함
장·단점		· 강도 및 밀도증진 · 교량 바닥판 단면력 증대 · 균열 억제 · 방수효과 탁월 · 유지관리 양호 · 국내 시공 실적이 적다. · 시공이 다소 번거로움 (바닥판 양생후 별도타설) · 초기투자비 다소 고가	· 상판의 노후화 징후파악 곤란 · 교량 바닥판 보호 · 방수층 파손시 상판에 염화물 침투로 철근부식 및 콘크리트 열화 현상 발생 · 방수효과 보통(재 포장시 교통차단 시간이 길어 방수층 시공 곤란) · 유지관리 불량 · 국내 대다수교량에 시공 · 시공성 양호 · 초기투자비 보통	· 교량 바닥판 단면력증대 · 마모층 면의 균열발생시 염화물 침투로 철근 부식 및 콘크리트 열화현상 발생 · 방수 효과 불량 · 유지관리 불량 · 일부구간 시공(중부, 호남고속도로) · 시공성 양호(바닥판 콘크리트와 동시 타설) · 평탄성 불량 · 초기투자비 매우 저렴	

※ 아스팔트 교면포장 유지관리비는 20년 동안 7년에 1회씩 총 3회 덧씌우기 가정

【그림 8.11】 교면포장 공법 비교

8.2 보수·보강 개략공사비

금회 진단 결과에 따른 보수·보강 개략공사비의 보수공법별 단가는 국토관리사무소 2021년 유지보수단가 등을 적용하여 산정하였다.

【표 8.13】 보수·보강 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	표면처리	1.80	0.68	m	250	170	3
	재료분리	단면보수	0.18	0.27	m ²	960	259	2
	층분리	단면보수	0.63	0.95	m ²	960	912	2
	외부인 불법설치	정비	4.00	4.00	EA	184	736	3
	파손 및 철근노출	단면보수(방청)	1.81	2.72	m ²	1,114	3,030	1
	철근노출	단면보수(방청)	0.03	0.05	m ²	1,114	56	1
거더	균열(0.3mm미만)	표면처리	1.00	0.38	m	250	95	3
	재료분리	단면보수	0.61	0.92	m ²	960	883	2
	파손	단면보수	0.23	0.35	m ²	960	336	2
	층분리	단면보수	0.45	0.68	m ²	960	653	2
가로보	재료분리	단면보수	0.14	0.21	m ²	960	202	3
	박락	단면보수	0.12	0.18	m ²	960	173	3
교대	철근노출	단면보수(방청)	0.10	0.15	m ²	1,114	167	1
	이물질 퇴적	정비	10.60	15.90	m ²	184	2,926	3
교각	균열, 재균열 (0.3mm미만)	표면처리	22.50	8.44	m ²	250	2,110	3
	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.40	2.10	m	103	216	2
	망상균열	표면처리	9.55	14.33	m ²	250	3,583	3
	박리, 보수부 박리	단면보수	3.40	5.10	m ²	960	4,896	2
	박락	단면보수	2.01	3.01	m ²	960	2,890	2
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.40	0.60	m ²	1,114	668	1
	재료분리	단면보수	3.40	5.10	m ²	960	4,896	2
	파손, 굽힘	단면보수	0.06	0.09	m ²	960	86	2
	층분리	단면보수	1.90	2.85	m ²	960	2,736	2
	조류배설물 퇴적	정비	1.00	1.00	EA	184	184	3
	하부 점용	정비	3.00	3.00	EA	184	552	3
기초	균열(0.3mm미만)	표면처리	34.00	12.75	m	250	3,188	3
	망상균열	표면처리	2.00	3.00	m ²	250	750	3
	파손	단면보수	0.29	0.43	m ²	960	413	2

【표 8.13】 보수·보강 개략공사비(계속)

