

제2편 시설물편

1. 천안1교
2. 천안2교
3. 탐선교
4. 소석교
5. 원대교
6. 하색교

1. 천안1교

- 1.1 시설물 개요
- 1.2 자료수집 및 분석
- 1.3 현장조사
- 1.4 콘크리트 내구성조사
- 1.5 상태평가
- 1.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 1.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 1.8 종합결론

1. 천안1교

1.1 시설물의 개요

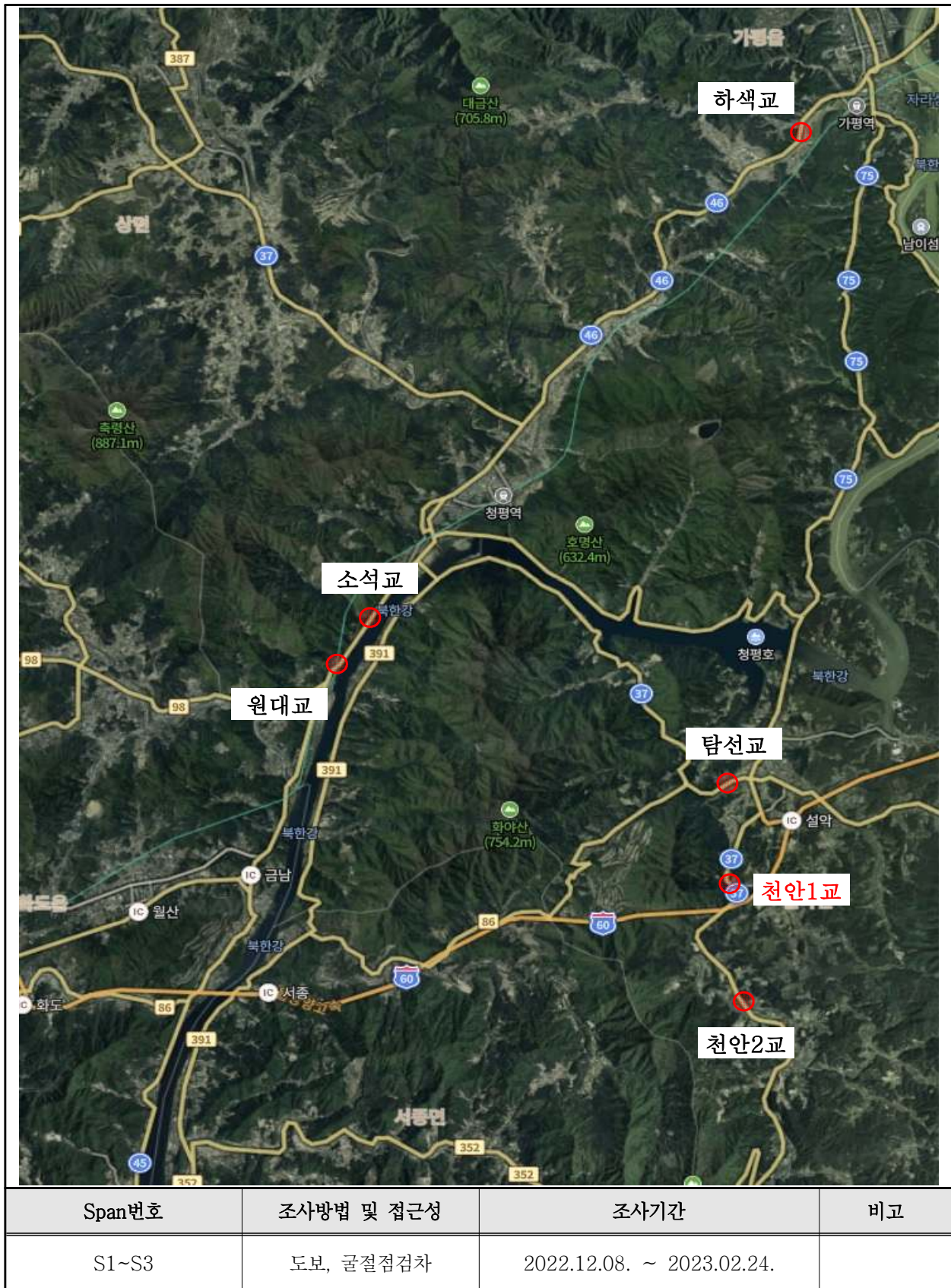
본 시설물은 국도 37호선에 위치한 총 연장 40.0m, 폭 10.5m의 3중 도로교량으로서, 행정구역상 경기도 가평군 설악면 천안리에 위치하며, 1992년 01월에 준공되어 약 31년 동안 공용 중이다. 교량형식은 라멘(RA)형식으로 구성되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 천안1교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR1992-0000736		관리번호		-	
시설물위치		경기도 가평군 설악면 천안리		준공년월일		1992년 01월	
시점이정		-		노 선 명		국도37호선	
제원	연장	L = 40.0m(12.5+15.0+12.5)					
	폭	B=10.5m, 2차선					
구조 형식	상부	라멘교(RA)		기초 형식	교 대	직접기초	
	하부	-			교 각	직접기초	
교량받침		-		신축이음		-	
교차시설물		미원천		통과높이		4.5m	
부착시설내용		-		설계하중		DB-24	
시 공 자		-		내진설계		적용	
감 리 자		-		관리주체		의정부 국토관리사무소	
							
