

4. 금남IC RAMP-A교(하)

- 4.1 시설물 개요
- 4.2 자료수집 및 분석
- 4.3 현장조사
- 4.4 콘크리트 내구성조사
- 4.5 안전성능 평가
- 4.6 내구성능 평가
- 4.7 사용성능 평가
- 4.8 종합성능평가
- 4.9 유지관리 전략제안
- 4.10 종합결론 및 건의사항

4. 금남IC RAMP-A교(하)

4.1 시설물의 개요

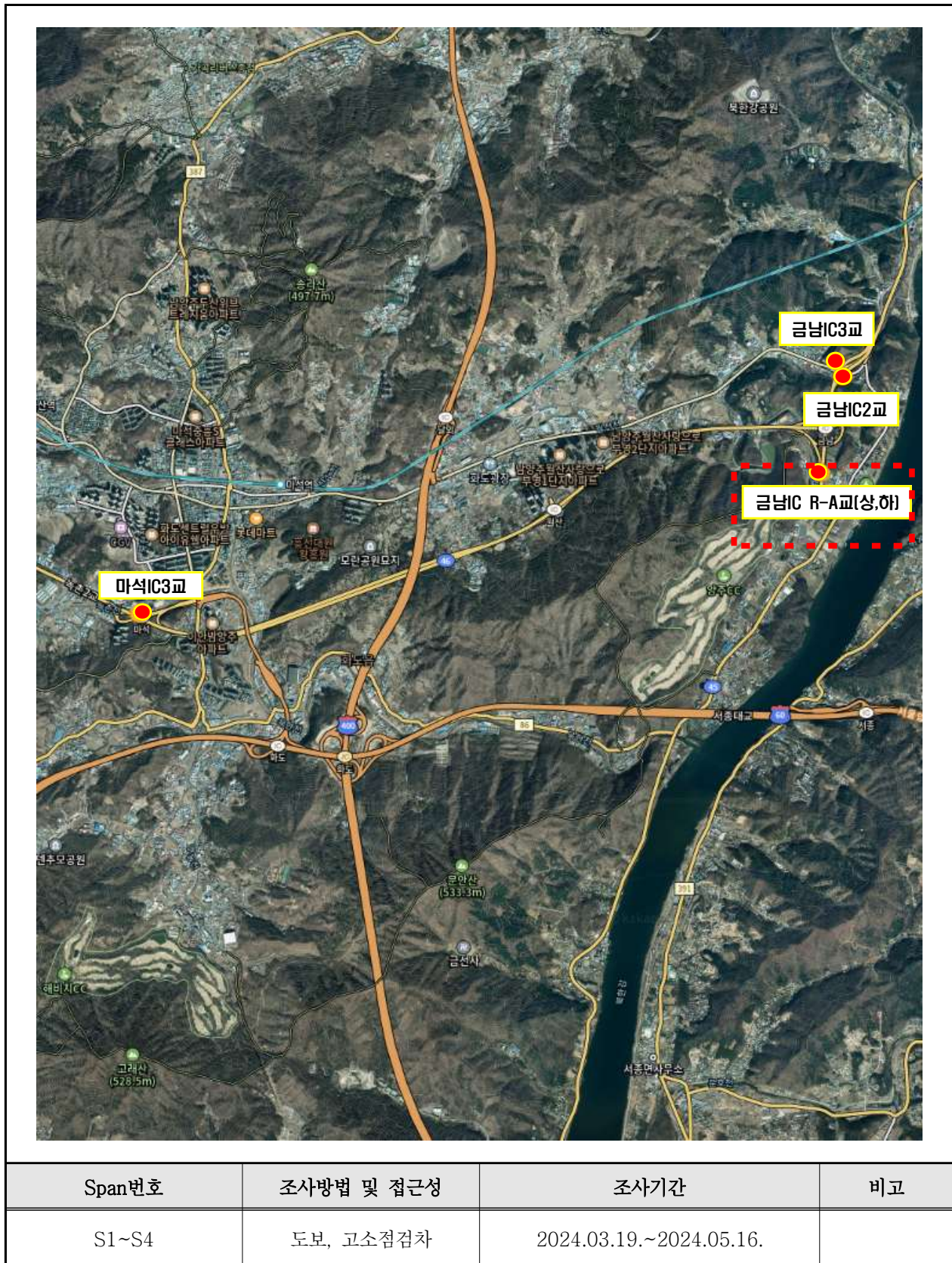
본 시설물은 경기도 남양주시 화도읍 금남리에 위치한 교량으로 총 연장 175.0m, 폭 14.4~17.8m로 시공되어 있다.

4.1.1 일반사항

【표 4.1.1】 금남IC RAMP-A교(하) 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		금남IC RAMP-A교(하)		시설물번호		BR2006-0000734	
준공년월		2005. 12. 20		관리번호		-	
시설물위치		경기도 남양주시 화도읍 금남리					
설계하중		DB-24, DL-24		노선명		일반국도46호선	
제원	연장	L=120.0m (4@30.0=120.0m)					
	폭	B=14.4~17.8m, 편도 2차로					
구조 형식	상부	PSCI		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : π 형			교각	말뚝기초	
교량받침		탄성받침		신축이음		강평거조인트(A1, P2, A2)	
교차시설물		마을진입로		통과높이		-	
설 계 사		(주)한석엔지니어링		시 공 사		(주)한진중공업외 19개사	
내진설계유무		적용		관리주체		의정부국토관리사무소	
부착시설내용		점검로 P1~P3, 가로등					
기 타		준공도면 보유 / 구조계산서 보유					

4.1.2 위치도 및 전경사진

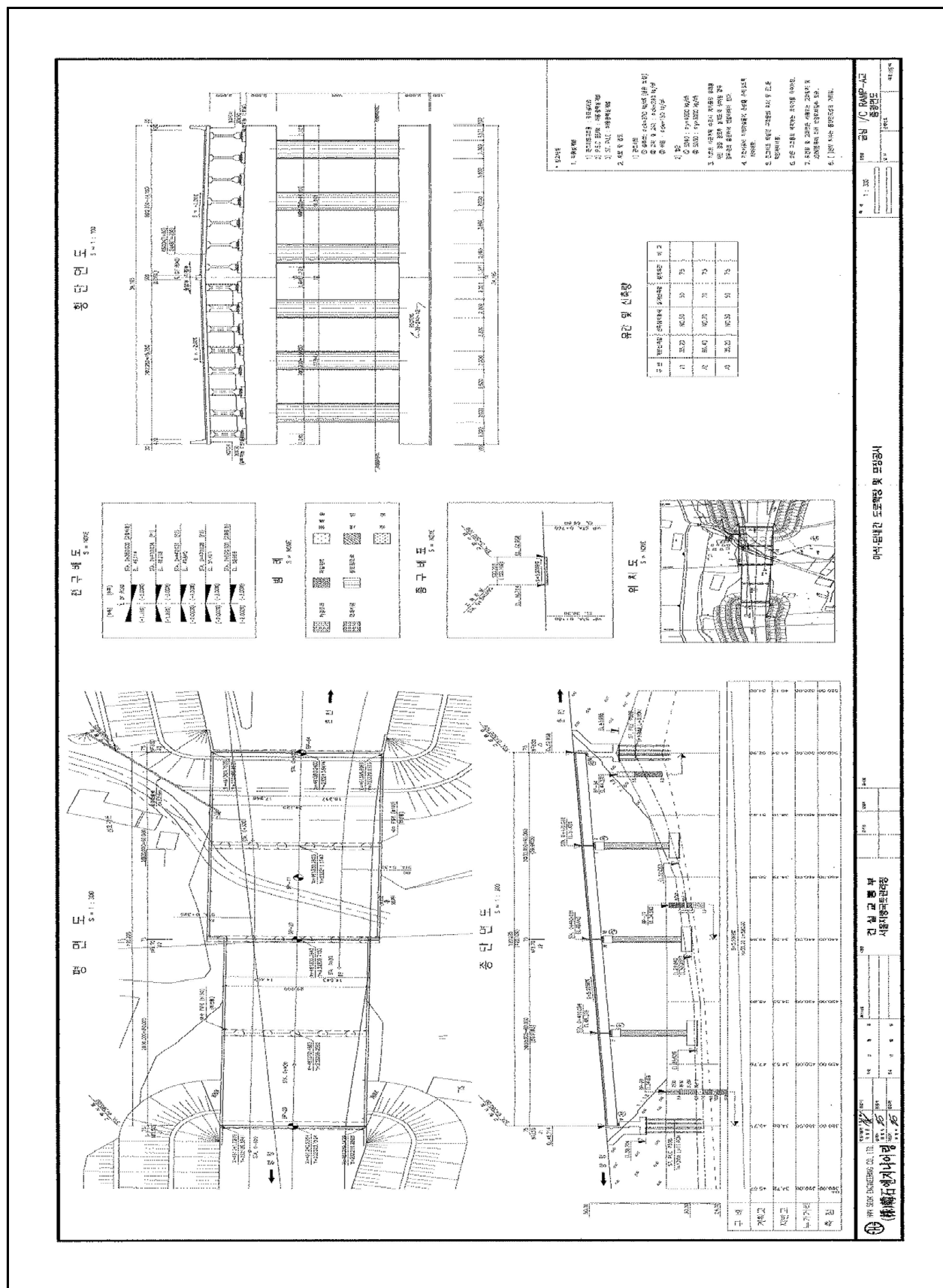


【그림 4.1.1】 위치도

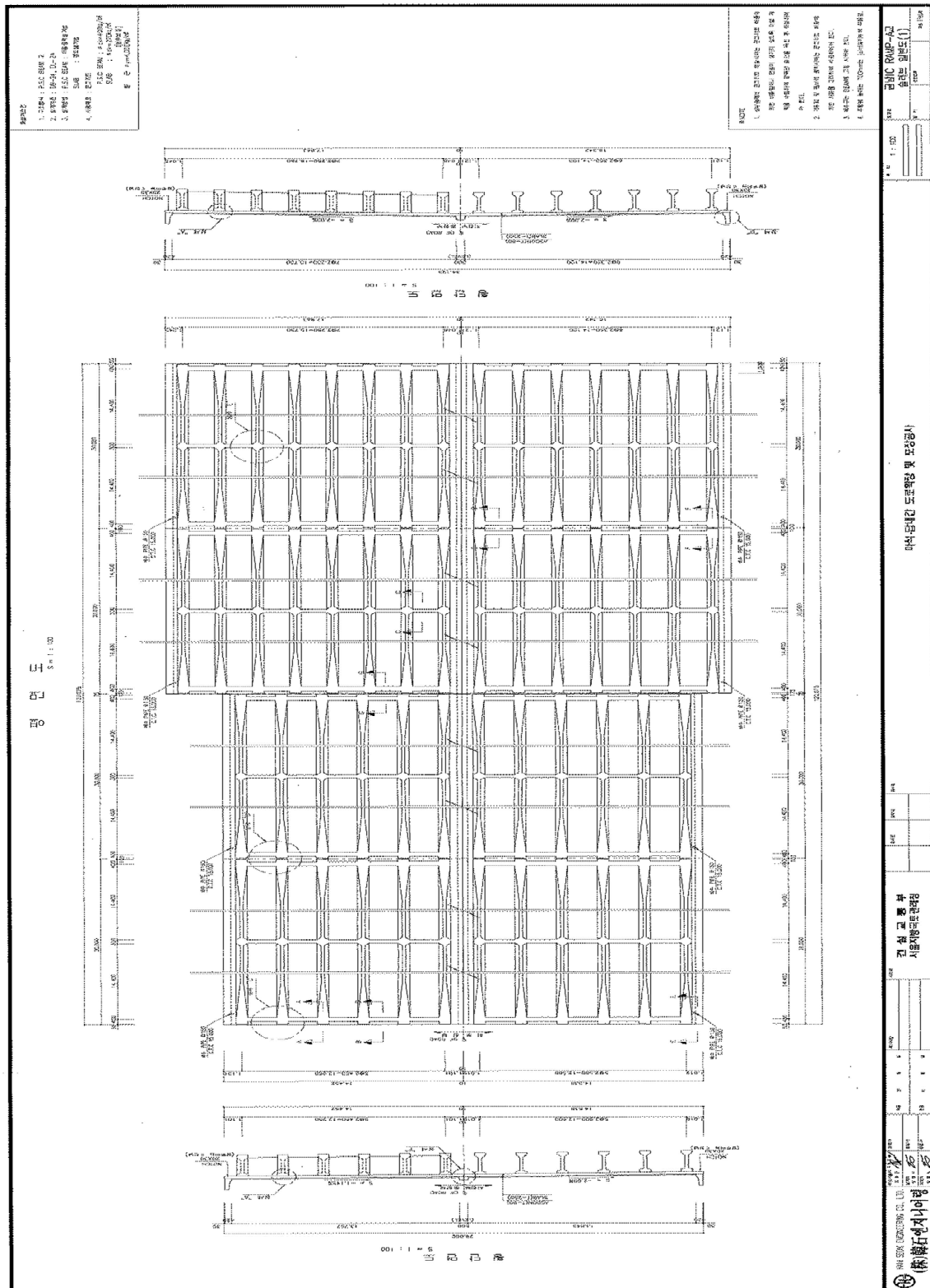
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 4.1.2】 부재별 현황