구분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교량 받침	본체	도장박리	재도장	16.68	25.02	m ²	450	11,259	3
		부식	재도장	78.00	78.00	EA	450	35,100	3
	무수축 몰탈	균열(0.3mm미만)	표면처리	5.30	1.99	m ²	250	498	3
		박락	단면보수	0.03	0.05	m ²	960	48	2
	받침 콘크리 트	균열(0.3mm미만)	표면처리	0.70	0.26	m ²	250	65	3
		균열(0.3mm이상)	주입보수	1.20	1.80	m	174	313	2
		충분리	단면보수	0.40	0.60	m ²	960	576	2
신축 이음	본체	고무재 갈라짐	유도배수관 설치	0.50	1.00	EA	1,286	1,286	2
		본체부식	재도장	2.52	3.78	m ²	450	1,701	3
		유간토사퇴적	정비	77.00	115.50	m	8	924	3
	후타재	후타재 파손	단면보수	0.15	0.22	m ²	960	211	2
난간 및 연석		보수부 박리	단면보수	0.21	0.32	m ²	960	307	3
		방음판 고정볼량	재설치	4.00	4.00	EA	184	736	3
		방음판 변형	재설치	5.00	5.00	EA	184	920	3
		방음판 탈락	재설치	10.00	10.00	EA	184	1,840	3
교량 점검시설		점검로 이물질퇴적	정비	1.00	1.00	EA	184	184	3
기타 시설		상수관 지지대 파손	재설치	1.00	1.00	EA	184	184	3
		상수관 덮개 파손	재설치	1.00	1.00	EA	184	184	3
		통신관 파손	재설치	1.00	1.00	EA	184	184	3
순공사비 합계(천원)						103,848			
개략 공사비 (천원)	구 분		1순위	2순위		3순위			
	순공사비		3,921	21,610		68,755			
	제경비 (순공사비×50%)		1,961	10,805		34,378			
	개략공사비		5,882	32,415		103,133			
유지보수 개략공사비 총계(천원)			141,430						
※ 순공사비는 가시설, 접근장비, 교통통제 등 부대비용을 제외한 금액임. ※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였으며 균열(폭 0.3mm미만)의 표면처리는 손상 길이에 폭(0.25m)을 곱하여 보수 물량을 산출함.									

