

제 1 장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 일정

1.4 대상교량의 현황

1.5 사용장비 및 시험기기 현황

1.6 교량기호 정의

제 1 장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

본 용역은 ‘시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법’ 대상 시설물에 대한 정밀점검용역을 전문진단기관에 의뢰하여 시설물의 기능 및 사용재료의 성능저하 등을 신속 정확히 조사, 측정, 평가함으로써 이에 대한 적절한 조치를 취하여 사고를 예방하고 시설물의 과학적이고 체계적인 유지관리 하고자 함.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

가. 자료수집 및 분석

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 종합평가 및 안전등급 지정
- 5) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시
- 6) 보고서 작성 및 점검결과 전산입력

1.2.2 과업수행기간

- 2020. 03. 23 ~ 2020. 09. 18 (180일)

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2019.01, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거 수행하였으며, 과업 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

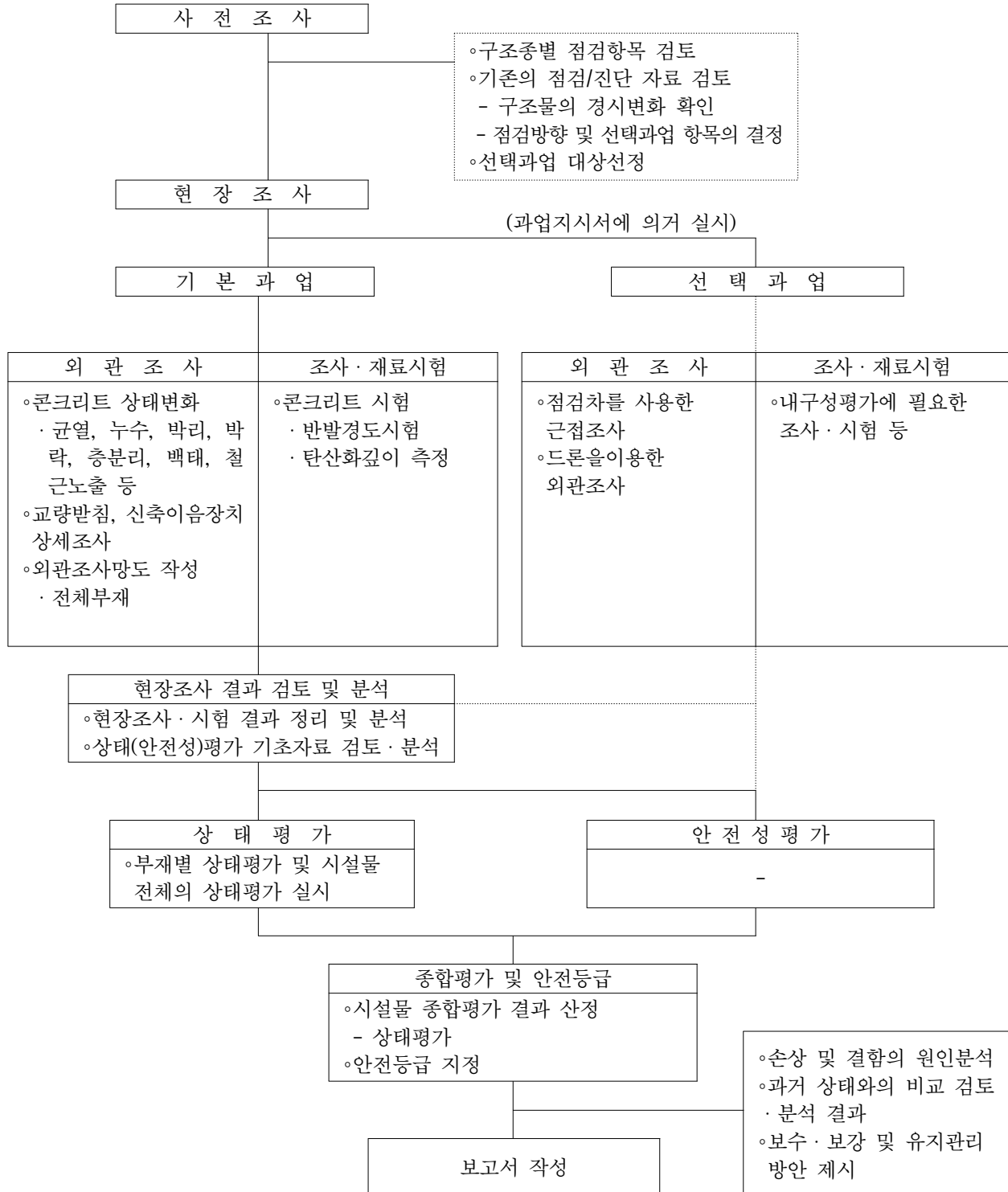
【표 1.1】 과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토(2014년 정밀점검 자료 등)	안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2019. 01) 적용
현장 조사 및 시험	외관 조사	1) 교량의 제원 및 시공상태 조사 2) 상·하부구조 외관 결함 및 손상 등, 외관조사 3) 신축이음, 받침 등 기능상태 조사 4) 부재별 기 점검결과와의 비교	
	내구성 조사	1) 콘크리트 강도 조사 - 반발경도시험에 의한 비파괴 압축강도 시험 2) 콘크리트 품질시험 - 탄산화 깊이 측정	
상태평가		1) 부재별 상태평가 결과 산정 후 부재별 가중치를 고려한 시설물 전체에 대한 상태평가 결과 산정 2) 기 점검 결과와의 비교	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강 대책수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법제시	
유지관리 대책수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 우선순위 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선 순위 제시	
보고서 작성		1) 보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 일정

1.3.1 과업수행 절차

이호육교 정밀안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.1】 정밀안전점검 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전점검 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.2】 정밀안전점검 과업수행 일정

공 종	2020년 03월 23일 ~ 09월 18일(180일간)													비 고
	3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월	
	20	35	50	65	80	95	110	125	140	155	170	180		
1. 자료조사 및 현장답사														-03/23 착수
1) 착수계 제출														
2) 현장답사														
3) 관련자료 수집 및 분석														
4) 사전검토보고서 제출														
5) 과업수행계획서 제출														
2. 현장조사 및 시험														
1) 현장조사 계획 및 준비														
2) 현장조사														
3) 재료시험														
3. 시설물의 평가														-중간보고 (05.28)
1) 상태평가														
2) 성능평가														
3) 종합평가														
4. 보수보강 제시														
1) 보수방안 및 우선순위 결정														
2) 유지관리방안 제시														-결과보고
5. 결과보고														
1) 결과보고														
2) 성과품 초안제출														-09/18 준공
6. 보고서 작성														
1) 외관조사 망도 작성														
2) 최종보고서 작성														
3) e-보고서 작성														

1.4 대상교량의 현황

1.4.1 현황

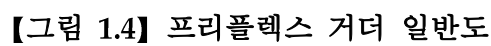
본 과업 대상시설물인 이호육교의 현황은 다음과 같다.

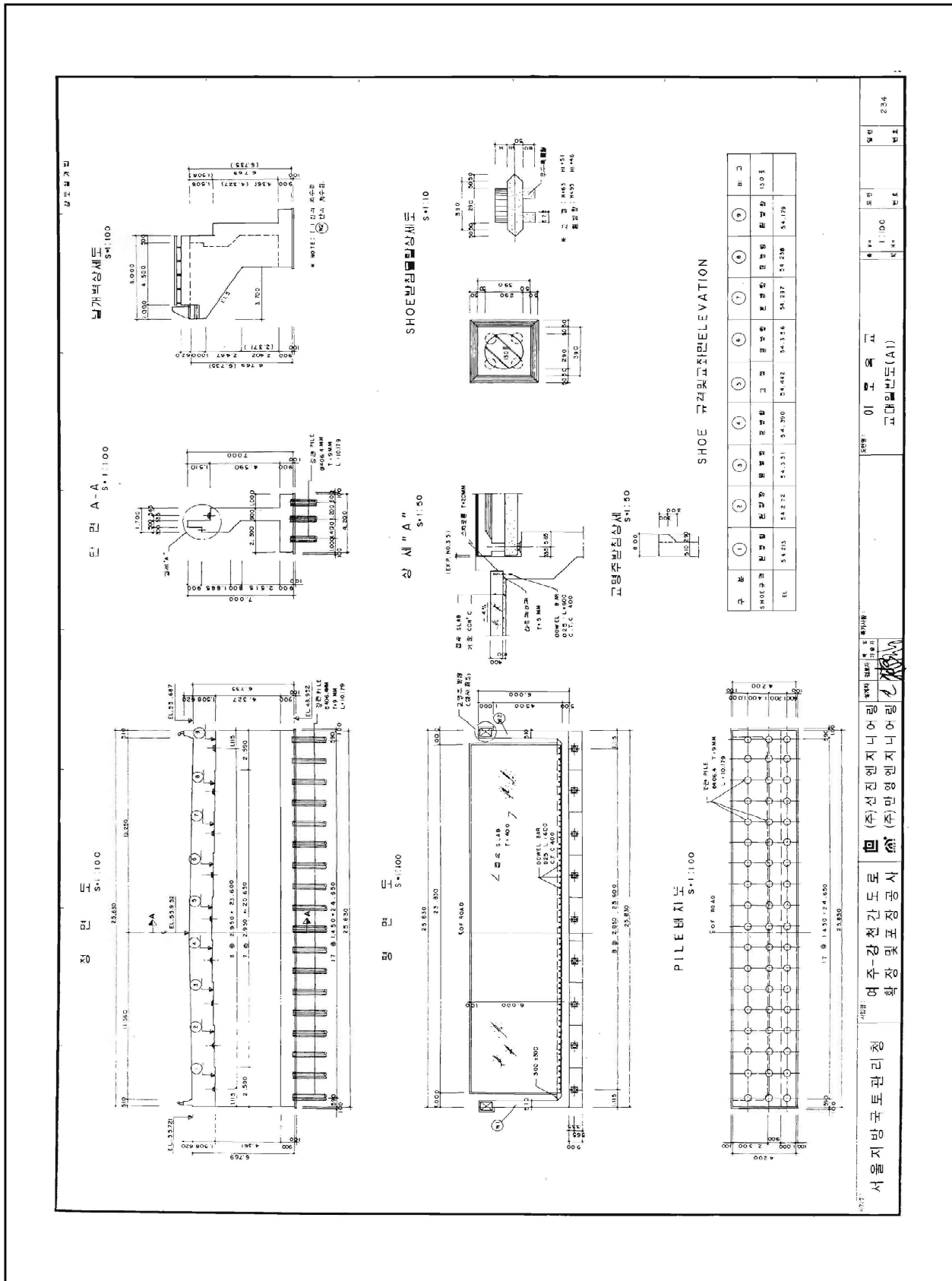
【표 1.3】 이호육교 현황표

작성일 : 2020년 6월 5일

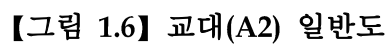
구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		이호육교(인천)		시설물번호		BR1999-0000768	
준공년월		1999년 12월		관리번호		-	
시설물위치		경기도 여주시 강천면 이호리 193-7					
설계하중		DB-18, DL-18		노선명(이정)		국도42호선	
제원	연장	L=30.0m (1@30.0 = 30.0m)					
	폭	B = 25.83m, 상행3차선, 하행3차선					
구조 형식	상부	프리플렉스빔교(PF)		기초 형식	교대	강관파일기초 / 역T형	
	하부	교대 : 역T형			교각	-	
교량받침		포트받침		신축이음		A1, A2 : 강팽거 조인트	
교차시설물		강천로		통과높이		5.0m	
설 계 사		(주)만영엔지니어링		시 공 사		(주)삼호	
내진설계유무		미적용		관리주체		수원국토관리사무소	
부착시설내용		-					
기 타		➤ 평면선형 : 직선(R=∞), 종단기울기 : +0.3533% ➤ 편 경 사 : ±2.0%, 사각 : 90° ➤ 난간연석 : 콘크리트 방호울타리(H=0.700m)+알루미늄난간(H=0.400m) ➤ 배수시설 : 아연 도금 강관(육교용) ➤ 기 타 : 진입 및 진출차로 ➤ 점 검 로 : 미설치					







【그림 15】 교대(A1) 일반도



1.5 사용장비 및 시험기기 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 【표 1.4】와 같다.

