

요 약 보 고 서

제1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 "시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법"(이하 "시설물안전법"이라 한다.)에 따른 안전점검으로서 대상 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성과 결함의 원인 등을 조사·측정 및 결함상태를 점검하여 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 개요

1.2.1 시설물 현황

[정밀안전진단 대상시설물 현황]

연번	시설물명	위치	규 모		종별	형 식	준공 년도	비고
			연장 (m)	폭 (m)				
1	탄천교	성남 수정 사송	250	28.3 (6차로)	제1종	STB	1993	
2	상적교	성남 수정 상적	180	28.6 (6차로)	제1종	STB	1994	

1.2.2 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 보수·보강 및 유지관리 방안 제시
- 5) 보고서 작성
- 6) 주요결함 관리대장 작성
- 7) 교통량 조사(중대형차량 등 구분)
- 8) 기타 발주기관이 필요하다고 요구하는 사항

1.2.3 과업수행기간

◦ 2023. 09. 11 ~ 2023. 12. 10 (91일간)

1.2.4 정밀안전진단 대상시설물의 범위

금회 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 다음 표와 같다.

시설물의 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명		점검 및 진단 실시범위			금회 실시범위
			정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
주요 부재	상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	○
	하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○	○	○
	받침	교량받침	○	○	○	○
	케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	해당없음
	기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○	○	○
보조 부재	2차부재	가로보 및 세로보	○	-	○	○
공중이 이용하 는 부위	추락방지시설		○	○	○	○
	도로포장		○	○	○	○
	도로부 신축이음부		○	○	○	○
	환기구 등의 덮개		○	○	○	○

※ 추락방지시설 : 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설을 말한다.

※ 도로부 신축이음부 : 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대시설에 포함된 도로교량에 한함)를 말한다.

※ 환기구 등의 덮개 : 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)을 말한다.

1.2.5 과업의 내용

본 과업을 수행하기 위한 정밀안전진단의 세부 내용은 다음 표와 같다.

[과업의 내용]

과업의 범위	과업의 내용
관련자료 검토	- 설계도서 및 시공·품질 관련도서 검토 - 정밀안전점검 보고서 검토(2020년, 2022년) - 정밀안전진단 보고서 검토(2013년, 2018년)
외관조사	- 교량의 제원 및 시공 상태 조사 및 보수·보강 상태 조사 - 상·하부구조의 결함 및 손상 상태 조사 - 신축이음과 교량받침의 기능 상태 조사
재료시험	[콘크리트] - 콘크리트 강도 (비파괴시험법-반발경도법, 초음파속도법) - 철근탐사(배근간격, 피복두께) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정 - 콘크리트 염화물 함유량 측정 [강재] - 용접부 초음파탐상시험 - 도막두께 측정
상태평가	- 외관조사 결과 분석 - 콘크리트 재료시험 결과 분석 - 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 등급에 대한 소견
재하시험 및 평가	- 교량의 실제 정적 및 동적 거동 평가 -하중의 중첩성, 충격계수, 고유진동수, 응답비 등 평가 - 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토 - 교량의 결함원인의 분석 및 규명
안전성평가	- 설계하중에 대한 구조해석 및 안전성 평가 - 손상 및 결함 부위에 대한 보강 여부 검토 - 허용응력법 및 강도설계법에 의한 내하력 평가 - 시설물의 안전성 평가 등급에 대한 소견
보수·보강공법 제시	- 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 - 기능 회복 향상을 위한 보수·보강공법 제시 - 보수·보강 수량 및 개략공사비 산출
유지관리방안 제시	- 중점점검항목 제시 - 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시
보고서 작성	- 결과보고 - 지적사항을 보완하여 최종보고서 작성 및 제출

제2장 탄천교 정밀안전진단 결과

2.1 시설물의 개요

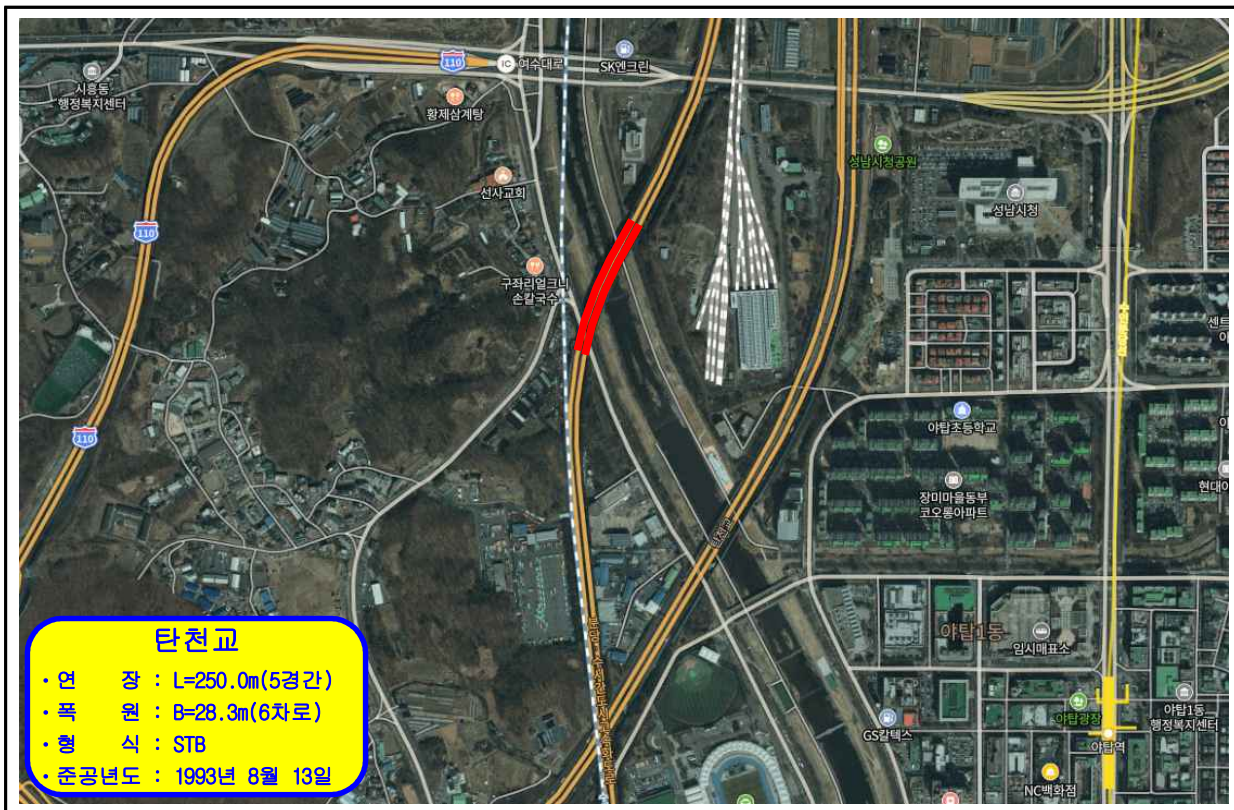
2.1.1 개요

본 과업 대상 시설물인 탄천교는 경기도 성남시 수정구 사송동 일원 분당수서로 상에 위치하며 총 연장 $L = 250.0\text{ m}$ ($50.0+3@50.0+50.0$), 폭 $B=28.3\text{ m}$ (왕복 6차로)인 도로교량으로 1993년 08월에 준공되어 약 30년 정도 공용중인 구조물이다.

상부구조는 강박스 거더(STB) 형식이며 하부구조는 역T형 교대 4기(상·하행, A1~A2)와 T형 8기(상·하행, P1~P4)로 구성되었으며, 교대의 기초형식은 강관 말뚝기초, 교각의 기초형식은 직접기초(P2, P3), 강관 말뚝기초(P1, P5)로 확인되었다.

교량받침의 형식은 면진받침(SPI, 마찰진자형 지진격리받침)으로 총 48개소가 설치되어 있으며, 신축이음은 Rail Type(상행 A1) 및 Finger Type Joint로 총 4개소가 설치되었다.

2.1.2 시설물 위치도



[시설물 위치도]

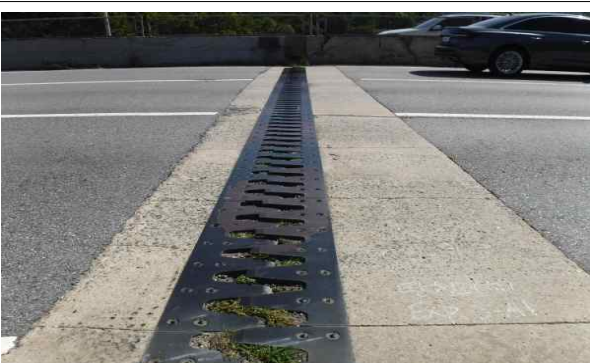
2.1.3 시설물 전경

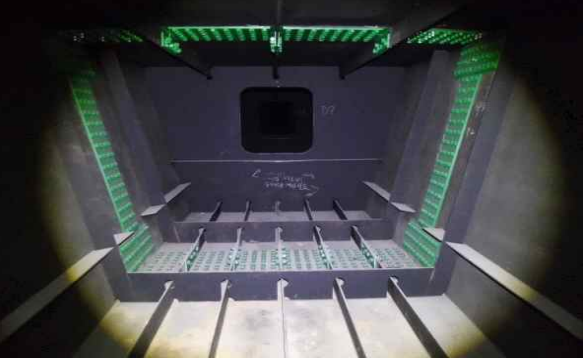


상부 전경



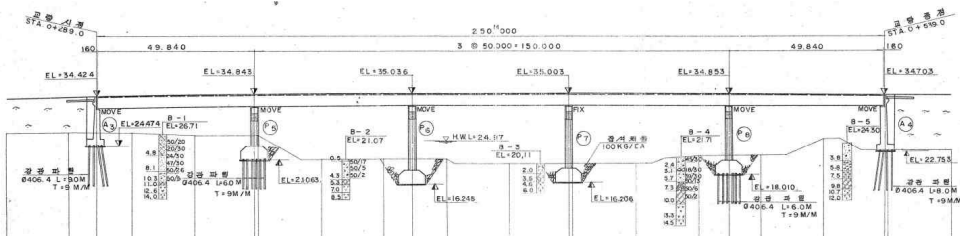
측면 전경

	
교면포장	방호벽
	
중앙분리대	배수시설(상부)
	
배수시설(하부)	신축이음(Exp.J-A1(하행) - Finger Type)
	
신축이음(Exp.J-A1(상행) - Finger Type)	바닥판(Deck Plate)

	
거더 외부	거더 내부
	
가로보 및 세로보	교량받침(교대부)
	
교량받침(교각부)	교대(A1)
	
교대(A2)	교각

2.1.4 시설물 현황

[시설물 현황]

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		탄천교		시설물번호		BR1993-0000081	
준공년월일		1993년 08월 13일		관리번호		성남교량-6	
시설물위치		경기도 성남시 수정구 사송동					
설계하중		DB-24		노선명(이정)		분당~수서간 도시고속화도로	
제원	연장	L=50+3@50+50=250.0m (5경간)					
	폭	B=28.3m (왕복 6차로)					
구조 형식	상부	강박스 거더교(STB)		기초 형식	교대	강관 말뚝기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : T형			교각	직접기초(P2,P3) 강관 말뚝기초(P1, P5)	
교량받침		마찰진자형 지진격리받침(SPI) <대창이엔지(주)>		신축이음		Rail Joint(상행 A1) Finger Joint(하행 A1, A2)	
교차시설물 (도로,철도,하천)		도로 : 탄천로(S1) 하천, 산책로 : 탄천(S2~S5)		통과높이		5.0m 이상	
부착시설내용		방현망, 가로등, 점검시설(P2~P4)					
기 타		 - 사각이 없는 곡선교, 상하행 분리 - 내진성능평가 및 내진보강 실시(2018년 5월, 교량받침 교체)					

2.2 자료수집 및 분석

2.2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련 자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음과 같다.

[자료수집 현황]

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	미보유	미제출 (비대상)
	◦ 설계도면 - 교량 - 위치도, 평면도, 단면도(종·횡), 상부·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도 등	보유	PDF 파일로 보관
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	미보유	미제출 (비대상)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	시설물통합 정보관리시스템 (FMS)
보수보강 자료		일부 보유	시설물통합 정보관리시스템 (FMS)

2.2.2 자료분석 결과

탄천교와 관련된 설계 및 시공자료 등은 시설물통합정보관리시스템(FMS)에 등재되어 있으며, 설계도면과 유지관리와 관련된 자료를 참고하여 현장조사와 결과분석시 참고하였다.

본 시설물은 점검일 현재까지 정기안전점검 31회, 정밀안전점검 10회, 정밀안전진단 3회를 실시한 것으로 검토되었다.

2.2.3 보수·보강 이력 및 용도변경

[탄천교 보수·보강 이력]

번호	공사명 공사기간	공사구분	보수보강부위 공사내역	설계자 시공자	공사비 (천원)
1	- 2018.05	보강	교대, 교각	-	-
2	- 2017.10.14.~2017.10.26	보수	교량받침 교체 방호벽, 하부구조	-	218,066
3	- 2016.06.01.~2016.07.20	보수	표면보수/단면보수, 재포장 거더, 하부구조, 배수시설	-	49,275
4	- 2016.03.21.~2016.04.18	보수	데크플레이트 재도장	-	18,864
5	- 2003.03.01.~2003.03.09	보수	신축이음 교체	도로과 박상훈 대양건설	101,000
6	- 2001.10.26.~2001.12.24	보수	주형, 볼트 강재도장, 볼트체체결	유동 한세이앤씨(주)	3,000

2.2.4 시설물의 내진설계 여부

본 과업 대상 탄천교는 1993년 준공된 구조물로서 내진설계 여부에 대한 검토결과 내진설계에 대한 적용유무가 불명인 상태이나, 2018년도에 내진성능평가를 실시하였고 그 결과에 따라 내진보강 공사(교량받침 교체)를 실시한 것으로 조사되었다.

시설물번호		관리번호	시설물명	노선		시설물종류				
				구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상	
BR1993-0000081		성남교량-6	탄천교	시도	분당수서로	상차대경간장 50M이상의 교량(한 공간 교량 제외)	1층	교량	무	
주소 (시·도) (시·군·구) (읍·면·동) (리·법지 등 주소)			관리주체	관리주체구분			소유자	소유자구분		
경기도	성남시	사송동	성남시 도로과	공공		민간	성남시청, 수정구청	공공		민간
				영양부처	지자체	(국가/지방) 공기업		영양부처	지자체	(국가/지방) 공기업
				V				V		
사업계획 승인일	준공 (시공승인)일	하차당보책임 만료일	2. 상세제원	3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력	4. 보수·보강 이력	환기구 덮개 (결근 가능한 환기구)		5. 철부자료 목록		
	1993년 08월 13일	1998년 08월 28일	유	유	유					
설계기간			설계자	공사기간		시공자		총공사비(백만원)		
			(주)삼우기술단	1990-12-30 ~ 1993-08-13		창동건설(주)		0		
내진정보	내진설계 대상 유무	내진설계 적용 유무	적용내진설계기준		내진성능평가 실시 유무		내진보강 유무			
	불명	불명			실시		실시			
영21조대상	감리기간	감리자(책임감리원)	사업주체(발주자)		공사명		공사감독·공사관리권			
아니오			한국토지개발공사		분당수서도시고속도로건설공사(1공구)					
기타 기본현황										
작성일		작성자		최종 수정일			최종 수정자			
1995년 08월 01일		성남시 도로과 (인)		2019년 03월 11일			김지복			
비고										

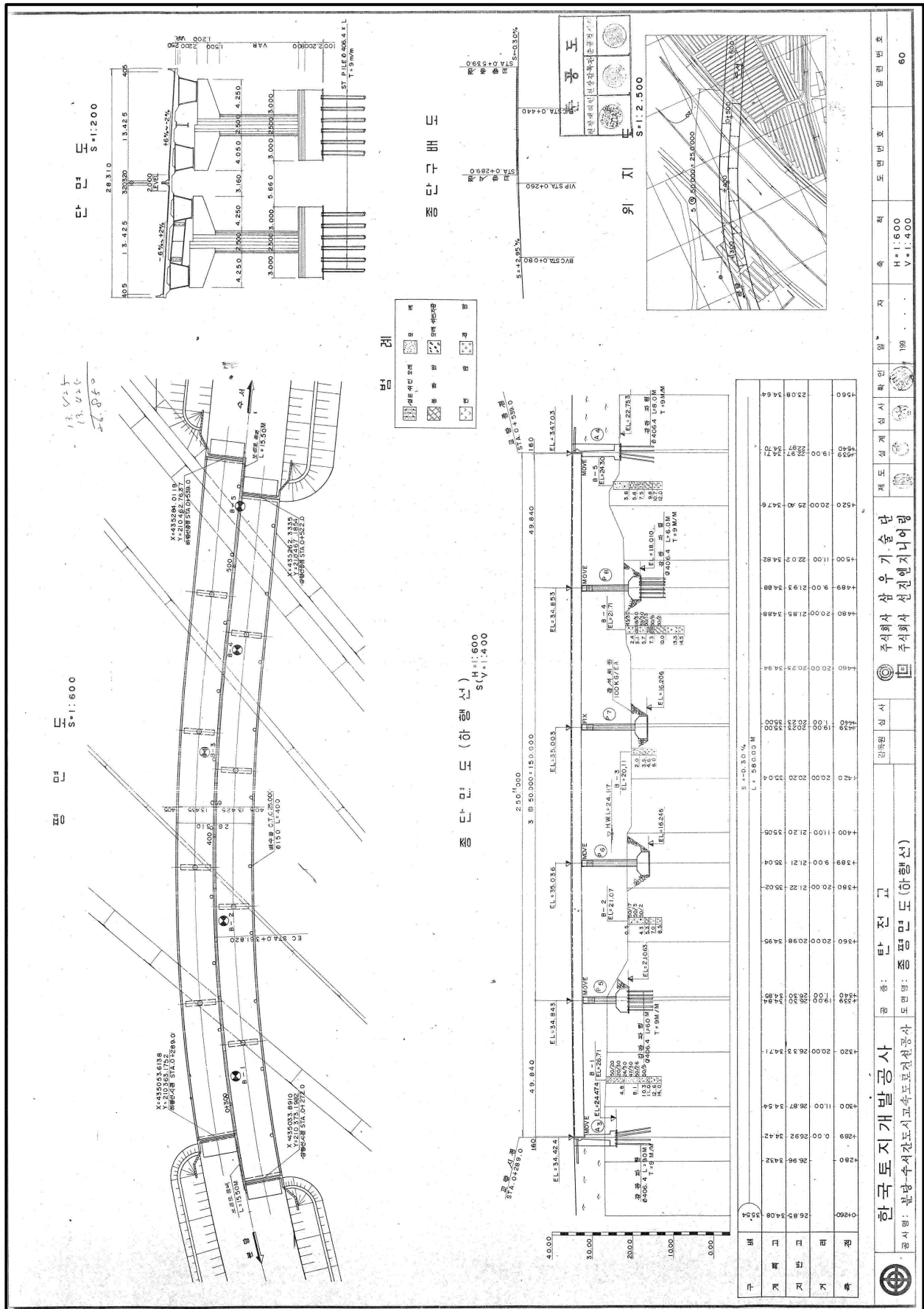
[탄천교 내진설계 적용유무]

2.2.5 자료분석 결과 요약

효과적인 용역 수행을 위하여 대상 시설물의 유지관련 자료 등을 분석 및 검토한 결과 정밀안전진단 과업 진행방향은 다음과 같다.

[자료분석 결과 요약]

구 분	자료수집 현황	자료분석 결과	진단 시 과업 진행방향
유지 관리 자료	◦ 정밀안전점검 보고서 (2022년) ◦ 정밀안전진단 보고서 (2018년) ◦ 구조물도	◦ 관리주체에서 PDF 파일로 보관	◦ 반복적인 교통하중에 의하여 교면포장 및 신축이음 후타재 손상부 진전여부 및 추가 손상 발생여부 확인. ◦ 기 손상부에 대한 손상진전 및 보수여부, 재손상 발생 확인. ◦ 우기 시 신축이음에 대한 조사를 통하여 누수 및 현상에 대하여 정확히 판단하여 효과적인 유지관리방안 제시.
	◦ 보수·보강 이력	◦ 주요손상에 대한 주기적인 보수 실시.	◦ 정밀한 외관조사를 통하여 열화가 진전된 결함 및 손상에 대하여 적합한 보수·보강 방안 제시 ◦ 보수부에 대한 보수효과 확인
	◦ 준공도면	◦ 준공도면과 구조물의 치수는 전반적 동일한 것으로 확인 됨.	◦ 주요부재에 대해 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토. → 치수가 동일한 경우 준공도면을 기준으로 과업진행. → 치수가 상이한 경우 실측치를 구조계산에 반영.



[중평면도(하행)]

2.3 현장조사 및 시험

2.3.1 개요

가. 현장조사 일자 및 내용

[현장조사 일자 및 내용]

구 분	기 간	조 사 내 용	비 고
현장답사	2023. 9. 18 ~ 9. 19	◦ 구조물 현황 및 작업여건 파악	
현장조사	2023. 9. 20 ~ 9. 26	◦ 탄천교 하부 외관조사 및 재료시험	도보점검 사다리이용
	2023. 10. 5 ~ 10. 6	◦ 탄천교 상부 외관조사 및 재료시험	교량점검차 점검시설
	2023. 10. 26	◦ 탄천교 교통량 조사	도보점검
	2023. 11. 7 ~ 11. 9	◦ 탄천교 거더내부 조사	도보점검 사다리이용
	2023. 11. 28	◦ 탄천교 재하시험	재하차량 2대

나. 현장조사 방법

외관조사는 구조물의 각 형식별, 부재별로 조사를 시행하였으며, 조사결과를 안전성 및 사용성 평가의 기초자료로 활용하였다.

- 1) 부재별 근접조사를 위하여 상부구조 바닥판 및 거더·가로보 조사는 교량점검차를 이용하여 작업 전 조사자 안전교육 시행 및 안전장구류 착용 후 외관조사 및 재료시험을 시행하였으며, 교량점검차를 이용한 조사 시 관계기관 협조 및 교통통제를 실시하고 도보에 의한 조사를 수행하였다.
- 2) 상부 교통통제는 전문 업체를 선정하여 싸인보드, 안전간판 및 라바콘 등의 안전시설 설치 후 포장부, 난간, 방호울타리 배수시설, 신축이음 등의 외관조사 및 재하시험을 수행하였다.
- 3) 교각은 전 구간 점검시설이 설치되어 있어 점검통로를 이용하여 교각 두부, 교량받침 등의 외관조사 및 재료시험을 수행하였고, 비교적 낮은 교대부는 도보 및 사다리를 활용하였다.
- 4) 외관조사 시 발견된 결함 및 손상은 현장 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태 등을 측정하여 상세히 기록하였으며, 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 분필을 이용하여 손상내용을 표기하고 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.

다. 과업수행 현황

	
교량점검차를 이용한 근접조사	부재 제원 실측 조사
	
상부 도보 외관조사	하천구간 도보 외관조사
	
교면포장 변형량 측정	점검망치를 활용한 타격음 조사
	
교통통제 현황	재하시험

[현장조사 전경]

2.3.2 외관조사 결과 요약

[외관조사 결과 요약 (1)]

구 분	외관조사 결과 요약
바닥판	◦ 외관조사 결과 바닥판은 기 점검(2022년) 이후 데크 부식 및 탈락, 도장박리, 박락/철근노출 등에 대하여 보수를 실시하여 손상물량이 일부 감소한 것으로 검토되었다. ◦ 이외에 조사된 손상들은 기 점검 결과와 동일한 손상들로 균열, 균열부 백태, 데크도장박리, 박락/철근노출, 보수재 박리, 보수부 박락 등의 손상이 전경간에 걸쳐 국부적으로 조사되었다. ◦ 바닥판에서 조사된 균열은 대부분 교축 직각방향의 폭 0.1mm~0.2mm의 균열로 전반적 기 점검시와 동일하게 조사되었으며 발생위치, 형태 등을 고려하였을 때 콘크리트 재료적 특성인 수축거동(온도수축, 건조수축)에 의한 균열로 판단된다. 현재 균열부 표면에서 누수, 백태는 없는 상태이나 균열부 우수침투, 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 열화인자의 유입차단을 위한 보수가 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 균열부 백태는 방호벽과 바닥판 접합부 국부적 누수 및 장기간 외기노출(우천시 균열부 수분침투)에 의한 것으로 조사당시 경미한 상태로 확인되었으나, 손상진전의 방지차원에서 보수가 필요하다. ◦ 박락 및 철근노출, 파손, 보수부 박락은 주로 시·종점 지점부의 단부측에서 조사되었으며, 이는 신축이음 누수 또는 교체시 충격, 물받이 설치시 충격, 종조인트 누수, 공용기간 증대에 따른 보수시기 도래 등에 의해 발생한 손상들로, 장기간 방치시 지속적인 우수의 접촉은 철근부식 및 팽창의 원인이 된다. 바닥판 하면에서 조사된 단면 손상에 대하여 장기적 내구성 확보를 위하여 단면보수, 단면보수(방청) 등 보수가 필요하다.
거더 및 2차부재 (1)	◦ 강박스 거더에 대한 외관조사 결과 기 점검(2022년) 이후 발생한 도장손상, 이물질 적치, 작업구 불량 등에 대하여 보수를 실시하여 일부 손상물량이 감소한 것으로 검토되었다. ◦ 이외에 조사된 손상들은 거더 내부 도장손상(박리, 부식, 녹발생 등), 용접손상(누락, 미실시, 균열, 기공, 부식 등), 강재변형 등이 조사되었고, 거더 외부에서는 도장손상(박리, 긁힘, 채킹, 백아화, 부식 등), 강재변형, 현장이음부 볼트 체결불량, 탈락 등이 조사되었다. ◦ 가로보 및 세로보는 도장손상(박리, 부식), 현장연결부 볼트 체결불량이 조사되었다. ◦ 대부분의 손상들은 기 점검과 유사한 손상들이나, 기 점검시 조사누락 및 공용기간 증대에 의한 손상들(도장손상, 강재변형, 용접불량 등)이 일부 추가로 조사되었다. ◦ 거더 내부에 발생한 부식 및 도장박리는 전구간에 걸쳐 국부적으로 조사되었으며, 공용기간 중 공기중의 수분, 신축이음 누수에 의한 습윤, 전처리 미흡, 공용기간 증대 등에 의해 발생하였으며, 부식에 의한 단면손실은 없는 것으로 조사되었다. 거더 내부에 발생한 부식 및 도장박리는 손상정도가 경미하고 구조물의 안전성에 미치는 영향은 없지만 손상 진전방지 및 내구성 확보차원에서 재도장이 요구된다. ◦ 현장연결부에서 조사된 누수흔적 및 볼트부식은 교면포장 손상 및 보수부(국부적 방수층 파손)에 교면수가 침투하여 바닥판 손상부(균열 및 취약부)를 통해 거더 내부의 현장연결부로 유입되어 발생한 손상으로 조사당시 건조한 상태로 확인되었다. 현재 손상부에 대한 보수가 필요하며, 보수 이전에 상부 교면포장 손상부에 대한 보수가 우선 실시 되어야 할 것으로 판단된다. ◦ 강재변형은 발생위치 및 경간의 인접부재 및 보강재에는 조사되지 않은 것으로 보아 공용중 발생한 손상이 아닌 거더 거치시 발생한 시공결함(외부충격)에 의한 것으로 판단된다. 강재변형부 근접 상세조사 결과, 용접부 주변 도장손상, 용접선 균열 등이 없는 상태로 손상발생 위치, 발생 현황 등을 고려하였을 때 비진행성 결함으로 정기적인 점검을 통한 주의관찰이 요구된다. ◦ 모따기 누락, 보강재 누락 등은 전경간에 걸쳐 다수 조사되었으며, 결함부 주변 외관 조사 결과 인접부재 균열, 좌굴(복부판 및 수평보강재 등), 도장손상 등은 발생되지 않은 상태이다. 또한, 수직 및 수평보강재는 주부재가 아닌 보조부재이며, 구조물의 공용년수(약 30년) 등을 고려한다면 현재 보수를 실시하기 보다 지속적인 주의관찰을 실시하고 향후 손상부 주변 변형, 변위 등의 발생시 이에 상응 대책검토가 필요하다.

[외관조사 결과 요약 (2)]

구 분	외관조사 결과 요약
거더 및 2차부재 (2)	◦ 거더 내부의 용접부에는 용접불량 및 기공 등이 조사되었으며, 국부적으로 용접부 균열 및 누락이 조사되었다. 이는 시공불량에 의한 것으로 「강도로고 상세부설계획서, 2006」에 따라 용접부 균열 및 누락에 대해서는 재용접을 실시하여야 하나 용접 균열 및 누락 부위는 보강재, 격벽 등의 부부재와 압축부인 상부 플랜지 및 복부에 국한된 결함으로 용접 보수시 발생하는 용접열 등에 의해 추가 손상이 발생할 우려가 있으므로 보수보다는 유지관리하며 지속적인 관찰이 타당해 보인다. 다만, 용접부 부식은 손상진전 방지차원에서 재도장이 요구된다. ◦ 거더 외부에 발생한 부식 및 도장박리, 굽힘은 전구간에 걸쳐 조사되었으며, 공용기간 중 공기 중에 있는 수분(탄천 횡단), 전처리 미흡, 공용기간 중대, 시공당시 외부 충격 등에 의해 발생하였으며, 부식에 의한 단면손실은 없는 것으로 조사되었다. 거더 외부에 발생한 부식 및 도장박리는 손상정도가 경미하고 구조물의 안전성에 미치는 영향은 없지만 손상 진전방지 및 내구성 확보차원에서 재도장이 요구된다. ◦ 좌·우 외측 거더(상행-G1, 하행-G4) 복부 전반에 걸쳐 조사된 도장열화(백아와, 현장 연결부 채킹)는 장기간 외기노출, 자외선 등의 환경적 요인, 도장시공시 건조부족, 도장두께과다 등 시공적요인, 도장재료의 품질불량(경화제 부족) 등의 재료적인 요인에 의해 복합적으로 발생한 것으로 판단된다. 현재 이로 인한 강재의 부식은 조사되지 않은 상태이나, 손상의 진전방지 및 거더 외부 부식, 도장박리 손상 보수시 함께 병행하여 재도장을 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 강재변형은 발생위치 및 형상을 고려하였을 때 공용 중 발생한 손상이 아닌 시공초기 거더 거치시 외부충격에 의해 발생한 손상으로 기 점검시와 비교해 추가 변형, 파손, 거더 내부 손상 등 추가 손상발생은 없으며 주의관찰 실시 후 보수여부를 결정하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 볼트 체결불량, 탈락, 미체결은 공용기간 중대(반복적 차량통행에 따른 진동), 시공미흡 등에 의한 결함 및 손상으로 현재 주변부재의 볼트이완, 풀림, 강재변형 등의 추가손상은 없는 상태이나, 손상의 진전방지 및 장기적 내구성 확보를 위하여 재체결이 요구된다. ◦ 가로보 및 세로보에서 조사된 부식 및 도장박리는 공용기간 중 공기 중에 있는 수분(탄천 횡단), 전처리 미흡, 공용기간 중대(장기간 외기노출) 등에 의해 발생하였으며, 부식에 의한 단면손실은 없는 것으로 조사되었다. 가로보 및 세로보에 발생한 부식 및 도장박리는 손상정도가 경미하고 구조물의 안전성에 미치는 영향은 없지만 거더와 같이 함께 보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 볼트 체결불량은 거더 현장연결부와 동일한 원인인 공용기간 중대(반복적 차량통행에 따른 진동), 시공미흡 등에 의한 결함 및 손상으로 현재 주변부재의 볼트이완, 풀림, 강재변형 등의 추가손상은 없는 상태이나, 손상의 진전방지 및 장기적 내구성 확보를 위하여 재체결이 요구된다.
교대 및 교각 (1)	◦ 교대에 대한 외관조사 결과, 기 점검(2022년) 이후 균열(0.3mm), 박리, 보수부 파손, 철근노출 등 발생한 주요손상에 대하여 일부 보수를 실시하여 손상물량이 소폭 감소한 것으로 검토되었다. ◦ 이외에 조사된 손상들은 기 점검 결과와 동일한 손상들로 구조적으로 문제가되는 손상은 조사되지 않은 상태이나 균열, 망상균열, 균열부 백태, 박리, 철근노출, 보수부 박락, 누수흔적/오염, 토사퇴적 등이 발생한 것으로 조사되었다. ◦ 교각에서 조사된 결함 및 손상은 균열, 망상균열, 백태, 보수재 박리, 재료분리, 침식 등이며 전반적 기 점검시(2022년)시 조사된 손상들이나 금회 외관조사결과 균열, 굽힘, 재료분리, 천공, 침식 등 일부 손상이 소폭 증가한 것으로 검토되었다. ◦ 탄천에 위치한 교각(P3)의 세굴보호공에 대한 외관조사 결과 손상이 없는 전반적 양호한 상태로 조사되었다. ◦ 교대 및 교각에서 조사된 균열은 대부분 수직 또는 수평 형태의 폭 0.1mm~0.2mm의 균열로 발생위치, 폭, 형상과 기 점검 외관조사시 분필표기와 외관조사망도 등 비교시 비진행성 및 비구조적 균열로 판단되며, 조사된 균열에 대해 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위하여 표면보수가 필요하다.

