

1. 금남IC2교

- 1.1 시설물 개요
- 1.2 자료수집 및 분석
- 1.3 현장조사
- 1.4 콘크리트 내구성조사
- 1.5 안전성능 평가
- 1.6 내구성능 평가
- 1.7 사용성능 평가
- 1.8 종합성능평가
- 1.9 유지관리 전략제안
- 1.10 종합결론 및 건의사항

1. 금남IC2교

1.1 시설물의 개요

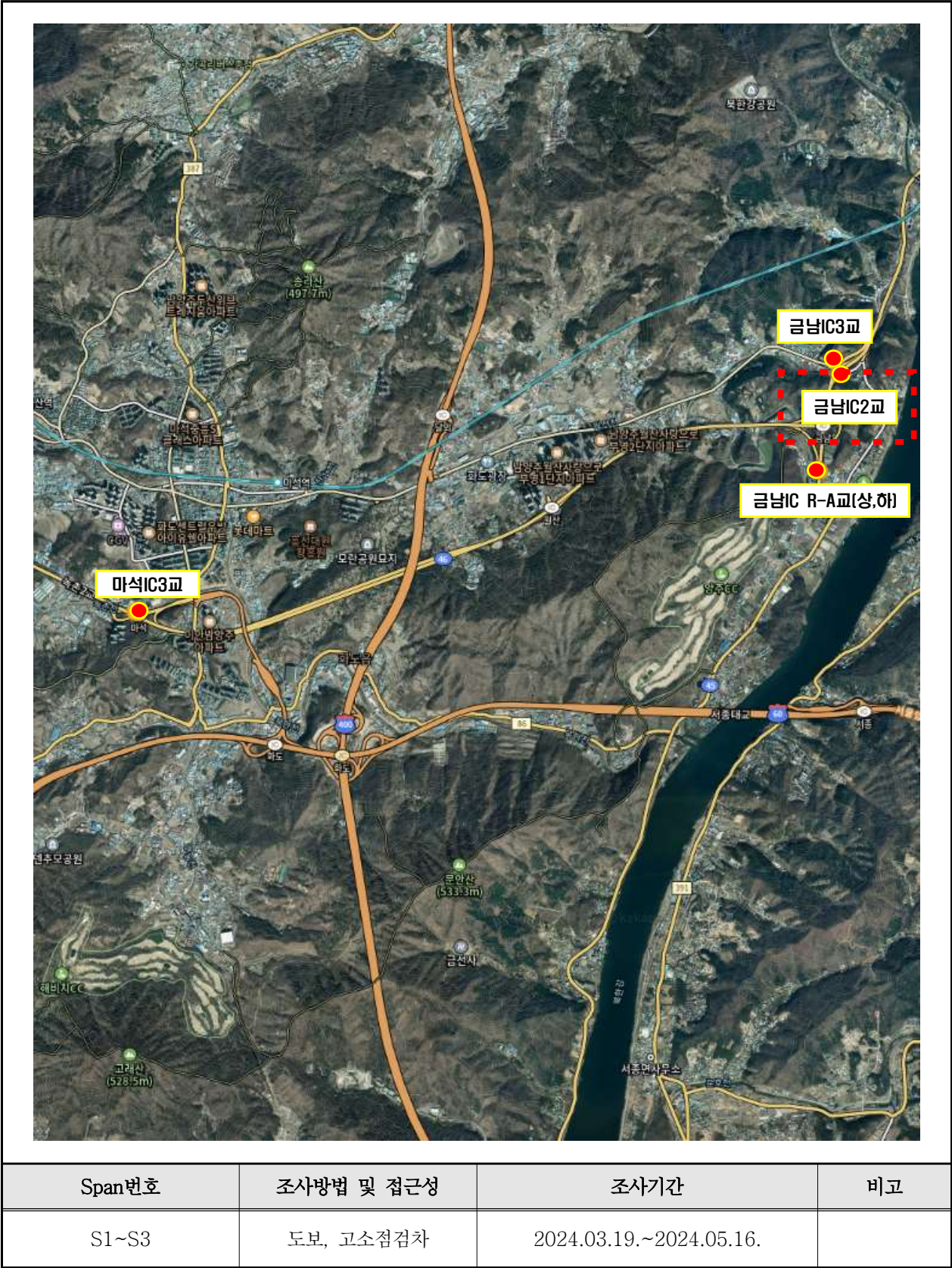
본 시설물은 국도46호선 상의 경기도 남양주시 화도읍 구암리에 위치한 교량으로 총 연장 135.0m, 폭 13.5m로 시공되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 금남IC2교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		금남IC2교		시설물번호		BR2006-0000730	
준공년월		2005. 12. 20		관리번호		-	
시설물위치		경기도 남양주시 화도읍 구암리					
설계하중		DB-24, DL-24 (1등급)		노선명		일반국도 46호선	
제원	연장	L=135.0m (50.0+2@42.5m=135.0m)					
	폭	B=13.5m, (차로수 : 편도3차로)					
구조 형식	상부	Steel Box Girder		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : π 형			교각	직접기초	
교량받침		포트받침		신축이음		핑거 조인트	
교차시설물		경춘로		통과높이		4.5m	
설 계 사		(주)한석엔지니어링		시 공 사		(주)한진중공업 외 19개사	
내진설계유무		적용		관리주체		의정부국토관리사무소	
부착시설내용		점검시설, 가로등					
기 타		준공도면 보유 / 구조계산서 보유					