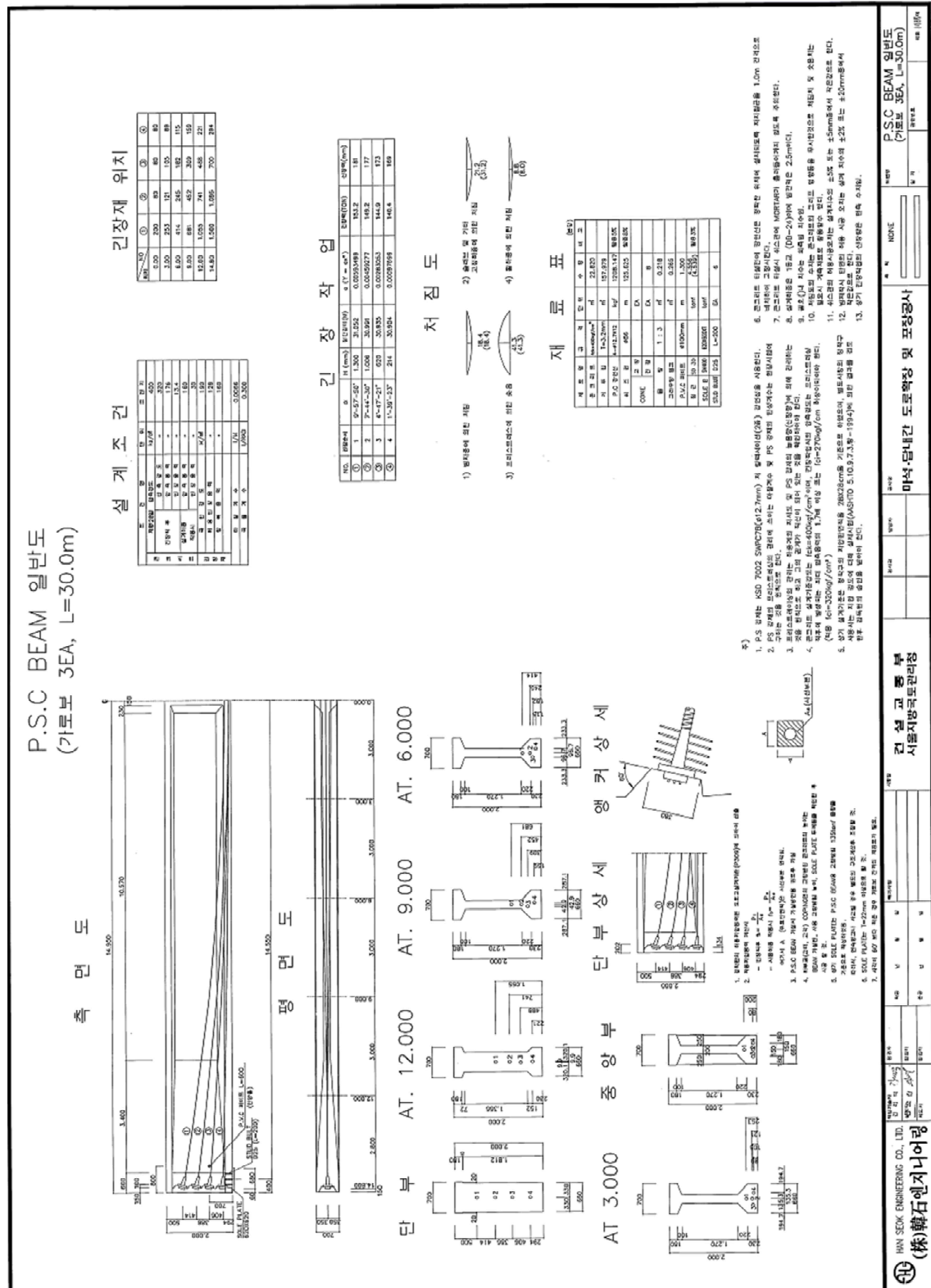
4.1.3 시설물 일반도



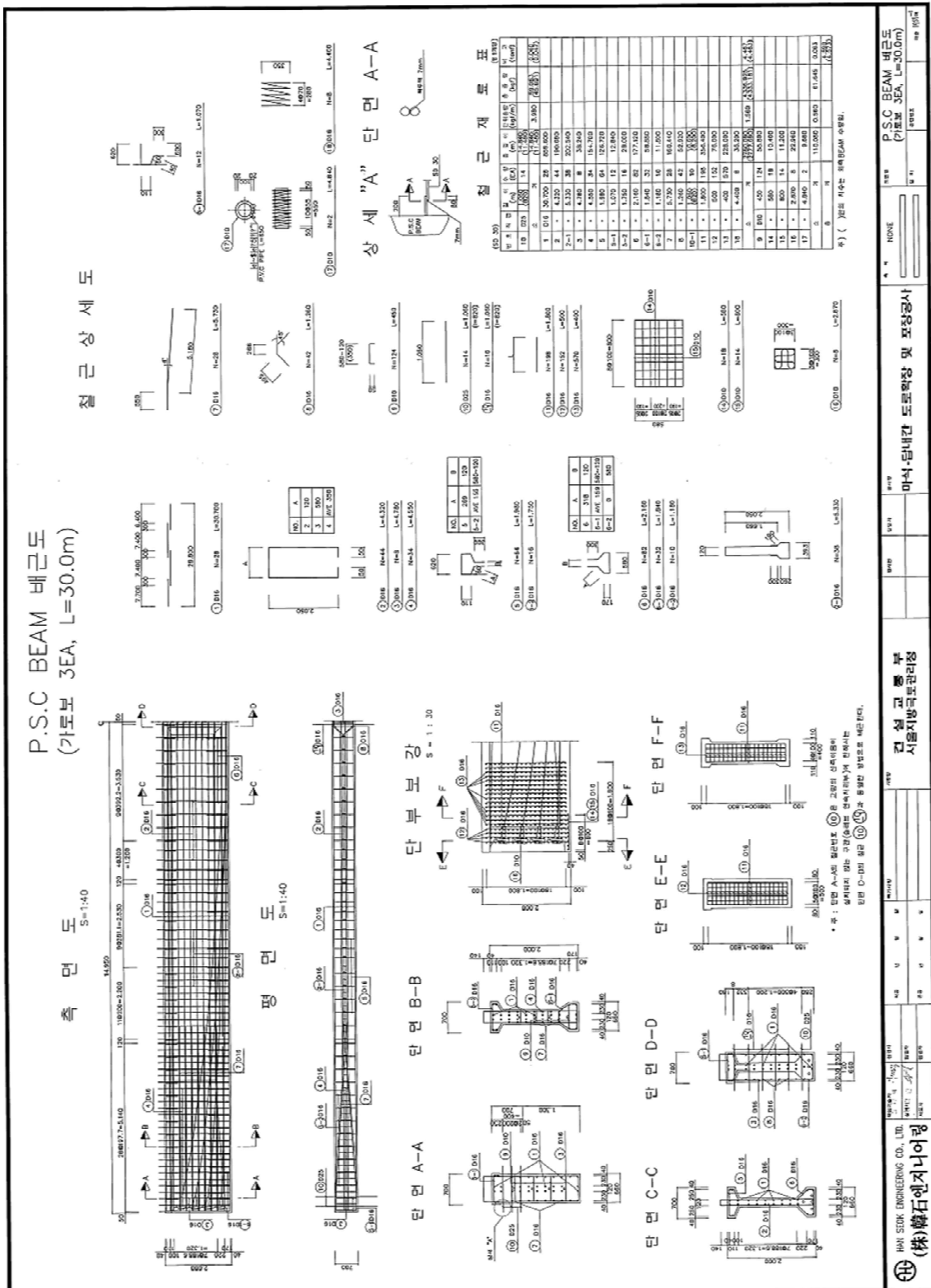
【그림 4.1.3】 종평면도, 종단면도



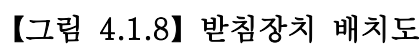
【그림 4.1.4】 슬래브 일반도

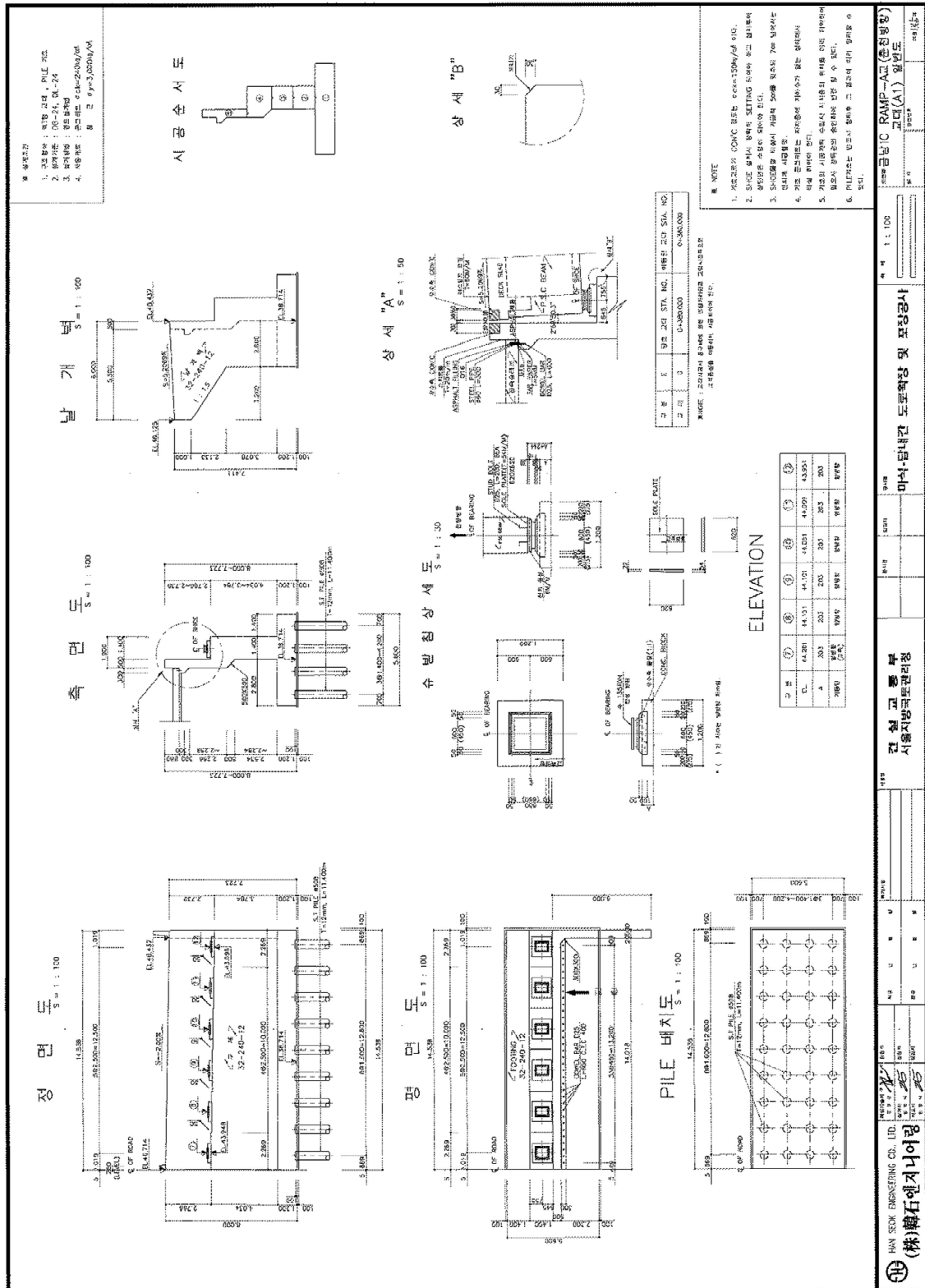


【그림 4.1.6】 P.S.C BEMA 일반도

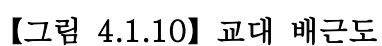


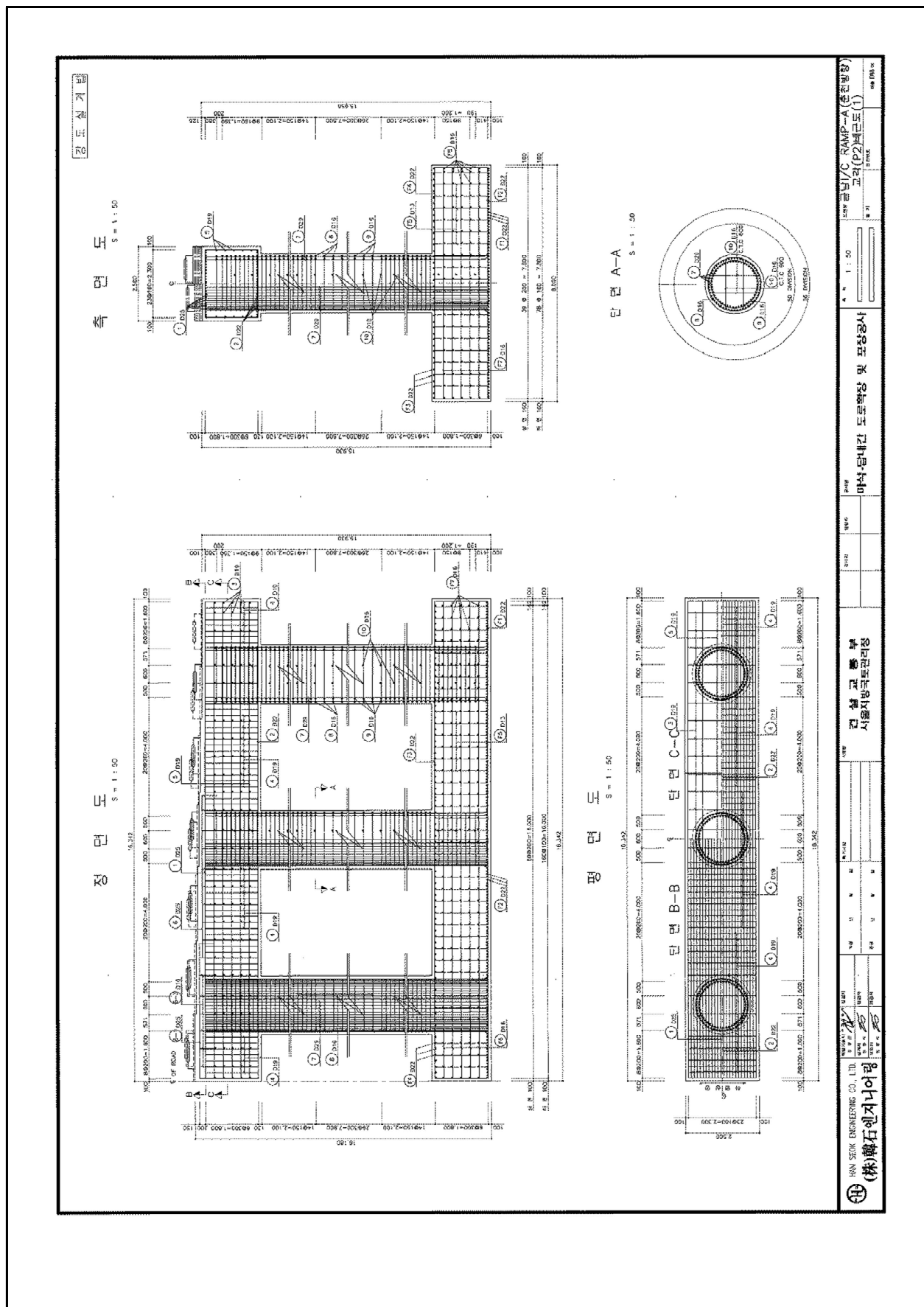
【그림 4.1.7】 P.S.C BEMA 배근도





【그림 4.1.9】 교대 일반도





【그림 4.1.11】 교각 배근도

4.2 자료수집 및 분석

자료수집은 건설당시 자료와 유지관리 자료로 대별되며, 본 과업수행을 위하여 수집된 자료는 다음과 같다.

【그림 4.2.1】 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)

4.2.1 시설물 점검이력

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

【표 4.2.1】 금남IC RAMP-A교(하) 점검이력사항

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
1	정밀안전점검	2004.07.29 ~2005.12.20	케이에스엠기술(주)	A등급	구조물의 전반적인 안전성에 영향을 미칠만한 구조적인 손상은 없음
2	정기안전점검	2006.06.19 ~2006.06.19	의정부국도유지 건설사무소	양호	양호
3	정기안전점검	2006.11.01 ~2006.11.01		양호	양호
4	정밀안전점검	2007.06.26 ~2007.09.23	영동이엔지(주)	B등급	외관조사, 내구성조사 등의 결과를 토대로 판단할 때, 교량의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않았음
5	정밀안전점검	2007.06.26 ~2007.10.23	영동이엔지(주)	B등급	교량의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않음
6	정기안전점검	2007.11.12 ~2007.11.12		양호	교량의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않음
7	정기안전점검	2008.06.19 ~2008.06.19	자체수행	양호	교량의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않음
8	정기안전점검	2008.11.17 ~2008.11.17	의정부국도관리 사무소	양호	교량의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않음
9	정기안전점검	2009.05.19 ~2009.05.19	의정부국도관리 사무소	양호	전반적으로 양호한 상태이나, 일부 손상에 대한 보수가 필요함
10	정밀안전점검	2009.02.26 ~2009.06.26	(주)이지엔지니어링	B등급	1) 내구성시험, 외관조사 등을 종합한 상태평가 결과 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태의 “B등급(0.170)” 으로 평가되었다. 2) 본 교량은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 신축이음 길이부족으로 인하여 하부구조로의 우수유입이 발생하여 하부구조의 손상(채수, 표면오염, Sole Plate 부식 등)이 유발시키고 있으며, 균열(0.3mm이상) 및 포장면 균열은 2차적 손상(철근부식, 방수층 파손 등)을 유발시킬 수 있으므로 보수를 실시하여 구조물의 내구성 및 공용기간을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
11	정기안전점검	2009.11.23 ~2009.11.23	의정부국도관리 사무소	양호	외관상 양호
12	정기안전점검	2010.05.26 ~2010.05.26	의정부국도관리 사무소	양호	외관상 양호
13	정기안전점검	2010.12.13 ~2010.12.13	의정부국도관리 사무소	양호	외관상 양호
14	정기안전점검	2011.06.22 ~2011.06.22	의정부국도관리 사무소	양호	외관상 양호

【표 4.2.1】 금남IC RAMP-A교(하) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
15	정기안전점검	2011.11.01 ~2011.11.30	의정부국도관리 사무소	양호	외관상 양호
16	정기안전점검	2012.05.01 ~2012.06.30	자체수행	양호	외관상 양호
17	정밀안전점검	2012.04.30 ~2012.07.28	(주)이지엔지니어링	B등급	교면포장 시공이음 균열, 접속슬래브 망상균열, 보수부 침하, 포트홀, 표면마모, 방호벽 일부균열, 표면박리, 바닥판하면 누수흔적 및 백태, 열화, 거더 내·외부 누수흔적 및 백태, 도장오염 및 부식, 신축이음장치 차수조인트 설치불량, 토사퇴적, 배수구막힘 받침장치 Plate 부식 등의 국부적인 손상이외의 구조적으로 문제가 되는 결함이나 손상이 발생되지 않은 상태인 것으로 조사됨.
18	정기안전점검	2012.10.01 ~2012.11.29	자체수행	양호	전반적으로 양호하나 일부구간 손상발생
19	정기안전점검	2013.04.01 ~2013.06.30	자체수행	양호	외관상 양호
20	정기안전점검	2013.10.01 ~2013.11.30	자체수행	양호	전반적 상태 양호
21	정기안전점검	2014.02.01 ~2014.06.30	자체수행	양호	예산확보 후 조치예정
22	정밀안전점검	2014.06.11 ~2014.09.08	(주)다음기술단	B등급	포장면, 아스콘 균열, 아스콘 마모, 이물질퇴적 및 식생// 방호벽 균열, 박리박락// 배수시설 배수구막힘// 신축이음 차수조인트 시공불량, 유도배수관 길이부족, 유간 토사퇴적// 바닥판 균열, 망상균열 및 백태, 측면 누수백태, 층분리// 거더 망상균열, 콘크리트 파손// 가로보 균열, 박리 및 들뜸// 받침장치 플레이트 부식 및 도장박리, 받침물탈균열// 교대 및 교각 균열, 박리 및 들뜸, 망상균열
23	정기안전점검	2014.08.01 ~2014.12.31	자체수행	양호	예산확보 후 조치예정
24	정기안전점검	2015.02.01 ~2015.06.30	자체수행	양호	양호
25	정기안전점검	2015.07.01 ~2015.12.31	자체수행	양호	양호
26	정밀안전점검	2016.03.29 ~2016.06.26	(주)다음기술단	B등급	포장면 포트홀//방호벽 균열, 박리, 박락//배수시설 배수구 막힘//신축이음 토사퇴적,유도배수관길이부족//바닥판균열,백태,층분리//거더및가로보균열,파손, 박리//받침장치부식//교대교각균열,철근노출,파손,백태,누수흔적등
27	정기안전점검	2016.02.01 ~2016.06.30	자체수행	양호	양호
28	정기안전점검	2016.07.01 ~2016.12.31	자체수행	양호	양호

【표 4.2.1】 금남IC RAMP-A교(하) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
29	정기안전점검	2017.02.01 ~2017.06.30	자체수행	양호	양호
30	정기안전점검	2017.07.01 ~2017.12.31	자체수행	양호	양호
31	정기안전점검	2018.02.05 ~2018.06.30	자체수행	양호	양호
32	정밀안전점검	2018.06.28 ~2018.10.25	다운이엔씨주식회사	B등급	· 교면포장 : 아스콘 이물질퇴적 및 체수, 아스콘 균열, 아스콘 마모 및 파손 등 · 난간및연석:표면박리,망상균열,박리,박리및박락,보수부파손등 · 바닥판하면:거푸집미제거,균열(0.3mm이상),균열(0.3mm미만)등 · 거더및2차부재:균열(0.3mm미만),망상균열,박락,충분리및박락등 · 교대및교각:균열(0.3mm미만),균열부누수,녹오염,누수흔적,백태등 · 신축이음:유간토사퇴적,고무재이격,본체부식,체수,후타재박리등 · 교량받침:받침물탈균열(0.3mm미만),받침물탈도장박리,받침장치부식등 · 배수시설:배수구막힘,배수관이음부부식
33	정기안전점검	2018.07.01 ~2018.12.31	자체수행	양호	양호
34	정기안전점검	2019.04.01 ~2019.06.21	자체수행	보통	대체로 양호
35	2종성능평가	2019.09.23 ~2019.12.12	(주)동우기술단	B등급	교면포장 : 아스콘 이물질퇴적 및 체수, 아스콘 균열, 아스콘 마모 및 파손 등 난간 및 연석 : 표면박리, 망상균열, 박리, 박리 및 박락, 보수부 파손 등 바닥판하면 : 거푸집 미제거, 균열(0.3mm이상), 균열(0.3mm미만) 등 거더 및 2차부재 : 균열(0.3mm미만), 망상균열, 박락, 충분리 및 박락 등 교대 및 교각 : 균열(0.3mm미만), 균열부 누수, 녹오염, 누수흔적, 백태 등 신축이음 : 유간토사퇴적, 고무재이격, 본체부식, 체수, 후타재 박리 등 교량받침 : 받침물탈균열(0.3mm미만), 받침물탈도장박리, 받침장치 부식 등 배수시설 : 배수구막힘, 배수관 이음부 부식 점검로 : 상태양호
36	정기안전점검	2019.09.02 ~2019.12.13	자체수행	양호	대체로 양호

【표 4.2.1】 금남IC RAMP-A교(하) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
37	정밀안전점검	2019.12.03 ~2020.03.25	한세이엔씨(주)	B등급	금남IC RAMP-A교(하)에 대한 외관조사결과, 구조적으로 문제가 되는 손상 및 사용성을 저해할 만한 심각한 결함은 없는 상태이나, 장기적으로 내구성을 저해할 수 있는 비구조적인 손상들이 조사되었다. 기 발생한 손상에 대한 내구성 확보 및 사용성 확보 차원의 보수 및 유지 관리가 시행된다면 교량의 장기적인 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 내구성조사는 비파괴강도 측정결과, 건전부 및 비건전부에 대한 설계기준강도(슬래브:27.0MPa, 거더:40.0MPa)는 100%이상 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가되었다. 또한 탄산화 깊이 측정결과, 상태평가 “a” 로 검토되어 탄산화 진행에 따른 철근부식의 영향은 없는 것으로 확인되었다.
38	정기안전점검	2020.02.01 ~2020.06.29	자체수행	보통	대체로 양호
39	정기안전점검	2020.10.05 ~2020.12.20	자체수행	보통	받침콘크리트균열, 교대균열
40	정기안전점검	2021.03.17 ~2021.06.30	자체수행	보통	받침부식, 받침콘크리트 균열 등
41	정밀안전점검	2021.03.19 ~2021.07.16	(주)KG엔지니어링종합건축사사무소	C등급	- 교면포장 : 아스콘 균열, 포트홀, 접속부 아스콘 단차, 망상균열, 침투수 용출 - 방호벽및중분대:균열(0.3mm미만,이상),망상균열/백태,박리,박락, 파손, 철근노출 등 - 배수시설:배수구막힘,유도배수관길이부족,배수관이음부부식 - 신축이음장치:신축이음부누수,유간토사퇴적,후타재 균열,박락, 본체 부식, 백업재 탈락 - 바닥판하면:균열(0.3mm미만,이상),누수및백태,박리,박락,철근노출, 백화/망상균열 - 거더:균열(0.3mm미만),박리,박락,망상균열 - 가로보:균열(0.3mm미만),박리,박락,백태 - 교량받침:받침몰탈,받침콘크리트균열(0.3mm미만,이상),받침도장박리/부식, 받침콘크리트 백태, 재료분리, 박락, 철근부식 등 - 하부구조:균열(0.3mm미만,이상)녹물오염/녹발생,박락/철근노출, 박리, 열화, 들뜸, 파손, 백태, 망상균열/백태, 균열/백태, 누수흔적, 체수, 폐콘크리트 퇴적 등

【표 4.2.1】 금남IC RAMP-A교(하) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
42	정기안전점검	2021.10.25 ~2021.12.17	자체수행	보통	집수구 막힘, 중앙분리대 보수부 박리 등
43	정기안전점검	2022.05.02 ~2022.06.24	자체수행	보통	일부 단면보수 완료, 배수구 막힘 등
44	정기안전점검	2022.10.17 ~2022.12.09	자체수행	보통	배수구 막힘, 후타재 마모 및 파손 등
45	정기안전점검	2023.01.01 ~2023.06.30	자체수행	보통	가로보 균열 등
46	정밀안전점검	2022.12.01 ~2023.07.29	(주)태경이앤씨	C등급	바 닥 판 : 균열(0.3mm미만), 백태, 누수흔적, 망상균열 백태, 열화, 박리, 박락, 박락 및 철근노출 거더:균열(0.2mm미만), 균열(0.2mm이상), 망상균열, 박리 2차부재:균열(0.3mm미만), 백태, 박리 교대:균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열, 녹 발생, 누수흔적, 박리 교각:균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 누수흔적, 박리, 파손, 체수 받침장치:몰탈균열(0.3mm미만), 받침콘크리트균열(0.3mm미만), 열(0.3mm이상), 백태, 박리, 박락및철근부식 신축이음:신축이음누수, 유간토사퇴적, 후타재박리, 후타재균열 교면포장:포장망상균열, 토사퇴적, 접속부포장망상균열 배수시설:배수구막힘, 유도배수관미설치, 배수관이음부 부식 방호시설:균열(0.3mm이상), 망상균열및백태, 박락, 열화, 교면수유입, 표면박리, 긁힘, 차량규제봉 파손 점검시설:점검사다리파손
47	정기안전점검	2023.07.01 ~2023.12.31	자체수행	보통	파손 등

4.2.2 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년06월)

구 분		정밀안전점검 보고서(2021년)
용 역 명		국도46호선 금남IC R-A교(상) 등 7개소 정밀점검용역
진단기관		(주)KG엔지니어링 종합건축사사무소
외관 조사	바닥판 하면	◦균열(0.3mm미만, 이상), 누수 및 백태, 박리, 박락, 철근노출, 백화/망상균열
	거더	◦균열(0.3mm미만), 박리, 박락, 망상균열
	가로보	◦균열(0.3mm미만), 박리, 박락, 백태
	교대	◦균열(폭 0.3mm미만), 표면오염, 누수흔적, 백태, 망상균열, 박리, 열화, 박락/철근노출, 철근부식, 페콘크리트 퇴적
	교각	◦균열, 보수부 재균열(폭 0.3mm미만), 망상균열, 균열/백태, 백태, 들뜸, 박리, 열화, 박락/철근부식
	교량받침	◦받침몰탈, 받침콘크리트 균열(0.3mm미만, 이상), 받침 도장박리/부식, 받침 콘크리트 백태, 재료분리, 박락, 철근부식 등
	신축이음	◦신축이음부 누수, 유간 토사퇴적, 후타재 균열, 박락, 본체 부식, 백업재 탈락
	교면포장	◦아스콘 균열, 포트홀, 접속부 아스콘 단차, 망상균열, 침투수 용출
	배수시설	◦배수구 막힘, 유도배수관 길이부족, 배수관 이음부 부식
	방호벽	◦균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열/백태, 박리, 박락, 파손, 철근노출 등
	점검시설	◦상태양호
내구성 조사	반발경도시험	◦바닥판 : 28.7~30.6MPa / 설계기준 강도(27MPa)100% 이상 상회 ◦거더 : 46.0~49.6MPa / 설계기준 강도(40MPa)100% 이상 상회 ◦하부구조 : 24.8~29.3MPa / 설계기준 강도(24MPa)100% 이상 상회
	탄산화 깊이측정	◦잔여깊이 30mm이상으로 탄산화로 인한 내구성 저하는 없는 “a” 등급
종합 평가	상태평가	◦C(0.288)
	안전성평가	—
안전등급		◦C등급

4.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

- 1) 관련 자료 분석 결과, 금남IC RAMP-A교(하)는 과업수행일 현재 시설물의 안전을 저해하는 중대결함이 없는 상태로, 시설물안전법의 규정에 따라 주기적인 유지관리를 시행하고 있으며, 금회 정밀안전점검은 전차 점검에서 발견된 손상의 진전확인 및 신규 발생 손상을 조사하고 외관조사망도에 기록하여 향후 점검, 진단, 교량의 보수·보강 및 유지관리에 활용할 수 있도록 실시하였다.

4.2.4 시설물 보수 이력

【표 4.2.2】 금남IC RAMP-A교(하) 보수이력사항

공사기간	공사구분	구조물명	공사내역	시공자
2013.06.04 ~ 2013.11.30	보수	금남IC RAMP-A교(하)	-	부석종합건설
2019.01.01 ~ 2019.12.31	보수	금남IC RAMP-A교(하)	신축이음 단변보수, 신축이음 교체	-
2022.06.27 ~ 2022.12.04	보수	금남IC RAMP-A교(하)	신축이음 교체	(주)신우리움

4.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 4.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
교대 및 교각	Y		◦Single Mode Spectrun Analysis ◦내진 1등급(A=0.154) ◦지반조건 2지역(지반계수 1.2)
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

4.2.6 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

4.2.7 하중변화 이력

준공이후 하중변화 이력은 없는 것으로 확인되었다.

4.2.8 자료수집 현황

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

4.3 현장조사

4.3.1 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~S4	도보, 고소점검차	2024.03.19.~2024.07.16.	
			
도보점검 작업사진		고소작업차 작업전경	
			
고소작업차 작업전경		비파괴시험 작업사진	

【사진 4.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

4.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 금남IC RAMP-A교(하)의 바닥판은 콘크리트 슬래브로 경간($2@30.0+2@30.0=120.0$ m), 폭원 $B=15.7$ m이며, 좌·우측 캔틸레버 단부에는 우수유입 방지를 위한 물끊기 홈(Notch)이 설치되어 있는 것으로 확인되었고, 고소차량을 이용하여 최대한 근접한 상태에서 외관조사를 실시하였다.



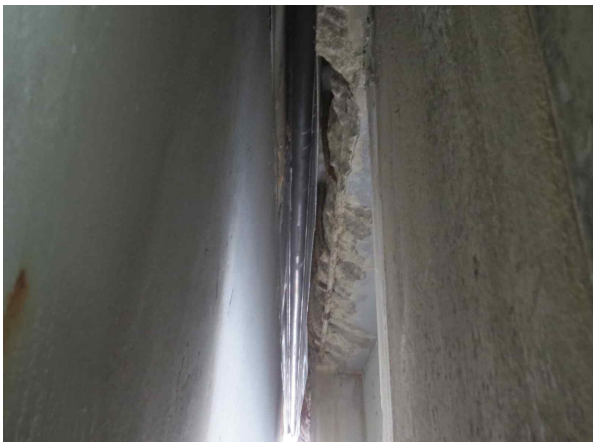
【사진 4.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 외관조사 결과 균열(0.3mm미만), 망상균열/백태, 백태, 박리, 박락, 박락 및 철근노출, 열화가 조사되었다.