[외관조사 결과 요약 (3)]

구 분	외관조사 결과 요약
교대 및 교각 (2)	- 교각 코핑 상면에서 조사된 폭 0.5mm이상, 1.0mm 이상의 균열들은 기 점검과 비교시 진행성은 보이지 않으며, 발생위치, 폭, 형상 및 균열부 상태(이물질, 먼지 근입정도 등)를 전반적으로 고려할 때 비진행성, 환경에 기인하는 비구조적 균열로 초기재령의 수화열, 건조수축, 소성수축 등 복합적으로 발생된 것으로 판단된다. 조사된 균열에 대하여 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 주입보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. - 백태의 발생위치는 교대 흉벽부 및 교각 코핑 외측에서 조사되었다. 이는 공용기간 중 우천시 수분침투, 신축이음 누수 등에 의한 교면수가 균열 및 손상부로 침투하여 석회화합물이 용해되어 발생한 손상으로 현재 손상의 정도는 경미하나 구조물의 내구성확보를 위하여 표면보수가 필요하다. - 교각에서 조사된 보수재 박리는 2018년 받침교체 후 보수미흡(마감미흡)에 의한 손상으로 현재 손상부 주변의 특이손상은 없으나, 장기적 내구성 확보를 위하여 단면보수가 필요하다. - 교대에서 조사된 박리, 철근노출(국부적 피복부족), 누수흔적은 신축이음 하부 누수에 따른 균열 및 손상부 우수침투, 제설제에 의한 염화물의 영향, 긴급반복, 동결융해 등에 의해 발생한 결함 및 손상으로 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위하여 보수가 필요한 상태이며 이와 병행하여 신축이음 누수 차단(신축이음 교체)이 필요하다. - 잡철물 노출은 마감불량에 의하여 발생한 손상으로 현재 부식징후는 관찰되지 않은 상태이나 장기간 방치 시 부식, 박리 등의 2차 손상을 유발할 수 있으므로 제거 후 단면복구가 요구된다. - 교대(상행) 벽체 상면에서 조사된 토사퇴적은 신축이음 교체 후 청소를 실시하지 않아 적치된 페콘크리트로 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치는 손상은 아니나, 교량받침의 원활한 신축거동 확보를 위하여 청소가 필요하다. - 교대(A2, 하행) 전면부에 폐자재적치가 되어 있으며 구조물의 직접적인 영향을 미치는 것은 아니나, 구조물 점검 또는 유지관리시 작업자의 접근성이 용이하지 못하므로 청소가 필요하다. - 재료분리는 시공중 국부적 다짐불량, 거푸집 박리제 도포미흡 등에 따른 것으로 철근노출, 부식 등 2차손상은 발생되지 않은 상태이나, 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 단면보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. - 교각(P3, 하행)에서 조사된 침식은 공용기간 증가 및 지속적인 탄천의 우수작용에 의한 것으로 경미한 상태이나 내구성 저하 방지 차원에서 단면보수가 필요하다. - 교각(P3, 하행) 코핑 상면에서 조사된 천공은 기 점검 시 균열부 위치의 철근상태 확인 및 부식여부, 균열깊이를 확인하기 위하여 발생한 손상으로 판단된다. 현재 손상의 정도가 경미한 상태로 주의관찰 실시 후 추가손상 발생시 보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. - 금회 정밀안전진단에서 측정한 수중교각부 주변의 수심은 상행 10cm, 하행 20~28cm 정도로 전회차(상행: 10~15cm, 하행: 10~20cm)와 비교시 수심의 큰 변화는 없는 것으로 검토되었다. - P3 상·하행 기둥 주변에는 세굴방지공(무근 콘크리트)이 시공되어 있으며, 그중 하행의 세굴방지공 상단은 기둥 하단부와 동일하게 침식이 발생한 것으로 조사되었다. 다만, 골재 노출 정도가 경미하여 기능적 역할에는 문제가 없을 것으로 판단되므로 주의관찰이 요구되고 세굴방지공 주변부는 세굴 발생이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
교량 받침 (1)	- 외관조사결과 경미한 플레이트 부식, 받침물탈 균열, 이동량계이지 문힘이 조사되었다. - 플레이트 부식은 공용기간 중 공기 중에 있는 수분, 신축이음 누수에 의한 습윤, 공용기간 증가(외기노출 및 교량하부 탄천 횡단) 등 복합적 작용에 의해 발생한 결함 및 손상으로 현재 손상의 정도는 발청수준이나 사용성 및 기능성 확보를 위해 재도장이 요구된다. - 받침 물탈에서 조사된 균열은 폭 0.1mm내외로 초기 건조수축에 의한 것으로 판단된다. 균열부에 대한 타격조사결과 들뜸 등의 결함은 없는 상태로 확인되었으며, 현재 결함정도가 미미한 상태이나 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다.

[외관조사 결과 요약 (4)]

구 분	외관조사 결과 요약
교량 받침 (2)	◦ 이동량 게이지 문힘은 시공초기(받침교체시) 또는 공용중 외부충격에 의해 발생된 것으로 구조물의 안전성의 영향은 미치는 손상은 아니므로 주의관찰이 요구된다. ◦ 교량받침 연단거리 측정 결과 「도로교설계기준」에서 제시하고 있는 최소거리를 확보하고 있는 것으로 분석되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다. ◦ 교량받침 계산 여유량과 실측 여유량의 비교·검토 결과, 가동여유량이 충분한 것으로 측정되었으며, 교량받침의 가동상태는 양호한 것으로 분석되었다
신축 이음	◦ 신축이음에 대한 외관조사 결과 누수, 고무재 고정철물 파손, 단차, 유간토사퇴적, 후타재 균열, 망상균열, 파손, 마모, 식생이 조사되었다. ◦ 신축이음 장치는 전반적으로 공용기간 증가에 따른 기능저하(누수, 고무재 고정철물 파손, 단차, 유간토사퇴적, 식생)가 진전되고 있으며 이로 인한 2차손상(콘크리트 열화, 강재 부식 등)이 유발되고 있는 상태이다. 신축이음 교체 이력 확인 결과 상행 2003년, 하행 2017년에 신축이음 교체를 실시한 것으로 확인되었다. ◦ 현재 신축이음 본체는 기 점검과 동일하게 단차가 조사된 상태로 단차 발생량은 전차 이후 2~3mm정도 진행된 14~20mm(상행 A1), 5~10mm(하행 A1)로 측정되었으며, 단차에 따른 상부 통행차량의 충격음이 발생하고 있다. 또한 하부는 누수에 따른 2차손상(바닥판 및 교대 박락/절근노출, 거더 단부 부식)이 유발되고 있으며, 장기간 방치시 구조물의 내구성 저하초래, 보수이력, 공용년수 등을 고려하여 보았을 때 현재 신축이음부에 대한 교체를 실시하여 구조물의 정상적인 신축거동과 장기적 내구성 확보하도록 한다. ◦ 신축이음의 규격 선정은 현재 신축거동 여유량 확보, 공용기간(사용년수) 등을 고려하면 현재 설치되어 있는 신축이음과 동일한 규격인 No.160를 제안한다. 다만, 신축이음 본체 시공(연결)시 신축유간을 정확히 확보하고 후타재 콘크리트 타설시 포장면과의 단차가 발생하지 않도록 주의시공이 필요하다. ◦ 신축이음의 장기 공용 내구성 확보를 위해 강재 Type의 강뎡거형을 제안한다. 또한, 현재 신축이음 누수가 발생되고 이로 인한 2차손상이 발생되고 있는 상태이고 하부공간이 협소하여 배수식보다는 비배수식 신축이음을 제안한다. ◦ 강재의 비배수식 신축이음의 시공시 신축이음부의 전폭에 대한 일괄 시공이 가장 유리하나 교통제한 특성상 분절식 시공이 불가피하므로 시공시 강재이음부 및 지수재이음부 등에 대해 주의시공을 통한 비배수식 신축이음의 누수 결함이 발생되지 않도록 주의시공을 요한다. ◦ 후타재에 발생한 균열, 망상균열, 파손, 마모는 초속경 콘크리트 타설 후 교통개방시간 부적절, 재료적인 특성에 의한 급결작용, 장기공용으로 인한 노후화 및 주행차량의 윤하중, 충격 등으로 인하여 발생되었으며 현재 주행차량의 주행성 저하요인은 미미한 것으로 판단되며, 향후 후타재의 파손, 단차 등 후타재의 손상 진전 시 재시공 등의 조치가 적절할 것으로 판단된다. ◦ 신축이음 신축여유량을 검토한 결과, 측정일 현재 신축 여유량을 만족하고 전반적인 신축 여유량을 확보하고 있는 양호한 상태로 검토되었다.
교면 포장 (1)	◦ 교면포장에 대한 외관조사 결과 균열, 망상균열, 파손, 포트홀, 보수미흡, 소성변형, 체수, 접속부 망상균열, 파손, 이격 등이 조사되었다. ◦ 교면포장에서 조사된 손상은 전반적 공용기간 증가와 아스팔트의 재료적인 특성, 하절기 온도상승, 차량의 통행빈도 과다 등에 의한 복합적인 요인으로 발생된 것으로 판단된다. ◦ 조사일 현재 교면포장 손상부를 통하여 거더 내부로 교면수가 유입되어 누수흔적, 볼트 부식이 조사된 상태이다. 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위하여 포트홀, 보수미흡, 소성변형, 파손 등의 손상들에 대해 손상의 확대, 방수층 파손부를 통한 우수유입 방지를 위하여 소파보수(방수)를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 그 외 조사된 아스콘 균열, 망상균열 등은 차량의 주행성에 미치는 영향이 미미하므로 현 시점의 보수 보다는 정기적인 점검을 통해 변위여부 및 보수시기를 결정하고 적정한 보수공법을 선정하여 보수하는 것이 효율적인 것으로 판단된다. ◦ 체수는 갯길측에서 조사되었으며 우천시 국부적인 구배불량에 따른 것으로 조사일 현재 체수 주변 토사퇴적 등은 조사되지 않은 상태로 정기적인 점검을 통하여 주의관찰이 필요하다.

[외관조사 결과 요약 (5)]

구 분	외관조사 결과 요약
교면 포장 (2)	◦ 시점 접속도로에서 조사된 이음부 이격이 조사되었고, 시공시 접속슬래브 다짐부족, 공용기간 증대 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 점검당시 차량주행에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 주의관찰 실시 후 향후 재포장 시 또는 신축이음 교체시 정밀한 품질관리가 필요할 것으로 판단된다.
배수 시설	◦ 외관조사 결과 그레이팅 망실, 배수관 이음부 누수, 배수구 막힘이 조사되었다. ◦ 그레이팅 망실은 시공미흡(재포장시 외부충격)에 의해 발생한 것으로 판단되며 현재 교량 배수에 영향을 미치는 손상은 아닌 상태로 배수 기능에 대한 보수효과가 적으므로 보수보다는 주기적인 관찰을 통한 유지관리가 요구된다. ◦ 배수관 이음부 누수는 공용기간 증대(용접부 손상)에 의해 발생한 손상으로 발생위치가 탄천로를 횡단하는 구간은 아니나, 교량하부로 보행로 및 산책로가 위치하고 있다. 따라서, 동결기 결빙/낙하 발생을 방지하기 위하여 보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 배수구 막힘(S1, S5)은 공용 중 우천시 우수와 함께 토사유입, 공용차량 이물질낙하(쓰레기)에 의한 것으로 조사일 현재 교면배수 및 차량주행의 영향을 미칠만한 체수 및 물고임 등은 조사되지 않은 상태이나, 국부적으로 갓길 및 중앙분리대측에 체수가 조사된 상태로 원활한 배수기능 유지를 위하여 청소가 필요하다.
방호 울타리	◦ 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 전구간에 걸쳐 균열, 망상균열이 조사되었으며, 국부적으로 철근노출, 박리, 파손, 지장물고정앵커 탈락 등이 조사되었다. ◦ 방호벽 및 중앙분리대에서 조사된 균열, 망상균열은 건조수축, 시공품질관리 및 재료적 특성 등에 의해 발생한 비구조적 균열로 시급한 보수를 요하는 손상은 아니나, 장기간 방치 시 동결융해에 의한 박리, 내부철근 부식 등이 발생될 우려가 있고 구조물의 미관이 저해되나 점검일 현재는 대부분 경미한 손상으로 향후, 방호벽 콘크리트의 단면손상으로 확대될 시 전체적인 보수를 실시하는 것이 바람직하다. ◦ 철근노출은 발생형태로 보아 시공당시 다짐불량에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 현재 손상의 정도는 경미한 상태이나 손상진전방지 차원에서의 보수가 필요하다. ◦ 중앙분리대 박리, 파손은 보수미흡(신·구 콘크리트간 부착력 저하), 공용기간 증가, 구조물의 신축거동 등에 의해 발생한 것으로 구조적으로 구조물의 영향을 주는 손상은 아니지만 차량주행의 안전성, 미관 등을 고려하여 단면보수가 필요하다. ◦ 지장물고정앵커 탈락은 방호벽 외측(S3, 상행)에서 조사되었으며, 공용기간 증가(반복적 차량통행에 따른 진동)에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 발생위치 하부에 산책로가 위치하고 있는 상태로 장기간 방치시 낙하우려가 있으므로 재고정 등 조치가 필요하다. ◦ 그 외 방호벽에서 조사된 차수판 변형, 차수판 볼트탈락, 교명판 파손 등의 손상은 경미한 상태로 구조물에 직접적인 영향과 통행차량의 주행 안전에도 미치는 영향이 적으므로 주의관찰이 요구된다.
점검 시설	◦ 탄천교는 교량받침 및 교각 코핑 점검 시 상부 교통통제 없이 용이하게 근접할 수 있도록 교대(A1, A2) 및 교각(P1)을 제외한 교각(P2~P4)에 점검시설이 설치되어 있으며, 점검시설은 수직형 출입사다리와 점검통로로 구분되어 있다. ◦ 탄천교는 방호벽 상단에 출입시설이 설치되어 있으며 수직형 출입사다리의 재질은 강재이며 방호벽 상단부와 외측, 교각에 앵커로 고정하였다. ◦ 점검시설에 대한 외관조사결과 기 점검과 동일한 손상인 출입문 플레이트 파손이 조사되었다. ◦ 점검시설에서 조사된 손상은 공용 중 외부충격(작업자 부주의)에 의해 발생한 것으로 현재 시급히 보수를 요하는 정도는 아닌 상태이나 유지관리 및 작업자의 안전성을 고려하여 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

2.3.3 재료시험 결과 요약

[재료시험 결과 요약]

구분	재료시험 결과						평가의견
비파괴 압축강도 (MPa)	시험위치		반발경도법		초음파속도법		◦ 반발경도법, 초음파 속도법 설계기준강도 상회
	상부	바닥판	27.1~29.4		28.7~34.5		
	하부	교대	27.6~27.8		29.6~30.1		
		교각	27.2~29.0		29.9~30.2		
철근탐사	대체적으로 배근간격 및 피복두께는 설계도면과 유사하게 측정되어 시공 상태는 적절한 것으로 판단됨. 다만, 하부구조 중 A2, P2는 피복두께가 다소 부족한 것으로 측정						◦ 주의관찰 필요
탄산화 깊이 (mm)	시험위치		피복두께	탄산화깊이	잔여깊이	속도계수(A)	◦ 평가결과 상부구조 'a' 하부구조 'a~b' ◦ 주의관찰 필요
	상부	바닥판	36.0~52.0	3.3~13.5	30.8~40.7	0.59~2.42	
	하부	교대	38.0	13.0	25.0	2.33	
		교각	51.0~79.0	9.0~15.7	35.3~70.0	1.62~2.82	
염화물 함유량 (kg/m³)	시험위치		철근부 환산염화물 함유량				◦ 평가결과 상부구조 'a' 하부구조 'a~b' ◦ 주의관찰 필요
	상부	바닥판	0.113				
	하부	교대	0.391				
		교각	0.095				
균열깊이 (mm)	시험위치		균열 폭	균열깊이	피복두께	비 고	◦ cw=0.3mm이상 균열 주입보수 필요
	P2 코핑		0.3	122.0	78.0	피복초과	
	P4 코핑		0.3	138.9	160.0	피복이하	
초음파탐상 (UT)	시험위치		측정결과				◦ 전개소 결함검출 ◦ 피로 안전성 양호 ◦ 주의관찰 필요
	거더내부		양호: 0개소 불량: 40개소(IV급)				
강재 도막두께 (μm)	시험위치	측정결과	평가 기준			◦ 대체적으로 양호	
			기준 도막두께	하한값 (80%)	상한값 (120%)		
	거더외부	176~193	215	172	258		
	거더내부	169~182	175	140	210		
	가로보	187~207	215	172	258		
	세로보	257~279	215	172	258		
종합 평가	◦ 콘크리트 재료시험 결과, 각 항목별 시험결과는 대체적으로 양호하나 하부구조 중 일부 개소는 철근탐사 피복부족, 탄산화 'b', 염화물 'b', 균열깊이 피복초과인 상태로 측정되었다. 이는 시공미흡, 공용기간 증가, 신축이음 누수 및 제설염수 유입 등에 따른 결과로 판단되고 지속적인 관찰과 일부는 주입보수, 단면보수(방청) 등의 조치가 필요할 것으로 보임. ◦ 강재 재료시험 결과, 초음파탐상(UT)은 전체 40개소가 4급으로 내부결함이 존재하는 것으로 검토되었으나 단면감소를 고려한 용접부 피로 검토 및 안전성 평가 결과는 허용응력범위 내로 안전성을 확보하고 있는 상태이다. 따라서 맞대기 용접부에 대한 별도의 보강은 필요치 않으며, 주의관찰이 요구되나 향후 점검 및 진단 결과에 따라 문제점 발견 시에는 보강이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도막두께는 대체적으로 양호하나 세로보는 상한값을 초과한 상태로 측정되었으며, 다만 방식성에는 문제가 없을 것으로 보임.						

2.3.4 기 점검 및 진단 결과와 비교·분석

가. 외관조사 결과 비교

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (1)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
바 닥 판	상 행	거푸집미제거	m ²	0.2	1	0.4	2	▲ 0.2
		균열(0.3mm미만)	m	6	6	7.4	7	▲ 1.4
		균열부백태	m	-	-	0.5	1	▲ 0.5
		데크도장박리	m ²	0.22	4	0.22	4	-
		데크부식	m ²	615	4	-	-	▼ -615
		데크탈락	m ²	6.6	4	-	-	▼ -6.6
		도장박리	m ²	0.32	1	-	-	▼ -0.32
		박락/철근노출	m ²	0.25	1	0.09	1	▼ -0.16
		보수재박리	m ²	3.5	2	3.5	2	-
		철근노출/파손	m ²	0.09	1	0.09	1	-
		파손	m ²	-	-	0.2	1	▲ 0.2
	하 행	균열(0.3mm미만)	m	4	5	116	85	▲ 112
		데크부식	m ²	628	4	-	-	▼ -628
		도장박리	m ²	5	1	-	-	▼ -5
		백태/보수부박락	m ²	0.5	1	0.5	1	-
		보수부박락	m ²	0.5	1	0.5	1	-
		보수재박리	m ²	1	1	1	1	-
		철근노출/파손	m ²	0.02	1	0.02	1	-
거 더 내 부	상 행	누수흔적	m ²	4.76	6	1.08	5	▼ -3.68
		도장긁힘	m ²	0.28	2	0.28	2	-
		도장박리	m ²	34.52	29	0.29	3	▼ -34.23
		도장박리/부식	m ²	0.15	1	0.15	1	-
		리브누락	m	3	1	3	1	-
		리브변형	m	26.9	34	27.4	35	▲ 0.5
		맞대기용접부부식	m ²			0.16	1	▲ 0.16
		모따기누락	EA	111	111	117	117	▲ 6
		보수부도장박리	m ²	0.09	1	0.09	1	-
		보수부부식	m ²	1.2	1			▼ -1.2
		볼트녹발생	m ²	0.05	5	0.05	5	-
		볼트부식	m ²	0.26	26	0.5	50	▲ 0.24
		부식	m ²	132.88	84	28.12	23	▼ -104.76
		수평보강재누락(격벽)	EA	2	2	2	2	-
		수평보강재변형	m	1.2	1	1.2	1	-
		실링재미처리	EA	4	4	4	4	-
		와샤누락	EA	144	144	720	720	▲ 576
		용접누락	EA	180	180	301	301	▲ 121

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (2)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
거더 내부	상행	용접미실시	EA	14	14	14	14	-
		용접부균열	m	0.2	1	0.2	1	-
		용접부기공	EA	1	1	1	1	-
		용접부부식	m ²	0.04	1	0.04	1	-
		용접불량	m	9.6	6	9.6	6	-
		용접불량/휨리브절단	m	1	1	1	1	-
		이물질적치	m ²	4.65	3	4.65	3	-
	하행	누수흔적	EA	3	3	3	3	-
		도장누락	m ²	4.2	8	-	-	▼ -4.2
		도장박리	m ²	4.63	12	0.28	4	▼ -4.35
		도장불량	m ²	8.29	24	7.64	21	▼ -0.65
		리브누락	m	4.4	2	4.4	2	-
		리브변형	m	33.5	35	35.5	37	▲ 2
		맞대기용접부균열	m	0.1	1	0.1	1	-
		맞대기이음부용접누락	EA	1	1	1	1	-
		모따기누락	EA	112	112	114	114	▲ 2
		모재손상	m	6.5	6	6.6	7	▲ 0.1
		모재손상/누수	m	0.1	1	0.1	1	-
		변형	m ²	-	-	0.15	1	▲ 0.15
		볼트도장박리	EA	1	1	1	1	-
		볼트부식	m ²	0.11	11	0.13	13	▲ 0.02
		부식	m ²	35.91	84	7.39	23	▼ -28.52
		스플라이스이격	EA	1	1	-	-	▼ -1
		실링재미처리	EA	4	4	4	4	-
		오염	m ²	5	2	5	2	-
		와샤누락	EA	1	1	1	1	-
		용접누락	EA	324	324	379	379	▲ 55
		용접미실시(천공불량)	EA	4	4	4	4	-
		용접부균열	m	2.7	15	2.9	16	▲ 0.2
		용접불량	m	6.4	21	5.7	22	▼ -0.7
		용접불량/이격	m	0.2	1	0.2	1	-
		용접비드미제거	EA	2	2	2	2	-
		이물질적치	m ²	4.15	5	3	3	▼ -1.15
		작업구불량	EA	1	1	-	-	▼ -1
거더 외부	상행	SP부식	m ²	-	-	57.18	44	▲ 57.18
		SP체킹	m ²	-	-	13.8	10	▲ 13.8
		도장긁힘	m ²	1.13	3	1.13	3	-
		도장박리	m ²	23.23	70	43.79	31	▲ 20.56
		도장백아화	m ²	-	-	552	5	▲ 552
		변형	m	1.6	4	5	15	▲ 3.4

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (3)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
거더 외부	상행	볼트노출	EA	-	-	1	1	▲ 1
		볼트체결불량	EA	-	-	2	2	▲ 2
		볼트탈락	EA	1	1	1	1	-
		부식	m ²	0.21	6	0.21	6	-
		점부식	m ²	40	4	126.64	7	▲ 86.64
		표면부식	m ²	0.03	1	0.03	1	-
	하행	SP부식	m ²	-	-	56.16	42	▲ 56.16
		SP체킹	m ²	-	-	13.8	10	▲ 13.8
		도장균형	m ²	0.07	2	0.03	1	▼ -0.04
		도장박리	m ²	6.82	16	0.5	8	▼ -6.32
		도장백아화	m ²	16.1	1	370.99	5	▲ 354.89
		변형	m	0.8	2	1	3	▲ 0.2
		볼트미체결	EA	-	-	3	3	▲ 3
		볼트부식	m ²	0.04	4	0.04	4	-
		부식	m ²	49.23	9	50.87	10	▲ 1.64
		시공불량	m ²	0.03	1	0.03	1	-
		점부식	m ²	213.83	11	292.19	9	▲ 78.36
		표면부식	m ²	368.9	9	-	-	▼ -368.9
가로 보 및 세 로 보	상행	도장박리	m ²	24.18	10	44.75	16	▲ 20.57
		도장박리/점부식	m ²	19.84	5	19.84	5	-
		볼트부식	m ²	31.68	22	31.68	22	-
		볼트체결불량	EA	-	-	6	6	▲ 6
		점부식	m ²	28.4	6	15.84	3	▼ -12.56
	하행	도장박리	m ²	-	-	0.12	2	▲ 0.12
		볼트부식	m ²	3.84	2	3.84	2	-
		볼트체결불량	EA	-	-	9	9	▲ 9
		부식	m ²	6.54	4	1.5	1	▼ -5.04
		점부식	m ²	18.48	3	18.48	3	-
교대	상행	균열(0.3mm미만)	m	9.6	6	12.9	8	▲ 3.3
		균열(0.3mm이상)	m	1	1	-	-	▼ -1
		균열부백태	m	0.2	2	0.2	2	-
		누수흔적	m ²	-	-	11	1	▲ 11
		망상균열	m ²	-	-	5.6	1	▲ 5.6
		박리	m ²	0.49	2	0.4	1	▼ -0.09
		백태	m ²	0.32	4	0.4	5	▲ 0.08
		보수부파손	m ²	0.03	1	-	-	▼ -0.03
		보수부박락	m ²	-	-	0.81	1	▲ 0.81
		이물질퇴적	m ²	0.8	2	2	3	▲ 1.2
		잡철근부식	m ²	0.08	8	0.08	8	-
		잡철물노출	m ²	-	-	0.02	1	▲ 0.02

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (4)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
교대	상행	철근노출	m ²	0.28	5	0.16	4	▼ -0.12
		토사퇴적	m ²	7.5	3	7.5	3	-
		파손/철근노출	m ²	0.75	1	0.75	1	-
	하행	균열(0.3mm미만)	m	0.6	1	0.6	1	-
		누수흔적	m ²	18.5	4	18.5	4	-
		누수흔적/오염	m ²	-	-	14.4	4	▲ 14.4
		망상균열	m ²	14.08	6	18.08	7	▲ 4
		박락/철근노출	m ²	0.21	7	0.57	11	▲ 0.36
		박리	m ²	1.5	1	3.8	2	▲ 2.3
		백태	m ²	0.18	2	0.18	2	-
		재료분리	m ²	1.25	1	1.25	1	-
		철근노출	m ²	0.2	1	0.2	1	-
		토사퇴적	m ²	1	1	2	2	▲ 1
		파손	m ²	0.61	3	0.31	2	▼ -0.3
		폐자재적치	EA	-	-	1	1	▲ 1
교각	상행	균열(0.3mm미만)	m	17.65	19	23.85	29	▲ 6.2
		균열(0.3mm이상)	m	6	3	6	3	-
		균열(1.0mm이상)	m	1.5	1	1.5	1	-
		긁힘	m ²	0.2	3	0.2	3	-
		백태	m ²	0.02	1	0.02	1	-
		보수재박리	m ²	6.6	4	6.6	4	-
		잡철물노출	m ²	0.05	1	0.05	1	-
		재료분리	m ²	0.03	1	0.03	1	-
		파손	m ²	0.03	3	0.03	3	-
		표면보수재균열(0.3mm미만)	m	1.8	3	1.8	3	-
	하행	거푸집미제거	EA	1	1	2	2	▲ 1
		균열(0.3mm미만)	m	18.65	25	22.95	31	▲ 4.3
		균열(0.3mm이상)	m	2	1	2	1	-
		균열(0.5mm이상)	m	5.7	4	5.7	4	-
		균열(1.0mm이상)	m	2	1	2	1	-
		긁힘	m ²	0.44	4	0.49	5	▲ 0.05
		망상균열	m ²	0.36	1	0.36	1	-
		백태	m ²	0.03	1	0.03	1	-
		보수부재균열(0.3mm미만)	m	0.5	1	1.5	2	▲ 1
		보수재들뜸	m ²	2.14	2	2.14	2	-
		재료분리	m ²	-	-	1.75	1	▲ 1.75
		조류배설물퇴적	m ²	22	1	22	1	-
		천공	EA	1	1	1	1	-
		침식	m ²	-	-	3.5	1	▲ 3.5
		파손	m ²	0.01	1	0.02	2	▲ 0.01
		표면보수재균열(0.3mm미만)	m	3.7	6	3.7	6	-

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (5)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
교량 받침	상행	받침몰탈균열(03mm미만)	m	15.8	76	16.4	79	▲ 0.6
		이동량게이지문힘	EA	-	-	4	4	▲ 4
	하행	받침몰탈균열(03mm미만)	m	26	89	26	89	-
		플레이트부식	m ²	1.08	3	2.52	7	▲ 1.44
신축 이음	상행	고무재고정철물파손	m	-	-	1.8	3	▲ 1.8
		식생	EA	1	1	1	1	-
		신축이음누수	m	-	-	5	1	▲ 5
		신축이음단차	m	10	1	10	1	-
		유간토사퇴적	m	20	2	20	2	-
		후타재균열	m	2.8	14	2.8	14	-
		후타재망상균열	m ²	13.4	2	18.76	3	▲ 5.36
		후타재파손	m ²	-	-	0.86	3	▲ 0.86
	하행	신축이음누수	m	-	-	25	3	▲ 25
		신축이음단차	m	10	1	10	1	-
		유간토사퇴적	m	-	-	28	2	▲ 28
		후타재균열	m	2.5	5	3.4	7	▲ 0.9
		후타재마모	m ²	-	-	12.94	15	▲ 12.94
교면 포장	상행	보수미흡	m ²	-	-	0.93	4	▲ 0.93
		소성변형	m ²	-	-	0.64	1	▲ 0.64
		소성변형/파손	m ²	-	-	2.4	1	▲ 2.4
		아스콘균열	m	65.5	31	65.5	31	-
		아스콘망상균열	m ²	108	5	115.5	6	▲ 7.5
		아스콘파손	m ²	0.02	2	0.25	1	▲ 0.23
		접속도로아스콘망상균열	m ²	4.02	1	4.02	1	-
		접속도로아스콘파손	m ²	0.08	2	-	-	▼ -0.08
		접속도로이격	m ²	1.34	1	1.34	1	-
		채수	m ²	-	-	15	1	▲ 15
		토사퇴적	m ²	-	-	4	1	▲ 4
		포트홀	m ²	0.2	5	0.67	6	▲ 0.47
	하행	보수미흡	m ²	-	-	0.25	1	▲ 0.25
		소성변형	m ²	0.5	1	9.94	4	▲ 9.44
		아스콘균열	m	14	1	18	5	▲ 4
		아스콘망상균열	m ²	39	1	39	1	-
		아스콘파손	m ²	0.19	2	1.03	5	▲ 0.84
		채수	m ²	-	-	41	3	▲ 41
배수 시설	상행	포트홀	m ²	0.37	4	0.95	12	▲ 0.58
		그레이팅망실	EA	9	9	1	1	▼ -8
		그레이팅망실/철근노출	EA	1	1	-	-	▼ -1
		배수관이음부누수	EA	1	1	5	5	▲ 4
		배수구막힘	EA	7	7	-	-	▼ -7

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (6)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
배수 시설	하행	그레이팅망실	EA	2	2	-	-	▼ -2
		배수구막힘	EA	3	3	2	2	▼ -1
방 호 벽	상행	방호벽망상균열	m ²	137.5	5	137.5	5	-
		시공이음부균열	m	131.1	69	131.1	69	-
		지장물고정앵커탈락	EA	-	-	7	7	▲ 7
		차수판변형	EA	1	1	1	1	-
		차수판볼트탈락	EA	4	4	6	6	▲ 2
		철근노출	m ²	-	-	0.39	2	▲ 0.39
		파손	m ²	0.57	2	0.57	2	-
		표면보수재균열(0.3mm미만)	m	38	28	38	28	-
	하행	교명판파손	EA	1	1	1	1	-
		박락/들뜸	m ²	0.64	1	-	-	▼ -0.64
		방현망탈락	m	21	1	-	-	▼ -21
		방호벽망상균열	m ²	137.5	5	137.5	5	-
		시공이음부균열	m	119.7	63	119.7	63	-
		차수판볼트탈락	EA	8	8	8	8	-
		표면보수재균열(0.3mm미만)	m	41.4	22	41.4	22	-
중 앙 분 리 대	상행	균열(0.3mm미만)	m	1	1	19	19	▲ 18
		방현망변형	m	3	1	-	-	▼ -3
		방현망지지대변형	m	0.6	1	-	-	▼ -0.6
		방현망탈락	m	3	1	-	-	▼ -3
		중분대들뜸	m ²	0.24	1	-	-	▼ -0.24
		중분대망상균열	m ²	30	1	30	1	-
		중분대박리	m ²	2.3	2	2.3	2	-
		중분대파손	m ²	7.43	5	7.23	4	▼ -0.2
		표면보수재균열(0.3mm미만)	m	0.9	1	11.9	12	▲ 11
		표면보수재망상균열	m ²	74.75	3	74.75	3	-
	하행	균열(0.3mm미만)	m	-	-	11.2	18	▲ 11.2
		중분대망상균열	m ²	49.5	2	49.5	2	-
		중분대박리	m ²	-	-	1.6	2	▲ 1.6
		중분대파손	m ²	5.04	2	5.04	2	-
		표면보수재균열(0.3mm미만)	m	-	-	13	11	▲ 13
		표면보수재망상균열	m ²	100	4	100	4	-
점검 시설	상행	출입문 플레이트 파손	EA	1	1	1	1	-
	하행	상대양호	-	-	-	-	-	-

기 점검(2022년) 이후 바닥판 및 거더, 하부구조 등 발생된 주요손상에 대하여 보수를 실시하여 일부 손상물량이 감소한 것으로 검토되었으며, 이외에 대부분의 손상은 기 점검 시와 유사하나, 일부 부재에서 손상이 추가로 조사되었다. 이는 접근장비의 활용, 기 점검 시 일부 조사누락에 의한 추가조사, 공용기간 증가 등의 원인으로 인하여 결함 및 손상이 증가한 것으로 조사되었다.

나. 재료시험 결과 비교

[재료시험 기 점검(2022년) 및 진단(2018년) 결과와 비교]

시험명		시험부위		시험 결과		
				2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	2023년 정밀안전진단
비파괴 압축 강도 (MPa)	반발 경도법	상부구조		28.1~33.4	27.9~30.8	27.1~29.4
		하부구조		25.3~29.5	24.6~31.4	27.2~29.0
	초음파 속도법	상부구조		28.6~30.6	-	28.7~34.5
		하부구조		26.5~27.9	-	29.6~30.2
철근탐사 (주철근) (mm)		상부 구조	배근 간격	바닥판: 230~248	-	바닥판: 235~265
			피복 두께	바닥판: 36~51	-	바닥판: 36~55
		하부 구조	배근 간격	교대: 240~275 교각: 98~103	-	교대: 140~245 교각: 95~130
			피복 두께	교대: 74~124 교각: 64~100	-	교대: 38~60 교각: 60~100
탄산화깊이 (mm)		상부구조		2.2~3.8 (잔여: 33.7~44.7)(a)	2.8~6.3 (잔여: 38.2~66.8)(a)	3.3~13.5 (잔여: 30.8~40.7)(a)
		하부구조		2.1~6.8 (잔여: 59.5~92.1)(a)	2.8~23.4 (잔여: 37.5~84.2)(a)	9.0~15.7 (잔여: 25.0~70.0)(b)
염화물함유량 (철근부) (kg/m³)		상부구조		S1: 0.221 (a)	-	S1: 0.113 (a)
		하부구조		A1: 0.131 (a) P2: 0.251 (a)	-	A1: 0.391 (b) P1: 0.095 (a)
균열깊이 (mm)		상부구조		-	-	-
		하부구조		P4: 79.0 (피복: 100)	-	P2: 122.0 (피복: 78) P4: 138.9 (피복:160)
초음파탐상 (UT)		거더 내부 (맞대기용접부)		양호: 31개소 (Ⅰ 급) 불량: 35개소(Ⅳ급)	-	양호: 0개소 불량: 40개소(Ⅳ급)
강재 도막두께 (μm)		주부재		거더외부: 220~289 거더내부: 163~189	-	거더외부: 176~193 거더내부: 169~182
		부부재		-	-	가로보: 187~207 세로보: 257~279
비교 의견		◦ 기 진단 및 점검과 비교한 결과, 측정위치 및 측정값에 일부 차이를 보이고 있으나, 기준수량 이상을 만족하고 있고 측정 결과는 대체적으로 유사한 값을 보이고 있는 것으로 검토됨. ◦ 다만, 탄산화 및 염화물 시험 결과는 전회 정밀안전진단 이후 다소 증가한 상태로 공용기간 증가 및 신축이음 누수에 의한 것으로 주의관찰이 요구됨. ◦ 용접부 초음파탐상은 기 진단과 비교시 용접불량률에 다소 차이가 있으나 표본집단의 개수가 다름에 원인이 있으므로 모집단의 결과는 유사할 것으로 보이고 본 교량의 맞대기 용접부는 시공결함이 전반적으로 존재하고 있을 것으로 판단되므로 주의관찰 및 정기적인 비파괴 검사를 통해 변화 여부에 대한 유지관리가 요구됨.				