8.3 유지관리 방안

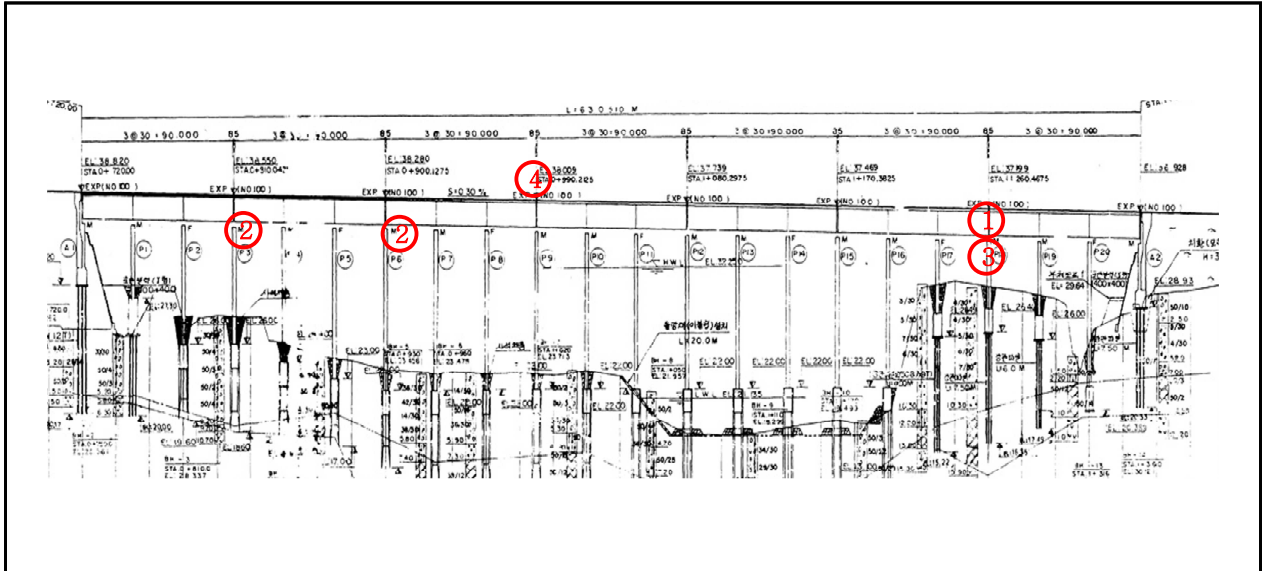
8.3.1 개요

본 유지관리 방안은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 규정에 따라 고시된 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침’과 관련하여 북삼교에 관한 상세한 유지관리지침을 제시하여 과학적이고 체계적인 유지관리를 도모함에 있다. 교량의 유지관리는 교량의 기능과 사용재료의 성능저하 등을 신속 정확히 조사, 측정, 평가하여 이에 대한 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전과 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후 교량 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것을 목적으로 실시하며, 세부목적은 다음과 같다.

- 교량 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 한다.
- 교량 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
- 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.
- 보수, 보강, 개축 등 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
- 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여, 예산의 최적분배가 가능하게 한다.
- 축적된 점검결과 분석을 통해 향후 설계, 시공될 교량의 개선을 기대한다.

위와 같은 목적에서 본 북삼교의 유지관리는 금회 정밀안전진단에서 조사되고 분석된 손상 및 결함을 근거로 하여 관리항목을 제시하고 그에 따른 점검 및 조사요령을 기술하고 각 구조부재별로 발생가능한 손상, 결함 및 평가방법을 제시하였다. 다음은 본 교량에서 중점적으로 관리하여야 할 중요 항목이다.

- 거더 층분리
- 바닥판하면 파손 및 층분리
- 하부구조 박락, 박락 및 철근노출
- 신축이음 본체 고무재 갈라짐



① 거더



S18-G1 거더 층분리



S18-G1 거더 층분리

② 바닥판하면



S4 바닥판하면 파손 및 철근노출



S6 바닥판하면 파손 및 철근노출

【그림 8.12】 중점유지관리 사항

③ 하부구조

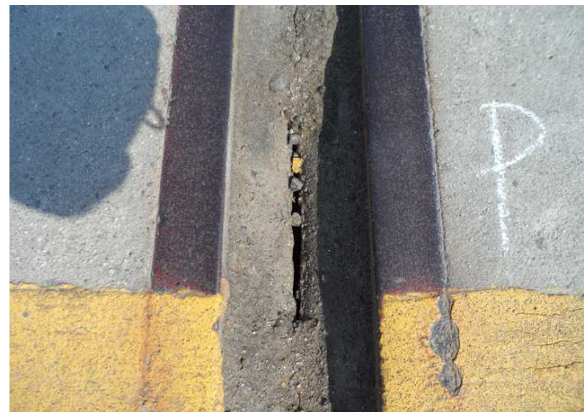


P18 코핑부 박락 및 철근노출



P18 코핑부 박락

④ 신축이음



P9 신축이음 본체 고무재 갈라짐

【그림 8.12】 중점유지관리 사항(계속)

8.3.2 유지관리를 위한 점검항목

외관조사 결과 결함이 발견된 부재 및 보수·보강을 실시한 부재에서 결함의 진전여부와 발생 유무를 주기적으로 관찰함으로써 후에 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하고자 유지관리차원에서 점검하여야 할 사항들이다.