측면 전경				상부 전경			

1.1.2 위치도 및 전경사진

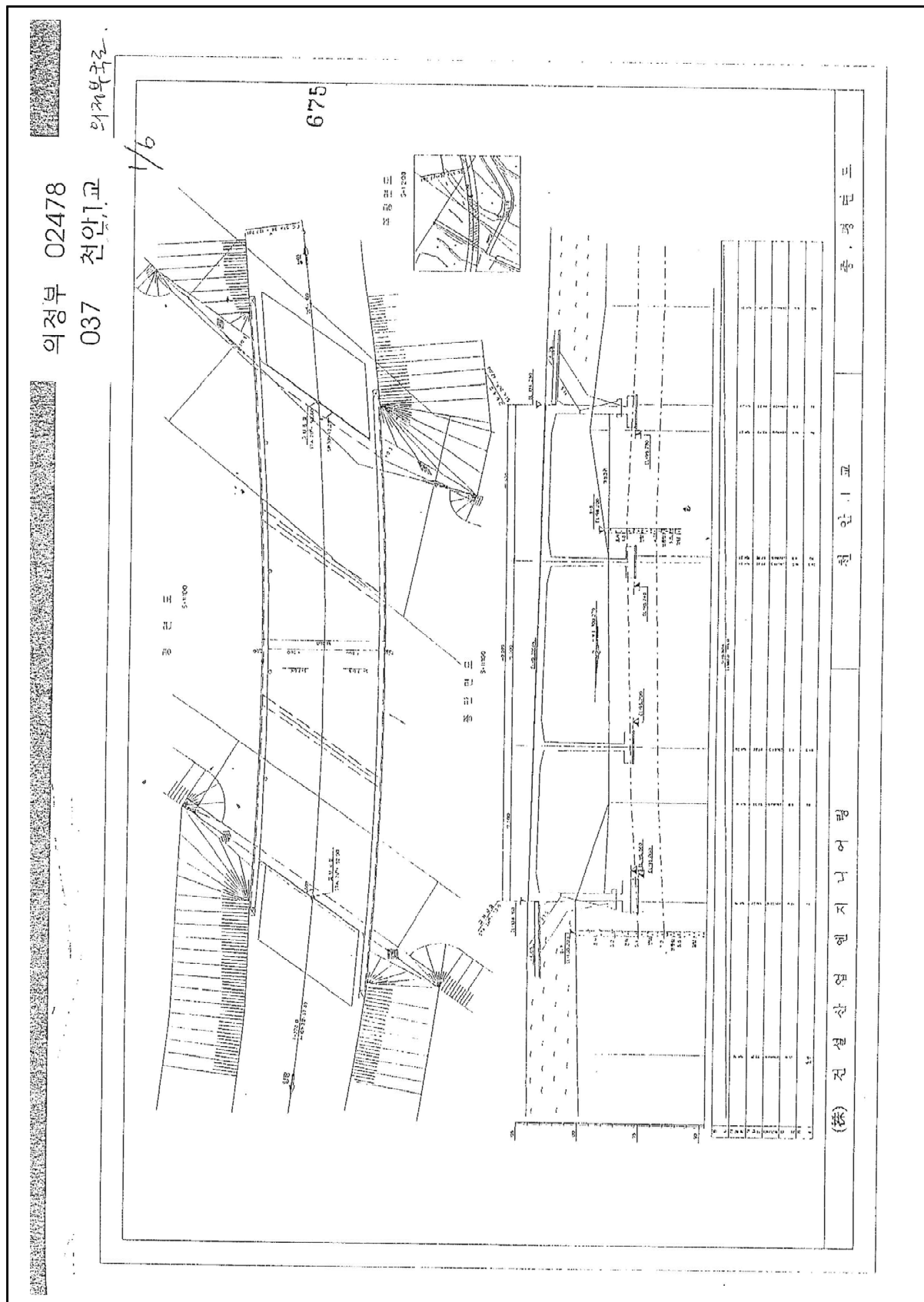


【그림 1.1.1】 위치도

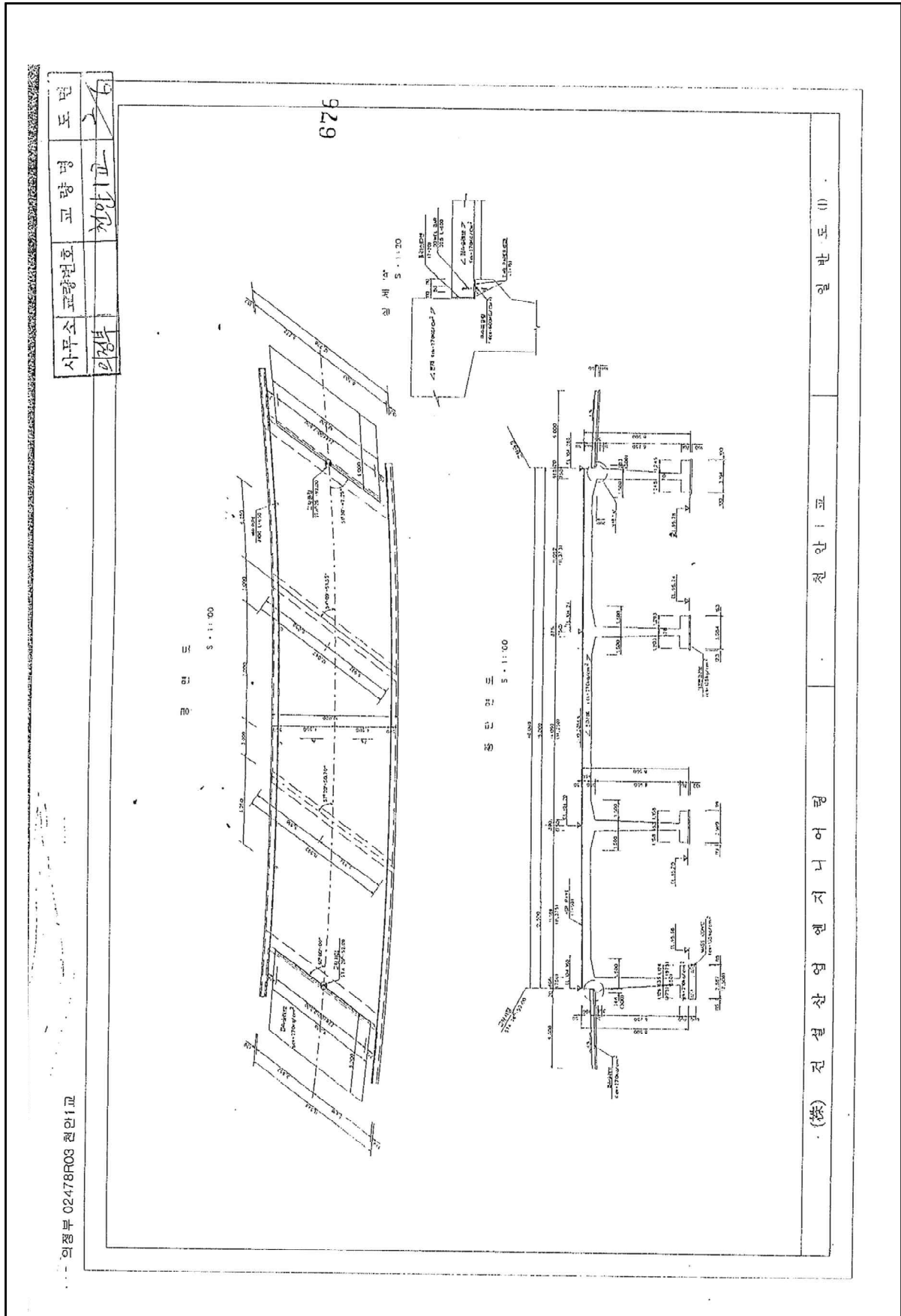
	
교면포장 전경	난간 및 연석 전경
	
배수구 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 1.1.2】 부재별 현황

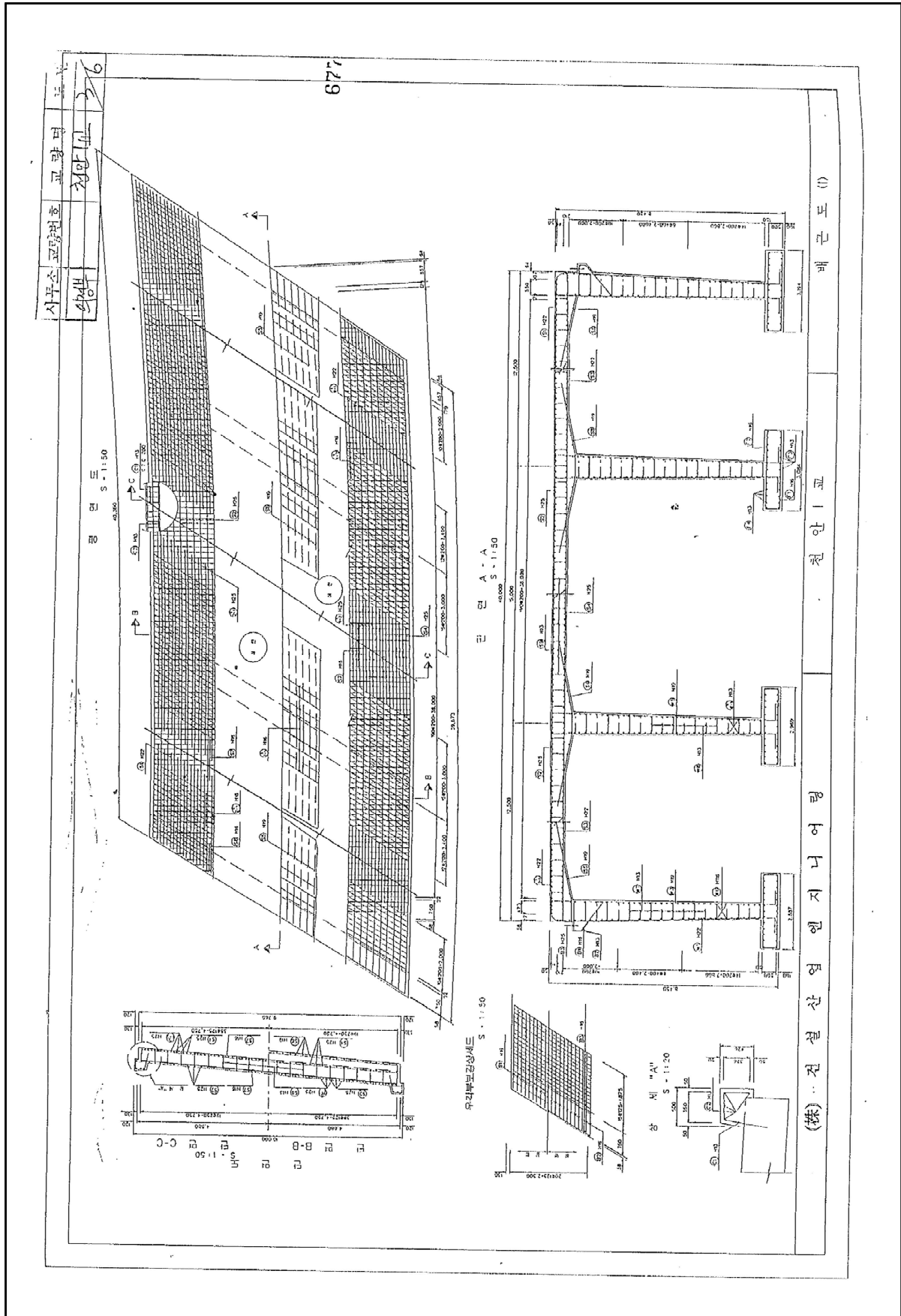
1.1.3 시설물 일반도



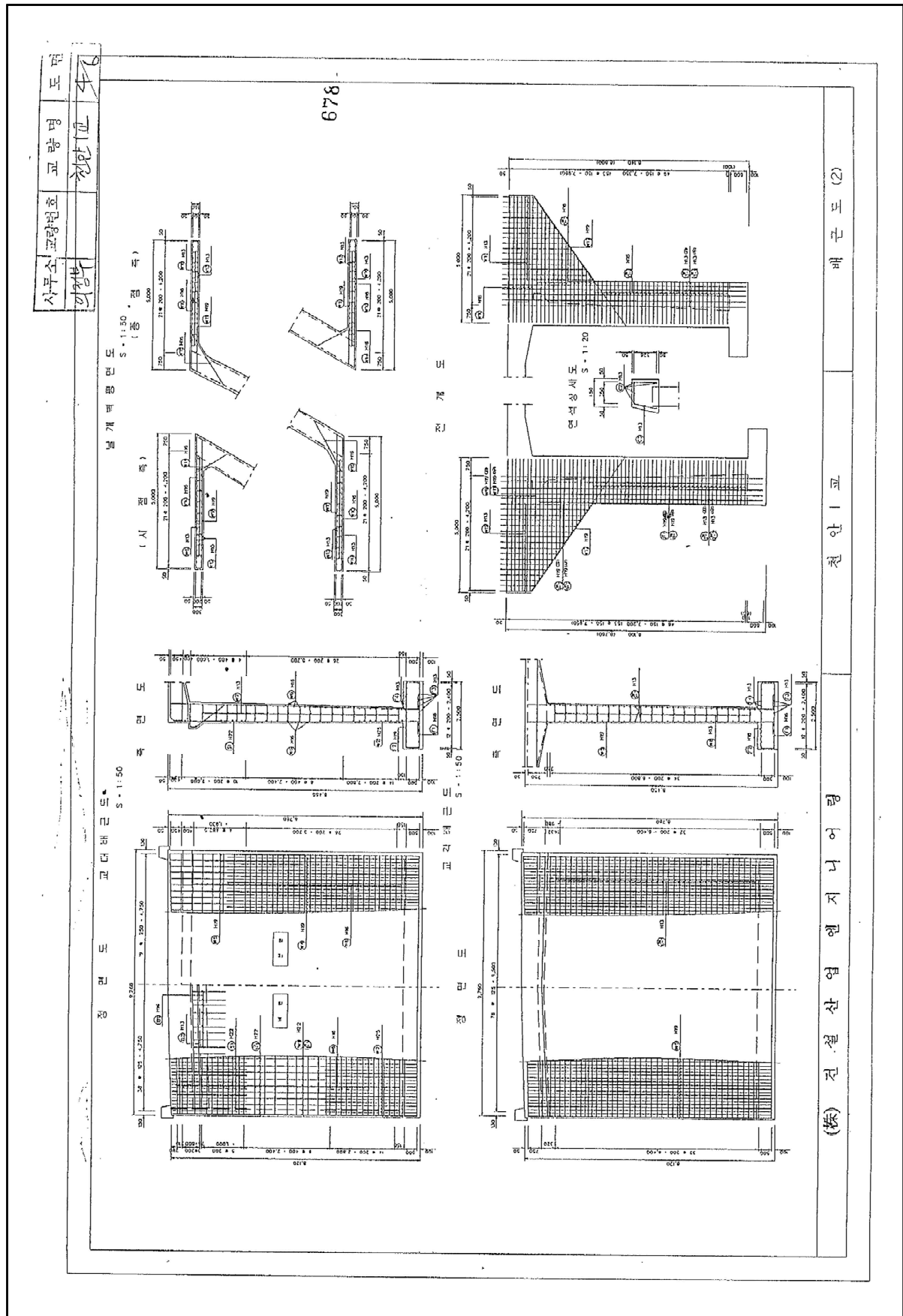
【그림 1.1.3】 평면 및 종단면도

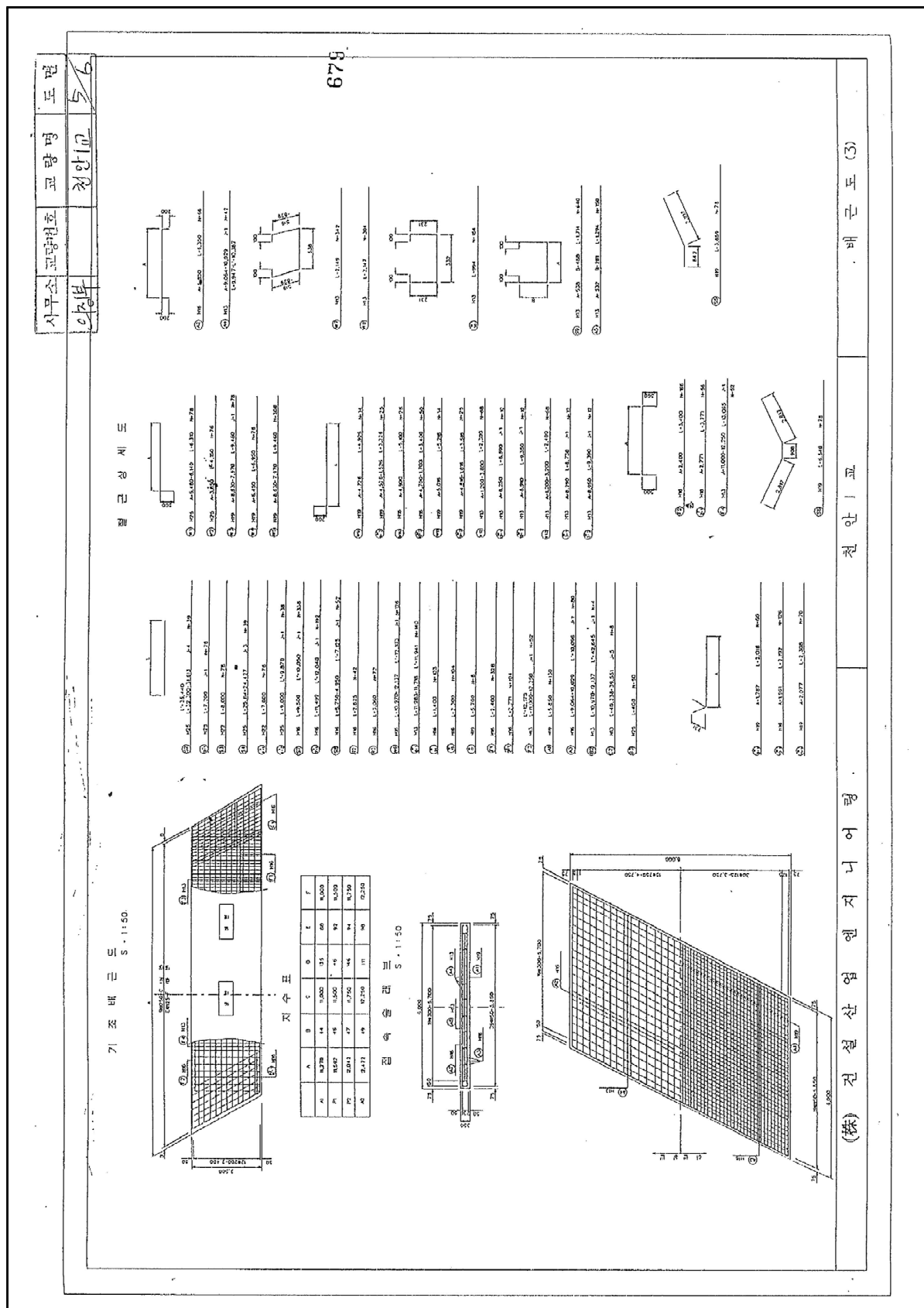


【그림 1.1.4】 일반도



【그림 1.1.5】 배근도(1)





【그림 1.1.7】 배근도(3)

1.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물은 1992년 준공된 구조물로 설계 및 시공 당시의 설계자료가 존재하지 않는 것으로 확인되었다.

1.2.1 설계자료 검토

가. 내진설계

시설물명		교량 위치 (읍면동리까지 기입)					설계활하중		허용통행하중	
천안1교		시점 : 경기도 가평군 설악면 천안리 종점 : 경기도 가평군 설악면 천안리					DB-24/DL-24			
연장			폭(m)			차로수			내진설계적용여부	
(*)길이 (m)	경간수	(*)최대 경간장	보도	차도	계	(*)상행	(*)하행	계		
40	3	15				1	1	2	적용	
상부 구조	경간구성		15 + 2@12.5 = 40							
	구분	(*)경간형식			반침종류		신축이음종류		하부통과 제한높이(m)	
	대표	라멘교(PA)								
	기타									
하부 구조	구분	교각			교대			교차노선 (또는 교차하천)	교차하천 최고수심(m)	
		형식	기초형식		형식	기초형식				
	대표									
	기타									
하천해상교량 해당여부			부착시설내용							