2.4 시설물의 상태평가

2.4.1 상태평가 결과

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

[탄천교(상행) 부재별 상태평가 결과 (STB 거더)]

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				지점	받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	번호	교량 받침	하부	기초	탄산화		염화물	
													상부	하부	상부	하부
S1	STB	c	b	a	c	c	c	c	A1	a	c	Q	a	b	a	b
S2	STB	b	b	d	b	a	c	×	P1	b	c	Q	a	×	×	×
S3	STB	b	b	d	b	a	c	×	P2	b	c	Q	×	a	×	×
S4	STB	b	b	d	c	a	c	×	P3	b	c	Q	×	×	×	×
S5	STB	c	c	b	b	c	c	×	P4	b	c	Q	×	×	×	×
-	-	-	-	-	-	-	-	c	A2	a	c	Q	-	×	-	×
평균		0.280	0.240	0.480	0.280	0.220	0.400	0.400	-	0.167	0.400	-	0.100	0.150	0.100	0.200
가중치		18	20	5	7	3	2	9	-	9	20	-	2	2	2	1
(평균×가중치) /가중치합		0.050	0.048	0.024	0.020	0.007	0.008	0.036	-	0.015	0.080	-	0.002	0.003	0.002	0.002
1. 환산결합도 점수 =															0.297	
2. 상태평가 결과 =															C	

주) 평가등급에 관한 세부 산정근거는 부록에 첨부함

[탄천교(하행) 부재별 상태평가 결과 (STB 거더)]

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				지점	받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	번호	교량 받침	하부	기초	탄산화		염화물	
													상부	하부	상부	하부
S1	STB	c	b	c	a	b	b	c	A1	a	c	Q	×	×	×	×
S2	STB	a	d	c	b	a	c	×	P1	b	c	Q	×	a	×	a
S3	STB	a	c	c	b	a	b	×	P2	b	c	Q	×	×	×	×
S4	STB	a	c	b	b	a	b	×	P3	b	c	Q	a	×	×	×
S5	STB	b	b	a	c	b	c	×	P4	b	b	Q	×	a	×	×
-	-	-	-	-	-	-	-	c	A2	b	c	Q	-	×	-	×
평균		0.180	0.380	0.300	0.220	0.140	0.280	0.400	-	0.183	0.367	-	0.100	0.100	-	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	-	9	20	-	2	2	-	3
(평균×가중치) /가중치합		0.032	0.076	0.015	0.015	0.004	0.006	0.036	-	0.017	0.073	-	0.002	0.002	-	0.003
1. 환산결합도 점수 =															0.281	
2. 상태평가 결과 =															C	

주) 평가등급에 관한 세부 산정근거는 부록에 첨부함

나. 개별교량 상태평가 결과

[개별교량 상태평가 결과]

구 분	구조형식	환산 결합도점수	상태평가 결과	연장 (m)	연장비	환산결합도점수 ×연장비
탄천교(상행)	STB 거더	0.297	C	250.0	0.500	0.148
탄천교(하행)	STB 거더	0.281	C	250.0	0.500	0.141
합계(Σ)	-	-	-	500.0	1.000	0.289
1. 평가지수 =						0.289
2. 상태평가 결과 =						C

다. 전체교량 상태평가 결과

[전체교량 상태평가 결과]

교량명	환산 결합도점수	상태평가 결과	연장 (m)	차선	길이×차선	연장비	환산결합도점수 ×연장비
탄천교(상행)	0.297	C	250.0	3	750	0.500	0.148
탄천교(하행)	0.281	C	250.0	3	750	0.500	0.141
합계(Σ)	-	-	500.0	-	1,500	1.000	0.289
1. 평가지수 =							0.289
2. 상태평가 결과 =							C

현장조사 및 시험에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 한 상태평가 결과 “C(평가지수 0.289)”로 평가되었다.

라. 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

[공중이 이용하는 부위 상태평가 결과]

구분	추락방지 시설		도로포장 파손		도로부 신축이음부		환기구 등의 덮개		평가 결과
S1/A1	해당없음	-	불쾌감 유발	c	본체 누수, 단차	c	해당없음	-	c
S2/P1	해당없음	-	경미한 파손	b	해당없음	-	해당없음	-	b
S3/P2	출입문 파손	c	경미한 파손	b	해당없음	-	해당없음	-	c
S4/P3	상태양호	a	불쾌감 유발	c	해당없음	-	해당없음	-	c
S5/P4	상태양호	a	불쾌감 유발	c	해당없음	-	해당없음	-	c
A2	해당없음	-	해당없음	-	본체 누수, 단차	c	해당없음	-	c

2.4.2 기 점검 및 진단 결과와 비교·분석

금회 현장조사 및 시험을 통한 상태평가 결과와 기 진단(2018년) 및 점검(2022년) 시 실시한 상태평가 결과를 비교·분석한 결과 환산결함도 지수가 0.270 “C”(2018년) ⇨ 0.277 “C”(2022년) ⇨ 0.289 “C”(금회)로 전회 점검과 등급의 변화는 없으나 결함도지수가 다소 상승한 것으로 분석되었으며 결함도 지수의 상승의 주요 요인은 다음과 같다.

- 바닥판은 금회 점검 시 데크 부식 및 탈락 보수 등으로 결함도 점수 감소.
- 거더는 금회 점검 시 강재 부식에 대한 부분적 보수로 결함도 점수 감소.
- 2차부재(가로보 및 세로보)는 강재 부식 손상의 증가로 결함도 점수 상승.
- 교면포장은 보수부 미흡, 포트홀 등 백태를 동반한 손상 증가로 결함도 점수 상승.
- 배수시설은 기 손상과 유사하나 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수 등의 손상 증가로 인해 결함도 점수 상승.
- 난간/연석은 박리, 철근노출, 파손 등의 손상이 추가로 조사되어 결함도 점수 상승.
- 신축이음은 본체 누수, 후타재 균열 등의 손상이 증가하여 결함도 점수 상승.
- 교량받침은 받침물탈 균열, 강재 부식 등의 손상이 증가하여 결함도 점수 상승.
- 하부구조는 기 점검시와 유사한 손상이 조사되었으며, 신축이음 누수로 인한 교대의 손상 증가로 인해 결함도 점수 상승.
- 기 정밀안전진단 및 정밀점검 시 조사된 손상에 대하여 일부 보수가 실시되었으나 금회 정밀안전진단 시 상세외관조사 및 공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가조사 등의 원인에 의해 전반적으로 손상이 증가하였고 이에 따라 결함도 점수가 상승됨.

[기 점검 및 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교]

구분			2018년 정밀안전진단				2022년 정밀안전점검				금회 정밀안전진단						
			가중치	상행		하행		가중치	상행		하행		가중치	상행		하행	
				등급	결함점수	등급	결함점수		등급	결함점수	등급	결함점수		등급	결함점수	등급	결함점수
상부 구조	바닥판	18	c	0.400	c	0.300	18	c	0.320	c	0.320	18	c	0.280	b	0.180	
	거더	20	c	0.400	c	0.400	20	c	0.320	c	0.400	20	b	0.240	c	0.380	
2차 부재	가로보	5	b	0.220	a	0.120	5	c	0.280	b	0.200	5	c	0.480	c	0.300	
기타 부재	포장	7	b	0.180	b	0.140	7	b	0.200	b	0.180	7	c	0.280	b	0.220	
	배수	3	b	0.160	b	0.140	3	b	0.200	b	0.140	3	b	0.220	b	0.140	
	난간/연석	2	b	0.200	b	0.200	2	b	0.200	b	0.200	2	c	0.400	c	0.280	
	신축이음	9	c	0.450	c	0.400	9	c	0.450	c	0.450	9	c	0.400	c	0.400	
받침	교량받침	9	b	0.150	b	0.150	9	b	0.167	b	0.167	9	b	0.167	b	0.183	
하부 구조	교대/교각	20	b	0.200	b	0.200	20	c	0.267	b	0.233	20	c	0.400	c	0.367	
	기초	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
내구성	탄 산 화	상부	2	a	0.100	a	0.100	4	a	0.100	a	0.100	2	a	0.100	a	0.100
		하부	2	a	0.100	a	0.100	3	a	0.100	a	0.100	2	b	0.150	a	0.100
	염 화 물	상부	2	a	0.100	a	0.100	-	-	-	-	-	2	a	0.100	-	-
		하부	1	a	0.100	a	0.100	-	-	-	-	-	1	b	0.200	a	0.100
개별교량 평가결과			100	c	0.285	b	0.255	100	c	0.275	c	0.278	100	c	0.297	c	0.281
전체교량 평가결과			C (0.270)				C (0.277)				C (0.289)						

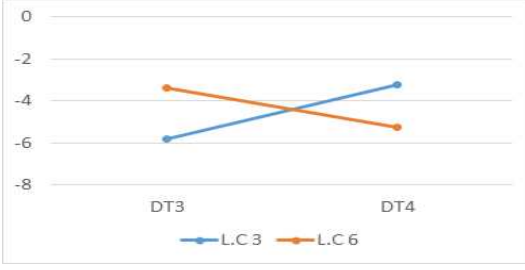
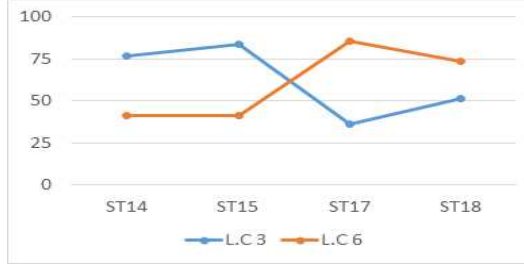
[기 점검 결과와의 상태평가 결함도 점수 분석]

구분		비교·분석
바닥판		◦ 테크 부식 및 탈락 보수 등으로 감소
거더		◦ 강재 부식 부분적 보수로 감소
2차부재		◦ 강재 부식 증가, 하천부(S2~S4) 전체면적의 10 % 이상(d)
교면포장		◦ 포장 보수부 미흡, 포트홀 등 증가, 백태 동반
배수시설		◦ 다소 증가, 배수관 상태불량(누수, 탈락) 부분적 조사
난간 및 연석		◦ 단면손상 및 철근노출 추가 조사
신축이음		◦ 심한 파손 및 단차(주행성 저하), 기능 불량에 따른 긴급보수가 필요한 상태는 아님, d → c로 하향 조정 ◦ 다만, 교체 시기로 판단되므로 계획 수립 및 교체 필요
교량받침		◦ 몰탈 균열, 강재 부식 등 일부 증가
하부구조		◦ 신축이음 누수로 인한 교대 손상 증가 ◦ 교각 코핑부 cw=0.5mm(d), cw=1.0mm(e) 균열 미보수 ◦ 교각 'd'이하 균열 : 중대한 결함의 적용 범위에 해당하나 비구조적 소성수축 균열로 판단됨, d, e → c로 하향 조정
기초		-
탄산화	상부	◦ 양호함
	하부	◦ 공용기간 증가
염화물	상부	◦ 공용기간 증가
	하부	◦ 공용기간 증가, 신축이음 누수
비교결과		◦ 등급은 C로 동일하나 결함지수 증가 → 하부구조, 신축이음 우선적인 보수 필요

2.5 재하시험

2.5.1 재하시험 결과 요약

[재하시험 결과요약]

구분	분 석 결 과					
정적시험 최대변위 및 변형율	• 트럭하중 : A차량-267.90 kN, B차량-266.20 kN(설계하중 DB-24의 약 62.0%, 61.6%)					
	구 분	S5		P4	S4	
		처짐(mm)	변형률(με)	변형률(με)	처짐(mm)	변형률(με)
	1대 재하	-3.316	37.95	-14.45	-3.174	50.42
	2대 재하	-6.060	71.92	-25.78	-5.822	85.27
변형률(με) : (+)인장, 처짐(mm) : (-)하향변위						
하중 횡분배						
	S5(단면 A-A), 2대 재하					
						
	S4(단면 C-C), 2대 재하					
	• Load Case별로 측정된 값을 횡분배한 결과, 중분대측이 다소 작게 나타났으나 이는 인접교량(탄천교_수서방면)의 간섭효과가 발생하여 나타난 결과로 판단되며, 각 재하경우에 따라 일정한 양상을 띠고 있는 것으로 나타나 특이한 구조거동은 없는 것으로 판단됨.					
충격 계수	• 이론충격계수 : 0.168(S4), 0.167(S4) • 실측충격계수 : 0.156(S5), 0.141(S4) ⇒ 측정된 충격계수는 이론값보다 적게 측정되어 이동하중에 의한 영향은 양호한 것으로 분석됨.					
고유 진동수	• 해석진동수 : 1.571 Hz • 실측진동수 : 1.85 Hz(1차) ⇒ 측정된 실측진동수는 모델링을 통한 해석진동수와 유사하게 분석됨.					

2.5.2 전회차 진단 결과와의 비교

[전회차 진단 결과와의 비교]

구분		전회 정밀안전진단 (2009년)	전회 정밀안전진단 (2013년)	금회 정밀안전진단 (2023년)
개요	시험구간	• S5 3L/8, P4, S4 L/2	• S5 3L/8, P4, S4 L/2	• S5 3L/8, P4, S4 L/2
	시험하중 (kN)	• 2대 : 270.99 kN, 256.9 kN (DB-24의 약 61.1% 수준)	• 2대 : 247.00 kN, 258.90 kN (DB-24의 약 58.6% 수준)	• 2대 : 267.90 kN, 266.20 kN (DB-24의 약 62.0% 수준)
	센서수량 (EA)	• 변형률 : 11 • 처짐 : 4 • 가속도 : 1	• 변형률 : 10 • 처짐 : 4 • 가속도 : 1	• 변형률 : 18 • 처짐 : 4 • 가속도 : 2
	비교 및 분석	• 재하하중은 전회(2013년) 대비 약 5.6%증가함(2대 평균). • 시험구간 및 센서 설치 단면은 전회와 동일함.		
정적 재하 시험	최대변형률 ($\mu\epsilon$)	• S5 : 64.258(2대) • S4 : 71.970(2대)	• S5 : 74.94(2대) • S4 : 79.86(2대)	• S5 : 71.92(2대) • S4 : 85.27(2대)
	최대처짐 (mm)	• S5 : -6.181(2대) • S4 : -5.491(2대)	• S5 : -8.361(2대) • S4 : -8.835(2대)	• S5 : -6.060(2대) • S4 : -5.822(2대)
	횡방향 거동특성	• 양호	• 양호	• 양호
	비교 및 분석	• 전회는 정적, 금회는 의사정적으로 수행함. • 변형률은 2013년과 유사하게 나타났으며, 처짐의 경우 전회(2013년)대비 약 28~35%감소한 것으로 분석됨. • 횡방향거동은 양호한 것으로 분석됨.		
동적 재하 시험	주행속도 (km/h)	• 10~90 (10km/h씩 증가시키며 분당방향으로 주행)	• 10~60 (10km/h씩 증가시키며 분당방향으로 주행)	• 10~80 (10km/h씩 증가시키며 분당방향으로 주행)
	최대충격계수	• 실측 : 0.164(S5), 0.151(S4) • 이론 : 0.167(S4, S5)	• 실측 : 0.162(S5), 0.159(S4) • 이론 : 0.167(S4, S5)	• 실측 : 0.156(S5), 0.141(S4) • 이론 : 0.168(S4), 0.167(S4)
	고유진동수 (Hz)	• 실측 : 2.637~6.738 • 해석 : 3.510	• 실측 : 3.252~4.160 • 해석 : 4.088	• 실측 : 1.85 • 해석 : 1.571
	비교 및 분석	• 실측충격계수 : 전회와 유사하게 나타났으며, 도로교 설계기준에서 제시하는 이론충격계수보다 작게 분석되어 이동하중에 대한 영향은 양호한 것으로 판단됨. • 고유진동수 : 전회와 차이가 있으나, 금회 실측치와 해석치를 비교 시 합리적으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.		

2.6 시설물의 안전성평가

2.6.1 구조안전성 평가

가. 강박스 거더

1) 거더

[하중조합에 의한 안전성 검토]

구 분		휨 응 력(MPa)			허용응력(MPa)			검토 결과
		바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연	바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연	
외측 경간 중앙부	COMB 1	-3.040	-104.202	138.559	-10.800	190.000	190.000	O.K
	COMB 2	-1.244	-133.135	130.947	-10.800	218.500	190.000	O.K
	COMB 3	-0.206	-148.995	125.592	-12.420	247.000	218.500	O.K
	COMB 4	-2.282	-117.275	136.302	-12.420	247.000	218.500	O.K
	항복응력	-6.756	-188.399	220.769	16.200	315.000	315.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.545 < 1.2$						O.K
	전단응력	$v = 12.493 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K
외측 지점부	COMB 1	56.813	145.279	-153.221	160.000	190.000	190.000	O.K
	COMB 2	50.561	138.565	-163.969	160.000	190.000	190.000	O.K
	COMB 3	58.676	121.404	-187.027	160.000	218.500	218.500	O.K
	COMB 4	42.446	155.726	-140.911	160.000	218.500	218.500	O.K
	항복응력	112.548	230.161	-265.013	400.000	-315.000	-315.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 1.199 < 1.2$						O.K
	전단응력	$v = 74.129 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K.
내측 경간 중앙부	COMB 1	-2.241	-46.523	94.454	-10.800	190.000	190.000	O.K
	COMB 2	-0.640	-66.187	71.580	-10.800	218.500	190.000	O.K
	COMB 3	0.803	-80.498	55.487	2.174	247.000	218.500	O.K
	COMB 4	-2.084	-51.875	87.672	-12.420	247.000	218.500	O.K
	항복응력	-5.865	-100.659	175.055	16.200	315.000	315.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.258 < 1.2$						O.K
	전단응력	$v = 11.725 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K.
내측 지점부	COMB 1	59.355	126.775	-142.782	160.000	190.000	190.000	O.K
	COMB 2	49.257	116.774	-151.946	160.000	190.000	190.000	O.K
	COMB 3	52.122	95.170	-172.416	160.000	218.500	218.500	O.K
	COMB 4	46.392	138.378	-131.475	160.000	218.500	218.500	O.K
	항복응력	113.770	212.805	-252.293	400.000	-315.000	-315.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.792 < 1.2$						O.K
	전단응력	$v = 42.967 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K.
중앙 경간 중앙부	COMB 1	-2.286	-59.038	116.157	-10.800	190.000	190.000	O.K
	COMB 2	-0.421	-80.882	95.888	2.174	218.500	190.000	O.K
	COMB 3	0.906	-95.763	81.865	-12.420	247.000	218.500	O.K
	COMB 4	-1.747	-66.001	109.911	-10.800	247.000	218.500	O.K
	항복응력	-5.781	-119.341	202.543	16.200	315.000	315.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.381 < 1.2$						O.K
	전단응력	$v = 9.398 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$						O.K.

2) 거더의 처짐검토

충격하중을 포함한 활하중에 의한 강교 주거더의 처짐검토 결과, 해석 처짐값은 다음 표의 도로교 설계기준에 의한 허용처짐 이내로 검토되었다.

[처짐값 검토 결과]

구 분	해석처짐 (mm)	허용처짐 (mm)	비 고
활하중(1 + i)	36.188	$98.8 \left(\frac{L}{500} \right)$	O.K

3) 맞대기 용접부 안전성 검토

[맞대기 용접부 변동응력]

검토단면	모멘트 (kN·m)		응력 (MPa)		변동응력 (MPa)	허용피로응력 (MPa)
	$M_{\max}$	$M_{\min}$	$f_{\max}$	$f_{\min}$		
단면 I	3,776.938	-484.754	21.019	-2.698	23.717	40
단면 II	5,118.235	-2,277.993	26.687	-11.877	38.564	40
단면 III	1,482.763	-4,228.284	7.722	-22.020	29.742	40
단면 IV	1,386.646	-4,601.886	7.221	-23.966	31.187	40
단면 V	1,789.945	-4,484.242	10.202	-26.095	36.297	40
단면 VI	1,809.164	-4,571.528	10.528	-26.602	37.130	40
단면 VII	3,052.072	-1,374.239	22.462	-10.114	32.576	40

제시된 피로응력범주(S-N선도)를 이용하여 용접부를 평가였고, 하부플랜지 맞대기 용접부 중 용입부족(단면결손율 68.8%)이 조사된 맞대기 용접부는 피로상세범주 『E』 범주로 평가하면, 설계하중 작용시 최대발생응력이 38.564 MPa로 허용응력범위가 $f_{sr} = 40 \text{ MPa}$ 이기 때문에 용입부족을 고려하더라도 피로안전성은 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

나. 바닥판

[바닥판의 휨강도 검토결과]

구 분		작용 강도(M_u)	설계강도 (ϕM_n)	안전율 (SF)	안전성
		$1.30 D + 2.15 L(1+i) + 1.3 CO$			
캔틸레버부	G1 측	147.388	164.842	1.225	O.K
	G2 측	143.098	122.167	1.016	O.K
연속판부		82.217	127.389	1.289	O.K

· 캔틸레버판 : $80L+230 = 80 \times 0.750 + 230 = 290 \text{ mm}$ 와 220 mm 중 큰 값 적용
 $\therefore$ 바닥판 최소두께 = $290 \text{ mm} \leq$ 현(설계) 바닥판 = $323 \text{ mm} \therefore$ O.K
 · 연속판 : $30L+130 = 30 \times 2.375 + 130 = 201 \text{ mm}$ 와 220 mm 중 큰 값 적용
 $\therefore$ 바닥판 최소두께 = $220 \text{ mm} \leq$ 현(설계) 바닥판 = $250 \text{ mm} \therefore$ O.K

설계하중에 의한 거더의 응력 검토 결과, 작용응력은 허용응력 이내로 검토되어 거더는 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

바닥판은 강도설계법으로 검토한 결과, 바닥판은 최소두께의 규정을 만족하고 있으며

바닥판의 작용강도는 설계강도 이내로 검토되어 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

다. 기초안전성 검토

[세굴심 산정결과]

구 분	국부 세굴심(m)				적용세굴심 (m)	비 고
	C.S.U	Laursen	Neill	Froehlich		
탄천교	4.6	3.6	3.9	3.4	3.63	C.S.U 제외

출처) 탄천 등 3개 하천기본계획(탄천, 양재천, 막계천) 보고서, 경기도, P.8-115, 2014.08

본 교량의 세굴심은 3.63 m로 세굴심도는 기초상단과 지초저면 사이에 위치하는 것으로 산정되었으나 아래 그림과 같이 본 교량은 세굴보호공이 설치되어 있어 세굴심도는 기초상단보다 높을 것으로 판단된다.

따라서, 본 교량은 적정 세굴보호공이 설치되어 있으며 공용 중 세굴발생이 없는 것으로 조사되어 세굴심 검토를 포함한 기초의 안전성평가는 “a”로 평가하였다.

2.6.2 내하력 평가

[공용내하력]

구 분		기본 내하율	응답 보정계수	공용 내하율	공용 내하력	비 고
거더	외측경간 중앙부	$\frac{190.000 - 97.044}{41.514} = 2.239$	1.131	2.532	DL-24이상	허용 응력법
	외측 지점부	$\frac{-190.0 - (-115.551) - (-10.747)}{-37.671} = 1.691$	1.569	2.653	"	"
	내측경간 중앙부	$\frac{190.000 - 51.899}{42.556} = 3.245$	1.039	3.372	"	"
	내측 지점부	$\frac{-190.0 - (-93.265) - (-35.572)}{-43.579} = 1.403$	1.000	1.403	"	"
	중앙경간 중앙부	$\frac{190.000 - 72.021}{44.136} = 2.673$	1.000	2.673	"	"
바닥판	캔틸레버	$\frac{145.395 - 1.30 \times 12.839}{2.15 \times 53.793} = 1.113$	1.000	1.113	DB-24이상	강도 설계법
	연속판부	$\frac{105.961 - 1.30 \times 4.563}{2.15 \times 30.940} = 1.504$	1.000	1.504	"	"

주) 재하시험 실시하지 않은 경간은 기본내하력으로 평가함

본 교량에 대한 구조해석 및 재하시험 결과를 이용한 강박스 거더의 공용내하력은 설계활하중 DB(DL)-24를 만족하는 것으로 계산되었으며, 바닥판 또한 공용내하력은 설계활하중 DB(DL)-24를 만족하는 것으로 평가되었다.

2.6.3 안전성평가 결과

[안전성 평가 결과]

부 재		SF(안전율)	안전성 평가등급		
강박스거더	정모멘트부	1.371	a	a	A
	부모멘트부	1.159	a		
바 닥 판	캔틸레버부	1.016	a	a	
기초안전성	세굴심 검토	-	a	a	

2.6.4 기 진단 결과와 비교

[기 진단과의 안전성평가 결과 비교]

부 재		안전율(SF)		안전성평가 결과
		전회 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
강박스 거더	외측경간 중앙부	2.05	1.371	a
	외측 지점부	1.54	1.159	a
	내측경간 중앙부	2.69	2.012	a
	내측 지점부	1.72	1.250	a
	중앙경간 중앙부	2.50	1.636	a
바닥판	캔틸레버부	1.77	1.016	a
	연속판부	1.26	1.289	a

[기 진단과의 내하력평가 결과 비교]

부 재		기본내하율(RF)		내하력평가 결과
		전회 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
강박스 거더	외측경간 중앙부	2.87	2.239	DL-24이상
	외측 지점부	1.84	1.691	"
	내측경간 중앙부	3.19	3.245	"
	내측 지점부	1.97	1.403	"
	중앙경간 중앙부	2.88	2.673	"
바닥판	중앙 지점부	1.91	1.113	DB-24이상
	연속판부	1.27	1.504	"

강박스 거더의 경우, 바닥판 하중산정의 차이(전회 안전성평가지 : 바닥판 하중 비고려, 금회 안전성평가지 : 바닥판과 상부플랜지 사이가 비어있는 것으로 하중 산정), 구조해석 프로그램 버전 및 모델링 구현방법(절점 및 요소형성, 경계조건 등)의 차이 등으로 인한 단면력의 차이로 인하여 안전율이 상이하게 산정된 것으로 판단된다.

바닥판의 경우, 전회 산정되지 않은 원심하중을 금회 안전성평가지 반영하여 금회 안전율이 전회 안전율 보다 작게 산정된 것으로 판단된다.

2.7 종합평가 및 안전등급 지정

2.7.1 종합평가 결과

종합평가 등급 산정결과, 상태평가 “C”, 안전성평가 “A”로 평가되어 종합평가 등급은 최저값인 “C”로 평가되었다.

[종합평가 결과표]

시설물명	탄천교			
평가구분	결합지수	평가등급	비 고	
상태평가	F=0.289	C	근거표번호	[표 7.1]
안전성평가	SF=1.016	A	근거표번호	[표 7.2]
종합평가	-	C		
종합평가 등급 산정 결과	종합평가 등급 = MIN ⇨ 상태평가 등급 ※ C등급			

2.7.2 안전등급 지정

탄천교의 상태평가 및 안전성평가 결과에 따른 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 “C(보통)”등급으로 지정하였다.

[안전등급 지정]

안전등급	구조물명	안전등급	비고
	탄천교	C등급(보통)	

2.8 보수·보강 및 유지관리방안

2.8.1 보수·보강 방안별 개략공사비

[보수·보강 개략공사비 (1)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위	
바닥 판	상행	거푸집미제거	0.52	m ²	거푸집제거	55	29	3	
		균열(0.3mm미만)	2.41	m ²	표면보수	56	135	2	
		균열부백태	0.16	m ²	표면보수	56	9	2	
		테크도장박리	0.29	m ²	재도장	60	17	2	
		박락/철근노출	0.12	m ²	단면보수(방청)	204	24	1	
		보수재박리	4.55	m ²	표면보수	56	255	2	
		철근노출/파손	0.12	m ²	단면보수(방청)	204	24	1	
		파손	0.26	m ²	단면보수	196	51	2	
	하행	균열(0.3mm미만)	37.7	m ²	표면보수	56	2,111	2	
		백태/보수부박락	0.65	m ²	단면보수	196	127	2	
		보수부박락	0.65	m ²	단면보수	196	127	2	
		보수재박리	1.3	m ²	표면보수	56	73	2	
		철근노출/파손	0.03	m ²	단면보수(방청)	204	6	1	
	거더 내부	상행	누수흔적	1.4	m ²	재도장	60	84	2
			도장긁힘	0.36	m ²	재도장	60	22	2
도장박리			0.38	m ²	재도장	60	23	2	
도장박리/부식			0.2	m ²	재도장	60	12	2	
맞대기용접부부식			0.21	m ²	재도장	60	13	2	
보수부도장박리			0.12	m ²	재도장	60	7	2	
볼트녹발생			0.07	m ²	재도장	60	4	2	
볼트부식			0.65	m ²	재도장	60	39	2	
부식			36.56	m ²	재도장	60	2,194	2	
용접부부식			0.05	m ²	재도장	60	3	2	
이물질적치			6.05	m ²	청소	40	242	3	
하행		누수흔적	3	EA	재도장	60	180	2	
		도장박리	0.36	m ²	재도장	60	22	2	
		도장불량	9.93	m ²	재도장	60	596	2	
		볼트도장박리	1	EA	재도장	60	60	2	
	볼트부식	0.17	m ²	재도장	60	10	2		
	부식	9.61	m ²	재도장	60	577	2		
	이물질적치	3.9	m ²	청소	40	156	3		

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[보수·보강 개략공사비 (2)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더 외부	상행	SP부식	74.33	m ²	재도장	60	4,460	2
		SP체킹	17.94	m ²	재도장	60	1,076	2
		도장긁힘	1.47	m ²	재도장	60	88	2
		도장박리	56.93	m ²	재도장	60	3,416	2
		도장백아화	717.6	m ²	재도장	60	43,056	2
		볼트노출	1	EA	강교볼트체결	10	10	1
		볼트체결불량	2	EA	강교볼트체결	10	20	1
		볼트탈락	1	EA	강교볼트체결	10	10	1
		부식	0.27	m ²	재도장	60	16	2
		점부식	164.63	m ²	재도장	60	9,878	2
		표면부식	0.04	m ²	재도장	60	2	2
	하행	SP부식	73.01	m ²	재도장	60	4,381	2
		SP체킹	17.94	m ²	재도장	60	1,076	2
		도장긁힘	0.04	m ²	재도장	60	2	2
		도장박리	0.65	m ²	재도장	60	39	2
		도장백아화	482.29	m ²	재도장	60	28,937	2
		볼트미체결	3	EA	강교볼트체결	10	30	1
		볼트부식	0.05	m ²	재도장	60	3	2
		부식	66.13	m ²	재도장	60	3,968	2
		점부식	379.85	m ²	재도장	60	22,791	2
거더 및 가로 보	상행	도장박리	58.18	m ²	재도장	60	3,491	2
		도장박리/점부식	25.79	m ²	재도장	60	1,547	2
		볼트부식	41.18	m ²	재도장	60	2,471	2
		볼트체결불량	6	EA	강교볼트체결	10	60	1
		점부식	20.59	m ²	재도장	60	1,235	2
	하행	도장박리	0.16	m ²	재도장	60	10	2
		볼트부식	4.99	m ²	재도장	60	299	2
		볼트체결불량	9	EA	강교볼트체결	10	90	1
		부식	1.95	m ²	재도장	60	117	2
		점부식	24.02	m ²	재도장	60	1,441	2

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[보수·보강 개략공사비 (3)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	상행	균열(0.3mm미만)	4.19	m ²	표면보수	56	235	1
		균열부백태	0.07	m ²	표면보수	56	4	1
		망상균열	7.28	m ²	표면보수	56	408	1
		박리	0.52	m ²	단면보수	196	102	1
		백태	0.52	m ²	표면보수	56	29	1
		보수부박락	1.05	m ²	단면보수	196	206	1
		이물질퇴적	2.6	m ²	청소	40	104	1
		잡철근부식	0.1	m ²	단면보수	196	20	1
		잡철물노출	0.03	m ²	단면보수	196	6	1
		철근노출	0.21	m ²	단면보수(방청)	204	43	1
		토사퇴적	9.75	m ²	청소	40	390	1
		파손/철근노출	0.98	m ²	단면보수(방청)	204	200	1
	하행	균열(0.3mm미만)	0.2	m ²	표면보수	56	11	1
		망상균열	23.5	m ²	표면보수	56	1,316	1
		박락/철근노출	0.74	m ²	단면보수(방청)	204	151	1
		박리	4.94	m ²	단면보수	196	968	1
		백태	0.23	m ²	표면보수	56	13	1
		재료분리	1.63	m ²	단면보수	196	319	1
		철근노출	0.26	m ²	단면보수(방청)	204	53	1
		토사퇴적	2.6	m ²	청소	40	104	1
		파손	0.4	m ²	단면보수	196	78	1
		폐자재적치	1	EA	청소	40	40	1
교각	상행	균열(0.3mm미만)	7.75	m ²	표면보수	56	434	1
		균열(0.3mm이상)	7.8	m	주입보수	78	608	1
		균열(1.0mm이상)	1.95	m	주입보수	78	152	1
		백태	0.03	m ²	표면보수	56	2	1
		보수재박리	8.58	m ²	표면보수	56	480	1
		잡철물노출	0.07	m ²	단면보수	196	14	1
		재료분리	0.04	m ²	단면보수	196	8	1
		파손	0.04	m ²	단면보수	196	8	1
		표면보수재균열(0.3mm미만)	0.59	m ²	표면보수	56	33	1

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[보수·보강 개략공사비 (4)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교각	하행	거푸집미제거	2	EA	거푸집제거	55	110	1
		균열(0.3mm미만)	7.46	m ²	표면보수	56	418	1
		균열(0.3mm이상)	2.6	m	주입보수	78	203	1
		균열(0.5mm이상)	7.41	m	주입보수	78	578	1
		균열(1.0mm이상)	2.6	m	주입보수	78	203	1
		망상균열	0.47	m ²	표면보수	56	26	1
		백태	0.04	m ²	표면보수	56	2	1
		보수부재균열(0.3mm미만)	0.49	m ²	표면보수	56	27	1
		보수재들뜸	2.78	m ²	단면보수	196	545	1
		재료분리	2.28	m ²	단면보수	196	447	1
		조류배설물퇴적	28.6	m ²	청소	40	1,144	1
		침식	4.55	m ²	단면보수	196	892	1
		파손	0.03	m ²	단면보수	196	6	1
		표면보수재균열(0.3mm미만)	1.2	m ²	표면보수	56	67	1
교량 받침	상행	받침물탈균열(0.3mm미만)	5.33	m ²	표면보수	56	298	3
	하행	받침물탈균열(0.3mm미만)	8.45	m ²	표면보수	56	473	3
		플레이트부식	3.28	m ²	채도장	60	197	3
신축 이음	상행	신축이음누수, 단차 등	26.85	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.425m, 2개소)	1,606	43,121	1
	하행	신축이음누수, 단차 등	26.85	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.425m, 2개소)	1,606	43,121	1
교면 포장	상행	보수미흡	1.21	m ²	소파보수(방수,주간)	52	63	1
		소성변형	0.83	m ²	소파보수(방수,주간)	52	43	1
		소성변형/파손	3.12	m ²	소파보수(방수,주간)	52	162	1
		아스콘파손	0.33	m ²	소파보수(방수,주간)	52	17	1
		포트홀	0.87	m ²	소파보수(방수,주간)	52	45	1
	하행	보수미흡	0.33	m ²	소파보수(방수,주간)	52	17	1
		소성변형	12.92	m ²	소파보수(방수,주간)	52	672	1
		아스콘파손	1.34	m ²	소파보수(방수,주간)	52	70	1
		포트홀	1.24	m ²	소파보수(방수,주간)	52	64	1
배수 시설	상행	배수관이음부누수	5	EA	실링보수(배수관)	9	45	1
	하행	배수구막힘	2	EA	배수구청소	79	158	1