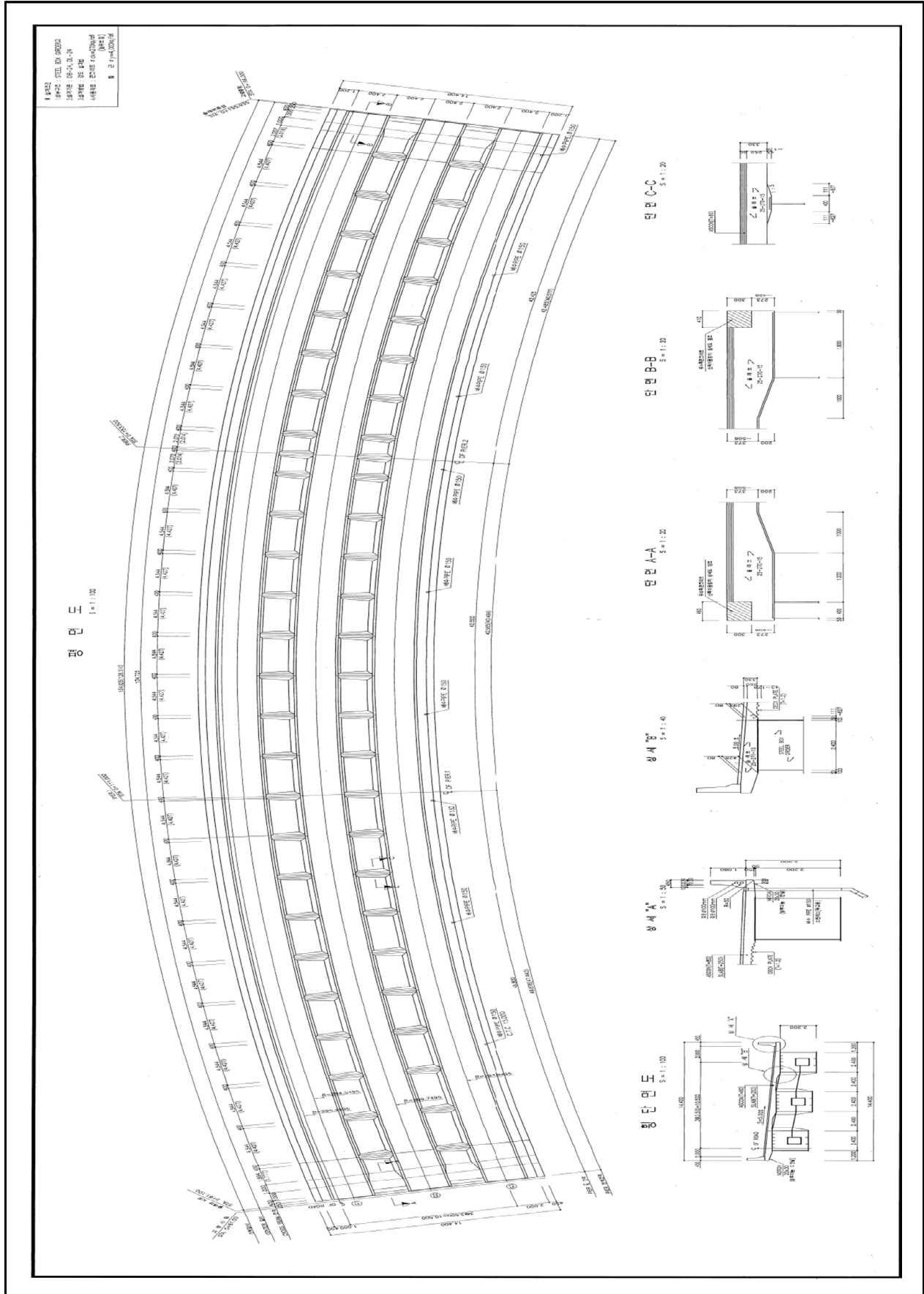
1.1.2 위치도 및 전경사진



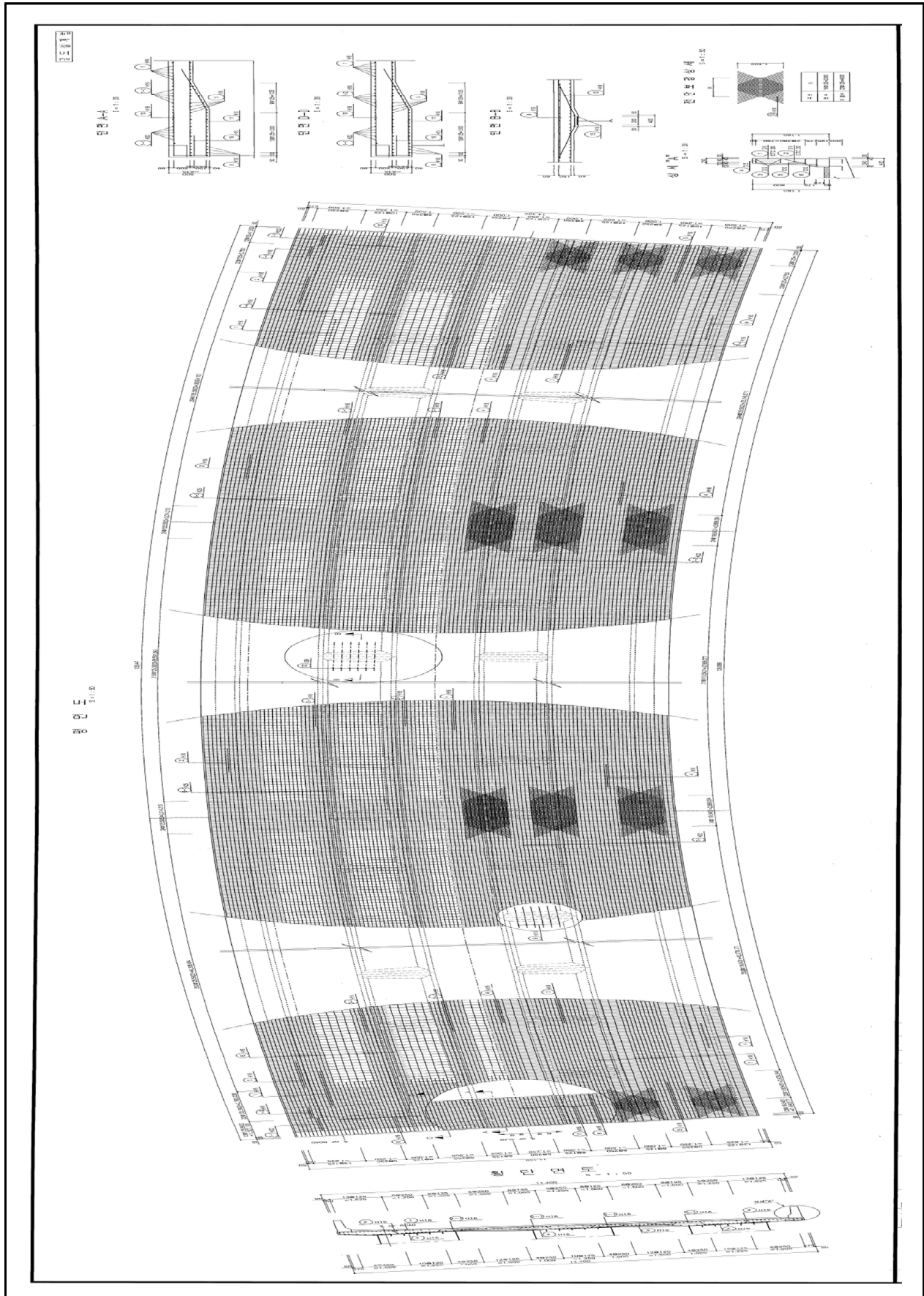
【그림 1.1.1】 위치도

	
교량 상부 전경	바닥판 하면 및 거더 전경
	
신축이음부 전경	교량받침 전경
	
교대 전경	교각 전경

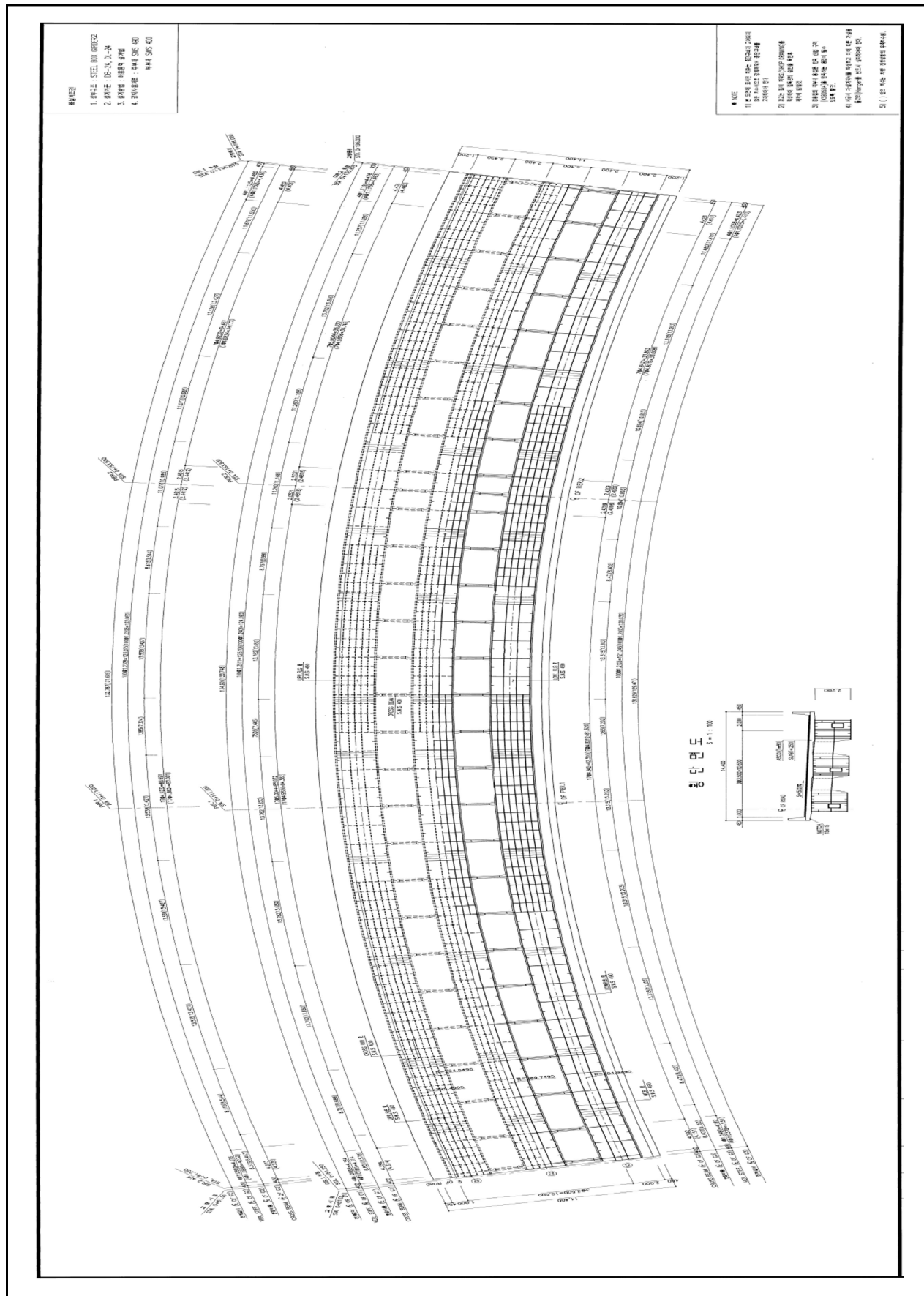
【그림 1.1.2】 부재별 현황



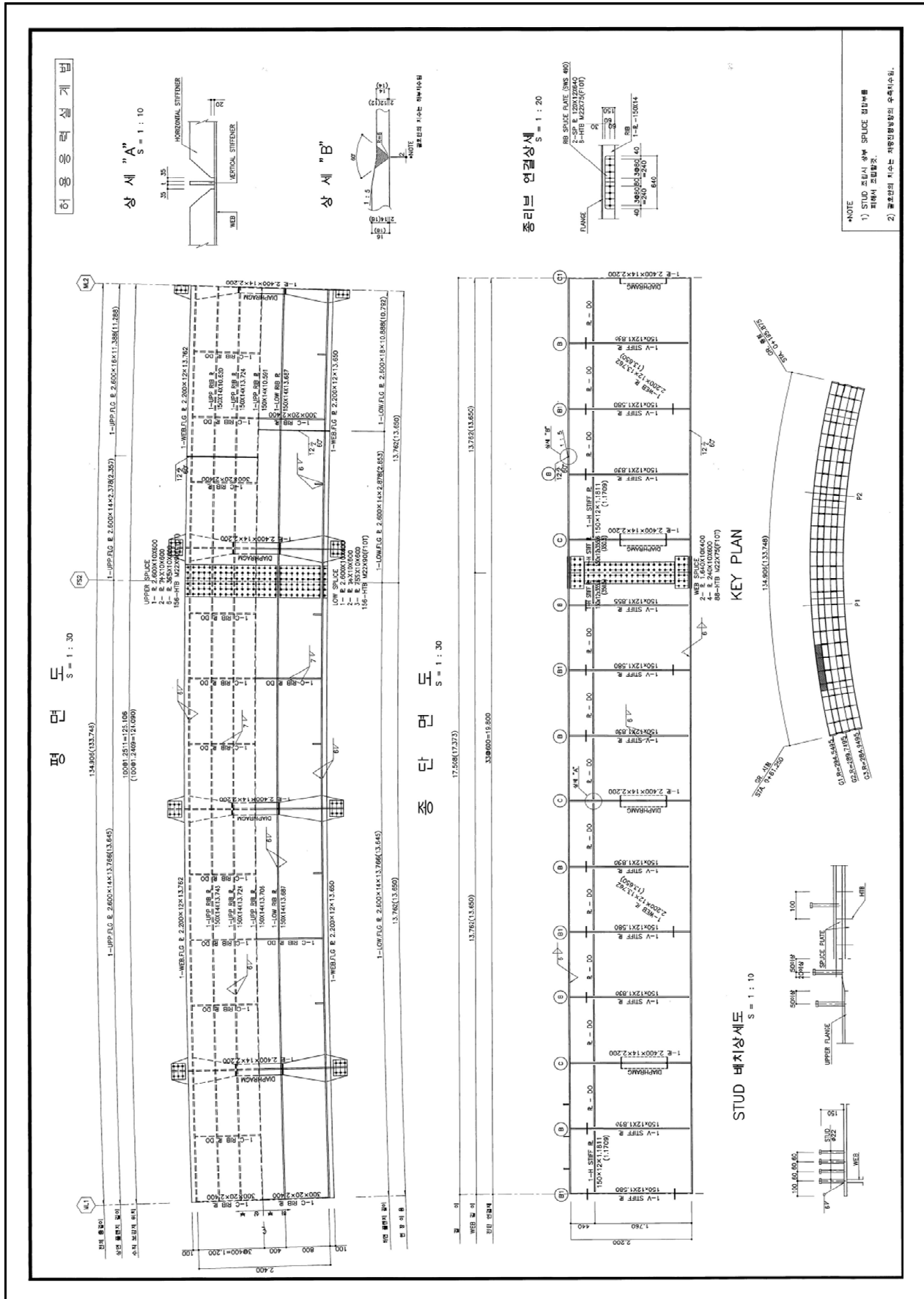
【그림 1.1.4】 슬래브 일반도



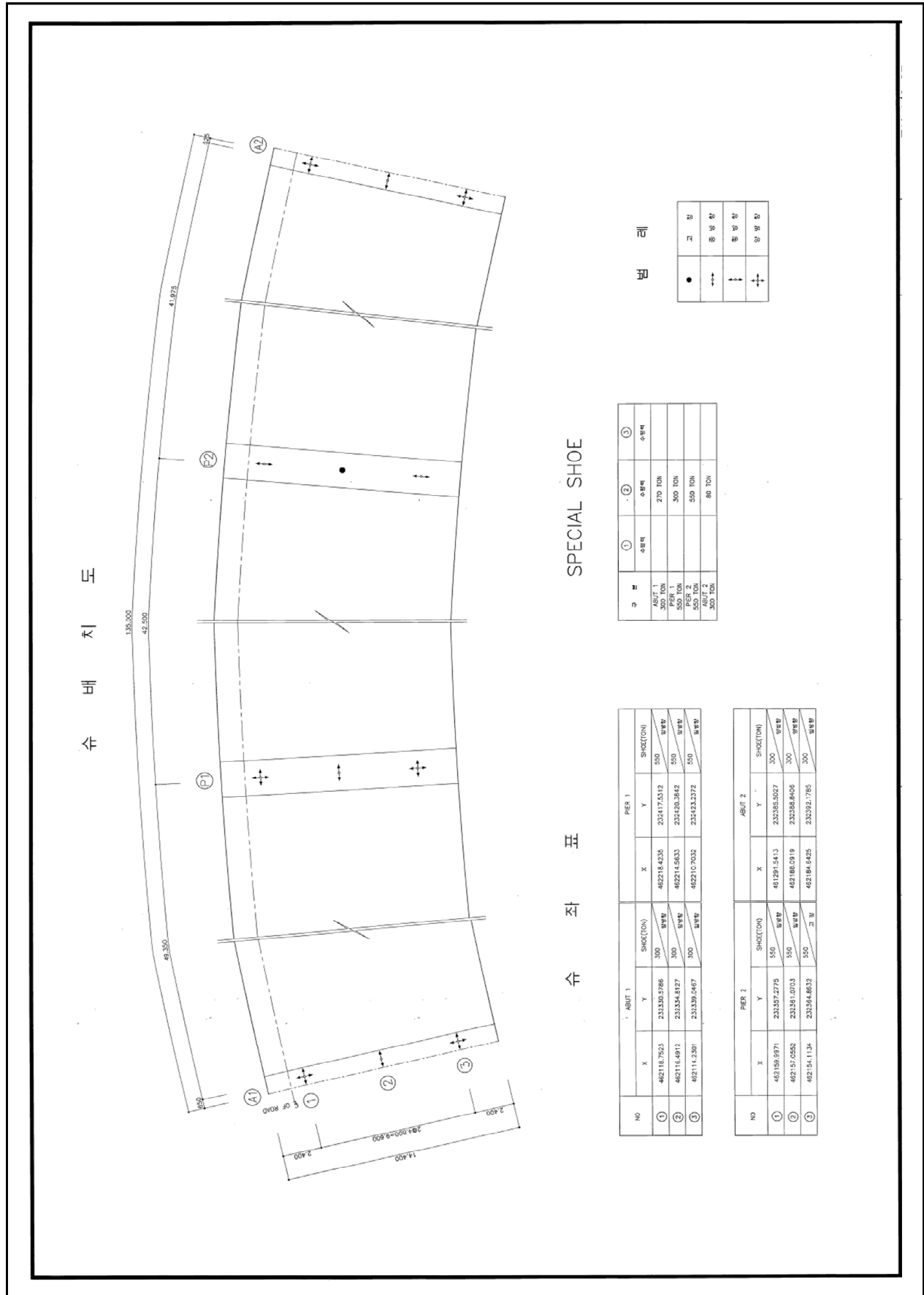
【그림 1.1.5】 슬래브 배근도



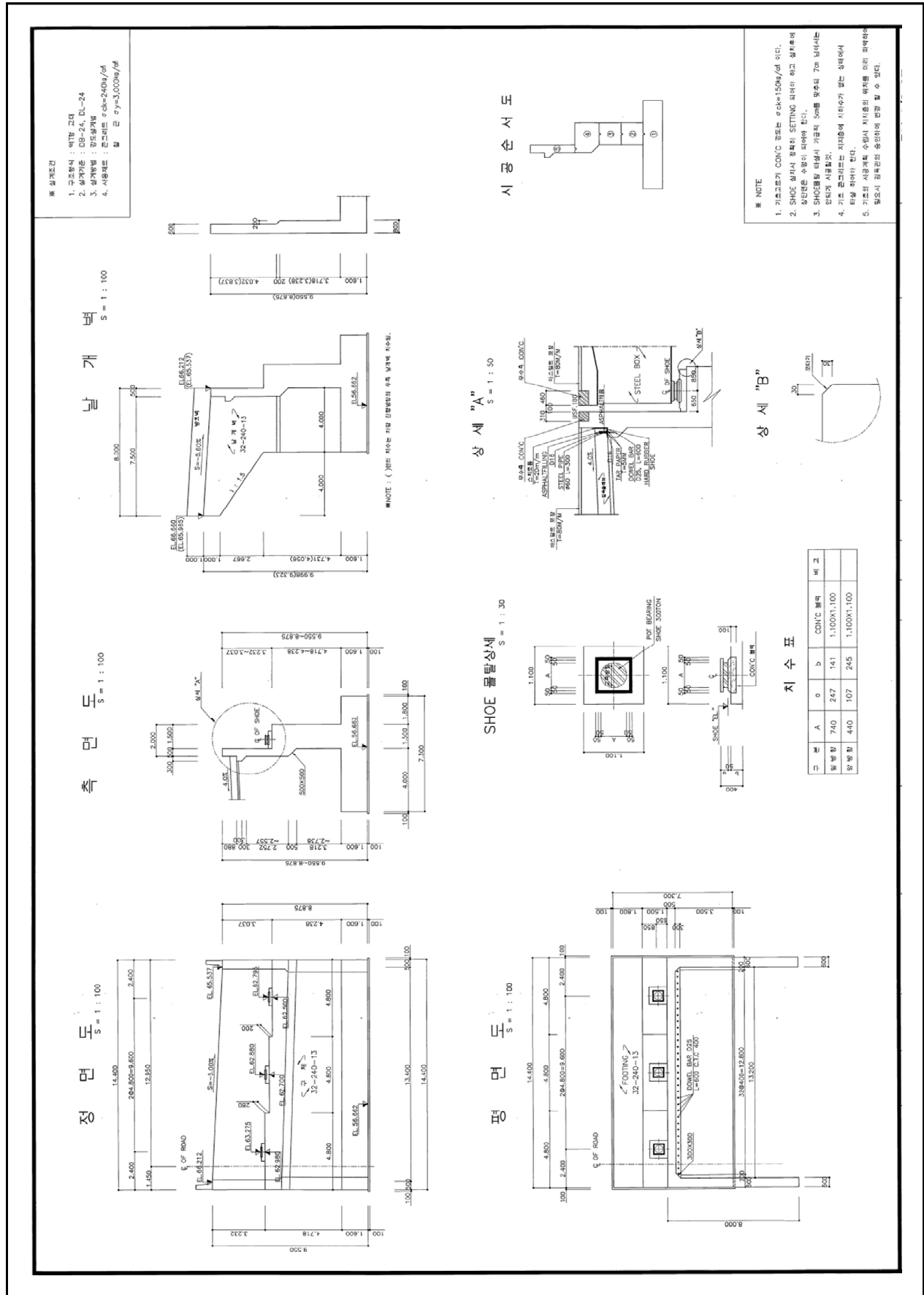
【그림 1.1.6】 강상형 일반도



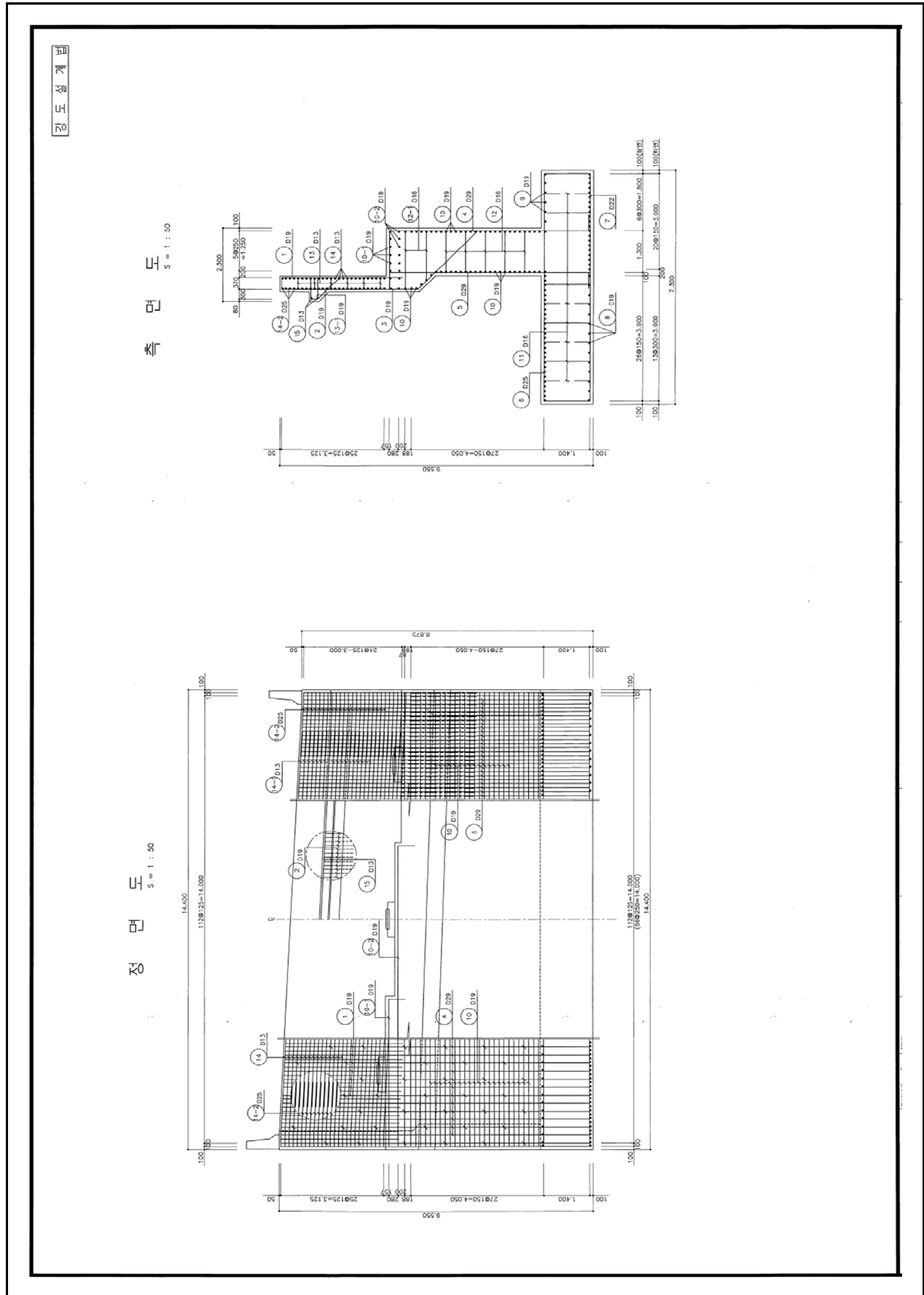
【그림 1.1.7】 강상형 일반도



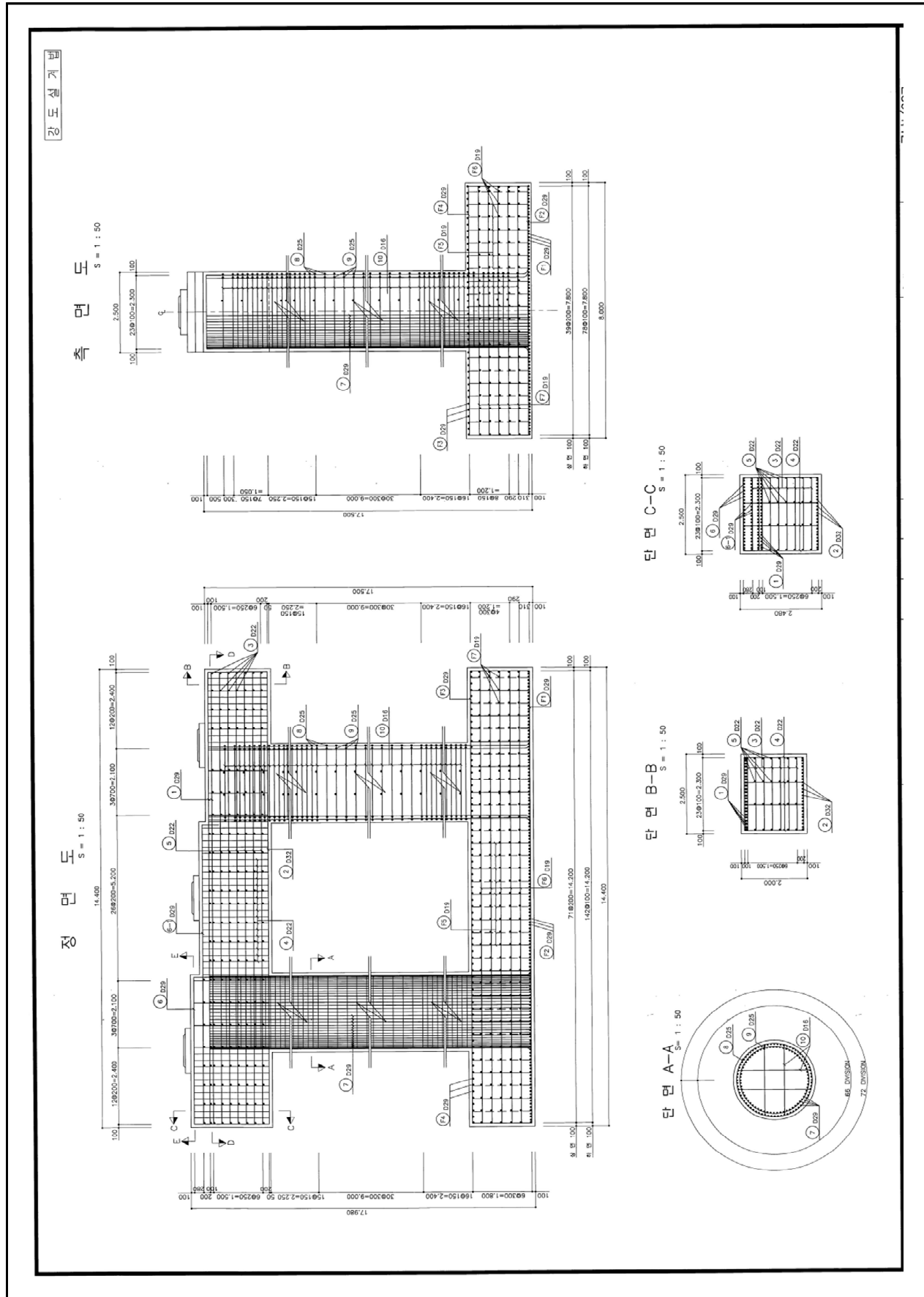
【그림 1.1.8】 교량받침 배치도



【그림 1.1.9】 교대 일반도(A1)



【그림 1.1.10】 교대 배근도(A1)



【그림 1.1.11】 교각 배근도(P1, P2)

1.2 자료수집 및 분석

시설물정보관리종합시스템(FMS)와 관리주체 자료수집 결과, 구조계산서를 보유한 것으로 확인되었으나, 토질(지반)보고서는 시설물정보관리종합시스템(FMS)상의 오류로 확인이 불가한 것으로 확인되었다.

【그림 3.2.1】 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◦공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	시설물통합 정보관리시스템(FMS)
	◦설계도면 - 교량 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡), 상부·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도 등	보유	
시설물 관리대장	◦기본현황 ◦상세제원 ◦유지관리 이력	보유	시설물통합 정보관리시스템(FMS)
시공관련 자료	◦시공관련 자료 ◦품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦사고기록	일부 보유	시설물통합 정보관리시스템(FMS)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	시설물통합 정보관리시스템(FMS)
보수·보강 자료		보유	시설물통합 정보관리시스템(FMS)

1.2.1 시설물 점검이력

금남IC2교는 2종 시설물로서 2005년 12월 20일 준공 이후 정기적으로 안전점검이 시행되었으며 그 결과에 의한 유지관리가 실시되고 있는 상태이다.

가. 정기안전점검

【표 1.2.1】 금남IC2교 정기안전점검 실시 이력

번호	점검진단기간	점검진단기관명	주요 점검진단결과	안전등급
	점검진단구분	책임기술자	주요 보수보강(안)	
1	2023-07-01 2023-12-31	자체수행	◦도장박리 등	보통
	정기안전점검	최영재	◦보수예정	
2	2022-10-17 2022-12-09	자체수행	◦포장 망상균열, 패임 등	보통
	정기안전점검	최영재	◦보수예정	
3	2022-05-02 2022-06-24	자체수행	◦포장 망상균열, 배수구 막힘 등	보통
	정기안전점검	서홍수	◦보수예정	
4	2021-10-25 2021-12-17	자체수행	◦포장 망상균열, 배수구 막힘 등	보통
	정기안전점검	서홍수	◦보수예정	
5	2021-03-17 2021-06-30	자체수행	◦포장파손 및 소성변형, 바닥판 백태 및 균열 등	보통
	정기안전점검	김형균	◦손상부위 보수	
6	2020-10-05 2020-12-20	자체수행	◦포장파손 및 소성변형, 바닥판 백태, 강재부식	보통
	정기안전점검	김형균	◦손상부위 보수	
7	2020-02-01 2020-06-29	자체수행	◦대체로 양호	보통
	정기안전점검	이지철	◦없음	
8	2019-09-02 2019-12-13	자체수행	◦대체로 양호	양호
	정기안전점검	김태현	◦주의관찰	
9	2019-04-01 2019-06-21	자체수행	◦대체로 양호	보통
	정기안전점검	조한근	◦주의관찰	
10	2018-07-01 2018-12-31	자체수행	◦양호	양호
	정기안전점검	조한근	◦대체로 양호	
11	2018-02-05 2018-06-30	자체수행	◦양호	양호
	정기안전점검	조한근	◦대체로 양호	

※ 시설물의 외관상태 및 내구성 변화 확인을 위한 5년 이내 점검이력사항 수록.

※ 시설물의 전체 점검이력사항 부록 참조.

나. 정밀안전점검

【표 1.2.2】 금남IC2교 정밀안전점검 실시 이력

번호	점검진단기간	점검진단기관명	주요 점검진단결과	안전등급
	점검진단구분	책임기술자	주요 보수보강(안)	
1	2021-03-19 2021-07-16	(주)동우기술단	- 바닥판 : 데크플레이트 부식, 균열부 백태, 들뜸, 박리, 오염 - 거더 : 도장긁힘, 도장박리, 부식, 볼트부식, 누수흔적, 이물질 적치 - 가로보 : 상태양호 - 교대/고각 : 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 박리, 박락 등 - 신축이음 : 유간토사퇴적, 후타재 균열(0.3mm미만), 볼트탈락 - 교면포장 : 포장균열, 파손, 포트홀, 소성변형, 토사퇴적 - 방호벽 : 균열(0.3mm미만), 보수부 재균열(0.3mm미만), 균열부 백태, 백태, 박락 등 - 점검시설 : 점검사다리 파손 및 난간파손	B등급
	정밀안전점검	김문규	표면보수, 주입보수, 단면보수 등	
2	2019-06-13 2019-10-10	대진컨설팅(주)	- 교면포장 : 포장 파손, 포트홀, 소성변형, 접속부 포장파손 - 배수시설 : 배수구 막힘, 유도배수관 미설치 - 방호벽 : 텔리네이트 파손, 백태, 파손, 균열, 망상균열 - 점검시설 : 점검통로 계단 파손 - 신축이음 : 본체 녹발생, 길이부족, 토사퇴적, 누수, 단차, 후타재 균열 - 거더 : 누수흔적, 도장박리, 도장긁힘, 부식, 볼트부식, 오물적치, 이물질 적치, 녹발생 - 하부구조 : 균열, 박리, 열화, 박리, 철근노출, 파손, 균열 - 받침장치 : 슬플레이트 녹 발생, 이동량 게이지 탈락, 받침 콘크리트 균열, 백태	B등급
	정밀안전점검	김강훈	신축이음 재설치, 균열 주입보수, 표면보수, 단면보수, 방청	

다. 2종 성능평가

【표 1.2.3】 금남IC2교 성능평가 실시 이력

번호	점검진단기간	점검진단기관명	주요 점검진단결과	안전등급
	점검진단구분	책임기술자	주요 보수보강(안)	
1	2019-06-13 2019-10-10	대진컨설팅(주)	- 안전성능평가 : 공용내하력, 기초안전성을 확보하고 있으며, 중대결함이나 구조적 손상은 발생하지 않았으나, 국부적으로 발생한 균열 및 열화손상에 대한 보수가 필요함. - 내구성능평가 : 염화물, 탄산화 및 콘크리트 품질 등의 열화 진전항목 평가결과 전반적으로 건전한 것으로 평가됨. - 사용성능 평가 : 포장상태 우수, 교량조명 6개소 중 2개소 작동불량하며, 노면회도는 기준에 못미쳐 e등급 산성. 진동사용성은 불안감을 조성할수 있는 상태이며, 점검로 설치상태 양호	B등급
	2종 성능평가	김강훈	표면보수, 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청)	

1.2.2 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년06월)

【표 1.2.4】 금남IC2교 전차 정밀안전점검 실시결과

구분		내용
용역명		· 국도37호선 장현2교 등 5개소 정밀안전점검용역
용역기간		· 2021. 03. 19. ~ 2021. 07. 16
용역사		· (주)동우기술단
외관조사	바닥판하면	· 데크플레이트 부식, 균열부 백태, 백태, 들뜸, 박리, 표면오염
	거더	· 거더외부 도장박리, 부식, 거더내부 도장긁힘, 박리, 부식, 누수흔적, 이물질 적치
	가로보	· 상태양호
	교대	· 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 보수부 재균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태, 계단파손 · 박리, 박락, 철근노출, 표면오염, 페콘크리트 적치, 관목 자생
	교각	· 균열(0.3mm미만), 망상균열
	교량받침	· 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 백태, 받침 부식, 이동량 게이지 탈락
	신축이음	· 유간 토사퇴적, 후타재 균열, 커버플레이트 볼트탈락
	교면포장	· 포장 균열, 파손, 포트홀, 소성변형, 토사퇴적
	배수시설	· 배수구 막힘, 배수관 부식
	방호벽	· 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 균열부 백태, 백태, 박락, 델리네이트 파손
	점점시설	· 사다리 파손, 난간 파손
비파괴 시험	반발경도 시험	· 상부구조 : 33.64~37.42MPa / 설계기준 강도(27MPa) 100% 이상 상회 · 하부구조 : 30.77~32.32MPa / 설계기준 강도(24MPa) 100% 이상 상회
	탄산화 깊이측정	· 잔여깊이 30mm이상으로 탄산화로 인한 내구성 저하는 없는 “a” 등급
종합평가	상태평가	· B(0.240)
	안전성평가	—
안전등급		· B등급

1.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

- 1) 기존 점검 검토결과 정기적인 정기안전점검 및 정밀안전점검 등이 주기적으로 이루어진 것으로 확인되었으며, 기존 점검 중 발생된 주요 손상 구간에 대하여 면밀한 조사가 요구된다.
- 2) 금번 점검 시 중점적으로 관찰한 사항은 다음과 같다
 - ① 데크플레이트 부식 진전 여부 확인
 - ② 신축이음 교체 후 하부누수 발생 및 진전 여부 확인
 - ③ 교대 홍벽 박리 단면보수 후 보수상태에 대한 점검
 - ④ 교각 망상균열 표면처리 후 재손상 발생 여부

1.2.4 시설물 보수 이력

【표 1.2.5】 금남IC2교 보수이력사항

공사기간	공사구분	구조물명	공사내역	시공자
2010-06-24 2010-09-14	보수	금남IC2교	구조물 보수	대일공영(주)
2016-06-28 2016-10-25	보수	금남IC2교	단면보수	(주)참건설
2022-03-25 2022-08-29	보수	금남IC2교	단면보수, 주입보수, 표면보수	(주)토인건설

1.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 1.2.6】 금남IC2교 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
—	Y	—	—
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

1.2.6 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

1.2.7 하중변화 이력

준공이후 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

1.2.8 자료수집 현황

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

1.3 현장조사

1.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 전회 정밀안전점검 현장조사결과를 토대로 시설물의 상태현황 확인 및 성능평가 추가 조사를 실시하기 위하여 고소점검차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소점검차	2024.03.19.~2024.05.16.	
			