【표 4.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	18.60	15	
	백태	m ²	36.64	5	
	누수흔적	m ²	67.40	8	
	망상균열/백태	m ²	2.60	2	
	열화	m ²	234.40	18	
	박리	m ²	0.96	1	
	박락	m ²	1.32	5	
	박락 및 철근노출	m ²	3.27	13	

	
컨틸레버 박락 S1	바닥판 백태 S1
	
바닥판 박락 및 철근노출 S1	바닥판 박락 및 철근노출 S1
	
컨틸레버 박락 S1	바닥판 박리 S1

【사진 4.3.3】 바닥판하면 손상현황

	
캔틸레버 누수흔적 및 백태 S2	바닥판 박락 및 철근노출 S3
	
바닥판 열화 S3	바닥판 열화 S3
	
중 조인트 누수흔적 및 백태 S4	바닥판 박락 S4

【사진 4.3.3】 바닥판하면 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 금남IC RAMP-A교(하) 바닥판에 발생한 손상 대부분은 방수층 파손에 의해 교면수가 유입되며 발생한 손상으로, 수분접촉과 반복적인 동결융해가 원인으로 판단되며, 국부적인 균열(0.3mm미만), 망상균열/백태, 콘크리트 열화가 조사되었다.
- 박리 및 박락의 경우 신축이음 하부 단부 측에 발생한 손상들로 신축이음 누수에 의한 수분접촉과 반복적인 신축거동이 주요원인이며, 일부 손상의 경우 박락에 의한 피복 부족으로 철근노출이 동반된 것으로 조사되었다.
- 누수흔적의 경우 중 조인트에 발생한 손상으로 교면포장과 중앙분리대 이음부 사이로 유입된 교면수가 원인으로 추정되며, 물끊기 홈(Noth)에 의한 우수차단으로 손상의 범위가 경미하고 바닥판에 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다.
- 금회 조사된 손상들의 경우 결함발생 주요원인에 대한 보수가 이루어진 상태로 조사되었으나, 철근노출의 경우 대기 중 탄산접촉 등에 의한 부식우려가 있으므로 단면보수(방청)가 필요한 것으로 판단되며, 보수 시 인접주변에 발생한 박리, 박락에 대한 병행보수를 권장한다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 금남IC RAMP-A교(하)의 거더는 바닥판으로부터 전달되는 하중을 지지하고, 받침부를 통하여 하부구조로 하중을 전달하는 부재로서 PSCI로 구성되어있다. 외관조사 시 고소차량을 이용하여 최대한 부재에 근접하여 조사를 실시하였다.



【사진 4.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더 외관조사 결과 거더 균열(0.2mm이상), 균열(0.2mm미만), 망상균열, 박리가 조사되었고 일부 손상에 대한 보수가 이루어진 상태로 확인되었다.

【표 4.3.2】 거더 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
거더	균열(0.2mm미만)	m	5.00	5	
	균열(0.2mm이상)	m	3.00	1	
	망상균열	m ²	4.00	1	
	박리	m ²	0.49	4	

	
거더 박리 S1-G5	거더 박리 S1-G5
	
거더 박리 S4-G1	거더 균열(0.2mm미만) S2-G2

【사진 4.3.5】 거더 손상현황

3) 검토의견

- 거더에 발생한 균열(0.2mm미만), 균열(0.2mm이상), 망상균열은 표면부에 발생한 미세균열로수화열 및 내·외부 구속력에 의한 균열이 아닌 표면부에 소량의 수분이 이동되며 발생한 표면손상으로 판단되며, 기 점검 자료와 현장조사결과를 비교·검토한 결과 손상의 진행성과 구조적인 문제는 없는 상태로 조사되었다.
- 박리의 경우 손상의 위치와 주변 환경에 대한 조사결과 시공초기 받침장치 설치 이후 열응력에 의한 손상부(균열, 공극)에 신축이음 누수와 환경적 요인에 의한 수분접촉이 주요 원인으로 판단된다. 현장조사 당시 일부 손상부에 대한 보수가 이루어진 상태로 확인되었으며, 미보수된 손상의 경우 보수 작업 시 누락된 손상으로 판단된다.

다. 가로보

1) 부재의 개요

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



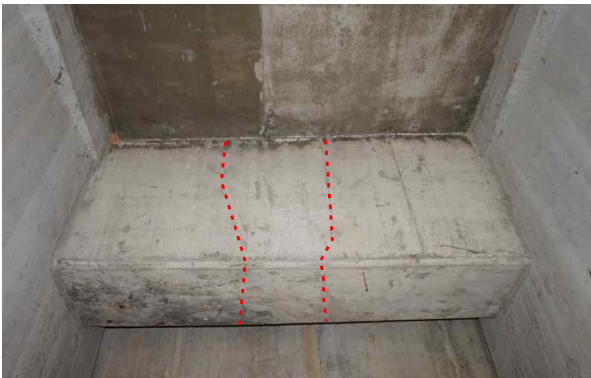
【사진 4.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보 외관조사 결과 균열(0.3mm미만), 백태, 박락 및 철근노출이 조사되었고 일부 손상에 대한 보수가 확인되었다.

【표 4.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
가로보	균열(0.3mm미만)	m	38.50	29	
	백태	m ²	0.27	1	
	박리	m ²	0.74	6	

	
가로보 박리 S1 G1~G2 CB1	가로보 균열(0.3mm미만) S1 G3~4 CB1
	
가로보 균열(0.3mm미만) S4 G3~G4 CB3	가로보 균열(0.3mm미만) S4 G4~G5 CB3

【사진 4.3.7】 가로보 손상현황

3) 검토의견

- 균열(0.3mm미만)의 경우 현장타설 이후 건조수축 및 온도변화에 따른 손상이며, 교면포장과 신축이음을 통한 유입수로 백태가 조사되었다. 기 점점자료와 현장조사 결과를 비교·검토한 결과 손상의 진전은 없으며 경미한 손상으로 현 시점에서 보수는 필요치 않은 상태로 판단된다.
- 박리의 경우 신축이음 누수로 균열부에 수분접촉이 이루어지며 발생한 손상이며, 현장조사당시 박리에 의한 철근노출은 확인되지 않았으나 공용 중 손상진전 우려가 있으므로 단면보수를 통한 보수가 적합할 것으로 판단된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 금남IC RAMP-A교(하)의 교대는 상부구조 하중을 지반으로 전달하고, 교량의 구조적 안전성을 위한 중요 부재로 역T형식이며, 직접기초로 시공되었다.



【사진 4.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 외관조사 결과 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 누수흔적, 녹발생, 박리 등의 손상이 조사되었으며, 일부손상에 대한 보수가 이루어진 것으로 확인되었다.

【표 4.3.4】 교대 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
교대	균열(0.3mm미만)	m	8.00	7	
	균열(0.3mm이상)	m	1.00	1	
	망상균열 및 백태	m ²	1.20	1	
	녹발생	m ²	0.13	8	
	누수흔적	m ²	3.54	5	
	박리	m ²	1.02	3	

	
교대 누수흔적 A1	교대 박리 A1
	
교대 누수흔적 A1	보수부 박리 A1
	
교대 누수흔적 A2	교대 망상균열 및 백태 A2

【사진 4.3.9】 교대 손상현황

	
교대 균열(0.3mm이상) A2	교대 균열(0.3mm미만) A2
	
교대 녹발생 A2	교대 균열(0.3mm미만) A2
	
교대 균열(0.3mm미만) A2	교대 누수흔적 A2

【사진 4.3.9】 교대 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 균열(0.3mm미만)의 경우 시공초기 건조수축 및 온도변화에 따른 비구조적 손상이며, 신축이음 누수에 의한 수분접촉과 동결융해 등의 여러 요인으로 일부손상이 진전되어 균열(0.3mm이상)이 발생하였다.
- 망상균열 및 백태의 경우 신축이음 누수로 흙벽과 벽체에 침입수가 발생되어 나타난 손상이며, 손상의 위치와 내제된 침투수를 고려할 경우 표면보수보다 단면보수를 통한 내구성 확보가 적합할 것으로 판단된다.
- 누수흔적의 경우 신축이음 누수에 의한 손상이며 시공미흡에 의한 잡철물 노출부가 부식되며 녹발생이 동반된 것으로 조사되었다. 구조물에 미치는 영향은 없으나 차후 시기적 고려를 통한 표면보수가 적합할 것으로 판단된다.
- 박리의 경우 균열부로 우수가 유입되며 발생한 손상으로 신축이음 물받이 설치를 통한 우수 차단 이후 단면보수를 통한 내구성 회복이 필요할 것으로 판단된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 금남IC RAMP-A교(하)의 교각은 상부구조 하중을 지반으로 전달하고, 교량의 구조적 안전성을 위한 중요 부재로 다주교식이며, 말뚝기초로 시공되었다.



【사진 4.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 금남IC RAMP(상) P1은 금남IC Ramp(상)과 교각을 공유하고 있으며, P2, P3은 독립된 구조물로 확인되었다. 외관조사 결과 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 박리, 누수흔적 등의 손상이 조사되었다.

【표 4.3.5】 교각 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
교각	균열(0.3mm미만)	m	31.90	57	
	균열(0.3mm이상)	m	1.80	1	
	망상균열	m ²	97.98	11	
	백태	m ²	4.16	5	
	누수흔적	m ²	6.50	3	
	박리	m ²	19.35	8	
	파손	m ²	0.02	1	
	채수	m ²	32.00	1	



교각 망상균열 P1



교각 망상균열 P1

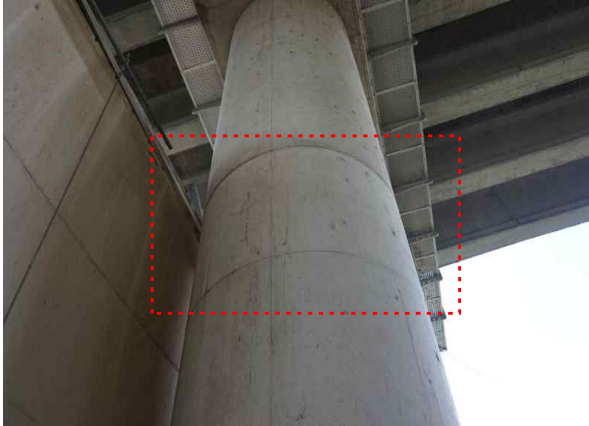


교각 코핑부 박리 P2



교각 코핑부 박리 P2

【사진 4.3.11】 교각 손상현황

	
교각 코핑부 박리 P2	교각 코핑부 박리 P2
	
교각 망상균열 P2	교각 균열(0.3mm미만) P2
	
교각 누수흔적 P2	교각 망상균열 P3

【사진 4.3.11】 교각 손상현황(계속)

	
교각 백태 P3	교각 파손 P3

【사진 4.3.11】 교각 손상현황(계속)

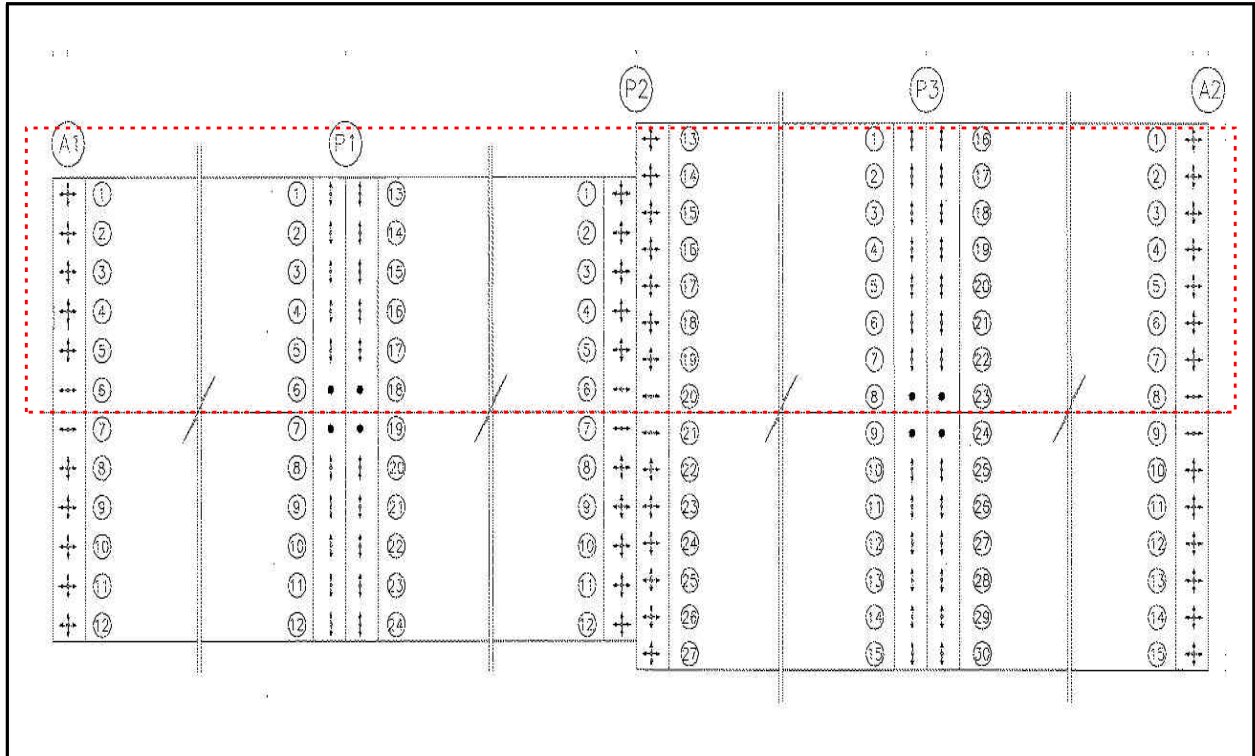
3) 검토의견

- 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열은 시공초기 건조수축 및 온도변화에 따른 비구조적 손상이며, 기 점검 자료와 비교·검토한 결과 균열(0.3mm이상)에 대한 일부 보수가 확인되었다.
- P2는 도로확장구간으로 교각일부 상면이 외기에 노출되는 상태이며, 신축이음 누수에 의한 우수와 제설제가 손상부와 접촉되며 체수와 박리가 발생한 상태로 조사되었다. 박리의 경우 손상 대부분이 P2 코핑부 하면에 위치하고 있으며, 공용 중 박락으로 진전될 경우 교량 하부에 설치된 근린시설 이용자 또는 교량 하부를 횡단하는 차량과의 충돌우려가 있으므로 우선적인 보수를 통한 사고예방이 필요한 것으로 판단된다.
- 체수의 경우 지속적인 우수접촉과 신축이음 누수에 의해 표면이 침식되며 발생한 손상으로 판단되며, 공용 중 반복적인 동결융해 작용에 의한 콘크리트 열화와 박리 등의 2차 손상 우려가 있으므로 단면보수와 배수 홈 설치가 필요한 상태로 조사되었다.
- 누수흔적의 경우 우천 또는 신축이음 누수에 의한 손상으로 일부 표면에 오염이 발생한 상태로 조사되었으나, 콘크리트의 열화, 박리 등의 2차 손상은 발생하지 않은 상태로 조사되었다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 교량받침의 형식은 탄성받침이며, 총 56개소가 시공되어 배치 현황은 다음과 같다.



【그림 4.3.1】 교량받침 배치도



교량받침 전경

교량받침 전경

【사진 4.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침 외관조사 결과 받침몰탈 균열(0.3mm미만), 콘크리트 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 백태, 박리 및 철근부식이 조사되었다.

【표 4.3.6】 교량받침 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
교량 받침	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	m	9.80	68	
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	7.70	25	
	받침콘크리트 균열(0.3mm이상)	m	1.00	2	
	받침콘크리트 백태	m ²	0.12	1	
	받침콘크리트 박리	m ²	0.90	5	
	박락 및 철근부식	m ²	3.40	14	



받침콘크리트 박리/철근부식 A1 SH6



받침 콘크리트 박리/철근부식 A1 SH5

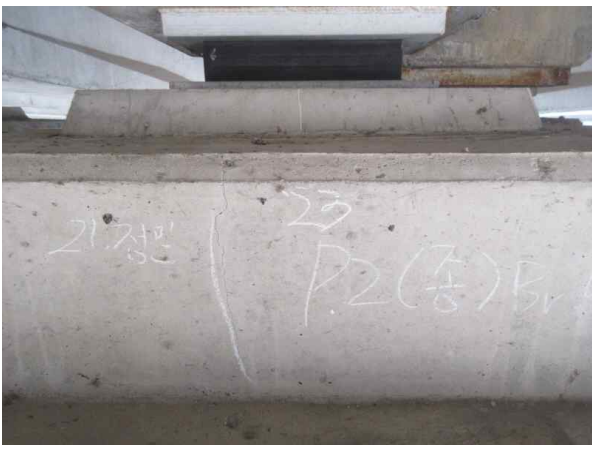


받침콘크리트 균열(0.3mm미만) A1 SH3



받침콘크리트 박리/철근부식 A1 SH1

【사진 4.3.13】 교량받침 손상현황

	
받침콘크리트 박리/철근부식 P2 A2-SH6	받침콘크리트 균열(0.3mm미만) P2 SH5
	
받침콘크리트 박리 A2 SH3	받침몰탈 균열(0.3mm미만) A2 SH6

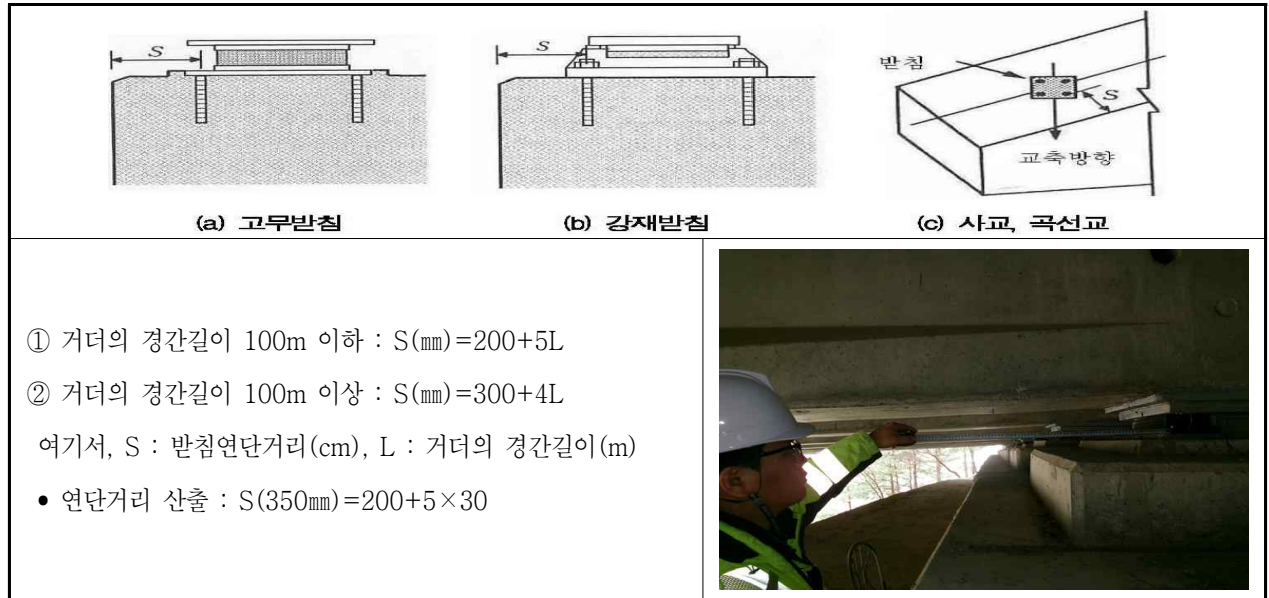
【사진 4.3.13】 교량받침 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 받침몰탈 및 콘크리트에 발생한 균열손상은 시공초기 건조수축과 온도변화에 따른 손상이며, 공용 중 신축이음 누수와 환경적 요인으로 일부손상이 진전되어 박리가 발생한 것으로 조사되었다. 현장조사 결과 박리부에 녹물흔적이 동반된 상태로 수분접촉에 의한 철근부식이 박리의 원인으로 판단되며, 공용 중 손상진전에 따른 박락 우려가 있으므로 단면보수(방청)를 통한 보수가 필요한 상태로 확인되었다.

4) 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 4.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

【표 4.3.7】 연단거리 측정 결과

구분		실측 연단거리								최소 연단 거리 (mm)	비고
		1	2	3	4	5	6	7	8		
A1	A2방향	540	550	540	550	540	550	—	—	350.0	양호
P1	A1방향	510	520	520	520	510	530	—	—	350.0	양호
	A2방향	520	510	510	510	520	520	—	—	350.0	양호
P2	A1방향	530	530	520	520	530	530	—	—	350.0	양호
	A2방향	340	530	530	540	530	540	530	530	350.0	양호
P3	A1방향	500	500	490	490	490	500	500	510	350.0	양호
	A2방향	490	490	500	490	500	510	500	520	350.0	양호
A2	A1방향	700	690	690	680	690	690	690	700	350.0	양호

① 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정결과 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)’에서 제시하고 있는 연단거리 기준을 만족하는 상태로 조사되었다. 따라서, 안전성을 확보한 상태로 연단거리 부족으로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다.

5) 교량받침 신축거동상태 검토

- 받침장치의 가동 여유량 검토는 준공 후 약 19년이 경과되어 교량의 신장 및 수축에 의해 안정화가 이루어진 상태이므로 건조수축, 크리프 등은 검토에서 배제하였고, 현 상태에서 신축이음의 신축에 가장 지배적인 온도에 의한 이동량을 계산하여 유간 확보 여부에 대한 검토를 실시하였다.

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

【표 4.3.8】 교량받침 온도변화에 의한 이동량 산정

위 치	온도변화(ΔT)		선팅창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L)	온도에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 이동량(mm)	교량받침 계산이동량(mm)	
	동절기 ($^{\circ}\text{C}$)	하절기 ($^{\circ}\text{C}$)			동절기	하절기		동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1	23.8	26.2	1.0×10^{-5}	30	7.1	7.9	—	7.1	7.9
P1	고정단								
P2	23.8	26.2	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.1	7.9
P3	고정단								
A2	23.8	26.2	1.0×10^{-5}	30	7.2	7.8	—	7.1	7.9

【표 4.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	10	7.1	7.9	44.9	24.1	± 42	O.K
	Sh2	10	7.1	7.9	44.9	24.1	± 42	O.K
	Sh3	8	7.1	7.9	42.9	26.1	± 42	O.K
	Sh4	10	7.1	7.9	44.9	24.1	± 42	O.K
	Sh5	7	7.1	7.9	41.9	27.1	± 42	O.K
	Sh6	7	7.1	7.9	41.9	27.1	± 42	O.K
P1		고정단						
P2 A1 층	Sh1	12	7.1	7.9	46.9	22.1	± 42	O.K
	Sh2	12	7.1	7.9	46.9	22.1	± 42	O.K
	Sh3	15	7.1	7.9	49.9	19.1	± 42	O.K
	Sh4	16	7.1	7.9	50.9	18.1	± 42	O.K
	Sh5	12	7.1	7.9	46.9	22.1	± 42	O.K
	Sh6	12	7.1	7.9	46.9	22.1	± 42	O.K
P2 A2 층	Sh1	8	7.1	7.9	42.9	26.1	± 42	O.K
	Sh2	8	7.1	7.9	42.9	26.1	± 42	O.K
	Sh3	8	7.1	7.9	42.9	26.1	± 42	O.K
	Sh4	10	7.1	7.9	44.9	24.1	± 42	O.K
	Sh5	7	7.1	7.9	41.9	27.1	± 42	O.K
	Sh6	7	7.1	7.9	41.9	27.1	± 42	O.K
	Sh7	9	7.1	7.9	43.9	25.1	± 42	O.K
	Sh8	7	7.1	7.9	41.9	27.1	± 42	O.K
P3		고정단						
A2	Sh1	0	7.1	7.9	34.9	34.1	± 42	O.K
	Sh2	0	7.1	7.9	34.9	34.1	± 42	O.K
	Sh3	5	7.1	7.9	39.9	29.1	± 42	O.K
	Sh4	5	7.1	7.9	39.9	29.1	± 42	O.K
	Sh5	0	7.1	7.9	34.9	34.1	± 42	O.K
	Sh6	0	7.1	7.9	34.9	34.1	± 42	O.K
	Sh7	5	7.1	7.9	39.9	29.1	± 42	O.K
	Sh8	5	7.1	7.9	39.9	29.1	± 42	O.K

※ 실측이동량 : (+)신장, (-)수축

② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 상부구조의 신축 또는 이동량을 흡수하고 교면 평탄성을 유지하여 차량의 주행성을 확보하기 위하여 상부구조에 설치하는 부속장치로 교축방향으로의 온도변화, 콘크리트의 크리프 및 건조 수축에 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, P2, A2에 Finger Joint가 3개소 설치되어있다.