【표 1.4】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

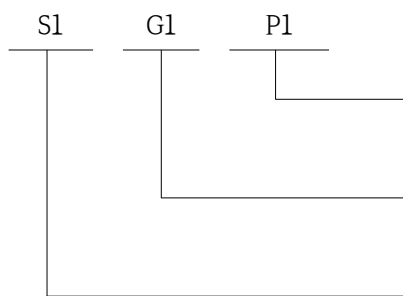
구 분	장 비 명	Model 규 격	용 도	비 고
제원조사	줄자	50m줄자	제원조사	
	버니어 캘리퍼스	Mitutoyo	균열 폭, 중성화심도 등	
외관조사	디지털 카메라	Canon PowerShot SX400 IS	현황촬영	
	망원경	-	외관조사	
	닥터햄머	-	타격조사	
	무전기	Kukjae	PD2000	
압축강도 조사	Rebound Hammer	Proceq NR-Type	비파괴 압축강도 추정	
탄산화시험	페놀프탈레인용액	페놀프탈레인 1%용액	콘크리트 탄산화측정	
철근배근 탐사	철근탐사기	RC-Radar	철근배근조사	

1.6 교량기호의 정의

【표 1.5】 교량기호의 정의

부 재 구 분		사용기호	비 고
공 통	경 간	S	Span(시점에서 종점으로 순번)
	거 더	G	Main Girder
	바 닥 판	SL	Slab
	가 로 보	CB	Cross Beam
	교량받침	Sh	Shoe
	신축이음	EXP. J	Expansion Joint(시점에서 종점으로 순번)
하부구조	교 대	A	Abutment(시점에서 종점으로 순번)
	교 각	P	Pier(시점에서 종점으로 순번)
상하행 일체교량		상하행 분리교량	

EX)



시점에서 종점을 바라볼 때 첫 번째 교각

시점에서 종점을 바라볼 때 좌측에서 우측으로 첫 번째 거더

시점에서 종점을 바라볼 때 첫 번째 경간

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기존 정기·정밀점검 실시결과 요약

2.4 보수·보강 이력 및 용도변경

2.5 내진설계 및 보강 여부

2.6 자료분석 결과요약

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 조사자료는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

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

2.1.1 자료수집 현황

본 구조물에 관련된 자료는 주로 설계 및 시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 자료 등이며, 관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음과 같다.

【표 2.1】 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계도서	공 통 - 준공내역서, 공사시방서 - 각종계산서, 토질조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	-	-
	설계도면, 준공도면 - 위치도, 평면도, 단면도, 상하부 구조물도, 빔 상세도, 신축이음, 교량받침 상세도	○	FMS 내 준공도서
시설물 관리대장	기본현황, 상제제원, 유지관리 이력	○	FMS 내 준공도서
정기점검 및 정밀점검 자료		○	FMS 내 준공도서
시설물 보수 · 보강 자료		○	

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

이호육교는 1999년에 준공된 시설물로서 설계 및 준공도서와 기타 제반자료 수집·검토를 통한 대상시설물의 일반현황 및 구조물 특성을 기술하면 다음과 같다.

교량의 평면선형은 사각(90°)이 없는 직선($R=\infty$)을 이루고 있으며, 종단경사는 시점에서 종점으로 +0.3533%의 상향기울기를 형성하고 있다. 상부구조는 단경간으로 전체 연장 30.035m의 Preflex Beam 교량이다. 하부구조는 풍화암을 기반암으로 하는 강관파일기초 형식이며, 그 위에 역T형 교대 2기가 시공되어 있다.

2.2.1 구조물 현황 및 제원

1) 교량제원

- ① 교량등급 : 2등교 (DB-18 및 DL-18 적용)
- ② 교량형식 : 프리플렉스빔(PF)교
- ③ 교량연장 : $L = 30.035\text{m}$, 1@30.035
- ④ 교량폭원 : $B = 25.83\text{m}$, 상행(3차로), 하행(3차로)
- ⑤ 주형제원 : $B = 900\text{mm}$ $H = 1,080\text{mm}$
- ⑥ 사 각 : 90°

2) 보고서 및 구조계산서

본 교량은 설계 및 준공당시의 보고서 및 구조계산서는 보관되지 않은 상태이다.

2.3 기존 정기·정밀점검 실시결과 요약

본 교량에 대한 기존 정기 및 정밀안전점검 이력은 “시설물정보관리 종합시스템(FMS)”에 기록된 자료를 토대로 정리하면 정기안전점검 3회, 정밀안전점검 1회를 실시하였으며, 주요점검 이력은 다음과 같다.

2.3.1 점검 및 진단이력

【표 2.3】 이호육교 점검 및 진단이력

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요점검/진단결과	상태 등급
1	정밀안전점검	2014-12-31	(주)동우기술단	· 외관조사결과 각 부재의 결함 및 손상은 보수를 통해 구조물의 내구성 및 사용성을 확보하여야 하며, 특히 신축이음 누수와 받침부식, 거더 단부 철근노출에 대해서는 단기적인 보수계획 수립이 필요함 · 콘크리트 비파괴시험 결과 콘크리트의 품질상태는 전반적으로 양호함 · 상태평가결과 환산결함도 점수는 0.243이며, “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 B등급으로 평가됨 · 대상 시설물의 주요결함 및 손상부에 대하여 적절한 보수가 이루어지고 보수 후에도 정기적인 점검 및 지속적인 유지관리를 통해 구조물의 내구연한을 연장시켜 안전성 및 사용성을 최대한 확보하고, 문제점 발생 시에는 즉각적인 대책을 수립·강구하여야 할 것으로 판단됨	B등급
2	정기안전점검	2018-12-31	자체수행	지속관찰	양호
3	정기안전점검	2019-05-07	자체수행	· 난간,연석(균열), 교량받침(부식), 중앙분리대 연석(박리,균열)	B등급
4	정기안전점검	2019-12-31	자체수행	-	양호

2.3.2 기존 정밀점검 실시결과(2014년 12월)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수보강(안)
상부구조	바닥판	a	- 상태양호	-
	거더	b	- 파손, 박락, 철근노출	단면보수(방청)
	가로보	a	- 상태양호	-
하부구조	교대	b	- 균열(0.3mm내/외) - 박락, 철근노출 - 백태	표면처리/주입보수 단면보수(방청) 표면처리
	교각	-	- 상태양호	-
교량받침		c	- 받침장치 부식	재도장(방청)
기타부재	신축이음장치	c	- 차수판 미설치 - 신축이음 누수, 후타재 균열, 마모	차수판 설치 신축이음 교체
	교면포장	c	- 망상균열	절삭후 재포장
	배수시설	b	- 집수구 막힘	청소
	난간 및 연석(방호벽)	b	- 박리, 박락	단면보수

나. 종합평가 결과

시설물 종합평가 등급은 시설물 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 종합평가 등급으로 결정하며, 정밀안전점검의 경우 안전성 평가를 생략하므로 대상교량의 평가등급은 상태평가 등급인 「B」로 결정된다.

구분	안전등급의 의미	안전등급
이호육교	- 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태 - 세부지침의 규정에 의해 산출된 종합평가 등급을 상향하거나 하향시킬 만한 변수가 없음을 의미함	「B등급」 양호

다. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	28.3 ~ 30.3	27.0	■ 설계기준강도 대비 100% 이상으로 양호한 상태임.
	하부 구조	반발경도	25.0~ 25.3	24.0	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계 강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨				

라. 종합결론

본 과업에서는 시설물에 대한 기초자료조사, 외관조사, 비파괴조사 등을 통해 시공 중과 공용 중에 발생되었을 것으로 추정되는 초기결함 및 열화손상에 대한 상태변화를 조사하였으며, 시설물의 사용성, 내구성, 안전성에 미치는 영향을 종합적으로 평가한 결과는 다음과 같다.

- ① 외관조사결과 대상 시설물의 주요부재 및 기타부재에서 관측된 주요 결함 및 손상은 적절한 보수를 통해 구조물의 내구성 및 사용성을 확보하여야 하며, 특히 신축이음 하면 누수와 받침부식, 거더 단부 철근노출에 대해서는 단기적인 보수계획 수립이 필요하고, 하절기 거더 최대 신장 시 유간 부족으로 인해 추가손상이 발생할 수 있으므로 하절기 점검 후 추가손상이 발생할 경우 별도의 보수계획 수립이 필요하다.
- ② 구성 재료의 품질상태와 내구성 등을 평가하기 위하여 콘크리트에 대한 비파괴조사를 실시하였고 그 결과를 “설계도면”과 비교·검토한 결과 콘크리트의 품질상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- ③ 본 과업대상 시설물에 대한 외관조사 및 비파괴조사를 토대로 시설물에 대한 상태평가를 실시한 결과 환산결함도 점수는 0.243이며, 상태평가 산정기준에 의해 대상 시설물의 안전등급을 산정한 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 B등급에 해당하는 것으로 평가되었다.
- ④ 대상 시설물의 개별부재에서 조사된 주요결함 및 손상부에 대하여 적절한 보수가 이루어지고 보수 후에도 정기적인 점검 및 지속적인 유지관리를 통해 구조물의 내구연한을 연장시켜 안전성 및 사용성을 최대한 확보하고, 문제점 발생 시에는 즉각적인 대책을 수립·강구하여야 할 것으로 판단된다.