기타상세제원										

※FMS상 내진설계적용으로 확인 되었으나, 내진 설계에 대한 자료 및 구조물의 형식 상 내진설계 여부가 확실하지 않은 것으로 사료된다.

1.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 3종 시설물로서 금회 점검은 2회차 정밀안전점검 이다. 시설물 3종 지정 이후 기준에 따라 정기안전점검 및 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 8회, 정밀안전점검 1회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 1.2.1】 천안1교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2019. 04. 01 ~ 2019. 06. 27	정기안전점검	바닥판 백태 등	B
2	2019. 09. 23 ~ 2019. 12. 12	정밀안전점검	바닥판 : 균열, 균열 및 백태, 누수 및 백태, 박리, 배수관주변 백태, 백태, 보수부 누수 및 백태, 보수부 망상균열 교대/교각 : 균열, 박락, 박리, 백태, 날개벽 침식, 이음부 박락, 철근노출, 침식 교면포장 : 아스콘 균열, 아스콘 망상균열, 접속부 아스콘 균열, 토사퇴적 난간/연석 : 균열, 박락, 박리, 설명판 망실, 철근노출, 표면박리 배수시설 : 실링미처리	C
3	2019. 09. 02 ~ 2019. 12. 13	정기안전점검	바닥판 백태 및 균열	B
4	2020. 02. 01 ~ 2020. 06. 30	정기안전점검	바닥판 백태 및 균열	B
5	2020. 11. 17 ~ 2020. 12. 23	정기안전점검	육안점검 결과 전체구조물의 안전에 즉각적인 영향을 미치는 구조적인 손상은 발생되지 않은 상태이며, “주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태” 인 “C” 에 해당한다. 따라서, 현시점에서는 보수·보강이 이행되어야 할 시설로서 현재 결함상태가 지속될 경우 주요부재의 결함을 유발할 우려가 있는 시설로 평가된다.	C