	
A1 신축이음	P2 신축이음
	
A2 신축이음	A2 신축이음 차수판

【사진 4.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 외관조사 결과 신축이음하부누수, 유간 토사퇴적, 후타재 박리가 조사되었다.

【표 4.3.10】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
신축이음	신축이음 누수	m	51.00	3	
	유간 토사퇴적	m	51.00	3	
	후타재 박리	m ²	9.10	3	
	후타재 균열	EA	5.50	11	

	
신축이음 하부누수 Exp.Joint-A1	유간 토사퇴적 Exp.Joint-A1

【사진 4.3.15】 신축이음장치 손상현황

	
후타재 박리 Exp.Joint-A1	신축이음 하부누수 Exp.Joint-P2
	
후타재 박리 Exp.Joint-P2	후타재 균열 Exp.Joint-P2
	
신축이음 하부누수 Exp.Joint-A2	후타재 박리 Exp.Joint-A2

【사진 4.3.15】 신축이음장치 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 신축이음 누수의 경우 2022. 06에 교체가 이루어진 것으로 확인되었으며, 교체시기를 고려한 결과 시공미흡에 의한 누수로 판단된다. 공용 중 손상증진 우려가 있으므로 하자보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 유간토사퇴적의 경우 방호벽 하단부 박락에 의한 시멘트 및 골재유출에 의한 손상으로 신축 거동 확보를 위한 청소가 필요하며 방호벽 보수를 통한 퇴적물 유출차단이 필요한 것으로 판단된다.
- 후타재 박리의 경우 2022. 06에 교체가 이루어진 것으로 확인되었으며, 교체시기를 고려한 결과 시공미흡에 의한 품질저하로 판단된다. 공용 중 손상증진 우려가 있으므로 하자보수가 필요한 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.

4) 신축이음 거동상태 검토

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

- 신축이음의 유간검토는 준공 후 약 19년이 경과되어 교량의 신장 및 수축에 의해 안정화가 이루어진 상태이므로 시공전후 신축이음 설치시 필요한 건조수축, 크리프, 그리고 부가여유량 및 설치여유량 등은 검토에서 배제하였고, 현 상태에서 신축이음의 신축에 가장 지배적인 온도에 의한 이동량을 계산하여 유간 확보 여부에 대한 검토를 실시하였다.
- 신축이음 유간 계산시 온도변화량은 한랭지방 콘크리트교 기준($-15^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$)을 적용하였다. 신축이음 유간 측정시(2023년 03월 02일) 일평균기온($+5.5^{\circ}\text{C}$)을 기준으로 실측온도차를 산출하였고, 이 값을 적용온도변화(ΔT)에 적용하여 온도변화에 의한 이동량을 산출하였다.



【사진 4.3.16】 신축이음 유간측정



【사진 4.3.16】 신축이음 유간측정

【표 4.3.11】 신축이음 온도변화에 의한 변화량 계산

구 분	온도변화(ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축길이 (L)	온도변화에 의한 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기
A1	20.5	29.5	1.0×10^{-5}	30	6.2	8.9
P2	20.5	29.5	1.0×10^{-5}	30	6.2	8.9
				30	6.2	8.9
A2	20.5	29.5	1.0×10^{-5}	30	6.2	8.9

【표 4.3.12】 신축이음장치 유간 측정결과

구 분		계산 이동량(mm)		실측유간 (mm)	허용량 (mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
		동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	신축이음장치	6.2	8.9	33	50	10.8	24.1	O.K
	바닥판 단부	6.2	8.9	65	—	—	56.1	O.K
	거더 단부(상)	6.2	8.9	105	—	—	96.1	O.K
	거더 단부(하)	6.2	8.9	195	—	—	186.1	O.K
P2	신축이음장치	12.3	17.7	50	80	17.7	32.3	O.K
	바닥판 단부	12.3	17.7	200	—	—	182.3	O.K
	거더 단부(상)	12.3	17.7	210	—	—	192.3	O.K
	거더 단부(하)	12.3	17.7	205	—	—	187.3	O.K
A2	신축이음장치	6.2	8.9	35	50	8.8	26.1	O.K
	바닥판 단부	6.2	8.9	160	—	—	151.1	O.K
	거더 단부(상)	6.2	8.9	210	—	—	201.1	O.K
	거더 단부(하)	6.2	8.9	210	—	—	201.1	O.K

5) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간측정결과 측정일 일평균온도에서 측정된 신축유간은 신축유간 온도변화에 따른 이론식으로 산정한 결과 전 개소 최소 필요 유간 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되어 온도차에 따른 신축거동에는 문제가 없을 것으로 검토되었다.
- 주기적인 점검을 통한 신축 여유량을 조사하여 구조물 및 차량 안전성 확보여부를 검토하여야 한다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 금남IC RAMP-A교(하)는 편도 3차로의 아스팔트 포장(ACCP)으로 시공되어있다.



【사진 4.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장 외관조사 결과 교면포장 망상균열, 토사퇴적이 조사되었다.

【표 4.3.13】 교면포장 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
교면 포장	포장망상균열	m	2.25	1	
	토사퇴적	m ²	9.50	2	
	접속부 포장망상균열	m ²	2.80	1	

	
교면포장 균열 S1	교면포장 토사퇴적 S3
	
교면포장 토사퇴적 S3	교면포장 상태양호 S2

【사진 4.3.18】 교면포장 손상현황

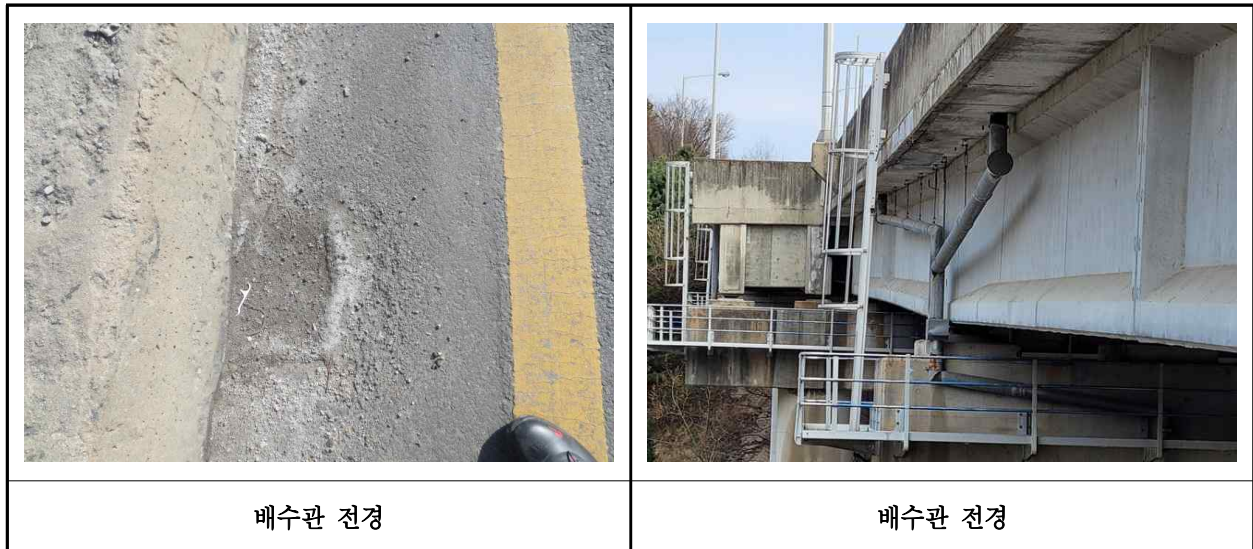
3) 검토의견

- 포장망상균열의 경우 공용 중 발생하는 반복하중과 탄성거동에 의한 손상이며 기 점검 시 조사된 포장균열이 진전된 손상으로 확인되었다.
- 토사퇴적의 경우 공용 중 우수에 포함된 토사가 퇴적되며 발생한 손상이며, 현장조사 당시 손상의 위치가 차량주행에 영향을 미치지 않으나 배수구 막힘과 신축이음 유간 토사퇴적을 유발하는 손상으로 청소를 통한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 금남IC RAMP-A교(하) 배수시설은 우천 시 교면수를 배출하여 체수로 인한 차량의 사고를 방지하고, 우수유입에 의한 시설물의 노후화와 손상을 방지하는 기능유지와 교통안전에 중요한 시설물로 10개소가 설치되어있다.



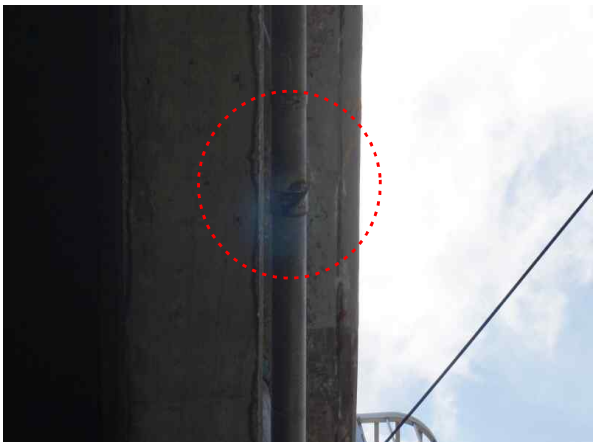
【사진 4.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설 외관조사 결과 배수구 막힘, 길이부족, 배수관 부식이 조사되었다.

【표 4.3.14】 배수시설 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
배수 시설	배수구 막힘	EA	5.00	5	
	유도배수관 미설치	m	4.00	2	
	배수관 이음부 부식	m ²	1.30	6	

	
배수구 막힘 S1	배수구 막힘 S4
	
배수관 이음부 부식 S2	유도배수관 길이부족 A2

【사진 4.3.20】 배수시설 손상현황

3) 검토의견

- 배수구 막힘의 경우 방호벽에 유출된 모래 및 골재 등의 유출에 의한 손상이며, 체수발생시 포장면의 손상과 주행중인 차량의 안전에 위험이 되므로 배수구 청소를 통한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 유도 배수관 미설치의 경우 교대 A1, A2에 발생한 손상으로 신축이음을 통한 우수가 교대 상면으로 유입되며 콘크리트 열화와 박리 등의 손상을 유발하므로 유도배수관 설치를 통한 우수차단이 필요한 상태로 조사되었다.
- 배수관 이음부 부식의 경우 바닥판 하면에 부착된 배수관에 발생한 손상으로 공용기간 증가에 따라 발생한 경미한 손상으로 조사되었다. 현 시점에서의 보수는 필요로 하지 않는 상태로 지속적인 점검을 통한 관리가 요구된다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 금남IC RAMP-A교(하)에는 차량의 차로이탈 및 차량사고 시 완충작용을 위한 방호시설로 콘크리트 방호벽이 시공되어있으며 도로교설계기준에서 제시하는 높이 $H=1.20\text{mm}$ 를 충족하고있는 것으로 확인되었다.



【사진 4.3.21】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽 외관조사 결과 방호벽 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 박락, 파손, 철근노출 등의 손상이 조사되었다.

【표 4.3.15】 난간 및 연석 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	금회		비고
			물량	개소	
방호벽 및 중앙 분리대	균열(0.3mm이상)	m	1.50	1	
	망상균열 및 백태	m ²	8.20	4	
	박락	m ²	18.23	22	
	열화	m ²	6.00	2	
	교면수 유입	m	120.00	1	
	표면박리	m ²	17.20	4	
	긁힘	m ²	0.05	1	
	차량규제봉 파손	EA	18.00	18	
	박락 및 철근노출	m ²	0.20	1	



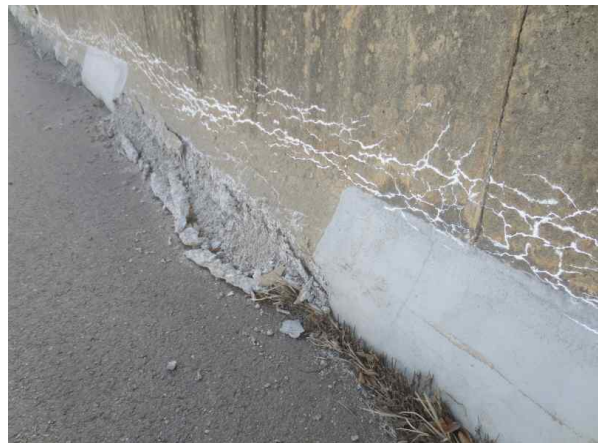
방호벽 박락 S1



방호벽 박락 S1



방호벽 박락 S1



방호벽 망상균열 및 백태/박락 S2

【사진 4.3.22】 난간 및 연석 손상현황

	
방호벽 박락 S2	방호벽 보수부 재균열(0.3mm이상) S3
	
방호벽 박락 S3	방호벽 박락 S2
	
중앙분리대 상행 박락 S1	중앙분리대 하행 박락 S1

【사진 4.3.22】 난간 및 연석 손상현황(계속)

	
중양분리대 차선 규제봉 탈락 S2~3	중양분리대 보수부 박락 S4

【사진 4.3.22】 난간 및 연석 손상현황(계속)

3) 검토의견

- 교면포장과 방호벽 이음부 사이로 교면수가 유입되어 망상균열, 백태, 박리, 박락 등의 손상이 발생하였으며, 방호벽 하단에 발생한 박락부에 지속적인 우수가 유입되며 골재, 모래 등의 재료가 유실된 상태로 조사되었다.
- 유실된 재료에 의한 배수구 막힘, 신축이음 유간 토사퇴적 등의 2차 손상이 발생하였으며, 내구성 저하에 의한 기능발휘가 어려운 상태로 판단되어 보수를 통한 내구성 회복이 필요한 것으로 판단된다.
- 손상별 부분보수는 보수의 효과를 보기 어렵다 판단되어, 방호벽 전체에 대한 주의관찰 및 일괄적보수와 갓길차로 측 부분재포장(시트방수)이 필요한 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 금남IC RAMP-A교(하)의 점검시설은 점검자가 구조물에 안전하게 근접하여 점검할 수 있으며, 유지보수 작업이 원활하도록 설치되는 시설물로 본 교량에 3개소(P1, P2, P3)가 설치되어 있다.



【사진 4.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 점검시설 외관조사 결과 교대 점검사다리 파손이 조사되었다.

【표 4.3.16】 교량 점검시설 외관조사 결과

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



【사진 4.3.24】 교량 점검시설 손상현황

	
점검통로 상태양호 P3	점검통로 고정장치 상태양호 P3

【사진 4.3.24】 교량 점검시설 손상현황(계속)

3) 검토의견

- S2에 발생한 점검사다리 파손은 차량충돌 등의 외부충격에 의한 손상이며, 구조물에 미치는 영향은 없으나 점검자의 작업을 원활하게 하고 안전사고를 예방할 수 있는 시설물로 재설치를 통한 보수가 적합한 것으로 판단된다.

타. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

추락방지시설 점검결과 점검시설의 설치상태는 전반적으로 양호한 것으로 확인되었으나, 일부 경미한 결함 등이 발생한 상태로 관련 상세내용은 본 장의 “4.3.2 부재별 외관조사 결과(카. 교량점검시설)”에 조사결과를 상세 기술하였다.

2) 도로포장

도로포장 점검결과 차량 주행에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않은 상태이나, 전반적인 포장균열 및 망상균열 손상이 발생한 상태로 관련 상세내용은 본 장의 “4.3.2 부재별 외관조사 결과(아. 교면포장)”에 조사결과를 상세 기술하였다.

3) 도로부 신축이음부

도로부 신축이음부 점검결과 유간 토사퇴적, 후타재 균열(0.3mm미만), 박리 및 박락, 파손 등의

손상이 조사되었으며, 관련 상세내용은 본 장의 “4.3.2 부재별 외관조사 결과(사. 신축이음장치)”에 조사결과를 상세 기술하였다.

4) 환기구 등의 덮개

환기구 덮개에 해당되는 부재는 없는 것으로 조사되었으며, 공중이 이용하는 부위의 환기구 덮개에 대한 항목은 상태평가에서 제외하였다.

4.3.3 외관조사 총괄표

【표 4.3.17】금회 점검 손상물량 집계표

부재	손상내용	손상물량			조치방안	비고
		단위	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	18.60	15	주의관찰	
	백태	m ²	36.64	5	주의관찰	
	누수흔적	m ²	67.40	8	주의관찰	
	망상균열/백태	m ²	2.60	2	주의관찰	
	열화	m ²	234.40	18	주의관찰	
	박리	m ²	0.96	1	단면보수	
	박락	m ²	1.32	5	단면보수	
	박락 및 철근노출	m ²	3.27	13	단면보수(방청)	
거더	균열(0.2mm미만)	m	4.00	5	표면보수	
	균열(0.2mm이상)	m ²	3.00	1	표면보수	
	망상균열	m ²	4.00	1	표면보수	
	박리	m ²	0.49	4	단면보수	
가로보	균열(0.3mm미만)	m	38.50	29	주의관찰	
	백태	m ²	0.27	1	주의관찰	
	박리	m ²	0.74	6	단면보수	
교대	균열(0.3mm미만)	m	8.00	7	주의관찰	
	균열(0.3mm이상)	m	1.00	1	주입보수	
	망상균열 및 백태	m ²	1.20	1	단면보수	
	녹발생	m ²	0.13	8	주의관찰	
	누수흔적	m ²	3.54	5	주의관찰	
	박리	m ²	1.02	3	단면보수	

【표 4.3.17】금회 점검 손상물량 집계표(계속)

부재	손상내용	단위	손상물량		조치방안	비고
			물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	31.90	57	표면보수	
	균열(0.3mm이상)	m ²	1.80	1	표면보수	
	망상균열	m ²	97.98	11	표면보수	
	백태	m ²	4.16	5	표면보수	
	누수흔적	m ²	6.50	3	표면보수	
	박리	m ²	19.35	8	단면보수	
	파손	m ²	0.02	1	단면보수	
	채수	m ²	32.00	1	배수홈 설치	
교량받침	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	m	9.80	68	주의관찰	
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	7.70	25	주의관찰	
	받침콘크리트 균열(0.3mm이상)	m	1.00	2	주입보수	
	받침콘크리트 백태	m ²	0.12	1	주의관찰	
	받침콘크리트 박리	m ²	0.90	5	단면부수	
	박락 및 철근부식	m ²	3.40	14	단면보수(방청)	
신축이음	신축이음 누수	m	51.00	3	하차	
	유간 토사퇴적	m	51.00	3	하차	
	후타재 박리	m ²	9.10	3	하차	
	후타재 균열	EA	5.50	11	하차	

【표 4.3.17】금회 점검 손상물량 집계표(계속)

부재	손상내용	손상물량			조치방안	비고
		단위	물량	개소		
교면포장	포장망상균열	m	2.25	1	주의관찰	
	토사퇴적	m ²	9.50	2	주의관찰	
	접속부 포장망상균열	m ²	2.80	1	주의관찰	
배수시설	배수구 막힘	EA	5.00	5	청소	
	유도배수관 미설치	m	4.00	2	재설치	
	배수관 이음부 부식	m ²	1.30	6	주의관찰	
방호벽 및 중앙분리대	균열(0.3mm이상)	m	1.50	1	단면보수	
	망상균열 및 백태	m ²	8.20	4	단면보수	
	박락	m ²	18.23	22	주의관찰	
	열화	m ²	6.00	2	단면보수	
	교면수 유입	m	120.00	1	재포장	
	표면박리	m ²	17.20	4	주의관찰	
	긁힘	m ²	0.05	1	주의관찰	
	차량규제봉 파손	EA	18.00	18	주의관찰	
점검시설	점검사다리 파손	EA	2.00	2	재설치	

4.3.4 기 점검 결과 비교

【표 4.3.18】 기 점검 결과 비교

구분	손상내용	단위	'21정밀안전점검 손상물량	'23정밀안전점검 손상물량	증감
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m ²	18.60	18.60	- -
	백태	m ²	36.24	36.64	▲ 0.40
	누수흔적	m ²	67.40	67.40	- -
	망상균열/백태	m ²	2.60	2.60	- -
	열화	m ²	234.40	234.40	- -
	박리	m ²	0.96	0.96	- -
	박락	m ²	1.32	1.32	- -
	박락 및 철근노출	m ²	1.87	3.27	▲ 1.40
거더	균열(0.2mm미만)	m	5.00	5.00	- -
	균열(0.2mm이상)	m ²	3.00	3.00	- -
	망상균열	m ²	4.00	4.00	- -
	박리	m ²	1.61	0.49	▼ 1.12
가로보	균열(0.3mm미만)	m	38.50	38.50	- -
	백태	m ²	0.27	0.27	- -
	박리	m ²	0.74	0.74	- -
교대	균열(0.3mm미만)	m	10.30	8.00	▼ 2.30
	균열(0.3mm이상)	m	1.00	1.00	- -
	백태	m ²	0.30	-	▼ 0.30
	망상균열 및 백태	m ²	1.20	1.20	- -
	녹발생	m ²	0.49	0.13	▼ 0.36
	누수흔적	m ²	3.54	3.54	- -
	박리	m ²	14.80	1.02	▼ 13.78
	박락 및 철근노출	m ²	7.10	-	▼ 7.10
교각	균열(0.3mm미만)	m	31.90	31.90	- -
	균열(0.3mm이상)	m ²	4.20	1.80	▼ 2.40
	망상균열	m ²	97.98	97.98	- -
	백태	m ²	4.16	4.16	- -
	누수흔적	m ²	6.50	6.50	- -

【표 4.3.18】 기 점검 결과 비교(계속)

구분	손상내용	단위	'21정밀안전점검 손상물량	'23정밀안전점검 손상물량	증감
교각	박리	m ²	16.35	19.35	▲ 3.00
	파손	m ²	0.02	0.02	— —
	채수	m ²	—	32.00	▲ 32.00
교량 받침	받침장치 부식	EA	56.00	—	▼ 56.00
	받침물탈 균열(0.3mm미만)	m	9.80	9.80	— —
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	6.50	7.70	▲ 1.20
	받침콘크리트 균열(0.3mm이상)	m	1.00	1.00	— —
	받침콘크리트 백태	m ²	0.12	0.12	— —
	받침콘크리트 박리	m ²	0.90	0.90	— —
	박락 및 철근부식	m ²	3.40	3.40	— —
신축 이음	신축이음 누수	m	—	51.00	▲ 51.00
	유간 토사퇴적	m	—	51.00	▲ 51.00
	후타재 박리	m ²	—	9.10	▲ 9.10
	후타재 균열	EA	—	5.50	▲ 5.50
교면 포장	포장망상균열	m	2.25	2.25	— —
	토사퇴적	m ²	9.50	9.50	— —
	접속부 포장망상균열	m ²	2.80	2.80	— —
배수 시설	배수구 막힘	EA	5.00	5.00	— —
	유도배수관 미설치	m	4.00	4.00	— —
	배수관 이음부 부식	m ²	1.30	1.30	— —
방호벽 및 중앙분 리대	균열(0.3mm이상)	m	1.50	1.50	— —
	망상균열 및 백태	m ²	8.20	8.20	— —
	박락	m ²	18.23	18.23	— —
	열화	m ²	6.00	6.00	— —
	교면수 유입	m	—	120.00	▲ 12.00
	표면박리	m ²	17.20	17.20	— —
	긁힘	m ²	0.05	0.05	— —
	차량규제봉 파손	EA	18.00	18.00	— —
점검 시설	점검사다리 파손	EA	—	2.00	▲ 2.00

4.4 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.