2.4 보수·보강 이력 및 용도변경

구분	공사기간	설계자	시공자	공사명	보수·보강공법/ 내용	공사금액 (천원)
1	2019.04.30.~ 2019.07.19	(주)세일 엔지니어링	(주)문화환경 건설연구소	- 교면포장 : 아스콘(교량:729㎡), 아스콘(토공:486㎡) - 차선도색(백색실선:45㎡, 황색실선:15㎡, 백색점선:8㎡)	- 아스콘재포장 - 차선도색	55,646

2.5 내진설계 및 성능평가, 보강 여부

본 교량은 설계당시 내진설계 및 내진성능평가, 내진보강을 미 실시한 교량이다.

검토대상 부재	적용여부	비고
이호육교	미적용	

2.6 자료분석 결과요약

구분	수집자료	자료분석 결과	점검과업 진행방향
유지 관리 자료	◇정밀안전점검 보고서 (2014) ◇보수·보강 이력 ⇒ FMS 확인	-바 닥 판 : a -거 더 : b -가 로 보 : a -교 대 : b -교 량 받 침 : c -신 축 이 음 : c -교 면 포 장 : c -배 수 시 설 : b -방호울타리 : b	◇신규 및 기존 정밀안전점검시 누락된 손상 발생여부 확인 ◇구조물의 제원 변경 확인 및 추가손상 발생에 대한 상세 조사를 실시하여 안정성 확보 여부 확인

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사 결과

3.3 콘크리트 내구성 조사

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

본 과업 대상교량인 이호육교는 경기도 여주시 강천면 이호리에 위치하고 있으며, 1999년도에 준공되어 약 21년 정도의 공용기간이 경과하였으며, 상행 3차로, 하행3차로로 시공된 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 30.0m(1@30.0m), 폭 25.83m인 교량으로서, 상부구조는 PF Girder 형식, 하부구조 교대는 역T형 구조이고 기초는 강관파일 기초로 시공되어 있다. 교량의 평면 선형은 사각(90°)이 없는 직선($R=\infty$)을 이루고 있으며, 종단경사는 시점에서 종점으로 +0.3533%의 상향기울기를 형성하고 있다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수·보강방법 제시) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 의한 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

본 장에서는 현장조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 교량의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 교량의 점검 및 유지관리 시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

현장조사 및 시험에서는 무엇보다 각 부재의 접근방법이 중요하며, 본 교량에서는 다음과 같은 방법으로 전 부재에 대한 근접조사를 수행하였다.

【표 3.1】 현장조사시 근접조사 방법 및 접근성

				
경간번호	지점번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	A1, A2	도보, 점검차	2020. 05. 06 ~ 2020. 05. 07	

	
교면포장	바닥판하면 전경
	
교대 전경(A2)	점검차를 이용한 근접조사

【사진 3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

3.2 외관조사 결과

3.2.1 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 이호육교는 단경간으로 연장 L=30.0m, 폭 25.83m로, 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어 있으며, 거더와 거더 사이의 내측바닥판과 캔틸레버 구조인 외측바닥판으로 구분되어 있다. 바닥판은 콘크리트면이 노출된 상태이며 좌·우 캔틸레버 외측바닥판은 우수유입 방지를 위한 물끊기 홈인 Notch가 설치되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면은 균열 및 단면손상 등 특기할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 전회 점검시에도 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.2】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	-	
S1	-	-
합계	-	-

3.2.2. 프리플렉스(PF)빔

1) 부재의 개요

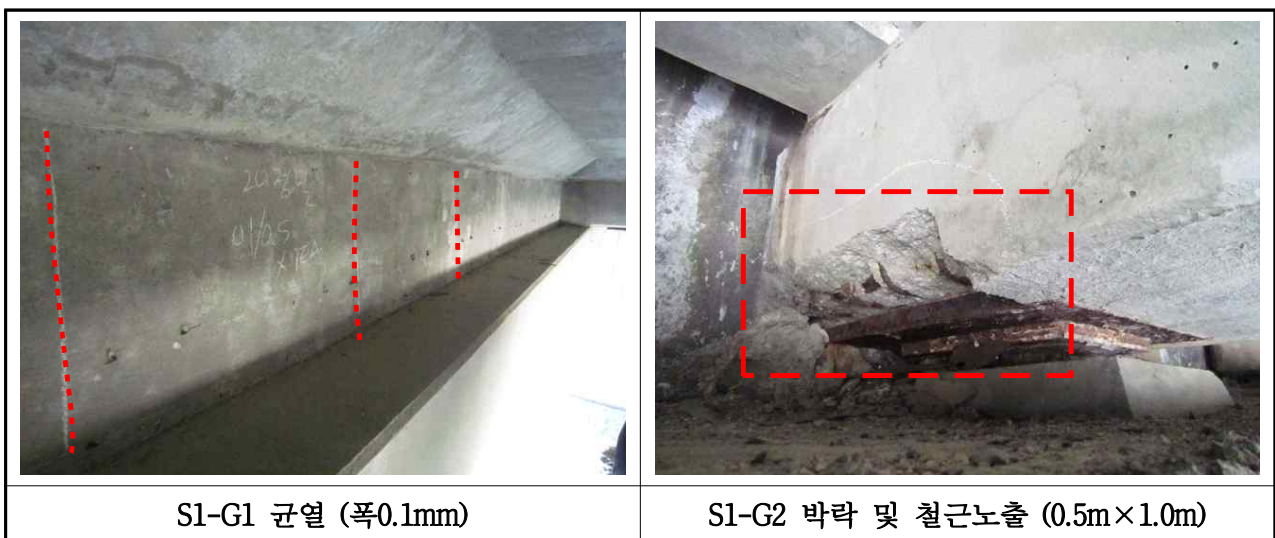
- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 프리플렉스(PF)빔은 9열로 시공되었으며, 근접육안조사를 위해 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



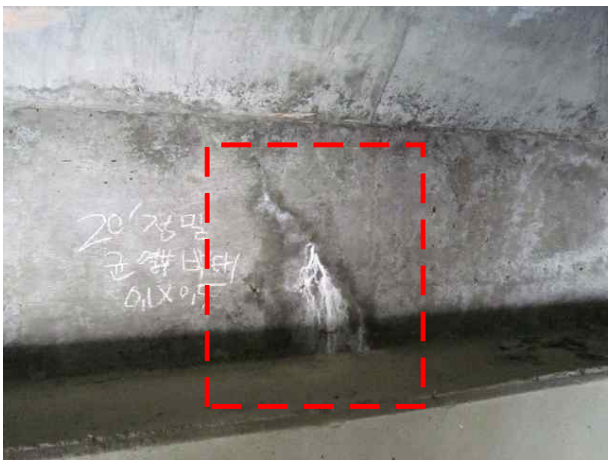
【사진 3.3】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 균열(폭0.1~0.3mm), 백태, 박리, 박락, 파손 및 철근노출, 표면보호제 박락 등의 손상이 확인되었다.



【사진 3.4】 거더 손상현황

	
S1-G2 파손 (0.2m×0.2m)	S1-G4 백태 (0.3m×0.5m)
	
S1-G7 균열 (폭0.3mm)	S1-G7 박리(0.1m×0.5m)

【사진 3.4】 거더 손상현황(계속)

【표 3.3】 거더 외관조사 결과

구분	균열 (m/개소)				백태 (㎡/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
	폭0.3mm미만		폭0.3mm이상					
S1	10.5	21	1.5	3	0.04	1	0.05	1
합계	10.5	21	1.5	3	0.04	1	0.05	1

【표 3.3】 거더 외관조사 결과(계속)

구분	박리 (㎡/개소)		박락/파손/균열 (㎡/개소)		박락/철근노출 (㎡/개소)		표면보호제 박락 (㎡/개소)	
S1	0.81	5	0.8	15	0.14	1	1.0	1
합계	0.81	5	0.8	15	0.14	1	1.0	1

3) 기 점검 결과 비교

- 거더에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열 및 백태, 박리, 표면보호제 박락, 철근노출 손상이 신규 및 추가 발생한 것으로 확인되었다.

구 분		단 위	2014년 정밀안전점검	금회점검	비 고
균열	0.3mm미만	m	-	10.5	▲10.5
	0.3mm이상	m	-	1.5	▲1.5
백태		㎡	-	0.04	▲0.04
균열부 백태		㎡	-	0.05	▲0.05
박리		㎡	-	0.81	▲0.81
박락/파손/균함		㎡	0.44	0.8	▲0.36
박락/철근노출		㎡	0.14	0.14	-
표면보호제 박락		㎡	-	1.0	▲1.0

4) 검토의견

- 거더에 발생한 박리, 박락 및 철근노출은 기존의 신축이음을 통해 유입된 우수가 반복적인 동결융해에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보를 위한 철근방청 및 단면보수가 필요한 상태이다. 균열의 경우 폭 0.3mm미만에 대해서는 표면보수를 실시하고, 폭 0.3mm 균열의 경우 교량받침 플레이트 매립부위에 주로 발생한 것으로 주입보수 등을 실시하는 것이 바람직하다.

3.2.3 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



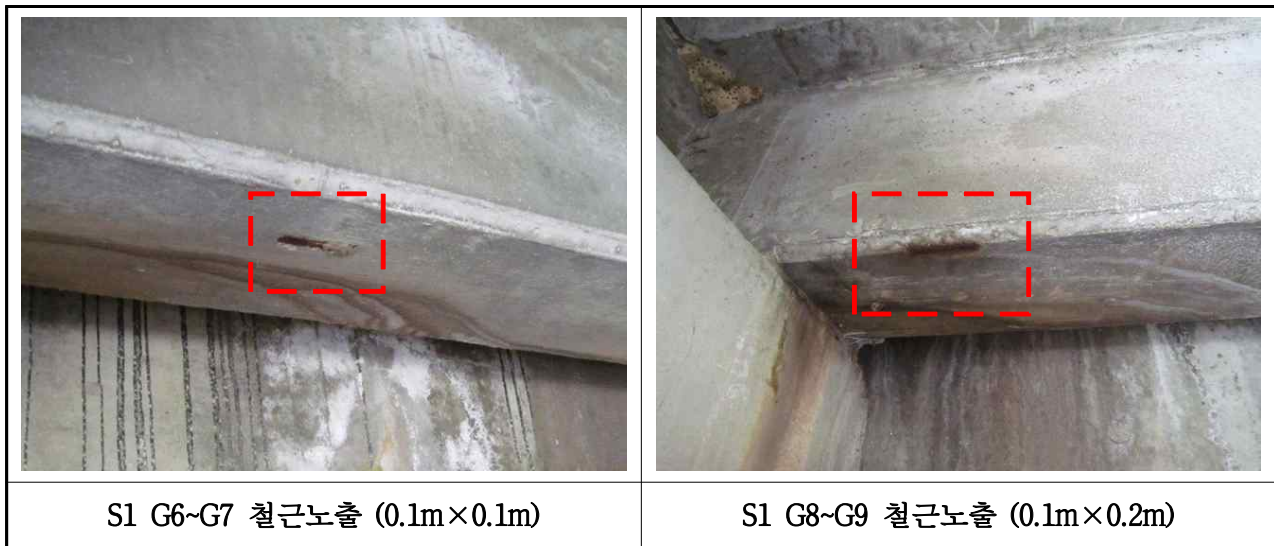
【사진 3.5】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 철근노출 손상이 조사되었다.