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
6	2021. 03. 18 ~ 2021. 06. 23	정기안전점검	육안점검 결과, 교면포장에서 소성변형 및 망상균열, 바닥판하면에서 균열, 백태 및 철근노출 손상과 교대 및 교각에서 균열 및 철근노출 손상 등이 조사되었다. 또한, 전체 구조물의 안전에 즉각적인 영향을 미치는 구조적인 손상은 발생되지 않은 상태로 시설물의 사용성 및 안전성은 양호한 상태로 판단된다. 안전등급 평가결과 종합 상태점수가 5.25로 “주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태”인 “C”로 평가되었다. 따라서 주요시설인 바닥판하면에서 발생된 백태 및 교대에서 발생된 균열(0.3mm), 철근노출에 대한 보수를 실시한다면 시설물의 사용성 및 안전성에는 문제가 없는 상태로 판단된다.	C
7	2021. 06. 24 ~ 2021. 12. 10	정기안전점검	육안점검 결과, 교면포장에서 소성변형 및 망상균열, 바닥판하면에서 균열, 백태 및 철근노출 손상과 교대 및 교각에서 균열 및 철근노출 손상 등이 조사되었다. 또한, 전체 구조물의 안전에 즉각적인 영향을 미치는 구조적인 손상은 발생되지 않은 상태로 시설물의 사용성 및 안전성은 양호한 상태로 판단된다. 안전등급 평가결과 종합 상태점수가 5.25로 “주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태”인 “C”로 평가되었다. 따라서 주요시설인 바닥판하면에서 발생된 백태 및 교대에서 발생된 균열(0.3mm), 철근노출에 대한 보수를 실시한다면 시설물의 사용성 및 안전성에는 문제가 없는 상태로 판단된다.	C
8	2022. 03. 30 ~ 2022. 06. 20	정기안전점검	교면포장 : 망상균열, 소성변형 난간/연석 : 연석 박리 배수시설 : 배수관 부식, 배수관 길이부족 바닥판 하면 : 백태, 균열(0.3mm미만), 박락 교대 및 교각 : 균열(0.3mm미만), 백태, 균열(0.3mm이상), 박락, 철근노출 부대시설 : 접속부 웅벽 파손	C
9	2022. 06. 21 ~ 2022. 12. 22	정기안전점검	교면포장 : 망상균열, 소성변형 난간/연석 : 연석 박리 배수시설 : 배수관 부식, 배수관 길이부족 바닥판 하면 : 백태, 균열(0.3mm미만), 박락 교대 및 교각 : 균열(0.3mm미만), 백태, 균열(0.3mm이상), 박락, 철근노출 부대시설 : 접속부 웅벽 파손	C

1.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판하면	■ 바닥판하면에 발생된 균열(0.3mm미만)은 시공특성(동바리설치)에 따른 양생 미흡, 거푸집 및 동바리의 조기 탈형과 건조수축, 온도신축과 교량의 구조적 특성과 단면특성에 의한 처짐, 진동 등 복합적인 원인이 작용하여 발생된 비구조적 균열로 판단되며 표면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ■ 균열 및 백태는 S1 바닥판측면에 발생하였으며 균열부로 침투한 공기 중 이산화탄소가 수화반응으로 생성된 수산화칼슘이 반응하여 석회석을 생성하면서 수분에 용해되어 표면에 퇴적된 침전물로서, 백태부위는 표면보수를 실시하고 균열은 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ■ 누수 및 백태, 백태는 바닥판하면 보수부 등 전 구간에 걸쳐 국부적으로 발생한 것으로 확인되었으며 발생된 위치가 배수관 주변으로 배수관과 바닥판 사이 접합부에 실링미처리로 인해 우수가 유입되면서 발생한 손상으로 판단되며 구조물의 내구성 확보를 위해 표면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ■ 박리는 발생된 위치가 배수관 주변으로 배수관과 바닥판 사이 접합부에 실링미처리로 인해 우수가 유입되면서 미세균열부로 침투한 우수가 철근부까지 도달하여 철근의 부식 및 팽창하면서 발생한 것으로 판단되며, 박리 부위를 제거하고 철근방청 후 단면보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ■ 배수관주변 백태는 배수관과 바닥판 사이 접합부에 실링미처리로 인해 우수가 유입되면서 발생한 것으로 확인되었으며, 표면보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.	
교면포장	■ 천안1교는 2014년 9월 ~ 2015년 1월 보수공사를 통해 전면 재포장을 실시한 것으로 확인되었으며, 금회 현장조사 결과 아스콘 균열, 망상균열, 접속부 아스콘 균열, 토사퇴적 등이 조사되었다. ■ 천안1교에 조사된 아스콘 균열, 망상균열, 접속부 아스콘 균열은 차량의 반복하중, 공용기간 증가, 차량 배기가스, 제설제 살포 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 아스콘 균열, 접속부 아스콘 균열의 경우 주입보수를 실시하고 아스콘 망상균열의 경우 보수보다는 지속적인 유지관찰이 요구된다.	
난간 및 연석	■ 난간은 주행 중 정상적인 주행 경로를 벗어난 차량이 길 밖, 대향차로 또는 보도 등으로 이탈하는 것을 방지하는 동시에 탑승자의 상해 및 차량의 파손을 최소한도로 줄이고 차량을 정상 진행 방향으로 복귀시키는 것을 주목적으로 하는 시설물이다. ■ 발생된 균열(0.3mm이상)은 2014년 정밀안전점검과 발생물량을 비교해보면 2.4m 4개소에서 7.2m 12개소로 발생물량이 다소 증가되었다. 발생원인은 건조수축, 온도신축과 공용기간 증가 등 복합적인 원인이 작용하여 발생한 것으로 판단되며 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ■ 박락, 박리, 철근노출, 표면박리는 구조물 공용기간 경과, 제설제에 의한 열화 등의 복합적인 원인으로 인해 발생한 상태로 박락, 박리, 표면박리는 단면보수를 실시하고 철근노출의 경우 철근방청 후 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	

구분	정밀안전점검 결과	비고
교대 및 교각	■ 천안1교의 구조형식은 라멘(RA)형식으로 구성되어 있으며, 외관조사 결과 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 균열(0.5mm이상), 박락, 박리, 백태, 날개벽 침식, 이음부 박락, 철근노출, 침식 등이 조사되었다. ■ 교대 및 교각에서 발생한 균열(0.3mm미만)은 2014년 정밀안전점검과 발생물량을 비교해보면 8.2m 3개소에서 23.2m 7개소로 발생물량이 다소 증가되었다. 발생물량증가 원인은 건조수축, 온도신축과 교량의 구조적 특성 및 공용기간 증가 등 복합적인 원인이 작용하여 발생한 것으로 판단되며, 표면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ■ 발생한 균열(0.3~0.5mm)은 2014년 정밀안전점검과 발생물량을 비교해보면 27.1m 8개소에서 36.0m 11개소로 발생물량이 다소 증가되었다. 수직균열의 형태를 띠고 있고 형상, 방향성 등을 볼 때 구조적 특성과 단면특성, 건조수축, 온도신축 및 공용기간 증가 등 복합적인 원인이 작용하여 발생한 비구조적인 균열로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ■ 발생한 박리, 박락, 이음부 박락 등은 장기간 공용하면서 우수 등에 영향으로 콘크리트가 열화되면서 발생한 것으로 보이며, 구조물에 구조적인 문제가 될 만한 손상은 아니지만 구조물의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ■ 백태는 배수관과 바닥판 접합부의 누수 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 손상의 정도는 미미하지만 표면보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ■ 철근노출은 발생위치가 교각의 끝단부인 것을 볼 때 장기간 공용, 우수 등에 영향으로 콘크리트 열화 및 피복부족 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 철근방청 후 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ■ 하천구간에 위치한 A1, P1에 침식 및 교대 날개벽 침식이 발생한 상태이며, 현장조사 당시 수심이 얕고 유속이 거의 없었으나 우기기간 하천의 수위가 상승 시 유속 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	
배수시설	■ 배수시설은 교면의 물고임에 따른 차량 사고방지 및 물유입에 따른 부식방지를 위해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위한 시설로서, 외관조사 결과 실링미처리 등의 손상이 조사되었다. ■ 배수관 전 개소 실링미처리로 확인되었으며, 배수관과 바닥판 사이 접합부에 실링미처리로 인해 바닥판하면에 누수 및 백태, 배수관 주변 박리, 백태 등이 발생한 상태이다. 추가 손상발생을 방지하기 위해 배수관 접합부에 실링주입보수가 필요하다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	27.0	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	28.2~32.8	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조	25.6	b등급	■ 탄산화 잔여깊이 10~30mm ■ 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
	하부구조	21.8	b등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있는 상태임			

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결합도점수	기준	S·F	기준	
천안1교	0.371	C	—	—	C
종합평가	- 천안1교 상태평가결과 “주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태” 인 “C” 로 평가되었다. - 종합평가 결과, “C” 로 평가됨				

라. 안전등급 지정

본 교량에 대하여 상태평가를 종합적으로 평가한 결과 시설물의 안전등급은 ‘C(보통)’ 등급으로서, 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태인 것으로 판단된다.