【표 8.14】 각 구조부재별 점검사항

구 분		점 검 내 용
거더		· 균열의 진전 여부 · 재료분리, 파손, 층분리 발생부위 확대 여부 · 그을림 손상 주변부 추가 손상 여부
바닥판		· 하면 균열의 진전 여부 · 하면 재료분리, 층분리 발생부위 확대 여부 · 하면 파손 및 철근노출, 철근노출 발생부위 확대 여부 · 외부인 불법 설치 수량 증가 여부 · 그을림 손상 주변부 추가 손상 발생 여부
신축이음		· 고무재 갈라짐 발생부위 진전 여부, 누수 여부 · 본체 부식 발생부위 확대 여부 · 하절기 유간협착 유무, 유간 이물질 퇴적 여부 · 후타재 균열, 파손 진전 여부
받침장치		· 스톱퍼 밀착 부위 추가 손상 여부 · 받침장치 부식, 박리 유무 · 무수축물탈 및 받침콘크리트 균열, 박락, 층분리 진전 여부
교대		· 균열의 진전 여부 · 철근노출 발생부위 확대 여부 · 뒤틀림부 침하 및 교대 기울음 · 법면 보호블럭 손상 발생 부위 확대 여부
교각 및 기초		· 균열의 진전 여부 · 박리, 박락, 철근노출, 재료분리, 파손, 굽힘, 층분리 발생부위 확대 여부 · 기초의 균열, 파손 진전 여부
기타	교면 포장	· 아스콘 패임 진전, 표면 균열 여부 · 신축이음 경계 아스콘 손상, 접속부 아스콘 침하 발생 여부
	난간 연석	· 난간 연석 균열, 단면손상 발생 여부 · 철재 난간 손상 발생 여부 · 방음판 손상 확대 여부
	배수 시설	· 배수구 막힘, 체수 등

8.3.3 부재별 점검요령

가. 교면포장

점 검 부 위		점 검 항 목
▷공통		•균열(미세, 선상, 격자형) •소성변형(요철, 바퀴자국, 단차) •포트홀(패임) •노면잡물(구배불량)
▷신축이음 전후, 구조물 경계부		•단차, 침하
▷배수구 주변		•물고임(배수구 간격, 유출구 위치)
관 련 사 진	 〈아스콘 패임〉	
점 검 요 령	○ 점검방법 - 보도 혹은 방호울타리 양측 노면에서 상세점검 - 중차량 통행이 많은 차선, 급정지 구간 주변의 손상 점검 - 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검 - 배수구 주변 물고임 점검(가급적 비온 직후 교면위 물고임 및 포트홀 점검) 및 부유물 퇴적 흔적에 의한 물고임 부위 확인 ○ 손상발생시 조치 - 교면포장의 균열 및 보수면적, 단차 등 각 손상에 대하여 점검야장에 경간별로 기록 후 사진촬영 ○ 점검시 유의사항 - 노면에서 점검시 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검 진행 - 상세조사를 실시할 경우 신호봉 등을 사용하여 차량 유도후 안전하게 점검	
점 검 도 구	•사진기 •줄자(5m, 50m) •필기도구(소형보드판, 매직, 분필)	•점검야장 •신호봉 또는 수기

나. 배수시설

점 검 부 위		점 검 항 목
▷배수구	- 격자판(grating) - 유입구	•파손, 누락 •누수, 체수(막힘) •오염(오물퇴적)
▷배수관		•파손(연결 고정부 탈락) •배수관 길이 부족(거더에 물 떨어짐) •유출구 위치 부적절 (도로상이나 구조물 위에 위치)
관 련 사 진	 〈배수관 상태양호〉	 〈배수구 상태양호〉
점 검 요 령	○점검방법 - 배수구 : 보도부 혹은 노면에서 도보로 점검하며, 배수구 설치간격, 유입구 누락여부, 그레이팅 파손 및 오물퇴적 확인 - 배수관 ① 교량하부 및 측면에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근장비를 이용 ② 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 위로 떨어지지 않는지 점검 ③ 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검 ④ 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지 점검 ⑤ 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검 ○손상발생시 조치 - 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우에는 드라이버를 사용하여 제거 ○점검시 유의사항 - 보도가 없는 노면에서 점검시 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 통행차량에 주의 - 접근장비 사용시 교통소통 및 안전에 유의	
점 검 도 구	•사진기 •드라이버(driver) •점검용망치	