【표 3.4】 가로보 현장조사 결과

구분	철근노출 (㎡/개소)	
S1	0.03	2
합계	0.03	2



【사진 3.6】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 가로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 철근노출 손상이 신규 발생한 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2014년 정밀안전점검	금회점검	비 고
철근노출	m ²	-	0.03	▲0.03

4) 검토의견

- 가로보 일부 구간에 발생한 철근노출 손상은 공용기간 증가 등에 의한 열화로 판단되며, 내구성 확보 차원의 단면보수가 필요하다.

3.2.4 교대

1) 부재의 개요

- 이호육교 교대는 역T형으로 기초는 강관파일 기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관 조사는 도보, 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 3.7】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 균열(폭0.3mm미만), 백태, 박리, 박락 및 철근노출, 재료분리, 폐콘크리트 적치, 표면오염 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.5】 교대 외관조사 결과

구분	균열 (m/개소)				박락 (㎡/개소)	
	폭0.3mm미만		폭0.3mm이상			
A1	12.0	6	-	-	-	-
A2	7.5	3	1.0	1	0.03	1
합계	19.5	9	1.0	1	0.03	1

【표 3.5】 교대 외관조사 결과(계속)

구분	백태/철근노출 (㎡/개소)		폐콘크리트 적치 (㎡/개소)		표면오염 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-	150.0	1
A2	1.75	2	12.5	1	150.0	1
합계	1.75	2	12.5	1	300.0	2

【표 3.5】교대 외관조사 결과(계속)

구분	박락/철근노출 (㎡/개소)		재료분리/철근노출 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)	
A1	0.5	1	0.15	1	-	-
A2	-	-	0.75	1	0.84	2
합계	0.5	1	0.90	2	0.84	2

【표 3.5】교대 외관조사 결과(계속)

구분	표면박리 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
A1	25.0	1	-	-	5.25	8
A2	-	-	0.01	1	3.5	3
합계	25.0	1	0.01	1	8.78	11



A1 균열 (폭0.2mm)



A1 박락 및 철근노출 (0.5m×1.0m)



A2 박리 (0.3m×0.3m)



A2 백태 및 철근노출 (1.0m×1.5m)

【사진 3.8】교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열, 박리 및 박락, 철근노출 등의 손상이 신규 및 추가 발생한 것으로 확인되었다.

구 분		단 위	2014년 정밀안전점검	금회점검	비 고
균열	(0.3mm미만)	m	5.10	19.5	▲14.4
	(0.3mm이상)	m	-	1.0	▲1.0
박락		m ²	0.03	0.03	-
백태		m ²	5.80	8.75	▲2.95
백태/철근노출		m ²	1.75	1.75	-
페콘크리트 적치		m ²	12.50	12.5	-
표면오염		m ²	300.0	300.0	-
박락/철근노출		m ²	-	0.5	▲0.5
재료분리/철근노출		m ²	-	0.9	▲0.9
박리		m ²	-	0.84	▲0.84
표면박리		m ²	-	25.0	▲25.0
철근노출		m ²	-	0.01	▲0.01

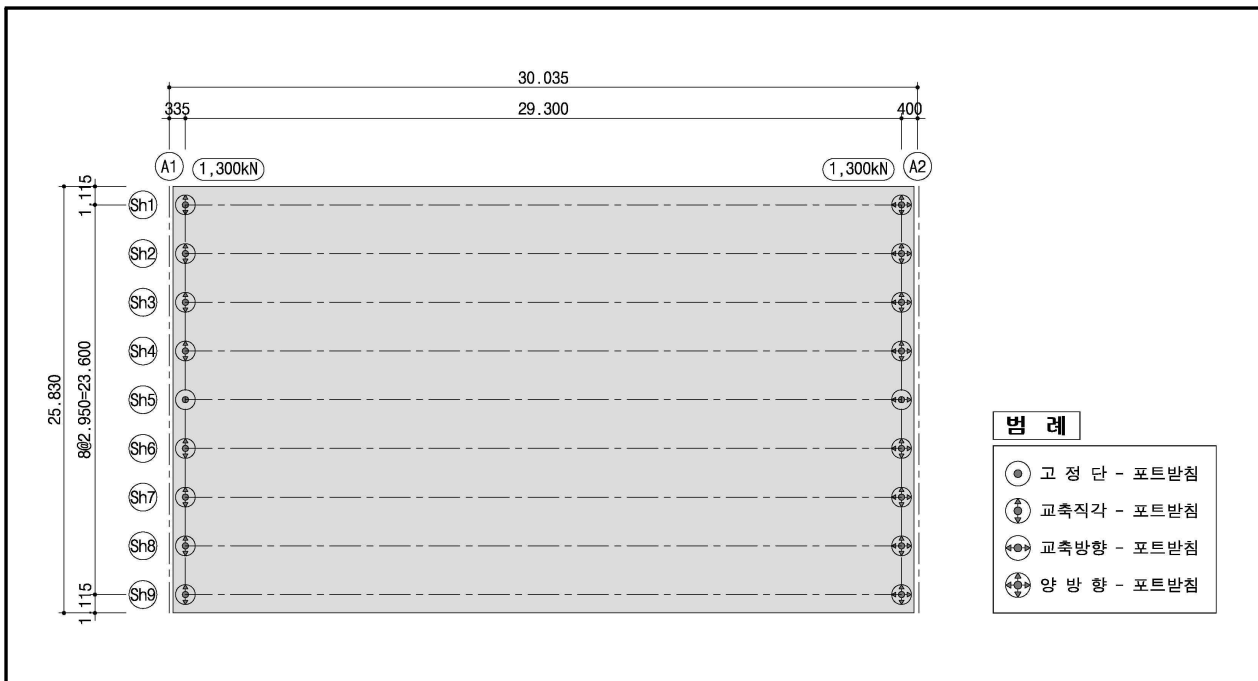
4) 검토의견

- 기존 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 이로 인한 표면오염 등 표면열화 현상이 나타났다.
- 재료분리, 박락, 철근노출 등은 손상의 정도나 범위가 중대한 위험 수준은 아니나 내구성 유지를 위해 단면보수 등의 유지관리가 필요하다.
- 균열의 경우 비구조적인 균열로서 폭 0.3mm미만에 대해서는 표면보수를 실시하고, 폭 0.3mm 균열의 경우 주입보수가 필요하다.

3.2.5 교량받침

1) 부재의 개요

- 이호육교의 받침은 포트받침으로 교대(A1, A2)에 각 9개씩 총 18개가 설치되었고, 받침의 용량은 1,300kN을 사용하였으며, 고정단은 A1의 Sh5에 설치되어 있다. 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 3.1】 교량받침 배치도



【사진 3.9】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 전개소 교량받침 부식과 일부 받침 무수축물탈 박락 등의 손상이 조사되었다. 현재 받침에서 조사된 부식, 무수축물탈 박락 등은 원활한 가동을 위해 전개소 교체가 필요한 상태이다.

【표 3.6】 교량받침 외관조사 결과

구분	무수축물탈 박락 (㎡/개소)		받침 부식 (개소/개소)	
A1	0.1	1	9	9
A2	-	-	9	9
합계	0.1	1	18	18



【사진 3.10】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 무수축물탈 박락 손상이 신규 발행한 것으로 확인되었다.

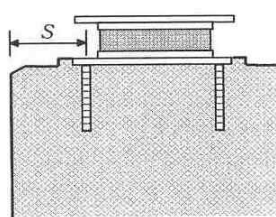
구 분	단 위	2014년 정밀안전점검	금회점검	비 고
무수축물탈 박락	m ²	-	0.1	▲0.1
받침 부식	개소	18	18	-

4) 검토의견

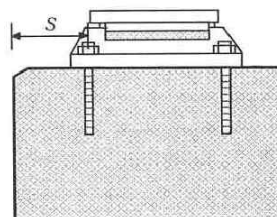
- 받침 본체에 발생한 부식은 기존 신축이음 하부 누수에 의한 2차 손상으로 판단되며, 현재 발생한 부식 손상은 다소 심한 상태로서, 무수축물탈 박락과 더불어 원활한 받침 가동을 위해 전개소 교체가 필요한 것으로 판단되나, 받침교체시 구체적인 사항은 내진성능검토 실시 후 교체 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침



(b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
: $S(\text{mm}) = 200 + 5L$
- 거더의 경간길이 100m 이상
: $S(\text{mm}) = 300 + 4L$
여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 3.11】교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

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

【표 3.7】연단거리 측정 결과

구 분	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)									검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	
A1	350	470	480	470	470	470	480	480	450	460	O.K
A2	350	400	420	395	420	430	425	430	430	410	O.K

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다. 단, 대상교량은 준공 후 약 21년이 경과된 구조물로 콘크리트 건조수축 및 크리프에 대한 고려는 하지 않으며, 공용 중 온도에 의한 가동여유량을 검토하였다.



【사진 3.12】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L , m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고 정 단						
A2	24.7	15.3	0.00001	30.0	7.41	4.59	
1) 조사당시 온도 : 19.7 $^{\circ}C$ (조사일 : 2020년 5월 7일, 평균온도, 이천) 2) 검토온도 : -5 $^{\circ}C$ ~ 35 $^{\circ}C$ (보통지방)							

【표 3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치	이동량		측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	고 정 단						
A2	SH1	A2 30.0	80	20	7.41	4.59	±50
	SH2	A2 30.0	80	20			±50
	SH3	A2 30.0	80	20			±50
	SH4	A2 25.0	75	25			±50
	SH5	A2 30.0	80	20			±50
	SH6	A2 30.0	80	20			±50
	SH7	A2 25.0	75	25			±50
	SH8	A2 25.0	75	25			±50
	SH9	A2 30.0	80	20			±50
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K							

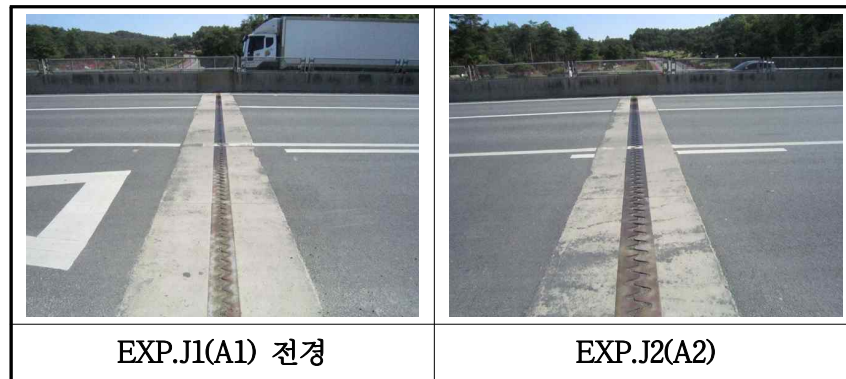
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

3.2.6 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 강팽거 조인트(No.100)가 설치되어 있다.