4.4.1 조사 현황 및 위치

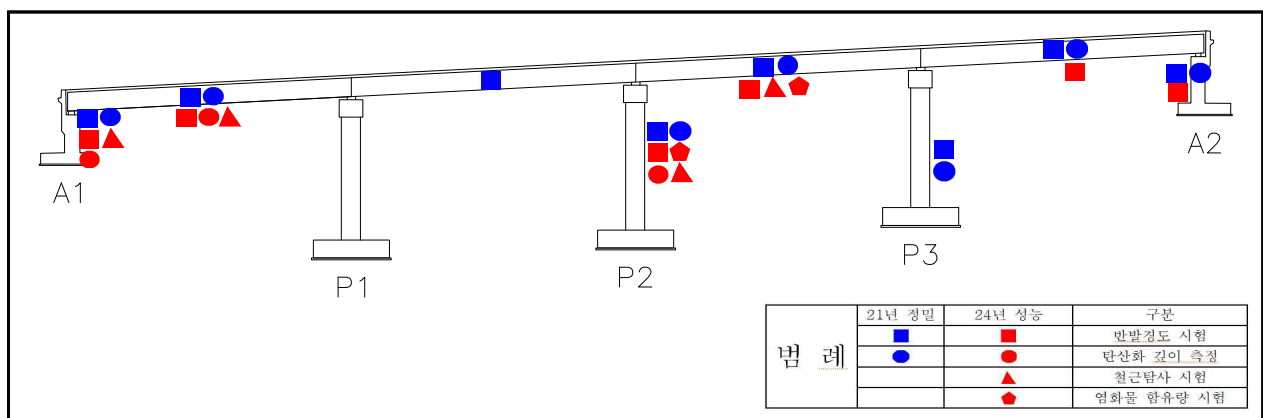
가. 조사 현황

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 4.4.1】 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	8	4	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	3	3	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	1	2	2	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	1	

나. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

4.4.2 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. 또한 반발경도에 의한 압축강도 추정은 보통 콘크리트는 일본건축학회식과 일본재료학회식을 사용하였고, 고강도 콘크리트는 과학기술부식과 한국시설안전공단 식을 사용하였다.



【사진 4.4.1】 반발경도 시험

【표 4.4.2】 상부구조(바닥판 및 가로보) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	48.3	27.3	27.9	0.63	27.0	건전
	S1 바닥판하면	49.0	27.9	28.3			비건전
	S3 바닥판하면	48.7	27.6	28.1			건전
	S4 바닥판하면	49.4	28.2	28.5			건전
	S3 가로보	50.1	28.7	28.7			건전

【표 4.4.3】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	한국시설 안전공단	재령보정 계수		
상부 구조	S1-G7 거더	50.1	40.0	48.3	0.63	40.0	건전
	S3-G7 거더	50.5	40.4	48.9			건전
	S4-G7 거더	52.3	42.1	51.5			건전

【표 4.4.4】 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	46.4	25.8	27.1	0.63	24.0	건전
	A1 교대	46.0	25.4	26.9			비건전
	A2 교대	46.2	25.6	27.0			건전
	P1 교각	45.6	25.1	26.7			건전

2) 구조물 형식별 콘크리트 추정 비파괴강도

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 27.3~28.7MPa, 상부구조(거더) 40.0~51.5MPa, 하부구조(교대 및 교각) 25.1~27.1MPa 로 측정 되었으며, 설계기준강도 압축강도(바닥판 및 가로보 : 27.0MPa, 거더 : 40.0MPa, 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 4.4.5】 기 정밀안전점검 결과와 비교(반발경도측정결과)

구 분	위치	전 회	금 회	설계기준강도
반발경도법	바닥판 및 가로보	28.7 ~ 30.6	27.3 ~ 28.7	27.0
	거더	46.0 ~ 49.6	40.0 ~ 51.5	40.0
	교대 및 교각	24.8 ~ 29.3	25.1 ~ 27.1	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 3개소, 하부 3개소를 실시하여, 총 6개소를 실시하였으며, 철근 피복은 다소의 변동 폭을 보이는 것으로 조사되었으며 이는 시공시 발생된 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.



【사진 4.4.2】 철근탐사 시험

【표 4.4.6】 철근탐사 결과

구 분	측정위치	철근	측정결과(mm)		설계도면(mm)		비고
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	
상부 구조	S1 바닥판하면	주철근	30	120	40	125	양호
		배력철근	35	145	40	150	
	염화물 S3 바닥판하면	주철근	30	125	40	125	양호
		배력철근	37	165	40	150	
	S1-G7 거더	주철근	52	100	40	100	양호
		배력철근	57	170	40	189	
하부 구조	A1 교대	수직철근	90	260	100	250	양호
		수평철근	85	135	100	150	
	P2 교각	수직철근	100	115	100	100	양호
		수평철근	91	235	100	300	
	염화물 P2 교각	수직철근	89	150	100	200	양호
		수평철근	90	170	100	300	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

다. 탄산화 깊이 측정

금남IC RAMP-A교(하)에서 탄산화시험은 상부구조 2개, 하부구조 2개로 총 4개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음”인 ‘a’ 등급으로 평가되었고, 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.



【사진 4.4.3】 탄산화 시험

【표 4.4.7】 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	2.0	31.0	29.0	a	0.52	100년 이상	
	S1-G7 거터	2.0	32.0	30.0	a	0.52	100년 이상	
하부구조	A1 교대	13.0	86.0	73.0	a	3.36	100년 이상	
	P2 교각	8.0	90.0	82.0	a	2.07	100년 이상	

2) 기 정밀안전점검 결과와 비교

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

【표 4.4.8】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	1.0~4.5	27.5~31.0	b	2.0	29.0~30.0	b	
하부구조	7.0~14.0	77.5~83.0	a	8.0~13.0	73.0~82.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 상부구조의 잔여깊이가 30mm 이하로 측정되어되어 속도계수에 따른 수명예측이 100년 이상인 점을 고려할 경우 탄산화에 의한 부식발생 가능성은 없을 것으로 판단된다.						

라. 내구성조사 결과 요약

【표 4.4.9】내구성조사 결과 요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과 (배근간격)	설계기준 (피복두께)	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 및 가로보	27.3 ~ 28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.0 ~ 51.5	40.0	
	하부구조	교대 및 교각	25.1 ~ 27.1	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		29.0~30.0	b등급	■ 상부구조 탄산화 잔여깊이 30mm이하 ■ 속도계수에 따른 수명예측을 고려하여 부식발생 가능성 없음
	하부구조		73.0~82.0	a등급	
철근탐사 (배근간격/피복 두께) (mm)	상부 구조	수직철근	100~125	30~52	■ 피복두께 및 배근간격은 대체로 설계치와 일치하나 일부구간 배근간격이 다소 상이하고 피복두께도 다소 부족한 것으로 조사됨
		수평철근	145~170	35~57	
	하부 구조	수직철근	115~260	89~100	
		수평철근	135~235	85~91	
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 4.4.10】 내구성조사 결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고		
			전회		금회				
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	바닥판 및 가로보	28.7	~	30.6	27.3	~	28.7	■ 강도저하 없음
		거더	46.0	~	49.6	40.0	~	51.5	
	하부 구조	교대 및 교각	24.8	~	29.3	25.1	~	27.1	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		27.5~31.0		b	29.0~30.0		b	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		77.5~83.0		a	73.0~82.0		a	
철근탐사 (배근간 격/피복 두께) (mm)	상부 구조	수직철근	—		—	100~125		30~52	■ 배근간격은 측정위치에 따른 편차가 있으나 설계 도면과 유사하게 측정되어 철근배근 상의 문제는 없는 것으로 판단되며 피복두께는 기 진단결과와 마찬가지로 일부구간에서 작거나 크게 시공된 것으로 확인됨
		수평철근	—		—	145~170		35~57	
	하부 구조	수직철근	—		—	115~260		89~100	
		수평철근	—		—	135~235		85~91	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨								

바. 반발경도 시험 보고서

【표 4.4.11】 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, 가로보 : 27.0MPa 거더 : 40.0MPa 교대/교각 : 24.0MPa	
시험 위치의 표면상태	양호	
시험시 온도	29.1℃	15.5℃
콘크리트 재령	3,000일 이상	
콘크리트 내부의 함수상태	기건 상태	기건 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 4.4.12】 탄산화 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2024년 04월 04일
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. 철근탐사시험 보고서

【표 4.4.13】 철근탐사시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2024년 4월 4일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	상부구조, 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)		－ 반사물체까지의 거리(D)	
$V = C / \sqrt{\epsilon_r} \quad (m/s)$		$D = VT / 2 \quad (m)$	
여기서, C : 진공중에서의 전자파속도		여기서, V : 콘크리트 내의 전자파속도	
ϵ_r : 콘크리트의 비유전율		T : 왕복전파시간	
시험 성과표 참조			

자. 염화물함유량시험 보고서

【표 4.4.14】 염화물함유량시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2024년 4월 4일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조(철근콘크리트 구조물)	
조 사 수 량	상부구조	1개소	바닥판하면 S3
	하부구조	1개소	교각 P2
구조물 경과연수		경과연수 : 19년	
측정면 종류		기건 상태의 건전한 콘크리트 면 (그라인딩을 통해 요철 제거, 평탄 작업 실시)	
사용 골재의 종류		보통골재	
시험방법		시험부재의 철근깊이까지 10~20mm 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713의 산-가용성 염화물시험 방법으로 실시	
시험 성과표 참조			

4.5 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.

4.5.1 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 4.5.1】 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
—	A1	PSCI	—	—	—	—	—	—	c	c	b	q
S1	P1	PSCI	c	c	b	b	c	c	—	b	b	q
S2	P2	PSCI	c	b	b	a	b	c	c	c	c	q
S3	P3	PSCI	c	b	b	b	c	c	—	b	b	q
S4	A2	PSCI	c	b	b	a	c	c	c	c	c	q
평균			0.400	0.250	0.200	0.150	0.350	0.400	0.400	0.320	0.280	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.060	0.063	0.008	0.006	0.011	0.008	0.028	0.048	0.070	—
											0.301	
											C	

■ 결함도 범위 : $0.260 \leq \text{결함도지수}(0.301) < 0.490$

나. 공중이 이용하는 부위 상태안전성능평가

① 추락방지시설

추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 “c” 로 평가됨.

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

② 도로포장

포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 “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

부분적 균열, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태로 “c” 로 평가됨.

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

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

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

다. 시설물 전체 상태안전성능평가 결과

【표 4.5.2】 시설물 전체 상태안전성능평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태안전 성능평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
금남IC RAMP-A교(하)	0.301	C	120	2	240	1.000	0.301
합계(Σ)			120	2	240	1.000	0.301
1. 평가지수 =							0.301
2. 상태안전성능평가결과 =							C

4.5.2 구조안전성능평가

금회 과업은 2종 성능평가로써 기 진단(구조해석)자료가 부재한 상태로 설계당시 준공도면, 구조계산서 등 기초자료를 검토하여 구조안전성능평가를 실시하였다.

구조안전성능 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 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) 내하력 평가 설계 조건

1.1	교량 형식	:	POST TENSIONING TYPE P.S.C BEAM 교
1.2	교량연장	:	2 @ 30.00 = 60.00
1.3	교량폭원	:	14.538 m ,평면선형: 직선 m
1.4	포 장	:	ASPHALT 포장
1.5	교량등급	:	1 등교
1.6	PSC형 길이	:	29.90 m
1.7	지 간 장	:	29.10 m
1.8	활 하 중		
1.8.1	차 른 하 중	:	DB 24 & DL 24
1.8.2	충 격 계 수	:	
	DB,DL :	$i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$	
1.9	재료 의 강도 및 허용응력(도.설P307~309,콘.설P185~186)		
1.9.1	P.S.C BEAM		
1)	콘크리트 설계기준강도	:	$f_{ck} = 400 \text{ kgf/cm}^2$
2)	철근의 항복강도	:	$f_y = 3,000 \text{ kgf/cm}^2$ (SD 30)
3)	크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 허용응력		
(1)	허용휨 압축응력	:	$f_{ci} = 0.800 \times f_{ck} = 320.0$)
	$f_{ca} = 0.55 \times f_{ci}$	:	176.000 kgf/cm^2
(2)	허용휨 인장응력		
-	부작원 철근이 없는 인장구역	:	$f_{cat} = 14.000 \text{ kgf/cm}^2$
	$f_{ta} = 0.800 \times \sqrt{f_{ci}}$	:	14.311 kgf/cm^2
	$\therefore f_{cat} = 14.000$	:	kgf/cm^2
-	부작원 철근이 있는 인장구역	:	
	$f_{ta} = 1.600 \times \sqrt{f_{ci}}$	:	28.622 kgf/cm^2
4)	모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력		
(1)	허용휨 압축응력	:	$f_{caw} = 0.400 \times f_{ck} = 160.000 \text{ kgf/cm}^2$

2) 설계 단면

(2) 허용된 인장응력

- 미리 압축력을 가한 인장구역에서 부착된 철근을 갖는 부재
$$f_{taw} = 1.600 \times \sqrt{f_{ck}} = 32.000 \text{ kgf/cm}^2$$
- 해면지역과 같이 심각한 부식에 노출된 상태
$$f_{taw} = 0.800 \times \sqrt{f_{ck}} = 16.000 \text{ kgf/cm}^2$$
- 미리 압축력을 가한 인장구역에서 부착된 철근이 없는 부재
$$f_{taw} = 0.000 \times \sqrt{f_{ck}} = 0.000 \text{ kgf/cm}^2$$

5) 허용 균열응력 ; $f_{cr} = 2.000 \times \sqrt{f_{ck}} = 40.000 \text{ kgf/cm}^2$

1.9.2 P.S STRAND (SWPC 7B (12.7mm)x12-4EA)

$$A = 0.9071 \times \frac{cm^2}{EA} \times 12.0 = 11.845 \text{ cm}^2$$

CABLE ; 4 x 11.845 = 47.381 cm²

1) 인장강도 ; $f_{pu} = 19,000 \text{ kgf/cm}^2$

2) 항복강도 ; $f_{py} = 16,000 \text{ kgf/cm}^2$

3) 허용 인장응력

-JACK에 의한 최대 긴장력 ;

$$f_{py}' = 0.800 \times f_{py} = 12,800 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{py}' = 0.900 \times f_{py} = 14,400 \text{ kgf/cm}^2$$

작은값사용

-전착 후 전착부에서의 허용응력 ;

$$f_{py}' = 0.700 \times f_{py} = 11,200 \text{ kgf/cm}^2$$

-손실이 일어난후 사용하중 상태에서의 허용응력

$$f_{py}' = 0.800 \times f_{py} = 12,800 \text{ kgf/cm}^2$$

-전착 후 활동에 의한 손실구역 끝부분에서의 허용응력 ;

$$f_{py}' = 0.830 \times f_{py} = 13,280 \text{ kgf/cm}^2$$

1.9.3 바닥판

1) 콘크리트 설계기준강도 ; $f_{ck} = 270 \text{ kgf/cm}^2$

2) 철근의 항복강도 ; $f_y = 4,000 \text{ kgf/cm}^2$

1.10 탄성계수 (도.시P332-334)

- P.S.C BEAM CON'C ; $E_c = 3000 \times w^{1.5} \times \sqrt{f_{ck}} + 70000$
 $= 286,000 \text{ kgf/cm}^2$ ($W_c = 2.35 \text{ kgf/cm}^2$)
- P.S STRAND ; $E_s = 2,000,000 \text{ kgf/cm}^2$
- 철근 ; $E_s = 2,000,000 \text{ kgf/cm}^2$
- 바닥판 콘크리트 ; $E_c = 4,270 \times W^{1.5} \times \sqrt{f_{ck}}$
 $= 278,000 \text{ kgf/cm}^2$ ($W_c = 2.8 \text{ kgf/cm}^2$)

1.10 단위중량

- 철근 콘크리트 ; $Y_c = 2.500 \text{ t/m}^3$
- ASPHALT 포장 ; $Y_{ac} = 2.300 \text{ t/m}^3$

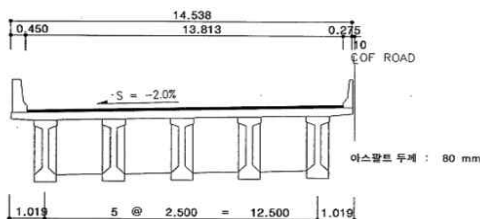
1.12 설계방법 (강도설계법)

- $U = 1.300 \times M_D + 2.150 \times M_L + I$
- $U = 1.300 \times M_D + 1.300 \times M_h + 1.300 \times M_L + I$
- $U = 1.200 \times M_D + 1.200 \times M_h + 1.200 \times M_L$

1.13 참고문헌

- 도로교 표준 시방서 (한국콘크리트학회)
- 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부)
- 도로 설계요령 (한국도로공사)
- 도로교설계기준 (한국 도로교통협회)

§2. 설계 단면



§3. 바닥판 설계

3.1 바닥판의 최소 두께

① 연속 바닥판

- 유효지간장 산정
$$\frac{\text{상부플랜지폭}}{\text{바닥판 두께}} = \frac{0.700}{0.250} = 2.80 < 4$$
- 주) 유효지간장은 인접한 상부플랜지 끝단사이의 순지간
$$L = 1.800 \text{ m로 산정}$$
- 유효지간장에 의한 바닥판 두께
$$t = 3L + 13 = 3 \times 1.800 + 13 = 18.400 \text{ cm} < 22.000 \text{ cm}$$

② 캔틸레버 바닥판 (방호울타리)

- 유효지간장 산정
$$\frac{\text{상부플랜지폭}}{\text{바닥판 두께}} = \frac{0.700}{0.250} = 2.80 < 4$$
- 주) 유효지간장은 상부플랜지 끝단에서 캔틸레버 끝단사이
$$L = 0.669 \text{ m로 산정 (교정하중 지간)}$$
- 유효지간장에 의한 바닥판 두께
$$t = 28L + 18 = 28 \times 0.094 + 18 = 20.632 \text{ cm} < 22.000 \text{ cm}$$

바닥판 최소두께 요약 (단위 : cm)				
구분	계산 최소두께	시방 최소두께	적용 두께	판정
연속 바닥판	18.400	22	25	O.K
캔틸레버 바닥판	20.632	22	25	O.K

- 사용철근 및 피복
- 주 철근 : H 16
- 배면철근(지점부 보강철근) : H 16 + H 16
- 상단피복 : 6 cm
- 하단피복 : 4 cm
- 바닥판 최소두께 $t = 22 \text{ cm}$ 적용시 철근의 연속 순간격
$$S = 220 - (16 + 16 \times 2 \text{ EA}) - 100 \text{ (피복의 합)}$$

$$= 72 \text{ mm} > 40 \text{ mm 이상}$$
- 바닥판 최소두께 $t = 25 \text{ cm}$ 적용시 철근의 연속 순간격
$$S = 250 - (16 + 16 \times 2 \text{ EA}) - 100 \text{ (피복의 합)}$$

$$= 102 \text{ mm} > 40 \text{ mm 이상}$$
- ∴ 바닥판 두께 $t = 25 \text{ cm}$ 적용

주) 활용한 시공성을 감안하여 바닥판 최소두께 25cm를 적용하였다.

3.2 중앙부

① 고정하중 작용하중 산정

- 아스팔트 포장 ($t=80\text{m/m}$) : $0.080 \times 2.30 = 0.184 \text{ tont/m}^2$
- 슬래브 ($t=250\text{m/m}$) : $0.250 \times 2.50 = 0.625 \text{ tont/m}^2$
- $\Sigma W_d = 0.809 \text{ tont/m}^2$
- $M_d = \pm \frac{W_d L^2}{10} = \pm \frac{0.809 \times 1.800^2}{10} = \pm 0.262 \text{ tont-m/m}$
- 여기서, + : 지간 침하멘트
- : 지점 침하멘트

② 활하중

- 충격계수 (i)
$$i = \frac{15}{40 + L} \leq 0.3$$

$$= \frac{15}{40 + 1.800} = 0.359 > 0.3$$
- $i = 0.300$ 적용
- $M_l = \frac{L}{9.6} \times P \times (1 + i) \times 0.8$
- $= \frac{1.800 + 0.6}{9.6} \times 9.6 \times (1 + 0.300) \times 0.8$
- $= 2.496 \text{ tont-m/m}$

③ 원상하중 : D8.DL(설계속도: 80 km/hr)

- $CF = 0.790 \times \frac{V_n}{R}$
- $= 0.790 \times \frac{80^2}{0} (\%) = 0.000 (\%)$
- $P_{cf} = \frac{9.6}{E} \times \frac{0.000}{100} = 0.000 \text{ tont/m}$
- $M_{cf} = 0.000 \times 1.800 = 0.000 \text{ tont-m/m}$

· 유효중 분포폭 (E)

$$\frac{PL}{4E} = \frac{L + 0.6}{9.6} \times P$$

$$\therefore E = \frac{2.4L}{L + 0.6} = \frac{2.4 \times 1.800}{1.800 + 0.6} = 1.8$$

④ 하중조합

구분	고정하중	DB, DL	원심하중		합계	비고
CASE 1	1.3	2.15	1.3			2.2.1
사용하중				사용성 검토		
CASE 1	0.262	2.496	0.000		2.758	2.2.1
극한하중				단면 검토		
CASE 1	0.341	5.366	0.000		5.707	2.2.1

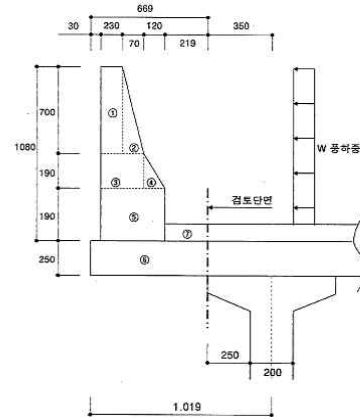
· 작용하중

$$M = 2.758 \text{ tonf-m/m}$$

$$Mu = 5.707 \text{ tonf-m/m}$$

단면검토 (OUTPUT 참조)

$$B = 100 \text{ cm}, D = 21 \text{ cm}, D' = 4 \text{ cm}$$



· 작용하중 산정

① 고정하중

구분	작용하중 (Wd)	팔길이 (Arm) (m)	모멘트 (Md) (tonf-m/m)
①	0.230 x 0.700 x 2.50 = 0.403	0.524	0.211
②	0.070 x 0.700 x 2.50 x 1/2 = 0.061	0.386	0.024
③	0.300 x 0.190 x 2.50 = 0.143	0.489	0.070
④	0.120 x 0.190 x 2.50 x 1/2 = 0.029	0.299	0.009
⑤	0.420 x 0.190 x 2.50 = 0.200	0.429	0.086
⑥	0.669 x 0.250 x 2.50 = 0.418	0.335	0.140
⑦	0.219 x 0.080 x 2.30 = 0.040	0.110	0.004
1단난간		0.267	0.135
Σ		1.561	0.679

$$\therefore \text{방호 울타리 고정하중} = 1.103 \text{ tonf/m} \quad \Sigma Wd = 1.561 \text{ tonf/m}$$

$$H = 1.00 \text{ tonf} \quad (\text{적선구간: } 1.0 \text{ tonf/m}, \text{극선구간: } 2.0 \text{ tonf/m})$$

$$\therefore Mco = 1.00 \times 1.080 \text{ m} = 1.080 \text{ tonf-m/m}$$

② 통하중

$$\therefore Pw = 300 \text{ kgf/m}$$

$$Mw = 0.300 \times \frac{1.000}{2} = 0.150 \text{ tonf-m/m}$$

④ 하중조합

구분	고정하중	통하중	통하중	원심하중		합계	비고
CASE 1	1.3	-	1.3				2.2.2
CASE 2	1.3	1.3	-				2.2.8
CASE 3	1.2	1.2	1.2				2.2.9
사용하중				사용성 검토			
CASE 1	0.679		0.150		0.629	2.2.2	
CASE 2	0.679	1.080			1.759	2.2.8	
CASE 3	0.679	1.080	0.150		1.909	2.2.9	
극한하중				단면 검토			
CASE 1	0.883		0.195		1.078	2.2.2	
CASE 2	0.883	1.404			2.287	2.2.8	
CASE 3	0.815	1.296	0.180		2.291	2.2.9	