고소착업차 작업전경		고소착업차 작업전경	
			
내구성조사 작업전경		내구성조사 작업전경	

【사진 1.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

1.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 바닥판은 Deck Plate가 설치된 구조로 3경간($50.0+2@42.5=135.0$ m), 폭원 B=13.5m 이며, 좌·우측 캔틸레버 단부에는 우수유입 방지를 위한 물끊기 홈(Notch)이 설치되어 있는 것으로 확인되었고, 고소차량을 이용하여 최대한 근접한 상태에서 외관조사를 실시하였다.



바닥판하면 전경 - 중앙부

바닥판하면 전경 - 캔틸레버부

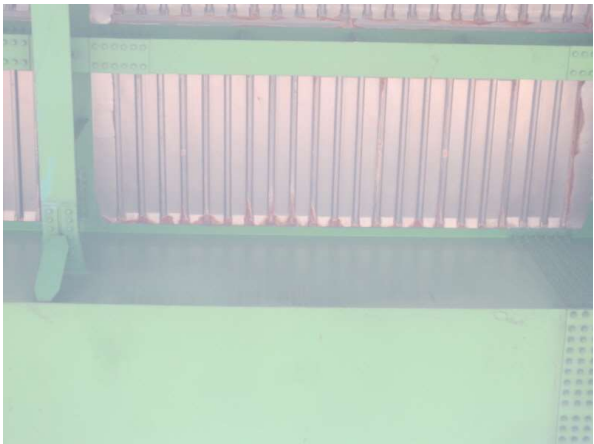
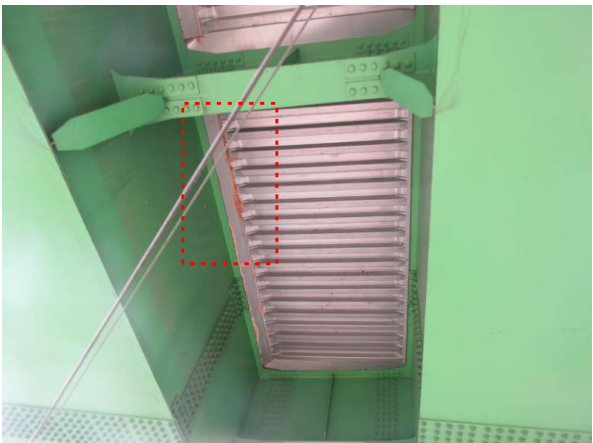
【사진 1.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

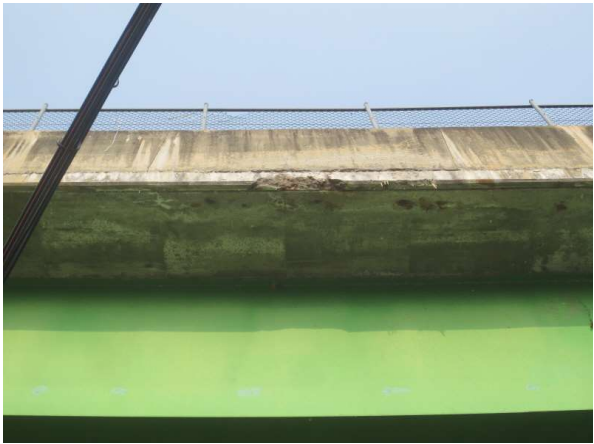
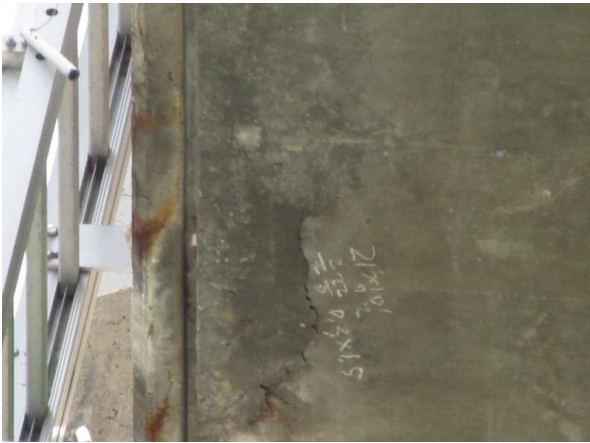
- 외관조사 결과, 균열부 백태, 백태, Deck Plate부식, 들뜸, 박리, 파손이 조사되었다.

【표 1.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
바닥판 하면	Deck Plate부식	m ²	4.15	7	
	균열부 백태	m ²	0.10	1	
	백태	m ²	45.00	3	
	들뜸	m ²	0.45	1	
	박리	m ²	0.20	1	
	파손	m ²	0.23	2	

	
Deck Plate부식 S1	Deck Plate부식 S1
	
Deck Plate부식 S2	Deck Plate부식 S2
	
캔틸레버 백태 S2	캔틸레버 백태 S2

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황

	
바닥판 균열부 백태 S2	좌측 캔틸레버 상태양호 S2
	
바닥판 박리 S3	바닥판 파손 S3
	
바닥판 들뜸 S3	바닥판 파손 S3

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황(계속)

3) 검토의견

- Deck Plate부식의 경우 바닥판 S1, S2 좌측면에 국한적으로 발생한 상태로 조사되었으며, 바닥판 S1, S2의 편구배도가 5%, -5%로 우수가 집중되며, 포장면과 방호벽의 이음부 사이로 집중된 교면수가 유입되어 Deck Plate 부식이 발생한 것으로 판단된다. 그러나 손상의 규모가 경미하고 누수가 확인되지 않는 상태로 방수층에 대한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 백태의 경우 바닥판 S1~S3 우측 캔틸레버에 국한되어 발생한 상태로 조사되었으며, 외관조사 결과 바닥판 하면에 물 끓기홈(Notch)이 시공되어 우천시 발생하는 유입수의 차단이 이루어진 상태로 확인되었다. 따라서 바닥판에 발생한 백태는 Deck Plate부식과 동일한 편구배도에 의해 집중된 교면수가 방호벽과 슬래브의 이음부 사이로 유입되며 발생한 손상으로 판단되고, 손상의 형상이 유종을 띄지 않고 표면에 얇게 퍼져나간 백화에 가까운 손상으로 콘크리트 내구성에 대한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 들뜸의 경우 S3 백태 발생부위에 동반되어 나타난 손상으로 국부적인 피복부족 구간에 교면수가 유입되며 발생한 손상으로 판단되며, 공용 중 손상진전에 의한 단면감소와 철근노출 우려가 있으므로 시설물 관리차원의 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 박리의 경우 S3(A2) 단부에 발생한 손상으로 Exp. Joint(A2) 누수에 의한 우수유입이 주요원인으로 판단되며, 누수의 경우 2019년 신축이음 교체 이후 현재일 까지 발생하지 않는 상태로 조사되었다. 시설물에 미치는 영향은 크지 않으나 시설물 관리차원의 단면보수가 이루어질 경우 보다 건전한 상태로 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.
- 파손의 경우 S3에 발생한 손상으로 유지관리 중 작업차량과의 충돌에 의한 손상으로 판단된다. 다만 금남IC 2교 S3는 경춘로를 횡단하는 구간으로 공용 중 우수접촉 등에 의한 손상의 진전과 2차 손상(박락) 발생 시 시설물을 교차하는 차량과의 충돌위험이 있으므로 단면털기를 통한 정비가 필요할 것으로 판단된다.

나. 거더외부

1) 부재의 개요

- 금남IC2교의 주부재인 거더는 바닥판으로부터 전달되는 하중을 지지하고, 받침부를 통하여 하부구조로 하중을 전달하는 부재로서 총 3열의 거더가 시공되어있으며, STB로 구성되어있다. 외관조사 시 고소차량을 이용하여 최대한 부재에 근접하여 조사를 실시하였다.



【사진 1.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

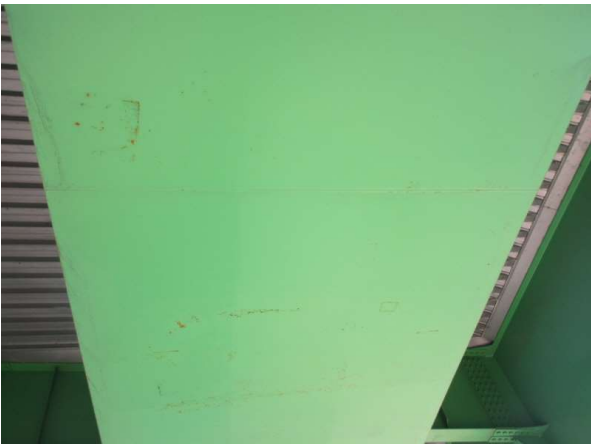
- 거더 외관조사 결과, 도장박리, 부식이 조사되었다.

【표 1.3.2】 거더 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
거더 외부	도장박리	m ²	0.08	1	
	부식(중앙부)	m ²	14.02	14	
	부식(단부)	m ²	8.74	4	

	
거더 부식 S1-G3-LF	거더 부식S1-G3-LF
	
거더 부식 S2-G1-LF	거더 부식S2-G1-LF
	
거더 부식 S2-G1-LF	거더 부식 S2-G2-LF

【사진 1.3.5】 거더외부 손상현황

	
거더 부식 S2-G2-LF	거더 부식 S2-G2-LF

【사진 1.3.5】 거더외부 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 도장박리의 경우 S1-G1-SP1에 발생한 손상으로 도장미흡과 공용 중 노후화에 따른 손상으로 부식방지를 위한 도장보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 부식의 경우 전체 경간에 국부적으로 나타난 손상으로 중앙부에 발생한 부식의 경우 도장미흡과 공용 중 노후화에 따른 손상이며, 단부에 발생한 부식의 경우 신축이음 누수에 의한 우수접촉이 주요원인으로 판단된다.
- 중앙부에 발생한 부식의 경우 손상의 정도가 경미하여 시급한 보수를 요구하지 않으나 단부측에 발생한 부식의 경우 부식의 진행에 따른 내구력 소실 우려가 있으므로 일괄적인 보수가 불가능할 경우 부분보수를 통한 부식제거와 도장보수가 필요할 것으로 판단된다.

다. 거더내부

1) 부재의 개요

- 거더내부는 거더외부와 동일한 구조부재로 도보를 이용한 육안조사를 기본으로 외관조사를 실시하였다.



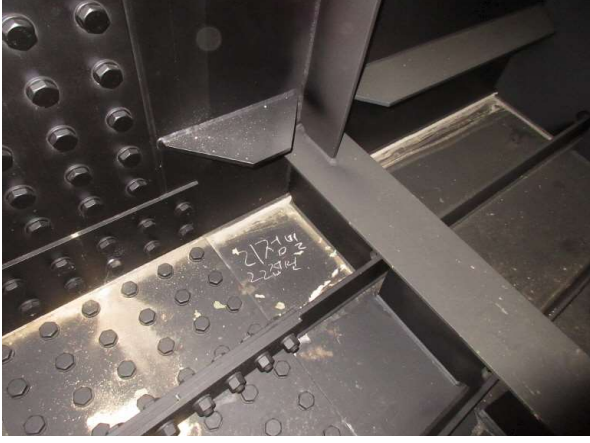
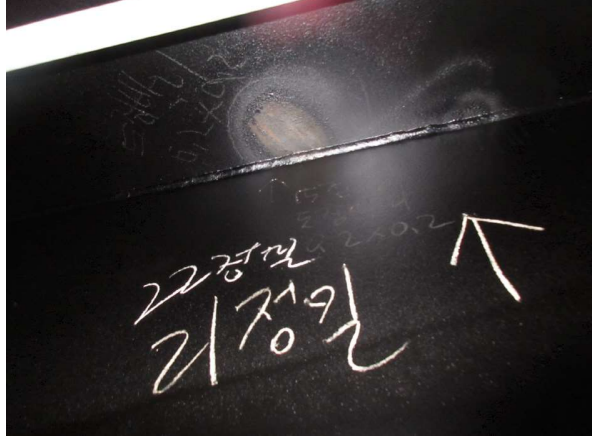
【사진 1.3.6】 거더 전경

2) 현장조사 결과

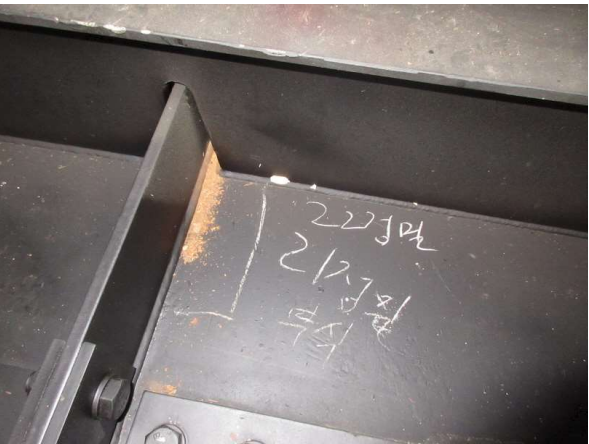
- 외관조사 결과, 누수흔적, 폐자제 적치, 도장박리, 굽힘, 강재부식, 볼트부식, 강재변형이 조사되었다.

【표 1.3.3】 거더 외관조사 결과

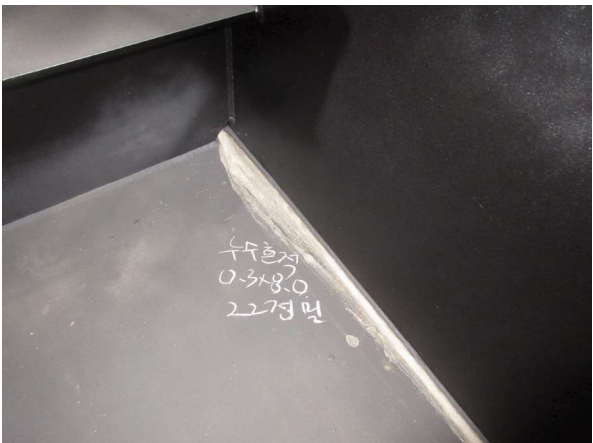
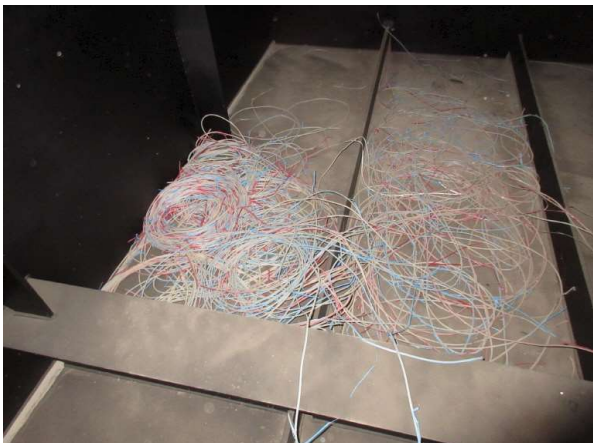
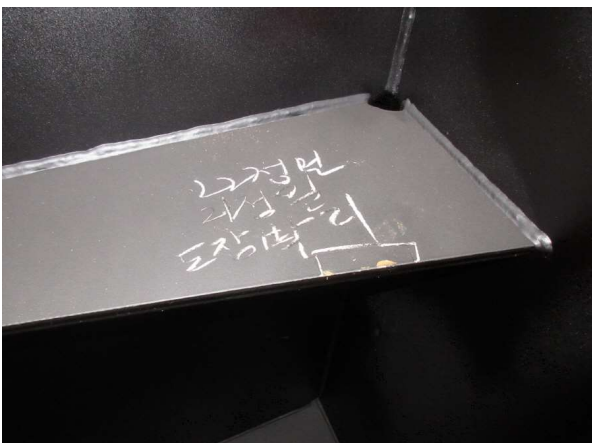
구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
거더 내부	누수흔적	m ²	18.12	13	
	폐자제 적치	m ²	19.40	6	
	도장굽힘	m ²	0.20	1	
	도장박리	m ²	0.19	6	
	강재부식	m ²	0.93	11	
	S.P 볼트부식	EA	2.00	2	
	강재변형	m	0.20	1	

	
누수흔적 S1-G1-LF	도장긫힘 S1-G1-UF
	
누수흔적 S1-G1-LF	도장박리 S1-G2-UF
	
도장박리 S1-G2-LF	강제변형 S1-G3-UF

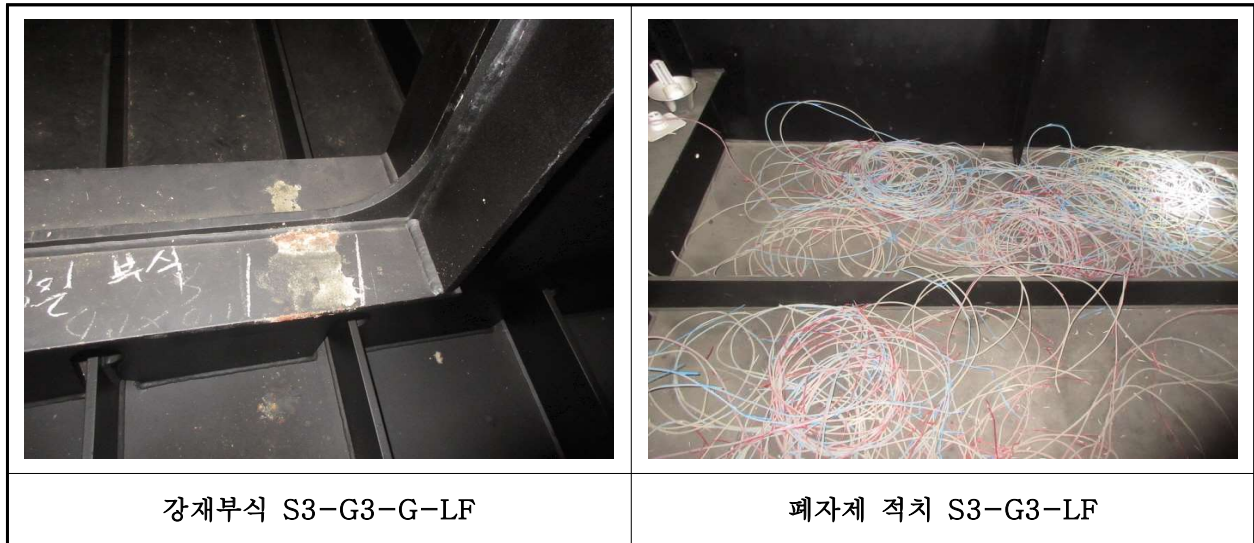
【사진 1.3.7】 거더내부 손상현황

	
강재부식 S1-G3-LF	강재부식 S2-G1-LF
	
강재부식 S2-G1-LF	강재부식 S2-G1-LF
	
도장박리 S2-G2-UF	강재부식 S2-G2-LF

【사진 1.3.7】 거더내부 손상현황(계속)

	
S.P 볼트부식 S2-G3--SP6	강재 부식 S2-G3-LF
	
누수흔적 S3-G1-LF	폐자제 적치 S3-G1-LF
	
도장박리 S3-G2-LF	강재부식 S3-G2-RW

【사진 1.3.7】 거더내부 손상현황(계속)



【사진 1.3.7】 거더내부 손상현황(계속)

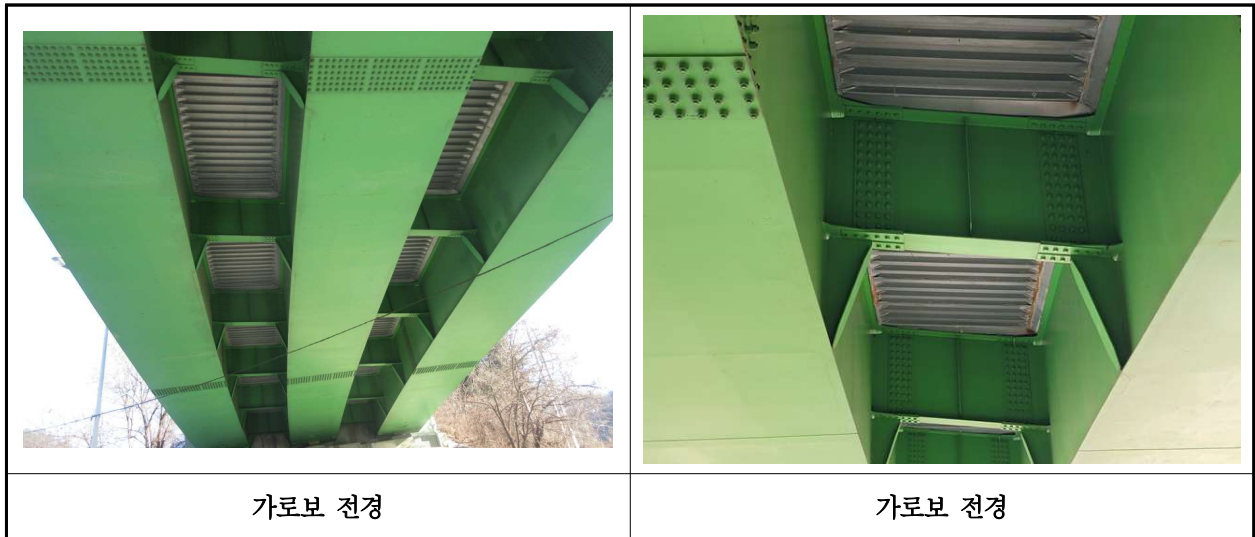
3) 검토의견

- 누수흔적의 경우 교량의 외측부에 시공된 G1, G3에 발생한 손상으로 우천 시 스플라이스 이음부로 우수가 유입되어 발생한 손상으로 조사되었다. 외관조사를 통한 검토 결과 우수의 유입량이 많지 않으며 도장박리나 부식과 같은 2차 손상이 발생하지 않은 상태로 조사되어 현 시점에서 부재에 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다. 하지만 공용 중 지속적인 우수의 유입이 발생할 경우 2차 손상발생 및 내구력 저하 우려가 있으므로 실링보수를 통한 우수차단이 필요한 것으로 판단된다.
- 폐자제 적치의 경우 용접, 조명(전기설비)설치, 재하시험 등 유지관리 작업도중 발생한 폐기물로 시설물 관리차원의 청소를 통한 제거가 적합한 것으로 판단된다.
- 도장긁힘 및 강재변형의 경우 리브에 발생한 손상으로 시공초기 운반 및 적치과정에 발생한 손상이며, 강재변형의 경우 내구성에 미치는 영향은 경미할 것으로 판단되나 지속적인 점검을 통한 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.
- 도장박리의 경우 손상의 형태가 시공초기 외부충격, 도장미흡, 용접열에 의한 손상이며, 일부 손상의 경우 부식이 발생한 상태로 도장보수를 통한 부식방지가 필요한 것으로 판단된다.
- 부식의 경우 하부플랜지와 스플라이스에 주로 발생하였으며, 도장박리와 우수유입에 의한 손상으로 판단된다. 현장조사 당시 부식에 의한 단면감소는 확인되지 않았으며 손상의 정도가 경미하나 장기적 측면에서 도장보수가 필요한 것으로 판단되며, 보수 시 부식에 한정적인 일부보수보다 손상원인에 대한 보수가 병행되어 이루어질 경우 보다 경제적인 측면과 유지관리에 용이할 것으로 판단된다.