【사진 3.13】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만) 및 마모, 본체 이물질퇴적 등이 조사되었다. 한편 기존 손상인 신축이음 차수판 미설치 구간에 대해서는 차수판을 설치한 것으로 확인되었다.

【표 3.10】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 마모 (㎡/개소)		이물질 퇴적 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	20.8	52	4.0	2	18.0	2
A2 (EXP J2)	15.2	38	-	-	9.0	1
합계	36.0	90	4.0	2	27.0	3



【사진 3.141】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 점검에서 신축이음에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 2014년 정밀안전점검 이후, A1, A2 신축이음장치를 교체한 것으로 조사되었으며 양호한 상태이다. 다만 후타재 균열, 마모, 이물질퇴적이 추가 발생한 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2014년 정밀안전점검	금회점검	비 고
후타재 균열	m	36.0	36.0	-
후타재 마모	m ²	0.4	40.0	▲36.0
이물질 퇴적	m	-	27.0	▲27.0
신축이음 누수	m	52.0	-	▼52.0
차수판미설치	개소	4	-	▼4.0

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 마모는 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리 및 단면보수 실시 등 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

신축이음장치 신축량의 계산은 온도변화, 건조수축, 활하중에 의한 지점의 회전을 고려하여 계산하여야 하나 본 교량은 21년 이상 공용중에 있는 교량으로 가장 신축량이 크게 발생하는 온도변화에 의한 거동만을 고려하여 평가하였다.

① 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고																		
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (콘크리트): 1.0×10^{-5}, α (강재): 1.2×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)																						
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2020년. 5월. 7일. 기온 적용: 19.7℃(일평균) ΔT(수축시) : $-5.0^{\circ}\text{C} - (19.7^{\circ}\text{C}) = 24.7^{\circ}\text{C}$ ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - 19.7^{\circ}\text{C} = 15.3^{\circ}\text{C}$ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)				여주방향 A2 : 60.0mm 																		
소요 신축량	<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팅창계수 α (1/℃)</th></tr><tr><td rowspan="3">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>				교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α (1/℃)	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	RC, PSC교	-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	강천방향 A2 : 56.0mm
	교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α (1/℃)																		
	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}																		
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}																		
RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}																			

【사진 3.15】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분		온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
		동절기	하절기			동절기	하절기	
여주 방향	A2	24.7	15.3	0.00001	30.0	7.41	15.3	No.100
강천 방향	A2	24.7	15.3	0.00001	30.0	7.41	15.3	No.100

1) 조사당시 온도 : 19.7℃(조사일 : 2020년 5월 7일, 평균온도, 이천)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)

【표 3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
여주방향	A2	24.7	15.3	60.0	100	84.7	44.7	O.K
강천방향	A2	24.7	15.3	56.0	100	80.7	43.7	O.K
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 19.7℃(2020년 5월 7일)로써 이 때 측정유간은 56.0~60.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

3.2.7 교면포장

1) 부재의 개요

- 이호육교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘으로 포장으로 되어있다.



【사진 3.16】 교면포장 전경

【표 3.13】 교면포장 외관조사 결과

구분	-	
S1	-	-
합계	-	-

2) 현장조사 결과

- 교면포장은 패임, 포트홀, 라벨링 등 특기할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
S1 여주방향 교면포장 망상균열 (전회점검)	S1 여주방향 교면포장 (금회점검)
	
S1 강천방향 교면포장 망상균열 (전회점검)	S1 강천방향 교면포장 (금회점검)

【사진 3.17】 교면포장 현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 비교한 결과, 기 발생 손상인 망상균열에 대해 전면 재포장을 실시하여 현재 양호한 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2014년 정밀안전점검	금회점검	비 고
포장면 망상균열	m ²	126.0	-	▼126.0

4) 검토의견

- 교면포장은 차량의 반복하중, 공용기간 증가 등에 의해 패임, 라벨링 등 손상이 재발할 우려가 있는 만큼 정기점검 등 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

3.2.8 배수시설

1) 부재의 개요

- 이호육교 배수시설은 좌·우측 갓길측에 설치되어 있다.



【사진 3.18】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 연결부 누수 및 막힘과, 교면 배수구 이물질 퇴적에 의한 막힘 등이 조사되었다.

【표 3.14】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소/개소)		배수관 연결부 누수 (개소/개소)		배수관 막힘 (개소/개소)	
S1	4	4	1	1	1	1
합계	4	4	1	1	1	1

	
S1 배수시설 배수구 막힘	S1 배수시설 배수관 연결부 누수

【사진 3.19】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검에서 배수구 막힘, 배수관 누수 등이 추가 발생한 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2014년 정밀안전점검	금회점검	비 고
배수구 막힘	EA	3	4	▲1.0
배수관 연결부 누수	EA	-	1	▲1.0
배수관 막힘	EA	-	1	▲1.0

4) 검토의견

- 현재 발생한 배수구 및 배수관 막힘, 누수 등에 대해서는 원활한 배수기능 향상을 위해 주기적인 청소 등 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

3.2.9 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



【사진 3.20】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 조사 결과, 기존 손상인 균열, 박리 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.15】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열 0.3mm미만 (m/개소)		박리 (㎡/개소)	
S1	7.4	7	15.0	1
합계	7.4	7	15.0	1



【사진 3.21】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽 및 중앙분리대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기존 손상인 콘크리트 박락에 대해서는 보수를 실시한 것으로 확인되었다. 반면 균열, 박리 손상은 추가 발생한 것으로 조사되었다.

구 분	단 위	2014년 정밀안전점검	금회점검	비 고
균열(0.3mm미만)	m	5.80	7.4	▲1.6
콘크리트 박리	m ²	15.0	15.0	-
콘크리트 박락	m ²	0.25	-	▼0.25

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열, 박리 등은 초기 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수, 단면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

3.2.10 외관조사 총괄표

【표 3.16】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
거더	균열(0.3mm미만)	m	10.5	21	
	균열(0.3mm이상)	m	1.5	3	
	백태	m ²	0.04	1	
	균열부 백태	m ²	0.05	1	
	박리	m ²	0.81	5	
	박락/파손/긁힘	m ²	0.8	15	
	박락/철근노출	m ²	0.14	1	
	표면보호제 박락	m ²	1.0	1	
가로보	철근노출	m ²	0.03	2	
교대	균열(0.3mm미만)	m	19.5	9	
	균열(0.3mm이상)	m	1.0	1	
	박락	m ²	0.03	1	
	백태/철근노출	m	1.75	2	
	폐콘크리트 적치	m ²	12.5	1	
	표면오염	m ²	300.0	2	
	박락/철근노출	m ²	0.5	1	
	재료분리/철근노출	m ²	0.90	2	
	박리	m ²	0.84	2	
	표면박리	m ²	25.0	1	
	철근노출	m ²	0.01	1	
	백태	m ²	8.78	11	
교량받침	몰탈 박락	m ²	0.1	1	
	받침 부식	ea	18	18	
신축이음	후타재 균열	m	36.0	90	
	후타재 마모	m ²	4.0	2	
	이물질 퇴적	m	27.0	3	
배수시설	배수구 막힘	ea	4	4	
	배수관 연결부 누수	ea	1	1	
	배수관 막힘	ea	1	1	
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	7.4	1	
	박리	m ²	15.0	1	

3.2.11 전회차 손상물량 비교

【표 3.17】 전회차 손상물량 비교

구분	손상 내용	단위	2014년	금회	증,감 (+, -)	비고
			물량	물량		
거더	균열 0.3mm미만	m	-	10.5	+10.5	
	균열 0.3mm이상	m	-	1.5	+1.5	
	백태	m ²	-	0.04	+0.04	
	균열부 백태	m ²	-	0.05	+0.05	
	박리	m ²	-	0.81	+0.81	
	박락/파손/균함	m ²	0.44	0.8	+0.36	
	박락/철근노출	m ²	0.14	0.14	-	
	표면보호제 박락	m ²	-	1.0	+1.0	
가로보	철근노출	m ²	-	0.03	+0.03	
교대	균열 0.3mm미만	m	5.10	19.5	+14.4	
	균열 0.3mm이상	m	-	1.0	+1.0	
	박락	m ²	0.03	0.03	-	
	백태	m ²	5.80	8.75	+2.95	
	백태/철근노출	m ²	1.75	1.75	-	
	폐콘크리트 적치	m ²	12.50	12.5	-	
	표면오염	m ²	300.0	300.0	-	
	박락/철근노출	m ²	-	0.5	+0.5	
	재료분리/철근노출	m ²	-	0.9	+0.9	
	박리	m ²	-	0.84	+0.84	
	표면박리	m ²	-	25.0	+25.0	
	철근노출	m ²	-	0.01	+0.01	
	무수축물탈 박락	m ²	-	0.1	+0.1	
교량받침	받침 부식	개소	18	18	-	
신축이음	후타재 균열	m	36.0	36.0	-	
	후타재 마모	m ²	0.4	40.0	+36.0	
	본체 하무 누수	m	52.0	-	-52.0	
	이물질 퇴적	m	-	27.0	+27.0	
	차수판미설치	개소	4	-	-4.0	
교면포장	포장면 망상균열	m ²	126.0	-	-126.0	
배수시설	배수구 막힘	EA	3	4	+1.0	
	배수관 연결부 누수	EA	-	1	+1.0	
	배수관 막힘	EA	-	1	+1.0	
방호벽 및 중분대	균열(0.3mm미만)	m	5.80	7.4	+1.6	
	콘크리트 박리	m ²	15.0	15.0	-	
	콘크리트 박락	m ²	0.25	-	-0.25	

3.3 콘크리트 내구성 조사

3.3.1 개 요

가. 개 요

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

본 과업의 내구성조사는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2019. 1, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

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

【표 3.18】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

2) 콘크리트 강도시험 위치 선정사유

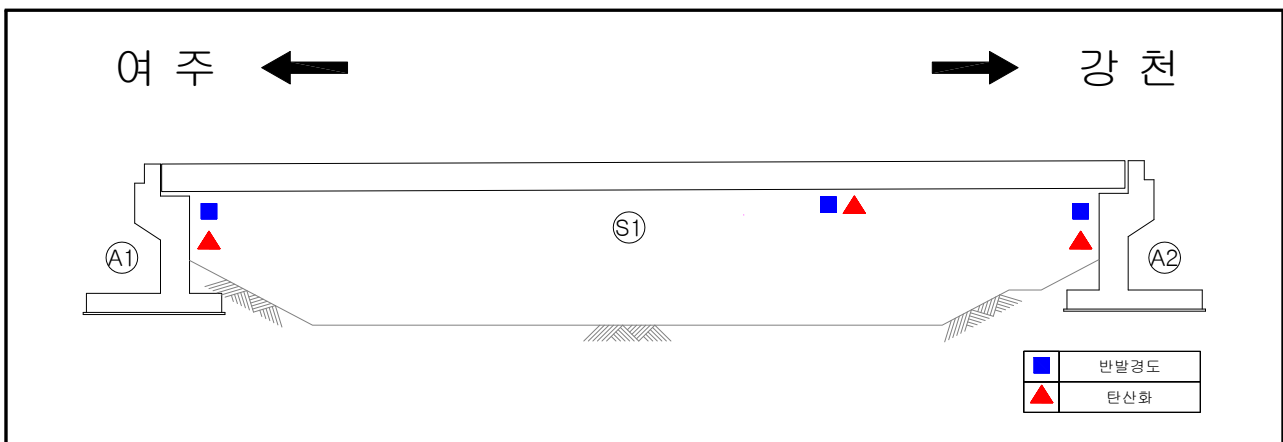
상부구조는 외관조사 결과 바닥판은 전경간 노출된 상태로 되어 있으며, 내구성시험의 정확한 결과값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트표면의 요철 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다.