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[보수·보강 개략공사비 (5)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
방호 벽	상행	지장물고정앵커탈락	7	EA	지장물앵커고정	35	245	3
		철근노출	0.51	m²	단면보수(방청)	204	104	1
		파손	0.74	m²	단면보수	196	145	3
중분 대	하행	중분대박리	2.99	m²	단면보수	196	586	3
		중분대파손	9.4	m²	단면보수	196	1,842	3
		중분대박리	2.08	m²	단면보수	196	408	3
		중분대파손	6.55	m²	단면보수	196	1,284	3
점검 시설	상행	출입문플레이트파손	1	EA	용접보수	30	30	2
직접공사비						245,669		
제경비(직접공사비의 50%)						122,835		
부대비(직접공사비의 35%)						85,984		
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위(단기)			183,489		
			2순위(중기)			260,075		
			3순위(장기)			10,924		
총 공사비						454,488		

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[공종별 보수·보강 개략공사비]

구 분	표면보수	주입보수	단면보수	단면보수(방청)	신축이음교체
1순위	3,505	1,744	3,619	605	86,242
2순위	2,583	-	305	-	-
3순위	771	-	4,265	-	-
순 공사비	6,859	1,744	8,189	605	86,242
제경비	3,430	872	4,095	303	43,121
부대비	2,401	610	2,866	212	30,186
총 공사비	12,689	3,226	15,150	1,119	159,549

구 분	재도장	강교볼트체결	포장보수	기 타 (거푸집 제거, 청소, 실링보수)
1순위	-	220	1,153	2,095
2순위	137,663	-	-	30
3순위	197	-	-	672
순 공사비	137,860	220	1,153	2,797
제경비	68,930	110	577	1,399
부대비	48,251	77	404	979
총 공사비	255,041	407	2,133	5,174

[부재별 보수·보강 개략공사비]

구 분	개략공사비(천원)			
	1순위	2순위	3순위	합 계
바닥판 (거푸집 제거, 표면보수, 단면보수(방청) 등)	54	2,905	29	2,988
거더내부 (재도장, 청소)	-	3,846	398	4,244
거더외부 (재도장, 강교볼트체결)	70	123,189	-	123,259
가로보 및 세로보 (재도장, 강교볼트체결)	150	10,611	-	10,761
교대 및 교각 (표면보수, 주입보수, 단면보수 등)	11,207	-	-	11,207
교량받침 (표면보수, 재도장)	-	-	968	968
신축이음 (교체)	86,242	-	-	86,242
교면포장 (방수포함 소파보수)	1,153	-	-	1,153
배수시설 (배수관 실링, 배수구 청소)	203	-	-	203
방호벽 (단면보수(방청), 지장물앵커고정)	104	-	4,510	4,614
점검시설 (출입문 용접보수)	-	30	-	30
순 공사비	99,183	140,581	5,905	245,669
제경비 (순공사비의 50%)	49,592	70,291	2,953	122,835
부대비 (순공사비의 35%)	34,714	49,203	2,067	85,984
총 공사비	183,489	260,075	10,924	454,488

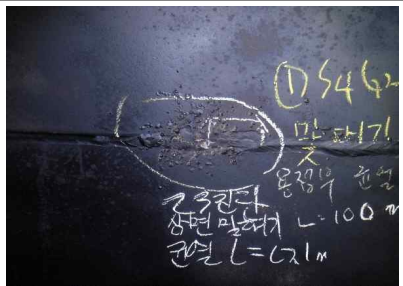
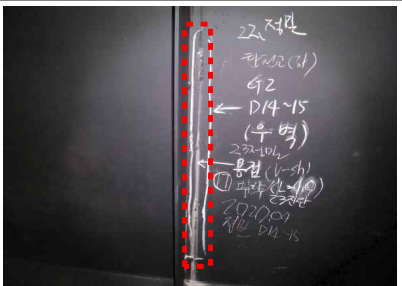
2.8.2 중점유지관리 사항

가. 거더 내부 용접 결함 및 맞대기 용접부 강재초음파탐상(UT)

금회 진단 결과, 거더 내부의 용접부는 용접결함(균열, 기공, 누락, 용입부족 등)이 조사되었으나 전반적으로 보강재, 격벽 등의 부부재와 압축부인 상부 플랜지 및 복부에 국한된 결함으로 보수·보강보다는 유지관리하며 지속적인 관찰이 필요한 상태로 판단된다. 다만, 맞대기 용접부 포함하여 용접결함의 개소가 다수이므로 향후 점검 및 진단에서도 그에 대한 면밀한 조사 및 검토가 필요하며, 중점 유지관리가 요구된다.

하부플랜지 맞대기 용접부 40개소에 대한 초음파탐상시험(UT) 결과, 전체 40개소에서 용접 결함이 검출되었고 대체로 조사길이 전체에 연속적으로 분포하여 단면감소량은 9~14 mm 정도로 탐사되었다. 금회 검출된 결함의 종류는 시공초기 결함인 용입부족(Incomplete Penetration), 융합불량(Lack of Fusion), 슬래그 혼입(Slag inclusion), 기공(Blow hole, Porosity) 등으로 판단되며, 맞대기 용접부 결함은 단면감소를 고려한 피로응력 검토가 필요한 상황이다.

금회 정밀안전진단에서는 단면감소를 고려한 용접부 피로 검토 및 안전성 평가를 실시(제6장 6.2.4 맞대기 용접부 안전성 검토 참고)하였고 그 결과, 허용응력범위 내로 피로 안전성은 확보하고 있는 것으로 평가되었으므로 현재 별도의 보강은 필요치 않을 것으로 판단된다. 따라서 맞대기 이음부 용접 결함 부위는 향후 점검 및 진단시에는 용접부의 균열 발생 여부에 대한 면밀한 조사가 요구되며, 정기적인 비파괴 검사를 수행하여 결함에 대한 변화 여부 관찰과 구조적 안전성 확보에 대한 검토를 지속적으로 실시하여 유지관리 하는 것이 타당해 보인다.

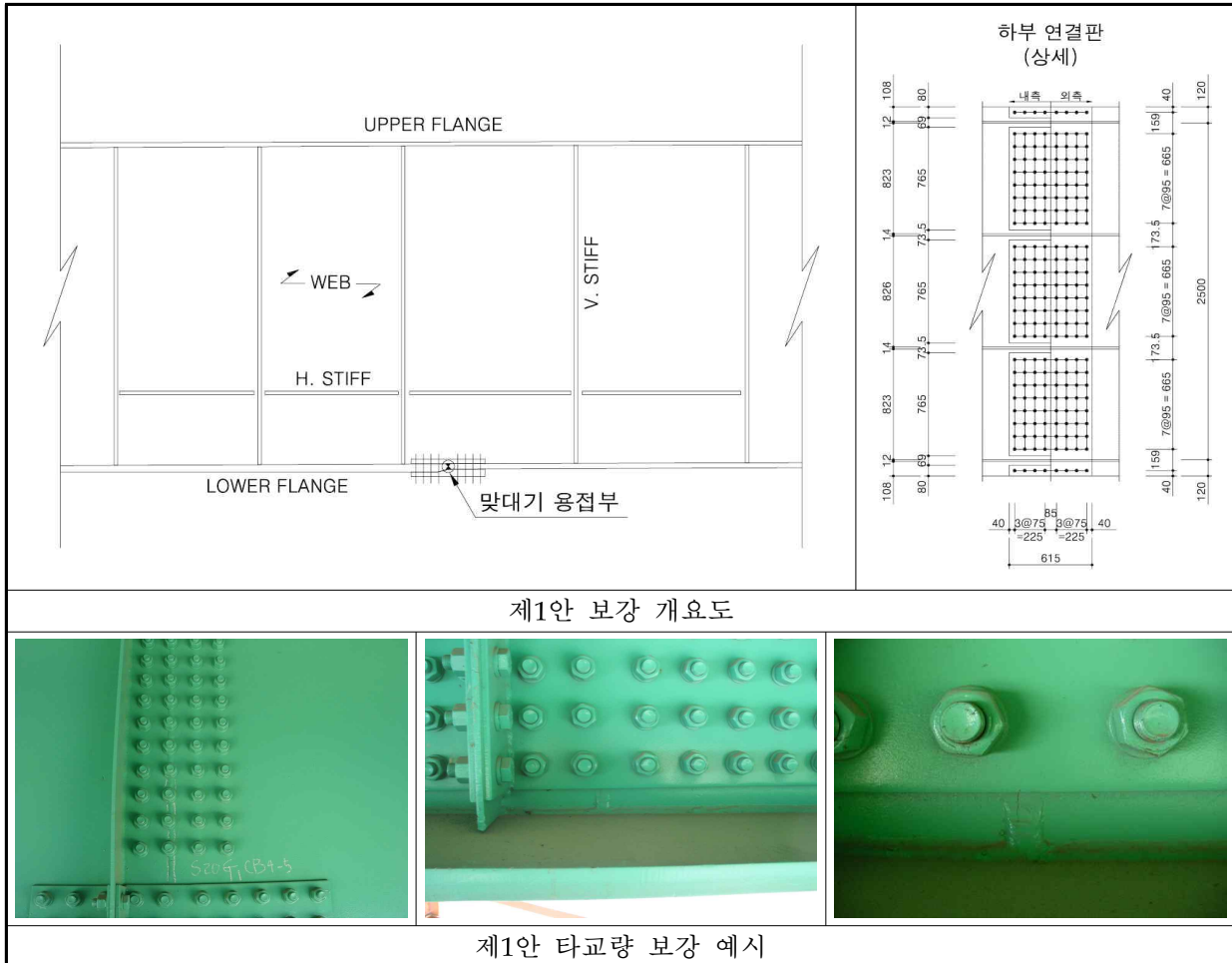
		
보강재 용접부 균열 (상행 S4 G3)	맞대기 용접부 균열 (하행 S4 G2 UF)	맞대기부 용접누락 (하행 S2 G2 RW)

향후 맞대기 용접부에 대한 면밀한 검토 결과에 따라 문제점 발견 시에는 보수 또는 보강이 필요할 것으로 판단되고 하부플랜지 맞대기 용접부의 결함에 대한 보수방법으로는 전면적으로 사하중을 제거한 뒤 용접 결함 부위를 가우징 후 재용접하는 방안이 가장 확실하다. 다만, 본 교량은 공용 중인 시설물로 현실적으로 이와 같은 보수공사는 어려우므로 인장을 받는 하부플랜지의 맞대기 용접부에 작용하는 활하중 응력을 감소시키는 방법이 필요하며, 1등급의 내하력을 확보하기 위해서는 설계하중(차선하중)하에서 대상 부

위의 활하중 응력을 감소시켜야 한다.

따라서, 일반적으로 현재의 사하중응력 상태에서 결손단면에 작용하는 설계하중응력을 감소시키는 방법으로 연결판 설치 또는 외부강선 설치를 고려할 수 있으며, 다음과 같다.

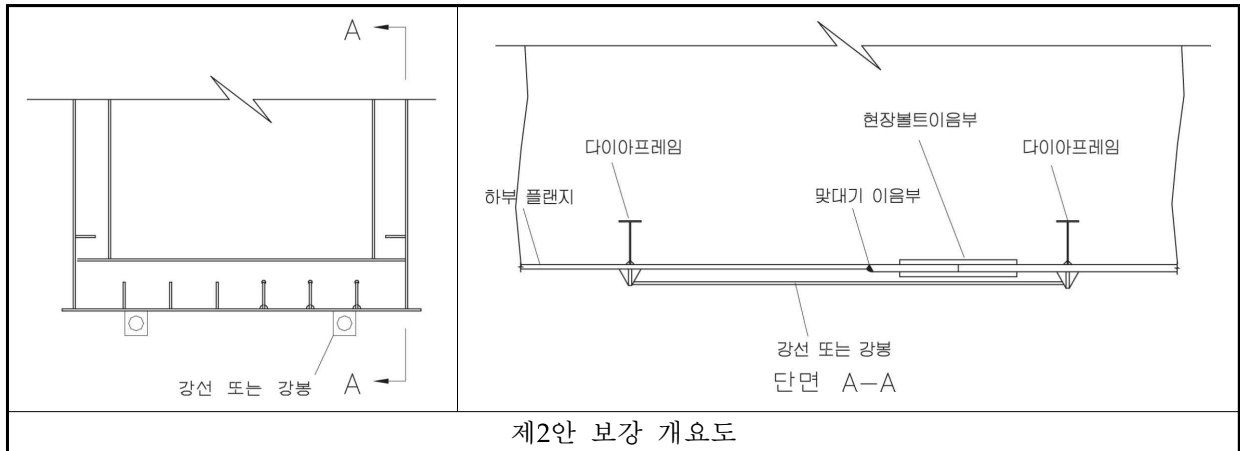
1) 제1안 : 내·외부 연결판 설치



2) 제2안 : 외부 강선 또는 강봉 설치

맞대기 이음부 주변에 기존의 현장연결판(SP)이 존재한다면 공간 부족으로 인해 새로운 연결판 설치가 불가능 할 것으로 판단되므로 제2안으로 외부 강선 또는 강봉 설치를 고려할 필요가 있다.

시공시 주의할 점은 외부 강선 또는 강봉은 활하중 감소를 목표로 설치하기 때문에 프리스트레싱 할 필요가 없고 단순 고정만으로 충분하며, 본 교량의 내하력을 고려하여 강봉의 단면적 또는 고정위치 등을 결정하여야 할 것이다.



나. 신축이음 노후에 따른 누수 및 단차

탄천교의 신축이음은 2003년(상행), 2017년(하행)에 교체를 실시한 것으로 검토되어 최대 약 20년 정도 장기공용 중이며, 그에 따른 신축이음 본체의 누수, 단차, 유간부 다량의 토사충진 및 식생 등이 조사되었다. 이는 2차 적으로 상부 차량의 통행시 충격음이 발생되고 유간부 이물질 장기 지속에 의한 신축기능 저하, 하부 교대 콘크리트의 열화 등을 유발하고 있는 상황이다.

금회 진단에서는 종합적으로 검토한 결과, 신축이음은 교체가 필요한 시기로 판단하였으며, 기능 및 사용성 등을 고려하여 신축허용량 No.160 규격의 신축이음으로 교체(상·하행 전체: 4개소)를 제안하였다.

따라서 신축이음은 중기관리계획에 따라 교체를 실시하는 것이 바람직하며, 교체 이전까지는 손상 증대 및 통행차량의 주행안전 확보 여부, 급격한 상태변화에 따른 보수의 시급성 판단 등의 중점적인 유지관리가 요구된다.



다. 교면포장 백태 동반 포트홀, 보수미흡, 파손 등

탄천교는 서울과 분당을 연결하는 주요 노선(분당수서로) 상에 위치하여 일교통량이 많고 중차량의 통행이 빈번하며, 도시고속화도로 특성상 주행차로에 전달되는 차륜하중 및 충격이 클 것으로 판단된다.

교면포장은 아스팔트 포장으로 이러한 환경과 시공미흡 등에 의해 포트홀, 보수미흡, 파손 등이 조사되었고 그중 포트홀 및 보수미흡 부위는 백태를 동반한 상태로 바닥판의 노출 및 방수층 소실이 확인되었다. 백태가 동반된 포장 손상의 위치는 거더 내부의 Splice 누수부와 동일 선상에 위치한 것으로 검토되었고 거더 내부의 모재, 볼트, 연결판 등의 부식을 유발하고 있는 상황이다.

따라서 포장 손상 부위는 금회 진단에서 제안한 보수방안에 따라 방수층 시공을 포함한 부분 재포장을 실시하는 것이 바람직하며, 향후에는 포장불량(포트홀, 소성변형, 파손 등) 및 물고임 발생과 하부의 누수 여부에 대한 연계 확인, 손상 증대 및 통행차량의 주행안전 확보 여부, 급격한 상태변화에 따른 전면 재포장 실시여부 판단 등의 중점적인 유지관리가 요구된다.

		
포트홀, 방수층 소실 (상행 S3)	포트홀, 방수층 소실 (상행 S5)	파손 (하행 S5)

	
거더내부 누수흔적 및 볼트부식 (상행 S5 G3 UF)	거더내부 SP부 부식 (상행 S5 G3 LF)

라. 교대 염화물 함유량 시험결과

금회 진단에서 실시한 콘크리트 재료시험 중 염화물 함유량 시험결과, 교대는 철근부의 염화물 함유량이 'b'로 평가되어 철근 부식의 가능성이 있는 상태로 분석되었다.

교대는 흙벽의 피복부족과 신축이음 누수 및 제설염수 유입에 의해 지속적으로 염해가 발생하고 있는 것으로 판단되고 금회 진단에서 제안한 신축이음 교체를 통한 누수 차단이 필요한 실정이다.

따라서 교대는 신축이음 교체 전후로 제설염수 유입 및 염해 발생에 따른 콘크리트 박락, 철근 노출 및 부식 발생 여부, 기 손상의 규모 확대 등에 대한 면밀한 관찰이 필요하고 염화물 정도 및 보수 필요여부 판단 등에 대한 중점적인 유지관리가 요구된다.

구 분			전염화물 함유량(%)	환산염화물 함유량(kg/m ³)	평가 기준	비고
상부 구조	상행 S1 RC	0~20mm	0.0096	0.217	a	
		20~40mm	0.0069	0.156	a	
		40~55mm	0.0050	0.113	a	철근
하부 구조	상행 A1 흙벽	0~20mm	0.0185	0.419	b	
		20~40mm	0.0178	0.403	b	
		40~48mm	0.0173	0.391	b	철근
	하행 P1 기둥	0~20mm	0.0069	0.156	a	
		20~40mm	0.0056	0.127	a	
		40~60mm	0.0051	0.115	a	
		60~80mm	0.0046	0.104	a	
		80~100mm	0.0042	0.095	a	철근

2.9 종합결론

2.9.1 결론

- 외관조사 결과 바닥판의 국부 균열, 박락, 철근노출, 거더 및 2차부재의 도장균열(Checking) 및 탈락, 백아화, 부식, 강재 변형, 용접 결함(균열, 기공, 누락), 볼트 체결불량, 교대의 균열, 백태, 철근노출, 교각의 균열, 재료분리, 기둥 하단부 침식, 교량받침의 부식, 신축이음 본체의 누수, 단차, 후타재 파손, 교면포장의 망상균열, 포트홀, 소성변형, 배수시설의 배수구 막힘, 배수관 누수, 방호벽 및 중분대의 균열, 박락, 파손, 철근노출 등의 결함 및 손상들이 조사되었다. 이는 전반적 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 결함 및 손상으로 내구성 확보 차원에서 적절한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 전차 정밀안전점검 결과와 비교 시 전반적으로 손상물량이 증가하는 경향을 보이며, 신축이음 본체의 단차, 누수, 후타재 균열을 제외한 결함 및 손상들은 전회 점검 이후 진행성은 없고 전반적으로 열화 형태의 결함이나 손상은 확인되지 않았다. 조속한 보수가 요구되는 손상은 없으나 내구성 저하 방지와 안전 확보 차원에서 거더 및 가로보의 볼트 체결불량(풀림, 누락 등), 신축이음 본체의 누수 및 단차, 교각의 $cw=0.5\sim 1.0\text{mm}$ 비구조적 균열, 교면포장의 포트홀 및 보수미흡, 배수관 상태불량(누수)에 대한 우선적인 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 콘크리트 재료시험 결과, 각 항목별 시험결과는 대체적으로 양호하나 하부구조 중 일부 개소는 철근탐사 피복부족, 탄산화 'b', 염화물 'b', 균열깊이 피복초과인 상태로 측정되었다. 이는 시공미흡, 공용기간 증가, 신축이음 누수 및 제설염수 유입 등에 따른 결과로 판단되고 지속적인 관찰과 일부는 주입보수, 단면보수(방청) 등의 조치가 필요할 것으로 보인다.
- 강재 재료시험 결과, 초음파탐상(UT)은 전체 40개소가 4급으로 내부결함이 존재하는 것으로 검토되었으나 단면감소를 고려한 용접부 피로 검토 및 안전성 평가 결과는 허용응력범위 내로 안전성을 확보하고 있는 상태이다. 따라서 맞대기 용접부에 대한 별도의 보강은 필요치 않으며, 주의관찰이 요구되나 향후 점검 및 진단 결과에 따라 문제점 발견 시에는 보강이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도막두께는 대체적으로 양호하나 세로보는 상한값을 초과한 상태로 측정되었으며, 다만 방식성에는 문제가 없을 것으로 보인다.
- 탄천교의 상태평가 및 안전성평가 결과에 따른 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 “C(보통)”등급으로 지정하였다.
- 탄천교는 1993년 준공 후 현재까지 약 30년 동안 공용중인 시설물로 외관조사결과 교량의 안전성을 저하시키는 중대한 결함이나 손상은 조사되지 않은 상태로 현 시점에서 시

설물 사용제한은 필요하지 않으며, 기 발생된 손상들에 대하여 제안된 방법으로 유지관리 계획에 따라 보수공사를 실시하고 보수공사 이후에도 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시하면 시설물의 내구성 및 사용성을 충분히 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

2.9.2 기타 필요한 사항

가. 발주기관의 기타 요구사항

본 내용은 과업지시서에 의한 것으로 탄천교는 금회 진단기간 중 보수공사를 병행하여 진행 중인 상황으로 공사 발주내용 중 금회 진단결과와 중복되는 내용을 비교하였으며, 향후 유지관리시 참고자료로 활용하기 위해 작성하였다.

공사명 : 수정구 관내교량 보수보강 공사(탄천변)									
○ 탄천교 ▶ 콘크리트 보수공사 : 철근방청 및 단면복구(14㎡), 균열 주입보수(28m) ▶ 신축이음장치 보수공사 : 신축이음장치 유간 퇴적토 준설(40m) ▶ 배수시설 보수공사 : 배수시설 재설치(4m), 배수관 고정밴드 설치(2개소), 교량배수구 청소(10개소) 등 ▶ 켄틸레버 보수공사 : 데크플레이트 철거(400㎡), 표면보수(400㎡), 공중비계 설치 및 철거(600㎡) 등									

공사 발주 내용과 금회 진단결과(외관조사망도)에서 동일한 손상은 아래와 같다.

금회 외관조사망도									
부재명	방향	경간 지점	손상 번호	손상명	폭 (너비)	길이	개소	물량	단위
배수시설	하행	S1	15	배수구막힘	-	-	1	1	ea
배수시설	하행	S5	1	배수구막힘	-	-	1	1	ea
방호벽	상행	S2	40	철근노출	0.3	0.3	1	0.09	㎡
배수시설	상행	S1	30	배수관이음누수	-	-	1	1	ea
바닥판	상행	S5	14	철근노출/파손	0.3	0.3	1	0.09	㎡
바닥판	하행	S1	17	철근노출/파손	0.1	0.2	1	0.02	㎡
교대	상행	A1	3	철근노출	0.4	0.1	4	0.16	㎡
교대	상행	A1	5	파손/철근노출	1.5	0.5	1	0.75	㎡
교대	상행	A1	32	잡철물노출	0.1	0.2	1	0.02	㎡
교각	상행	P1	10	균열(cw=1.0mm)	1	1.5	1	1.5	m
교각	상행	P2	4	균열(cw=0.3mm)	0.3	2	1	2	m
교각	상행	P4	6	균열(cw=0.3mm)	0.3	2	1	2	m
교대	하행	A1	7	박락/철근노출	0.3	0.1	7	0.21	㎡
교대	하행	A1	19	철근노출	1	0.2	1	0.2	㎡
교대	하행	A1	24	박락/철근노출	0.2	0.8	1	0.16	㎡
교각	하행	P1	5	균열(cw=2.0mm)	2	2	1	2	m
교각	하행	P1	6	균열(cw=0.5mm)	0.5	1	2	2	m
교각	하행	P2	3	균열(cw=0.3mm)	0.3	2	1	2	m
교각	하행	P3	19	균열(cw=0.9mm)	0.9	0.7	1	0.7	m
교각	하행	P3	20	균열(cw=0.9mm)	0.9	3	1	3	m

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (1)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥 판	상행	거푸집미제거	0.52	m ²	거푸집제거	55	29	3
		균열(0.3mm미만)	2.41	m ²	표면보수	56	135	2
		균열부백태	0.16	m ²	표면보수	56	9	2
		데크도장박리	0.29	m ²	재도장	60	17	2
		박락/철근노출	0.12	m ²	단면보수(방청)	204	24	1
		보수재박리	4.55	m ²	표면보수	56	255	2
		철근노출/파손	0.12	m ²	단면보수(방청)	204	24	1
		파손	0.26	m ²	단면보수	196	51	2
	하행	균열(0.3mm미만)	37.7	m ²	표면보수	56	2,111	2
		백태/보수부박락	0.65	m ²	단면보수	196	127	2
		보수부박락	0.65	m ²	단면보수	196	127	2
		보수재박리	1.3	m ²	표면보수	56	73	2
		철근노출/파손	0.03	m ²	단면보수(방청)	204	6	1
거더 내부	상행	누수흔적	1.4	m ²	재도장	60	84	2
		도장긁힘	0.36	m ²	재도장	60	22	2
		도장박리	0.38	m ²	재도장	60	23	2
		도장박리/부식	0.2	m ²	재도장	60	12	2
		맞대기용접부부식	0.21	m ²	재도장	60	13	2
		보수부도장박리	0.12	m ²	재도장	60	7	2
		볼트녹발생	0.07	m ²	재도장	60	4	2
		볼트부식	0.65	m ²	재도장	60	39	2
		부식	36.56	m ²	재도장	60	2,194	2
		용접부부식	0.05	m ²	재도장	60	3	2
		이물질적치	6.05	m ²	청소	40	242	3
	하행	누수흔적	3	EA	재도장	60	180	2
		도장박리	0.36	m ²	재도장	60	22	2
		도장불량	9.93	m ²	재도장	60	596	2
		볼트도장박리	1	EA	재도장	60	60	2
		볼트부식	0.17	m ²	재도장	60	10	2
		부식	9.61	m ²	재도장	60	577	2
이물질적치	3.9	m ²	청소	40	156	3		

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (2)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더 외부	상행	SP부식	74.33	m ²	재도장	60	4,460	2
		SP체킹	17.94	m ²	재도장	60	1,076	2
		도장긁힘	1.47	m ²	재도장	60	88	2
		도장박리	56.93	m ²	재도장	60	3,416	2
		도장백아화	717.6	m ²	재도장	60	43,056	2
		볼트노출	1	EA	강교볼트체결	10	10	1
		볼트체결불량	2	EA	강교볼트체결	10	20	1
		볼트탈락	1	EA	강교볼트체결	10	10	1
		부식	0.27	m ²	재도장	60	16	2
		점부식	164.63	m ²	재도장	60	9,878	2
		표면부식	0.04	m ²	재도장	60	2	2
	하행	SP부식	73.01	m ²	재도장	60	4,381	2
		SP체킹	17.94	m ²	재도장	60	1,076	2
		도장긁힘	0.04	m ²	재도장	60	2	2
		도장박리	0.65	m ²	재도장	60	39	2
		도장백아화	482.29	m ²	재도장	60	28,937	2
		볼트미체결	3	EA	강교볼트체결	10	30	1
		볼트부식	0.05	m ²	재도장	60	3	2
		부식	66.13	m ²	재도장	60	3,968	2
		점부식	379.85	m ²	재도장	60	22,791	2
		거더 및 가로 보	상행	도장박리	58.18	m ²	재도장	60
도장박리/점부식	25.79			m ²	재도장	60	1,547	2
볼트부식	41.18			m ²	재도장	60	2,471	2
볼트체결불량	6			EA	강교볼트체결	10	60	1
점부식	20.59			m ²	재도장	60	1,235	2
하행	도장박리		0.16	m ²	재도장	60	10	2
	볼트부식		4.99	m ²	재도장	60	299	2
	볼트체결불량		9	EA	강교볼트체결	10	90	1
	부식		1.95	m ²	재도장	60	117	2
	점부식		24.02	m ²	재도장	60	1,441	2

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (3)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	상행	균열(0.3㎜미만)	4.19	㎡	표면보수	56	235	1
		균열부백태	0.07	㎡	표면보수	56	4	1
		망상균열	7.28	㎡	표면보수	56	408	1
		박리	0.52	㎡	단면보수	196	102	1
		백태	0.52	㎡	표면보수	56	29	1
		보수부박락	1.05	㎡	단면보수	196	206	1
		이물질퇴적	2.6	㎡	청소	40	104	1
		잡철근부식	0.1	㎡	단면보수	196	20	1
		잡철물노출	0.03	㎡	단면보수	196	6	1
		철근노출	0.21	㎡	단면보수(방청)	204	43	1
		토사퇴적	9.75	㎡	청소	40	390	1
		파손/철근노출	0.98	㎡	단면보수(방청)	204	200	1
	하행	균열(0.3㎜미만)	0.2	㎡	표면보수	56	11	1
		망상균열	23.5	㎡	표면보수	56	1,316	1
		(당초) 박락/철근노출	0.74	㎡	단면보수(방청)	204	151	1
		(변경) 박락/철근노출	0.26	㎡	단면보수(방청)	204	53	1
		박리	4.94	㎡	단면보수	196	968	1
		백태	0.23	㎡	표면보수	56	13	1
		재료분리	1.63	㎡	단면보수	196	319	1
		철근노출	0.26	㎡	단면보수(방청)	204	53	1
		토사퇴적	2.6	㎡	청소	40	104	1
		파손	0.4	㎡	단면보수	196	78	1
폐자재적치	1	EA	청소	40	40	1		
교각 상행	균열(0.3㎜미만)	7.75	㎡	표면보수	56	434	1	
	(당초) 균열(0.3㎜이상)	7.8	㎡	주입보수	78	608	1	
	(변경) 균열(0.3㎜이상)	2.6	㎡	주입보수	78	203	1	
	균열(1.0㎜이상)	1.95	㎡	주입보수	78	152	1	
	백태	0.03	㎡	표면보수	56	2	1	
	보수재박리	8.58	㎡	표면보수	56	480	1	
	잡철물노출	0.07	㎡	단면보수	196	14	1	
	재료분리	0.04	㎡	단면보수	196	8	1	
	파손	0.04	㎡	단면보수	196	8	1	
	표면보수재균열(0.3㎜미만)	0.59	㎡	표면보수	56	33	1	

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (4)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교각	하행	거푸집미제거	2	EA	거푸집제거	55	110	1
		균열(0.3mm미만)	7.46	m ²	표면보수	56	418	1
		균열(0.3mm이상)	2.6	m	주입보수	78	203	1
		균열(0.5mm이상)	7.41	m	주입보수	78	578	1
		균열(1.0mm이상)	2.6	m	주입보수	78	203	1
		망상균열	0.47	m ²	표면보수	56	26	1
		백태	0.04	m ²	표면보수	56	2	1
		보수부재균열(0.3mm미만)	0.49	m ²	표면보수	56	27	1
		보수재들뜸	2.78	m ²	단면보수	196	545	1
		재료분리	2.28	m ²	단면보수	196	447	1
		조류배설물퇴적	28.6	m ²	청소	40	1,144	1
		침식	4.55	m ²	단면보수	196	892	1
		파손	0.03	m ²	단면보수	196	6	1
		표면보수재균열(0.3mm미만)	1.2	m ²	표면보수	56	67	1
교량 받침	상행	받침물탈균열(0.3mm미만)	5.33	m ²	표면보수	56	298	3
	하행	받침물탈균열(0.3mm미만)	8.45	m ²	표면보수	56	473	3
		플레이트부식	3.28	m ²	재도장	60	197	3
신축 이음	상행	신축이음누수, 단차 등	26.85	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.425m, 2개소)	1,606	43,121	1
	하행	신축이음누수, 단차 등	26.85	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.425m, 2개소)	1,606	43,121	1
교면 포장	상행	보수미흡	1.21	m ²	소파보수(방수,주간)	52	63	1
		소성변형	0.83	m ²	소파보수(방수,주간)	52	43	1
		소성변형/파손	3.12	m ²	소파보수(방수,주간)	52	162	1
		아스콘파손	0.33	m ²	소파보수(방수,주간)	52	17	1
		포트홀	0.87	m ²	소파보수(방수,주간)	52	45	1
	하행	보수미흡	0.33	m ²	소파보수(방수,주간)	52	17	1
		소성변형	12.92	m ²	소파보수(방수,주간)	52	672	1
		아스콘파손	1.34	m ²	소파보수(방수,주간)	52	70	1
		포트홀	1.24	m ²	소파보수(방수,주간)	52	64	1
배수 시설	상행	(당초) 배수관이음부누수	5	EA	실링보수(배수관)	9	45	1
		(변경) 배수관이음부누수	4	EA	실링보수(배수관)	9	36	1
	하행	배수구막힘	2	EA	배수구청소	79	158	1

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (5)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
방호 벽	상행	지장물고정앵커탈락	7	EA	지장물앵커고정	35	245	3
		(당초) 철근노출	0.51	m²	단면보수(방청)	204	104	1
		(변경) 철근노출	0.39	m²	단면보수(방청)	204	80	1
		파손	0.74	m²	단면보수	196	145	3
중분 대	하행	중분대박리	2.99	m²	단면보수	196	586	3
		중분대파손	9.4	m²	단면보수	196	1,842	3
		중분대박리	2.08	m²	단면보수	196	408	3
		중분대파손	6.55	m²	단면보수	196	1,284	3
점검 시설	상행	출입문플레이트파손	1	EA	용접보수	30	30	2
직접공사비						(당초)	245,669	
						(변경)	243,560	
제경비(직접공사비의 50%)						(당초)	122,835	
						(변경)	121,780	
부대비(직접공사비의 35%)						(당초)	85,984	
						(변경)	85,246	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위(단기)			(당초)	183,489	
						(변경)	179,587	
			2순위(중기)			(당초)	260,075	
						(변경)	260,075	
			3순위(장기)			(당초)	10,924	
						(변경)	10,924	
총 공사비						(당초)	454,488	
						(변경)	450,586	

현재 공사 중 또는 예정인 내용은 주요부재(바닥판, 하부구조)의 철근노출 및 $cw=0.3mm$ 이상의 균열, 배수시설 정비 등으로 보수물량은 적으나 상태평가 기준에 의해 구조물의 등급에 미치는 영향이 큰 'c~d' 손상 및 결함들로 발주된 공사를 통해 상태평가의 결함지수가 큰 폭 감소할 것으로 예상된다.