다. 난간 및 연석

점 검 부 위		점 검 항 목
▷난간(방호울타리)		•변형, 파손 •탈락, 들뜸, 철근노출 •시공불량, 줄눈부 실란트 손상, 외측 누수
▷연석		•박리, 박락, 부스러짐, 파손
관 련 사 진	 〈연석 보수부 박리〉  〈방음판 탈락〉	
점 검 요 령	○점검방법 - 교량 한쪽에서 눈을 방호울타리높이 정도로 낮추어 방호울타리의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검 - 강재 방호울타리의 경우 방호울타리 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인 - 연속 받침부 방호울타리는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 0.3mm이상)을 점검하고 강재연석의 경우에는 용접부 균열 점검 - 방호울타리 줄눈부의 실란트 열화로 우수 또는 동절기 제설재 등이 노면에서 줄눈부를 통해 바닥판으로 침투하여 열화를 발생시키는지 점검 ○손상발생시 조치 - 방호울타리의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 유지 - 차량 충돌 등 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 고려 - 방호울타리부의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 또는 차량의 추락 위험이 있을시 즉시 연락하여 추락 방지시설 등의 응급조치 필요 - 방호울타리 줄눈부 외측 바닥판 열화발생시 줄눈부 실란트 재시공 등으로 바닥판으로의 우수침투 방지 필요	
점 검 도 구	•사진기 •솔(브러쉬) - 강재 부식부위 등 상세확인	•줄자(5m,50m) •펼기도구(소형보드판, 매직, 분필) •점검야장

라. 신축이음

점 검 부 위		점 검 항 목
▷본체	- 공통	•누수, 오염(배수시설 누락, 유간의 오물퇴적) •유간(부족 및 과다) •이상진동(충격음) •본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림)
	- 강재	•방수재(씰재) 파손 - 노면수 유입
▷후타재		•균열, 파손(패임 및 요철) •전·후의 단차(교면포장과의 단차)
관 련 사 진	 〈후타재 균열〉  〈고무재 파손〉	
점 검 요 령	○점검방법 - 보도 혹은 방호울타리측 노면부에서 점검하며 필요시 교통유도 후 점검 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생여부 점검 - 고무재의 마모, 파손, 충전 씰재 노출로 차량통행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브 상태를 점검 - 방호울타리부 신축이음의 방수기능 점검 - 점검기간내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하는 있는지 확인 - 특히, 하절기 고온지속 현상이 지속되는 경우 신축이음 유간 협착여부에 대해서 주의관찰을 실시하여야 함 ○손상발생시 조치 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격으로 타부재에 추가손상이 우려되거나 주행 안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 - 하절기 신축이음 유간 협착으로 파손 우려시 즉시 교체를 실시하여 유간을 확보하여야 함 ○점검시 유의사항 - 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행 - 신축유간 점검시 통행차량에 유의	
점 검 도 구	•사진기 •줄자 •점검용 망치 •드라이버(driver) - 유간오물 확인 •필기도구(소형보드판, 매직, 분필) •점검야장	

마. 바닥판하면

점 검 부 위		점 검 항 목
▷공통		•균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 •재료분리(공동, 공극) •누수 및 백태(유리석회)
▷거더교		•균열, 망상균열
관 련 사 진	 〈균열〉  〈파손 및 철근노출〉	
점 검 요 령	○점검방법 - 바닥판의 손상정도를 판단하는데 있어서 균열은 상당한 비중을 차지하므로 점검시에는 단순히 균열규모와 모양을 관찰하는데 그치지 말고, 여러 상태에 따른 원인을 파악하고 그에 따른 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사한다. - 바닥판 균열상황은 정기적인 조사로 진행상황을 파악하도록 한다. 그러기 위해서는 현장에 균열의 시점과 종점을 표시해 두는 것이 필요하며 이후 점검자는 이의 진행여부를 면밀히 관찰하여야 한다. - 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 운하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 균열조사시에는 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의한다. - 균열로부터 녹물 유출 여부를 조사할 것(철근의 부식 예측). - 모든 휨모멘트 구간에서 층분리, 박락 등을 조사할 것 - 내부에 공동이나 층분리가 존재할 경우 육안으로 점검이 불가능하므로 점검망치를 두드려 소리로써 층분리 여부를 판단한다. 특히 콘크리트 내부의 열화상태가 심한 경우에는 외관상 건전한 부위에서도 편칭전단파괴의 우려가 있으므로 반드시 점검용 망치로 두드려 소리를 확인한다. - 누수 및 백태가 발견된 부위는 배수구배 불량 등의 표면 체수의 원인이 아닌 경우 교면포장 하부의 불량, 방수층의 파손, 수포(水泡)대의 형성 등의 체수가 원인일 수 있으므로 포장을 제거하여 조사하는 등 우수유입 경로와 체수 원인을 규명하여 배수가 원활히 되도록 하거나 누수의 원인을 제거하는 등의 조치가 필요함 - 휨 및 전단부위의 균열 및 철근노출 등의 결함은 콘크리트 덮개측정 및 철근탐상 등의 조사를 수행하여 상세 검토를 실시한다. ○점검시 유의사항 - 본 교량은 Deck Plate가 설치되어 있지 않으므로 노출된 전면에 대해서 점검을 실시하고 특히 중앙부는 균열의 진전여부, 캔틸레버부 외측은 단면손상 확대여부에 대해서 점검한다. ○손상발생시 조치 - 누수로 인한 백태 및 부식 관찰로 바닥판의 관통균열 의심시 즉시 보고하여 대책을 수립	
점 검 도 구	•사진기 •줄자 •점검용 망치 •근접조사를 위한 사다리 내지 고소점검차 및 교량점검차 •필기도구(소형보드판, 매직, 분필) •점검야장	