· 작용하중

$$M = 1.909 \text{ tonf-m/m}$$

$$Mu = 2.291 \text{ tonf-m/m}$$

단면검토 (OUTPUT 참조)

$$B = 100 \text{ cm}, D = 19 \text{ cm}, D' = 8 \text{ cm}$$

3.2.1 철근량 산정

<< Input Data >>

$$\therefore \text{CON'C 설계기준강도} \quad fck = 27.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\therefore \text{철근항복강도} \quad fy = 4,000 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\therefore \text{극한모멘트} \quad Mu = 5.707 \text{ tf.m} \quad \therefore \text{강도감소계수(휨)} \quad \phi f = 0.850$$

$$\therefore \text{극한전단력} \quad Su = 0.000 \text{ tf} \quad \therefore \text{강도감소계수(전단)} \quad \phi s = 0.800$$

$$\therefore \text{극한축하중} \quad Nu = 0.000 \text{ tf} \quad \therefore \text{강도감소계수(축력)} \quad \phi c = 0.650$$

$$\therefore \text{단면의 폭} \quad b = 100.0 \text{ cm} \quad \therefore \text{편심거리} \quad e = 0.000 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{단면의 높이} \quad h = 25.0 \text{ cm} \quad \therefore \text{CON'C 피복두께} \quad d' = 4.000 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{유효높이} \quad d = 21.0 \text{ cm}$$

*** 소요철근량 산정 ***

$$k1=0.850 \quad fck \leq 280 : K=0.85$$

$$fck > 280 : K=0.85 - (fck - 280) \times 0.007/10$$

$$a = As \cdot fy / 0.85 \cdot fck \cdot b = 0.1743As$$

$$Mu = \phi \cdot As \cdot fy \cdot (d - a/2)$$

$$296.296 \quad As^2 - 71400.000 \quad As + 570700.000 = 0$$

$$As(Req) = 8.277 \text{ cm}^2$$

$$4/3 \cdot As(Req) = 11.036 \text{ cm}^2 \quad \text{최소 소요철근량} \quad As'm = 8.277 \text{ cm}^2$$

$$As(min) = 14/fy \times b \times d = 7.350 \text{ cm}^2$$

$$\text{사용철근량} = H \quad 16 \quad @ \quad 125 = 15.880 \text{ cm}^2 < As(max) \text{ --- OK}$$

$$As(max) = 0.75 \times 0.85 \times k1 \times (fck/fy) \times (6000/(6000+fy)) \times b \times d$$

$$= 46.086 \text{ cm}^2$$

$$\phi Mn = 0.85 \times As \times fy \times (d - a/2) = 1059114 = 10.591 \text{ tf.m}$$

$$\therefore \phi Mn = 10.591 \text{ tf.m} > Mu = 5.707 \text{ tf.m} \text{ --- OK}$$

· 유효중 분포폭 (E)

$$\frac{PL}{4E} = \frac{L + 0.6}{9.6} \times P$$

$$\therefore E = \frac{2.4L}{L + 0.6} = \frac{2.4 \times 1.800}{1.800 + 0.6} = 1.8$$

④ 하중조합

구분	고정하중	DB, DL	원심하중		합계	비고
CASE 1	1.3	2.15	1.3			2.2.1
사용하중				사용성 검토		
CASE 1	0.262	2.496	0.000		2.758	2.2.1
극한하중				단면 검토		
CASE 1	0.341	5.366	0.000		5.707	2.2.1

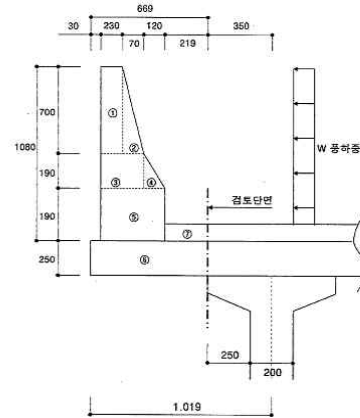
· 작용하중

$$M = 2.758 \text{ tonf-m/m}$$

$$Mu = 5.707 \text{ tonf-m/m}$$

단면검토 (OUTPUT 참조)

$$B = 100 \text{ cm}, D = 21 \text{ cm}, D' = 4 \text{ cm}$$



· 작용하중 산정

① 고정하중

구분	작용하중 (Wd)	팔길이 (Arm) (m)	모멘트 (Md) (tonf-m/m)
①	0.230 x 0.700 x 2.50 = 0.403	0.524	0.211
②	0.070 x 0.700 x 2.50 x 1/2 = 0.061	0.386	0.024
③	0.300 x 0.190 x 2.50 = 0.143	0.489	0.070
④	0.120 x 0.190 x 2.50 x 1/2 = 0.029	0.299	0.009
⑤	0.420 x 0.190 x 2.50 = 0.200	0.429	0.086
⑥	0.669 x 0.250 x 2.50 = 0.418	0.335	0.140
⑦	0.219 x 0.080 x 2.30 = 0.040	0.110	0.004
1단난간			
Z			

$$\therefore \text{방호 울타리 고정하중} = 1.103 \text{ tonf/m} \quad \Sigma Wd = 1.561 \text{ tonf/m}$$

$$H = 1.00 \text{ tonf} \quad (\text{적선구간: } 1.0 \text{ tonf/m}, \text{극선구간: } 2.0 \text{ tonf/m})$$

$$\therefore Mco = 1.00 \times 1.080 \text{ m} = 1.080 \text{ tonf-m/m}$$

④ 통하중

$$\therefore Pw = 300 \text{ kgf/m}$$

$$Mw = 0.300 \times \frac{1.000}{2} = 0.150 \text{ tonf-m/m}$$

④ 하중조합

구분	고정하중	통하중	통하중	원심하중		합계	비고
CASE 1	1.3	-	1.3				2.2.2
CASE 2	1.3	1.3	-				2.2.8
CASE 3	1.2	1.2	1.2				2.2.9
사용하중				사용성 검토			
CASE 1	0.679		0.150			0.829	2.2.2
CASE 2	0.679	1.080				1.759	2.2.8
CASE 3	0.679	1.080	0.150			1.909	2.2.9
극한하중				단면 검토			
CASE 1	0.883		0.195			1.078	2.2.2
CASE 2	0.883	1.404				2.287	2.2.8
CASE 3	0.815	1.296	0.180			2.291	2.2.9

· 작용하중

$$M = 1.909 \text{ tonf-m/m}$$

$$Mu = 2.291 \text{ tonf-m/m}$$

단면검토 (OUTPUT 참조)

$$B = 100 \text{ cm}, D = 19 \text{ cm}, D' = 8 \text{ cm}$$

3.2.1 철근량 산정

<< Input Data >>

$$\therefore \text{CON'C 설계기준강도} \quad fck = 27.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\therefore \text{철근항복강도} \quad fy = 4,000 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\therefore \text{극한모멘트} \quad Mu = 5.707 \text{ tf.m} \quad \therefore \text{강도감소계수(휨)} \quad \phi f = 0.850$$

$$\therefore \text{극한전단력} \quad Su = 0.000 \text{ tf} \quad \therefore \text{강도감소계수(전단)} \quad \phi s = 0.800$$

$$\therefore \text{극한축하중} \quad Nu = 0.000 \text{ tf} \quad \therefore \text{강도감소계수(축력)} \quad \phi c = 0.650$$

$$\therefore \text{단면의 폭} \quad b = 100.0 \text{ cm} \quad \therefore \text{편심거리} \quad e = 0.000 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{단면의 높이} \quad h = 25.0 \text{ cm} \quad \therefore \text{CON'C 피복두께} \quad d' = 4.000 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{유효높이} \quad d = 21.0 \text{ cm}$$

*** 소요철근량 산정 ***

$$k1=0.850 \quad fck \leq 280 : K=0.85$$

$$fck > 280 : K=0.85 - (fck - 280) \times 0.007/10$$

$$a = As \cdot fy / 0.85 \cdot fck \cdot b = 0.1743As$$

$$Mu = \phi \cdot As \cdot fy \cdot (d - a/2)$$

$$296.296 \quad As^2 - 71400.000 \quad As + 570700.000 = 0$$

$$As(Req) = 8.277 \text{ cm}^2$$

$$4/3 \cdot As(Req) = 11.036 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{최소 소요철근량} \quad As'm = 8.277 \text{ cm}^2$$

$$As(min) = 14/fy \times b \times d = 7.350 \text{ cm}^2$$

$$\text{사용철근량} = H \ 16 \ @ \ 125 = 15.880 \text{ cm}^2 < As(max) \text{ --- OK}$$

$$As(max) = 0.75 \times 0.85 \times k1 \times (fck/fy) \times (6000/(6000+fy)) \times b \times d$$

$$= 46.086 \text{ cm}^2$$

$$\phi Mn = 0.85 \times As \times fy \times (d - a/2) = 1059114 = 10.591 \text{ tf.m}$$

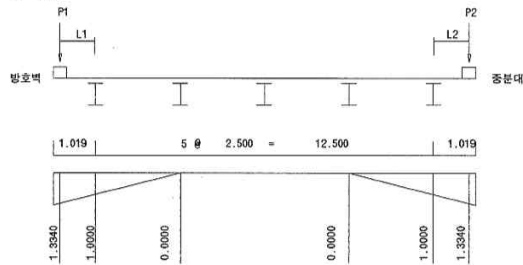
$$\therefore \phi Mn = 10.591 \text{ tf.m} > Mu = 5.707 \text{ tf.m} \text{ --- OK}$$

3) 반력 및 설계하중 산정

§ 4. 반력 및 GIRDER 설계하중 산정

4.1 반력 산정

(1) 사하중



$$P1 = \text{방호벽 하중} = 1.103 \text{ tf}$$

$$L1 = 0.535 / 1.103 + 0.350 = 0.835 \text{ m}$$

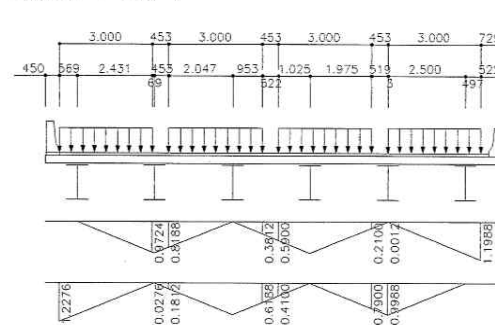
① 외측 BEAM

$$\begin{aligned} \text{포장} &= 2.3 \times 0.08 \times (0.569 + 1.25) = 0.335 \text{ tf/m} \\ \text{슬래브} &= 2.5 \times 0.25 \times (1.019 + 1.25) = 1.418 \text{ tf/m} \\ \text{방호벽} &= 1.103 \times 1.334 = 1.471 \text{ tf/m} \\ \text{total Wd} &= 3.224 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{P.S.C BEAM} &= 2.5 \text{ tf/m} \times 24.613 \text{ m}^3 = 61.533 \text{ tf} \\ \text{CROSS BEAM} &= 0.3 \times 1.77 \times (2.50 - 0.7) \times 2.5 \times 1 \text{ ea} \\ &\quad + 0.4 \times 0.70 \times (2.50 - 0.7) \times 2.5 \times 1/2 \times 2 \text{ ea} = 2.455 \text{ tf} \\ \text{TOTAL Rd} &= 3.224 \times 30 + 61.533 + 2.455 = 160.708 \text{ tf} \\ \text{Ra} &= \text{Rd} / 2 = 80.354 \text{ tf} \end{aligned}$$

2) DL-24 하중

$$\begin{aligned} P_m &= 10.8 \text{ tf}, P_s = 15.6 \text{ tf} \\ W &= 1.27 \text{ tf/m} \\ \text{충격계수} : l &= 15 / (29.1 + 40) = 0.217 \\ \text{GIRDER 시간} &= 29.100 \text{ M} \end{aligned}$$



(2차선 제하시)

$$\begin{aligned} G1 &= 1/2 \times 1.2276 \times 3.069 = 1.884 \\ G2 &= 1.0 \times 2.5 - 1/2 \times (0.9724 + 0.8188) \times 0.522 = 2.032 \\ G3 &= 1.0 \times 2.5 - 1/2 \times (0.0276 + 0.1812) \times 0.453 - 1/2 \times 0.6188 \times 1.547 = 1.974 \\ G4 &= 1/2 \times 0.3812 \times 0.953 = 0.182 \end{aligned}$$

(3차선 제하시)

$$\begin{aligned} G1 &= 0.9 \times (1/2 \times 1.2276 \times 3.069) = 1.696 \\ G2 &= 0.9 \times (1.0 \times 2.5 - 1/2 \times (0.9724 + 0.8188) \times 0.522) = 1.829 \\ G3 &= 0.9 \times (1.0 \times 2.5 - 1/2 \times (0.0276 + 0.1812) \times 0.522 - 1/2 \times (0.6188 + 0.4100) \times 0.522) = 1.959 \\ G4 &= 0.9 \times (1.0 \times 2.5 - 1/2 \times (0.3812 + 0.5900) \times 0.522 - 1/2 \times (0.2100 + 0.0012) \times 0.519) = 1.973 \\ G5 &= 0.9 \times (1/2 \times 2.5 - 1/2 \times 0.7900 \times 1.975) = 0.423 \end{aligned}$$

② 내측 BEAM

$$\begin{aligned} \text{포장} &= 2.3 \times 0.08 \times 2.500 = 0.460 \text{ tf/m} \\ \text{슬래브} &= 2.5 \times 0.25 \times 2.500 = 1.563 \text{ tf/m} \\ \text{total Wd} &= 2.023 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

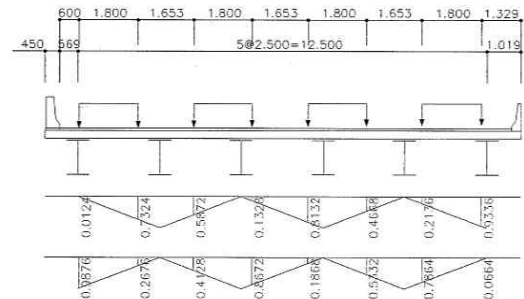
$$\begin{aligned} \text{P.S.C BEAM} &= 2.5 \text{ tf/m} \times 24.613 \text{ m}^3 = 61.533 \text{ tf} \\ \text{CROSS BEAM} &= 0.3 \times 1.77 \times (2.50 - 0.7) \times 2.5 \times 1 \text{ ea} \\ &\quad + 0.4 \times 0.70 \times (2.50 - 0.7) \times 2.5 \times 2 \text{ ea} = 4.910 \text{ tf} \\ \text{TOTAL Rd} &= 2.023 \times 30 + 61.533 + 4.91 = 127.133 \text{ tf} \\ \text{반력 Ra} &= \text{Rd} / 2 = 63.567 \text{ tf} \end{aligned}$$

(2) 활하중

$$\text{설계차선휘 산정} : (14.538 - 0.450 - 0.275) / 4 = 3.453 \text{ m}$$

1) DB-24 하중

$$\begin{aligned} Pr &= 9.6 \text{ tf}, Pf = 2.4 \text{ tf} \\ \text{충격계수} : l &= 15 / (29.1 + 40) = 0.217 \\ \text{GIRDER 시간} &= 29.100 \text{ M} \end{aligned}$$



4.2 GIRDER 설계하중 산정

(1) 외측 BEAM

$$\begin{aligned} \text{1) 합성전 사하중} \\ \text{GIRDER} &= 61.533 / 30.000 = 2.051 \text{ tf/m} \\ \text{SLAB + CROSS BEAM} &= 1.418 + 2.455 / 30.000 = 1.500 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2) 합성후 사하중} \\ \text{포장 + 방호벽} &= 0.335 + 1.471 = 1.806 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

3) 활하중 (충격계수가 포함된 값임, 횡분배 참조)

$$\begin{aligned} \text{- DB-24} \quad Pr &= 14.665 \text{ tf}, Pf = 3.666 \text{ tf} \\ \text{- DL-24} \quad Wd &= 0.971 \text{ tf/M}, Ps = 11.923 \text{ tf} \\ P_m &= 1.884 \times 10.8 / 3 \times (1 + 0.217) = 8.254 \text{ tf} \end{aligned}$$

(2) 내측 BEAM

$$\begin{aligned} \text{1) 합성전 사하중} \\ \text{GIRDER} &= 61.533 / 30.000 = 2.051 \text{ tf/m} \\ \text{SLAB + CROSS BEAM} &= 1.563 + 4.91 / 30.000 = 1.727 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2) 합성후 사하중} \\ \text{포장} &= 0.460 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

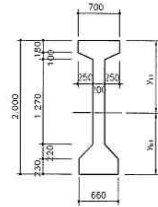
3) 활하중 (충격계수가 포함된 값임, 횡분배 참조)

$$\begin{aligned} \text{- DB-24} \quad Pr &= 17.137 \text{ tf}, Pf = 4.284 \text{ tf} \\ \text{- DL-24} \quad Wd &= 1.047 \text{ tf/M}, Ps = 12.859 \text{ tf} \\ P_m &= 2.032 \times 10.8 / 3 \times (1 + 0.217) = 8.903 \text{ tf} \end{aligned}$$

5. 주빔의 설계

5-1. 단면의 제원

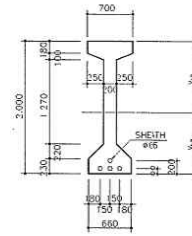
1) 종단면



번호	B(cm)	H(cm)	A(cm ²)	Y(cm)	A·Y (cm ³)	A·Y ² (cm ⁴)	I ₀ (cm ⁴)
1	70	18	1,260	9,000	11,340	102,060	34,020
2	25	10	250	21,333	5,333	113,778	1,389
3	20	159	3,180	97,500	310,050	30,229,875	6,699,465
4	23	22	506	169,667	85,852	14,566,167	13,606
5	66	23	1,518	188,500	286,143	53,937,956	66,919
계			6,714		698,718	98,949,835	6,815,398

$$\begin{aligned}
 \cdot y_u &= (A \cdot Y) / A = 698,718 / 6,714 = 104.0688 \text{ cm} \\
 \cdot y_b &= H - y_u = 200.0 - 104.0688 = 95.9312 \text{ cm} \\
 \cdot I_u &= ((A \cdot Y^2) + I_0) \cdot (A \cdot y_u^2) = \\
 &\quad 98,949,835 + 6,815,398 - 6,714 \times 104.0688^2 = 33,050,497 \text{ cm}^4 \\
 \cdot Z_u &= I_u / y_u = 33,050,497 / 104.0688 = 317,583 \text{ cm}^3 \\
 \cdot Z_b &= I_u / y_b = 33,050,497 / 95.9312 = 344,523 \text{ cm}^3 \\
 \cdot r_u^2 &= I_u / A = 33,050,497 / 6,714 = 4923 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

2) 순단면

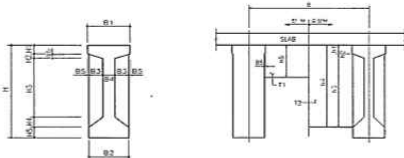


▷ SHEATH $\Phi 66\text{mm} \times 4\text{EA}$ ($A = 135.848 \text{ cm}^2$)

구분	A(cm ²)	Y(cm)	A·Y (cm ³)	A·Y ² (cm ⁴)	I ₀ (cm ⁴)
종단면	6,714	-	698,718	98,949,835	6,815,398
SHEATH	-137	189	-25,854	-4,888,347	-
계	6,577	-	672,864	94,061,488	6,815,398

$$\begin{aligned}
 \cdot y_u &= (A \cdot Y) / A = 672,864 / 6,577.152 = 102.3017 \text{ cm} \\
 \cdot y_b &= H - y_u = 200.0 - 102.3017 = 97.6983 \text{ cm} \\
 \cdot ep2 &= y_b - \text{하면에서 sheath 도상까지의 거리} = 97.6983 - 11.0 = 86.6983 \text{ cm} \\
 \cdot I_u &= ((A \cdot Y^2) + I_0) \cdot (A \cdot y_u^2) = \\
 &\quad 6,815,398 + 94,061,488 - 6,577.152 \times 102.3017^2 = 32,042,795 \text{ cm}^4 \\
 \cdot Z_u &= I_u / y_u = 32,042,795 / 102.3017 = 313,219 \text{ cm}^3 \\
 \cdot Z_b &= I_u / y_b = 32,042,795 / 97.6983 = 327,977 \text{ cm}^3 \\
 \cdot Z_{ep} &= I_u / e_{p2} = 32,042,795 / 86.6983 = 369,590 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

5-2. 고정하중



H = 2.000 m	b = 0.008 m	tl = 0.400 m
H1 = 0.180 m	B = 2.500 m	cl = 0.300 m
H2 = 0.100 m	B1 = 0.700 m	bl = 0.180 m
H3 = 1.270 m	B2 = 0.660 m	h2 = 0.008 m
H4 = 0.220 m	B3 = 0.230 m	h3 = 1.582 m
H5 = 0.230 m	B4 = 0.200 m	h4 = 1.770 m
a = 0.092 m	B5 = 0.020 m	h5 = 0.700 m

1) BEAM 콘크리트 BLOCK 중량 (차별 연결부)

①: $0.300 \times 0.230 \times 1.270 \times 2.500 \times 2 \text{ EA}$	= 0.4382 tonf
②: $0.300 \times 0.230 \times 0.220 \times 2.500 \times 2 \text{ EA} \times 0.5$	= 0.0380 tonf
③: $0.300 \times 0.230 \times 0.092 \times 2.500 \times 2 \text{ EA} \times 0.5$	= 0.0159 tonf
④: $0.230 \times 0.230 \times 1.270 \times 2.500 \times 4 \text{ EA} \times 0.5$	= 0.3359 tonf
⑤: $0.230 \times 0.230 \times 0.220 \times 2.500 \times 4 \text{ EA} \times 0.5 \times 1/3$	= 0.0194 tonf
⑥: $0.230 \times 0.230 \times 0.092 \times 2.500 \times 4 \text{ EA} \times 0.5 \times 1/3$	= 0.0081 tonf
	0.8554 tonf

2) 뿔 BEAM 중량

(1) 좌측 BEAM

$$\begin{aligned}
 \text{① 중앙부: } W &= (1.770 \times 1.840 - (0.180 \times 0.020 + 0.020 \times 0.008 \times 1/2) \times 2 \text{ EA}) \times 0.300 \times 2.500 \times 1/2 = 1.2190 \text{ tonf} \\
 \text{② 단 부: } W &= (0.700 \times 1.840 - (0.180 \times 0.020 + 0.020 \times 0.008 \times 1/2) \times 2 \text{ EA}) \times 0.400 \times 2.500 \times 1/2 = 0.6403 \text{ tonf}
 \end{aligned}$$

(2) 우측 BEAM

$$\begin{aligned}
 \text{① 중앙부: } W &= 1.2190 \times 2 \text{ EA} = 2.4380 \text{ tonf} \\
 \text{② 단 부: } W &= 0.6403 \times 2 \text{ EA} = 1.2816 \text{ tonf}
 \end{aligned}$$

3) 주 BEAM 단위중량

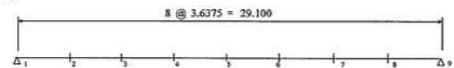
$$\begin{aligned}
 \text{① 중앙부: } W &= 0.6714 \times 2.500 = 1.6785 \text{ tonf/m} \\
 \text{② 단 부: } W &= 1.6785 + (1.582 + 1.270) \times 1/2 \times 0.230 \times 2 \text{ EA} \times 2.500 = 3.3184 \text{ tonf/m}
 \end{aligned}$$

4) 주 BEAM 총중량

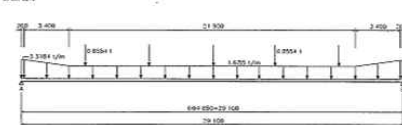
$$W_t = (3.3184 \times 0.6 + (3.3184 + 1.6785) \times 1/2 \times 3.400 + 1.6785 \times 10.950) \times 2 \text{ EA} + 0.8554 \times 1 \text{ EA} = 58.586 \text{ tonf}$$