나. 기타 의견 및 제안사항

금회 진단결과, 탄천교의 안전등급은 종합평가에 의해 'C등급'으로 지정하였고 2013년 정밀안전진단 이후 약 10년 동안 'C등급'으로 관리가 이루어지고 있다. 다만, 본 시설물은 1993년 준공 이후 약 30년 동안 장기공용 중인 시설물이므로 시설물의 적절한 안전수준과 성능 및 기능을 유지·확보하여 장기적인 유지관리 효율성을 극대화 할 수 있는 수준으로 관리가 필요하다.

또한 시설물의 성능평가를 착안하여 관리주체는 본 교량의 안전등급을 B등급으로 설정하여 유지 및 관리하고자 하는 의지를 표명하고 있는 상황이므로 그 의견에 따라 향후 유지관리시 시설물의 적절한 안전수준과 유지관리의 효율성을 확보하기 위한 합리적인 방안 및 전략에 대해 제안하고자 한다.

우선적으로 금회 진단에서 우선순위에 따른 1순위 보수방안 중 바닥판의 철근노출, 거더 및 가로보의 볼트 체결불량(풀림 또는 누락 등), 교각의 $cw=0.3\text{mm}$ 이상 비구조적 균열, 신축이음 본체의 누수 및 단차, 교면포장의 포트홀 및 보수미흡, 배수관 상태불량(누수)에 대한 최우선적인 보수를 실시한 이후 순차적으로 주요부재(바닥판, 거더 및 가로보, 교대, 교각)의 1, 2순위에 해당하는 손상 및 결함들에 대한 조치를 취한다면 상태평가의 결함지수가 큰 폭 감소할 것으로 예상되고 더 나아가서는 현재의 C등급에서 B등급으로 상향을 기대해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

다만, 시설물의 안전등급은 현재 상태를 대표하는 지표이긴 하나 등급과 무관하게 안전 문제가 발생하는 경우가 종종 생기므로 시설물의 유지관리는 예방적 유지관리와 사후 유지관리 두 가지를 모두 만족하는 행위가 되어야한다. 그러므로 본 진단 결과와 향후 점검 및 진단 결과 등을 참고하여 시설물의 중점적인 문제점을 파악하고 그에 따른 대책 방안 수립과 관리주체의 지속적인 관심 및 유지관리가 수반된다면 시설물의 안전성 및 사용성 확보에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

제3장 상적교 정밀안전진단 결과

3.1 시설물의 개요

3.1.1 개요

본 과업 대상 시설물인 상적교는 경기도 성남시 수정구 상적동 일원 분당내곡로 상에 위치하며 총 연장 $L = 180.0\text{ m}$ (55.0+70.0+55.0), 폭 $B=28.6\text{ m}$ (왕복 6차로)인 도로교량으로 1994년 11월에 준공되어 약 29년 정도 공용중인 구조물이다.

상부구조는 강박스 거더(STB) 형식이며 하부구조는 역T형 교대 4기(상·하행, A1~A2)와 라멘식 4기(상·하행, P1~P2)로 구성되었으며, 교대와 교각의 기초형식은 직접기초로 확인되었다.

교량받침의 형식은 면진받침(NES, 단일앵커형 지진격리받침)으로 총 32개소가 설치되어 있으며, 신축이음은 New Finger Joint로 총 4개소가 설치되었다.

3.1.2 시설물 위치도



[시설물 위치도]

3.1.3 시설물 전경



상부 전경



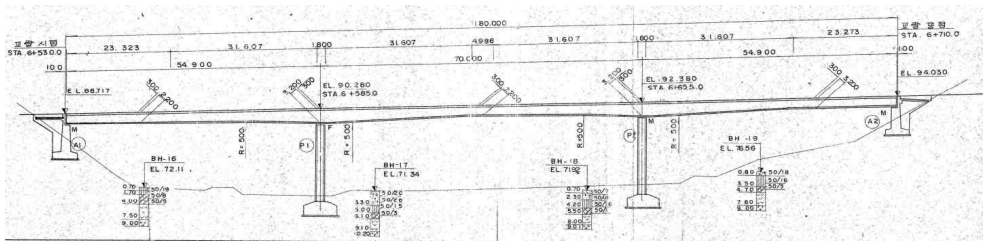
측면 전경

	
교면포장	방호벽(좌측)
	
방호벽(우측)	배수시설(상부)
	
배수시설(하부)	신축이음(Exp.J-A1(하행) -New Finger Type)
	
신축이음(Exp.J-A2(상행) -New Finger Type)	바닥판(Deck Plate)

	
거더 외부	거더 내부
	
가로보 및 세로보	교량받침(교대부)
	
교량받침(교각부)	교대(A1)
	
교대(A2)	교각

3.1.4 시설물 현황

[시설물 현황]

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		상적교		시설물번호		BR1994-0000126(상행) BR1994-0000127(하행)	
준공년월일		1994년 11월 15일		관리번호		성남교량-2(상행) 성남교량-3(하행)	
시설물위치		경기도 성남시 수정구 상적동					
설계하중		DB-24		노선명(이정)		분당~내곡간 도시고속화도로	
제원	연장	L=55+70+55=180.0m (3경간)					
	폭	B=28.6m (왕복 6차로)					
구조 형식	상부	강박스 거더교(STB)		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : 라멘식			교각	직접기초	
교량받침		단일앵커형 먼진받침(NES) <(주)큐빅스>		신축이음		New Finger Joint	
교차시설물 (도로,철도,하천)		도로 : 청계산로(S3) 하천 : 상적천(S1) 기타시설 : 체육시설(S2)		통과높이		5.0m 이상	
부착시설내용		가로등					
기 타		 - 사각이 없는 곡선교, 상하행 분리 - 내진성능평가 및 내진보강 실시(2018년 5월, 교량받침 교체)					

3.2 자료수집 및 분석

3.2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련 자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음과 같다.

[자료수집 현황]

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	미보유	미제출 (비대상)
	◦ 설계도면 - 교량 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡), 상부·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도 등	보유	PDF 파일로 보관
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	미보유	미제출 (비대상)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	시설물통합 정보관리시스템 (FMS)
보수보강 자료		일부 보유	시설물통합 정보관리시스템 (FMS)

3.2.2 자료분석 결과

상적교와 관련된 설계 및 시공자료 등은 시설물통합정보관리시스템(FMS)에 등재되어 있으며, 설계도면과 유지관리와 관련된 자료를 참고하여 현장조사와 결과분석시 참고하였다.

본 시설물은 점검일 현재까지 정기안전점검 36회, 정밀안전점검 10회, 정밀안전진단 3회를 실시한 것으로 검토되었다.

3.2.3 보수·보강 이력 및 용도변경

[상적교(상행) 보수·보강 이력]

번호	공 사 명	공사 구분	보수보강부위	설계자	공사비 (천원)
	공사기간		공사내역	시공자	
1	-	보수	신축이음 A2	-	-
	2023.03		후타재 채시공	-	
2	-	보강	교대, 교각	-	-
	2018.05		교량받침 교체	-	
2	-	보수	신축이음, 배수관	유동	750
	2001.10.26~2001.12.24		재체결, 배수관연장	한세이엔씨(주)	

[상적교(하행) 보수·보강 이력]

번호	공 사 명	공사 구분	보수보강부위	설계자	공사비 (천원)
	공사기간		공사내역	시공자	
1	-	보수	배수시설	-	-
	2019		배수관 교체	-	
2	-	보강	교대, 교각	-	-
	2018.05		2018.05	교량받침 교체	
3	-	보수	신축이음	윤종운	43,250
	2006.04.03~2006.05.02		부분보수	한세이엔씨(주)	
4	-	보수	신축이음, 배수관	유동	750
	2001.10.26~2001.12.24		재체결, 배수관연장	한세이엔씨(주)	

3.2.4 시설물의 내진설계 여부

본 과업 대상 상적교는 1993년 준공된 구조물로써 내진설계 여부에 대한 검토결과 내진설계에 대한 적용유무가 미적용인 상태이나, 2018년도에 내진성능평가를 실시하였고 그 결과에 따라 내진보강 공사(교량받침 교체)를 실시한 것으로 조사되었다.

시설물번호		관리번호		시설물명		노선		시설물분류							
						구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상				
BR1994-0000126		성남교량-2		상적교(상)		시도	분당내곡로	최대경간장 50m이상의 교량(한정간교량 제외)	1종	교량	무				
주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)				관리주체		관리주체구분			소유자		소유자구분				
경기도	성남시수정구	상적동		성남시 도로과	공공			민간		성남시청 수정구	공공		민간		
					중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업		중앙부처		지자체	(국가/지방)공기업			
						√					√				
사업계획 승인일		준공 (사용승인)일		하자담보책임 만료일		2. 상세재원		3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력		4. 보수·보강 이력		한기구 덮개 (접근 가능한 한기구)		5. 첨부자료 목록	
		1994년 11월 15일		1999년 11월 22일		유		유		유					
설계기간				설계자		공사기간		시공자		총공사비(백만원)					
				선진엔지니어링		1991-06-24 ~ 1994-11-15		쌍용건설(주)		0					
내진정보	내진설계 대상 유무			내진설계 적용 유무			적용내진설계기준		내진성능평가 실시 유무			내진보강 유무			
	비대상			미적용					실시			실시			
영리조대상		관리기간		관리자(책임관리원)		사업주체(발주자)		공사명		공사감독·공사관리관					
아니오				선진엔지니어링		한국토지개발공사		분당-내곡간 도시고속도로 건설공사(2공구)							
기타 기본현황															
작성일				작성자				최종 수정일				최종 수정자			
1995년 06월 01일				성남시 도로과 (인)				2019년 03월 11일				김지욱			
비고															

[상적교(상행) 내진설계 적용유무]

시설물번호		관리번호		시설물명		노선		시설물분류							
						구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상				
BR1994-0000127		성남교량-3		상적교(하)		시도	분당내곡로	최대경간장 50m이상의 교량(한정간교량 제외)	1종	교량	무				
주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)				관리주체		관리주체구분			소유자		소유자구분				
경기도	성남시수정구	상적동	성남시 도로과	공공		민간		성남시청, 수정구	공공		민간				
				중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	중앙부처		지자체	(국가/지방)공기업					
				V			V								
사업계획 승인일		준공 (사용승인)일		하자담보책임 만료일		2. 상세재원		3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력		4. 보수·보강 이력		한기구 덮개 (접근 가능한 한기구)	5. 첨부자료 목록		
		1994년 11월 15일		1999년 11월 22일		유		유		유					
설계기간				설계자		공사기간		시공자		총공사비(백만원)					
				선진엔지니어링		1991-06-24 ~ 1994-11-15		쌍용건설(주)		0					
내진정보		내진설계 대상 유무		내진설계 적용 유무		적용내진설계기준		내진성능평가 실시 유무		내진보강 유무					
		비대상		미적용				실시		실시					
영리조대상		관리기간		관리자(책임관리원)		사업주체(발주자)		공사명		공사감독·공사관리관					
아니오						한국토지개발공사		분당내곡간 도시고속도로건설공사(2공구)							
기타 기본현황															
작성일				작성자				최종 수정일		최종 수정자					
1995년 06월 01일				성남시 도로과 (인)				2019년 03월 11일		김지욱					
비고															

[상적교(하행) 내진설계 적용유무]

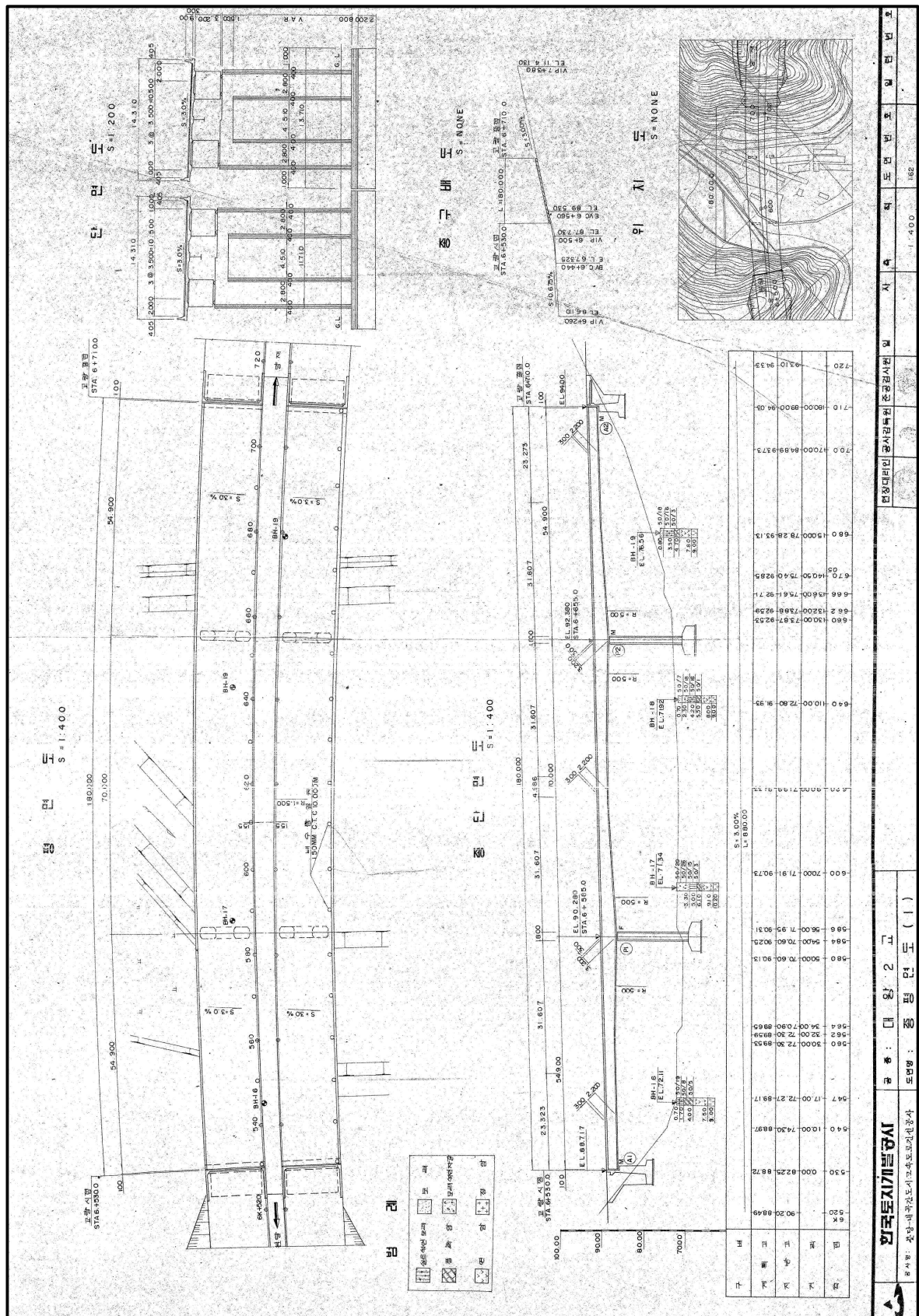
3.2.5 자료분석 결과 요약

효과적인 용역 수행을 위하여 대상 시설물의 유지관련 자료 등을 분석 및 검토한 결과 정밀안전진단 과업 진행방향은 다음과 같다.

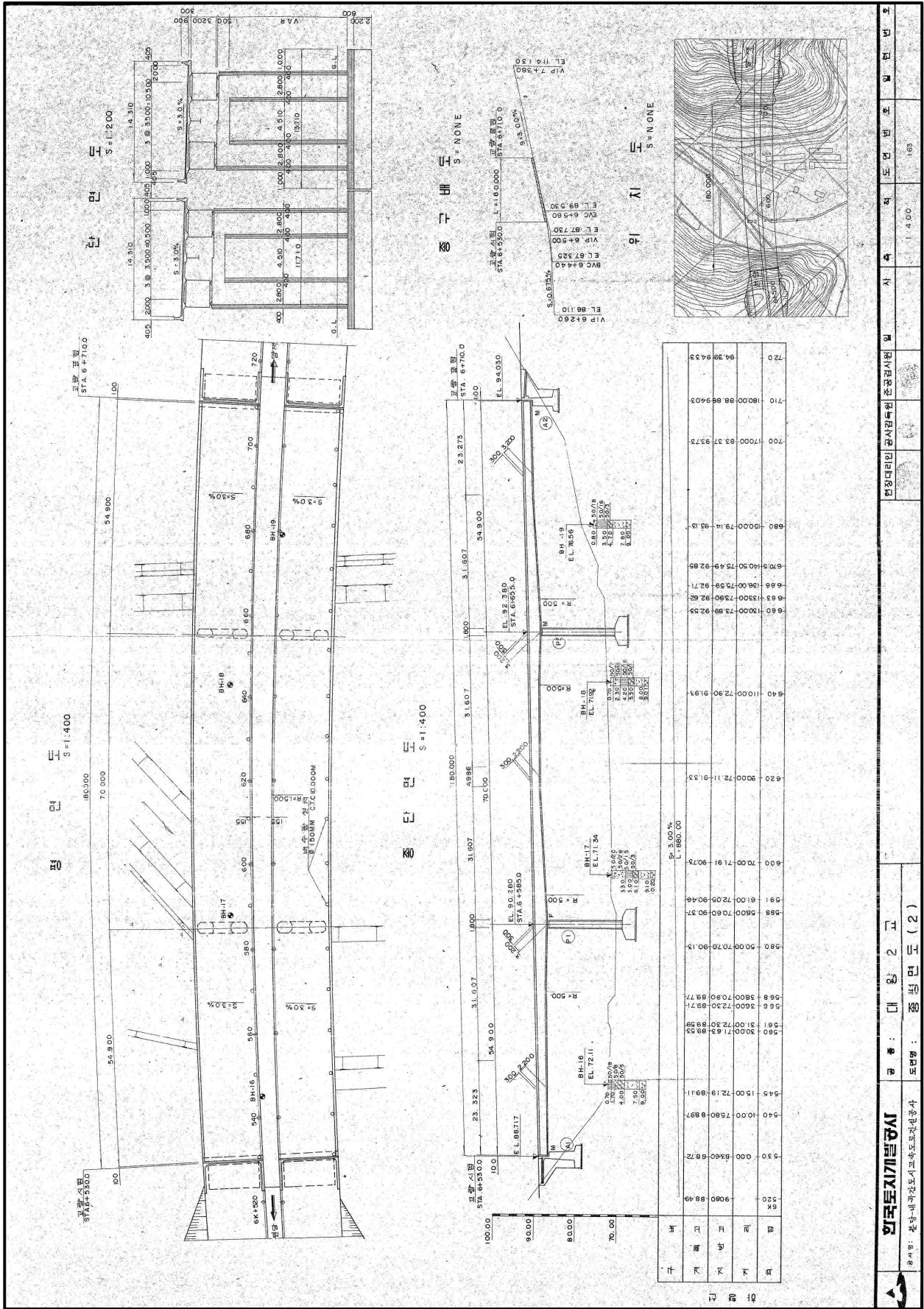
[자료분석 결과 요약]

구 분	자료수집 현황	자료분석 결과	진단 시 과업 진행방향
유지 관리 자료	◦ 정밀안전점검 보고서 (2022년) ◦ 정밀안전진단 보고서 (2018년) ◦ 구조물도	◦ 관리주체에서 PDF 파일로 보관	◦ 반복적인 교통하중에 의하여 교면포장 및 신축이음 후타재 손상부 진전여부 및 추가 손상 발생여부 확인. ◦ 기 손상부에 대한 손상진전 및 보수여부, 재손상 발생 확인. ◦ 우기 시 신축이음에 대한 조사를 통하여 누수 및 현 상태에 대하여 정확히 판단하여 효과적인 유지관리방안 제시.
	◦ 보수·보강 이력	◦ 주요손상에 대한 주기적인 보수 실시.	◦ 정밀한 외관조사를 통하여 열화가 진전된 결함 및 손상에 대하여 적합한 보수·보강 방안 제시 ◦ 보수부에 대한 보수효과 확인
	◦ 준공도면	◦ 준공도면과 구조물의 치수는 전반적 동일한 것으로 확인됨.	◦ 주요부재에 대해 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토. → 치수가 동일한 경우 준공도면을 기준으로 과업진행. → 치수가 상이한 경우 실측치를 구조계산에 반영.

3.2.6 관련도면



[종평면도(상행)]



[중평면도(하행)]

3.3 현장조사 및 시험

3.3.1 개요

가. 현장조사 일자 및 내용

[현장조사 일자 및 내용]

구 분	기 간	조 사 내 용	비 고
현장답사	2023. 9. 18 ~ 9. 19	◦ 구조물 현황 및 작업여건 파악	
현장조사	2023. 9. 20 ~ 9. 26	◦ 상적교 하부 외관조사 및 재료시험	도보점검 사다리이용
	2023. 10. 4	◦ 상적교 상부 외관조사 및 재료시험	교량점검차 점검시설
	2023. 10. 25	◦ 상적교 교통량 조사	도보점검
	2023. 11. 7 ~ 11. 9	◦ 상적교 거더내부 조사	도보점검 사다리이용
	2023. 11. 27	◦ 상적교 재하시험	재하차량 2대

나. 현장조사 방법

외관조사는 구조물의 각 형식별, 부재별로 조사를 시행하였으며, 조사결과를 안전성 및 사용성 평가의 기초자료로 활용하였다.

- 1) 부재별 근접조사를 위하여 상부구조 바닥판 및 거더·가로보 조사는 교량점검차를 이용하여 작업 전 조사자 안전교육 시행 및 안전장구류 착용 후 외관조사 및 재료시험을 시행하였으며, 교량점검차를 이용한 조사 시 관계기관 협조 및 교통통제를 실시하고 도보에 의한 조사를 수행하였다.
- 2) 상부 교통통제는 전문 업체를 선정하여 싸인보드, 안전간판 및 라바콘 등의 안전시설 설치 후 포장부, 난간, 방호울타리 배수시설, 신축이음 등의 외관조사 및 재하시험을 수행하였다.
- 3) 교각은 전 구간 점검시설이 설치되어 있지 않아 교량점검차를 이용하여 교각 두부, 교량받침 등의 외관조사 및 재료시험을 수행하였고, 비교적 낮은 교대부는 도보 및 사다리를 활용하였다.
- 4) 외관조사 시 발견된 결함 및 손상은 현장 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태 등을 측정하여 상세히 기록하였으며, 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 분필을 이용하여 손상내용을 표기하고 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.

다. 과업수행 현황

교량점검차를 이용한 근접조사	교량점검차를 이용한 근접조사
상부 교통통제 현황	사다리 이용 근접조사
점검망치를 이용한 타격음 조사	부재 제원 실측 조사
우천시 배수상태 조사	재하시험

[현장조사 전경]

3.3.2 외관조사 결과 요약

[외관조사 결과 요약 (1)]

구 분	외관조사 결과 요약
바닥판	◦ 외관조사 결과 바닥판은 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 이음부 누수, 재료분리, 층 분리, 파손 및 철근노출, 보수재 박리 및 탈락 등의 손상이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 데크의 녹발생, 단부의 파손, 박락 및 철근노출에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 균열(0.3mm이상), 망상균열, 층분리, 철근노출 등의 신규 손상들이 추가로 조사되었다. ◦ 바닥판에서 조사된 균열은 대부분 교축 직각방향의 폭 0.1mm~0.3mm의 균열과 망상균열로 전반적 기 점검시와 동일하게 조사되었으며 발생위치, 형태 등을 고려하였을 때 초기 수축거동(온도수축, 자기수축, 건조수축)에 의한 균열로 판단된다. 현재 균열 부 표면에서 누수, 백태는 없는 상태이나 균열부 우수침투, 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 열화인자의 유입차단을 위한 보수가 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 백태, 층분리, 철근노출 등의 손상은 캔틸레버부 측면에 발생한 상태이고 방호벽 하단부의 밀실하지 않은 부위로 유출된 교면수가 주요 원인으로 판단된다. 본 교량의 S3 하부공간은 도로가 교차하고 있어 공용기간 증가 및 열화 촉진에 의한 콘크리트 낙하 우려가 있으므로 손상 발생 부위에 대한 보수가 요구된다. ◦ 재료분리는 초기 시공부주의(다짐 및 양생불량, 피복두께 부족 등)에 의해 발생한 손상으로서 단면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 보수부 들뜸 및 파손, 보수재 박리 및 탈락 등의 보수부 손상은 보수미흡과 단부의 신축이음 누수 및 외측 우수유입 등에 의한 것으로 내구성 확보를 위해 단면보수 및 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
거더 및 2차부재 (1)	◦ 강박스 거더에 대한 외관조사 결과, 거더 내부는 Splice부의 볼트 녹발생 및 부식, 누수 및 누수흔적, 체결불량(미체결, 풀림) 등과 단부 하부플랜지의 부식 및 체수, 수직 및 수평보강재, 종리브의 변형, 용접부 결함(맞대기부 용입부족, 격벽 개구부 주변 용접부 균열, 보강재 용접부 기공, 용접 미실시 등), 도장박리 및 탈락, 이물질 적치 등이 조사되었다. ◦ 거더 외부는 녹발생 및 부식, Splice부의 볼트체결불량, 볼트부식 등과 하부플랜지 돌출부의 변형, 도장결합 및 손상(미실시, 박리, 균열)이 조사되었고 가로보 및 세로보는 녹발생,도장박리, 변형이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 녹발생 및 부식, Splice부의 볼트체결불량 및 누수흔적, 지점부 체수흔적, 도장박리 및 탈락 등에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 변형, 천공 오류, 용접 균열, 용접 누락, 체수 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 거더 내부에서 조사된 누수 및 체수, 부식은 교대 단부 및 Splice부를 통해 유입되는 우수에 의한 것으로 조사된 부식에 대해서는 진전을 방지하기 위한 채도장이 필요하고 Splice부 상부 교면포장 외관 상태는 조사결과, 보수미흡, 중차량 통행에 의해 포트홀이 발생하였고 바닥판이 노출된 상태로 방수층이 소실된 것으로 확인되었다. 따라서 거더 내부 녹발생 및 부식부는 채도장과 더불어 우수 차단을 위해 포장 불량 부위의 보수가 선행되어야 할 것이다. ◦ 거더 내부에서 조사된 보강재 및 종리브 변형, 천공 오류 등은 외부 충격 및 천공에 의한 손상으로 이로 인한 부재의 균열 및 추가 손상은 없는 것으로 조사되어 현 상태로 유지관리하며 지속적인 점검이 필요할 것이다. ◦ 종리브 변형이 발생된 위치 및 부재에 대한 검토 결과, 인장부에서도 다수의 변형이 조사되었으며, 주부재인 상·하부플랜지 및 복부의 상태는 양호한 것으로 확인되어 압축력에 의한 변형은 아닌 것으로 판단되며, 발생되어 있는 형상, 위치 등을 감안할 때, 진행성이 있는 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 종리브 변형은 구조적 손상이 아닌 시공 시 제작 불량 및 용접결에 의한 손상으로 차기 점검 및 진단 시 진행성 여부를 판단하는 것이 바람직할 것이다.

[외관조사 결과 요약 (2)]

구 분	외관조사 결과 요약
거더 및 2차부재 (2)	◦ 거더 내부 도장박리는 보수미흡에 따른 보수부에 다수 확인되었고 보수시 표면처리 불량에 따른 부착력 부족 등이 원인으로 재도장이 필요하다. ◦ 거더 내부의 용접부에는 용접불량 및 기공 등이 조사되었으며, 국부적으로 용접부 균열 및 누락이 조사되었다. 이는 시공불량에 의한 것으로 「강도로교 상세부설제지침, 2006」에 따라 용접부 균열 및 누락에 대해서는 재용접을 실시하여야 하나 용접 균열 및 누락 부위는 보강재, 격벽 등 부부재에 국한된 결함으로 용접 보수시 발생하는 용접열 등에 의해 추가 손상이 발생할 우려가 있으므로 보수보다는 유지관리하며 지속적인 관찰이 타당해 보인다. ◦ Spice부의 볼트 결함(미체결, 풀림 등)은 제작오차에 의한 시공불량과 교량 진동에 의한 것으로 공용 중 볼트 결함으로 인한 문제는 없었으나 현재 천공 오류 및 볼트 구멍 어긋남으로 인한 볼트 체결이 불가능한 개소가 조사되었고 볼트 연결부는 취약부임을 감안한다면 볼트 결함에 대해서는 조속한 보수가 필요할 것으로 판단된다. ◦ 거더 외부에서 조사된 녹발생 및 볼트부식 등은 신축이음 누수에 의해 유입되는 교면수 의해 발생한 부식과 교량하부에 상적천이 위치하여 환경적으로 습윤한 조건이 지속되면서 발생한 것으로 판단된다. 녹발생 및 부식 발생부는 손상 진전방지 및 내구성 확보차원에서 재도장이 요구되며, 교대 신축이음 누수부는 우수 차단을 위한 교체가 필요할 것으로 판단된다. ◦ 도장박리는 대체적으로 기존 보수 도장에서 발생하였고 보수미흡(전처리 미흡, 부착력 저하)이 주요 원인으로 현재 손상의 규모 및 정도가 경미한 상태이나 손상 진전방지 및 내구성 확보차원에서 재도장이 요구된다. ◦ 거더 외부 Splice부의 볼트 체결불량(풀림)은 내부와 마찬가지로 조속한 체결이 요구되며, 하부플랜지 돌출부의 변형은 외부 충격에 의한 것으로 보수보다는 주의관찰을 통해 진행성을 확인하는 것이 합리적이다. ◦ 가로보 및 세로보에서 조사된 녹발생 및 부식, 도장박리, 변형은 거더 외부와 동일하게 습윤한 환경에 지속적으로 노출되고 신축이음 누수 등의 영향이 원인으로 판단되며, 녹발생 및 부식, 도장박리 발생부에 대해서는 내구성 확보를 위해 재도장이 필요한 실정이다.
교대 및 교각 (1)	◦ 교대에 대한 외관조사 결과, 대체적으로 기 점검(2022년)과 동일한 유형의 손상 및 결함으로 구조적으로 문제가 되는 손상은 조사되지 않은 상태이나 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 보수부 손상, 철근노출, 체수, 토사퇴적 등이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 공동 및 철근노출, 재료분리, 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 균열, 망상균열, 백태, 누수흔적 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 교각에서 조사된 주요 손상은 균열(0.3mm이상), 망상균열, 들뜸, 박락, 재료분리 등으로 조사되었다. ◦ 교대에서 조사된 균열은 대부분 수직형태의 폭 0.2mm~0.3mm의 균열로 균열의 폭은 전반적 하부에서 크고 상부에서 작아지며 균열의 연속성은 없는 것으로 확인되었다. 또한, 기 점검(2022년) 외관조사시 분필표기와 외관조사망도 등 비교시 균열의 진행성은 보이지 않은 상태로 조사되었다. 교각에서는 폭 0.1~0.3mm의 균열 및 망상균열이 다수 조사되었으며 기 점검시 누락, 금회 조사시 상세조사에 따른 것으로 판단된다. ◦ 하부구조에서 조사된 균열은 발생위치, 폭, 형상 및 균열부 상태(이물질, 먼지 근입정도 등)를 전반적으로 고려할 때 비진행성, 환경에 기인하는 비구조적 균열로 초기재령의 수화열, 크리프 및 건조수축, 보수부 재균열 등 복합적으로 발생한 것으로 판단되며, 조사된 균열에 대해 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위하여 균열 폭에 따른 적합한 보수(폭 0.3mm미만 표면보수, 폭 0.3mm이상 주입보수)가 필요하다. ◦ 누수흔적, 체수, 토사퇴적은 우천시 신축이음 누수에 의해 교면수와 함께 유입되어 발생한 것으로 현재 콘크리트의 열화 발생은 없으므로 보수가 필요한 상태는 아니나 지속적인 관찰과 진행성 방지를 위해 신축이음 교체가 필요한 실정이다. ◦ 교대 흉벽의 철근노출은 피복부족과 신축이음 누수에 기인한 손상으로 신축이음 누수 차단과 병행하여 내구성 확보를 위해 철근부 방청처리를 포함한 단면보수 실시가 바람직하며, 이외에 하부구조에서 조사된 단면손상(보수부 들뜸, 재료분리, 파손, 층분리 등)은 보수미흡 또는 시공미흡에 의한 것으로 비교적 경미한 상태이나 내구성 향상을 위해 일괄적으로 보수를 실시하는 것이 타당해 보인다.

[외관조사 결과 요약 (3)]

구 분	외관조사 결과 요약
교대 및 교각 (2)	◦ 교대 전면의 압성토에 시공된 법면 보호블록의 침하는 기존 조사된 손상으로 급회 진단시 단차 h=25mm 정도로 차기 점검 및 진단시 진행성 확인이 요구되며, 현재 보호블록의 외관상태 및 주변 토사유실 정도는 경미한 상태이므로 당장의 조치보다는 주의관찰이 바람직해 보인다.
교량 받침	◦ 교량받침은 2018년 교체되어 5년 정도 공용중인 상태로 시공상 중대한 결함은 확인되지 않았으나 플레이트 부식, 몰탈 균열 및 파손 등이 조사되었다. ◦ 교각부 교량받침의 부식은 습윤한 환경에 의한 경미한 점부식 정도로 조사되었으나 교대부 받침은 신축이음 누수 및 지속적인 교면수 유입으로 인해 부식 발생 정도가 가속화 되고 있는 것으로 판단된다. 따라서 우선적으로는 신축이음 누수에 대한 대책으로 교체가 시급히 요구되며, 사용성 및 기능성 저하 방지를 위해 부식 발생부는 재도장이 필요한 실정이다. ◦ 받침 몰탈 및 콘크리트에서 조사된 균열은 폭 0.1~0.2mm로 초기 수화열 및 이질 재료간의 강성 차이 등에 의한 것으로 판단되며, 균열부에 대한 타격조사 결과 들뜸 등의 추가 손상이 없는 미미한 상태이나 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 교대부의 받침몰탈 파손은 시공미흡에 의한 단발적 손상으로 받침의 기능 발휘에는 문제가 없는 경미한 상태이나 보수 접근성 및 경제성 등을 고려하여 진단 이후 일괄 보수를 실시하는 것이 적정해 보인다. ◦ 교량받침 연단거리 측정 결과 「도로교설계기준」에서 제시하고 있는 최소거리를 확보하고 있는 것으로 분석되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다. ◦ 교량받침 계산 여유량과 실측 여유량의 비교·검토 결과, 가동여유량이 충분한 것으로 측정되었으며, 교량받침의 가동상태는 양호한 것으로 분석되었다.
신축 이음	◦ 신축이음에 대한 외관조사 결과 누수, 유간토사퇴적, 후타재 균열, 파손이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 상행 A2 신축이음의 후타재는 재시공이 확인되어 기존상인 후타재 균열 및 파손에 대한 일부 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 신축이음 누수, 후타재 파손 및 열화 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 본체 유간토사퇴적은 교면에 쌓인 토사 및 이물질 등이 우천시 우수에 의해 유입되어 발생된 상태로 장기간 방치시 신축이음 기능저하의 우려가 있으므로 구조물의 정상적인 신축거동을 확보하기 위하여 일반적으로 주기적인 청소가 필요하다. ◦ 후타재 균열, 파손은 장기공용으로 인한 노후화 및 주행차량의 윤하중, 동절기 제설제 및 동결융해 등에 의한 것으로 판단되고 급회 진단에서 보수가 확인된 상행 A2의 신축이음부는 기존의 본체는 그대로 유지하되 후타재만 재시공한 상태이다. ◦ 본 교량의 신축이음 본체는 장기 공용 중인 상태로 이력사항 및 기 진단 및 점검 보고서 등을 추적 검토한 결과, 2010~2013년 정도에 교체하여 현재까지 사용 중인 것으로 추정된다. 따라서, 장기 공용으로 인해 본체는 차수 기능을 상실하여 교면의 각종 오염수 및 제설염수 등이 하부로 유입되어 교대부 콘크리트의 열화와 받침 부식 발생을 촉진하고 있는 상태이다. 종합적으로 볼 때, 본 교량의 신축이음은 구조물의 정상적인 신축거동과 장기 내구성을 확보하기 위해 교체가 필요한 시기로 판단되므로 전 개소 신축이음 교체가 요구되는 실정이다. ◦ 신축이음의 규격 선정은 현재 신축거동 여유량 확보, 공용기간(사용년수) 등의 여건을 고려한 결과, 온도변화에 의한 신축 유간 검토는 양호한 상태로 분석되었으나 충분한 여유량까지는 확보되지 못하고 있다. 또한 2018년 교량받침 교체로 인해 고정단이 없으므로 상부구조의 신축장이 길어진 상태이므로 현재 설치되어 있는 신축이음의 규격보다 큰 No.160 제품을 제안하며, 향후 교체시에는 본체 시공(연결)시 신축 유간을 정확히 확보하고 후타재 콘크리트 타설시 포장면과의 단차가 발생하지 않도록 주의시공이 필요하다. ◦ 신축이음 신축여유량을 검토한 결과, 측정일 현재 신축 여유량을 만족하고 전반적인 신축이음의 거동은 양호한 상태를 유지하고 있으나 상행 A1, 하행 A2 신축이음 본체는 동절기 최대 수축시 충분한 여유량까지는 확보되지 못하고 있다. 따라서 향후 외관조사 결과를 토대로 신축이음 교체시에는 지금보다 더 큰 규격의 제품 선정이 필요할 것으로 판단된다.