바. 거더

점 검 부 위		점 검 항 목
▷공통		•박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷받침부		•부스러짐 •복부 사인장 균열 •연속교 상단 휨균열 •격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부		•휨균열, 거더처짐 •쉬스판 노출 및 파손 •박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 •시공이음부 균열 및 누수
▷강선정착부		•정착부 균열 및 파손
관 련 사 진	 〈재료분리〉  〈충분리〉	
점 검 요 령	○점검방법 •공통 - 육안 확인이 어려운 구간은 교량점검차나 고소작업차를 활용하여 부재에 근접하여 정밀하게 점검 - 망상 균열, 박리(표면 떨어짐), 박락(내부 노출), 충분리 발생 여부 - 유리석회(백태)를 동반한 누수 흔적 확인 - 피복 부족이나 파손으로 인한 철근 노출 및 부식 여부 - 콘크리트 보호 도막이 발라진 경우, 도막의 박리 및 변색 여부 •받침부 - 지점부 부근에서 사선 방향(약 45도)으로 발생하는 복부판 전단 균열 진전 여부. - 상부 구조의 온도 신축에 의한 간섭으로 거더 끝부분이 깨지거나 균열이 생겼는지 확인 - 신축이음 장치에서 떨어진 물에 의해 거더 끝단이 젖어있거나 열화되었는지 확인 •중앙부 - 거더 하단(인장측)에서 수직 방향으로 발생하는 휨 균열의 폭과 길이 측정 - 설계 수치 이상의 처짐이나 이상 진동이 발생하는지 육안 및 계측 확인 - 거더 사이를 연결하는 가로보의 균열 및 연결부 탈락 여부 •강선 정착부 - 정착 장치 주변 콘크리트의 쪼개짐 균열(Bursting crack) 발생 여부 - 앵커 헤드나 강선 끝부분의 방청 상태 및 캡(Cap)의 파손 여부 - 내부 채움재(그라우트)가 부족하여 수분이 침투하거나 녹물이 흘러나오는지 확인	
점 검 도 구	•사진기 •줄자(5m자) •점검용 망치 •손전등(박스 내부) •필기도구(소형 보드판, 분필, 매직) •점검야장	

사. 교량받침

점 검 부 위		점 검 항 목
▷본체	- 공통	•부식(오물퇴적), 변형 •균열, 파손(균열발생으로 파손진행) •가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 •받침과 거더의 밀착상태(분리) 및 연결리벳 또는 볼트상태(녹물의 유출 등) •가동방향 오류, 편기설치
	- 강재받침	•가동면 부식 •부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
▷이동제한장치		•밀린 흔적, 용접부 균열 •파손
관 련 사 진	 〈받침콘크리트 균열〉	 〈무수축물탈 균열〉
점 검 요 령	○점검방법 - 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검 - 받침하부에 공동이 의심되면 긴드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하 흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인 - 이물질 퇴적시 청소 후 점검 - 현장에서 이동량 표시계를 확인하여 현재 받침의 이동여유량의 부족여부를 개략적으로 판단하고 이동량이 과하다고 판단되면 내업시 정밀분석 실시 ○손상발생시 조치 - 받침하부 교각 두부에 0.3mm 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고 안전성 검토 및 대책 수립 필요	
점 검 도 구	•사진기 •줄자 •균열자 •온도계	•청소용 걸레 •점검용 망치 •드라이버(driver) •펼기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