라. 2차 부재

1) 부재의 개요

- 가로보는 상부에 작용되는 하중을 분배시켜 거더의 변형 및 파손을 방지해주는 부재이며, 고소 차량을 이용하여 최대한 부재에 근접하여 조사를 실시하였다.



【사진 1.3.8】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 외관조사 결과, 특별한 손상은 조사되지 않은 양호한 상태로 확인되었다.

【표 1.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
가로보	상태양호	m	—	—	
세로보	상태양호	m	—	—	

마. 교대

1) 부재의 개요

- 금남IC2교의 교대는 상부구조 하중을 지반으로 전달하고, 교량의 구조적 안전성을 위한 중요 부재로 역T형식이며, 직접기초로 시공되었다.



【사진 1.3.9】 교대 전경

2) 현장조사 결과

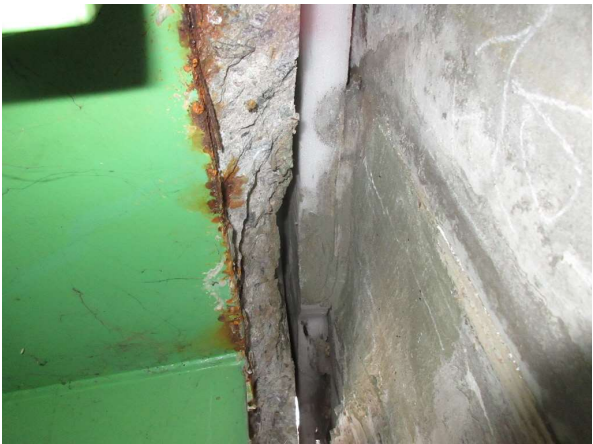
- 교대에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만), 표면오염, 백태, 박리, 들뜸 등의 손상이 조사되었다.

【표 1.3.5】 교대 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.90	2	
	폐콘크리트 적치	m ²	7.50	3	
	누수흔적	m ²	6.00	2	
	백태	m ²	0.75	2	
	박리	m ²	5.55	4	
	박락	m ²	0.32	1	

	
교대 폐콘크리트 적치 A1	교대 폐콘크리트 적치 A1
	
교대 누수흔적 A1	교대 누수흔적 A1
	
교대 균열 (0.3mm미만) A1	교대 백태 A1

【사진 1.3.10】 교대 손상현황

	
교대 박리 A1	관목자생 벌목 A1
	
교대 박리 A2	교대 백태 A2
	
교대 균열 (0.3mm미만) A2	교대 박리 A2

【사진 1.3.10】 교대 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 균열(0.3mm미만)의 경우 시공초기 건조수축 및 온도변화에 따른 비구조적 손상이며, 기 점검자료 검토 결과 손상의 진전은 없는 상태로 확인되었다. 현 시점에서 보수를 요구하지 않는 상태로 조사되었으나, 시설물 관리차원의 표면보수가 적합할 것으로 판단된다.
- 페콘크리트 적치의 경우 2019년 신축이음 교체 시 발생한 손상으로 구조물에 미치는 영향은 없으나 시설물 관리차원의 청소가 필요할 것으로 판단된다.
- 누수흔적의 경우 2019년 신축이음 교체 이전 발생한 누수에 의한 손상이며, 페콘크리트 적치의 경우 2019년 신축이음 교체 시 발생한 손상으로 조사되었다. 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 시설물 관리차원의 표면보수와 청소가 필요할 것으로 판단된다.
- 교대 누수흔적 부에 발생한 박리, 박락의 경우 다짐불량에 의한 공극부에 우수가 유입되고 온도변화에 따른 팽창작용이 주요원인으로 판단되며, 최소피복을 상실한 상태로 판단되어 단면보수를 통한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 교대에 발생한 모든 손상의 주요원인은 신축이음 하부 누수에 의한 우수유입이며, 신축이음 재설치를 통한 보수가 2019년에 이루어진 상태로 확인되었다. 따라서, 점검일 기준 교대의 내구력 회복을 위한 보수시기가 적합한 것으로 판단되며, 보수 이후에도 지속적인 점검을 통한 신축이음 누수 여부에 대한 이루어질 경우 공용기간 내 건전한 상태를 유지할 것으로 판단된다.

바. 교각

1) 부재의 개요

- 교각은 상부구조 하중을 지반으로 전달하고, 교량의 구조적 안전성을 위한 중요 부재로 π 형 교각식이며, 직접기초로 시공되었다.



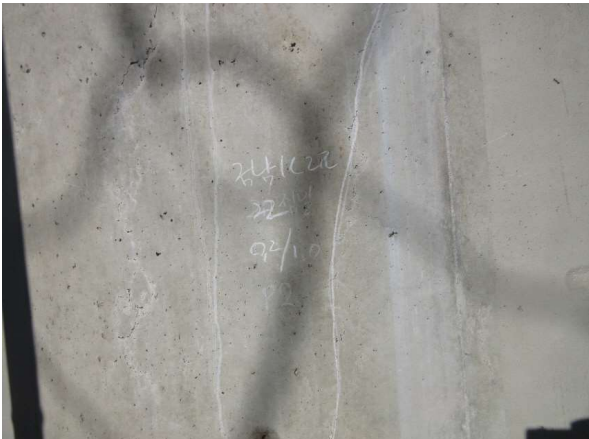
【사진 1.3.11】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 외관조사 결과, 교각에 대한 부분적인 보수가 이루어진 상태로 조사되었다.

【표 1.3.6】 교각 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
교각	균열 (0.3mm미만)	m	1.00	1	
	망상균열	m ²	4.00	1	

	
교각 보수상태 양호 P1	교각 망상균열 P2
	
교각 균열 (0.3mm미만) P2	교각 보수상태 양호 P2

【사진 1.3.12】 교각 손상현황

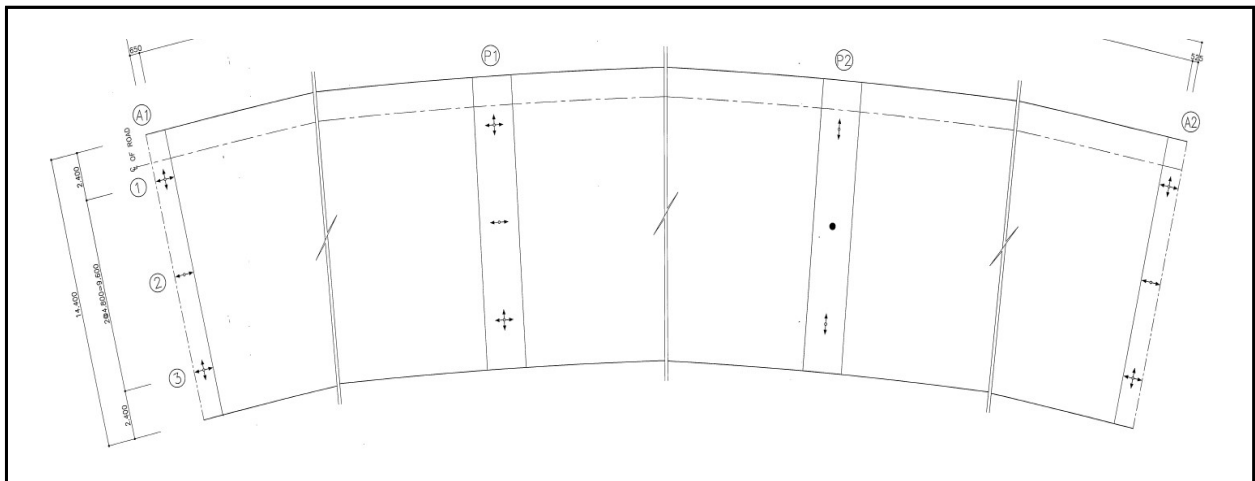
3) 검토의견

- 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 시공초기 건조수축 및 온도변화에 따른 손상으로 판단되며, 기점검 이후 손상부에 대한 보수(국도1호선 통일육교 등 시설물 보수공사_2022.03)를 실시한 것으로 확인되었다. 금회 조사된 손상의 경우 보수 시 누락된 손상으로 판단된다.

사. 교량받침

1) 부재의 개요

- 교량받침의 형식은 POT받침이며, 교대(A1, A2)에 각 3개소, 교각(P1, P2)에 각 3개소씩 총 12개소가 시공되어있으며, 교각 P2는 고정단과 일방향이 설치되어있다. 교량받침 배치 현황은 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 교량받침 배치도



【사진 1.3.13】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침 외관조사 결과, 받침장치 이동량 게이지 탈락, 받침콘크리트 재료분리, 파손이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 1.3.7】 교량받침 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
교량 받침	이동량 게이지 탈락	EA	2.00	2	
	받침콘크리트 재료분리	m ²	0.04	1	
	받침콘크리트 파손	m ²	0.04	1	

	
받침콘크리트 파손 A1-SH1	재료분리 A2-SH1
	
받침장치 이동량 게이지 탈락 A2-SH2	받침장치 상태양호 P2-SH2

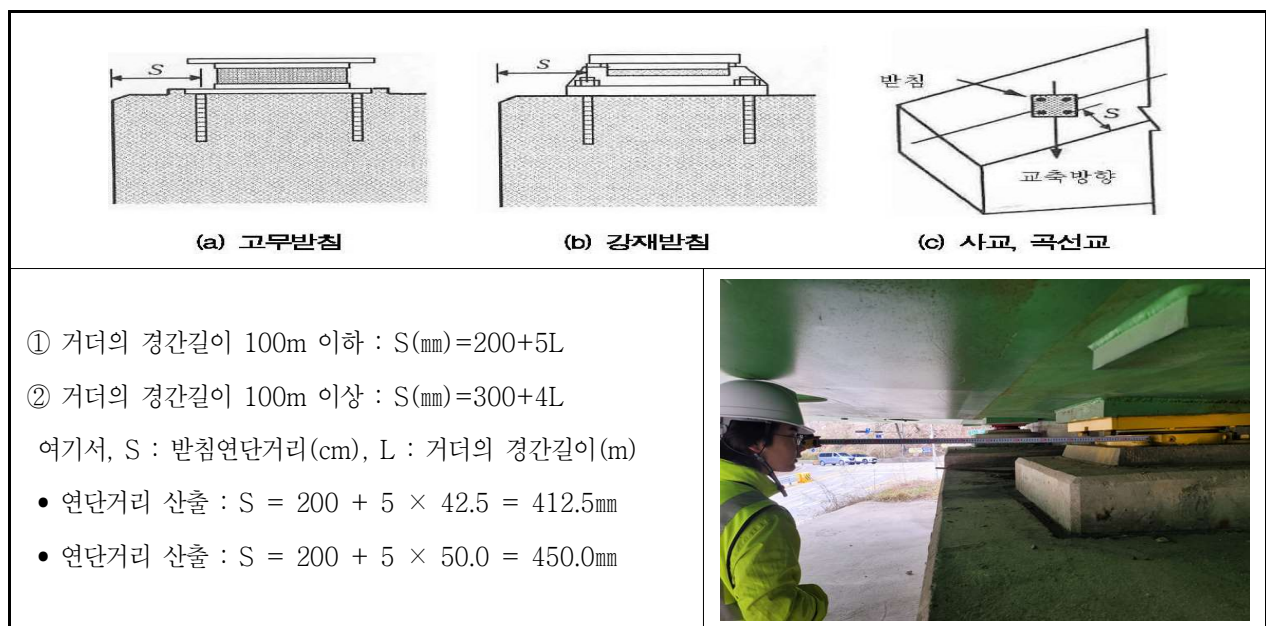
【사진 1.3.14】 교량받침 손상현황

3) 검토의견

- 이동량 게이지 탈락의 경우 공용 중 노후화에 발생한 손상으로 구조물에 영향을 미치는 손상이 아니며, 교대 일방향(고정단) 받침장치 손상으로 재설치를 통한 보수는 불필요한 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트에 발생한 손상의 경우 건조수축, 수분접촉 등에 의한 경미한 손상으로 보수를 필요로 하는 손상은 없는 상태로 판단되어 지속적인 점검 이후 손상의 진전 또는 이상 징후 발생 시 손상부에 대한 보수가 적합할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2009, 국토교통부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



【그림 1.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

【표 1.3.8】연단거리 측정 결과

구 분		경간장 (m)	기준값 (mm)	연단거리 측정값(mm)			검토 결과
				Sh1	Sh2	Sh3	
A1		50.0	450.0	700	600	700	양호
P1	A1측	50.0	450.0	1020	930	1070	양호
	A2측	42.5	412.5	1100	1100	1050	양호
P2	A1측	42.5	412.5	1000	750	7000	양호
	A2측	42.5	412.5	920	750	1000	양호
A2		42.5	412.5	800	800	800	양호
검토 결과		· 금남IC2교의 연단거리 측정 결과 전 개소 최소연단거리 이상을 확보하는 것으로 조사되었다.					

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정결과 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)’에서 제시하고 있는 연단거리 기준을 만족하는 상태로 조사되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

- 받침의 이동량 평가시 고려되는 항목은 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축, 프리스트레스에 의한 부재의 탄성변형 등의 영향을 고려해야 하나, 본 교량은 준공 후 18년이 경과된 교량으로 크리프 및 건조수축에 의한 변형은 완료되었다고 판단되며, 활하중에 의한 거더 처짐은 매우 미미하므로 온도변화에 의한 이동량만 고려하여 평가하였다.

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 1.3.9】교량받침 온도변화에 의한 이동량 산정

구 분	온도변화량 (ΔT)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		비 고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	28.8	31.2	1.2×10^{-5}	92.5	32.0	34.6	O.K
P1	28.8	31.2	1.2×10^{-5}	42.5	14.7	15.9	O.K
P2	고 정 단						
A2	28.8	31.2	1.2×10^{-5}	42.5	14.7	15.9	O.K

【표 1.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검시 실측 이동량 (mm)	최대 받침 이동량 (mm)		실측 받침 가동여유량 (mm)		받침 용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	-0.5	32.0	34.6	17.5	15.9	± 50	O.K
	Sh2	-0.5	32.0	34.6	17.5	15.9	± 50	O.K
	Sh3	-1.0	32.0	34.6	17.0	16.4	± 50	O.K
P1	Sh1	-1.2	14.7	15.9	34.1	35.3	± 50	O.K
	Sh2	-1.5	14.7	15.9	33.8	35.6	± 50	O.K
	Sh3	-1.5	14.7	15.9	33.8	35.6	± 50	O.K
P2	고 정 단							
A2	Sh1	-0.5	14.7	15.9	34.8	34.6	± 50	O.K
	Sh2	-0.5	14.7	15.9	34.8	34.6	± 50	O.K
	Sh3	-0.5	14.7	15.9	34.8	34.6	± 50	O.K
※ 고정단을 기준으로 + : 신장, - : 수축을 나타냄.								
※ 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

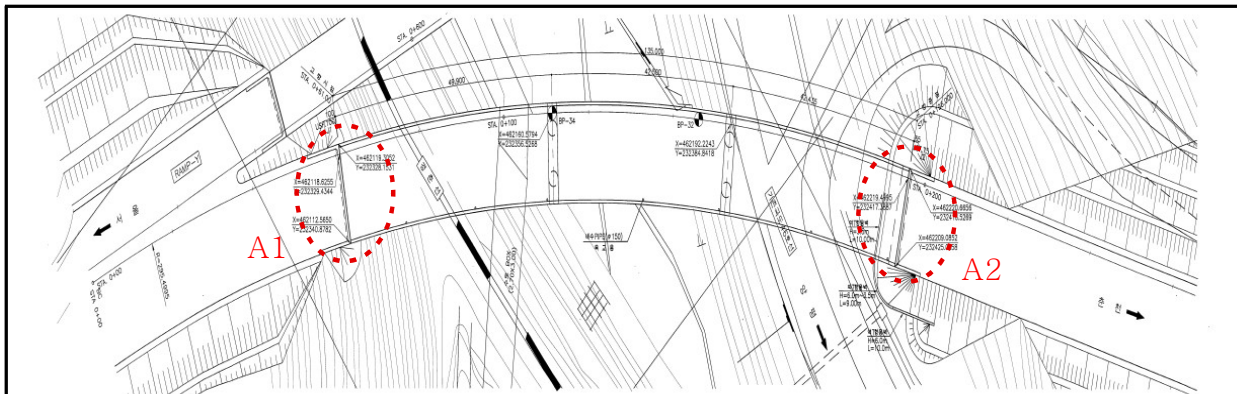
- 받침장치부에 대한 여유량 검토결과 교량받침 전체에서 온도변화에 따른 이동여유량이 확보된 상태로 검토되었다.

아. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음은 상부구조의 신축 또는 이동량을 흡수하고 교면 평탄성을 유지하여 차량의 주행성을 확보하기 위하여 상부구조에 설치하는 부속장치로 교축방향으로의 온도변화, 콘크리트의 크리프 및 건조수축에 의한 이동량과 교량의 회전변위 및 처짐량, 구조적으로 필요한 여유량 등을 만족할 수 있어야 하며, 최근에는 교통량 증가에 따른 신축이음의 내구성, 주행성, 유지관리 편의성이 중요시되고 있다.

본 교량의 신축이음은 A1, A2에 Finger Joint가 2개소 설치되어있다.



신축이음장치 설치현황



A1 전경



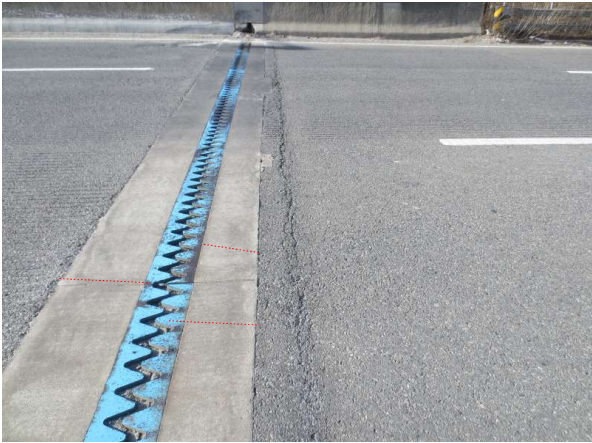
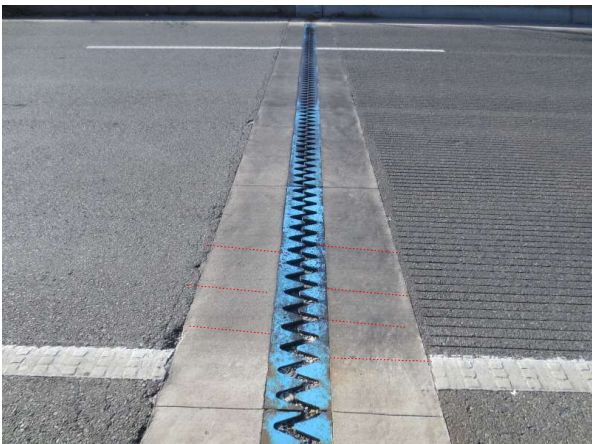
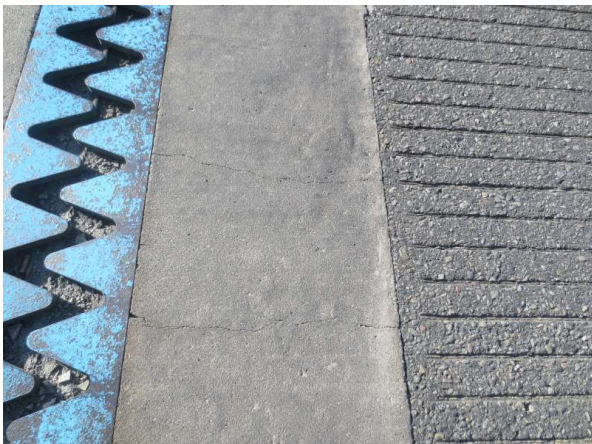
A2 전경

2) 현장조사 결과

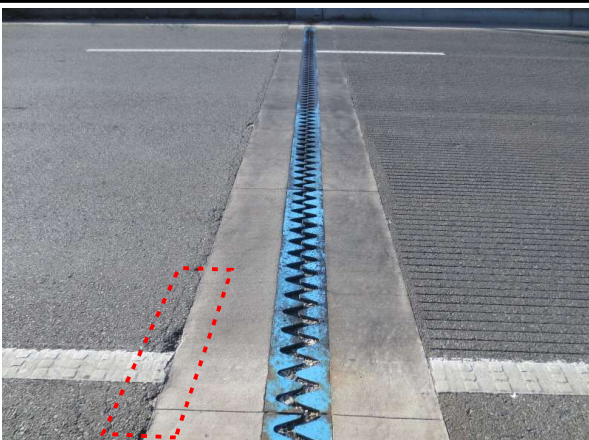
- 신축이음 외관조사 결과, 신축이음 유간 토사퇴적, 후타재 균열, 단차, 차수판 볼트탈락이 발생한 상태로 조사되었다.