5-3. 고정하중에 의한 전단력 및 모멘트

1) FRAME



2) 주 BEAM



(1) 반력

$$\begin{aligned}
 R_A &= 3.3184 \times 0.200 + (3.3184 + 1.6785) \times 1/2 \times 3.400 + 1.6785 \times 21.900 \times 1/2 + 3.3184 \times 0.400 + 1.8554 \times 0.5 \text{ EA} = 29.293 \text{ tonf} \\
 R_B &= R_A
 \end{aligned}$$

(2) 모멘트

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 0.000 \text{ tonf-m} \\
 M_2 &= 27.9656 \times 3.6375 - 1.6785 \times 3.6375^2 \times 1/2 - 1.6399 \times 0.200 \times 3.5375 - 1.6399 \times 3.400 \times 1/2 \times 2.3042 = 83.037 \text{ tonf-m} \\
 M_3 &= 27.9656 \times 7.2750 - 1.6785 \times 7.2750^2 \times 1/2 - 1.6399 \times 0.200 \times 7.1750 - 1.6399 \times 3.400 \times 1/2 \times 5.9417 = 140.115 \text{ tonf-m} \\
 M_4 &= 27.9656 \times 10.9125 - 1.6785 \times 10.9125^2 \times 1/2 - 1.6399 \times 0.200 \times 10.8125 - 1.6399 \times 3.400 \times 1/2 \times 9.5792 = 174.984 \text{ tonf-m} \\
 M_5 &= 27.9656 \times 14.5500 - 1.6785 \times 14.5500^2 \times 1/2 - 1.6399 \times 0.200 \times 14.4500 - 1.6399 \times 3.400 \times 1/2 \times 13.2167 = 187.644 \text{ tonf-m}
 \end{aligned}$$

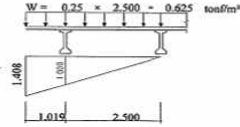
(3) 전단력

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 27.9656 \text{ tonf} \\
 S_2 &= 27.9656 - 1.6399 \times 0.200 - 1.6399 \times 3.400 \times 1/2 - 1.6785 \times 3.6375 = 18.744 \text{ tonf} \\
 S_3 &= 27.9656 - 1.6399 \times 0.200 - 1.6399 \times 3.400 \times 1/2 - 1.6785 \times 7.2750 = 12.639 \text{ tonf} \\
 S_4 &= 27.9656 - 1.6399 \times 0.200 - 1.6399 \times 3.400 \times 1/2 - 1.6785 \times 10.9125 = 6.533 \text{ tonf} \\
 S_5 &= 27.9656 - 1.6399 \times 0.200 - 1.6399 \times 3.400 \times 1/2 - 1.6785 \times 14.5500 = 0.428 \text{ tonf}
 \end{aligned}$$

3) 슬래브 및 경BEAM (합성전)

(1) 외측 BEAM

① 슬래브 중량

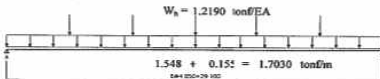


$$W_s = 0.625 \times 1.408 \times 3.519 \times 1/2 = 1.548 \text{ ton/m}$$

② 슬래브 기둥집 중량 : 슬래브 중량의 10% 정도로 추정계산

$$W_G = 1.548 \times 0.10 = 0.155 \text{ ton/m}$$

③ 경 BEAM 중량 :



④ 반력

$$R_A = (1.703 \times 29.100 + 1.2190 \times 1 \text{ EA} + 0.6403 \times 2 \text{ EA}) \times 1/2 = 26.028 \text{ tonf}$$

$$R_B = R_A$$

⑤ 모멘트

$$M_1 = 0.000 \text{ tonf-m}$$

$$M_2 = 25.3877 \times 3.6375 - 1.7030 \times 3.6375^2 \times 1/2 = 81.081 \text{ tonf-m}$$

$$M_3 = 25.3877 \times 7.2750 - 1.7030 \times 7.2750^2 \times 1/2 = 139.629 \text{ tonf-m}$$

$$M_4 = 25.3877 \times 10.9125 - 1.7030 \times 10.9125^2 \times 1/2 = 175.644 \text{ tonf-m}$$

$$M_5 = 25.3877 \times 14.5500 - 1.7030 \times 14.5500^2 \times 1/2 = 189.126 \text{ tonf-m}$$

⑥ 전단력

$$S_1 = 25.3877 \text{ tonf}$$

$$S_2 = 25.3877 - 1.7030 \times 3.6375 = 19.193 \text{ tonf}$$

$$S_3 = 25.3877 - 1.7030 \times 7.2750 = 12.998 \text{ tonf}$$

$$S_4 = 25.3877 - 1.7030 \times 10.9125 = 6.804 \text{ tonf}$$

$$S_5 = 25.3877 - 1.7030 \times 14.5500 = 0.609 \text{ tonf}$$

5-7. 극한강도에 의한 검토

1) 외측 BEAM

B = 228.000 cm (단면계산용의 슬래브 환산단면 폭)

b1 = 20 cm (배부폭)

d = 200 + 25 - 11.0 = 214.0 cm

A_s = 11.845 × 4 = 47.380 cm²

f_{pc} = 9,036.251 kgf/cm² (유효프리스트레스)

0.5 f_{pu} = 0.5 × 19,000.0 = 9,500 kgf/cm²

f_{pe} < 0.5 · f_{pu} 이므로 근사값 대신 변형도 적합조건에 의하여 사용한다.

$$f_{ps} = 0.93 \cdot f_{pu} = 0.93 \times 19,000.0 = 17,670 \text{ kgf/cm}^2$$

(가정치 : "P.C교의 설계계산 예" P 220, 전설도서)

$$Ap f_{ps} = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot \beta_1 \cdot c \cdot B$$

$$\Rightarrow c = (47.380 \times 17,670 / (0.85 \times 270 \times 0.85 \times 228.000)) = 18.823 \text{ cm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0.850 \times 18.823 = 16.000 \text{ cm} < h = 25 \text{ cm}$$

∴ 취사각형 단면으로 취급하여 계산!!

$$\epsilon_p = \frac{d-x}{x} \cdot \epsilon_{cu} + \epsilon_{pu} = 0.0356 > 0.015 \quad ("P.C교의 설계계산 예" P 221, 전설도서)$$

여기서,

ε_{cu} : 콘크리트 압축연단에서의 최대 변형도 (=0.003)

f_{pu} = f_{pe} / E_p = 9,026.251 / 2.0 · 10⁶ = 0.004513

∴ f_{ps} = 0.93 · f_{pu} = 17,670 kgf/cm² 으로 사용!!

▷ 최대 PS 강제량

$$qp = p_p \cdot f_{ps} / f_{ck} \leq 0.36 \beta_1$$

여기서, p_p = A_p / B · d = 0.00097

$$qp = 0.00097 \times 17,670 \div 400 = 0.0429 < 0.36 \beta_1 = 0.3060$$

▷ 극한 저항 모멘트 Mu

$$Mu = \phi M_n = \phi (A_p f_{ps} d_p (1 - 0.59 p_p f_{ps} / f_{ck}))$$

$$= 0.85 \times (47.380 \times 17,670 \times 214.0 \times (1 - 0.59 \times 0.00097 \times 17,670 \div 270))$$

$$= 146,577,524.238 \text{ kgf-cm} = 1,465.775 \text{ tonf-m}$$

▷ 극한하중 작용시의 휨모멘트 M

$$M = 1.3 \times (\text{주철+합성전고경하중+합성후고경하중}) \times 2.15 \times (\text{활하중})$$

$$= 1.30 \times (187.644 + 189.126 + 138.137) \times 2.15 \times 219.966 = 1,142.306 \text{ tonf-m}$$

$$\Delta F_s = M_u / M = 1,465.775 / 1,142.306 = 1.28 > 1.0 \rightarrow \text{O.K !!!}$$

4) 설계하중 작용시의 휨모멘트 합성

(1) 외측 BEAM

구분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		프리스트레스	주 BEAM 의 자중	계	유효 프리스트레스 (고경, 활하중)	총하중 (고경, 활하중)	계
주 BEAM	상면	-60.404	59.910	-0.494	-53.355	145.020	91.665
	하면	201.602	-57.210	144.392	178.075	-176.180	1.895
하중율력		-13.42	< 계 <	176.00	-30.00	< 계 <	160.00
S L A B						38.430	38.430
하중율력					0.00	< 계 <	108.00

(2) 내측 BEAM

구 분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		프리 스트레스	주 BEAM 의 자중	계	유효 프리 스트레스 (고경, 활하중)	총하중 (고경, 활하중)	계
주 BEAM	상면	-60.404	59.910	-0.494	-52.727	144.430	91.703
	하면	201.602	-57.210	144.392	175.978	-173.300	2.678
허용 응력		-13.42	< 계 <	176.00	-30.00	< 계 <	160.00
S L A B						33.380	33.380
허용 응력					0.00	< 계 <	108.00

2) 내측 BEAM

B = 250.000 cm (단면계산용의 슬래브 환산단면 폭)

b1 = 20 cm (배부폭)

d = 200 + 25 - 11.0 = 214.0 cm

A_s = 11.845 × 4 = 47.380 cm²

Δ p_e = 8,919.651 kgf/cm² (유효프리스트레스)

0.5 f_{pu} = 0.5 × 19,000.0 = 9,500 kgf/cm²

f_{pe} < 0.5 · f_{pu} 이므로 근사값 대신 변형도 적합조건에 의하여 사용한다.

$$f_{ps} = 0.93 \cdot f_{pu} = 0.93 \times 19,000.0 = 17,670 \text{ kgf/cm}^2$$

(가정치 : "P.C교의 설계계산 예" P 220, 전설도서)

$$Ap f_{ps} = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot \beta_1 \cdot c \cdot B$$

$$\Rightarrow c = (47.380 \times 17,670 / (0.85 \times 270 \times 0.85 \times 250.000)) = 17.167 \text{ cm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0.850 \times 17.167 = 14.592 \text{ cm} < h = 25 \text{ cm}$$

∴ 취사각형 단면으로 취급하여 계산!!

$$\epsilon_p = \frac{d-x}{x} \cdot \epsilon_{cu} + \epsilon_{pu} = 0.0389 > 0.015 \quad ("P.C교의 설계계산 예" P 221, 전설도서)$$

여기서,

ε_{cu} : 콘크리트 압축연단에서의 최대 변형도 (=0.003)

f_{pu} = f_{pe} / E_p = 8,919.651 / 2.0 · 10⁶ = 0.00446

∴ f_{ps} = 0.93 · f_{pu} = 17,670 kgf/cm² 으로 사용!!

▷ 최대 PS 강제량

$$qp = p_p \cdot f_{ps} / f_{ck} \leq 0.36 \beta_1$$

여기서, p_p = A_p / B · d = 0.00089

$$qp = 0.00089 \times 17,670 \div 270 = 0.0580 < 0.36 \beta_1 = 0.3060$$

▷ 극한 저항 모멘트 Mu

$$Mu = \phi M_n = \phi (A_p f_{ps} d_p (1 - 0.59 p_p f_{ps} / f_{ck}))$$

$$= 0.85 \times (47.380 \times 17,670 \times 214.0 \times (1 - 0.59 \times 0.00089 \times 17,670 \div 270))$$

$$= 147,880,002.578 \text{ kgf-cm} = 1,470.800 \text{ tonf-m}$$

▷ 극한하중 작용시의 휨모멘트 M

$$M = 1.3 \times (\text{주철+합성전고경하중+합성후고경하중}) \times 2.15 \times (\text{활하중})$$

$$= 1.30 \times (187.644 + 199.674 + 32.147) \times 2.15 \times 299.053 = 1,188.268 \text{ tonf-m}$$

$$\Delta F_s = M_u / M = 1,470.800 / 1,188.268 = 1.24 > 1.0 \rightarrow \text{O.K !!!}$$

(3) 허용응력설계법 검토결과

① 외측BEAM, 바닥판

구 분		프리스트레스 도입직후			설계하중 작용시		
		프리스트레스	주BEAM의 자중	계	유효 프리스트레스	총하중 (고정,활하중)	계
주 BEAM	상 연	-60.404	59.910	-0.494	-53.355	145.020	91.665
	하 연	201.602	-57.210	144.392	178.075	-176.180	1.895
허용응력		-13.42 < 계 < 176.00			-30.00 < 계 < 160.00		
SLAB		-	-	-	-	38.430	38.430
허용응력		-			0.00 < 계 < 108.00		

② 내측BEAM, 바닥판

구 분		프리스트레스 도입직후			설계하중 작용시		
		프리스트레스	주BEAM의 자중	계	유효 프리스트레스	총하중 (고정,활하중)	계
주 BEAM	상 연	-60.404	59.910	-0.494	-52.727	144.430	91.703
	하 연	201.602	-57.210	144.392	175.978	-173.300	2.678
허용응력		-13.42 < 계 < 176.00			-30.00 < 계 < 160.00		
SLAB		-	-	-	-	33.380	33.380
허용응력		-			0.00 < 계 < 108.00		

(4) 강도설계법 검토결과

구 분	ØMn (tonf-m)	M (tonf-m)	SF(안전율)	비 고
외측 BEAM	1,465.775	1,142.306	1.283	SF = 1.0 이상
내측 BEAM	1,470.800	1,188.268	1.238	SF = 1.0 이상

(5) 구조안전성능평가 결과 산정

평가항목		평가	평가
내하력 평가	허용응력설계법(바닥판, 거더)	DB-24 이상	a등급
	강도설계법(거더)	$S.F(=1.238 \sim 1.283) > 1.0$	a등급
구조안전성능평가 결과			A(0.129)

나. 세굴에 대한 안전성 평가

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

다. 구조안전성능평가 평가

구조안전성능 평가는 내하력평가와 기초안전성 평가 중 최저등급으로 평가되며, 다음과 같은 결과가 산정되었다.

【표 4.5.3】 구조안전성능평가 결과

평가항목	평가	구조안전성능 평가 = Min(내하력평가, 기초안전성 평가))
내하력평가	a	a (0.129)
기초안전성 평가	-	

4.5.3 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	
금남IC RAMP-A교(하)	0.301	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과, 최저평가지수인 0.301로 평가 되었으며 평가등급은 C등급으로 산정되었다.				

4.6 내구성능 평가

4.6.1 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.

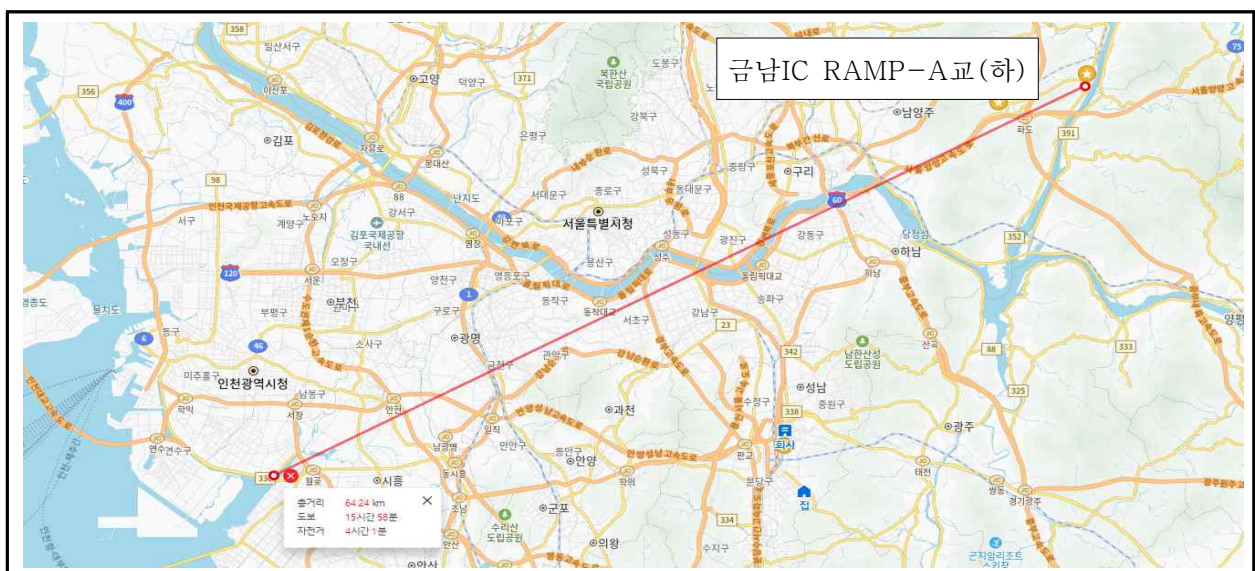
4.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경기도 남양주시 화도읍 금남리에 위치하며, 서해안으로부터 약 64.24km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

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



【그림 4.6.1】 위치도

【표 4.6.1】 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 남양주에 관측소가 없는 관계로 목측지점 및 자료가 있는 관측소 중 가장 가까운 관측소인 서울 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최심신적설 자료 중 2014년부터 2023년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 11.7일로 확인되었고, 평가등급은 B등급으로 분석되었다.

【표 4.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경기도 남양주시 화도읍 금남리				
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 최심신적설이 발생한 일수의 연간 평균값, *참고 : 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr/>)

나. 동해환경 평가

동결융해 반복일수에 따른 동해환경 평가는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 수원 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 4.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	경기도 남양주시 화도읍 금남리				
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 4.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경기도 남양주시 화도읍 금남리				
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 4.6.5】 염화물 함유량 평가

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근	
염화물 함유량	바닥판	S3	0.122	0.111	0.093	a
구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 함유량	교각	P2	0.177	0.127	0.097	a

【표 4.6.6】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S3	—	—	3.182
계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	교각	P2	—	—	3.182

【표 4.6.7】 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	S3	20년 이하	b
	교각	P2	20년 이하	a

【표 4.6.8】 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	S3	a	b	b
교각	P2	a	a	a

2) 탄산화 깊이

【표 4.6.9】 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
	S1-G7 거더	2.0	0.46	30년 초과	a	a
	A1 교대	14.5	3.33	30년 초과	a	a
	P2 교각	9.0	2.06	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 4.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	바닥판	S1	101.1	—	a	0.10	a
		S1 (비건전)	—	101.4	a		
		S3	102.2	—	a		
		S4	104.4	—	a		
	거더	S1-G1	100.0	—	a		
		S3-G7	101.0	—	a		
		S4-G7	105.3	—	a		
	가로보	S3	106.3	—	a	0.10	a
	교대	A1	107.5	—	a		
		A1 (비건전)	—	98.4	a		
		A2	106.7	—	a		
	교각	P2	104.6	—	a		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 4.6.11】 대상교량 제원

교량형식		PSCI 거더교
경간장 및 경간수		4@30m = 120m
교폭		14.4~17.8m
바닥판의 높이		0.25m
거더 갯수		7
2차 부재		L=1.8m, 교축방향 14.4m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		19년
위치	지역	경기도 남양주시 화도읍
	해안 이격거리	300m 초과

【표 4.6.12】 일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(33)	b	a	a	a	0.2
	거더(35)	—	a	a	a	0.1
	2차부재(7)	—	—	a	a	0.1
하부	교대/교각(25)	a	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.2*33+0.1*35+0.1*7+0.1*25)/100 = 0.133$			
		등급	B			

【표 4.6.13】 열화환경지표의 평가

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

4.6.3 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 4.6.14】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.133	b	1	0.133
결함도점수				0.133
내구성능평가 결과				B

4.7 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.

4.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 일반도로 포장상태 지수(NHPCI) 산정

과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 7.34~7.40으로 평가되었다.

【표 4.7.1】 포장상태 평가결과

노선명	방향	차로	연장(km)	포장형식	평균			NHPCI	평가
					균열률 XCR(%)	소성변형 XRD(mm)	종단평탄성 XIRI(m/km)		
일반국도 46호선	춘천	1	0.12	아스콘	0.00	0.00	2.05	7.40	a
일반국도 46호선	춘천	2	0.12	아스콘	0.50	0.00	2.05	7.34	a
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 NHPCI를 분석한 결과, 7.34~7.40으로 산정되어 양호한 상태인 a등급으로 평가되었다.								

나. 교량조명 평가

【표 4.7.2】 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	○

- 금남IC RAMP-A교(하)은 3개의 조명이 설치되어 있고, 전체 조명이 작동하고 있지 않는 상태로 작동유무 e등급으로 평가되었다.

【표 4.7.3】 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

- 금남IC RAMP-A교(하)은 국도46호선에 위치한 교량으로 도로 사용자의 분리가 잘되어 있는 교량으로 도로 조명등급 기준 M3에 해당한다.

【표 4.7.4】 휘도 측정값

No.	외곽차선 휘도(cd/m^2)	중앙차선 휘도(cd/m^2)
1	—	—
평균(최댓값, 최소값 제외)	—	—

- 해당 도로의 조명 등급은 M3에 해당하며, 작동하는 조명이 없는 상태로 e등급에 해당된다.

【표 4.7.5】 교량 조명 성능평가 결과

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



【사진 4.7.1】 휘도 측정

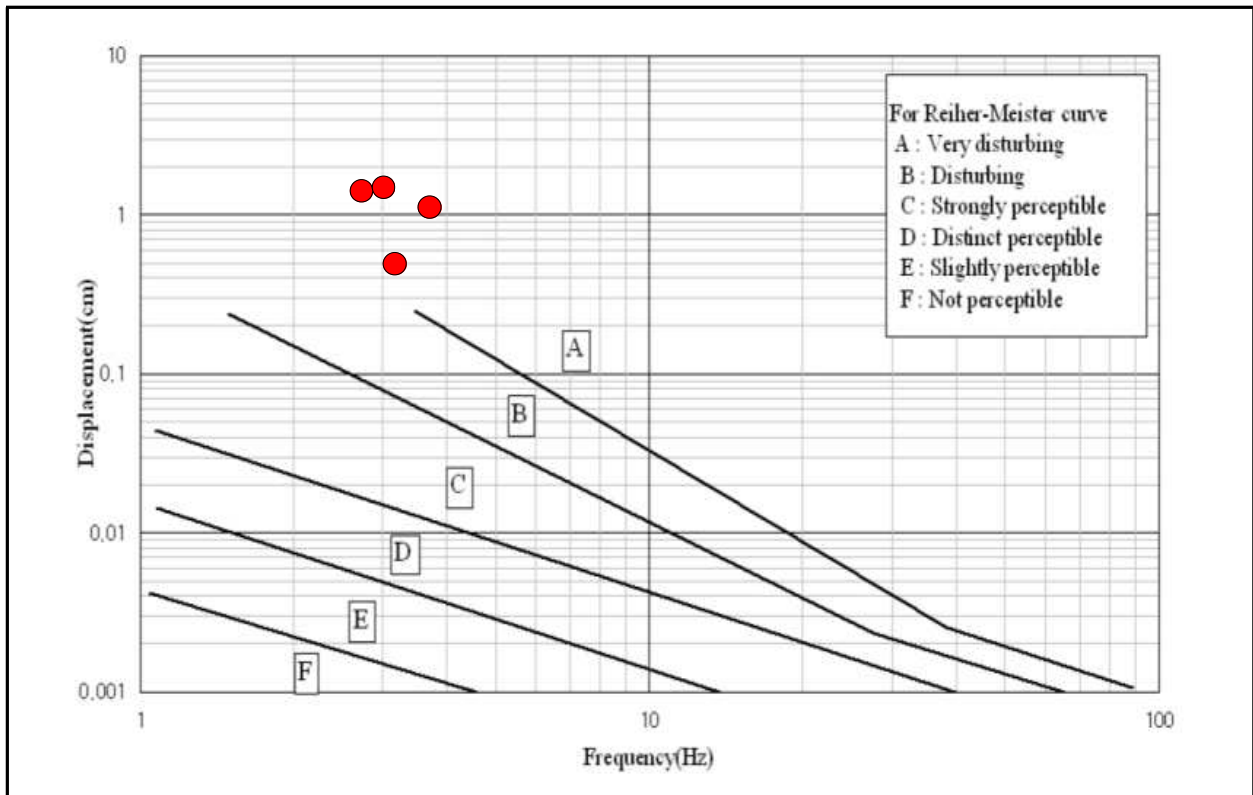
다. 진동사용성 평가

1) 측정

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

【표 4.7.6】진동측정값

No.	Dis(cm)	Fre(Hz)
1	1.10	3.8
2	1.57	3.1
3	0.56	3.1
4	1.37	2.8



【그림 4.7.1】Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

2) 분석결과

- 처짐과 고유진동수를 측정한 결과, 5.620~15.680mm/s, 2.8~3.8Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간으로 측정되었으며, 이는 e등급으로 평가되었다.