마. 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량		보수물량		단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
			물량	단위	물량	단위			
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	표면보수	20.8	m	6.24	m²	60	374	3
	균열및백태(0.3mm이상)	주입보수	1.5	m	1.8	m	100	180	1
	누수 및 백태	표면보수	15.75	m²	18.9	m²	60	1,134	3
	박리	단면보수(방청)	0.3	m²	0.36	m²	260	94	2
	배수관주변 백태	표면보수	0.91	m²	1.092	m²	60	66	3
	백태	표면보수	3.11	m²	3.732	m²	60	224	3
	보수부 누수 및 백태	표면보수	18	m²	21.6	m²	60	1,296	3
	보수부 망상균열	표면보수	1	m²	1.2	m²	60	72	3
교대 및 교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	23.2	m	6.96	m²	60	418	3
	균열(0.3mm이상)	주입보수	20	m	24	m	100	2,400	1
	균열(0.5mm이상)	주입보수	16	m	19.2	m	100	1,920	1
	박락	단면보수	0.9	m²	1.08	m²	220	238	2
	박리	단면보수	0.51	m²	0.612	m²	220	135	3
	백태	표면보수	1.59	m²	1.908	m²	60	114	3
	날개벽 침식	단면보수	1.62	m²	1.944	m²	220	428	2
	이음부 박락	단면보수	1.2	m²	1.44	m²	220	317	2
	철근노출	단면보수(방청)	0.5	m²	0.6	m²	260	156	1
	침식	단면보수	21.12	m²	25.344	m²	220	5,576	3
교면 포장	아스콘 균열	주입보수	12.5	m	15	m	14	210	3
	접속부 아스콘 균열	주입보수	23	m	27.6	m	14	386	3
	토사퇴적	청소	20	m²	24	m²	10	240	3
난간 및 연석	균열(0.3mm이상)	주입보수	7.2	m	8.64	m	100	864	1
	박락	단면보수	0.25	m²	0.3	m²	220	66	2
	박리	단면보수	0.28	m²	0.336	m²	220	74	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.03	m²	0.036	m²	260	9	2
	표면박리	단면보수	56	m²	67.2	m²	220	14,784	3
배수시설	실링미처리	실링주입보수	4	EA	4	EA	20	80	2
순공사비 합계(천원)							31,854		
제경비(천원, 순공사비 x 50%)							15,927		
순위별 공사비 (천원, 제경비 포함)		단 기(1순위)					8,280		
		중 기(2순위)					1,847		
		장 기(3순위)					37,654		
개략공사비(순공사비+제경비)							47,780		

- ※ 1. 손상물량으로 여유수량을 감안하여 할증(20%)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증적용을 제외하였음(보수물량 = 손상물량 × 1.2(할증))
2. 균열(cw=0.3mm미만)의 손상물량은 길이로 산출되므로 보수물량은 균열길이 × 0.25(보수폭) × 1.2(할증)로 산출하였음
3. 본 공사비는 개략공사비로 보수공사시 작업난이도에 따른 부대공 및 가시설비가 증가할 수 있으며, 실시설계시 공법변경 및 단가변동에 의해 바뀔 수 있음
4. 「2018년도 도로 및 시설물 유지보수공사 설계가이드(도로 시설물 분야)」 - 서울시 안전총괄본부의 보수 단가 적용

바. 종합결론

- 천안1교는 라멘(RA) 형식의 교량으로 상태평가 결과 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태인 “C”로 평가되어 시설물의 안전등급은 ‘C(보통)’ 등급으로 평가되었다.
- 정밀안전점검 대상 시설물인 천안1교는 1992년 준공 후 27년이 경과된 교량으로서 금회 정밀안전점검 결과 일부 추가 손상이 조사되었으며, 전반적으로 유지관리적 측면에서의 보수가 필요한 상태이다.
- 현재 본 천안1교에서 조사된 손상은 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 아닌 시설물의 공용 중 발생한 손상들로 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행한다면 구조물의 기능성과 사용성을 확보할 수 있을 것으로 판단되며, 정밀안전진단 및 사용제한 등의 필요성이 없는 상태로 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한 이상의 공용년수를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

1.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경 등에 관한 공사자료는 없는 것으로 확인됨	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○기 손상인 상·하부구조 균열, 박리, 박리 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○FMS 등재 이후 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

1.2.5 시설물 보수 이력

【표 1.2.2】 천안1교 보수이력사항

공사기간	공사구분	구조물명	공사내역	시공자
2014-09-24 ~ 2015-01-14	도로정비 공사	천안1교	아스콘 재포장 A=378.0㎡	범진산업(주)
2023-01 ~ 2023-예정	시설물 보수공사	천안1교	연석, 바닥판하면, 교대	주식회사백강

1.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 1.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

1.3 현장조사

1.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보 및 굴절점검차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 굴절차	2022.12.08. ~ 2023.02.24.	
			
굴절차를 이용한 근접점검		작업사진	
			
비파괴시험		비파괴시험	

【사진 1.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

1.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 천안1교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=40.0m 폭 10.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 굴절점검차로 근접조사를 실시하였다.



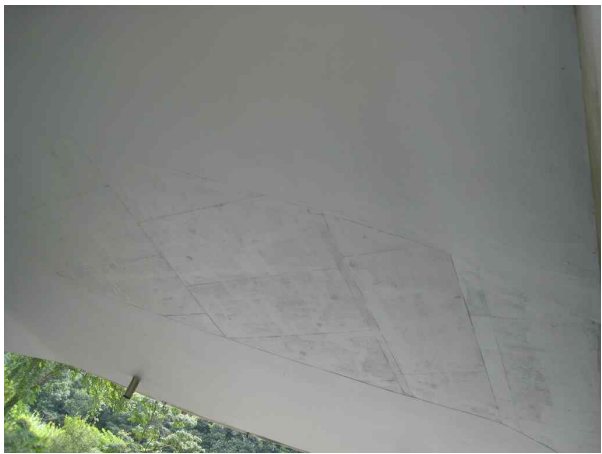
【사진 1.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과, 굴절차를 이용한 근접점검으로 일부 망상균열, 긁힘, 백태 등의 손상이 조사되었다.
- 천안1교는 23년 상반기에 바닥판하면에 대해 보수를 실시하였으며, 보수부의 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

【표 1.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열 (폭0.3mm 미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		긁힘 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		전선관 파손 (EA/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1

	
바닥판 전구간 전경	S1 보수부 전경 - 상태양호
	
S2 보수부 전경 - 상태양호	S3 보수부 전경 - 상태양호

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검과의 비교결과, 23년 상반기에 전구간에 보수를 실시하였으며, 보수부의 상태는 양호한 것으로 확인되었다.

【표 1.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2019년 정밀점검		2023년 정밀점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	균열(폭0.3mm 미만)	m	20.80	13	—	—	↓ 20.80	보수실시
	균열(폭0.3mm 이상)	m	1.50	1	—	—	↓ 1.50	보수실시
	파손, 박리, 균함, 재료분리	m ²	0.30	1	—	—	↓ 0.30	보수실시
	누수, 백태	m ²	37.77	11	—	—	↓ 37.73	보수실시

나. 교대

1) 부재의 개요

- 천안1교는 라멘(RA)형식으로 교대는 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보 및 굴절점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.4】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 교대 A1의 일부 구간에 폭 0.3mm 미만의 균열, 침식 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.
- 천안1교는 23년 상반기에 교대 A2에 대해 보수를 실시한 것으로 확인되었다.

【표 1.3.3】 교대 현장조사 결과

구분	균열(폭0.3mm 미만) (m/개소)		침식 (㎡/개소)	
A1	6.00	2	14.22	6
A2	—	—	—	—
합계	6.00	2	14.22	6

	
A1 전경	A2 보수부 전경 - 상태양호
	
A1 좌측날개벽 침식 (0.3m×5.0m)	A1 우측날개벽 침식 (0.3m×5.0m)
	—
A1 균열(폭0.3mm 미만)	—

【사진 1.3.5】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검과의 비교결과, 금회 보수예정으로 전반적인 물량이 감소한 것으로 확인되었다.

【표 1.3.4】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2019년 정밀점검		2023년 정밀점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(폭0.3mm 미만)	m	19.20	6	6.00	2	↓ 13.20	보수실시
	균열(폭0.3mm 이상)	m	2.60	2	—	—	↓ 2.60	보수실시
	백태	m ²	0.34	3	—	—	↓ 0.34	보수실시
	침식	m ²	14.22	6	14.22	6	— —	변동없음
	박리, 박락	m ²	1.71	2	—	—	↓ 1.71	보수실시

4) 검토의견

- 교대 및 날개벽에 장기공용 및 하천에 의한 침식이 발생한 상태이며, 현장조사시(2월) 갈수기인 상태로 하천의 수위는 낮았으나, 장마철(우기) 하천의 수위 상승으로 인해 손상이 추가 발생할 수 있을 것으로 판단된다. 상기 손상부는 본 교량의 사용성 및 내구성 확보를 위해 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교대에 발생한 균열은 초기건조수축 및 장기공용, 우수 등의 복합적인 원인으로 발생한 비구조적인 균열로 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 실시하는 유지관리 후 손상의 진전 및 추가 손상 발생시 일괄 보수를 실시하는 것이 유리할 것으로 사료된다.
- 금회 교대 A2에 대해 보수를 실시하였으며, 차기 점검시 보수부의 상태에 대한 확인이 필요할 것으로 판단된다.

다. 교각

1) 부재의 개요

- 천안1교는 라멘(RA) 형식으로 교각은 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 굴절점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 1.3.6】 교각 전경

2) 현장조사 결과

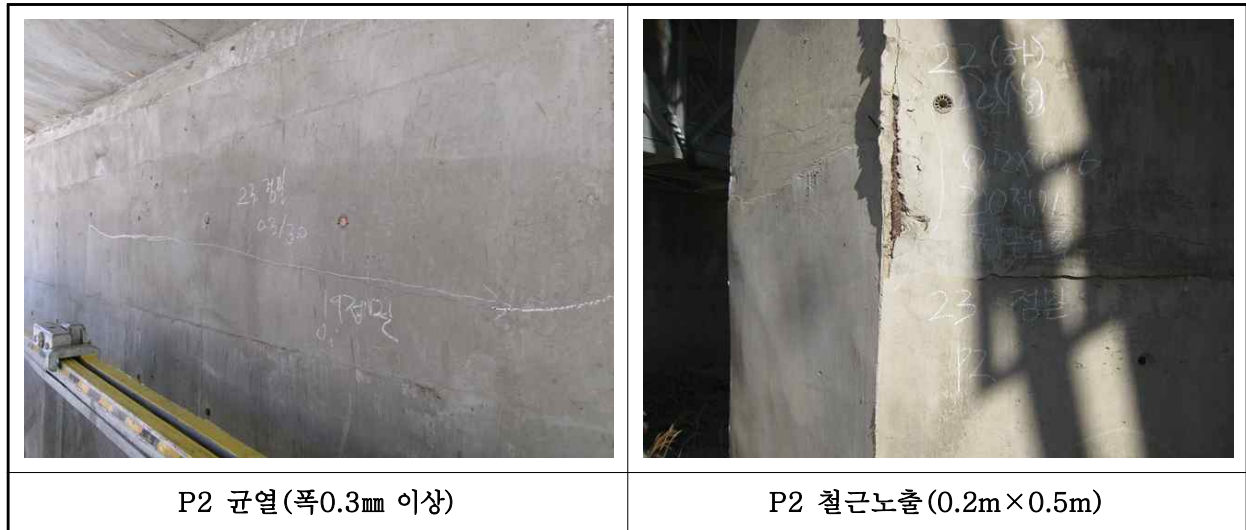
- 교각 P1, P2에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 폭 0.3mm 미만 및 이상 균열, 백태, 침식, 박락, 철근노출이 확인되었고, 금회 정밀조사로 인한 균열이 추가 조사되었다.