【표 1.3.11】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
신축이음	후타재 균열 (0.3mm미만)	m	8.10	27	
	유간 토사퇴적	m	1.60	2	
	단차	m	2.00	1	
	차수판 볼트탈락	EA	3.00	3	

	
후타재 균열 (0.3mm미만) Exp.Joint-A1	후타재 균열 (0.3mm미만) Exp.Joint-A1
	
후타재 균열 (0.3mm미만) Exp.Joint-A2	후타재 균열 (0.3mm미만) Exp.Joint-A2

【사진 1.3.15】 신축이음장치 손상현황

	
차수판 볼트탈락 Exp.Joint-A2	유간 토사퇴적 Exp.Joint-A2
	
신축이음 단차 Exp.Joint-A2	신축이음 단차(T=20mm) Exp.Joint-A2

【사진 1.3.15】 신축이음장치 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 신축이음 Exp.Joint-A1, A2에 발생한 후타재 균열(0.3mm미만)의 경우 균열의 형상이 신축이음과 평행되지 않아 신축거동불량 등에 의한 구조적 문제는 없는 상태로 후타재 타설 이후 발생한 온도 변화와 공용 중 차량통행에 따른 반복하중이 주요 원인으로 판단된다.
- 금남IC 2교의 경우 편구배도-5%, 5%에 의해 우천 시 신축이음 외측부로 우수가 집중되고 배수이 후 일부 잔여물이 퇴적되며 발생한 손상으로 판단된다. 퇴적된 토사의 양이 경미하여 신축거동에 영향을 미치지 못할 수준으로 지속적인 배수시설 정비가 이루어질 경우 토사퇴적 등에 의한 문제는 발생하지 않을 것으로 판단된다.
- 단차의 경우 신축이음 Exp.Joint-A2에 발생한 손상으로 접속포장 소성변형에 의한 손상으로 차량통행에 따른 반복하중이 원인으로 판단된다. 금회 신규 조사된 손상이며 경미한 수준의 단차로 현 시점에서의 보수는 필요치 않은 상태로 판단되나, 지속적인 추적관리를 통한 상태확인 필요할 것으로 판단된다.

- 차수판 볼트탈락의 경우 공용 중 차량통행 시 발생하는 진동에 의한 손상으로 구조물에 미치는 영향은 없는 손상이나 공용 중 추가적인 볼트탈락 등에 의한 차수판 탈락 시 통행중인 차량과의 충돌우려가 있으므로 볼트 재설치가 필요하며, 보수 이후 볼트체결 상태에 대한 확인이 필요한 것으로 판단된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도($-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (한랭지방))에 따른 여유량 검토

- 신축이음 이동량 검토를 위해 신축이음(상부), 바닥판, 거더 상부 및 하부 유간을 측정하였으며, 측정 결과는 다음과 같다.
- 이동량 평가 시 고려되는 항목은 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등의 영향을 고려해야 하나, 본 교량은 준공 후 19년간 공용중인 교량으로 크리프 및 건조수축에 의한 변형은 완료되었다고 판단되며, 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축장 100m이상 교량의 경우에만 고려하므로 온도변화에 의한 이동량만 고려하여 평가하였다.

	
신축이음 유간 측정 전경	바닥판 하면 유간 측정 전경
	
거더(상) 유간 측정 전경	거더(하) 유간 측정 전경

【사진 1.3.16】 신축이음 유간측정

【표 1.3.12】 신축이음 유간 측정결과

위치	온도변화 (Δ ℃)		지간장 (m)	온도변화 이동량(mm)		실측 유간 (mm)		허용 용량 (mm)	여유량(mm)		판정
	수축	신장		수축	신장				수축	신장	
Exp.J-A1	25.5	34.5	92.5	28.3	38.3	신축이음	67	100	4.7	28.7	O.K
						바닥판	105		—	66.7	O.K
						거더상부	145		—	106.7	O.K
						거더하부	122		—	83.7	O.K
Exp.J-A2	25.5	34.5	42.5	13.0	17.6	신축이음	60	75	2.0	42.4	O.K
						바닥판	80		—	62.4	O.K
						거더상부	115		—	97.4	O.K
						거더하부	95		—	77.4	O.K
※ 신장시 판정결과 산정(F) : 실측유간 > 온도변화 신장량											
※ 수축시 판정결과 산정(F) : 허용량 > 온도변화 수축량 - 신축유간											

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간측정결과, 신축유간 온도변화에 따른 이론식으로 산정하였으며, 전 개소 최소 필요 유간 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

자. 교면포장

1) 부재의 개요

- 금남IC 2교는 편도 3차로의 아스팔트 포장(ACCP)으로 시공되어있다.



【사진 1.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장 외관조사 결과, 교면포장 균열, 소성변형, 포트홀, 파손, 토사퇴적이 발생한 상태로 조사되었다.

【표 1.3.13】 교면포장 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
교면 포장	포장균열	m	4.00	1	
	포장 파손	m ²	3.80	2	
	포트홀	m ²	0.39	4	
	소성변형	m ²	12.00	1	
	토사퇴적	m ²	1.00	1	



【사진 1.3.18】 교면포장 손상현황

3) 검토의견

- 교면포장에 발생한 손상의 경우 교량을 횡단하는 차량의 하중이 집중되는 포장면의 내·외측(갓길)에 집중되어 발생한 상태로 조사되었다.
- S1~S2에 발생한 포장균열의 경우 공용 중 발생하는 반복하중과 탄성거동에 의한 손상이며, S3에 발생한 균열의 경우 다짐불량에 의한 소성변형 발생 시 동반된 손상으로 조사되었다.
- S1~S2에 발생한 균열의 경우 곡선선형의 내외측에 발생된 손상으로 우천 시 우수유입에 의한 방수층 파손 우려가 있으며, 교면포장과 방호벽 이음부로 우수가 유입되어 바닥판 및 캔틸레버에 2차 손상이 발생하는 상태로 외측 갓길에 대한 부분 재포장이 적합할 것으로 판단된다.
- 소성변형, 포트홀, 파손의 경우 다짐불량 및 재료적 특성에 의한 손상으로 주행성을 저하시킬만한 규모의 손상은 아닌 것으로 판단되나, 외측 갓길에 대한 재포장 시 병행하여 보수를 진행할 경우 보수의 효과를 크게 누릴것으로 판단된다.
- 토사퇴적의 경우 배수구 막힘에 의한 손상으로 배수시설에 대한 주기적인 정비를 통한 관리가 필요한 것으로 판단된다.

차. 배수시설

1) 부재의 개요

- 금남IC2교 배수시설은 우천 시 교면수를 배출하여 체수로 인한 차량의 사고를 방지하고, 우수유입에 의한 시설물의 노후화와 손상을 방지하는 기능유지와 교통안전에 중요한 시설물로 곡선선형 외측에 7개소가 설치되어있다.



【사진 1.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설 외관조사 결과, 배수구 막힘과 배수관 부식이 발생한 상태로 조사되었다.

【표 1.3.14】 배수시설 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
배수 시설	배수관 막힘	EA	7.00	7	
	배수관 부식	m	0.50	1	

	
배수구 막힘 S1	배수구 막힘 S2
	
배수구 막힘 S3	배수관 부식 S1

【사진 1.3.20】 배수시설 손상현황

3) 검토의견

- 배수구 막힘의 경우 공용기간 중 토사 및 이물질이 장기간 퇴적되며 발생한 손상으로 배수 기능 상실에 따라 교면포장, 바닥판 등의 2차 손상을 유발하며 체수에 의한 운전자의 안전성을 저해하는 손상으로 청소를 통한 보수가 필요하며, 보수이후 주기적인 관리가 반드시 이루어져야 할 것으로 판단된다.

카. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 금남IC 2교에는 차량의 차로이탈 및 차량사고 시 완충작용을 위한 방호시설로 좌·우측에 콘크리트 방호벽이 시공되어있다. 『도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설편, 2021.06)』을 만족하고 있는 것으로 조사되었다.



【사진 1.3.21】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽 외관조사 결과, 방호벽 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열, 균열부 백태, 백태, 박락, 델리네이트 파손이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 1.3.15】 난간 및 연석 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
난간 및 연석	균열 (0.3mm미만)	m	7.40	8	
	균열 (0.3mm이상)	m	1.00	1	
	균열부 백태	m ²	0.06	1	
	백태, 표면오염	m ²	13.10	5	
	박리	m ²	1.50	1	
	박락, 파손	m ²	0.36	3	
	설명판 망실	EA	1.00	1	
	델리네이트 파손	EA	9.00	9	



방호벽 보수부 박리 S1



보수부 박락 S1



방호벽 균열 (0.3mm미만) S1



방호벽 델리네이트 파손 S2

【사진 1.3.22】 난간 및 연석 손상현황

	
방호벽 백태 S3	설명판 망실 S3
	
방호벽 파손 S3	방호벽 균열(0.3mm이상) S3
	
방호벽 파손 S3	방호벽 균열부 백태 S3

【사진 1.3.22】 난간 및 연석 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열의 경우 건조수축 및 구속력에 의한 손상이며, 일부 손상의 경우 수분접촉에 의한 백태가 동반된 상태로 조사되었다.
- 백태의 경우 방호벽과 교면포장 이음부를 통한 교면수 유입에 의한 손상이며, 손상부 우수유입에 의한 박리, 박락이 발생한 것으로 판단된다.
- 공용기간 증가에 따른 접착력 저하로 설명판 망실이 발생하였으며, 차량충돌 등에 의한 외부 충격으로 방호벽 및 텔리네이트 파손이 조사되었다.
- 외관조사 당시 일부 손상들에 대한 보수를 실시한 것으로 확인되었으나, 주요 손상원인에 대한 보수가 이루어지지 못한 상태로 신규손상과 보수부 재손상이 발생한 것으로 조사되었다. 또한, 백태의 발생위치와 범위를 고려한 결과 지속적인 우수유입이 발생할 경우 기 보수된 범위보다 넓은 박리, 박락 등의 2차 손상우려가 있으므로 반드시 교면수 유입 차단이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

타. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 금남IC2교의 점검시설은 점검자가 구조물에 안전하게 근접하여 점검할 수 있으며, 유지보수 작업이 원활하도록 설치되는 시설물로 본 교량에 3개소(A1, P1, P2)가 설치되어있다.



【사진 1.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 점검시설 외관조사 결과, 점검통로는 대부분 양호한 상태로 조사되었으며, 점검통로 출입을 위한 사다리 파손이 조사되었다.

【표 1.3.16】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
점검 시설	점검사다리 파손	EA	2.00	2	

	
점검사다리 난간 파손 A1	점검사다리 파손 P2
	
점검사다리 덮개 상태양호 P2	점검시설 상태양호 P1

【사진 1.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 검토의견

- 점검시설에 발생한 사다리 파손의 경우 공용기간 증가 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 작업자의 안전성 확보를 위한 재설치가 적합할 것으로 판단된다.

4) 교량점검시설물 설치지침

- 국토교통부에서는 교량점검시설의 설치를 적정하게 시행하기 위한 일반적 기술 기준을 정함으로써, 교량점검에 필요한 점검시설이 합리적으로 계획, 설계, 시공되도록 하는 것을 목적으로 하여 교량점검시설물 설치지침(국토교통부 예규 제2023-360호)이 2023년 01월 12일 개정되었다.
- 특히, 점검자의 안전 강화 도모의 일환으로 출입사다리 및 출입계단 입구에는 점검시설 안전표지판을 설치하여, 점검자 및 진단업무 수행자가 설계하중 등 사용제한 사항을 인지할 수 있도록 개정 되었으며, 본 교량에도 점검시설 안전표지판이 설치지침에 맞게 설치된 것으로 확인되었다.
- 다음은 국토교통부에서 개정한 교량점검시설물 설치지침 중 점검시설 안전표지판에 관한 사항을 발췌한 내용이다.

교량점검시설 이용자 안전수칙

1. 안전점검 외 사용금지
2. 제한하중
 - 출입계단 : 총 300 kgf 이하(4인 이상 동시사용 금지)
 - (또는) - 출입사다리 : 100kgf 이하(2인 이상 동시사용 금지)
 - 점검통로 및 계단참 : 350kgf/m² 이하
3. 관리자 연락처 : 000-111-2222 (00시 00분)

- ① 안전표지판에는 점검시설의 사용조건, 사용제한하중, 관리자 연락처 등 점검시설의 안전한 사용에 필요한 사항을 기재하여, 점검자, 장비 등에 의한 설계하중 초과상황이 발생하지 않도록 한다.
- ② 안전표지판의 규격은 가로 400mm 이상, 세로 300mm 이상으로 하고, 점검자가 용이하게 인식할 수 있는 글자체를 사용한다.
- ③ 안전표지판은 변형, 오염, 탈색, 부식, 파손 등에 강한 재질로 제작하고, 외력에 의해 탈락되지 않도록 견고하게 부착하여야 한다.
- ④ 안전표지판은 교량 점검자가 진입하는 출입사다리 및 출입계단의 입구부 주위에 점검자가 용이하게 인지하여 확인할 수 있는 위치에 부착한다.

파. 공중이 이용하는 부위

금남IC2교의 공중이 이용하는 시설물은 다음과 같다.

	
추락방지 시설	추락방지 시설
	
도로포장	신축이음

【표 1.3.17】 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

부재의 분류	추락방지시설	도로포장	도로부 신축이음부	환기구 등의 덮개
[S1]A1	c	b	b	—
[S2]P1	c	b	—	—
[S3]P2	c	b	—	—
A2	c	b	b	—

1) 추락방지시설

금남IC 2교의 공중이 이용하는 부위는 일부 보수가 필요한 상태로 조사되었다.

1.3.3 외관조사 총괄표

【표 1.3.19】금회 점검 손상물량 집계표

구 분		물량	단위	개소	손상원인	보수방안
바닥판	Deck Plate부식	4.15	m ²	7	교면수 유입	주의관찰
	균열부 백태	0.10	m ²	1	교면수 유입	주의관찰
	백태	45.00	m ²	3	교면수 유입	주의관찰
	들뜸	0.45	m ²	1	수분접촉	단면보수
	박리	0.20	m ²	1	수분접촉	단면보수
	파손	0.23	m ²	2	외부충격	단면보수
거더 외부	도장박리	0.08	m ²	1	노후화	도장보수
	부식(중양부)	14.02	m ²	14	노후화, 우수접촉	도장보수
	부식(단부)	8.74	m ²	4	노후화, 우수접촉	도장보수
거더 내부	누수흔적	18.12	m ²	13	S.P 실링미처리	실링보수
	폐자재 적치	19.40	m ²	6	시공미흡	청소
	도장긁힘	0.20	m ²	1	외부충격	도장보수
	도장박리	0.19	m ²	6	시공미흡	도장보수
	강재부식	0.93	m ²	11	S.P 실링미처리	도장보수
	S.P 볼트부식	2.00	EA	2	S.P 실링미처리	도장보수
	강재변형	0.20	m	1	외부충격	주의관찰
가로보	상태양호	—	—	—	—	—
세로보	상태양호	—	—	—	—	—
교대	균열(0.3mm미만)	2.90	m	2	건조수축	표면보수
	폐콘크리트 적치	7.50	m ²	3	시공미흡	청소
	누수흔적	6.00	m ²	2	신축이음 누수	표면보수
	백태	0.75	m ²	2	수분접촉	주의관찰
	박리	5.55	m ²	4	수분접촉	단면보수
	박락	0.32	m ²	1	수분접촉	단면보수
교각	균열(0.3mm미만)	1.00	m	1	건조수축	표면보수
	망상균열	4.00	m ²	1	건조수축	표면보수

【표 1.3.19】금회 점검 손상물량 집계표(계속)

구 분		물량	단위	개소	손상원인	보수방안
교량 받침	이동량 게이지 탈락	2.00	EA	2	노후화	주의관찰
	받침콘크리트 재료분리	0.04	m ²	1	다짐불량	주의관찰
	받침콘크리트 파손	0.04	m ²	1	외부충격	주의관찰
신축 이음	후타재 균열(0.3mm미만)	8.10	m	27	건조수축	주의관찰
	유간 토사퇴적	1.60	m	2	공용기간 증가	주의관찰
	단차	2.00	m	1	접속포장 소성변형	주의관찰
	차수판 볼트탈락	3.00	EA	3	공용기간 증가	볼트 재설치
교면 포장	포장균열	4.00	m	1	다짐불량	재포장(시트방수)
	포장 파손	3.80	m ²	2	다짐불량	소파보수
	포트홀	0.39	m ²	4	다짐불량	소파보수
	소성변형	12.00	m ²	1	다짐불량	소파보수
	토사퇴적	1.00	m ²	1	배수구 막힘	주의관찰
배수 시설	배수구 막힘	7.00	EA	7	이물질 퇴적	청소
	배수관 부식	0.50	m	1	공용기간 증가	주의관찰
방호 시설	균열(0.3mm미만)	7.40	m	8	건조수축	표면보수
	균열(0.3mm이상)	1.00	m	1	건조수축	주입보수
	균열부 백태	0.06	m ²	1	손상부 우수유입	표면보수
	백태	12.10	m ²	4	우수유입	표면보수
	박리	1.50	m ²	1	손상부 우수유입	주의관찰
	박락	0.28	m ²	2	손상부 우수유입	주의관찰
	표면오염	1.00	m ²	1	수분접촉	표면보수
	파손	0.08	m ²	1	외부충격	주의관찰
	설명판 망실	1.00	EA	1	공용중 접촉력 저하	재설치
	텔리네이트 파손	9.00	EA	9	외부충격	재설치
점검 시설	점검 사다리 파손	2.00	EA	2	외부충격	재설치

1.3.4 기 점검 결과 비교

【표 1.3.20】 기 점검 결과 비교

구 분	손상내용	단위	‘21정밀안전점검 손상물량	‘23정밀안전점검 손상물량	증감
바닥판	Deck Plate부식	m ²	4.15	4.15	— —
	균열부 백태	m ²	0.10	0.10	— —
	백태	m ²	45.00	45.00	— —
	들뜸	m ²	0.45	0.45	— —
	박리	m ²	0.20	0.20	— —
	파손	m ²	—	0.23	▲ 0.23
거더 외부	도장박리	m ²	0.08	0.08	— —
	부식(중양부)	m ²	14.02	14.02	— —
	부식(단부)	m ²	8.74	8.74	— —
거더 내부	누수흔적	m ²	18.12	18.12	— —
	폐자재 적치	m ²	16.40	19.40	▲ 3.00
	도장긁힘	m ²	0.20	0.20	— —
	도장박리	m ²	0.19	0.19	— —
	강재부식	m ²	0.88	0.93	▲ 0.05
	S.P 볼트부식	EA	2.00	2.00	— —
	강재변형	m	—	0.20	▲ 0.20
가로보	상태양호	—	—	—	— —
세로보	상태양호	—	—	—	— —
교대	균열(0.3mm미만)	m	10.80	2.90	▼ 7.90
	균열(0.3mm이상)	m	3.50	—	▼ 3.50
	망상균열	m ²	0.70	—	▼ 0.70
	관목자생	EA	1.00	—	▼ 1.00
	백태	m ²	0.40	—	▼ 0.40
	폐콘크리트 적치	m ²	7.50	7.50	— —
	누수흔적	m ²	3.00	6.00	▲ 3.00
	백태	m ²	0.40	0.75	▲ 0.35
	박리	m ²	7.95	5.55	▼ 2.40
	박락	m ²	0.34	0.32	▼ 0.02
	철근노출	m ²	0.30	—	▼ 0.30

【표 1.3.20】 기 점검 결과 비교(계속)

구 분	손상내용	단위	‘21정밀안전점검 손상물량	‘23정밀안전점검 손상물량	증감
교각	균열(0.3mm미만)	m	18.70	1.00	▼ 17.70
	망상균열	m ²	24.63	4.00	▼ 20.63
교량 받침	받침장치 부식	EA	11.00	—	▼ 11.00
	이동량 게이지 탈락	EA	2.00	2.00	— —
받침 콘크리트	균열(0.3mm미만)	m	0.40	—	▼ 0.40
	백태	m ²	0.04	—	▼ 0.04
	재료분리	m ²	—	0.04	▲ 0.04
	파손	m ²	—	0.04	▲ 0.04
신축 이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	3.90	8.10	▲ 4.20
	유간 토사퇴적	m	1.60	1.60	— —
	단차	m	—	2.00	▲ 2.00
	차수판 볼트탈락	EA	1.00	3.00	▲ 2.00
교면 포장	포장균열	m	4.00	4.00	— —
	포장 파손	m ²	3.80	3.80	— —
	포트홀	m ²	0.48	0.39	▼ 0.09
	소성변형	m ²	12.00	12.00	— —
	토사퇴적	m ²	1.00	1.00	— —
배수 시설	배수구 막힘	EA	7.00	7.00	— —
	배수관 부식	m	0.50	0.50	— —
방호 시설	균열(0.3mm미만)	m	7.40	7.40	— —
	균열(0.3mm이상)	m	—	1.00	▲ 1.00
	균열부 백태	m ²	0.06	0.06	— —
	백태	m ²	12.10	12.10	— —
	박리	m ²	—	1.50	▲ 1.50
	박락	m ²	0.12	0.28	▲ 0.16
	표면오염	m ²	1.00	1.00	— —
	파손	m ²	—	0.08	▲ 0.08
	설명판 망실	EA	—	1.00	▲ 1.00
	텔리네이트 파손	EA	9.00	9.00	— —
점검 시설	점검 사다리 파손	EA	2.00	2.00	— —

1.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

금회 2중 성능평가의 콘크리트 내구성 조사는 전회 정밀안전점검 자료를 활용하였으며, 일부 자료가 미비한 경우 추가조사를 실시하였다.