라. 점검시설 평가

해당 교량은 교각 3기에 전개소 점검시설이 설치되어 있는 상태이다.

【표 4.7.7】 점검시설 평가결과

평가 기준	평가내용		평가 결과
	설치 유무	설치상태	
a	점검로가 교각마다 모두 설치 되어 있을 때	점검로가 신설되어 모두 양호한 상태	c
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	

- 해당 교량은 일반교량에 설치된 점검시설로 일반교량의 점검시설 성능평가기준에 의거 평가하였으며, 평가결과 점검로가 교각마다 모두 설치 되어있는 a등급과 설치된 점검로의 20%미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요한 c등급으로 평가되었다. 그 결과, 점검시설의 성능평가는 c등급으로 평가한다.

마. 교통량

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/수요실제의 비율이 87%로 산정되어 c등급으로 평가되었다.

【표 4.7.4】 교통량의 성능평가

구 분	수요예측(대/일) a	소요실제(대/일) b	대비(%) $a/b \times 100$	평가등급	비고
금남IC RAMP-A교(하)	40,016	34,845	87.0	c등급	2023년 교통량

4.7.2 사용성능평가 결과

【표 4.7.5】 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

4.8 종합성능평가

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

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

【표 4.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	금남IC RAMP-A교(하)		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.301	c	0.68
내구성능 평가	0.133	b	0.19
사용성능 평가	0.537	d	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.301 \times 0.68 + 0.133 \times 0.19 + 0.537 \times 0.13 = 0.261$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.300 • 종합성능평가 결과 : C등급		

4.9 유지관리 전략제안

4.9.1 성능목표 등급 산정

【표 4.9.1】 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 4.9.2】 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 4.9.3】 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 616 대/일 (1,231 대/일)	
대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상	7.0km	

【표 4.9.4】 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 4.9.5】지진구역계수 및 공용연수

구분	평가교량	평가등급
지진구역계수	경기도	A
공용연수	19년	D

【표 4.9.6】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)					

4.9.2 성능평가 실시결과 검토 · 분석

안전성능평가 결과	내구성능평가 결과	사용성능평가 결과
• 상태안전성능 평가결과 → C등급(0.301) • 구조안전성능 평가결과 → A등급(0.129)	• 내구성능 평가결과 → B등급(0.133)	• 사용성능 평가결과 → D등급(0.537)
종합평가	C등급(0.300)	
성능목표	B등급($0.2 \leq X < 0.26$)	
분석결과	• 성능평가 실시 결과, 안전성능 평가 C등급, 내구성능 평가 B등급, 사용성능평가 D등급으로 분석되어 최종 종합평가 등급은 C등급으로 판정되었다. • 이는 시설물의 성능평가 목표치인 B등급에 미치지 못하는 것으로 평가되었으나, 발생된 손상 중 긴급보수를 요하는 손상은 발생하지 않았으며, 발생된 손상은 보수를 시행토록하고, 그 외 손상은 주기적인 점검을 통한 관리로 보수를 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	

4.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

【표 4.9.2】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상면적량	보수면적량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	박리	단면보수	0.96	1.15	m ²	285	328	2
	박락	단면보수	1.32	1.58	m ²	285	450	2
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	3.27	3.92	m ²	345	1,352	1
거더	균열(0.2mm미만)	표면보수	4.00	1.20	m ²	85	102	2
	균열(0.2mm이상)	표면보수	3.00	0.90	m ²	85	77	2
	망상균열	표면보수	4.00	4.80	m ²	85	408	2
	박리	단면보수	0.49	0.59	m ²	285	168	2
가로보	박리	단면보수	0.74	0.89	m ²	285	254	2
교대	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.00	1.20	m	65	78	1
	망상균열 및 백태	단면보수	1.20	1.44	m ²	260	374	2
	박리	단면보수	1.02	1.22	m ²	26	32	2
교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	31.90	9.57	m ²	85	813	3
	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.80	2.16	m	65	140	1
	망상균열	표면보수	97.98	117.58	m ²	85	9,994	3
	백태	표면보수	4.16	4.99	m ²	85	424	3
	누수흔적	표면보수	6.50	7.80	m ²	85	663	3
	박리	단면보수	19.35	23.22	m ²	260	6,037	2
	파손	단면보수	0.02	0.02	m ²	260	5	2
	채수	배수홈 설치	32.00	38.40	m ²	150	5,760	2

【표 4.9.2】손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교량받침	균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.00	1.20	m	65	78	1
	받침콘크리트 박리	단면보수	0.90	1.08	m ²	260	281	1
	박락 및 철근부식	단면보수(방청)	3.40	4.08	m ²	320	1,306	1
신축이음	신축이음 누수	재설치	51.00	3.00	EA	－	－	하자
	유간 토사퇴적		51.00	51.00	m	－	－	하자
	후타재 박리		9.10	10.92	m ²	－	－	하자
배수시설	배수구 막힘	청소	5.00	5.00	EA	10	50	3
	유도배수관 미설치	재설치	4.00	4.00	m	200	800	1
방호벽 및 중앙분리대	균열(0.3㎜이상)	단면보수	1.50	156.00	m ²	285	44,460	2
	망상균열 및 백태	단면보수	8.20					
	박락	단면보수	18.23					
	열화	단면보수	6.00					
	교면수 유입	재정비(방청)	120.00	120.00	m ²	90	10,800	2
	박락 및 철근노출	단면보수(방청)	0.20	0.24	m ²	320	77	2
점검시설	점검사다리 파손	재설치	2.00	2.00	EA	100	200	2
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	4,036		69,532		11,945		
	재경비 (순공사비의 50%)	2,017		34,766		5,973		
	합계	6,053		104,298		17,918		
개략공사비 총계(천원)		128,268						

주1) 상기 보수·보강 공사비는 개략공사비로 실시설계 시 재 산정해야함.

주2) 보수물량은 손상물량에 20%를 할증하였으며, 손상물량이 감소인 것은 20%할증 제외함.

주3) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

나. 투자우선순위지수 산출

【표 4.9.3】 투자우선순위지수 산정

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		
단면보수	0.96	1.15	285	328	박리	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
단면보수	1.32	1.58	285	450	박락	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
단면보수(방청)	3.27	3.92	345	1352	박락 및 철근노출	바닥판	안전 성능	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	2
표면보수	4.00	1.20	85	102	균열 (0.2mm미만)	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	4
표면보수	3.00	0.90	85	77	균열 (0.2mm이상)	거더	안전 성능	c	1.00	0.25	0.68	0.18	0.03060	1
표면보수	4.00	4.80	85	408	망상균열	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	4
단면보수	0.49	0.59	285	168	박리	거더	안전 성능	c	1.00	0.25	0.68	0.18	0.03060	1
단면보수	0.74	0.89	285	254	박리	가로보	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	16
주입보수	1.00	1.20	65	78	균열 (0.3mm이상)	교대	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	3
단면보수	1.20	1.44	260	374	망상균열 및 백태	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
단면보수	1.02	1.22	26	32	박리	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
표면보수	31.90	9.57	85	813	균열 (0.3mm미만)	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
주입보수	1.80	2.16	65	140	균열 (0.3mm이상)	교각	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	3
표면보수	97.98	11758	85	9994	망상균열	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
표면보수	4.16	4.99	85	424	백태	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
표면보수	6.50	7.80	85	663	누수흔적	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
단면보수	19.35	23.22	260	6037	박리	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
단면보수	0.02	0.02	260	5	파손	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
배수홈 설치	32.00	38.40	150	5760	채수	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	7
주입보수	1.00	1.20	65	78	균열 (0.3mm이상)	교량받침	안전 성능	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	2

【표 4.9.3】 투자우선순위지수 산정(계속)

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	0.90	1.08	260	281	반출도트 박리	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	5
단면보수(양측)	3.40	4.08	320	1306	박락 및 철근부식	교량받침	안전 성능	c	1.00	0.15	0.68	0.18	0.01836	2
재설치	51.00	3.00	—	—	유간토사 퇴적	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	11
재설치	51.00	51.00	—	—	후타재 박리	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	11
재설치	9.10	10.92	—	—	차관볼트 탈락	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	11
청소	5.00	5.00	10	50	배수구 막힘	배수시설	안전 성능	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	17
재설치	4.00	4.00	200	800	유도배수관 미설치	배수시설	안전 성능	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	17
단면보수	1.50	156.00	285	44460	균열 (3mm이상)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	19
단면보수	8.20				망상균열 및 백태	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	19
주의관찰	18.23				박락	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	19
단면보수	6.00				열화	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	19
재정장(양측)	120.00	120.00	90	10800	교면수 유입	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	16
단면보수(양측)	0.20	0.24	320	77	박락 및 철근노출	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	16
재설치	2.00	2.00	100	200	점감사다리 파손	보호시설	안전 성능	c	1.00	0.02	0.68	0.18	0.00245	16
—	—	—	—	—	염화물	바닥판	내구 성능	b	1.00	0.33	0.21	0.09	0.00624	9
—	—	—	—	—	염화물	교각	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	10
—	—	—	—	—	탄산화	바닥판	내구 성능	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	15
—	—	—	—	—	탄산화	거더	내구 성능	a	1.00	0.35	0.21	0.05	0.00368	14
—	—	—	—	—	탄산화	교각	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	10
—	—	—	—	—	탄산화	교대	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	10
—	—	—	—	—	파괴콘크리트 의 품질	바닥판	내구 성능	a	1.00	0.33	0.21	0.05	0.00347	15
—	—	—	—	—	파괴콘크리트 의 품질	거더	내구 성능	a	1.00	0.35	0.21	0.05	0.00368	14

【표 4.9.3】 투자우선순위지수 산정(계속)

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		
-	-	-	-	-	파손노면의 품질	가로보	내구 성능	a	1.00	0.07	0.21	0.05	0.00074	20
-	-	-	-	-	파손노면의 품질	교대	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	10
-	-	-	-	-	파손노면의 품질	교각	내구 성능	a	1.00	0.50	0.21	0.05	0.00525	10
-	-	-	-	-	포장상태	-	사용 성능	a	0.247	1	0.11	0.05	0.00136	18
-	-	-	-	-	교량조명	-	사용 성능	e	0.15	1	0.11	0.38	0.00627	8
-	-	-	-	-	진동사용성	-	사용 성능	e	0.202	1	0.11	0.38	0.00844	6
-	-	-	-	-	점검시설	-	사용 성능	c	0.206	1	0.11	0.18	0.00408	12
-	-	-	-	-	교통량	-	사용 성능	c	0.195	1	0.11	0.18	0.00386	13

마. 유지관리 전략 제언

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 C등급(0.300)으로 평가되어 B등급(결합도 범위 : $0.20 \leq X < 0.26$)인 성능목표를 만족하지 못하므로 내구연한 증진을 위하여 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표인 B등급($0.20 \leq$

X<0.26)으로 등급상향이 가능할 것으로 판단된다.

4.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경기도 남양주시 화도읍 금남리에 위치한 국도46호선 상의 도로교량으로 총 연장 120.0m, 폭 14.4~17.8m의 PSC GIRDER 교량으로, 2005년도에 준공되어 약 19년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태안전성능평가 등을 통한 종합 결론을 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.

4.10.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판하면

- 금남IC RAMP-A교(하) 바닥판에 발생한 손상 대부분은 방수층 파손에 의해 교면수가 유입되며 발생한 손상으로, 수분접촉과 반복적인 동결융해가 원인으로 판단되며, 국부적인 균열(0.3mm미만), 망상균열/백태, 콘크리트 열화가 조사되었다.
- 박리 및 박락의 경우 신축이음 하부 단부 측에 발생한 손상들로 신축이음 누수에 의한 수분 접촉과 반복적인 신축거동이 주요원인이며, 일부 손상의 경우 박락에 의한 피복 부족으로 철근노출이 동반된 것으로 조사되었다.
- 누수흔적의 경우 중 조인트에 발생한 손상으로 교면포장과 중앙분리대 이음부 사이로 유입된 교면수가 원인으로 추정되며, 물끊기 홈(Noth)에 의한 우수차단으로 손상의 범위가 경미하고 바닥판에 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다.
- 금회 조사된 손상들의 경우 결함발생 주요원인에 대한 보수가 이루어진 상태로 조사되었으나, 철근노출의 경우 대기 중 탄산접촉 등에 의한 부식우려가 있으므로 단면보수(방청)가 필요한 것으로 판단되며, 보수 시 인접주변에 발생한 박리, 박락에 대한 병행보수를 권장한다.

2) 거더

- 거더에 발생한 균열(0.2mm미만), 균열(0.2mm이상), 망상균열은 표면부에 발생한 미세균열로 수화열 및 내·외부 구속력에 의한 균열이 아닌 표면부에 소량의 수분이 이동되며 발생한 표면손상으로 판단되며, 기 점검 자료와 현장조사결과를 비교·검토한 결과 손상의 진행성과 구조적인 문제는 없는 상태로 조사되었다.

- 박리의 경우 손상의 위치와 주변 환경에 대한 조사결과 시공초기 받침장치 설치 이후 열응력에 의한 손상부(균열, 공극)에 신축이음 누수와 환경적 요인에 의한 수분접촉이 주요 원인으로 판단된다. 현장조사 당시 일부 손상부에 대한 보수가 이루어진 상태로 확인되었으며, 미보수된 손상의 경우 보수 작업 시 누락된 손상으로 판단된다.

3) 가로보

- 균열(0.3mm미만)의 경우 현장타설 이후 건조수축 및 온도변화에 따른 손상이며, 교면포장과 신축이음을 통한 유입수로 백태가 조사되었다. 기 점검자료와 현장조사 결과를 비교·검토한 결과 손상의 진전은 없으며 경미한 손상으로 현 시점에서 보수는 필요치 않은 상태로 판단된다.
- 박리의 경우 신축이음 누수로 균열부에 수분접촉이 이루어지며 발생한 손상이며, 현장조사당시 박리에 의한 철근노출은 확인되지 않았으나 공용 중 손상진전 우려가 있으므로 단면보수를 통한 보수가 적합할 것으로 판단된다.

4) 교대

- 균열(0.3mm미만)의 경우 시공초기 건조수축 및 온도변화에 따른 비구조적 손상이며, 신축이음 누수에 의한 수분접촉과 동결융해 등의 여러 요인으로 일부손상이 진전되어 균열(0.3mm이상)이 발생하였다.
- 망상균열 및 백태의 경우 신축이음 누수로 흙벽과 벽체에 침입수가 발생되어 나타난 손상이며, 손상의 위치와 내제된 침투수를 고려할 경우 표면보수보다 단면보수를 통한 내구성 확보가 적합할 것으로 판단된다.
- 누수흔적의 경우 신축이음 누수에 의한 손상이며 시공미흡에 의한 잡철물 노출부가 부식되며 녹발생이 동반된 것으로 조사되었다. 구조물에 미치는 영향은 없으나 차후 시기적 고려를 통한 표면보수가 적합할 것으로 판단된다.
- 박리의 경우 균열부로 우수가 유입되며 발생한 손상으로 신축이음 물받이 설치를 통한 우수 차단 이후 단면보수를 통한 내구성 회복이 필요할 것으로 판단된다.

5) 교각

- 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열은 시공초기 건조수축 및 온도변화에 따른 비구조적 손상이며, 기 점검 자료와 비교·검토한 결과 균열(0.3mm이상)에 대한 일부 보수가 확인되었다.
- P2는 도로확장구간으로 교각일부 상면이 외기에 노출되는 상태이이며, 신축이음 누수에 의한 우수와 제설제가 손상부와 접촉되며 체수와 박리가 발생한 상태로 조사되었다. 박리의 경우 손상 대부분이 P2 코핑부 하면에 위치하고 있으며, 공용 중 박락으로 진전될 경우 교량 하

부에 설치된 근린시설 이용자 또는 교량 하부를 횡단하는 차량과의 충돌우려가 있으므로 우선적인 보수를 통한 사고예방이 필요한 것으로 판단된다.

- 체수의 경우 지속적인 우수접촉과 신축이음 누수에 의해 표면이 침식되며 발생한 손상으로 판단되며, 공용 중 반복적인 동결융해 작용에 의한 콘크리트 열화와 박리 등의 2차 손상 우려가 있으므로 단면보수와 배수 홈 설치가 필요한 상태로 조사되었다.
- 누수흔적의 경우 우천 또는 신축이음 누수에 의한 손상으로 일부 표면에 오염이 발생한 상태로 조사되었으나, 콘크리트의 열화, 박리 등의 2차 손상은 발생하지 않은 상태로 조사되었다.

6) 교량받침

- 받침몰탈 및 콘크리트에 발생한 균열손상은 시공초기 건조수축과 온도변화에 따른 손상이며, 공용 중 신축이음 누수와 환경적 요인으로 일부손상이 진전되어 박리가 발생한 것으로 조사되었다. 현장조사 결과 박리부에 녹물흔적이 동반된 상태로 수분접촉에 의한 철근부식이 박리의 원인으로 판단되며, 공용 중 손상진전에 따른 박락 우려가 있으므로 단면보수(방청)를 통한 보수가 필요한 상태로 확인되었다.
- 연단거리 측정결과 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)’에서 제시하고 있는 연단거리 기준을 만족하는 상태로 조사되었다. 따라서, 안전성을 확보한 상태로 연단거리 부족으로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다.
- 받침장치부에 대한 여유량 검토결과 교량받침 전체에서 온도변화에 따른 이동여유량이 확보된 상태로 검토되었다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 누수의 경우 2022. 06에 교체가 이루어진 것으로 확인되었으며, 교체시기를 고려한 결과 시공미흡에 의한 누수로 판단된다. 공용 중 손상증진 우려가 있으므로 하자보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 유간토사퇴적의 경우 방호벽 하단부 박락에 의한 시멘트 및 골재유출에 의한 손상으로 신축 거동 확보를 위한 청소가 필요하며 방호벽 보수를 통한 퇴적물 유출차단이 필요한 것으로 판단된다.
- 후타재 박리의 경우 2022. 06에 교체가 이루어진 것으로 확인되었으며, 교체시기를 고려한 결과 시공미흡에 의한 품질저하로 판단된다. 공용 중 손상증진 우려가 있으므로 하자보수가 필요한 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 확인

이 필요한 것으로 판단된다.

- 신축이음 유간측정결과 측정일 일평균온도에서 측정된 신축유간은 신축유간 온도변화에 따른 이론식으로 산정한 결과 전 개소 최소 필요 유간 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되어 온도차에 따른 신축거동에는 문제가 없을 것으로 검토되었다.
- 주기적인 점검을 통한 신축 여유량을 조사하여 구조물 및 차량 안전성 확보여부를 검토 하여야 한다.

8) 교면포장

- 포장망상균열의 경우 공용 중 발생하는 반복하중과 탄성거동에 의한 손상이며 기 점검 시 조사된 포장균열이 진전된 손상으로 확인되었다.
- 토사퇴적의 경우 공용 중 우수에 포함된 토사가 퇴적되며 발생한 손상이며, 현장조사 당시 손상의 위치가 차량주행에 영향을 미치지 않으나 배수구 막힘과 신축이음 유간 토사퇴적을 유발하는 손상으로 청소를 통한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

9) 배수시설

- 배수구 막힘의 경우 방호벽에 유출된 모래 및 골재 등의 유출에 의한 손상이며, 체수발생시 포장면의 손상과 주행중인 차량의 안전에 위험이 되므로 배수구 청소를 통한 보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 유도 배수관 미설치의 경우 교대 A1, A2에 발생한 손상으로 신축이음을 통한 우수가 교대 상면으로 유입되며 콘크리트 열화와 박리 등의 손상을 유발하므로 유도배수관 설치를 통한 우수차단이 필요한 상태로 조사되었다.
- 배수관 이음부 부식의 경우 바닥판 하면에 부착된 배수관에 발생한 손상으로 공용기간 증가에 따라 발생한 경미한 손상으로 조사되었다. 현 시점에서의 보수는 필요로 하지 않는 상태로 지속적인 점검을 통한 관리가 요구된다.

10) 방호벽

- 교면포장과 방호벽 이음부 사이로 교면수가 유입되어 망상균열, 백태, 박리, 박락 등의 손상이 발생하였으며, 방호벽 하단에 발생한 박락부에 지속적인 우수가 유입되며 골재, 모래 등의 재료가 유실된 상태로 조사되었다.
- 유실된 재료에 의한 배수구 막힘, 신축이음 유간 토사퇴적 등의 2차 손상이 발생하였으며, 내구성 저하에 의한 기능발휘가 어려운 상태로 판단되어 보수를 통한 내구성 회복이 필요한 것으로 판단된다.
- 손상별 부분보수는 보수의 효과를 보기 어렵다 판단되어, 방호벽 전체에 대한 주의관찰 및 일

괄적보수와 갓길차로 측 부분재포장(시트방수)이 필요한 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

- S2에 발생한 점검사다리 파손은 차량충돌 등의 외부충격에 의한 손상이며, 구조물에 미치는 영향은 없으나 점검자의 작업을 원활하게 하고 안전사고를 예방할 수 있는 시설물로 재설치를 통한 보수가 적합한 것으로 판단된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 추락방지시설은 방호벽, 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 27.3~28.7MPa, 상부구조(거더) 40.0~51.5MPa, 하부구조(교대 및 교각) 25.1~27.1MPa 로 측정 되었으며, 설계기준강도 압축강도(바닥판 및 가로보 : 27.0MPa, 거더 : 40.0MPa, 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 3개소, 하부 3개소를 실시하여, 총 6개소를 실시하였으며, 철근 피복은 다소의 변동 폭을 보이는 것으로 조사되었으며 이는 시공시 발생된 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.
- 금남IC RAMP-A교(하)에서 탄산화시험은 상부구조 2개, 하부구조 2개로 총 4개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음” 인 ‘a’ 등급으로 평가되었고, 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

4.10.2 성능평가 결과

【표 4.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	금남IC RAMP-A교(하)		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.301	c	0.68
내구성능 평가	0.133	b	0.19
사용성능 평가	0.537	d	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.301 \times 0.68 + 0.133 \times 0.19 + 0.537 \times 0.13 = 0.300$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.300 • 종합성능평가 결과 : C등급		

4.10.3 종합결론

- 금남IC RAMP-A교(하)는 약 19년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 박락 및 철근노출, 교대 균열, 박리, 박락, 교량받침 받침콘크리트 박리, 박락 및 철근노출, 방호벽 박락 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, C등급(0.300)으로 평가되어 B등급(결함도 범위 : $0.20 \leq X < 0.26$)인 성능목표를 만족하지 못하므로 내구연한 증진을 위하여 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표인 B등급($0.20 \leq X < 0.26$)으로 등급상향이 가능할 것으로 판단된다.

4.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

4.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 교면포장 및 방호벽 이음부 사이 교면수가 유입되며 생기는 교대 백태, 방호벽 박리, 교각 박리, 신축이음 누수의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 등의 유지관리가 필요하다.

4.10.6 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.