[외관조사 결과 요약 (4)]

구 분	외관조사 결과 요약
교면 포장	◦ 교면포장에 대한 외관조사 결과 균열, 망상균열, 들뜸, 소성변형, 보수미흡 등이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 아스콘 균열, 포트홀에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 소성변형, 망상균열, 보수미흡 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 아스콘 균열 및 망상균열은 자동차 전용도로 현장 여건상 시공 당시 충분한 다짐 등의 공정이 미흡하여 발생한 것으로 판단되고 통행차량의 주행 안전에는 영향이 없을 것으로 보이므로 주의관찰이 요구된다. ◦ 교면포장은 부분적으로 기 손상부에 대한 보수가 되어 있으나 보수 상태가 다소 미흡하여 일부는 소성변형 및 백태가 동반된 것으로 확인되었다. 백태를 동반한 보수미흡 및 파손부는 바닥판이 노출된 상태로 방수층이 소실된 상태이고 거더 내부의 Splice 누수부와 동일 선상에 위치한 것으로 검토되었다. 종합적으로 교면포장은 재포장이 요구되는 정도의 손상 발생은 없으나 소성변형, 파손, 보수미흡 부위는 부분적으로 방수를 포함한 소파보수가 필요할 것으로 판단된다.
배수 시설	◦ 외관조사 결과 상부의 배수구 막힘, 하부의 배수관 길이부족, 배수관 탈락, 배수관 접합부 이격 및 누수 등이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 상부 그레이팅 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 배수관 길이부족 및 파손 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 배수구 막힘은 1차로 측에서 1개소 조사되었으며, 공용 중 토사 및 이물질 유입과 현재는 막힘부에 식생이 발생한 상태이다. 막힘으로 인해 배수구 주변의 물고임은 차량의 주행 안전에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 배수구 막힘에 대해서는 주기적으로 청소를 실시하는 것이 적정하다. ◦ 배수관 탈락 및 접합부 이격 등은 공용중 교량진동과 노후에 의한 것으로 교각 기둥 하단부 콘크리트의 열화, 거더의 부식 등을 초래하므로 배수관 재설치, 길이연장을 통하여 하부구조 및 거더의 손상진전 방지를 실시함이 바람직하다. ◦ 배수관 막힘은 원형관 내부에 토사가 충전된 상태인 것으로 확인되었고 배수불량으로 인해 우천 시에 많은 양의 우수가 집중적으로 하부 교차 도로(S3 청계산로)에 낙하되고 있는 것으로 조사되었다. 배수관 막힘부는 내부 이물질 청소가 다소 어려울 것으로 판단되므로 확실한 보수효과를 위해 배수관을 제거하여 내부 이물질을 털어낸 상태에서 재설치하는 것이 바람직하다.
방호벽	◦ 외관조사 결과 방호벽은 차량 방호에 문제가 될 만한 결함 및 손상 발생은 없으나 균열, 굽힘, 박락, 파손, 철근노출, 도장박리 등이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 방호벽 파손 및 반사경 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 박락, 철근노출이 추가 조사되었다. ◦ 방호벽에서 조사된 균열은 대부분 폭 0.1~0.2mm의 수직형태의 균열로 초기 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 비구조적 균열로 시급한 보수를 요하는 손상은 아니므로 보수보다는 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다. ◦ 박락 및 파손, 굽힘 등의 단면손상은 보수미흡(신·구 콘크리트간 부착력 저하), 공용기간 증가(건습반복, 동절기 제설재 등), 구조물의 신축거동(신축줄분주 주변), 차량 충돌 등에 의해 발생된 것으로 현재 손상정도 및 규모는 미미한 상태이나 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위한 단면보수가 필요하다. ◦ 방호벽에 국부적으로 발생한 철근노출은 피복부족과 지속적인 우수점착에 의한 것으로 내구성 및 미관 확보를 위해 철근방청을 포함한 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. ◦ 그 외 방호벽에서 조사된 차수판 변형, 표지판 변형 등의 손상은 경미한 상태로 구조물에 직접적인 영향과 통행차량의 주행 안전에도 미치는 영향이 적으므로 주의관찰이 요구된다.

3.3.3 재료시험 결과 요약

[재료시험 결과 요약]

구분	재료시험 결과						평가의견
비파괴 압축강도 (MPa)	시험위치		반발경도법		초음파속도법		◦ 반발경도법, 초음파 속도법 설계기준강도 대체적으로 상회
	상부	바닥판	25.5~28.5		24.3~32.9		
	하부	교대	28.6~28.8		29.9~30.2		
		교각	29.9~30.8		30.6~31.0		
철근탐사	대체적으로 배근간격 및 피복두께는 설계도면과 유사하게 측정되어 시공 상태는 적절한 것으로 판단됨. 다만, 하부구조 중 P1, P2는 피복두께가 다소 부족한 것으로 측정						◦ 주의관찰 필요
탄산화 깊이 (mm)	시험위치		피복두께	탄산화깊이	잔여깊이	속도계수(A)	◦ 평가결과 상부구조 'a' 하부구조 'a'
	상부	바닥판	44.0~52.0	5.0~10.0	34.0~47.0	0.93~1.86	
	하부	교대	75.0	12.5	62.5	2.32	
		교각	47.0~49.0	7.8~10.2	36.8~41.2	1.45~1.89	
염화물 함유량 (kg/m³)	시험위치		철근부 환산염화물 함유량				◦ 평가결과 상부구조 'a' 하부구조 'a~c' ◦ 주의관찰 필요
	상부	바닥판	0.143				
	하부	교대	1.367				
		교각	0.097				
균열깊이 (mm)	시험위치		균열 폭	균열깊이	피복두께	비 고	◦ cw=0.3mm이상 균열 주입보수 필요
	상행 S2		0.3	52.1	36.0	피복초과	
초음파탐상 (UT)	시험위치		측정결과				◦ 13개소 결함검출 ◦ 피로 안전성 양호 ◦ 주의관찰 필요
	거더내부		양호: 11개소 불량: 13개소(IV급)				
강재 도막두께 (μm)	시험위치		측정결과	평가 기준			◦ 거더내부 및 세로보 주의관찰 필요
				기준 도막두께	하한값 (80%)	상한값 (120%)	
	거더외부	204~241	215	172	258		
	거더내부	113~145	175	140	210		
	가로보	219~246	215	172	258		
	세로보	165~191	215	172	258		
종합 평가	◦ 콘크리트 재료시험 결과, 각 항목별 시험결과는 대체적으로 양호하나 하부구조 중 일부 개소는 철근탐사 피복부족, 염화물 'c', 균열깊이 피복초과인 상태로 측정되었다. 이는 시공미흡, 공용기간 증가, 신축이음 누수 및 제설염수 유입 등에 따른 결과로 판단되고 지속적인 관찰과 일부는 주입보수, 단면보수(방청) 등의 조치가 필요할 것으로 보임. ◦ 강재 재료시험 결과, 초음파탐상(UT)은 13개소가 4급으로 내부결함이 존재하는 것으로 검토되었으나 단면감소를 고려한 용접부 피로 검토 및 안전성 평가 결과는 허용응력범위 내로 안전성을 확보하고 있는 상태이다. 따라서 맞대기 용접부에 대한 별도의 보강은 필요치 않으며, 주의관찰이 요구되나 향후 점검 및 진단 결과에 따라 문제점 발견 시에는 보강이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도막두께는 대체적으로 양호하나 거더내부 및 세로보는 하한값을 만족하지 못하는 상태로 측정되어 외관조사 결과에서 강재 부식 개소는 재도장이 요구되고 향후 발청 유무에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 보임.						

3.3.4 기 점검 및 진단 결과와 비교·분석

가. 외관조사 결과 비교

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (1)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
바 다 관	상 행	균열(0.3mm미만)	m	33.8	28	71.6	55	▲ 37.8
		균열(0.3mm이상)	m	2.8	2	9.4	7	▲ 6.6
		녹발생	m ²	0.2	1	-	-	▼ -0.2
		박락/철근노출	m ²	0.09	1	-	-	▼ -0.09
		백태	m ²	0.03	3	0.03	3	-
		보수부들뜸/파손	m ²	0.4	1	0.4	1	-
		보수재탈락	m ²	31.12	11	31.12	11	-
		이음부누수흔적	m ²	32.2	3	32.2	3	-
		이음부박락	m ²	0.5	1	0.5	1	-
		재료분리	m ²	2.5	1	2.5	1	-
		철근노출	m ²	-	-	1.32	3	▲ 1.32
		층분리	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
	하 행	균열(0.3mm미만)	m	2.4	2	3.8	3	▲ 1.4
		단부파손	m ²	0.5	1	-	-	▼ -0.5
		데크도장박리	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
		망상균열	m ²	4.8	1	4.8	1	-
		박락	m ²	0.04	1	-	-	▼ -0.04
		보수부백태/누수	m ²	0.15	1	0.15	1	-
		보수부파손	m ²	0.25	1	0.25	1	-
		보수재박리	m ²	108	6	108	6	-
		보수재탈락	m ²	24	7	122	8	▲ 98
		이음부누수/백태	m ²	14	1	14	1	-
		이음부누수흔적	m ²	34	3	34	3	-
		파손/철근노출	m ²	0.25	1	0.25	1	-
거 더 내 부	상 행	Splice부도장탈락	m ²	0.03	3	5	5	▲ 4.97
		Splice부 볼트구멍천공미실시	EA	5	5	-	-	▼ -5
		Splice부볼트녹발생	m ²	3.39	339	1.01	101	▼ -2.38
		Splice부볼트미체결	EA	8	8	8	8	-
		Splice부 볼트천공불량	EA	5	5	5	5	-
		Splice부볼트체결 누락/천공불량	EA	3	3	3	3	-
		Splice부 볼트체결불량	EA	25	25	2	2	▼ -23
		Splice부부식	m ²	2.22	2	0.3	1	▼ -1.92
		Splice부실링재누락	EA	112	112	112	112	-

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (2)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
거더 내부	상행	녹발생	m ²	112.03	31	9.05	20	▼ -102.98
		누수	m ²	0.2	4	0.2	4	-
		누수/백태	m ²	0.24	1	0.24	1	-
		누수/부식	m ²	0.34	2	-	-	▼ -0.34
		누수혼적	m ²	165	1	-	-	▼ -165
		도장박리	m ²	0.34	2	0.34	2	-
		도장탈락	m ²	21.46	4	21.46	4	-
		리브변형	m	4.9	10	5.4	11	▲ 0.5
		리브시공불량	EA	2	2	2	2	-
		리브췌기미제거	EA	1	1	1	1	-
		리브용접부부식	m	0.15	1	0.15	1	-
		맞대기용접부 용입부족	m	-	-	3.2	1	▲ 3.2
		변형	m	42.1	45	42.1	45	-
		볼트HOLE크기시공 불량	EA	4	4	4	4	-
		볼트녹발생	EA	64	64	-	-	▼ -64
		볼트누수혼적	EA	8	8	8	8	-
		볼트불량	EA	2	2	2	2	-
		볼트체결불량	EA	4	4	4	4	-
		부식	m ²	80.93	10	7.37	5	▼ -73.56
		부식/토사적치	m ²	8	1	8	1	-
		수직보강재변형	m	4.4	3	4.4	3	-
		수평보강재미부착	EA	2	2	2	2	-
		와셔누락	EA	1299	1299	1299	1299	-
		용접누락	EA	-	-	1	1	▲ 1
		용접부기공	EA	-	-	1	1	▲ 1
		용접부녹발생	m ²	6	1	6	1	-
		용접불량	m	0.8	4	0.8	4	-
		용접불량/누수	m	0.5	1	0.5	1	-
		이물질적치	m ²	37.05	7	35.8	5	▼ -1.25
		이음판길이부족 /볼트부족	EA	2	2	2	2	-
		작업구용접불량 /녹발생	m ²	0.8	2	0.8	2	-
		지점부체수혼적	m ²	3.6	1	-	-	▼ -3.6
		체수	m ²	-	-	9.06	5	▲ 9.06
		체수혼적	m ²	48.1	5	56	4	▲ 7.9

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (3)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
거더 내부	하행	Splice부볼트녹발생	m ²	0.49	49	0.35	35	▼ -0.14
		Splice부볼트미체결	EA	6	6	5	5	▼ -1
		Splice부 볼트체결불량	EA	25	25	6	6	▼ -19
		Splice부실링재누락	EA	112	112	112	112	-
		내부교면수유입흔적	m ²	15	1	-	-	▼ -15
		녹발생	m ²	62.17	27	0.38	6	▼ -61.79
		녹발생/도장탈락	m ²	12.96	8	1.25	1	▼ -11.71
		녹발생/도장탈락 /이물질적치	m ²	7.5	1	-	-	▼ -7.5
		누수	m	0.2	1	-	-	▼ -0.2
		도장박리	m ²	0.68	3	0.4	1	▼ -0.28
		도장박리/부식	m ²	1.04	2	-	-	▼ -1.04
		도장불량	m ²	0.06	1	-	-	▼ -0.06
		도장탈락	m ²	13.69	18	4.04	10	▼ -9.65
		리브부식	m ²	10.1	9	0.5	1	▼ -9.6
		변형	m	29.2	34	32.8	39	▲ 3.6
		볼트체결불량	EA	-	-	2	2	▲ 2
		부식	m ²	5.43	11	26.27	19	▲ 20.84
		용접균열	m	-	-	0.1	1	▲ 0.1
		용접누락	EA	6	6	10	10	▲ 4
		용접부기공	EA	1	1	1	1	-
		용접불량	m	0.5	1	0.5	1	-
		이물질적치	m ²	20.71	13	16.6	11	▼ -4.11
		작업구용접불량	m ²	0.58	2	0.58	2	-
		작업구용접불량 /녹발생	m ²	0.64	2	0.24	1	▼ -0.4
		천공오류	EA	-	-	3	3	▲ 3
		채수흔적	m ²	0.44	1	0.44	1	-
		채수흔적/녹발생	m ²	24.8	3	-	-	▼ -24.8
		표면오염	m ²	40	2	40	2	-
거더 외부	상행	녹발생	m ²	7.16	14	23.96	18	▲ 16.8
		도장긁힘	m ²	2.4	9	2.4	9	-
		도장탈락	m ²	0.03	1	-	-	▼ -0.03
		변형	m	2.7	8	3.1	10	▲ 0.4
		볼트녹발생	m ²	2.41	241	2.56	256	▲ 0.15
		볼트체결불량	EA	2	2	2	2	-

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (4)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
거더 외부	하행	녹발생	m ²	36.51	35	8.54	17	▼ -27.97
		도장박리	m ²	3.54	3	4.09	5	▲ 0.55
		도장탈락	m ²	0.3	1	-	-	▼ -0.3
		미도장	m ²	0.3	1	0.3	1	-
		변형	m	5.3	14	5.3	14	-
		보수부녹발생	m ²	0.28	2	0.28	2	-
		볼트녹발생	m ²	0.22	22	0.22	22	-
		볼트부식	m ²	0.16	16	0.16	16	-
		부식	m ²	1.15	3	1.15	3	-
가 로 보 및 세 로 보	상행	녹발생	m ²	1.74	5	1.24	2	▼ -0.5
		도장박리	m ²	0.01	1	0.06	3	▲ 0.05
		도장탈락	m ²	0.24	1	-	-	▼ -0.24
		변형	m	1	4	1	4	-
		볼트녹발생	m ²	2.68	268	2.68	268	-
	하행	녹발생	m ²	1.3	2	1.3	2	-
		도장박리	m ²	0.15	2	0.15	2	-
		변형	m	0.2	1	0.4	2	▲ 0.2
		볼트녹발생	m ²	-	-	0.08	8	▲ 0.08
교대	상행	균열(0.3mm미만)	m	6.6	7	13.8	12	▲ 7.2
		균열(0.3mm이상)	m	1.7	2	1.7	2	-
		누수흔적	m ²	41.55	6	42.55	7	▲ 1
		망상균열	m ²	-	-	1.43	1	▲ 1.43
		백태	m ²	0.26	2	0.71	6	▲ 0.45
		범면침하	m ²	0.3	1	0.3	1	-
		보수부들뜸	m ²	0.18	1	0.18	1	-
		보수부망상균열	m ²	0.21	1	0.21	1	-
		보수부재균열(0.3mm미만)	m	2	1	2	1	-
		재료분리	m ²	0.21	1	0.87	2	▲ 0.66
		철근노출	m ²	1.27	3	1.27	3	-
		채수	m ²	2	1	2	1	-
		파손/철근노출	m ²	0.32	2	0.32	2	-
	하행	공동/철근노출	m ²	0.04	1	-	-	▼ -0.04
		균열(0.3mm미만)	m	8.8	5	18.6	11	▲ 9.8
		누수흔적	m ²	33.35	9	45.63	11	▲ 12.28
		백태	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
		보수부들뜸	m ²	0.18	1	0.18	1	-
		보수부망상균열	m ²	0.9	1	0.9	1	-
		보수부재균열(0.3mm미만)	m	4.2	2	4.2	2	-

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (5)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
교대	하행	재료분리	m ²	0.1	1	-	-	▼ -0.1
		철근노출	m ²	0.05	1	0.05	1	-
		침하	m ²	1	1	1	1	-
		토사퇴적	m ²	-	-	6	1	▲ 6
		파손	m ²	0.41	4	0.4	3	▼ -0.01
		파손/철근노출	m ²	0.36	1	0.36	1	-
교각	상행	거푸집미제거	EA	1	1	1	1	-
		균열(0.3mm미만)	m	73.9	48	93.3	57	▲ 19.4
		균열(0.3mm이상)	m	1	1	1	1	-
		누수흔적	m ²	8.8	2	8.8	2	-
		들뜸	m ²	0.12	1	0.12	1	-
		박락	m ²	-	-	1.81	2	▲ 1.81
		박리	m ²	0.8	1	6.05	2	▲ 5.25
		보수부들뜸	m ²	1.36	12	1.36	12	-
		보수부재균열 (0.3mm미만)	m	6.8	11	6.8	11	-
		보수부재균열 (0.3mm이상)	m	1.8	5	1.8	5	-
		보수부파손	m ²	0.18	2	0.18	2	-
		보수재탈락	m ²	3.6	2	3.6	2	-
		이물질퇴적	m ²	0.25	1	-	-	▼ -0.25
		잡철물	m ²	0.02	1	0.06	3	▲ 0.04
		재료분리	m ²	0.5	2	0.5	2	-
		층분리	m ²	-	-	0.01	1	▲ 0.01
	하행	균열(0.3mm미만)	m	53.3	49	61.6	54	▲ 8.3
		망상균열	m ²	3.25	2	3.25	2	-
		보수부들뜸	m ²	1.67	13	1.67	13	-
		보수부불량	m ²	0.16	1	-	-	▼ -0.16
		보수부재균열 (0.3mm미만)	m	1.2	2	1.2	2	-
		잡철물	m ²	-	-	0.06	3	▲ 0.06
		파손	m ²	0.02	2	0.02	2	-
교량 받침	상행	플레이트부식	m ²	0.15	5	0.48	12	▲ 0.33
	하행	받침몰탈균열 (0.3mm미만)	m	-	-	0.3	1	▲ 0.3
		받침몰탈파손	m ²	-	-	0.06	1	▲ 0.06
		받침콘크리트균열 (0.3mm미만)	m	0.4	1	0.4	1	-
		이동량영점편매물	EA	-	-	2	2	▲ 2
		플레이트부식	m ²	0.18	6	0.27	9	▲ 0.09

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (6)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
신축이음	상행	신축이음누수	m	2.5	1	8	2	▲ 5.5
		유간토사퇴적	m	5.2	4	5.2	4	-
		후타재균열	m	21.2	79	13.4	53	▼ -7.8
		후타재파손	m ²	0.65	7	0.22	3	▼ -0.43
		후타재파손/열화	m ²	-	-	1.08	2	▲ 1.08
	하행	신축이음누수	m	-	-	10	2	▲ 10
		유간토사퇴적	m	7	4	17.5	5	▲ 10.5
		후타재균열	m	18.9	63	37.2	124	▲ 18.3
교면포장	상행	후타재파손	m ²	0.04	1	0.08	2	▲ 0.04
		보수미흡	m ²	-	-	0.52	2	▲ 0.52
		소성변형	m ²	-	-	48.8	2	▲ 48.8
		소성변형/들뜸	m ²	1	1	1	1	-
		아스콘균열	m	90.5	18	17.7	19	▼ -72.8
		아스콘들뜸	m ²	1.55	3	1.55	3	-
		아스콘마모	m ²	0.16	1	0.16	1	-
		아스콘망상균열	m ²	612	14	644	17	▲ 32
		아스콘이음부균열	m	220	4	-	-	▼ -220
		아스콘파손	m ²	8	1	8	1	-
	하행	접속도로아스콘균열	m	22.4	6	7.7	4	▼ -14.7
		접속도로	m ²	1	1	-	-	▼ -1
		아스콘망상균열	m ²	1.6	2	1.6	2	-
		접속도로아스콘파손	m ²	0.22	5	0.04	2	▼ -0.18
		포트홀	m ²	0.08	1	-	-	▼ -0.08
		보수미흡	m ²	-	-	0.64	1	▲ 0.64
		아스콘균열	m	17	1	17	1	-
		아스콘균열	m ²	0.15	3	0.15	3	-
		아스콘들뜸/식생	m ²	108	3	108	3	-
배수시설	상행	아스콘망상균열	m ²	698	12	865.5	16	▲ 167.5
		접속도로소성변형	m ²	-	-	108	1	▲ 108
		접속도로	m ²	1.6	2	1.6	2	-
		접속도로아스콘파손	m ²	0.22	5	0.04	2	▼ -0.18
		포트홀	m ²	0.08	1	-	-	▼ -0.08
	하행	배수관길이부족	EA	-	-	1	1	▲ 1
		배수관탈락	EA	1	1	1	1	-
배수시설	상행	배수관탈락	EA	-	-	1	1	▲ 1
		배수관접합부이격	EA	1	1	1	1	-
		배수관탈락	EA	-	-	1	1	▲ 1
	하행	배수관탈락	EA	1	1	1	1	-
		배수구막힘	EA	1	1	1	1	-
	상행	그레이팅파손	EA	1	1	-	-	▼ -1
		배수관길이부족	EA	-	-	1	1	▲ 1

[전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (7)]

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
방 호 벽	상행	교명판망실	EA	1	1	-	-	▼ -1
		균열(0.3mm미만)	m	186.5	171	186.5	171	-
		굽힘	m ²	12.3	5	12.3	5	-
		도장박리	m ²	360	6	360	6	-
		반사경 파손	EA	15	15	-	-	▼ -15
		박락/철근노출	m ²	-	-	6.25	7	▲ 6.25
		식생	m	2	1	2	1	-
		차수판덮개볼트탈락	EA	10	10	10	10	-
		차수판변형	EA	1	1	1	1	-
		철근노출	m ²	0.01	1	0.01	1	-
		파손/철근노출	m ²	0.1	1	0.1	1	-
		표지판변형	EA	1	1	1	1	-
	하행	균열(0.3mm미만)	m	178	169	178	169	-
		굽힘	m ²	7.1	4	7.1	4	-
		도장박리	m ²	360	6	360	6	-
		반사경 파손	EA	8	8	-	-	▼ -8
		박락	m ²	-	-	1.15	1	▲ 1.15
		박락/철근노출	m ²	-	-	2.49	6	▲ 2.49
		차수판덮개볼트탈락	EA	8	8	8	8	-
		파손	m ²	0.91	4	0.06	1	▼ -0.85

기 점검(2022년) 이후 바닥판 및 거더, 하부구조 등 발생된 주요손상에 대하여 보수를 실시하여 일부 손상물량이 감소한 것으로 검토되었으며, 이외에 대부분의 손상은 기 점검 시와 유사하나, 일부 부재에서 손상이 추가로 조사되었다. 이는 접근장비의 활용, 기 점검 시 일부 조사누락에 의한 추가조사, 공용기간 증가 등의 원인으로 인하여 결함 및 손상이 증가한 것으로 조사되었다.

나. 재료시험 결과 비교

[재료시험 기 점검(2022년) 및 진단(2018년) 결과와 비교]

시험명		시험부위		시험 결과		
				2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	2023년 정밀안전진단
비파괴 압축 강도 (MPa)	반발 경도법	상부구조		25.9~33.8	27.9~30.8	25.5~28.5
		하부구조		24.7~31.3	24.6~31.4	28.6~30.8
	초음파 속도법	상부구조		28.4~34.2	-	24.3~32.9
		하부구조		27.5~32.4	-	29.9~31.0
철근탐사 (주철근) (mm)		상부 구조	배근 간격	바닥판: 103~125	-	바닥판: 100~270
			피복 두께	바닥판: 40~95	-	바닥판: 44~65
		하부 구조	배근 간격	교대: 73~108 교각: 110~125	-	교대: 110~125 교각: 85~105
			피복 두께	교대: 50~108 교각: 59~71	-	교대: 61~77 교각: 61~69
탄산화깊이 (mm)		상부구조		1.0~10.0 (잔여: 34.9~92.0)(a)	3.9~9.4 (잔여: 43.9~48.9)(a)	5.0~10.0 (잔여: 34.0~47.0)(a)
		하부구조		1.5~4.0 (잔여: 46.8~67.0)(a)	4.0~16.0 (잔여: 38.4~64.7)(a)	7.8~12.5 (잔여: 36.8~62.5)(a)
염화물함유량 (철근부) (kg/ m³)		상부구조		S2: 0.282 (a)	-	S3: 0.143 (a)
		하부구조		P1: 0.291 (a) P2: 0.337 (b)	-	A2: 1.367 (c) P2: 0.097 (a)
균열깊이 (mm)		상부구조		S2: 69.0 (피복: 29)	-	S2: 52.1 (피복: 36)
		하부구조		P2: 80.7 (피복: 92)	-	-
초음파탐상 (UT)		거더 내부 (맞대기용접부)		양호: 12개소 (I 급) 불량: 12개소(IV급)	-	양호: 11개소 (I 급) 불량: 13개소(IV급)
강재 도막두께 (μm)		주부재		거더외부: 220~289 거더내부: 163~189	-	거더외부: 204~241 거더내부: 113~145
		부부재		-	-	가로보: 219~246 세로보: 165~191
비교 의견		◦ 기 진단 및 점검과 비교한 결과, 측정위치 및 측정값에 일부 차이를 보이고 있으나, 기준수량 이상을 만족하고 있고 측정 결과는 대체적으로 유사한 값을 보이고 있는 것으로 검토됨. ◦ 다만, 탄산화 및 염화물 시험 결과는 전회 정밀안전진단 이후 다소 증가한 상태로 공용기간 증가 및 신축이음 누수에 의한 것으로 주의관찰이 요구됨. ◦ 용접부 초음파탐상은 기 진단과 비교시 용접불량률이 유사한 상태로 본 교량의 맞대기 용접부는 시공결함이 전반적으로 존재하고 있을 것으로 판단되므로 주의관찰 및 정기적인 비파괴 검사를 통해 변화 여부에 대한 유지관리가 요구됨.				

3.4 시설물의 상태평가

3.4.1 상태평가 결과

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

[상적교(상행) 부재별 상태평가 결과 (STB 거더)]

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				지점	받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	번호	교량 받침	하부	기초	탄산화		염화물	
													상부	하부	상부	하부
S1	STB	b	b	b	c	c	c	c	A1	b	c	Q	×	×	×	×
S2	STB	c	b	b	c	a	c	×	P1	b	c	Q	×	a	×	×
S3	STB	c	b	b	c	c	c	×	P2	b	b	Q	a	×	a	×
-	-	-	-	-	-	-	-	c	A2	b	c	Q	-	a	-	c
평균		0.333	0.200	0.200	0.400	0.300	0.400	0.400	-	0.200	0.350	-	0.100	0.100	0.100	0.400
가중치		18	20	5	7	3	2	9	-	9	20	-	2	2	2	1
(평균×가중치) /가중치합		0.060	0.040	0.010	0.028	0.009	0.008	0.036	-	0.018	0.070	-	0.002	0.002	0.002	0.004
1. 환산결합도 점수 =															0.289	
2. 상태평가 결과 =															C	

주) 평가등급에 관한 세부 산정근거는 부록에 첨부함

[상적교(하행) 부재별 상태평가 결과 (STB 거더)]

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				지점	받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	번호	교량 받침	하부	기초	탄산화		염화물	
													상부	하부	상부	하부
S1	STB	c	b	b	c	c	c	c	A1	b	c	Q	×	×	×	×
S2	STB	c	b	a	c	a	c	×	P1	a	b	Q	a	×	×	×
S3	STB	c	b	b	c	a	c	×	P2	b	b	Q	×	a	×	a
-	-	-	-	-	-	-	-	c	A2	c	c	Q	-	×	-	×
평균		0.400	0.200	0.167	0.400	0.200	0.400	0.400	-	0.225	0.300	-	0.100	0.100	-	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	-	9	20	-	2	2	-	3
(평균×가중치) /가중치합		0.072	0.040	0.008	0.028	0.006	0.008	0.036	-	0.020	0.060	-	0.002	0.002	-	0.003
1. 환산결합도 점수 =															0.286	
2. 상태평가 결과 =															C	

주) 평가등급에 관한 세부 산정근거는 부록에 첨부함

나. 개별교량 상태평가 결과

[개별교량 상태평가 결과]

구 분	구조형식	환산 결합도점수	상태평가 결과	연장 (m)	연장비	환산결합도점수 ×연장비
상적교(상행)	STB 거더	0.289	C	180.0	0.500	0.145
상적교(하행)	STB 거더	0.286	C	180.0	0.500	0.143
합계(Σ)	-	-	-	360.0	1.000	0.287
1. 평가지수 =						0.287
2. 상태평가 결과 =						C

다. 전체교량 상태평가 결과

[전체교량 상태평가 결과]

교량명	환산 결합도점수	상태평가 결과	연장 (m)	차선	길이×차선	연장비	환산결합도점수 ×연장비
상적교(상행)	0.289	C	180.0	3	540	0.500	0.145
상적교(하행)	0.286	C	180.0	3	540	0.500	0.143
합계(Σ)	-	-	360.0	-	1,080	1.000	0.287
1. 평가지수 =							0.287
2. 상태평가 결과 =							C

현장조사 및 시험에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결합, 손상, 열화)를 근거로 한 상태평가 결과 “C(평가지수 0.287)”로 평가되었다.

라. 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

[공중이 이용하는 부위 상태평가 결과]

구분	추락방지 시설		도로포장 파손		도로부 신축이음부		환기구 등의 덮개		평가 결과
S1/A1	해당없음	-	불쾌감 유발	c	본체 누수	c	해당없음	-	c
S2/P1	해당없음	-	불쾌감 유발	c	해당없음	-	해당없음	-	c
S3/P2	해당없음	-	불쾌감 유발	c	해당없음	-	해당없음	-	c
A2	해당없음	-	해당없음	-	본체 누수	c	해당없음	-	c

3.4.2 기 점검 및 진단 결과와 비교·분석

금회 현장조사 및 시험을 통한 상태평가 결과와 기 진단(2018년) 및 점검(2022년) 시 실시한 상태평가 결과를 비교·분석한 결과 환산결함도 지수가 0.278 “C”(2018년) ⇨ 0.298 “C”(2022년) ⇨ 0.287 “C”(금회)로 전회 점검과 등급의 변화는 없으나 결함도지수가 다소 감소한 것으로 분석되었으며 결함도 지수의 하강의 주요 요인은 다음과 같다.

- 바닥판은 금회 점검 시 재료분리, 층분리, 철근노출 등의 손상이 추가로 조사되어 결함도 점수 상승.
- 거더는 금회 점검 시 강재 부식에 대한 부분적 보수로 결함도 점수 감소.
- 2차부재(가로보 및 세로보)는 기 점검결과와 동일한 상태.
- 교면포장은 보수부 미흡, 포트홀, 포장 망상균열 등의 손상 발생으로 결함도 점수 상승.
- 배수시설은 금회 점검 시 상세조사 시 표층제거 후 확인 결과 양호한 것으로 조사되어 결함도 점수 상승.
- 난간/연석은 박락/철근노출, 파손 등의 손상이 추가로 조사되어 결함도 점수 상승.
- 신축이음은 본체 누수, 후타재 균열 등의 손상이 증가하여 결함도 점수 상승.
- 교량받침은 강재 부식이 조사되었으며, 받침콘크리트 균열은 교각 상단부로 부재 변경하여 결함도 점수 감소.
- 하부구조는 신축이음 누수로 인한 교대 철근노출 등의 손상 증가로 인해 결함도 점수 상승.
- 기 정밀안전진단 및 정밀점검 시 조사된 손상에 대하여 일부 보수가 실시되었으나 금회 정밀안전진단 시 상세외관조사 및 공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가조사 등의 원인에 의해 전반적으로 손상이 증가하였고 이에 따라 결함도 점수가 상승됨.