【표 1.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	균열 (폭0.3mm 미만) (m/개소)		균열 (폭0.3mm 이상) (m/개소)		백태 (㎡/개소)		침식 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)	
P1	8.00	2	11.00	2	—	—	11.52	2	0.90	1	—	—
P2	8.50	3	20.90	6	1.25	1	—	—	—	—	0.10	1
합계	16.50	5	31.90	8	1.25	1	11.52	2	0.90	1	0.10	1

	
P1 균열(폭0.3mm 미만)	P1 균열(폭0.3mm 이상)
	
P1 균열(폭0.3mm 이상)	P1 침식(0.6m×4.6m)
	
P2 백태(2.5m×0.5m)	P2 균열(폭0.3mm 이상)

【사진 1.3.7】 교각 손상현황



【사진 1.3.7】 교각 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검과의 비교결과, 기 손상인 균열 및 백태, 침식, 박락, 철근노출이 확인되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다

【표 1.3.6】 교각 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2019년 정밀점검		2023년 정밀점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(폭0.3mm 미만)	m	4.00	1	16.50	5	↑ 12.50	신규,정밀
	균열(폭0.3mm 이상)	m	33.40	9	31.90	8	↓ 1.50	정밀조사
	백태	m ²	1.25	1	1.25	1	— —	변동없음
	침식	m ²	11.52	2	11.52	2	— —	변동없음
	박락	m ²	0.90	1	0.90	1	— —	변동없음
	철근노출	m ²	0.10	1	0.10	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교각에 발생한 균열은 초기건조수축 및 장기공용, 우수 등의 복합적인 원인으로 발생한 비구조적인 균열로 지속적인 내구성확보를 위해 균열보수(표면처리, 주입보수)를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 교각은 장기공용 및 하천에 의한 침식, 박락, 철근노출 등의 손상이 발생한 상태이며, 현장조사시(2월) 갈수기인 상태로 하천의 수위는 낮았으나, 장마철(우기) 하천의 수위 상승으로 인해 손상이 추가 발생할 수 있을 것으로 판단된다. 상기 손상부는 본 교량의 사용성 및 내구성확보를 위해 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교각에 발생한 백태는 시공미흡, 장기공용, 우수접촉에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 정도는 적으나 구조물의 내구성유지를 위해 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

라. 교면포장

1) 부재의 개요

- 천안1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 폭 10.5m, 왕복 2차선의 아스콘 포장으로 되어있다.



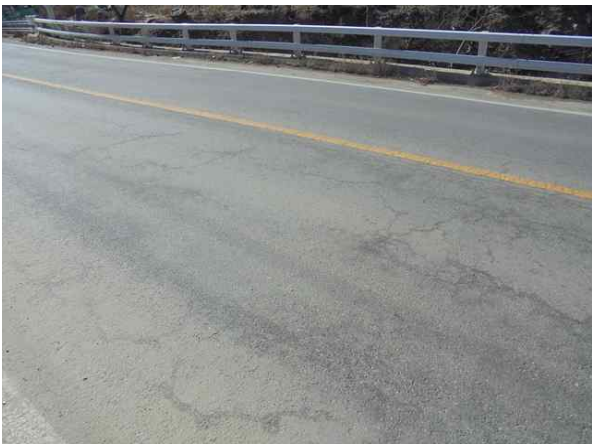
【사진 1.3.8】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과, 기존 손상인 아스콘 균열 및 망상균열, 토사퇴적이 확인되었고, 일부 손상이 추가 발생한 것으로 조사되었다.

【표 1.3.7】 교면포장 현장조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)		아스콘 망상균열 (m/개소)		접속부 아스콘 균열 (m/개소)		토사퇴적 (m/개소)	
S1	12.50	1	60.00	2	11.50	1	6.25	1
S2	15.00	1	90.00	2	—	—	7.50	1
S3	—	—	60.00	2	11.50	1	6.25	1
합계	27.50	2	210.00	6	23.00	2	20.00	3

	
S1 아스콘 균열(12.5m)	S1 아스콘 망상균열(3.0m×10.0m)
	
S1 아스콘 망상균열(3.0m×10.0m)	S1 접속부 아스콘 균열(11.5m)
	
S1 토사퇴적(0.5m×12.5m)	S2 아스콘 망상균열(3.0m×15.0m)

【사진 1.3.9】 교면포장 손상현황

	
S2 아스콘 균열 (15.0m)	S2 토사퇴적 (0.5m×15.0m)
	
S3 아스콘 망상균열 (3.0m×10.0m)	S3 아스콘 망상균열 (3.0m×10.0m)
	
S3 아스콘 망상균열 (3.0m×10.0m)	S3 토사퇴적 (0.5m×12.5m)

【사진 1.3.9】 교면포장 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검과의 비교결과, 기 손상인 아스콘 균열 및 망상균열, 토사토적이 확인되었고, 장기공용에 따른 아스콘 균열 및 망상균열이 추가 발생한 것으로 확인되었다.

【표 1.3.8】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2019년 정밀점검		2023년 정밀점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	아스콘 균열	m	12.50	1	27.50	2	↑ 15.00	신규손상
	아스콘 망상균열	m ²	36.00	4	210.00	6	↑ 174.00	신규손상
	접속부 아스콘 균열	m	23.00	2	23.00	2	— —	변동없음
	토사퇴적	m ²	20.00	3	20.00	3	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열 및 망상균열은 통행차량의 반복적인 윤회중, 장기공용, 제설제, 우수 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단된다. 현재 아스콘 망상균열이 전구간에 걸쳐 발생하였고, 재포장을 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교면포장에 발생한 토사퇴적은 주기적인 청소를 실시하는 유지관리가 필요하다.

마. 배수시설

1) 부재의 개요

- 배수시설은 교면의 물고임에 따른 주행차량의 안전성 확보 및 교량의 열화 방지를 위한 시설로, 본 교량인 천안1교 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 1.3.10】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 기존 손상인 실링미처리가 확인되었다.

【표 1.3.9】 배수시설 현장조사 결과

구분	실링 미처리 (EA/개소)	
S1	1.00	1
S2	2.00	2
S3	1.00	1
합계	4.00	4

	
S1 실링 미처리	S2 실링 미처리
	
S3 실링 미처리	배수구 전경(양호)

【사진 1.3.11】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검과의 비교결과, 기존손상인 실링 미처리가 조사되었고, 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 1.3.10】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2019년 정밀점검		2023년 정밀점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	실링 미처리	EA	4.00	4	4.00	4	- -	변동없음

4) 검토의견

- 배수구는 현재 막힘이 없는 양호한 상태이나, 바닥판하면과의 접합부 실링미처리로 인해 바닥판하면에 누수, 백태 등의 손상이 발생한 상태이다. 실링보수를 실시하여, 추가 손상발생을 방지하는 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

바. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 연석 및 난간은 철근콘크리트(연석), 강재(난간)로 교량 양측에 설치되어있다.



【사진 1.3.12】 난간 및 연석 전경

2) 현장조사 결과

- 천안1교는 23년도 상반기에 연석에 대해 보수를 실시하였으며, 보수부의 상태는 양호한 것으로 확인되었다.

【표 1.3.11】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	상태양호
S1	—
S2	—
S3	—
합계	—

	
S1 연석 전경	S2 연석 전경
	—
난간 보수부 - 상태양호	—

【사진 1.3.13】 연석 및 난간 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검과의 비교결과, 금회 보수예정으로 전반적인 물량이 감소한 것으로 확인되었다.

【표 1.3.12】 연석 및 난간 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2019년 정밀점검		2023년 정밀점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
연석 난간	연석 균열(폭0.3mm 이상)	m	7.20	12	—	—	↓ 7.20	보수실시
	박리, 박락	m ²	56.53	9	—	—	↓ 56.53	보수실시
	철근노출	m ²	0.03	1	—	—	↓ 0.03	보수실시

4) 검토의견

- 금회 연석에 대해 보수를 실시할 예정으로 차기 점검시 보수를 실시한 곳에 대한 확인이 필요할 것으로 판단된다.