3) 조사 사진



【사진 3.22】 콘크리트 내구성조사 현황

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.3】 콘크리트 내구성조사 위치도

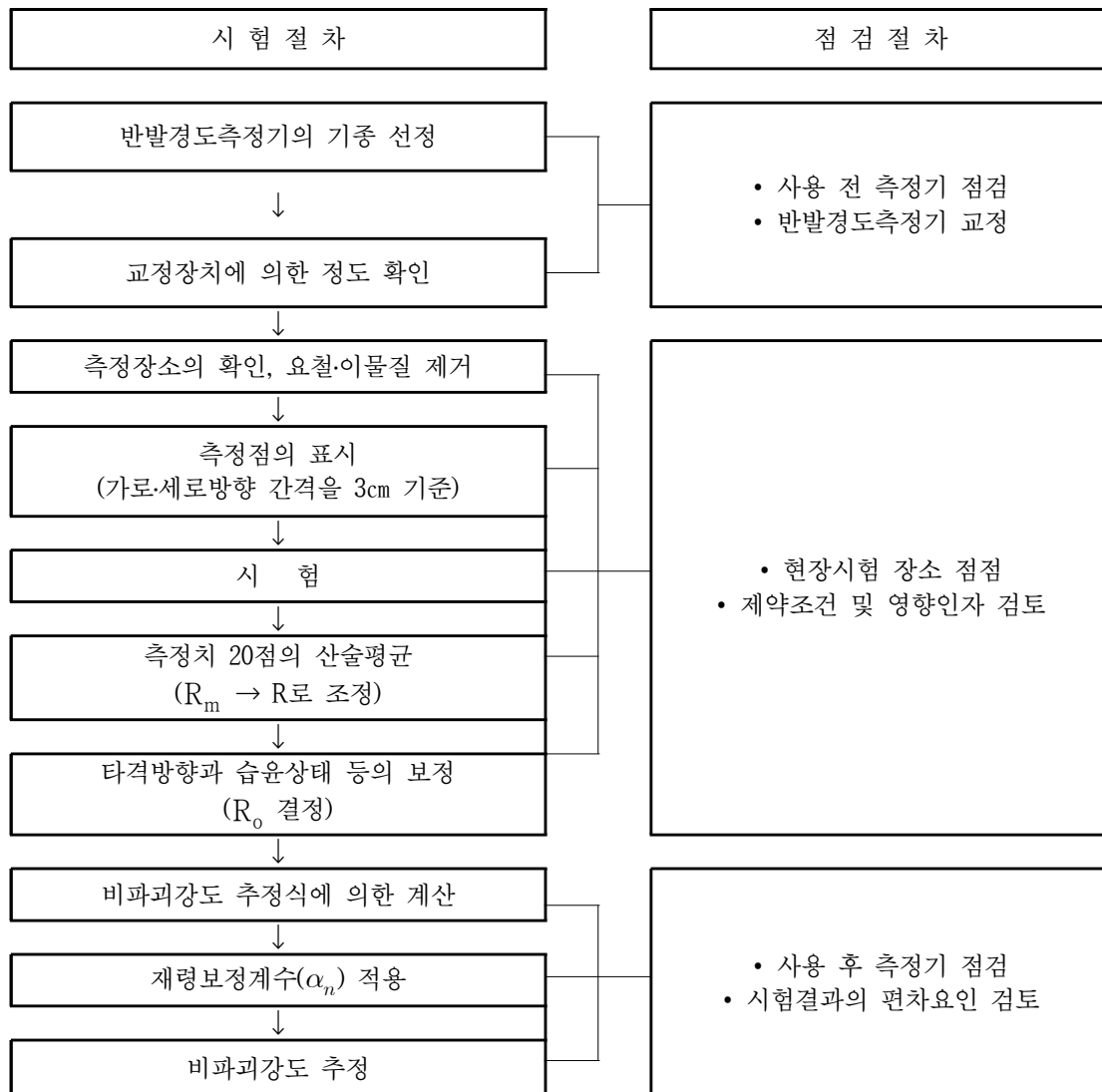
3.3.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.4】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R 을 결정한다.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.19】 보정반발경도(R_o)

◇ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$ 여기서, R : 반발경도 ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값 ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값					
㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)					
- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함 ⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정 상향 타격($+90^\circ$)의 경우 : (-)값으로 보정	α	보 정 값			
	R	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-45°	-90°
	10	-	-	+2.4	+3.2
	20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
	30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
	40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
	50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
	60	-2.2	-1.6	+1.3	+1.7
㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)					
- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨 ⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : $\Delta R_2 = +3$으로 보정 측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2 = +5$로 보정					

③ 압축강도의 추정

보정반발경도(R_o)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3.20】기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = (-184.0 + 13R_o) \times 0.098$	금회 적용
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용
과학기술부	$F_c = (-112.8 + 15.2R_o) \times 0.098$	-
시설안전공단 제안식	$F_c = 2.304R_o - 38.80$	-
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2019. 1, 국토교통부/한국시설안전공단)		

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 아래표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

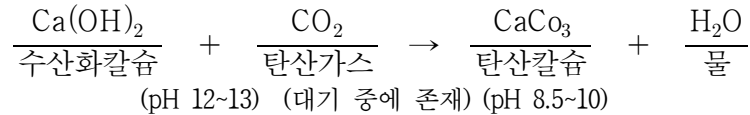
【표 3.21】재령계수 α 값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

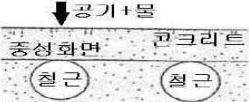
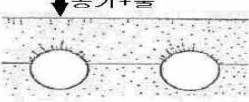
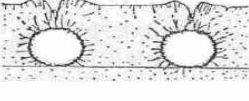
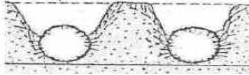
나. 탄산화깊이 측정

1) 개요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)은 pH 12~13 정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고, 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

	STEP 1 • 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음 (약간의 건조수축에 의한 균열)
	STEP 2 • 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	STEP 3 • 철근의 윗면이 팽창함 • 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	STEP 4 • 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨 • 철근단면적이 감소함
	STEP 5 • 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨 • 내구성능은 없음

【그림 3.5】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로서는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

【표 3.22】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	- 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 - 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름
외적 요인	온도	- 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 20~50 °C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	- 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 - 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명예측년수} - \text{경과년수}$$

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.23】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30mm이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10mm이상 ~ 30mm미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0mm이상 ~ 10mm미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0mm미만	• 철근부식 발생
e	-	-

3.3.3 시험결과 및 분석

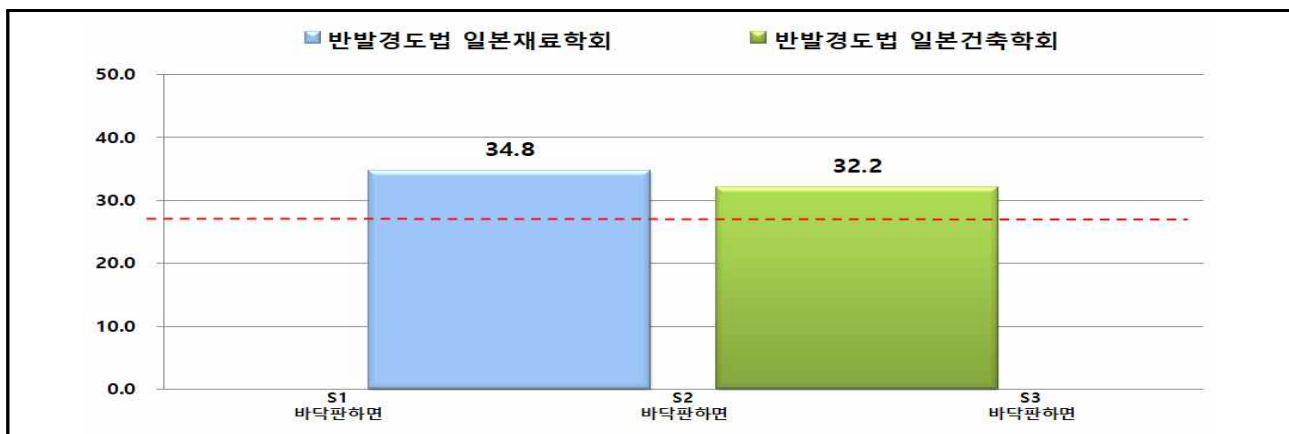
가. 콘크리트 강도시험

이호육교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 3개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.24】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 캔틸레버	57.7	34.8	32.2	0.63	27.0	O.K
	평 균	57.7	34.8	32.2	-		O.K



【그림 3.6】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.25】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 벽체	49.0	27.9	28.3	0.63	24.0	O.K
	A2 벽체	44.5	24.3	26.2			O.K
	평 균	46.8	26.1	27.3	-		O.K



【그림 3.7】 하부구조 평균압축강도 추정결과

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 33.5MPa, 하부구조 25.3~28.1MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 3.26】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	부재	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	32.2 ~ 34.8	27.0	119.3 ~ 128.8
하부구조	교대	26.1 ~ 27.3	24.0	105.4 ~ 118.3

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.27】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분		2014년 정밀안전점검	금회 정밀안전점검	설계기준강도
상부구조	바닥판 하면	28.3 ~ 30.3	32.2 ~ 34.8	27.0
하부구조	교대	25.0 ~ 25.3	26.1 ~ 27.3	24.0
검토의견		기 정밀안전점검(2014년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨		