아. 교 대

점 검 부 위		점 검 항 목
▷공통		•균열(시공이음부 횡방향 균열) •박리, 박락, 층분리, 백태, 파손, 철근노출 •교대 회전(기울음), 침하(연직이동)
▷두부		•두부 및 보자리 물고임 •두부와 홍벽 경계부 균열(후면으로 기울음) •거더와 홍벽 신축유간 부족
▷벽체		•균열(수직균열) •벽체와 날개벽 분리(이동)
▷날개벽		•날개벽 이동, 전도
관 련 사 진	 〈법면 이격〉  〈홍벽 철근노출〉	
점 검 요 령	○점검방법 - 점근장비에 의해 근접 육안점검 - 침하 혹은 이동여부가 의심스러운 경우 측량으로 확인 - 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부위이므로 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이 확인 - 실측 철근 피복두께 부족으로 인한 단면손상 발생, 기발생된 손상 확대 여부 등 확인 ○점검시 유의사항 - 교대와 거더 단부의 유간이 벌어지거나 닫혀 있을 경우 거더 상·하부와 홍벽 사이 간격이 서로 차이가 나는지 점검하고 교대 전도 여부도 확인 - 연약지반상의 교대는 뒷채움부의 침하로 인하여 접속슬래브 하부에 공동이 발생하여 홍벽이 교대 뒤쪽으로 전도되어 균열이 발생하기도 함 - 교대 뒷면과 날개벽 사이에 공동이 발생했거나 흙이 침하된 경우 날개벽의 전도를 의심하여 점검 - 벽체에 수직으로 발생하는 균열은 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 우려할 바는 아니지만 폭이 넓은 교대에서 균열폭이 1mm 이상이면 교대기초의 부등침하도 의심하여야 함	
점 검 도 구	•사진기 •균열자 •줄자(5m자) •점검용 망치 •경사계 - 기울음 측정 •펼기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장	

자. 교각

점 검 부 위		점 검 항 목
▷공통		•균열, 박리, 철근노출, 파손 •침하
▷두부		•두부 및 받침장치 주변 물고임 •받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락)
▷구체		•수직균열 •이동 또는 기울음 •시공이음부 벌어진, 백태
▷수면접촉부		•수중구간의 경우 침식
관 련 사 진	 〈기둥 망상균열〉	 〈기둥 균열〉
점 검 요 령	○점검방법 - 접근장비를 이용하여 점검 - 교각의 침하 혹은 이동이 의심스러운 경우 상부 거더와 받침의 연결부 혹은 앵커설치부에 균열 혹은 움직인 흔적이 있는지 점검. - 침하 혹은 이동여부가 의심스러운 경우 측량으로 확인 - 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어진 또는 닫힘)이거나 방호울타리 선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측량하여 측정하여 교각의 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인 ○손상발생시 조치 - 받침하부 교각 두부에 기 확인된 균열의 균열폭 확대 및 신규 균열이 발생된 경우 보고 및 대책 수립 필요 - 침하나 이동이 의심스러운 경우 기초 주변 세굴 및 지지 지반의 조사가 필요	
점 검 도 구	•사진기 •균열자 •줄자(5m자) •점검용 망치	•경사계 - 기울음 측정 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