사. 공중이 이용하는 부위

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

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 라멘 구조물로 신축이음은 미설치된 상태이다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

1.3.3 현장조사 총괄표

【표 1.3.13】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
교대	균열(폭0.3mm 미만)	m	6.00	2	
	침식	m ²	14.22	6	
교각	균열(폭0.3mm 미만)	m	16.50	5	
	균열(폭0.3mm 이상)	m	31.90	8	
	백태	m ²	1.25	1	
	침식	m ²	11.52	2	
	박락	m ²	0.90	1	
	철근노출	m ²	0.10	1	
교면포장	아스콘 균열	m	27.50	2	
	아스콘 망상균열	m ²	210.00	6	
	접속부 아스콘 균열	m	23.00	2	
	토사퇴적	m ²	20.00	3	
배수시설	실링 미처리	EA	4.00	4	

1.3.4 전회차 손상물량 비교

【표 1.3.14】 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2019년 정밀점검		2023년 정밀점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(폭0.3mm 미만)	m	20.80	13	—	—	↓ 20.80	보수실시
	균열(폭0.3mm 이상)	m	1.50	1	—	—	↓ 1.50	보수실시
	파손, 박리, 균힘, 재료분리	m ²	0.30	1	—	—	↓ 0.30	보수실시
	누수, 백태	m ²	37.77	11	—	—	↓ 37.73	보수실시
교대	균열(폭0.3mm 미만)	m	19.20	6	6.00	2	↓ 13.20	보수실시
	균열(폭0.3mm 이상)	m	2.60	2	—	—	↓ 2.60	보수실시
	백태	m ²	0.34	3	—	—	↓ 0.34	보수실시
	침식	m ²	14.22	6	14.22	6	— —	변동없음
	박리, 박락	m ²	1.71	2	—	—	↓ 1.71	보수실시
교각	균열(폭0.3mm 미만)	m	4.00	1	16.50	5	↑ 12.50	신규, 정밀
	균열(폭0.3mm 이상)	m	33.40	9	31.90	8	↓ 1.50	정밀조사
	백태	m ²	1.25	1	1.25	1	— —	변동없음
	침식	m ²	11.52	2	11.52	2	— —	변동없음
	박락	m ²	0.90	1	0.90	1	— —	변동없음
	철근노출	m ²	0.10	1	0.10	1	— —	변동없음
교면포장	아스콘 균열	m	12.50	1	27.50	2	↑ 15.00	신규손상
	아스콘 망상균열	m ²	36.00	4	210.00	6	↑ 174.00	신규손상
	접속부 아스콘 균열	m	23.00	2	23.00	2	— —	변동없음
	토사퇴적	m ²	20.00	3	20.00	3	— —	변동없음
배수시설	실링 미처리	EA	4.00	4	4.00	4	— —	변동없음
방호벽	연석 균열 (폭0.3mm 이상)	m	7.20	12	—	—	↓ 7.20	보수실시
	박리, 박락	m ²	56.53	9	—	—	↓ 56.53	보수실시
	철근노출	m ²	0.03	1	—	—	↓ 0.03	보수실시

1.4 콘크리트 내구성 조사

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

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

1.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 1.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	1	1	1	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

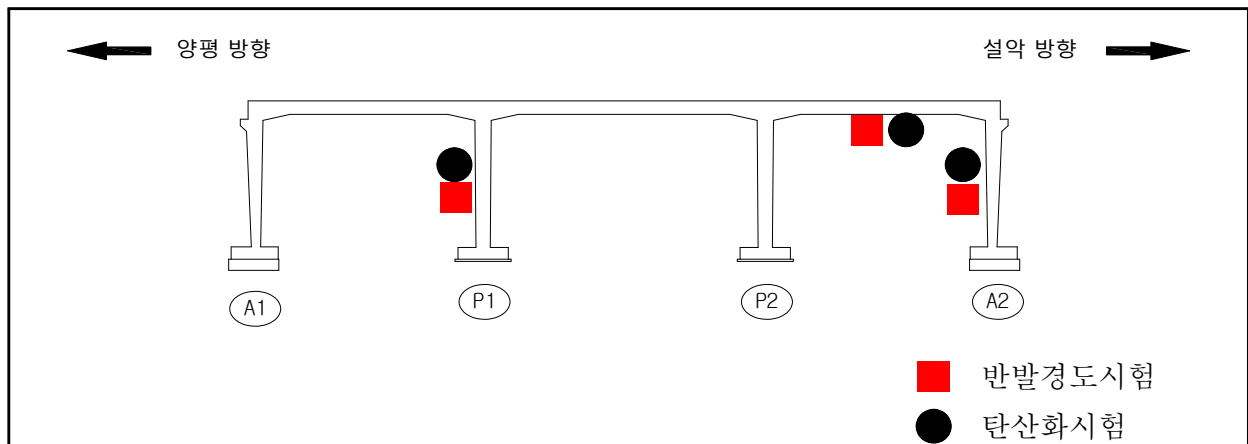
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

1.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발강도시험(총 3개소)을 실시하였으며, 검토 결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 1.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S3	바닥판	56.1	33.5	31.4	0.63	24.0	

【표 1.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A2	교대	48.9	27.7	28.2	0.63	24.0	
	P1	교각	48.0	27.0	27.8			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 31.4~33.5MPa, 하부구조 27.0~28.2MPa로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 24.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 1.4.4】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	31.4~33.5	24.0	131.0~139.7
하부구조	교대, 교각	27.0~28.2	24.0	112.6~117.5

② 기 점검결과와의 비교

【표 1.4.5】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	2019년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검	설계기준강도
상부구조	27.0	31.4~33.5	24.0
하부구조	28.2~32.8	27.0~28.2	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100.0%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도 상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 1.4.6】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S3 바닥판	3.0	80.0	77.0	0.54	100년이상	a
하부구조	A2 교대	4.0	75.0	71.0	0.72	100년이상	a
	P1 교각	6.0	110.0	104.0	1.08	100년이상	a

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~6.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 1.4.7】탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	3.0	77.0	
하부구조	4.0~6.0	71.0~104.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 1.4.8】탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2019년 정밀안전점검			2023년 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	3.7	25.6	b	3.0	77.0	a	
하부구조	12.6~13.4	21.8~118.9	a~b	4.0~6.0	71.0~104.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 1.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	31.4~33.5	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	27.0~28.2	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조	77.0	a	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조	71.0~104.0	a	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

라. 기 점검결과와 비교

【표 1.4.10】 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위	시험 결과				비 고
		2019년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	27.0		31.4~33.5		설계기준강도 (24.0)
	하부구조	28.2~32.8		27.0~28.2		
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조	25.6	b	77.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조	21.8~118.9	a~b	71.0~104.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨					

1.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2022. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

1.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태인 ‘C등급’으로 산정되었다.

【표 1.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
											상부	하부
S1	A1	RA	a	d	b	a	—	—	c	q	—	—
S2	P1	RA	a	d	b	a	—	—	d	q	—	a
S3	P2	RA	a	d	b	a	—	—	d	q	a	—
	A2						—	—	a	q	—	a
평균			0.100	0.700	0.200	0.100	0.000	0.000	0.475	0.000	0.100	0.100
가중치			38	7	3	2	0	0	43	0	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.038	0.049	0.006	0.002	0.000	0.000	0.204	0.000	0.004	0.003
											0.306	
											C	

■ 결함도 범위 : $0.260 \leq \text{결함도지수}(0.306) < 0.490$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 1.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
천안1교	0.306	C	40.0	2	80.0	1.000	0.306
합계(Σ)			40.0	2	80.0	1.000	—
1. 평가지수 =							0.306
2. 상태평가결과 =							C

1.5.2 기 점검 결과와의 비교

- 기존 정밀안전점검 이후 공용기간 증가에 따른 교면포장 등 일부 부재에서 손상이 신규 조사되었고, 보수를 실시하였으며, 그에 따라 환산결함도점수가 미소하게 감소하였으나, 상태평가결과 C등급을 유지하는 것으로 평가되었다.
- 천안1교는 상반기에 연석, 바닥판하면, 교대(A2)에 대해 보수를 실시한 것으로 확인되었다.

【표 1.5.3】 전회 정밀안전점검과 상태평가 결과 비교·분석

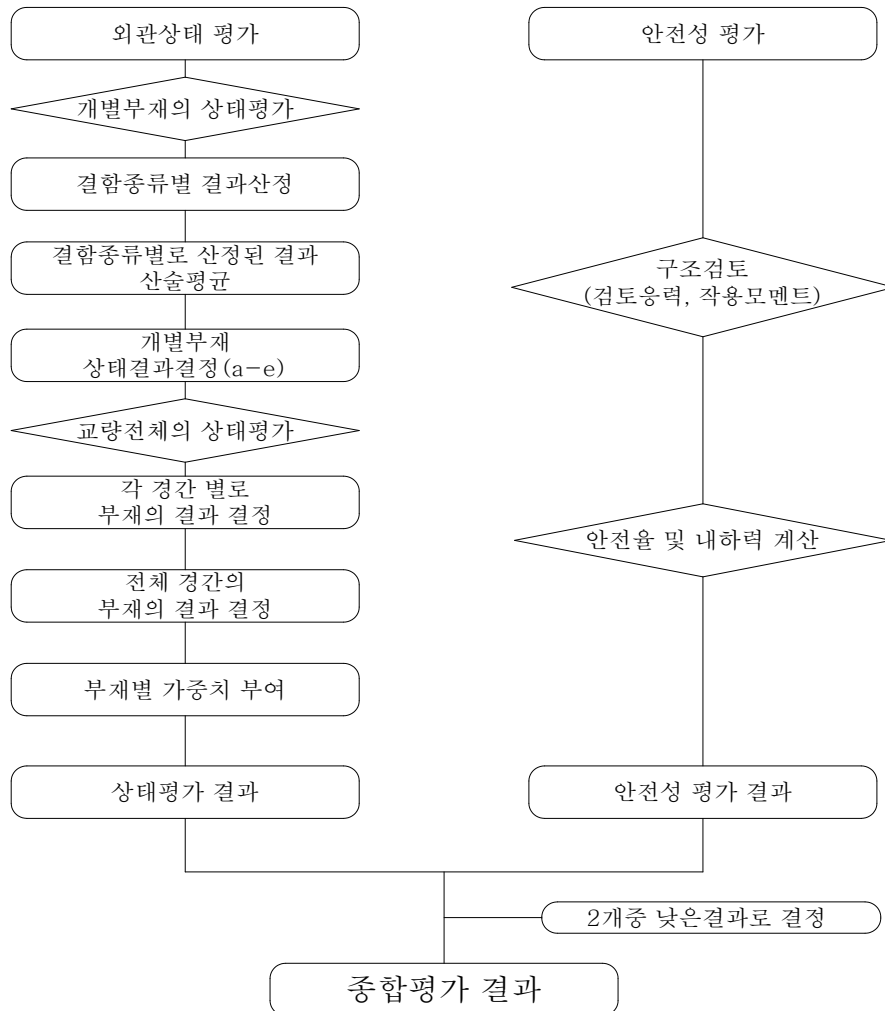
구 분	2019년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검
환산결함도점수	0.371	0.306
상태평가결과	C	C
총 평	●금회 정밀안전점검 결과, 환산결함도점수 0.306, 등급 “C” 로 산정되었다. ●전회(2019년) 정밀안전점검과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.371에서 0.306으로 0.065 감소하였으며, 상태평가 등급은 “C” 로 동일하게 평가되었다. ●환산결함도 점수가 감소한 주요 원인은 금년 상반기 보수를 실시하여 감소한 것으로 판단된다.	