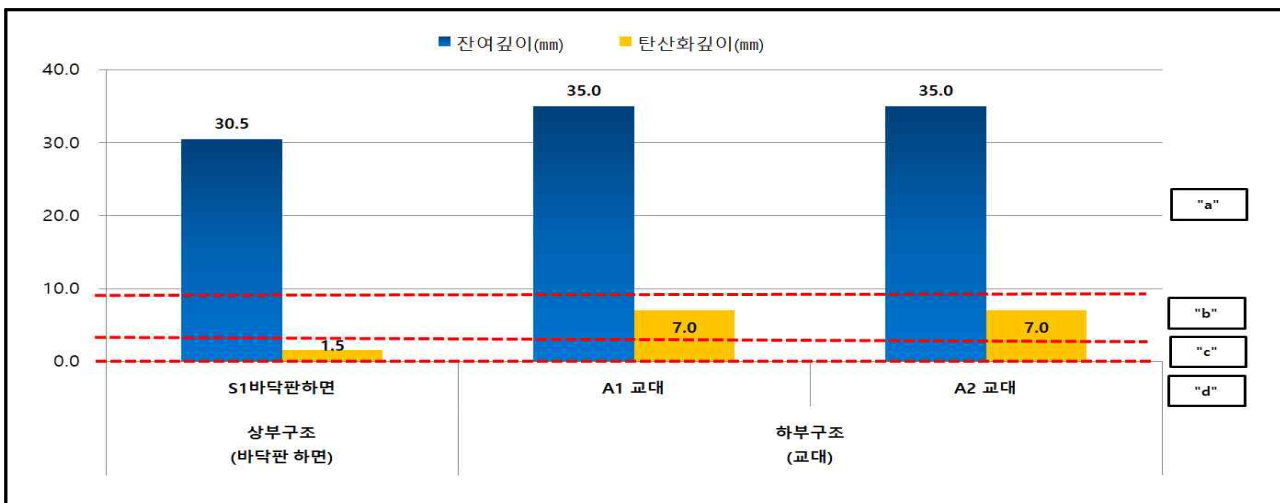
2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 실시하였다. 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하고 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.28】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	최소 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	1.5	32.0	30.5	a	0.33	100년이상	
하부구조	A1 벽 체	7.0	42.0	35.0	a	1.53	100년이상	
	A2 벽 체	7.0	42.0	35.0	a	1.53	100년이상	



【그림 3.8】 탄산화 깊이 측정결과

- 상부구조 탄산화깊이는 1.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.29】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	1.5	30.5	
하부구조	7.0	35.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.30】탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2014년 정밀안전점검			금회 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	1.0	31.0	a	1.5	30.5	a	
하부구조	5.0~6.0	36.0~37.0	a	7.0	35.0	a	
검토의견	■ 기 정밀안전점검(2014년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 내구성저하는 발생하지 않은 것으로 판단됨						

3) 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 3.31】금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	32.2 ~ 34.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.1 ~ 27.3	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		1.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		7.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

4) 기 정밀안전점검(2014년)결과 비교

【표 3.32】내구성조사 기 정밀안전점검(2014년)결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2014년 정밀안전점검		금회 정밀안전점검		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	28.3 ~ 30.3		32.2 ~ 34.8		■ 강도저하 없음
	하부구조	교대	25.0~ 25.3		26.1 ~ 27.3		
탄산화 잔여 깊이 (mm)	상부구조		31.0	a	30.5	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가 능성 없음
	하부구조		36.0~37.0	a	35.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용연수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않 은 상태로 평가됨						

제 4 장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 기준

4.3 상태평가 결과

제 4 장 시설물의 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2019.1」의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀안전진단의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.2 상태평가 기준

4.2.1 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화 함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다. 교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

【표 4.1】 부재별 상태평가 적용 범위

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

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교		
			일반 거더교			바닥판-거더 일체형		아치,트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판			
상부	바닥판	34	18	18	-	20	20	15		34	20	21
	주 형	-	20	25	37	18	20	23		-	21	23
	2차부재	-	5	-	11	5	3	5		-	5	-
하부	교대/교각	20	13	13	18	13		13		34	22	24
	기초	7	7	7	7	7		7		7	7	7
받침	교량받침	10	9	9	14	9		9		3	3	3
기타	신축이음	10	9	9	-	9		9		3	3	3
	교면포장	7	7	7	-	7		7		7	7	7
	배수시설	3	3	3	-	3		3		3	3	3
	난간/연석	2	2	2	6	2		2		2	2	2
콘크리트	탄산화	상부	2	2	-	-	2	2	-	4		
		하부	2	2	4	4	2	2	4			
	염화물	상부	2	2	-	-	2	2	-	3		
		하부	1	1	3	3	1	1	3			

<해설>

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물 항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물 항목의 가중치에 포함시킨다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타 시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

4.2.3 상태평가 결과 결정

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

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

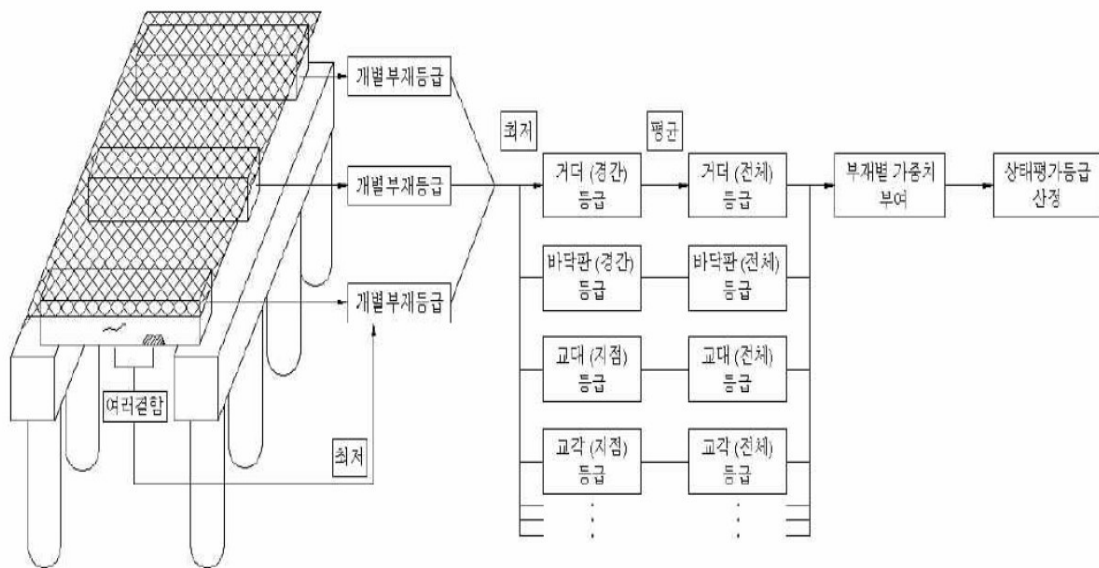
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 다른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, 【표 4.3】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$



【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1 시설물 전체 상태평가 결과

이호육교의 현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태인 'C등급'으로 산정되었다.

【표 4.4】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	PF	a	d	c	a	b	b	c	c	c	q	a	a
	A2								c	c	c	q	-	a
평균			0.100	0.700	0.400	0.100	0.200	0.200	0.400	0.400	0.400	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.140	0.020	0.007	0.006	0.004	0.036	0.036	0.080	-	0.004	0.003
													0.354	
													C	

■ 결함도 범위 : $0.26 \leq \text{결함도지수}(0.354) < 0.49$

4.3.2 기 정밀점검 결과와의 비교

- 금회 상태평가 결과 환산결합도 점수는 0.243에서 0.354로 증가하여 기존 “B등급”에서 “C등급”으로 하향 평가 된 것으로 분석되었다.
- 상태평가 결과가 하향 분석된 주된 이유는 기 정밀안전점검 상태평가지 거더에 발생된 철근노출 손상에 대해 반영이 안 된 것으로 확인되었으며, 또한 폭0.3mm 균열이 추가 발생하여 환산결합도 점수 증가로 인해 “C등급”으로 하향 평가된 것으로 분석되었다.

【표 4.5】 기 정밀안전점검 결과와의 상태평가 결합도 점수 비교

구분		2014년 정밀안전점검		금회 점검		결합도 점수 변화요인
		등급	평균	등급	평균	
상부구조	바닥판	a	0.100	a	0.100	변화없음
	거더	b	0.200	d	0.700	신규 손상으로 인한 하향평가
2차부재	가로보	a	0.100	c	0.400	신규 손상으로 인한 하향평가
기타부재	포장	c	0.400	a	0.100	보수로 인한 상향평가
	배수	b	0.200	b	0.200	변화없음
	난간, 연석	b	0.200	b	0.200	변화없음
	신축이음	c	0.400	c	0.400	변화없음
받침	교량받침	c	0.400	c	0.400	변화없음
하부구조	하부	b	0.300	c	0.400	신규 손상으로 인한 하향평가
	기초	-	-	-	-	-
내구성 요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	변화없음
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	변화없음
합 계		B	0.243	C	0.354	환산결합도 점수 상향됨