[기 점검 및 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교]

구분			2018년 정밀안전진단				2022년 정밀안전점검				금회 정밀안전진단						
			가중치	상행		하행		가중치	상행		하행		가중치	상행		하행	
				등급	결함점수	등급	결함점수		등급	결함점수	등급	결함점수		등급	결함점수	등급	결함점수
상부 구조	바닥판	18	b	0.200	b	0.200	18	c	0.267	c	0.267	18	c	0.333	c	0.400	
	거더	20	d	0.500	c	0.400	20	c	0.400	c	0.400	20	b	0.200	b	0.200	
2차 부재	가로보	5	b	0.170	b	0.130	5	b	0.200	b	0.167	5	b	0.200	b	0.167	
기타 부재	포장	7	b	0.200	b	0.200	7	b	0.200	b	0.200	7	c	0.400	c	0.400	
	배수	3	c	0.400	c	0.400	3	c	0.400	c	0.400	3	c	0.300	b	0.200	
	난간/연석	2	b	0.200	b	0.200	2	c	0.267	b	0.200	2	c	0.400	c	0.400	
	신축이음	9	c	0.400	c	0.400	9	c	0.400	c	0.400	9	c	0.400	c	0.400	
받침	교량받침	9	a	0.100	a	0.100	9	b	0.250	b	0.250	9	b	0.200	b	0.225	
하부 구조	교대/교각	20	c	0.300	c	0.300	20	c	0.300	c	0.350	20	c	0.350	c	0.300	
	기초	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
내구성	탄 산 화	상부	2	a	0.100	a	0.100	4	a	0.100	a	0.100	2	a	0.100	a	0.100
		하부	2	a	0.100	a	0.100	3	a	0.100	a	0.100	2	a	0.100	a	0.100
	염 화 물	상부	2	a	0.100	-	-	-	-	-	-	-	2	a	0.100	-	-
		하부	1	b	0.200	b	0.200	-	-	-	-	-	1	b	0.400	a	0.100
개별교량 평가결과			100	c	0.287	c	0.268	100	c	0.295	c	0.302	100	c	0.289	c	0.286
전체교량 평가결과			C (0.278)				C (0.298)				C (0.287)						

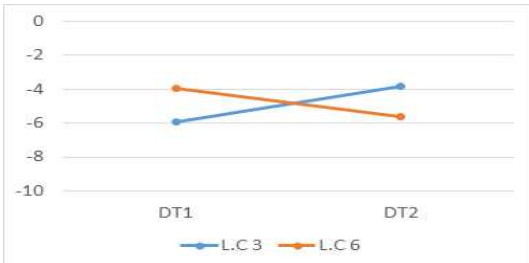
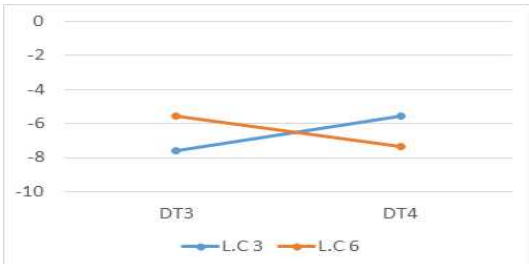
[기 점검 결과와의 상태평가 결함도 점수 분석]

구분		비교·분석
바닥판		◦ 재료분리, 층분리 등의 단면손상과 철근노출 추가 조사
거더		◦ 강재 부식 부분적 보수로 감소
2차부재		◦ 기존과 동일, 큰 변화 없음
교면포장		◦ 포장 보수부 미흡, 포트홀 등 증가, 백태 동반 ◦ 포장 망상균열이 전체 면적의 10% 이상(d) 발생하였으나 전면 재포장이 필요한 상태는 아님, d → c로 하향 조정
배수시설		◦ 기존 배수구 막힘부 조사시 표층 제거 및 확인, 양호함
난간 및 연석		◦ 단면손상 및 철근노출 추가 조사
신축이음		◦ 심한 파손 및 단차(주행성 저하), 기능 불량에 따른 긴급보수가 필요한 상태는 아님, d → c로 하향 조정 ◦ 다만, 교체 시기로 판단되므로 계획 수립 및 교체 필요
교량받침		◦ 강재 부식 일부 증가. 다만, 기존 콘크리트 균열은 교각 상단부로 부재 구분 변경
하부구조		◦ 신축이음 누수로 인한 철근노출 등 교대 손상 증가 ◦ 전반적으로 cw=0.3mm 균열 등 기존 손상 미보수
기초		-
탄산화	상부	◦ 양호함
	하부	◦ 양호함
염화물	상부	◦ 공용기간 증가
	하부	◦ 동일하나 공용기간 증가, 신축이음 누수
비교결과		◦ 등급은 C로 동일하고 결함지수 감소 → 바닥판, 하부구조, 신축이음 우선적인 보수 필요

3.5 재하시험

3.5.1 재하시험 결과 요약

[재하시험 결과요약]

구분	분 석 결 과					
정적시험 최대변위 및 변형율	• 트럭하중 : A차량-266.70 kN, B차량-267.10 kN(설계하중 DB-24의 약 61.7%, 61.8%)					
	구 분	S1		P1	S2	
		처짐(mm)	변형률(με)	변형률(με)	처짐(mm)	변형률(με)
	1대 재하	-3.165	33.79	-15.71	-3.993	36.36
	2대 재하	-5.906	64.83	-27.33	-7.575	68.04
변형률(με) : (+)인장, 처짐(mm) : (-)하향변위						
하중 횡분배						
	처짐(mm) S1(단면 A-A), 2대 재하					
						
	변형률(με)					
충격 계수						
	처짐(mm) S2(단면 C-C), 2대 재하					
						
	변형률(με)					
고유 진동수	• 이론충격계수 : 0.158(S1), 0.136(S2) • 실측충격계수 : 0.140(S1), 0.134(S2) ⇒ 측정된 충격계수는 이론값보다 적게 측정되어 이동하중에 의한 영향은 양호한 것으로 분석됨.					
	• 해석진동수 : 2.624 Hz (연직1모드) • 실측진동수 : 2.98 Hz (3차) ⇒ 측정된 실측진동수는 모델링을 통한 해석진동수와 유사하게 분석됨.					

3.5.2 전회차 진단 결과와의 비교

[전회차 진단 결과와의 비교]

구분		전회 정밀안전진단 (2009년)	전회 정밀안전진단 (2013년)	금회 정밀안전진단 (2023년)
개요	시험구간	• S1 3L/8, P1, S2 L/2	• S1 4L/10, P1, S2 L/2	• S1 4L/10, P1, S2 L/2
	시험하중 (kN)	• 2대 : 278.0 kN, 256.9 kN (DB-24의 약 61.9% 수준)	• 2대 : 247.0 kN, 258.9 kN (DB-24의 약 58.6% 수준)	• 2대 : 266.7 kN, 267.1 kN (DB-24의 약 61.8% 수준)
	센서수량 (EA)	• 변형률 : 11 • 처짐 : 4 • 가속도 : 1	• 변형률 : 10 • 처짐 : 4 • 가속도 : 1	• 변형률 : 18 • 처짐 : 4 • 가속도 : 2
	비교 및 분석	• 재하하중은 전회(2013년) 대비 약 5.5%증가함(2대 평균). • 시험구간 및 센서 설치 단면은 전회(2013년)와 동일함.		
정적 재하 시험	최대변형률 ($\mu\epsilon$)	• S1 : 67.212(2대) • S2 : 59.515(2대)	• S1 : 69.954(2대) • S2 : 49.336(2대)	• S1 : 64.83(2대) • S2 : 68.04(2대)
	최대처짐 (mm)	• S1 : -5.555(2대) • S2 : -7.197(2대)	• S1 : -7.135(2대) • S2 : -8.879(2대)	• S1 : -5.906(2대) • S2 : -7.575(2대)
	횡방향 거동특성	• 양호	• 양호	• 양호
	비교 및 분석	• 전회는 정적, 금회는 의사정적으로 수행함. • 변형률의 경우 S1경간은 유사하게 나타났으나 S2경간은 전차(2013년) 대비 약 37.9% 증가한 것으로 분석되었으며, 처짐의 경우 전차(2013년) 대비 15~18% 감소한 것으로 분석됨. • 횡방향거동은 양호한 것으로 분석됨.		
동적 재하 시험	주행속도 (km/h)	• 20~70 (10km/h씩 증가시키며 분당방향으로 주행)	• 10~60 (10km/h씩 증가시키며 분당방향으로 주행)	• 10~80 (10km/h씩 증가시키며 분당방향으로 주행)
	최대충격계수	• 실측 : 0.155(S1), 0.136(S2) • 이론 : 0.158(S1), 0.136(S2)	• 실측 : 0.154(S1), 0.130(S2) • 이론 : 0.158(S1), 0.136(S2)	• 실측 : 0.140(S1), 0.134(S2) • 이론 : 0.158(S1), 0.136(S2)
	고유진동수 (Hz)	• 실측 : 3.027 • 해석 : 2.027	• 실측 : 2.746~3.018 • 해석 : 2.671	• 실측 : 2.98 • 해석 : 2.624
	비교 및 분석	• 실측충격계수 : 전회보다 다소 작게 나타났으며, 도로교 설계기준에서 제시하는 이론충격계수보다 작게 분석되어 이동하중에 대한 영향은 양호한 것으로 판단됨. • 고유진동수 : 전회와 금회 실측치와 해석치를 비교시 유사하게 나타났으며 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.		

3.6 시설물의 안전성평가

3.6.1 구조안전성 평가

가. 강박스 거더

1) 거더

[하중조합에 의한 안전성 검토]

구 분		휨 응 력(MPa)			허용응력(MPa)			검토 결과
		바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연	바닥판 상 연	강거더 상 연	강거더 하 연	
외측 경간 중앙부	COMB 1	-3.168	-95.296	120.553	-10.800	153.600	190.000	O.K
	COMB 2	-1.450	-123.121	114.416	-10.800	176.640	190.000	O.K
	COMB 3	-0.402	-138.914	109.775	-12.420	199.680	218.500	O.K
	COMB 4	-2.498	-107.327	119.056	-12.420	199.680	218.500	O.K
	항복응력	-7.170	-177.520	197.971	16.200	315.000	315.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.511 < 1.2$						O.K
	전단응력	$v = 17.530 \text{ MPa} < v_a = 110.0 \text{ MPa}$						O.K
중앙 지점부	COMB 1	57.783	139.545	-151.005	160.000	190.000	190.000	O.K
	COMB 2	53.751	135.341	-157.690	160.000	190.000	190.000	O.K
	COMB 3	66.622	123.301	-174.229	160.000	218.500	218.500	O.K
	COMB 4	40.880	147.381	-141.150	160.000	218.500	218.500	O.K
	항복응력	120.669	221.723	-254.956	400.000	-315.000	-315.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 1.074 < 1.2$						O.K
	전단응력	$v = 68.305 \text{ MPa} < v_a = 110.0 \text{ MPa}$						O.K.
내측 경간 중앙부	COMB 1	-2.998	-74.983	102.175	-10.800	153.600	190.000	O.K
	COMB 2	-1.020	-91.306	77.877	-10.800	176.640	190.000	O.K
	COMB 3	0.687	-103.811	61.157	2.174	199.680	218.500	O.K
	COMB 4	-2.727	-78.801	94.597	-12.420	199.680	218.500	O.K
	항복응력	-7.564	-136.100	185.408	16.200	315.000	315.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (\tau/\tau_a)^2 = 0.303 < 1.2$						O.K
	전단응력	$v = 13.035 \text{ MPa} < v_a = 110.0 \text{ MPa}$						O.K.

2) 거더의 처짐검토

충격하중을 포함한 활하중에 의한 강교 주거더의 처짐검토 결과, 해석 처짐값은 다음 표의 도로교 설계기준에 의한 허용처짐 이내로 검토되었다.

[처짐값 검토 결과]

구 분	해석처짐 (mm)	허용처짐 (mm)	비 고
활하중(1 + i)	48.790	$140.00 \left(\frac{L}{500} \right)$	O.K

3) 맞대기 용접부 안전성 검토

[맞대기 용접부 변동응력]

검토단면	모멘트 (kN·m)		응력 (MPa)		변동응력 (MPa)	허용피로응력 (MPa)
	$M_{\max}$	$M_{\min}$	$f_{\max}$	$f_{\min}$		
단면 I	5,462.658	-1,276.965	25.105	-5.869	30.974	40
단면 II	4,632.645	-1,955.268	24.815	-10.473	35.288	40
단면 III	5,007.443	-3,818.136	19.585	-14.933	34.518	40
단면 IV	3,205.880	-8,598.090	10.534	-28.251	38.785	56
단면 V	4,663.120	-4,618.580	17.408	-17.242	34.650	56
단면 VI	5,586.210	-2,685.907	25.262	-12.246	37.508	40

제시된 피로응력범주(S-N선도)를 이용하여 용접부를 평가였고, 하부플랜지 맞대기이음부 중 용입부족(단면결손율 54.5%)이 조사된 맞대기용접부는 피로상세범주 『E』 범주로 하향 조정하여 평가하면, 설계하중 작용시 최대발생응력이 38.785 MPa로 허용응력범위가 $f_{sr} = 56 \text{ MPa}$ 이기 때문에 용입부족을 고려하더라도 피로안전성은 확보하고 있는 것으로 평가된다.

나. 바닥판

[바닥판의 휨강도 검토결과]

구분	작용 강도 (M_u)	설계강도 (ϕM_n)	안전율 (SF)	안전성
캔틸레버부	136.960	141.311	1.030	O.K
연속판부	96.753	105.961	1.095	O.K
· 캔틸레버부 : $80X+230 = 80 \times 0.745 + 230 = 290\text{mm}$ 와 220mm 중 큰 값 적용 $\therefore$ 바닥판 최소두께 = $290\text{mm} \leq$ 현(설계) 바닥판 = $315\text{mm} \therefore$ O.K · 연속판부 : $30L+130 = 30 \times 2.305 + 130 = 199\text{mm}$ 와 220mm 중 큰 값 적용 $\therefore$ 바닥판 최소두께 = $220\text{mm} \leq$ 현(설계) 바닥판 = $250\text{mm} \therefore$ O.K				

설계하중에 의한 거더의 응력 검토 결과, 작용응력은 허용응력 이내로 검토되어 거더의 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

바닥판은 강도설계법으로 검토한 결과, 바닥판 최소두께의 규정을 만족하고 있으며 바닥판의 작용강도는 설계강도 이내로 검토되어 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

3.6.2 내하력 평가

[공용내하력]

구 분		기본 내하율	응답 보정계수	공용 내하율	공용 내하력	비 고
거더	외측경간 중양부	$\frac{190.000 - (77.479)}{43.074} = 2.612$	= 1.144	2.988	DL-24이상	허용 응력법
	중앙 지점부	$\frac{-190.0 - (-109.327 - 6.685)}{-41.678} = 1.775$	1.048	1.860	"	"
	내측경간 중양부	$\frac{190.000 - (59.986)}{42.189} = 3.082$	1.114	3.433	"	"
바닥판	켄틸레버 부	$\frac{141.073 - 1.30 \times 13.289}{2.15 \times 53.558} = 1.075$	1.000	1.075	DB-24이상	강도 설계법
	연속판부	$\frac{105.961 - 1.3 \times 7.774}{2.15 \times 38.480} = 1.159$	1.000	1.159	"	"

주) 재하시험 실시하지 않은 경간은 기본내하력으로 평가함

본 교량에 대한 구조해석 및 재하시험 결과를 이용한 강박스 거더의 공용내하력은 설계활하중 DB(DL)-24를 만족하는 것으로 계산되었으며, 바닥판 또한 공용내하력은 설계활하중 DB(DL)-24를 만족하는 것으로 평가되었다.

3.6.3 안전성평가 결과

[안전성 평가 결과]

부 재		SF(안전율)	안전성 평가등급		
강박스거더	정모멘트부	1.435	a	a	A
	부모멘트부	1.205	a		
바 닥 판		1.030	a	a	

3.6.4 기 진단 결과와 비교

[기 진단과의 안전성평가 결과 비교]

부 재		안전율(SF)		안전성평가 결과
		전회 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
강박스 거더	외측경간 중앙부	1.278	1.435	a
	중앙 지점부	1.858	1.205	a
	내측경간 중앙부	1.884	1.860	a
바닥판	캔틸레버부	1.027	1.030	a
	연속판부	1.176	1.095	a

[기 진단과의 내하력평가 결과 비교]

부 재		내하율(RF)		내하력평가 결과
		전회 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
강박스 거더	외측경간 중앙부	2.550	2.612	DL-24이상
	중앙 지점부	1.860	1.775	"
	내측경간 중앙부	3.430	3.082	"
바닥판	캔틸레버부	1.032	1.075	DB-24이상
	연속판부	1.197	1.159	"

강박스 거더의 경우, 바닥판 하중산정의 차이(전회 안전성평가지 : 바닥판 하중 비교려, 금회 안전성평가지 : 바닥판과 상부플랜지 사이가 비어있는 것으로 하중 산정), 구조해석 프로그램 버전 및 모델링 구현방법(절점 및 요소형성, 경계조건 등)의 차이 등으로 인한 단면력의 차이로 인하여 안전율이 상이하게 산정된 것으로 판단된다.

바닥판의 경우, 전회 산정되지 않은 원심하중을 금회 안전성평가지 반영하여 금회 안전율이 전회 안전율 보다 작게 산정된 것으로 판단된다.

3.7 종합평가 및 안전등급 지정

3.7.1 종합평가 결과

종합평가 등급 산정결과, 상태평가 “C”, 안전성평가 “A”로 평가되어 종합평가 등급은 최저값인 “C”로 평가되었다.

[종합평가 결과표]

시설물명	상적교			
평가구분	결합지수	평가등급	비 고	
상태평가	F=0.287	C	근거표번호	[표 7.1]
안전성평가	SF=1.030	A	근거표번호	[표 7.2]
종합평가	-	C		
종합평가 등급 산정 결과	종합평가 등급 = MIN ⇨ 상태평가 등급 ※ C등급			

3.7.2 안전등급 지정

상적교의 상태평가 및 안전성평가 결과에 따른 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 “C(보통)”등급으로 지정하였다.

[안전등급 지정]

안전등급	구조물명	안전등급	비고
	상적교	C등급(보통)	

3.8 보수·보강 및 유지관리방안

3.8.1 보수·보강 방안별 개략공사비

[보수·보강 개략공사비 (1)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥 판	상행	균열(0.3㎜미만)	23.27	㎡	표면보수	56	1,303	1
		균열(0.3㎜이상)	12.22	m	주입보수	78	953	1
		백태	0.04	㎡	표면보수	56	2	1
		보수부들뜸/파손	0.52	㎡	단면보수	196	102	1
		보수재탈락	40.46	㎡	표면보수	56	2,266	1
		이음부박락	0.65	㎡	단면보수	196	127	1
		재료분리	3.25	㎡	단면보수	196	637	1
		철근노출	1.72	㎡	단면보수(방청)	204	351	1
		충분리	0.05	㎡	단면보수(방청)	204	10	1
	하행	균열(0.3㎜미만)	1.24	㎡	표면보수	56	69	1
		데크도장박리	0.05	㎡	재도장	60	3	1
		망상균열	6.24	㎡	표면보수	56	349	1
		보수부백태/누수	0.2	㎡	표면보수	56	11	1
		보수부파손	0.33	㎡	단면보수	196	65	1
		보수재박리	140.4	㎡	표면보수	56	7,862	1
		보수재탈락	158.6	㎡	표면보수	56	8,882	1
		이음부누수/백태	18.2	㎡	단면보수	196	3,567	1
		파손/철근노출	0.33	㎡	단면보수(방청)	204	67	1
거더 내부	상행	Splice부볼트녹발생	1.31	㎡	재도장	60	79	2
		Splice부볼트미체결	8	EA	강교볼트체결	10	80	1
		Splice부볼트체결불량	2	EA	강교볼트체결	10	20	1
		Splice부부식	0.39	㎡	재도장	60	23	2
		녹발생	11.77	㎡	재도장	60	706	2
		도장박리	0.44	㎡	재도장	60	26	2
		도장탈락	27.9	㎡	재도장	60	1,674	2
		리브용접부부식	0.2	m	재도장	60	12	2
		볼트누수흔적	8	EA	재도장	60	480	2
		볼트체결불량	4	EA	강교볼트체결	10	40	1
		부식	9.58	㎡	재도장	60	575	2
		부식/토사적치	10.4	㎡	재도장	60	624	2
		용접부녹발생	7.8	㎡	재도장	60	468	2
		이물질적치	46.54	㎡	청소	40	1,862	3
		작업구용접불량/녹발생	1.04	㎡	재도장	60	62	2

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[보수·보강 개략공사비 (2)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더 내부	하행	Splice부볼트녹발생	0.46	m ²	재도장	60	28	2
		Splice부볼트미체결	5	EA	강교볼트체결	10	50	1
		Splice부볼트체결불량	6	EA	강교볼트체결	10	60	1
		녹발생	0.49	m ²	재도장	60	29	2
		녹발생/도장탈락	1.63	m ²	재도장	60	98	2
		도장박리	0.52	m ²	재도장	60	31	2
		도장탈락	5.25	m ²	재도장	60	315	2
		리브부식	0.65	m ²	재도장	60	39	2
		볼트체결불량	2	EA	강교볼트체결	10	20	1
		부식	34.15	m ²	재도장	60	2,049	2
		이물질적치	21.58	m ²	청소	40	863	3
		작업구용접불량/녹발생	0.31	m ²	재도장	60	19	2
		표면오염	52	m ²	재도장	60	3,120	2
거더 외부	상행	녹발생	31.15	m ²	재도장	60	1,869	2
		도장긁힘	3.12	m ²	재도장	60	187	2
		볼트녹발생	3.33	m ²	재도장	60	200	2
		볼트체결불량	2	EA	강교볼트체결	10	20	1
	하행	녹발생	11.1	m ²	재도장	60	666	2
		도장박리	5.32	m ²	재도장	60	319	2
		미도장	0.39	m ²	재도장	60	23	2
		보수부녹발생	0.36	m ²	재도장	60	22	2
		볼트녹발생	0.29	m ²	재도장	60	17	2
		볼트부식	0.21	m ²	재도장	60	13	2
부식	1.5	m ²	재도장	60	90	2		
거더 및 가로 보	상행	녹발생	1.61	m ²	재도장	60	97	2
		도장박리	0.08	m ²	재도장	60	5	2
		볼트녹발생	3.48	m ²	재도장	60	209	2
	하행	녹발생	1.69	m ²	재도장	60	101	2
		도장박리	0.2	m ²	재도장	60	12	2
		볼트녹발생	0.1	m ²	재도장	60	6	2
교대	상행	균열(0.3mm미만)	4.49	m ²	표면보수	56	251	2
		균열(0.3mm이상)	2.21	m	주입보수	78	172	1
		망상균열	1.86	m ²	표면보수	56	104	2
		백태	0.92	m ²	표면보수	56	52	2

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[보수·보강 개략공사비 (3)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	상행	보수부들뜸	0.23	m ²	단면보수	196	45	2
		보수부망상균열	0.27	m ²	표면보수	56	15	2
		보수부재균열(0.3mm미만)	0.65	m ²	표면보수	56	36	2
		재료분리	1.13	m ²	단면보수	196	221	2
		철근노출	1.65	m ²	단면보수(방청)	204	337	1
		파손/철근노출	0.42	m ²	단면보수(방청)	204	86	1
	하행	균열(0.3mm미만)	6.05	m ²	표면보수	56	339	2
		백태	0.05	m ²	표면보수	56	3	2
		보수부들뜸	0.23	m ²	단면보수	196	45	2
		보수부망상균열	1.17	m ²	표면보수	56	66	2
		보수부재균열(0.3mm미만)	1.37	m ²	표면보수	56	77	2
		철근노출	0.07	m ²	단면보수(방청)	204	14	1
		파손	0.52	m ²	단면보수	196	102	2
		파손/철근노출	0.47	m ²	단면보수(방청)	204	96	1
교각	상행	거푸집미제거	1	EA	거푸집제거	55	55	3
		균열(0.3mm미만)	30.32	m ²	표면보수	56	1,698	2
		균열(0.3mm이상)	1.3	m	주입보수	78	101	1
		들뜸	0.16	m ²	단면보수	196	31	2
		박락	2.35	m ²	단면보수	196	461	2
		박리	7.87	m ²	단면보수	196	1,543	2
		보수부들뜸	1.77	m ²	단면보수	196	347	2
		보수부재균열(0.3mm미만)	2.21	m ²	표면보수	56	124	2
		보수부재균열(0.3mm이상)	2.34	m	주입보수	78	183	1
		보수부파손	0.23	m ²	단면보수	196	45	2
		보수재탈락	4.68	m ²	표면보수	56	262	2
		잡철물	0.08	m ²	단면보수	196	16	2
		재료분리	0.65	m ²	단면보수	196	127	2
		충분리	0.01	m ²	단면보수(방청)	204	2	1
	하행	균열(0.3mm미만)	20.02	m ²	표면보수	56	1,121	2
		망상균열	4.23	m ²	표면보수	56	237	2
		보수부들뜸	2.17	m ²	단면보수	196	425	2
		보수부재균열(0.3mm미만)	0.39	m ²	표면보수	56	22	2
잡철물		0.08	m ²	단면보수	196	16	2	
파손		0.03	m ²	단면보수	196	6	2	

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[보수·보강 개략공사비 (4)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교량 받침	상행	플레이트부식	0.62	m ²	재도장	60	37	3
	하행	받침물탈균열(0.3㎜미만)	0.1	m ²	표면보수	56	6	3
		받침물탈파손	0.08	m ²	단면보수	196	16	3
		받침콘크리트균열 (0.3㎜미만)	0.13	m ²	표면보수	56	7	3
		플레이트부식	0.35	m ²	재도장	60	21	3
신축 이음	상행	신축이음누수, 후타재파손 등	27	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.5m, 2개소)	1,606	43,362	1
	하행	신축이음누수, 후타재파손 등	27	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.5m, 2개소)	1,606	43,362	1
교면 포장	상행	보수미흡	0.68	m ²	소파보수(방수,주간)	52	35	1
		소성변형	63.44	m ²	소파보수(방수,주간)	52	3,299	1
		소성변형/들뜸	1.3	m ²	소파보수(방수,주간)	52	68	1
		아스콘파손	10.4	m ²	소파보수(방수,주간)	52	541	1
	하행	보수미흡	0.83	m ²	소파보수(방수,주간)	52	43	1
배수 시설	상행	배수관길이부족	1	EA	배수관길이연장	128	128	1
		배수관막힘	1	EA	배수관재설치	128	128	1
		배수관접합부이격	1	EA	실링보수(배수관)	9	9	1
		배수관탈락	1	EA	배수관재설치	128	128	1
	하행	배수관탈락	1	EA	배수관설치	223	223	1
		배수구막힘	1	EA	배수구청소	79	79	1
방호 벽	상행	박락/철근노출	8.13	m ²	단면보수(방청)	204	1,659	2
		철근노출	0.01	m ²	단면보수(방청)	204	2	2
		파손/철근노출	0.13	m ²	단면보수(방청)	204	27	2
	하행	박락	1.5	m ²	단면보수	196	294	3
		박락/철근노출	3.24	m ²	단면보수(방청)	204	661	2
		파손	0.08	m ²	단면보수	196	16	3
직접공사비						146,968		
제경비(직접공사비의 50%)						73,484		
부대비(직접공사비의 35%)						51,439		
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위(단기)			220,728		
			2순위(중기)			45,286		
			3순위(장기)			5,877		
총 공사비						271,891		

※ 상기 개략공사비는 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

※ 적용단가는 2023년 공종별 유지보수 단가집(한국도로공사), 2023 건설공사 표준품셈 등 참고하여 작성함.

[공종별 보수·보강 개략공사비]

구 분	표면보수	주입보수	단면보수	단면보수(방청)	신축이음교체
1순위	20,744	1,409	4,498	963	86,724
2순위	4,407	-	3,430	2,349	-
3순위	13	-	326	-	-
순 공사비	25,164	1,409	8,254	3,312	86,724
제경비	12,582	705	4,127	1,656	43,362
부대비	8,807	493	2,889	1,159	30,353
총 공사비	46,553	2,607	15,270	6,127	160,439

구 분	재도장	강교볼트체결	포장보수	기 타 (거푸집 제거, 청소, 배수관 재설치 등)
1순위	3	290	3,986	695
2순위	14,293	-	-	-
3순위	58	-	-	2,780
순 공사비	14,354	290	3,986	3,475
제경비	7,177	145	1,993	1,738
부대비	5,024	102	1,395	1,216
총 공사비	26,555	537	7,374	6,429

[부재별 보수·보강 개략공사비]

구 분	개략공사비(천원)			
	1순위	2순위	3순위	합 계
바닥판 (표면보수, 주입보수, 단면보수(방청) 등)	26,626	-	-	26,626
거더내부 (재도장, 강교볼트체결, 청소)	270	10,457	2,725	13,452
거더외부 (재도장, 강교볼트체결)	20	3,406	-	3,426
가로보 및 세로보 (재도장)	-	430	-	430
교대 및 교각 (표면보수, 주입보수, 단면보수 등)	991	7,837	55	8,883
교량받침 (표면보수, 단면보수, 재도장)	-	-	87	87
신축이음 (교체)	86,724	-	-	86,724
교면포장 (방수포함 소파보수)	3,986	-	-	3,986
배수시설 (배수관 길이연장, 배수관 재설치, 배수구 청소 등)	695	-	-	695
방호벽 (단면보수(방청), 단면보수)	-	2,349	310	2,659
순 공사비	119,312	24,479	3,177	146,968
제경비 (순공사비의 50%)	59,656	12,240	1,589	73,484
부대비 (순공사비의 35%)	41,759	8,568	1,112	51,439
총 공사비	220,727	45,286	5,877	271,891

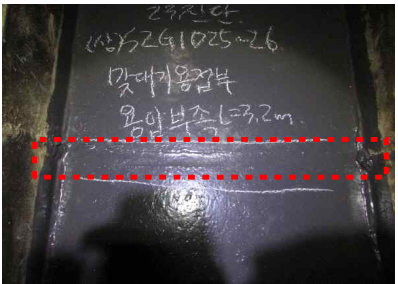
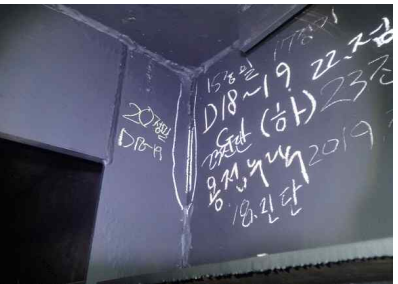
3.8.2 중점유지관리 사항

가. 거더 내부 용접 결함 및 맞대기 용접부 강제초음파탐상(UT)

금회 진단 결과, 거더 내부의 용접부는 용접결함(균열, 기공, 누락, 용입부족 등)이 조사되었으나 전반적으로 보강재, 격벽 등의 부부재에 국한된 결함으로 보수·보강보다는 유지관리하며 지속적인 관찰이 필요한 상태로 판단된다. 다만, 인장 취약부인 하부플랜지 맞대기 용접부의 용입부족이 일부 조사되어 향후 점검 및 진단에서도 그에 대한 면밀한 조사 및 검토가 필요하며, 중점 유지관리가 요구된다.

하부플랜지 맞대기 용접부 24개소에 대한 초음파탐상시험(UT) 결과, 13개소에서 용접결함이 검출되었고 대체로 조사길이 전체에 연속적으로 분포하여 단면감소량은 7~12mm 정도로 탐사되었다. 금회 검출된 결함의 종류는 시공초기 결함인 용입부족(Incomplete Penetration), 융합불량(Lack of Fusion), 슬래그 혼입(Slag inclusion), 기공(Blow hole, Porosity) 등으로 판단되며, 맞대기 용접부 결함은 단면감소를 고려한 피로응력 검토가 필요한 상황이다.

금회 정밀안전진단에서는 단면감소를 고려한 용접부 피로 검토 및 안전성 평가를 실시(제6장 6.2.4 맞대기 용접부 안전성 검토 참고)하였고 그 결과, 허용응력범위 내로 피로 안전성은 확보하고 있는 것으로 평가되었으므로 현재 별도의 보강은 필요치 않을 것으로 판단된다. 따라서 맞대기 이음부 용접 결함 부위는 향후 점검 및 진단시에는 용접부의 균열 발생 여부에 대한 면밀한 조사가 요구되며, 정기적인 비파괴 검사를 수행하여 결함에 대한 변화 여부 관찰과 구조적 안전성 확보에 대한 검토를 지속적으로 실시하여 유지관리 하는 것이 타당해 보인다.

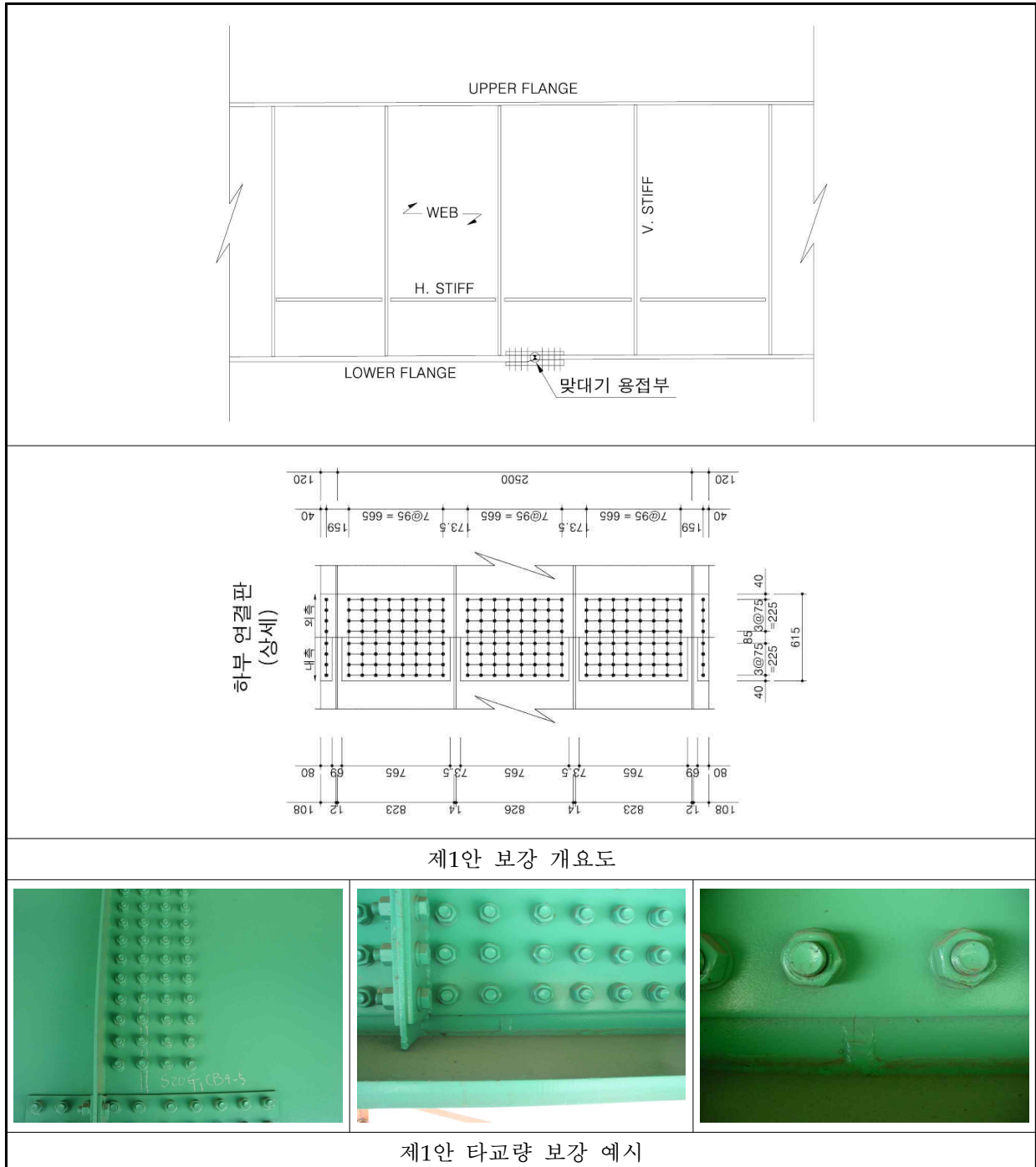
		
격벽 용접균열 (하행 S3 G1 D30)	맞대기부 용입부족 (상행 S2 G1 LF)	보강재 용접누락 (하행 S2 G1 LW)

향후 맞대기 용접부에 대한 면밀한 검토 결과에 따라 문제점 발견 시에는 보수 또는 보강이 필요할 것으로 판단되고 하부플랜지 맞대기 용접부의 결함에 대한 보수방법으로는 전면적으로 사하중을 제거한 뒤 용접 결함 부위를 가우징 후 재용접하는 방안이 가장 확실하다. 다만, 본 교량은 공용 중인 시설물로 현실적으로 이와 같은 보수공사는 어려우므로 인장을 받는 하부플랜지의 맞대기 용접부에 작용하는 활하중 응력을 감소시키는 방법이 필요하며, 1등급의 내하력을 확보하기 위해서는 설계하중(차선하중)하에서 대상 부

위의 활하중 응력을 감소시켜야 한다.