1.4.1 조사 현황 및 위치

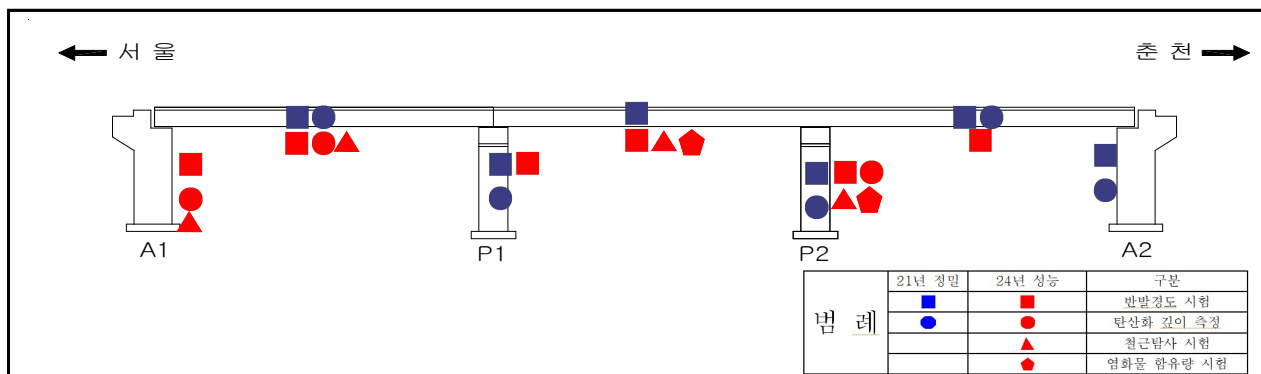
가. 조사 현황

본 구조물에 대한 현장시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[교량편] (2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 위치 및 수량을 결정하였으며, 전차 점검 및 진단 비파괴시험과 비교·검토할 수 있도록 시험 위치를 선정하였다.

【표 1.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도시험	• 50m 마다	• 50m 마다	3	3	4	4	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	2	3	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	1	1	2	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	1	

나. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

1.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도법에 의한 비파괴 강도

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물에 이물질은 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며, 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였다.

반발경도에 의한 압축강도 추정은 일본건축학회식과 일본재료학회식을 사용하였다.



【사진 1.4.1】 반발경도 시험

【표 1.4.2】 상부구조(바닥판) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	51.9	30.2	29.6	0.63	27.0	건전
	S1 바닥판하면	50.7	29.2	29.0			비건전
	S2 바닥판하면	51.3	29.7	29.3			건전
	S3 바닥판하면	49.8	28.5	28.6			건전

【표 1.4.3】 하부구조(교대 및 교각) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	46.5	25.9	27.1	0.63	24.0	건전
	A1 교대	45.5	25.0	26.7			비건전
	P1 교각	49.4	28.2	28.4			건전
	P2 교각	48.1	27.1	27.8			건전

2) 구조물 형식별 콘크리트 추정 비파괴강도

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면) 28.5~30.2MPa, 하부구조(교대 및 교각) 25.0~28.4MPa 로 측정 되었으며, 설계기준강도 압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 및 교각 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 확인되었다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 상부구조와 하부구조의 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상으로 측정되어 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 없는 것으로 조사되었다.

3) 기 정밀안전점검 결과와 비교

- 기 정밀안전점검 결과와 금회 정밀안전점검 결과를 비교·분석한 결과 측정값에 일부 차이가 있으나 이는 콘크리트 표면 상태 및 시험위치 등의 차이로 인한 것으로 판단되며, 설계기준강도를 상회하는 것으로 분석됨에 따라 콘크리트 강도는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.

【표 1.4.4】 비파괴강도 기 점검 결과와의 비교

구 분	위 치	전 회	금 회	설계기준강도
반발경도법	바닥판	29.82 ~ 36.08	28.6 ~ 29.6	27.0
	교대 및 교각	27.06 ~ 34.32	26.7 ~ 28.4	24.0
검토의견		■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

나. 철근탐사

1) 철근탐사 시험결과

- 철근탐사 시험은 상부 2개소, 하부 3개소를 실시하여, 총 5개소를 실시하였다.
- 철근 피복두께 및 배근간격은 설계치와 비교시 전반적으로 준공도면과 대체로 일치하는 것으로 나타났으며, 일부구간 배근간격이 다소 상이하고, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 주의관찰이 요구된다.



【사진 1.4.2】 철근탐사 시험

【표 1.4.5】 철근탐사 결과

구 분	측정위치	철근	측정결과(mm)		설계도면(mm)		비고
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	
상부 구조	S1 바닥판하면	주철근	54	125	40	125	양호
		배력철근	48	115	40	125	
	염화물 S2 바닥판하면	주철근	55	125	40	125	양호
		배력철근	50	125	40	125	
하부 구조	A1 교대	수직철근	92	260	100	250	양호
		수평철근	95	160	100	150	
	P2 교각	수직철근	70	160	100	100	양호
		수평철근	83	150	100	150	
	염화물 P2 교각	수직철근	73	140	100	100	양호
		수평철근	84	170	100	150	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

다. 탄산화 깊이 측정

금남IC2교에서 탄산화시험은 상부구조 1개, 하부구조 2개로 총 3개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음” 인 ‘a’ 등급으로 평가되었고, 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.



【사진 1.4.3】 탄산화 시험

【표 1.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	3.0	48.0	45.0	a	0.69	100년이상	
하부구조	A1 벽체	5.0	92.0	87.0	a	1.15	100년이상	
	P2 기둥	3.0	70.0	67.0	a	0.69	100년이상	

2) 기 정밀안전점검 결과와 비교

- 기 정밀안전점검 결과와 금회 정밀안전점검 결과를 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하지만 금회 측정시 전개소 모두 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 1.4.7】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	전 회			금 회			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	2.7~3.4	44.6~47.3	a	3.0	45.0	a	
하부구조	2.0~6.4	79.6~83.0	a	3.0~5.0	67.0~87.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

라. 내구성조사 결과 요약

【표 1.4.8】 내구성조사 결과 요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과 (배근간격)	설계기준 (피복두께)	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판	28.6 ~ 29.6	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대 및 교각	26.7 ~ 28.4	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		45.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		67.0~87.0	a등급	
철근탐사 (배근간 격/피복 두께) (mm)	상부 구조	주철근	125	54~55	■ 피복두께 및 배근간격은 대체로 설계치와 일치하나 일부구간 배근간격이 다소 상이하고 피복두께도 다소 부족한 것으로 조사됨
		배력철근	115~125	48~50	
	하부 구조	수직철근	140~260	70~92	
		수평철근	150~170	83~95	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임 • 철근탐사 측정결과 전반적으로 설계값과 일치하는 양호한 상태임				

마. 내구성조사 결과 비교

【표 1.4.9】 내구성조사 결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			전회		금회		
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	바닥판	29.82	~ 36.08	28.6	~ 29.6	■ 강도저하 없음
	하부 구조	교대 및 교각	27.06	~ 34.32	26.7	~ 28.4	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		44.6~47.3	a	45.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		79.6~83.0	a	67.0~87.0	a	
철근탐사 (배근간 격/피복 두께) (mm)	상부 구조	주철근	—	—	125	54~55	■ 피복두께 및 배근간격은 대체로 설계치와 일치하나 일부구간 배근간격이 다소 상이하고 피복두께도 다소 부족한 것으로 조사됨
		배력철근	—	—	115~125	48~50	
	하부 구조	수직철근	—	—	140~260	70~92	
		수평철근	—	—	150~170	83~95	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

바. 반발경도 시험 보고서

【표 1.4.10】 반발경도 시험 보고서

구 분	내 용	
시험일자	2023년 07월 29일	2024년 04월 04일
시험시간	09:00 ~ 17:00	
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조	
시험 대상 구조물 표본에 대한 설명	기 점검과의 비교 · 평가를 위해 위치를 선정	
콘크리트 설계조건	바닥판하면 : 27.0MPa 교대/교각 : 24.0MPa	
시험 위치의 표면상태	양호	
시험시 온도	29.1℃	
콘크리트 재령	3,000일 이상	
콘크리트 내부의 함수상태	표면 건조 상태	
반발경도측정기 종류	NR-Type(NR-10)	
타격방향	+90° , 0°	
시험 부위별 반발경도의 평균값	부록 참조	
버린 반발경도의 값 및 위치	부록 참조	

사. 탄산화 시험 보고서

【표 1.4.11】 탄산화 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2024년 04월 03일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	부록 참조
연한 적자색 변색 유무	유

아. 철근탐사 시험 보고서

【표 1.4.12】 철근탐사 시험 보고서

1. 시험조건			
시 험 일 시	시험일시	위 치	온도(℃)
	2024년 4월 4일	금남IC2교	15.5
구조물에서 시험 영역 위치	상부구조, 하부구조		
조 사 수 량	위 치	조사수량	비고
	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조		
시험대상에 대한 설명	- 상부구조 : 철근콘크리트 구조물 - 하부구조 : 철근콘크리트 구조물		
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			

자. 염화물함유량시험 보고서

【표 1.4.13】 염화물함유량시험 보고서

시 험 항 목	콘크리트 염화물함유량시험		
시 험 일 시	시험일시	위 치	온도(℃)
	2024년 4월 4일	금남IC2교	15.5
구조물에서 시험 영역 위치	상부구조, 하부구조		
조 사 수 량	위 치	조사수량	비고
	상부구조	1개소	바닥판하면 S2
	하부구조	1개소	교각 P2
시험대상에 대한 설명	● 상부구조 : 철근콘크리트 구조물 ● 하부구조 : 철근콘크리트 구조물		
구조물 경과년수	● 경과년수 : 19년		
측정 위치	● 바닥판하면, 교각		
시료의 종류	● 기건 상태의 건전한 콘크리트 분말		
사용 골재의 종류	● 보통골재(추정)		
시 험 방 법	● 시험부재의 철근깊이까지 10~20mm 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713의 산-가용성 염화물시험 방법으로 실시		
시험 성과표 참조			

1.5 안전성능 평가

시설물의 상태안전성능평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12.)』의 상태안전성능평가 기준에 따라 실시한다.

1.5.1 상태안전성능 평가

상태안전성능평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 기존 외관조사망도를 참고하여 부재별로 상세히 상태안전성능평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태안전성능평가 결과를 결정하게 된다.

가. 상태안전성능 평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태안전성능평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B등급’으로 산정되었다.

【표 1.5.1】 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
S1	A1	STB	b	c	a	b	c	c	b	b	b	q
S2	P1	STB	b	b	a	b	c	c	—	a	a	q
S3	P2	STB	b	b	a	b	c	c	—	a	b	q
—	A2	STB	—	—	—	—	—	—	b	b	c	q
평균			0.200	0.267	0.100	0.200	0.400	0.400	0.200	0.150	0.225	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.067	0.004	0.008	0.012	0.008	0.014	0.023	0.056	—
											0.221	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.221) < 0.260$

나. 공중이 이용하는 부위 상태안전성능평가

① 추락방지시설

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 발생된 상태로 “b” 등급으로 평가됨.

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

③ 도로부 신축이음부

경미한 결함 및 파손이 발생한 상태로 지속적인 관찰 후 보수가 필요한 “b” 로 평가됨.

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

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

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

다. 시설물 전체 상태안전성능평가 결과

【표 1.5.2】 시설물 전체 상태안전성능평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태안전 성능평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
금남IC2교	0.221	B	135	3	405	1.000	0.221
합계(Σ)			135	3	405	1.000	0.221
1. 평가지수 =							0.221
2. 상태안전성능평가결과 =							B

1.5.2 구조안전성능평가

금회 과업은 2종 성능평가로써 기 진단(구조해석)자료가 부재한 상태로 준공이후 구조계의 변경이나 하중의 변화는 없는 것으로 확인되어, 설계당시 준공도면, 구조계산서 등 기초자료를 검토하여 구조안전성능평가를 실시하였다.

구조안전성능 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나, 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 구조안전성능 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

가. 구조안전성능평가 결과산정

(1) 검토조건

1. 설계조건

1) 교 량 명 : 금남 I/C 2교

2) 교량형식 : 3경간 연속 STEEL BOX GIRDER교

3) 교 장 : $L = 50.00 + 42.50 + 42.50 = 135.000 \text{ m}$

4) 교 폭 : $B = 14.400 \text{ m}$

5) 하 중

① 사하중

철근콘크리트 : $W_c = 2.50 \text{ t/m}^2$

무근콘크리트 : $W_c = 2.35 \text{ t/m}^2$

강 재 : $W_s = 7.85 \text{ t/m}^2$

아스팔트포장 : $W_a = 2.30 \text{ t/m}^2$

② 활하중

DB - 24, DL - 24

6) 사용재료

① 콘크리트

$\sigma_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$

② 철 근 (SD - 40)

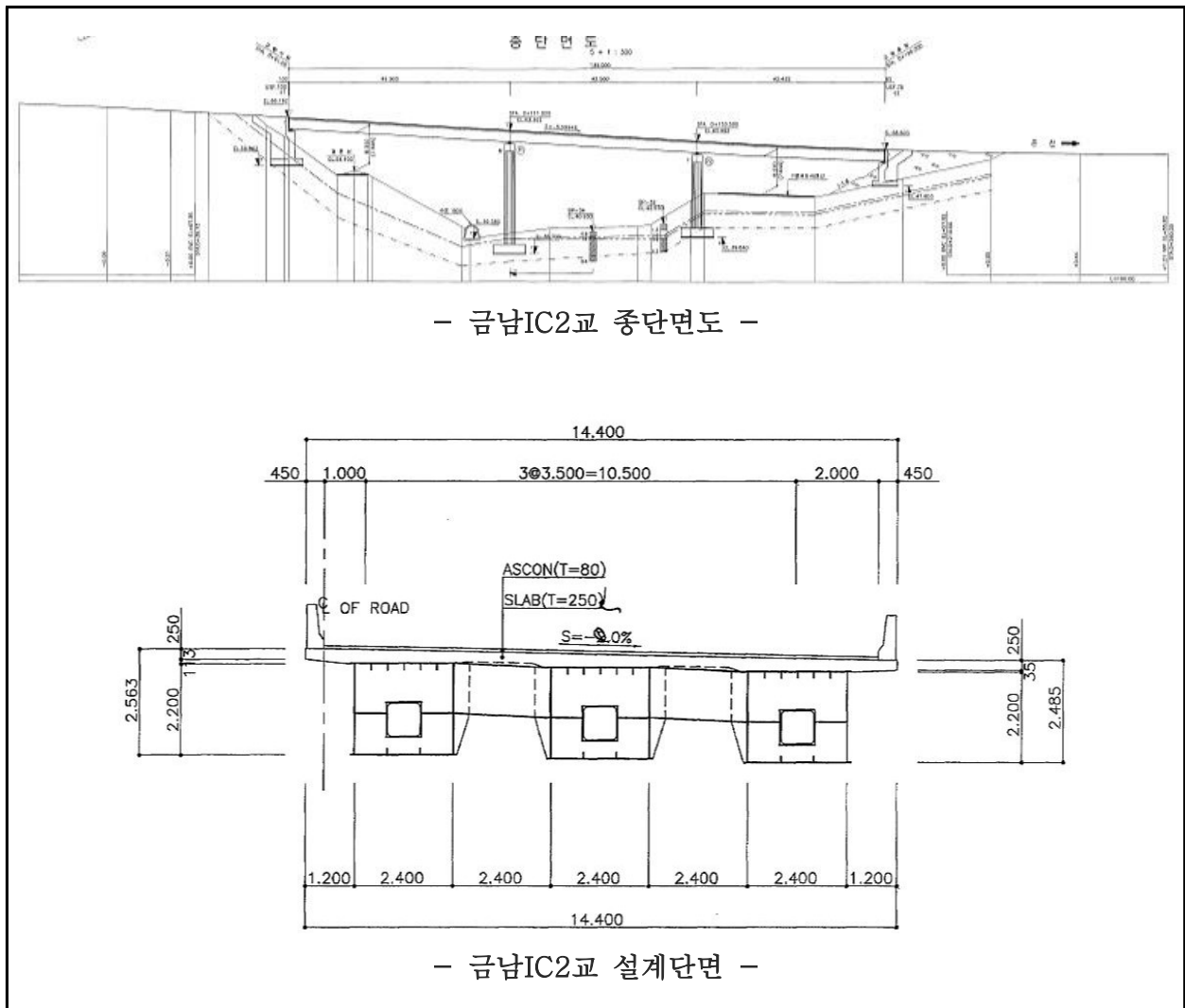
$\sigma_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$

③ 강 재

주부재 : S.W.S 490 사용

부부재 : S.W.S 400 사용

(3) 검토단면



(4) 고정하중

구 분	콘크리트	강 재	포 장
단위중량(kN/m ³)	25.00	78.50	23.00

(5) 구조계산 결과요약

① 허용응력 검토결과(STB 거더)

구 분	내하율(R.F)	기본내하력	안전율(S.F)
STEEL BOX GIRDER	3.733	DB-89.52	89.52 / 24 = 3.73

② 바닥판 안전성검토 결과

구 분	Mu (kN·m)	ØMn (kN·m)	As (mm ²)	안전율(S.F)	검토결과
바닥판(외측)	90.57	122.17	1,589	1.35	O.K
바닥판(중앙부)	70.41	105.96	1,589	1.50	O.K

나. 세굴에 대한 안전성 평가

본 교량은 하천(해상)을 횡단하는 교량은 아니므로 세굴을 포함한 기초안전성 평가방법은 제외하였다.

다. 구조안전성능평가 결과

구 분		결과분석	평가
안전성평가	바닥판	S.F(=1.35) > 1.0	a 등급
	STEEL BOX GIRDER	S.F(=3.73) > 1.0	a 등급
구조안전성능평가 결과			A(0.129)

1.5.3 안전성능평가 결과

평가대상에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능을 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태안전성능지수와 구조안전성능지수를 비교하여 작은 값을 최종 안전성능지수로 결정하여 교량의 안전성능 결과를 결정한다.

교량의 구조안전성능 평가지수 = Min(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
금남IC2교	0.221	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과, 최저평가지수인 0.221로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

1.6 내구성능 평가

1.6.1 콘크리트 내구성능 평가

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 함유량, 피복 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 비래염분에 의한 염해환경 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경이다.

콘크리트 내구성능 평가 결과 산정방법은 내구성능 평가 지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용된다.

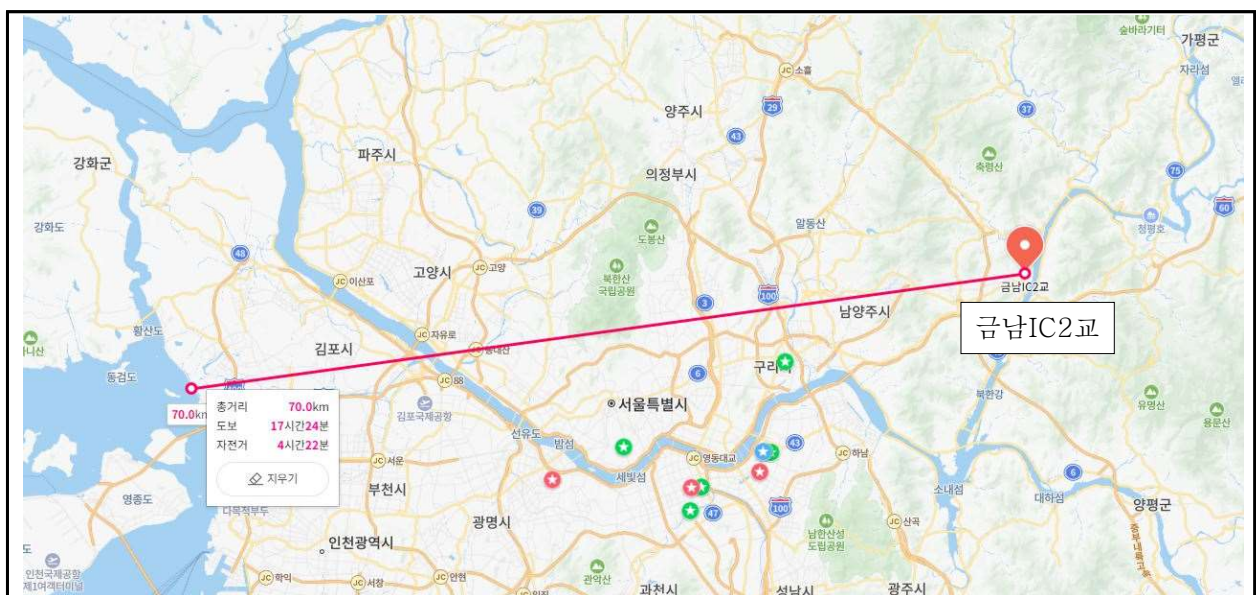
1.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경기도 남양주시 화도읍 구암리에 위치하며, 서해안으로부터 약 70.0km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과, 서해안으로부터 교량까지의 거리가 300m를 초과하여 평가등급은 A등급으로 분석되었다.