차. 교량 점검시설

점 검 부 위		점 검 항 목	
▷ 점검시설		• 결함 및 파손 • 고정부 및 연결부 파손	
관 련 사 진	 〈점검로 상태양호〉	 〈점검사다리 상태양호〉	
점 검 요 령	○ 점검방법 - 도보를 이용하여 점검 - 교량 구조체와 용접, 앵커 등으로 연결되어 있으므로 연결부의 상태를 주의 깊게 점검한다. - 철재난간의 파손, 탈락 등 확인 ○ 손상발생시 조치 - 앵커 및 볼트 탈락의 경우 보고 및 대책 수립 필요		
점 검 도 구	• 사진기 • 줄자(5m자) • 점검용 망치 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장		

제 9 장 종 합 결 론

9.1 개요

9.2 종합결론

제 9 장 종 합 결 론

9.1 개요

북삼교는 경기도 연천군 군남면 삼거리에 위치하는 1등교(DB-24)로서 2000년 12월 28일에 준공되어 약 25년이 경과된 1종 시설물이다. 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사, 내구성조사, 시설물의 상태평가 및 안전성평가 등 본 과업의 결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

9.2 종합결론

가. 현장조사, 시험 및 상태평가 결과

외관조사 결과, 교량의 안전성을 저해할 만한 바닥판 및 거더 등의 주요부재에 중대한 결함이 되는 손상은 없으며 대체로 표면손상이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 주요 손상으로는 각 부재의 전반적인 균열 및 상부구조 층분리, 파손, 재료분리, 철근노출, 박락, 하부구조 철근노출, 굽힘, 재료분리, 파손, 층분리, 박락, 박리, 표면오염, 하부점용 등이 있으며 내구성 저하방지를 위한 보수 및 정비가 필요한 상태이다. 신축이음 및 교량받침은 신축거동에 대한 기능성과 주행차량 영향 등의 사용성에 문제가 없는 상태이다.

콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트 부재의 강도는 양호한 것으로 측정되었으며 철근탐사 시험 결과, 배근간격은 구간별 시공오차를 고려하면 대체로 설계값과 일치하는 양호한 상태로 나타났다. 피복두께는 대체로 설계값을 만족하고 있으나 일부 지점에서 실측피복이 작게 측정되어 시공이 다소 미흡했던 것으로 판단된다. 탄산화 시험결과, 전 구간에서 a등급으로 향후 탄산화에 의한 부식 발생 가능성이 없음으로 평가되었고, 염화물함유량 시험결과 철근부식 우려는 없는 것으로 검토되었다.

대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.201로 상태평가 등급은 'B' 로 산정되었다.

나. 구조 안전성평가

구조해석을 통한 안전성평가 결과, 설계하중(DB-24)에 대한 바닥판 및 거더의 구조적인 안전율은 1.0 이상이며 기본내하력은 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A' 로 평가되었다.

다. 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

북삼교의 정밀안전진단 종합평가 결과, 상태평가 ‘B’ , 안전성평가 ‘A’ 로 평가되어 종합안전 등급은 “B등급(양호)” 으로 지정되었다. 대상 교량은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 교량의 원활한 기능발휘를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

라. 시설물의 사용제한의 필요성 여부

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

마. 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

거더 충분리 손상은 신축이음장치 하부에 발생하여 공용기간중 신축이음 하부 누수로 인한 손상부 우수유입, 우수유입부 반복적인 동결융해 등에 의하여 발생한 손상으로 내구성 확보 차원의 단면보수가 필요하다.

바닥판하면 파손 및 철근노출 손상은 다짐미흡부 우수유입, 다짐미흡, 거푸집 조기탈거 등에 의하여 발생한 손상으로 내구성 확보 차원의 단면보수(방청)가 필요하다.

교각 코핑부 박락 및 철근노출 손상은 다짐미흡, 손상부 우수유입 등에 의하여 발생한 손상으로 내구성 확보 차원의 단면보수(방청)가 필요하다.

신축이음 본체 고무재 갈리짐 손상은 공용기간 증가, 비산먼지 퇴적, 열화 등에 의하여 발생한 손상으로 타부재에 충분리, 철근부식, 백태 등 2차 손상을 유발할 수 있는 가능성이 농후하여 이를 방지하고자 신축이음 하부에 유도배수관 설치가 필요하다.

바. 기타 필요한 사항

시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.