따라서, 일반적으로 현재의 사하중응력 상태에서 결손단면에 작용하는 설계하중응력을 감소시키는 방법으로 연결판 설치 또는 외부강선 설치를 고려할 수 있으며, 다음과 같다.

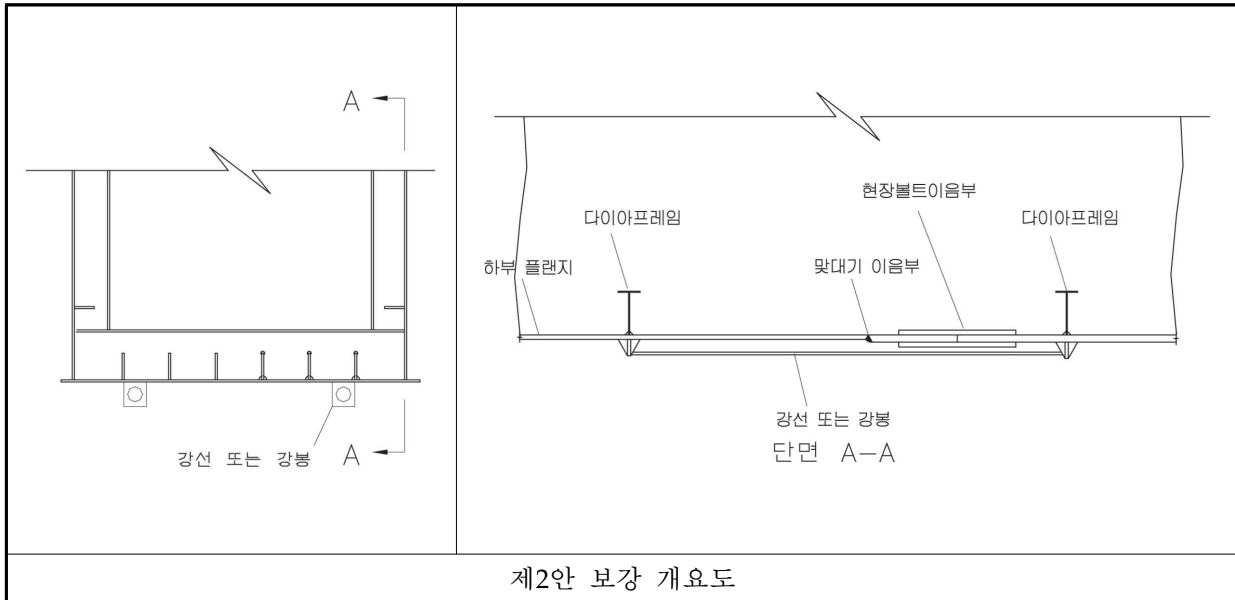
1) 제1안 : 내·외부 연결판 설치



2) 제2안 : 외부 강선 또는 강봉 설치

맞대기 이음부 주변에 기존의 현장연결판(SP)이 존재한다면 공간 부족으로 인해 새로운 연결판 설치가 불가능 할 것으로 판단되므로 제2안으로 외부 강선 또는 강봉 설치를 고려할 필요가 있다.

시공시 주의할 점은 외부 강선 또는 강봉은 활하중 감소를 목표로 설치하기 때문에 프리스트레싱 할 필요가 없고 단순 고정만으로 충분하며, 본 교량의 내하력을 고려하여 강봉의 단면적 또는 고정위치 등을 결정하여야 할 것이다.



나. 신축이음 노후에 따른 누수 및 신축여유량 부족

상적교의 신축이음은 2010년~2013년(상·하행)에 교체를 실시한 것으로 검토되어 최대 약 13년 정도 장기공용 중이며, 그에 따른 신축이음 본체의 누수, 유간부 다량의 토사충진 등이 조사되었다. 이는 2차 적으로 유간부 이물질 장기 지속에 의한 신축기능 저하, 하부 교대 콘크리트의 열화 등을 유발하고 있는 상황이다. 또한 신축이음 신축여유량을 검토한 결과, 상행 A1, 하행 A2 신축이음 본체는 동절기 최대 수축시 충분한 여유량까지는 확보되지 못하고 있다.(최대 수축기 여유량 1mm 미만)

금회 진단에서는 종합적으로 검토한 결과, 신축이음은 교체가 필요한 시기로 판단하였으며, 기능 및 사용성 등을 고려하여 기존의 No.100 규격의 본체가 아닌 신축허용량이 더 큰 No.160 규격의 신축이음으로 교체(상·하행 전체: 4개소)를 제안하였다.

따라서 신축이음은 중기관리계획에 따라 교체를 실시하는 것이 바람직하며, 교체 이전까지는 손상 증대 및 통행차량의 주행안전 확보 여부, 급격한 상태변화에 따른 보수의 시급성 판단 등의 중점적인 유지관리가 요구된다.

본체 누수 (상행 A1)	본체 누수 (상행 A2)	본체 누수 (하행 A1)
	후타재 금회 재시공 확인됨 (상행 A2) → 다만, 본체는 유지, 지속적인 누수 발생중	
본체 누수 (하행 A2)		

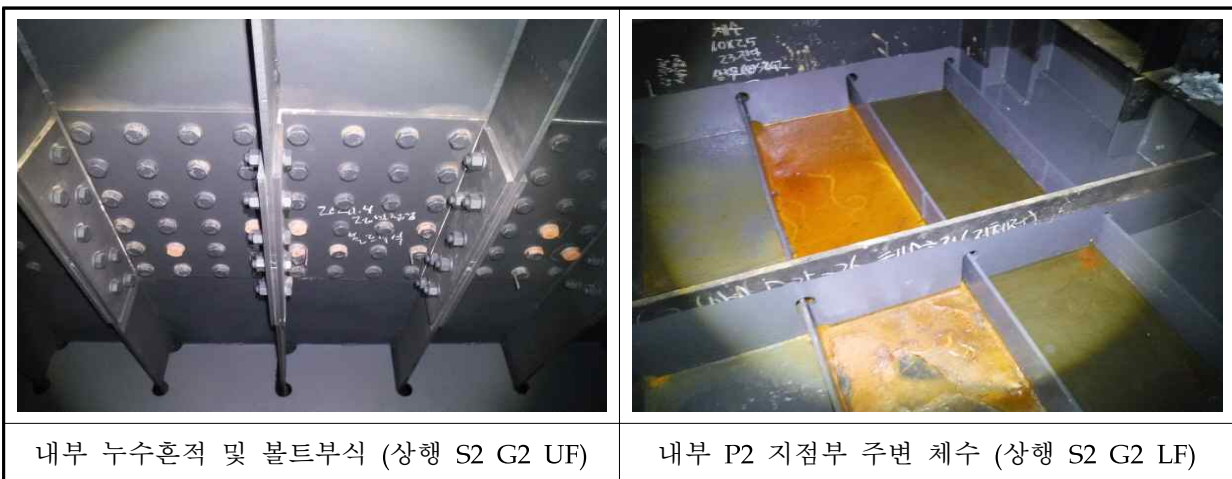
구 분			계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
			최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
상행	Exp.J-A2	신축이음장치	-39.3	21.9	60	100	0.7	38.1	O.K
		바닥판			75		-	53.1	O.K
		거더 상부			120			98.1	O.K
		거더 하부			125			103.1	O.K
하행	Exp.J-A1	신축이음장치	-39.3	21.9	60	100	0.7	38.1	O.K
		바닥판			130		-	108.1	O.K
		거더 상부			140			118.1	O.K
		거더 하부			155			133.1	O.K

다. 교면포장 백태 동반 망상균열, 보수미흡, 파손 등

상적교는 서울과 분당을 연결하는 주요 노선(분당내곡로) 상에 위치하여 일교통량이 많고 중차량의 통행이 빈번하며, 도시고속화도로 특성상 주행차로에 전달되는 차륜하중 및 충격이 클 것으로 판단된다.

교면포장은 아스팔트 포장으로 이러한 환경과 시공미흡 등에 의해 망상균열, 보수미흡, 파손 등이 조사되었고 그중 파손 및 보수미흡 부위는 백태를 동반한 상태로 바닥판의 노출 및 방수층 소실이 확인되었다. 백태가 동반된 포장 손상의 위치는 거더 내부의 Splice 누수부와 동일 선상에 위치한 것으로 검토되었고 거더 내부의 체수 및 모재, 볼트, 연결판 등의 부식을 유발하고 있는 상황이다.

따라서 포장 손상 부위는 급회 진단에서 제안한 보수방안에 따라 방수층 시공을 포함한 부분 재포장을 실시하는 것이 바람직하며, 향후에는 포장불량(포트홀, 소성변형, 파손 등) 및 물고임 발생과 하부의 누수 여부에 대한 연계 확인, 손상 증대 및 통행차량의 주행안전 확보 여부, 급격한 상태변화에 따른 전면 재포장 실시여부 판단 등의 중점적인 유지관리가 요구된다.



라. 교대 염화물 함유량 시험결과

금회 진단에서 실시한 콘크리트 재료시험 중 염화물 함유량 시험결과, 교대는 철근부의 염화물 함유량이 'c'로 평가되어 철근 부식의 가능성이 있는 상태로 분석되었다.

교대의 흙벽은 피복두께가 부족한 상태는 아니나 신축이음 누수 및 제설염수 유입에 의해 지속적으로 염해가 발생하고 있는 것으로 판단되고 금회 진단에서 제안한 신축이음 교체를 통한 누수 차단이 필요한 실정이다.

따라서 교대는 신축이음 교체 전후로 제설염수 유입 및 염해 발생에 따른 콘크리트 박락, 철근 노출 및 부식 발생 여부, 기 손상의 규모 확대 등에 대한 면밀한 관찰이 필요하고 염화물 정도 및 보수 필요여부 판단 등에 대한 중점적인 유지관리가 요구된다.

구 분			전염화물 함유량(%)	환산염화물 함유량(kg/m ³)	평가 기준	비고
상부 구조	상행 S3 RC	0~20mm	0.0082	0.186	a	
		20~40mm	0.0078	0.177	a	
		40~44mm	0.0063	0.143	a	철근
하부 구조	상행 A2 흙벽	0~20mm	0.0785	1.776	c	
		20~40mm	0.0662	1.498	c	
		40~67mm	0.0604	1.367	c	철근
	하행 P2 기둥	0~20mm	0.0148	0.335	b	
		20~40mm	0.0086	0.195	a	
		40~44mm	0.0043	0.097	a	철근

3.9 종합결론

3.9.1 결론

- 외관조사 결과 바닥판의 국부 균열, 박락, 층분리, 철근노출, 거더 및 2차부재의 도장탈락, 부식, 체수, 강재 변형, 용접 결함(균열, 기공, 누락), 볼트 체결불량, 교대의 균열, 백태, 파손, 철근노출, 교각의 균열, 재료분리, 박락, 교량받침의 부식, 몰탈 파손, 신축이음 본체의 누수, 후타재 파손, 교면포장의 망상균열, 파손, 포트홀, 소성변형, 배수시설의 배수구 막힘, 배수관 누수 및 길이부족, 방호벽의 균열, 박락, 파손, 철근노출 등의 결함 및 손상들이 조사되었다. 이는 전반적 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 결함 및 손상으로 내구성 확보 차원에서 적절한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 전차 정밀안전점검 결과와 비교 시 전반적으로 손상물량이 증가하는 경향을 보이며, 신축이음 본체의 누수, 후타재 균열을 제외한 결함 및 손상들은 전회 점검 이후 진행성은 없고 전반적으로 열화 형태의 결함이나 손상은 확인되지 않았다. 조속한 보수가 요구되는 손상은 없으나 내구성 저하 방지와 안전 확보 차원에서 거더 및 가로보의 볼트 체결 불량(풀림, 누락 등), 신축이음 본체의 누수, 교면포장의 파손 및 보수미흡, 배수관 상태 불량(누수, 탈락, 길이부족)에 대한 우선적인 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 콘크리트 재료시험 결과, 각 항목별 시험결과는 대체적으로 양호하나 하부구조 중 일부 개소는 철근탐사 피복부족, 염화물 ‘c’, 균열깊이 피복초과인 상태로 측정되었다. 이는 시공미흡, 공용기간 증가, 신축이음 누수 및 제설염수 유입 등에 따른 결과로 판단되고 지속적인 관찰과 일부는 주입보수, 단면보수(방청) 등의 조치가 필요할 것으로 보인다.
- 강재 재료시험 결과, 초음파탐상(UT)은 13개소가 4급으로 내부결함이 존재하는 것으로 검토되었으나 단면감소를 고려한 용접부 피로 검토 및 안전성 평가 결과는 허용응력범위 내로 안전성을 확보하고 있는 상태이다. 따라서 맞대기 용접부에 대한 별도의 보강은 필요치 않으며, 주의관찰이 요구되나 향후 점검 및 진단 결과에 따라 문제점 발견 시에는 보강이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도막두께는 대체적으로 양호하나 거더내부 및 세로보는 하한값을 만족하지 못하는 상태로 측정되어 외관조사 결과에서 강재 부식 개소는 재도장이 요구되고 향후 발청 유무에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 보인다.
- 상적교의 상태평가 및 안전성평가 결과에 따른 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 “C(보통)”등급으로 지정하였다.
- 상적교는 1994년 준공후 현재까지 약 29년 동안 공용중인 시설물로 외관조사 결과 교량의 안전성을 저하시키는 중대한 결함이나 손상은 조사되지 않은 상태로 현 시점에서 시설물 사용제한은 필요하지 않으며, 기 발생한 손상들에 대하여 제안된 방법으로 유지관리 계획에 따라 보수공사를 실시하고 보수공사 이후에도 지속적인 점검을 통한 유지관

리를 실시하면 시설물의 내구성 및 사용성을 충분히 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

3.9.2 기타 필요한 사항

가. 발주기관의 기타 요구사항

본 내용은 과업지시서에 의한 것으로 상적교는 금회 진단기간 중 보수공사를 병행하여 진행 중인 상황으로 공사 발주내용 중 금회 진단결과와 중복되는 내용을 비교하였으며, 향후 유지관리시 참고자료로 활용하기 위해 작성하였다.

공사명 : 수정구 관내교량 보수보강 공사(1구역)

o 상적교

- ▶ 포장 보수공사(마감공사) : 절삭 후 아스팔트 덧씌우기(2,700㎡), 상판보수(135㎡), 차선 도색(108㎡), 중기운반(1식) 등
- ▶ 콘크리트 보수공사 : 단면복구(14㎡), 철근방청 및 단면복구(4㎡), 균열 주입보수(11m), 폐기물 삼차(1㎡) 등
- ▶ 방호벽 보수공사 : 콘크리트 단면처리(864㎡), 유성페인트 롤러칠(1,296㎡)
- ▶ 부대공사 : 굴절차(3일), 고소작업차(3일), 유도등 설치 및 해체(400m), 교통안전시설 1식

공사 발주 내용과 금회 진단결과(외관조사망도)에서 동일한 손상은 아래와 같다.

금회 외관조사망도 (1)									
부재명	방향	경간 지점	손상 번호	손상명	폭 (너비)	길이	개소	물량	단위
교면포장	하행	S1	5~32	아스콘손상(전체)	13.5	55	1	742.5	㎡
교면포장	하행	S2	2~18	아스콘손상(전체)	13.5	70	1	945	㎡
교면포장	하행	S3	7~28	아스콘손상(전체)	13.5	55	1	742.5	㎡
방호벽	상행	S2	15	철근노출	0.1	0.1	1	0.01	㎡
방호벽	상행	S3	28	파손/철근노출	0.2	0.5	1	0.1	㎡
바닥판	상행	S2	4	균열(cw=0.3mm)	0.3	1.4	2	2.8	m
교대	상행	A1	8	균열(cw=0.3mm)	0.3	1.2	1	1.2	m
교대	상행	A1	11	철근노출	6	0.2	1	1.2	㎡
교대	상행	A1	14	균열(cw=0.3mm)	0.3	0.5	1	0.5	m
교대	상행	A1	18	철근노출	0.1	0.1	1	0.01	㎡
교각	상행	P1	7	보수부파손	0.3	0.3	2	0.18	㎡
교각	상행	P1	14	보수부재균열(cw=0.3mm)	0.3	0.7	1	0.7	m
교각	상행	P1	16	보수부들뜸	0.7	0.3	1	0.21	㎡
교각	상행	P1	17	보수부들뜸	0.2	0.2	1	0.04	㎡
교각	상행	P1	18	보수부들뜸	0.4	0.3	2	0.24	㎡
교각	상행	P1	19	보수부들뜸	0.7	0.2	1	0.14	㎡
교각	상행	P1	21	보수부들뜸	0.6	0.3	1	0.18	㎡
교각	상행	P1	22	보수부들뜸	0.6	0.5	1	0.3	㎡
교각	상행	P1	23	보수부재균열(cw=0.4mm)	0.4	0.3	1	0.3	m
교각	상행	P1	24	보수부재균열(cw=0.4mm)	0.4	0.3	1	0.3	m

금회 외관조사망도 (2)									
부재명	방향	경간 지점	손상 번호	손상명	폭 (너비)	길이	개소	물량	단위
교각	상행	P1	25	보수부재균열(cw=0.4mm)	0.4	0.2	1	0.2	m
교각	상행	P1	27	보수부재균열(cw=0.4mm)	0.4	0.3	1	0.3	m
교각	상행	P1	28	균열(cw=0.3mm)	0.3	1	1	1	m
교각	상행	P2	25	보수재탈락	6	0.3	2	3.6	m ²
교각	상행	P2	30	보수부들뜸	0.3	0.3	1	0.09	m ²
교각	상행	P2	31	보수부들뜸	0.2	0.2	1	0.04	m ²
교각	상행	P2	32	보수부들뜸	0.2	0.2	1	0.04	m ²
교각	상행	P2	33	보수부들뜸	0.2	0.2	2	0.08	m ²
교대	상행	A2	8	철근노출	0.1	0.6	1	0.06	m ²
교대	상행	A2	9	철근노출	0.4	0.4	2	0.32	m ²
교대	상행	A2	13	균열(cw=0.2mm)	0.2	0.5	1	0.5	m
바닥판	하행	S3	9	보수부파손	0.5	0.5	1	0.25	m ²
바닥판	하행	S3	26	파손/철근노출	0.5	0.5	1	0.25	m ²
교대	하행	A1	14	철근노출	0.1	0.5	1	0.05	m ²
교각	하행	P1	9	보수부들뜸	0.1	0.1	2	0.02	m ²
교각	하행	P1	10	보수부들뜸	0.5	0.2	1	0.1	m ²
교각	하행	P1	11	보수부들뜸	0.3	0.1	1	0.03	m ²
교각	하행	P1	12	균열(cw=0.2mm)	0.2	0.3	1	0.3	m
교각	하행	P1	13	균열(cw=0.2mm)	0.2	0.3	1	0.3	m
교각	하행	P1	14	보수부들뜸	0.8	0.2	1	0.16	m ²
교각	하행	P1	16	보수부들뜸	0.8	0.3	1	0.24	m ²
교각	하행	P1	17	균열(cw=0.2mm)	0.2	0.5	1	0.5	m
교각	하행	P1	18	균열(cw=0.2mm)	0.2	0.3	1	0.3	m
교각	하행	P1	19	보수부들뜸	0.8	0.2	1	0.16	m ²
교각	하행	P2	18	보수부들뜸	0.4	0.2	1	0.08	m ²
교각	하행	P2	19	보수부들뜸	1	0.5	1	0.5	m ²
교각	하행	P2	20	균열(cw=0.2mm)	0.2	0.4	1	0.4	m
교각	하행	P2	21	보수부들뜸	0.2	0.2	2	0.08	m ²
교각	하행	P2	22	보수부재균열(cw=0.2mm)	0.2	0.3	1	0.3	m
교각	하행	P2	23	보수부들뜸	0.2	0.3	1	0.06	m ²
교각	하행	P2	28	균열(cw=0.2mm)	0.2	0.4	2	0.8	m
교대	하행	A2	13	파손	0.2	0.4	1	0.08	m ²
교대	하행	A2	14	보수부들뜸	0.6	0.3	1	0.18	m ²
교대	하행	A2	18	파손	0.4	0.4	2	0.32	m ²
교대	하행	A2	19	파손/철근노출	0.6	0.6	1	0.36	m ²
배수시설	하행	S1	28	배수관탈락	-	-	1	1	ea

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (1)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥 판	상행	균열(0.3㎜미만)	23.27	㎡	표면보수	56	1,303	1
		(당초) 균열(0.3㎜이상)	12.22	㎡	주입보수	78	953	1
		(변경) 균열(0.3㎜이상)	8.58	㎡	주입보수	78	669	1
		백태	0.04	㎡	표면보수	56	2	1
		보수부들뜸/파손	0.52	㎡	단면보수	196	102	1
		보수재탈락	40.46	㎡	표면보수	56	2,266	1
		이음부박락	0.65	㎡	단면보수	196	127	1
		재료분리	3.25	㎡	단면보수	196	637	1
		철근노출	1.72	㎡	단면보수(방청)	204	351	1
		충분리	0.05	㎡	단면보수(방청)	204	10	1
	하행	균열(0.3㎜미만)	1.24	㎡	표면보수	56	69	1
		데크도장박리	0.05	㎡	재도장	60	3	1
		망상균열	6.24	㎡	표면보수	56	349	1
		보수부백태/누수	0.2	㎡	표면보수	56	11	1
		보수부파손	0.33	㎡	단면보수	196	65	1
		보수재박리	140.4	㎡	표면보수	56	7,862	1
		보수재탈락	158.6	㎡	표면보수	56	8,882	1
		이음부누수/백태	18.2	㎡	단면보수	196	3,567	1
		파손/철근노출	0.33	㎡	단면보수(방청)	204	67	1
		거더 내부	상행	Splice부볼트녹발생	1.31	㎡	재도장	60
Splice부볼트미체결	8			EA	강교볼트체결	10	80	1
Splice부볼트체결불량	2			EA	강교볼트체결	10	20	1
Splice부부식	0.39			㎡	재도장	60	23	2
녹발생	11.77			㎡	재도장	60	706	2
도장박리	0.44			㎡	재도장	60	26	2
도장탈락	27.9			㎡	재도장	60	1,674	2
리브용접부부식	0.2			㎡	재도장	60	12	2
볼트누수흔적	8			EA	재도장	60	480	2
볼트체결불량	4			EA	강교볼트체결	10	40	1
부식	9.58			㎡	재도장	60	575	2
부식/토사적치	10.4			㎡	재도장	60	624	2
용접부녹발생	7.8			㎡	재도장	60	468	2
이물질적치	46.54			㎡	청소	40	1,862	3
작업구용접불량/녹발생	1.04			㎡	재도장	60	62	2

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (2)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더 내부	하행	Splice부볼트녹발생	0.46	m ²	재도장	60	28	2
		Splice부볼트미체결	5	EA	강교볼트체결	10	50	1
		Splice부볼트체결불량	6	EA	강교볼트체결	10	60	1
		녹발생	0.49	m ²	재도장	60	29	2
		녹발생/도장탈락	1.63	m ²	재도장	60	98	2
		도장박리	0.52	m ²	재도장	60	31	2
		도장탈락	5.25	m ²	재도장	60	315	2
		리브부식	0.65	m ²	재도장	60	39	2
		볼트체결불량	2	EA	강교볼트체결	10	20	1
		부식	34.15	m ²	재도장	60	2,049	2
		이물질적치	21.58	m ²	청소	40	863	3
		작업구용접불량/녹발생	0.31	m ²	재도장	60	19	2
		표면오염	52	m ²	재도장	60	3,120	2
거더 외부	상행	녹발생	31.15	m ²	재도장	60	1,869	2
		도장긁힘	3.12	m ²	재도장	60	187	2
		볼트녹발생	3.33	m ²	재도장	60	200	2
		볼트체결불량	2	EA	강교볼트체결	10	20	1
	하행	녹발생	11.1	m ²	재도장	60	666	2
		도장박리	5.32	m ²	재도장	60	319	2
		미도장	0.39	m ²	재도장	60	23	2
		보수부녹발생	0.36	m ²	재도장	60	22	2
		볼트녹발생	0.29	m ²	재도장	60	17	2
		볼트부식	0.21	m ²	재도장	60	13	2
	부식	1.5	m ²	재도장	60	90	2	
거더 및 가로 보	상행	녹발생	1.61	m ²	재도장	60	97	2
		도장박리	0.08	m ²	재도장	60	5	2
		볼트녹발생	3.48	m ²	재도장	60	209	2
	하행	녹발생	1.69	m ²	재도장	60	101	2
		도장박리	0.2	m ²	재도장	60	12	2
		볼트녹발생	0.1	m ²	재도장	60	6	2
교대	상행	(당초) 균열(0.3㎜미만)	4.49	m ²	표면보수	56	251	2
		(변경) 균열(0.3㎜미만)	4.33	m ²	표면보수	56	243	2
		균열(0.3㎜이상)	2.21	m	주입보수	78	172	1
		망상균열	1.86	m ²	표면보수	56	104	2
		백태	0.92	m ²	표면보수	56	52	2

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (3)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	상행	보수부들뜸	0.23	m ²	단면보수	196	45	2
		보수부망상균열	0.27	m ²	표면보수	56	15	2
		보수부재균열(0.3mm미만)	0.65	m ²	표면보수	56	36	2
		재료분리	1.13	m ²	단면보수	196	221	2
		철근노출	1.65	m ²	단면보수(방청)	204	337	1
		파손/철근노출	0.42	m ²	단면보수(방청)	204	86	1
	하행	균열(0.3mm미만)	6.05	m ²	표면보수	56	339	2
		백태	0.05	m ²	표면보수	56	3	2
		보수부들뜸	0.23	m ²	단면보수	196	45	2
		보수부망상균열	1.17	m ²	표면보수	56	66	2
		보수부재균열(0.3mm미만)	1.37	m ²	표면보수	56	77	2
		철근노출	0.07	m ²	단면보수(방청)	204	14	1
		파손	0.52	m ²	단면보수	196	102	2
		파손/철근노출	0.47	m ²	단면보수(방청)	204	96	1
교각	상행	거푸집미제거	1	EA	거푸집제거	55	55	3
		균열(0.3mm미만)	30.32	m ²	표면보수	56	1,698	2
		균열(0.3mm이상)	1.3	m	주입보수	78	101	1
		들뜸	0.16	m ²	단면보수	196	31	2
		박락	2.35	m ²	단면보수	196	461	2
		박리	7.87	m ²	단면보수	196	1,543	2
		보수부들뜸	1.77	m ²	단면보수	196	347	2
		보수부재균열(0.3mm미만)	2.21	m ²	표면보수	56	124	2
		보수부재균열(0.3mm이상)	2.34	m	주입보수	78	183	1
		보수부파손	0.23	m ²	단면보수	196	45	2
		보수재탈락	4.68	m ²	표면보수	56	262	2
		잡철물	0.08	m ²	단면보수	196	16	2
		재료분리	0.65	m ²	단면보수	196	127	2
		층분리	0.01	m ²	단면보수(방청)	204	2	1
	하행	(당초) 균열(0.3mm미만)	20.02	m ²	표면보수	56	1,121	2
		(변경) 균열(0.3mm미만)	19.18	m ²	표면보수	56	1,074	2
		망상균열	4.23	m ²	표면보수	56	237	2
		(당초) 보수부들뜸	2.17	m ²	단면보수	196	425	2
		(변경) 보수부들뜸	0.31	m ²	단면보수	196	61	2
		(당초) 보수부재균열(0.3mm미만)	0.39	m ²	표면보수	56	22	2
		(변경) 보수부재균열(0.3mm미만)	0.29	m ²	표면보수	56	16	2
		잡철물	0.08	m ²	단면보수	196	16	2
		파손	0.03	m ²	단면보수	196	6	2

[공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (4)]

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교량 받침	상행	플레이트부식	0.62	m ²	재도장	60	37	3
	하행	받침몰탈균열(0.3㎜미만)	0.1	m ²	표면보수	56	6	3
		받침몰탈파손	0.08	m ²	단면보수	196	16	3
		받침콘크리트균열 (0.3㎜미만)	0.13	m ²	표면보수	56	7	3
		플레이트부식	0.35	m ²	재도장	60	21	3
신축 이음	상행	신축이음누수, 후타재파손 등	27	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.5m, 2개소)	1,606	43,362	1
	하행	신축이음누수, 후타재파손 등	27	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.5m, 2개소)	1,606	43,362	1
교면 포장	상행	보수미흡	0.68	m ²	소파보수(방수,주간)	52	35	1
		소성변형	63.44	m ²	소파보수(방수,주간)	52	3,299	1
		소성변형/들뜸	1.3	m ²	소파보수(방수,주간)	52	68	1
		아스콘파손	10.4	m ²	소파보수(방수,주간)	52	541	1
	하행	보수미흡	0.83	m ²	소파보수(방수,주간)	52	43	1
배수 시설	상행	배수관길이부족	1	EA	배수관길이연장	128	128	1
		배수관막힘	1	EA	배수관재설치	128	128	1
		배수관접합부이격	1	EA	실링보수(배수관)	9	9	1
		배수관탈락	1	EA	배수관재설치	128	128	1
	하행	배수관탈락	1	EA	배수관설치	223	223	1
		배수구막힘	1	EA	배수구청소	79	79	1
방호 벽	상행	박락/철근노출	8.13	m ²	단면보수(방청)	204	1,659	2
		철근노출	0.01	m ²	단면보수(방청)	204	2	2
		파손/철근노출	0.13	m ²	단면보수(방청)	204	27	2
	하행	박락	1.5	m ²	단면보수	196	294	3
		박락/철근노출	3.24	m ²	단면보수(방청)	204	661	2
		파손	0.08	m ²	단면보수	196	16	3
직접공사비						(당초)	146,968	
						(변경)	144,041	
제경비(직접공사비의 50%)						(당초)	73,484	
						(변경)	72,021	
부대비(직접공사비의 35%)						(당초)	51,439	
						(변경)	50,414	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위(단기)			(당초)	220,728	
						(변경)	217,636	
			2순위(중기)			(당초)	45,286	
						(변경)	42,963	
			3순위(장기)			(당초)	5,877	
						(변경)	5,877	
총 공사비						(당초)	271,891	
						(변경)	266,476	

현재 공사 중 또는 예정인 내용은 주요부재(바닥판, 하부구조)의 철근노출 및 $cw=0.3\text{mm}$ 이상의 균열, 단면손상 일부, 배수시설 정비 등으로 보수물량은 적으나 상태평가 기준에 의해 구조물의 등급에 미치는 영향이 큰 'c~d' 손상 및 결함들로 발주된 공사를 통해 상태평가의 결함지수가 큰 폭 감소할 것으로 예상된다.

나. 기타 의견 및 제안사항

금회 진단결과, 상적교의 안전등급은 종합평가에 의해 'C등급'으로 지정하였고 2018년 정밀안전진단 이후 약 5년 동안 'C등급'으로 관리가 이루어지고 있다. 다만, 본 시설물은 1994년 준공 이후 약 29년 동안 장기공용 중인 시설물이므로 시설물의 적절한 안전수준과 성능 및 기능을 유지·확보하여 장기적인 유지관리 효율성을 극대화 할 수 있는 수준으로 관리가 필요하다.

또한 시설물의 성능평가를 착안하여 관리주체는 본 교량의 안전등급을 B등급으로 설정하여 유지 및 관리하고자 하는 의지를 표명하고 있는 상황이므로 그 의견에 따라 향후 유지관리시 시설물의 적절한 안전수준과 유지관리의 효율성을 확보하기 위한 합리적인 방안 및 전략에 대해 제안하고자 한다.

우선적으로 금회 진단에서 우선순위에 따른 1순위 보수방안 중 바닥판의 $cw=0.3\text{mm}$ 이상 비구조적 균열 및 철근노출, 거더 및 가로보의 볼트 체결불량(풀림 또는 누락 등), 교대 및 교각의 $cw=0.3\text{mm}$ 이상 비구조적 균열, 신축이음 본체의 누수, 교면포장의 파손 및 보수 미흡, 배수관 상태불량(길이부족, 접합부 이격, 탈락)에 대한 최우선적인 보수를 실시한 이후 순차적으로 주요부재(바닥판, 거더 및 가로보, 교대, 교각)의 1, 2순위에 해당하는 손상 및 결함들에 대한 조치를 취한다면 상태평가의 결함지수가 큰 폭 감소할 것으로 예상되고 더 나아가서는 현재의 C등급에서 B등급으로 상향을 기대해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

다만, 시설물의 안전등급은 현재 상태를 대표하는 지표이긴 하나 등급과 무관하게 안전 문제가 발생하는 경우가 종종 생기므로 시설물의 유지관리는 예방적 유지관리와 사후 유지관리 두 가지를 모두 만족하는 행위가 되어야한다. 그러므로 본 진단 결과와 향후 점검 및 진단 결과 등을 참고하여 시설물의 중점적인 문제점을 파악하고 그에 따른 대책 방안 수립과 관리주체의 지속적인 관심 및 유지관리가 수반된다면 시설물의 안전성 및 사용성 확보에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