【그림 1.6.1】 위치도

【표 1.6.1】 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과

평가항목	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	평가 등급
해안거리에 따른 비래염분 염해환경	서해안	그 외 지역	300초과	a등급

2) 제설제 염해환경

강설일수는 기상청 기후자료를 참조하였으며, 기상관측소는 남양주시에 관측소가 없는 관계로 목측지점 및 자료가 있는 관측소 중 가장 가까운 관측소인 서울 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최신신적설 자료 중 2014년부터 2023년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 11.7일로 확인되었고, 평가등급은 B등급으로 분석되었다.

【표 1.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경기도 남양주시 화도읍 구암리				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2014.11~2015.3	11일	2018.11~2019.3	8일	2021.11~2022.3	12일
2015.11~2016.3	10일	2019.11~2020.3	6일	2022.11~2023.3	10일
2016.11~2017.3	10일	2020.11~2021.3	16일	2023.11~2024.3	17일
2017.11~2018.3	17일	평균 강설일수			11.7일

주) 강설일수는 최근 10년간 최신신적설이 발생한 일수의 연간 평균값, *참고 : 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr/>)

나. 동해환경 평가

동결융해 반복일수에 따른 동해환경 평가는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 양평 관측소에서 측정된 최근 10년간의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 데이터를 수집하여 평가하였으며, 동해환경 평가는 다음과 같다.

- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재일 경우

{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0}인 연평균 일수

- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재일 경우

{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃}인 연평균 일수

수분과 미접촉하는 부재의 경우 9.0회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 65.5회로써 동결융해 환경은 “C” 등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 9.0회로 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.

【표 1.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	경기도 남양주시 화도읍 구암리				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2014.11~2015.3	79일	2018.11~2019.3	82일	2021.11~2022.3	69일
2015.11~2016.3	65일	2019.11~2020.3	60일	2022.11~2023.3	60일
2016.11~2017.3	77일	2020.11~2021.3	48일	2023.11~2024.3	51일
2017.11~2018.3	64일	동결융해 횟수 (수분접촉)			65.5

【표 1.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경기도 남양주시 화도읍 구암리				
분석기간	2014년 11월 1일 ~ 2024년 3월 31일 (10년)				
2014.11~2015.3	12일	2018.11~2019.3	5일	2021.11~2022.3	11일
2015.11~2016.3	5일	2019.11~2020.3	8일	2022.11~2023.3	8일
2016.11~2017.3	10일	2020.11~2021.3	11일	2023.11~2024.3	10일
2017.11~2018.3	10일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			9.0일

다. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

【표 1.6.5】 염화물 함유량 평가

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m³)			평가등급		
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근			
염화물 함유량	바닥판	S2	0.134	0.082	0.045	a		
구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m³)					평가등급
			0~20mm	20~40mm	40~60mm	60~80mm	80mm~철근	
염화물 함유량	교각	P2	0.281	0.240	0.220	0.195	0.179	a

【표 1.6.6】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (㎤/year)				
			0~15mm		15~30mm		30mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S2	—		—		0.454
계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (㎤/year)				
			0~20mm	20~40mm	40~60mm	60~80mm	80mm~철근
염화물 확산계수	교각	P2	—	—	—	—	3.182

【표 1.6.7】 철근부의 전염화물 함유량이 2.5(kg/m³)가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		계산결과(year)	평가등급
철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	바닥판	S2	20년 이하	c
	교각	P2	30년 초과	a

【표 1.6.8】 염화물 침투량 최종 평가등급

세부 부재명		염화물 함유량 평가 결과	철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	염화물 함유량 최종 평가 등급
바닥판	S2	a	c	c
교각	P2	a	a	a

2) 탄산화 깊이

【표 1.6.9】 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	개별 평가등급	평가 등급
탄산화 깊이	S1 바닥판하면	3.0	0.69	30년 초과	a	a
	A1 교대	5.0	1.15	30년 초과	a	a
	P2 교각	3.0	0.69	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 1.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	바닥판	S1	109.6	—	a	0.10	a
		S1 (비건전)	—	96.7	a		
		S2	108.5	—	a		
		S3	105.6	—	a		
	교대	A1	107.9	—	a	0.10	a
		A1 (비건전)	—	96.5	a		
	교각	P1	117.5	—	a		
		P2	112.9	—	a		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 1.6.11】 대상교량 제원

교량형식		STB 거더교
경간장 및 경간수		1@50+2@42.5m = 135m
교폭		13.5m
바닥판의 높이		0.25m
거더 갯수		3
2차 부재		L=2.4m, 교축방향 4.6m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		19년
위치	지역	경기도 남양주시 화도읍 구암리
	해안 이격거리	300m 초과

【표 1.6.12】 STB 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(50)	c	a	a	c	0.4
하부	교대/교각(50)	a	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.4 \times 50 + 0.1 \times 50) / 100 = 0.250$			
		등급	B			

【표 1.6.13】 열화환경지표의 평가

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

1.6.3 강재 내구성능 평가

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

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

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

가. 발청 및 도장열화 평가

1) 거더

【표 1.6.14】 거더 발청 및 도장열화 평가

구분		손상면적(㎡)					부재면적(㎡)	비고
		발청	박리	균열	부품	변색		
거더	S1	5.66	0.41	—	—	—	2,376	
	손상면적율(%)	0.23	0.01	—	—	—		
	S2	5.35	0.64	—	—	—	2,035	
	손상면적율(%)	0.26	0.02	—	—	—		
	S3	12.10	0.01	—	—	—	2,034	
	손상면적율(%)	0.59	0.00	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		0.36	0.01	—	—	—	—	
손상별 등급		b	a	a	a	a		

【표 1.6.15】 거더 발청 및 도장열화 평가 등급

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화
거더	b	a	a	a	a
확정등급	b	a	a	a	a

【표 1.6.16】 거더 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	b	a	a	a	a	0.150
점수	10	2	1	1.5	0.5	
발청 및 도장열화 등급						b

- 거더의 발청 및 도장열화 평가 점수는 경미한 결함이 있으나 그 이외의 부분에 대해서는 전반적으로 양호한 단계인 b등급으로 평가되었다.

2) 2차부재

【표 1.6.17】 2차부재 발청 및 도장열화 평가

구분		손상면적(m')					부재면적(m')	비고
		발청	박리	균열	부품	변색		
2차 부재	S1~S3	—	—	—	—	—	419	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		

【표 1.6.18】 2차부재 발청 및 도장열화 평가 등급

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화
2차부재	a	a	a	a	a
확정등급	a	a	a	a	a

【표 1.6.19】 2차부재 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	a	a	a	a	a	0.100
점수	5	2	1	1.5	0.5	
발청 및 도장열화 등급						a

- 2차부재의 발청 및 도장열화 평가 점수는 부식 및 도장열화로 인한 내구성능 저하를 무시할 수준의 단계인 a등급으로 평가되었다.

나. 도장두께 평가

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

1) 거더

【표 1.6.20】 거더 도장두께 평가

측정위치	조사경간	#1	#2	#3	#4	#5	평균	기준	판정
거더외부	S1-G1	276	259	261	282	278	271	215	만족
	S1-G1	245	279	267	284	265	268	215	만족
	S3-G3	247	295	288	255	264	270	215	만족
거더내부	S1-G1	199	231	218	222	231	220	175	만족
	S3-G3	210	215	203	215	211	211	175	만족
거더 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0%(a등급)									

2) 2차부재

【표 1.6.21】 2차부재 도장두께 평가

측정위치	조사경간	#1	#2	#3	#4	#5	평균	기준	판정
2차부재	S1	278	274	278	306	257	279	215	만족
	S2	258	265	268	245	255	258	215	만족
	S3	222	242	268	295	278	261	215	만족
2차부재 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0%(a등급)									

다. 환경요인 평가

【표 1.6.22】 환경요인 평가

구분	평가지표	측정값	등급
대기 환경	해안 이격거리	70.0km	a
	연간 젖음시간(일)	66.9일	
	이산화황 농도	0.003 ppm	
제설제(강설횟수)		11.7 회	b

<해설>

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

1.6.4 강재 내구성능 평가 결과

가. 강재 내구성능 최종 평가

【표 1.6.23】 평가항목별 가중치에 따른 거더의 내구성능

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	b	0.2	60	0.12
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기 환경	a	0.1	10	0.01
강설 횟수	a	0.1	10	0.01
평 점				0.16

【표 1.6.24】 평가항목별 가중치에 따른 2차부재의 내구성능

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

【표 1.6.25】 부재별 가중치에 따른 강재 내구성능 평가

결함도 평가부재		부재별 평점	가중치	평점/100
상부	바닥판	—	—	—
	거더	0.16	77	0.123
	2차 부재	0.10	23	0.023
하부	교각	—	—	—
합 계				0.146
시설물 강재 내구성능 등급				B

1.6.5 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 1.6.26】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.250	b	0.6	0.150
강재내구성능평가 결과	0.146	b	0.4	0.058
결함도점수				0.208
내구성능평가 결과				B

1.7 사용성능 평가

교량의 사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적에 만족하기 위한 성능으로 정의한다.

시설물의 사용성능은 주행성과 기능성으로 구분되며, 주행성은 사용자의 편의를 도모하는 시설의 성능으로 시설물에 대한 이용자의 만족도로 평가하며, 기능성은 시설물이 계획 당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

각 성능별로 세부지표의 평가 결과를 가중치를 반영하여 최종 평가 등급으로 결정한다.

교량의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 주행성과 기능성으로 구분하고 해당 시설물의 특성을 반영하여 필요 성능을 도출한다.

교량에서는 서비스의 성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 사용자의 만족도 측면에서 주행성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량을 선정한다.

1.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 일반 포장상태 지수(NHPCI) 산정

과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 7.38으로 평가되었다.

【표 1.7.1】 포장상태 평가결과

노선명	방향	차로	연장 (km)	포장 형식	평균			NHPCI	평가
					균열률 XCR(%)	소성변형 XRD(mm)	중단평탄성 XIRI(m/km)		
일반국도 46호선	춘천	3	0.135	아스팔트	0.20	0.00	2.05	7.38	a
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 7.38으로 산정되어 양호한 상태인 a등급으로 평가되었다.								

나. 교량조명 평가

1) 교량조명

【표 2.7.2】 교량 조명의 작동유무 평가

평가기준	작동유무	평가
a	모든 조명 사용 가능	
b	모든 조명의 90% 이상 사용가능	
c	모든 조명의 80% 이상 사용가능	
d	모든 조명의 70% 이상 사용가능	
e	모든 조명의 70% 미만 사용가능	○

- 해당 교량의 조명시설은 5개소가 설치되어있고, 현재 3개소 사용가능하며, 2개소가 점등이 불량한 것으로 확인되었다. 교량조명에 대한 상세자료는 부록에 첨부하였다.

【표 2.7.3】 도로의 조명기준

도로의 종류	교통의 종류와 자동차 교통량	도로 조명 등급
상하행선이 분리되고 교차부는 모두 입체교차로로서, 출입이 완전히 제한되어 있는 고속도의 도로, 자동차 전용도로 또는 고속도로	교통량이 많으면서 도로 선형이 복잡한 경우	M1
	교통량이 많거나 도로 선형이 복잡한 경우	M2
	교통량이 적고 도로 선형이 단순한 경우, 또는 주변환경이 어두운 경우	M3
고속의 도로, 상하행선 분리 도로	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M1
	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M2
주요한 도시 교통로, 간선도로, 국도	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M2
	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M3
중요도가 낮은 연결 도로, 지방 연결 도로, 주택지역의 주 접근 도로, 사유지골의 접근 도로와 연결 도로	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 부족함	M4
	교통제어와 다른 형태의 도로 사용자의 분리가 잘 되어 있음	M5

- 금남IC2교는 국도46호선에 위치한 교량으로 도로 사용자의 분리가 잘되어 있는 교량으로 도로 조명등급 기준 M3에 해당한다.

【표 1.7.2】 휘도 측정값

No.	외곽차선 휘도	중앙차선 휘도
1	0.505	0.324
2	—	—
3	0.484	0.295
4	0.553	0.383
5	—	—
평균(최댓값, 최소값 제외)	0.505	0.324

- 해당 도로의 조명 등급은 M3에 해당하며, 평균노면 휘도(최소허용치)는 $1.0\text{cd}/\text{m}^2$ 이다. 외곽차선 휘도, 중앙차선 휘도 중 낮은 값(0.324)을 적용하면 70%미만으로 e등급에 해당된다.

【표 2.7.5】 교량 조명 성능평가 결과

작동유무평가 ①	설치상태				조명평가등급 MIN(①,②)
	도로조명 휘도기준		측정휘도 (cd/m^2)	설치상태평가 ②	
	도로조명등급	평균 노면휘도(cd/m^2)			
e	M3	1.0	0.324	e	e



【사진 1.7.1】 휘도 측정

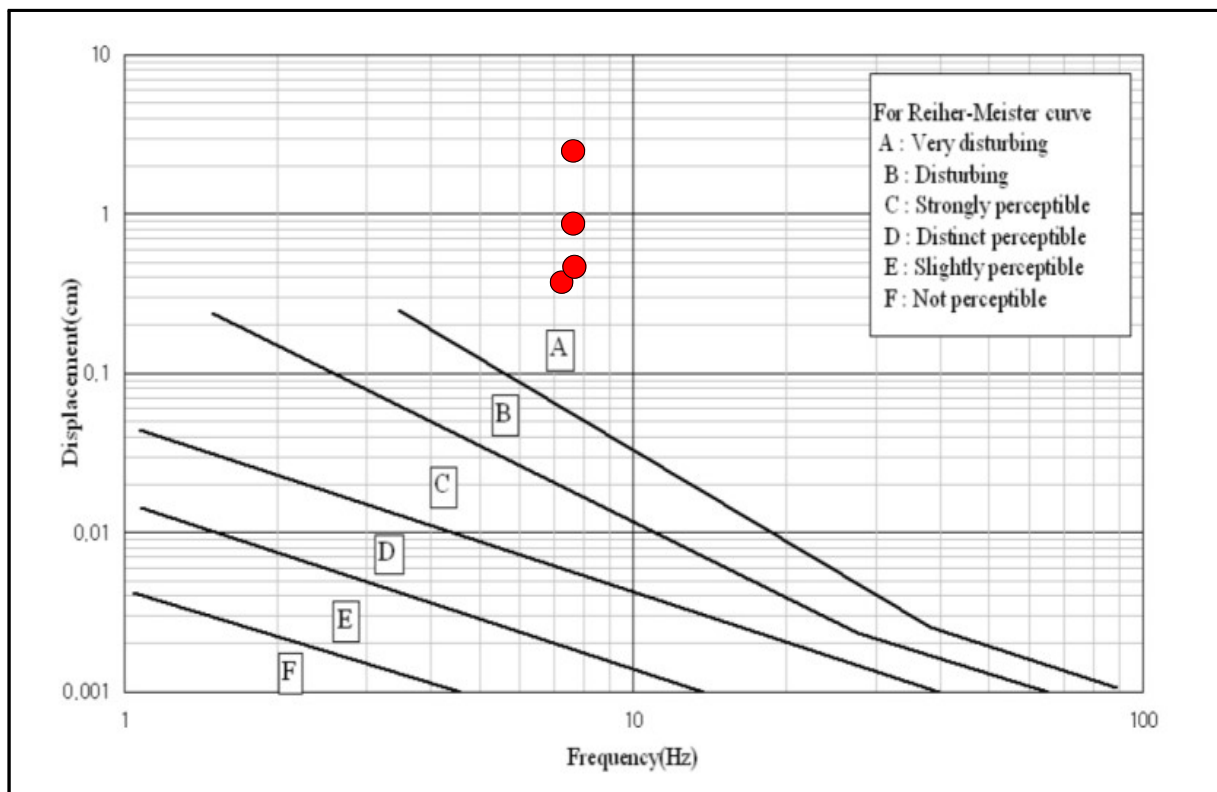
다. 진동사용성 평가

1) 측정

- 해당 교량의 진동사용성 평가를 위하여 교량의 최대 처짐과 고유진동수를 측정하였다.

【표 2.7.6】 진동측정값

No.	Dis(cm)	Fre(Hz)
1	2.409	7.5
2	0.451	7.8
3	0.995	7.5
4	0.499	7.6



【그림 2.7.1】 Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

2) 분석결과

- 처짐과 고유진동수를 측정한 결과, 4.516~24.09mm/s, 7.5~7.8Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간에 해당되어 e등급으로 평가된다.

라. 점검시설

1) 점검시설 평가

- 해당 교량의 경우 교각은 2기가 시공되어있으며, 점검시설의 경우 전 구간에 설치된 것으로 조사되었다.

【표 1.7.3】 점검시설 평가결과

평가 기준	평가내용		평가 결과
	설치 유무	설치상태	
a	점검로가 교각마다 모두 설치 되어 있을 때	점검로가 신설되어 모두 양호한 상태	
b	점검로가 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로가 모두 양호한 상태	
c	점검로가 교각의 60% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때	○
d	점검로가 교각의 40% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때	
e	점검로가 교각의 40% 미만으로 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태	

- 점검시설이 교각의 전 구간에 설치되어있으나, 일부 구간에서 점검사다리 파손이 발생하였으며, 이에 대한 수리가 필요한 것으로 판단되어 c등급으로 평가되었다.



【사진 1.7.3】 점검시설 설치현황

마. 교통량

1) 교통량 평가

대상 시설물의 남양주시 관내 마석-답내간 도로 확장 및 포장공사 환경영향평가서의 교통량 조사 결과, 수요예측 교통량은 34,845/일이며, 소요실제 교통량은 40,016/일(2023년)로 수요예측/소요실제의 비율이 87%로 산정되어 c등급으로 평가되었다.

【표 1.7.4】 교통량의 성능평가

구 분	수요예측(대/일) a	소요실제(대/일) b	대비(%) a/b*100	평가등급	비고
금남IC2교	40,016	34,845	87.0	c등급	2023년 교통량

1.7.2 사용성능평가 결과

【표 1.7.5】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	a	0.1
		조명시설	0.150	e	1.0
		진동사용성	0.202	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	c	0.4
	수요 및 용량	교통량	0.195	c	0.4
				결합도점수	0.537
				등급	D

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.1×0.247 (포장상태) + 1.0×0.150 (조명시설) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 0.4×0.206 (점검시설의 유무) + 0.4×0.195 (교통수요) = 0.537

1.8 종합성능평가

성능평가를 통해 실시 결과에 따라 결정된 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 종합하여 종합성능등급을 결정하였다.

종합평가 및 종합성능등급의 산정 절차와 방법은 「세부지침」에 따르며, 최종적으로 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급과 함께 종합성능등급의 결과를 작성하였다.

【표 1.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	금남IC2교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.221	b	0.68
내구성능 평가	0.208	b	0.21
사용성능 평가	0.537	d	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.221 \times 0.68 + 0.208 \times 0.21 + 0.537 \times 0.11 = 0.253$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.253 • 종합성능평가 결과 : B등급		

1.9 유지관리 전략제안

1.9.1 성능목표 등급 산정

【표 1.9.1】 성능목표 등급산정

구분		A	B		C	D	E
			상B	하B			
도로 교량	점수	0.10	0.2		0.40	0.70	1.00
			0.16	0.23			
	범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.2$	$0.2 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

【표 1.9.2】 평가지표별 가중치 및 성능목표 등급산정 방법

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표 = (1)×0.8 + [{(2)+(3)+(4)}/3]×0.1 + (5)×0.08 + (6)×0.02						

【표 1.9.3】 사용성 및 기능성 성능목표 선정

구분	기준	평가교량	평가등급
일교통량	10,000 대/일 이상	40,016 대/일	하B
중차량 통행량	차선당 1,000 대/일 이상	차선당 1,231 대/일 (1,231 대/일)	
대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상	3.2km	

【표 1.9.4】 주변환경 성능목표 선정

구분	평가교량			평가등급	
동해환경	지속적인 수분접촉		65.5일	A	C
	지속적인 수분접촉 없음		9.0일	C	
해안이격거리	서해안	그 외 지역	300 초과	C	
강설일수	11.7일			B	

【표 1.9.5】지진구역계수 및 공용연수

구분	평가교량	평가등급
지진구역계수	경기도	A
공용연수	19년	D

【표 1.9.6】성능목표 등급 산정표

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
평가등급	하B	C	C	B	A	D
평가점수	0.23	0.40	0.40	0.20	0.10	0.70
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표	= 0.23×0.8 + [{0.40+0.40+0.20}/3]×0.1 + 0.10×0.08 + 0.70×0.02 = 0.239(하B)					

1.9.2 성능평가 실시결과 검토 · 분석

안전성능평가 결과	내구성능평가 결과	사용성능평가 결과
• 상태안전성능 평가결과 → B등급(0.221) • 구조안전성능 평가결과 → A등급(0.129)	• 내구성능 평가결과 → B등급(0.208)	• 사용성능 평가결과 → D등급(0.537)
종합평가 B등급(0.253) 성능목표 B등급(0.2≤X<0.26) 분석결과 • 성능평가 실시 결과, 안전성능 평가 B등급, 내구성능 평가 B등급, 사용성능평가 D등급으로 분석되어 최종 종합평가 등급은 B등급으로 판정되었다. • 이는 시설물의 성능평가 목표치인 B등급으로 “일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준” 인 것으로 분석되었다.		