1.6 종합평가 및 안전등급 지정

1.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 1.6.1】 종합평가 결과 산정절차

1.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “C” 로 평가되었다.

【표 1.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
천안1교	0.306	C	—	—	C
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태인 “C” 로 평가됨 •종합평가 결과, “C” 로 평가됨				

1.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태』인 “C등급” 으로 지정하였다.

【표 1.6.2】 안전등급 지정

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

1.7 보수·보강 및 유지관리방안

1.7.1 보수·보강 방안

【표 1.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
교대	균열(폭0.3mm 미만)	m	6.00	2	표면처리	3순위
	침식	m ²	14.22	6	단면보수	3순위
교각	균열(폭0.3mm 미만)	m	16.50	5	표면처리	1순위
	균열(폭0.3mm 이상)	m	31.90	8	주입보수	1순위
	백태	m ²	1.25	1	표면처리	1순위
	침식	m ²	11.52	2	단면보수	1순위
	박락	m ²	0.90	1	단면보수	1순위
	철근노출	m ²	0.10	1	단면보수(방청)	1순위
교면포장	아스콘 균열	m	27.50	2	채포장	1순위
	아스콘 망상균열	m ²	210.00	6		
	접속부 아스콘 균열	m	23.00	2		
	토사퇴적	m ²	20.00	3	정비	3순위
배수시설	실링 미처리	EA	4.00	4	실란트충전	3순위

1.7.2 개략공사비

【표 1.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	균열(폭0.3mm 미만)	표면처리	6.00	2.25	m ²	85	191	3순위
	침식	단면보수	14.22	21.33	m ²	260	5,546	3순위
교각	균열(폭0.3mm 미만)	표면처리	16.50	6.19	m ²	85	526	1순위
	균열(폭0.3mm 이상)	주입보수	31.90	47.85	m	65	3,110	1순위
	백태	표면처리	1.25	1.88	m ²	85	160	1순위
	침식	단면보수	11.52	17.28	m ²	260	4,493	1순위
	박락	단면보수	0.90	1.35	m ²	260	351	1순위
	철근노출	단면보수(방청)	0.10	0.15	m ²	320	48	1순위
교면 포장	아스콘 균열	재포장	27.50	400.0	m ²	90	36,000	1순위
	아스콘 망상균열		210.00					
	접속부 아스콘 균열		23.00					
	토사퇴적	정비	20.00	30.00	m ²	32	960	3순위
배수 시설	실링 미처리	실란트충전	4.00	4.00	EA	11	44	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	44,688		－		6,741		
	재경비 (순공사비의 50%)	22,344		－		3,370		
	합계	67,032		－		10,111		
개략공사비 총계(천원)		77,143						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

1.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 1.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
난간 및 연석	- 난간 및 연석 손상여부 점검 - 보수부 상태 확인
배수시설	배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	- 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) - 보수부 상태 확인
하부구조	- 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) - 기존 손상 진전 및 보수부 상태 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

① 바닥판 보수부 - 손상 발생 여부확인		② 하부구조 침식 - 진전 여부확인
③ 교면포장 아스콘 균열, 망상균열 - 진전 여부확인		

1.8 종합결론

본 시설물은 경기도 가평군 설악면 천안리에 위치한 교량으로 총 연장 40.0m, 폭 10.5m의 라멘 교량으로, 1992년도에 준공되어 약 31년간 공용중인 교량 구조물이며, 기존자료 분석을 포함, 현장 조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

1.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과, 기존 손상인 균열 및 망상균열, 박리, 백태가 확인되었고, 굴절차를 이용한 근접점검으로 일부 망상균열, 파손, 굽힘, 누수, 백태 등의 손상이 신규 조사되었다. 상반기에 바닥판하면에 대해 보수를 실시할 예정으로, 점검당시에는 보수 준비중이었다. 금회 점검 물량에서 보수에정인 손상에 대해서는 보수를 실시한 것으로 하여 보고서를 작성하였다.
- 바닥판하면은 현재 균열 및 망상균열, 누수, 백태 등의 손상이 전 구간에 걸쳐 발생한 상태로 확인되었고, 장기공용 및 시공당시 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 건조수축, 하부 하천에 의한 지속적인 수중접촉 등의 복합적인 원인으로 발생한 것으로 판단된다.
- 상기손상들은 표면보수 및 단면보수, 배수관 주변 실링처리 등의 보수가 필요한 상태이며, 표면보수는 바닥판하면 전구간에 걸쳐 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 차기 점검시 보수를 실시한 곳에 대한 확인이 필요할 것으로 판단된다.

2) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm 미만, 이상의 균열, 백태, 침식, 박락 및 철근노출 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 상반기에 교대 A2에 대해 보수를 실시할 예정으로, 점검당시에는 보수 준비중이었다. 금회 점검 물량에서 보수에정인 손상에 대해서는 보수를 실시한 것으로 하여 보고서를 작성하였다.
- 교대는 장기공용 및 하천에 의한 침식, 박리, 박락, 철근노출 등의 손상이 발생한 상태이며, 현장조사시(2월) 갈수기인 상태로 하천의 수위는 낮았으나, 장마철(우기) 하천의 수위 상승으로 인해 손상이 추가 발생할 수 있을 것으로 판단된다. 상기 손상부는 본 교량의 사용성 및 내구성 확보를 위해 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교대에 발생한 균열은 초기건조수축 및 장기공용, 우수 등의 복합적인 원인으로 발생한 비구조적인 균열로 지속적인 내구성확보를 위해 균열보수(표면처리, 주입보수)를 실시하는 유지관리가 필요하다. 차기 점검시 보수를 실시한 곳에 대한 확인이 필요할 것으로 판단된다.

3) 교각

- 교각 P1, P2에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 폭 0.3mm 미만 및 이상 균열, 백태, 침식, 박락, 철근노출이 확인되었고, 금회 정밀조사로 인한 균열, 폐목재적치가 추가 조사되었다.
- 교각에 발생한 균열은 초기건조수축 및 장기공용, 우수 등의 복합적인 원인으로 발생한 비구조적인 균열로 지속적인 내구성확보를 위해 균열보수(표면처리, 주입보수)를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 교각은 장기공용 및 하천에 의한 침식, 박락, 철근노출 등의 손상이 발생한 상태이며, 현장조사시(2월) 갈수기인 상태로 하천의 수위는 낮았으나, 장마철(우기) 하천의 수위 상승으로 인해 손상이 추가 발생할 수 있을 것으로 판단된다. 상기 손상부는 본 교량의 사용성 및 내구성 확보를 위해 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교각에 발생한 백태는 시공미흡, 장기공용, 우수접촉에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 정도는 적으나 구조물의 내구성유지를 위해 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

4) 교면포장

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열 및 망상균열은 통행차량의 반복적인 윤하중, 장기공용, 제설제, 우수 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단된다. 현재 아스콘 망상균열이 전구간에 걸쳐 발생하였고, 재포장을 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교면포장에 발생한 토사퇴적은 주기적인 청소를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 배수시설

- 배수구는 현재 막힘이 없는 양호한 상태이나, 바닥판하면과의 접합부 실링미처리로 인해 바닥판하면에 누수, 백태 등의 손상이 발생한 상태이다. 실링보수를 실시하여, 추가 손상발생을 방지하는 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

6) 난간 및 연석

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 기존 손상인 연석 균열 및 박리, 박락, 철근노출이 확인되었으나, 상반기에 연석에 대해 보수를 실시할 예정으로, 점검당시에는 보수 준비중이었다. 금회 점검 물량에서 보수예정인 손상에 대해서는 보수를 실시한 것으로 하여 보고서를 작성하였다.
- 차기 점검시 보수를 실시한 곳에 대한 확인이 필요할 것으로 판단된다.

7) 공중이 이용하는 부위

- 도로포장 - 공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.
- 도로부 신축이음부 - 공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 라멘 구조물로 신축이음은 미설치된 상태이다.
- 추락방지시설, 환기구 등의 덮개 - 공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

8) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 31.4~33.5MPa, 하부구조 27.0~28.2MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 24.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~6.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 환산결함도점수 0.306, 등급 “C”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 천안1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태」인 「C」등급으로 평가되었다.

1.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

1.8.3 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.