1.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

【표 1.9.2】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	들뜸	단면보수	0.45	0.54	m ²	285	154	2순위
	박리	단면보수	0.20	0.24	m ²	285	68	2순위
	파손	단면보수	0.23	0.28	m ²	150	42	2순위
거더외부	도장박리	도장보수	0.08	0.10	m ²	120	12	3순위
	부식(중앙부)	도장보수	14.02	16.82	m ²	120	2,018	3순위
	부식(단부)	도장보수	8.74	10.49	m ²	120	1,259	2순위
거더내부	누수흔적	실링보수	18.12	48.00	EA	10	480	3순위
	폐자제 적치	청소	19.40	23.28	m ²	70	1,630	3순위
	도장긁힘	도장보수	0.20	0.24	m ²	120	29	3순위
	도장박리	도장보수	0.19	0.23	m ²	120	28	3순위
	강재부식	도장보수	0.93	1.12	m ²	120	134	3순위
	S.P 볼트부식	도장보수	2.00	2.00	EA	12	24	3순위
교대	균열(0.3mm미만)	표면보수	2.90	0.87	m ²	85	74	3순위
	폐콘크리트 적치	청소	7.50	9.00	m ²	70	630	3순위
	누수흔적	표면보수	6.00	7.20	m ²	85	612	3순위
	박리	단면보수	5.55	6.66	m ²	260	1,732	2순위
	박락	단면보수	0.32	0.38	m ²	260	99	2순위
교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	1.00	0.30	m ²	85	26	3순위
	망상균열	표면보수	4.00	4.80	m ²	85	408	3순위
신축이음	차수관 볼트탈락	재설치	3.00	3.00	EA	15	45	2순위
교면포장	포장균열	재포장	4.00	135.00	m ²	90	12,150	2순위
	포장 파손	소파보수	3.80	4.56	m ²	90	410	3순위
	포트홀	소파보수	0.39	0.47	m ²	90	42	3순위
	소성변형	소파보수	12.00	14.40	m ²	90	1,296	3순위
배수시설	배수구 막힘	청소	7.00	7.00	EA	10	70	2순위

【표 1.9.2】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
방호시설	균열 (0.3mm미만)	표면보수	7.40	2.22	m²	85	189	2순위
	균열 (0.3mm이상)	주입보수	1.00	1.20	m	65	78	2순위
	균열부 백태	표면보수	0.06	0.07	m²	85	6	2순위
	백태	표면보수	12.10	14.52	m²	85	1,234	2순위
	박리	단면보수	1.50	1.80	m²	260	468	2순위
	박락	단면보수	0.28	0.34	m²	260	88	2순위
	표면오염	표면보수	1.00	1.20	m²	85	102	2순위
	파손	단면보수	0.08	0.10	m²	260	26	2순위
	설명판 망실	재설치	1.00	1.00	EA	100	100	3순위
	텔리네이트 파손	재설치	9.00	9.00	EA	15	135	3순위
점검시설	점검사다리 파손	재설치	2.00	2.00	EA	100	200	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	－		17,810		8,288		
	재경비 (순공사비의 50%)	－		8,905		4,144		
	합계	－		26.715		12.432		
개략공사비 총계(천원)		39,147						

주1) 보수물량은 손상물량에 20% 할증하였으며, 손상물량이 개소인 것은 20%할증 제외함.

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

나. 투자우선순위지수 산정

【표 1.9.3】 투자우선순위지수 산정

구분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
단면보수	0.45	0.54	285	154	들뜸	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	4
단면보수	0.20	0.24	285	68	박리	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	4
단면보수	0.23	0.28	150	42	파손	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	4
도장보수	0.08	0.10	120	12	도장박리	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
도장보수	14.02	16.82	120	2,018	부식(중양부)	거더	안전 성능	c	1.00	0.25	0.68	0.18	0.03060	1
도장보수	8.74	10.49	120	1,259	부식(단부)	거더	안전 성능	c	1.00	0.25	0.68	0.18	0.03060	1
실링보수	18.12	48.00	10	480	누수흔적	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
청소	19.40	23.28	70	1,630	폐자재 적치	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
도장보수	0.20	0.24	120	29	도장긁힘	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
도장보수	0.19	0.23	120	28	도장박리	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
도장보수	0.93	1.12	120	134	강재부식	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
도장보수	2.00	2.00	12	24	SP볼트부식	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
표면보수	2.90	0.87	85	74	균열 (3mm미만)	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	6
청소	7.50	9.00	70	630	폐콘크리트 적치	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	6
표면보수	6.00	7.20	85	612	누수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	6
단면보수	5.55	6.66	260	1,732	박리	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	6
단면보수	0.32	0.38	260	99	박락	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	6
표면보수	1.00	0.30	85	26	균열 (3mm미만)	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	6
표면보수	4.00	4.80	85	408	망상균열	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	6
채설치	3.00	3.00	15	45	차관볼트 탈락	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	9

【표 1.9.3】 투자우선순위지수 산정 (계속)

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
채포장	4.00	135.00	90	12,150	포장균열	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	14
소파보수	3.80	4.56	90	410	포장 파손	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	14
소파보수	0.39	0.47	90	42	포트홀	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	14
소파보수	12.00	14.40	90	1,296	소성변형	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	14
청소	7.00	7.00	10	70	배수구 막힘	배수시설	안전 성능	c	1.00	0.03	0.68	0.18	0.00367	12
표면보수	7.40	2.22	85	189	균열(0.3mm미만)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
주입보수	1.00	1.20	65	78	균열(0.3mm이상)	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	14
표면보수	0.06	0.07	85	6	균열부 백태	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
표면보수	12.10	14.52	85	1,234	백태	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
단면보수	1.50	1.80	260	468	박리	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
단면보수	0.28	0.34	260	88	박락	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
표면보수	1.00	1.20	85	102	표면오염	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
단면보수	0.08	0.10	260	26	파손	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
재설치	1.00	1.00	100	100	살판관 망실	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
재설치	9.00	9.00	15	135	탈락콘크리트 파손	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	16
재설치	2.00	2.00	100	200	점감사다리 파손	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	14

【표 1.9.3】 투자우선순위지수 산정 (계속)

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
—	—	—	—	—	염화물	바닥판	내구 성능	c	1.00	0.33	0.21	0.18	0.01247	3
—	—	—	—	—	염화물	교각	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	8
—	—	—	—	—	탄산화	바닥판	내구 성능	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	13
—	—	—	—	—	탄산화	교각	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	8
—	—	—	—	—	탄산화	교대	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	8
—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	바닥판	내구 성능	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	13
—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	교대	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	8
—	—	—	—	—	파복콘크리트의 품질	교각	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	8
—	—	—	—	—	포장상태	—	사용 성능	a	0.247	1	0.11	0.05	0.00136	15
—	—	—	—	—	교량조명	—	사용 성능	e	0.15	1	0.11	0.38	0.00627	7
—	—	—	—	—	진동사용성	—	사용 성능	e	0.202	1	0.11	0.38	0.00844	5
—	—	—	—	—	점검시설	—	사용 성능	c	0.206	1	0.11	0.18	0.00408	10
—	—	—	—	—	교통량	—	사용 성능	c	0.195	1	0.11	0.18	0.00386	11

마. 유지관리 전략 제안

관리주체는 관할 내 교량의 경제성(교통량, 투입비용, 향후교통량), 검토사항(시공성, 제 3 대상 위험도, 노선, 환경), 사고위험 등을 종합적으로 고려하여 다수의 시설물 중 보수의 우선순위가 높은 시설물을 결정하고, 개별시설물의 비용효과 분석을 통해 선정된 시설물 내의 부재별 보수·보강 우선순위를 결정하여 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다만, 부재별 우선순위를 선정할 때 부재 내의 손상의 경중을 고려한 것이 아닌, 부재별 총공사비와 해당 부재의 가중치를 비교하여 도출된 결론으로써 부재별 보수·보강의 효율성을 판단하는 것이므로 우선순위가 높은 부재라고 하더라도 그 부재가 주요손상을 포함하고 있다고 할 수는 없다. 그러므로 보수를 실시하고자 할 때 주요 손상에 대해 우선적으로 보수를 하고 순위별로 순차적으로 보수 조치를 취하도록 한다.

해당 교량은 종합성능평가 결과가 B등급(0.253)으로 평가되었으며, 성능목표인 B등급($0.20 \leq X < 0.26$)을 만족하고 있는 것으로 조사되었고, 교량의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

1.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경기도 남양주시 화도읍 구암리에 위치한 국도46호선 상의 도로교량으로 총 연장 135.0m, 폭 13.5m의 STEEL BOX GIRDER 교량이며, 2005년도에 준공되어 약 19년간 공용중인 2중 시설물이다. 금회 과업에 의한 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태안전성능평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

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

1.10.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판하면

- Deck Plate부식의 경우 바닥판 S1, S2 좌측면에 국한적으로 발생한 상태로 조사되었으며, 바닥판 S1, S2의 편구배도가 5%, -5%로 우수가 집중되며, 포장면과 방호벽의 이음부 사이로 집중된 교면수가 유입되어 Deck Plate 부식이 발생한 것으로 판단된다. 그러나 손상의 규모가 경미하고 누수가 확인되지 않는 상태로 방수층에 대한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 백태의 경우 바닥판 S1~S3 우측 캔틸레버에 국한되어 발생한 상태로 조사되었으며, 외관조사 결과 바닥판 하면에 물 끓기홈(Notch)이 시공되어 우천시 발생하는 유입수의 차단이 이루어진 상태로 확인되었다. 따라서 바닥판에 발생한 백태는 Deck Plate부식과 동일한 편구배도에 의해 집중된 교면수가 방호벽과 슬래브의 이음부 사이로 유입되며 발생한 손상으로 판단되고, 손상의 형상이 유충을 띄지 않고 표면에 얇게 퍼져나간 백화에 가까운 손상으로 콘크리트 내구성에 대한 문제는 없을 것으로 판단된다.
- 들뜸의 경우 S3 백태 발생부위에 동반되어 나타난 손상으로 국부적인 피복부족 구간에 교면수가 유입되며 발생한 손상으로 판단되며, 공용 중 손상진전에 의한 단면감소와 철근노출 우려가 있으므로 시설물 관리차원의 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 박리의 경우 S3(A2) 단부에 발생한 손상으로 Exp. Joint(A2) 누수에 의한 우수유입이 주요원인으로 판단되며, 누수의 경우 2019년 신축이음 교체 이후 현재일 까지 발생하지 않는 상태로 조사되었다. 시설물에 미치는 영향은 크지 않으나 시설물 관리차원의 단면보수가 이루어질 경우 보다 건전한 상태로 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.
- 파손의 경우 S3에 발생한 손상으로 유지관리 중 작업차량과의 충돌에 의한 손상으로 판단된다. 다만 금남IC 2교 S3는 경춘로를 횡단하는 구간으로 공용 중 우수접촉 등에 의한 손상의

진전과 2차 손상(박락) 발생 시 시설물을 교차하는 차량과의 충돌위험이 있으므로 단면털기를 통한 정비가 필요할 것으로 판단된다.

2) 거더외부

- 도장박리의 경우 S1-G1-SP1에 발생한 손상으로 도장미흡과 공용 중 노후화에 따른 손상으로 부식방지를 위한 도장보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 부식의 경우 전체 경간에 국부적으로 나타난 손상으로 중앙부에 발생한 부식의 경우 도장미흡과 공용 중 노후화에 따른 손상이며, 단부에 발생한 부식의 경우 신축이음 누수에 의한 우수접촉이 주요원인으로 판단된다.
- 중앙부에 발생한 부식의 경우 손상의 정도가 경미하여 시급한 보수를 요구하지 않으나 단부측에 발생한 부식의 경우 부식의 진행에 따른 내구력 소실 우려가 있으므로 일괄적인 보수가 불가능할 경우 부분보수를 통한 부식제거와 도장보수가 필요할 것으로 판단된다.

3) 거더내부

- 누수흔적의 경우 교량의 외측부에 시공된 G1, G3에 발생한 손상으로 우천 시 스플 라이스 이음부로 우수가 유입되어 발생한 손상으로 조사되었다. 외관조사를 통한 검토 결과 우수의 유입량이 많지 않으며 도장박리나 부식과 같은 2차 손상이 발생하지 않은 상태로 조사되어 현 시점에서 부재에 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다. 하지만 공용 중 지속적인 우수의 유입이 발생할 경우 2차 손상발생 및 내구력 저하 우려가 있으므로 실링보수를 통한 우수차단이 필요한 것으로 판단된다.
- 폐자제 적치의 경우 용접, 조명(전기설비)설치, 재하시험 등 유지관리 작업도중 발생한 폐기물로 시설물 관리차원의 청소를 통한 제거가 적합한 것으로 판단된다.
- 도장균열 및 강재변형의 경우 리브에 발생한 손상으로 시공초기 운반 및 적치과정에 발생한 손상이며, 강재변형의 경우 내구성에 미치는 영향은 경미할 것으로 판단되나 지속적인 점검을 통한 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.
- 도장박리의 경우 손상의 형태가 시공초기 외부충격, 도장미흡, 용접열에 의한 손상이며, 일부 손상의 경우 부식이 발생한 상태로 도장보수를 통한 부식방지가 필요한 것으로 판단된다.
- 부식의 경우 하부플랜지와 스플라이스에 주로 발생하였으며, 도장박리와 우수유입에 의한 손상으로 판단된다. 현장조사 당시 부식에 의한 단면감소는 확인되지 않았으며 손상의 정도가 경미하나 장기적 측면에서 도장보수가 필요한 것으로 판단되며, 보수 시 부식에 한정적인 일부보수보다 손상원인에 대한 보수가 병행되어 이루어질 경우 보다 경제적인 측면과 유지관리에 용이할 것으로 판단된다.

4) 2차 부재

- 외관조사 결과, 특별한 손상은 조사되지 않은 양호한 상태로 확인되었다.

5) 교대

- 균열(0.3mm미만)의 경우 시공초기 건조수축 및 온도변화에 따른 비구조적 손상이며, 기 점검자료 검토 결과 손상의 진전은 없는 상태로 확인되었다. 현 시점에서 보수를 요구하지 않는 상태로 조사되었으나, 시설물 관리차원의 표면보수가 적합할 것으로 판단된다.
- 페콘크리트 적치의 경우 2019년 신축이음 교체 시 발생한 손상으로 구조물에 미치는 영향은 없으나 시설물 관리차원의 청소가 필요할 것으로 판단된다.
- 누수흔적의 경우 2019년 신축이음 교체 이전 발생한 누수에 의한 손상이며, 페콘크리트 적치의 경우 2019년 신축이음 교체 시 발생한 손상으로 조사되었다. 구조물에 영향을 미치는 손상은 아니나 시설물 관리차원의 표면보수와 청소가 필요할 것으로 판단된다.
- 교대 누수흔적 부에 발생한 박리, 박락의 경우 다짐불량에 의한 공극부에 우수가 유입되고 온도변화에 따른 팽창작용이 주요원인으로 판단되며, 최소피복을 상실한 상태로 판단되어 단면보수를 통한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 교대에 발생한 모든 손상의 주요원인은 신축이음 하부 누수에 의한 우수유입이며, 신축이음 재설치를 통한 보수가 2019년에 이루어진 상태로 확인되었다. 따라서, 점검일 기준 교대의 내구력 회복을 위한 보수시기가 적합한 것으로 판단되며, 보수 이후에도 지속적인 점검을 통한 신축이음 누수 여부에 대한 이루어질 경우 공용기간 내 건전한 상태를 유지할 것으로 판단된다.

6) 교각

- 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 시공초기 건조수축 및 온도변화에 따른 손상으로 판단되며, 기 점검 이후 손상부에 대한 보수(국도1호선 통일육교 등 시설물 보수공사_2022.03)를 실시한 것으로 확인되었다. 금회 조사된 손상의 경우 보수 시 누락된 손상으로 판단된다.

7) 교량받침

- 이동량 게이지 탈락의 경우 공용 중 노후화에 발생한 손상으로 구조물에 영향을 미치는 손상이 아니며, 교대 일방향(고정단) 받침장치 손상으로 재설치를 통한 보수는 불필요한 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트에 발생한 손상의 경우 건조수축, 수분접촉 등에 의한 경미한 손상으로 보수를 필요로 하는 손상은 없는 상태로 판단되어 지속적인 점검 이후 손상의 진전 또는 이상 징후 발생 시 손상부에 대한 보수가 적합할 것으로 판단된다.

- 연단거리 측정결과 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)’에서 제시하고 있는 연단거리 기준을 만족하는 상태로 조사되었다.
- 받침장치부에 대한 여유량 검토결과 교량받침 전체에서 온도변화에 따른 이동여유량이 확보된 상태로 검토되었다.

8) 신축이음장치

- 신축이음 Exp.Joint-A1, A2에 발생한 후타재 균열(0.3mm미만)의 경우 균열의 형상이 신축이음과 평행되지 않아 신축거동불량 등에 의한 구조적 문제는 없는 상태로 후타재 타설 이후 발생한 온도변화와 공용 중 차량통행에 따른 반복하중이 주요 원인으로 판단된다.
- 금남IC 2교의 경우 편구배도-5%, 5%에 의해 우천 시 신축이음 외측부로 우수가 집중되고 배수이후 일부 잔여물이 퇴적되며 발생한 손상으로 판단된다. 퇴적된 토사의 양이 경미하여 신축거동에 영향을 미치지 못할 수준으로 지속적인 배수시설 정비가 이루어질 경우 토사퇴적 등에 의한 문제는 발생하지 않을 것으로 판단된다.
- 단차의 경우 신축이음 Exp.Joint-A2에 발생한 손상으로 접속포장 소성변형에 의한 손상으로 차량통행에 따른 반복하중이 원인으로 판단된다. 금회 신규 조사된 손상이며 경미한 수준의 단차로 현 시점에서의 보수는 필요치 않은 상태로 판단되나, 지속적인 추적관리를 통한 상태확인이 필요할 것으로 판단된다.
- 차수판 볼트탈락의 경우 공용 중 차량통행 시 발생하는 진동에 의한 손상으로 구조물에 미치는 영향은 없는 손상이나 공용 중 추가적인 볼트탈락 등에 의한 차수판 탈락 시 통행중인 차량과의 충돌우려가 있으므로 볼트 재설치가 필요하며, 보수 이후 볼트체결 상태에 대한 확인이 필요한 것으로 판단된다.
- 신축이음 유간측정결과, 신축유간 온도변화에 따른 이론식으로 산정하였으며, 전 개소 최소 필요 유간 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

9) 배수시설

- 배수구 막힘의 경우 공용기간 중 토사 및 이물질이 장기간 퇴적되며 발생한 손상으로 배수기능 상실에 따라 교면포장, 바닥판 등의 2차 손상을 유발하며 체수에 의한 운전자의 안전성을 저해하는 손상으로 청소를 통한 보수가 필요하며, 보수이후 주기적인 관리가 반드시 이루어져야 할 것으로 판단된다.

10) 난간 및 연석

- 방호벽에 발생한 균열의 경우 건조수축 및 구속력에 의한 손상이며, 일부 손상의 경우 수분접촉에 의한 백태가 동반된 상태로 조사되었다.

- 백태의 경우 방호벽과 교면포장 이음부를 통한 교면수 유입에 의한 손상이며, 손상부 우수유입에 의한 박리, 박락이 발생한 것으로 판단된다.
- 공용기간 증가에 따른 접착력 저하로 설명판 망실이 발생하였으며, 차량충돌 등에 의한 외부 충격으로 방호벽 및 텔리네이트 파손이 조사되었다.
- 외관조사 당시 일부 손상들에 대한 보수를 실시한 것으로 확인되었으나, 주요 손상원인에 대한 보수가 이루어지지 못한 상태로 신규손상과 보수부 재손상이 발생한 것으로 조사되었다. 또한, 백태의 발생위치와 범위를 고려한 결과 지속적인 우수유입이 발생할 경우 기 보수된 범위보다 넓은 박리, 박락 등의 2차 손상우려가 있으므로 반드시 교면수 유입 차단이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설에 발생한 사다리 파손의 경우 공용기간 증가 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 작업자의 안전성 확보를 위한 재설치가 적합할 것으로 판단된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 금남IC2교의 공중이 이용하는 부위는 일부 보수가 필요한 상태로 조사되었다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면) 28.5~30.2MPa, 하부구조(교대 및 교각) 25.0~28.4MPa 로 측정 되었으며, 설계기준강도 압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 및 교각 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 확인되었다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 상부구조와 하부구조의 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상으로 측정되어 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 없는 것으로 조사되었다.
- 철근탐사 시험은 상부 2개소, 하부 3개소를 실시하여, 총 5개소를 실시하였으며, 철근 피복은 다소의 변동 폭을 보이는 것으로 조사되었으며 이는 시공시 발생한 오차로 판단되며, 철근의 배근간격은 설계도면에 준하는 것으로 조사되었다. 따라서 철근탐사에서 철근의 직경은 파악되지 않으므로, 철근의 직경이 설계도서와 일치한다면, 철근 배근량에 대한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 금남IC2교에서 탄산화시험은 상부구조 1개, 하부구조 2개로 총 3개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음” 인 ‘a’ 등급으로 평가되었고, 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

1.10.2 성능평가 결과

【표 1.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	금남IC2교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.221	b	0.68
내구성능 평가	0.208	b	0.21
사용성능 평가	0.537	d	0.11
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.221 \times 0.68 + 0.208 \times 0.21 + 0.537 \times 0.11 = 0.253$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.253 • 종합성능평가 결과 : B등급		

1.10.3 종합결론

- 금남IC2교는 약 19년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 파손, 거더 내·외부 부식, 교대 및 교각 균열, 박리, 교면포장 소성변형 등의 손상은 공용기간 경과시 손상의 진전 및 2차 손상 발생 우려가 있으므로 구조물의 내구성 및 사용성 향상을 위한 적절한 조치를 취하는 것이 필요하다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, B등급(0.253)으로 평가되어 B등급(결함도 범위 : $0.20 \leq X < 0.26$)인 성능목표를 달성한 상태이므로 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

1.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

1.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 하부구조 균열, 및 교량받침의 재료분리 및 철근노출의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 등의 유지관리가 필요하다.

1.10.6 기타 필요한 사항

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