제 5 장 종합평가 및 안전등급의 지정

5.1 종합평가 결과

5.2 안전등급 지정

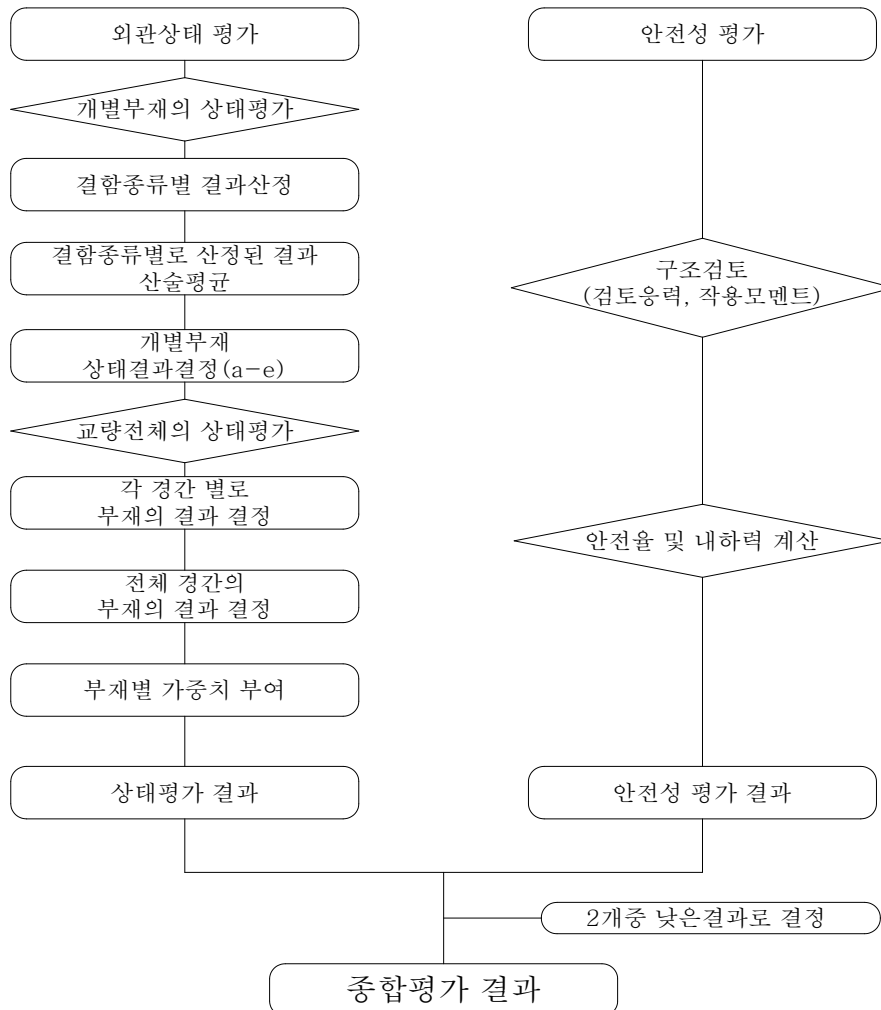
제 5 장 종합평가 및 안전등급의 지정

5.1 종합평가

5.1.1 종합평가 결과 산정방법

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

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 5.1】 종합평가 결과 산정절차

5.1.2 종합평가 결과

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

【표 5.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
이호육교 인천방향	0.354	C	-	-	C
종합평가	•이호육교의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 주요부재에 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 “C”로 평가됨 •종합평가 결과, 이호육교는 “C”로 평가됨				

5.2 안전등급

5.2.1 안전등급기준

정밀안전점검을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제 10조의 2 및 「영」 제11조의 5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

【표 5.2】 시설물의 안전등급 기준

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

5.2.2 안전등급 지정

이호육교에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는 『주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태』인 안전등급 C등급(보통)으로 평가되었다.

【표 5.3】 시설물의 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	이호육교	C등급(보통)

제 6 장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1 개 요

6.2 보수·보강 방안

6.3 보수·보강 개략공사비

6.4 유지관리방안

제 6 장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1 개요

본 과업 대상교량인 이호육교는 경기도 여주시 강천면 이호리에 위치하고 있으며, 1999년도에 준공되어 약 21년 정도의 공용기간이 경과하였으며, 상행 3차로, 하행3차로로 시공된 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 30.0m(1@30.0m), 폭 25.83m인 교량으로서, 상부구조는 PF Girder 형식, 하부구조 교대는 역T형 구조이고 기초는 강관파일 기초로 시공되어 있다. 교량의 평면 선형은 사각(90°)이 없는 직선($R=\infty$)을 이루고 있으며, 종단경사는 시점에서 종점으로 +0.3533%의 상향기울기를 형성하고 있다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수·보강방법 제시) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 의한 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

본 장에서는 현장조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 교량의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 교량의 점검 및 유지관리 시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

현장조사 및 시험에서는 무엇보다 각 부재의 접근방법이 중요하며, 본 교량에서는 다음과 같은 방법으로 전 부재에 대한 근접조사를 수행하였다.

【표 6.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

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

6.2 보수·보강 방안

6.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정

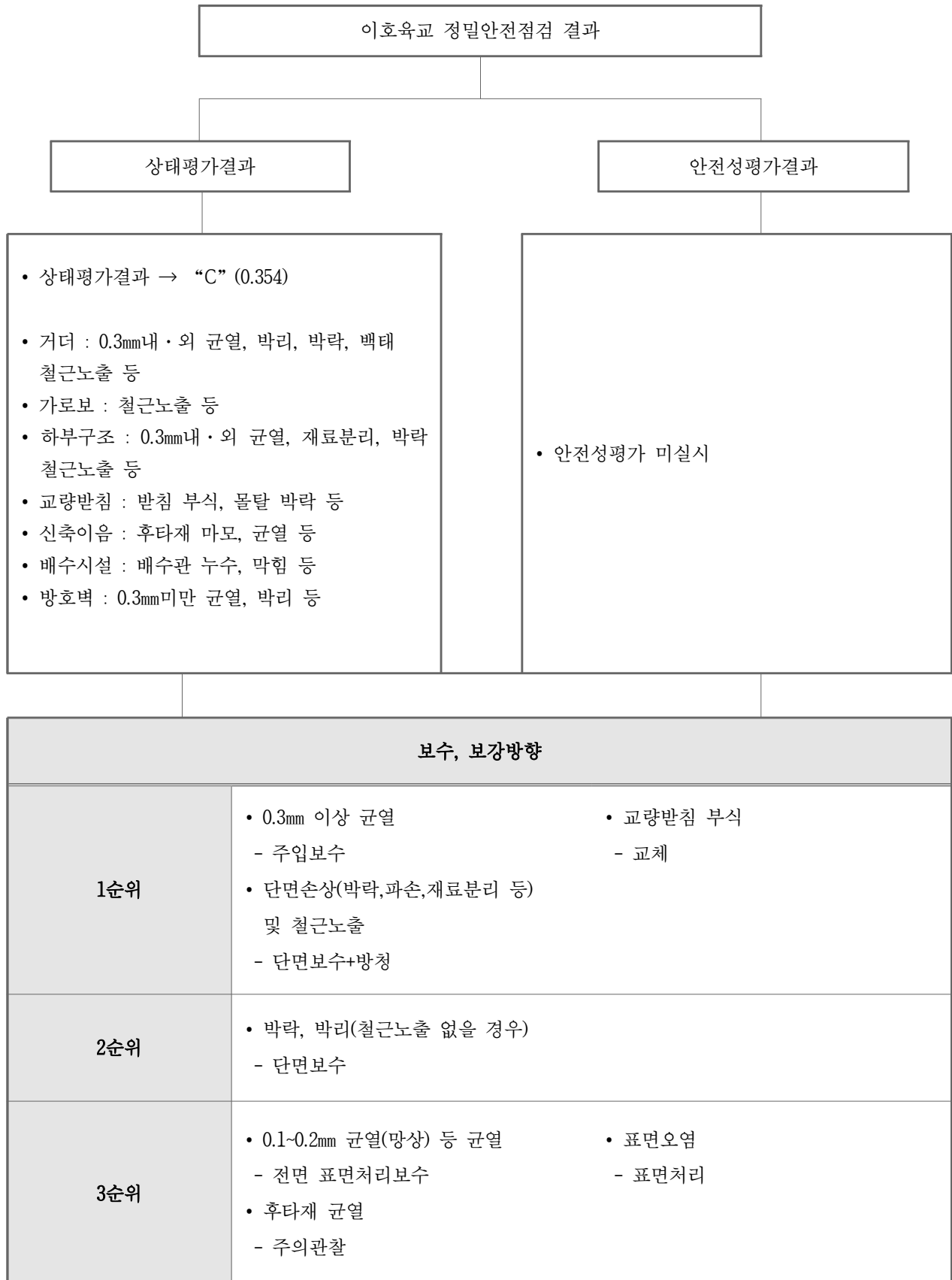
이호육교에 대한 정밀안전점검을 수행한 결과, 본 구조물은 시공 시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생하여 있는 것으로 조사되었다.

점검 시 조사된 주요손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여 다음과 같이 우선순위를 부여하였다.

【표 6.2】 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 - 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 - 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중장기	2순위	- 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 - 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 - 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
유지관리		1~3순위를 제외한 손상으로서 유지관리를 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 경미한 강재의 용접결함 - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상 (빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

주) 단, 최초진단인 경우 “유지관리”에 해당하더라도 하자에 해당하는 경우 하자처리절차에 따라 보수토록 조치함



【그림 6.1】 보수·보강방안 추진방향

6.2.2 결함내용별 보수·보강방안

【표 6.3】 보수·보강 일람표

구분	손상 내용	보수방안	물량	단위	우선순위
거더	균열(0.3mm미만)	표면처리	10.5	m	3순위
	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.5	m	1순위
	백태	표면처리	0.04	m ²	3순위
	균열부 백태	표면처리	0.09	m ²	3순위
	박리	단면보수	0.81	m ²	2순위
	박락/파손/긁힘	단면보수	0.8	m ²	2순위
	박락/철근노출	단면보수+방청	0.14	m ²	1순위
	표면보호제 박락	표면처리	1.0	m ²	3순위
가로보	철근노출	단면보수+방청	0.03	m ²	1순위
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	19.5	m	3순위
	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.0	m	1순위
	박락	단면보수	0.03	m ²	2순위
	백태/철근노출	단면보수+방청	1.75	m	1순위
	폐콘크리트 적치	정비	12.5	m ²	3순위
	표면오염	표면처리	300.0	m ²	3순위
	박락/철근노출	단면보수+방청	0.5	m ²	1순위
	재료분리/철근노출	단면보수+방청	0.90	m ²	1순위
	박리	단면보수	0.84	m ²	2순위
	표면박리	단면보수	25.0	m ²	2순위
	철근노출	단면보수+방청	0.01	m ²	1순위
	백태	표면처리	8.78	m ²	3순위
교량받침	받침 부식, 몰탈박락	교체	18	ea	1순위
신축이음	후타재 균열	주의관찰	36.0	m	3순위
	후타재 마모	주의관찰	4.0	m ²	3순위
	이물질 퇴적	정비	27.0	m	3순위
배수시설	배수구 막힘	정비	4	ea	2순위
	배수관 막힘	정비	1	ea	2순위
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	7.4	m	3순위
	박리	단면보수	15.0	m ²	2순위

가 콘크리트 균열보수 방안

1) 점검 현황

본 교량에 상·하부 구조에 발생된 균열은 대부분 $Cw=0.2\text{mm}$ 이하의 미세균열로 표면처리 보수 및 주의관찰이 필요하며, $Cw=0.3\text{mm}$ 이상 균열은 주입보수가 필요한 것으로 판단된다.

① 손상발생 현황

구분	손상 내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
거더	균열(0.3mm 미만)	10.5	m	표면처리	3순위
	균열(0.3mm 이상)	1.5	m	주입보수	1순위
교대	균열(0.3mm 미만)	19.5	m	표면처리	3순위
	균열(0.3mm 이상)	1.0	m	주입보수	1순위
신축이음	후타재 균열	36.0	m	주의관찰	3순위
방호벽	균열(0.3mm 미만)	7.4	m	표면처리	3순위

2) 콘크리트 표면처리공법($c/w=0.3\text{mm}$ 미만)

① 공법 개요

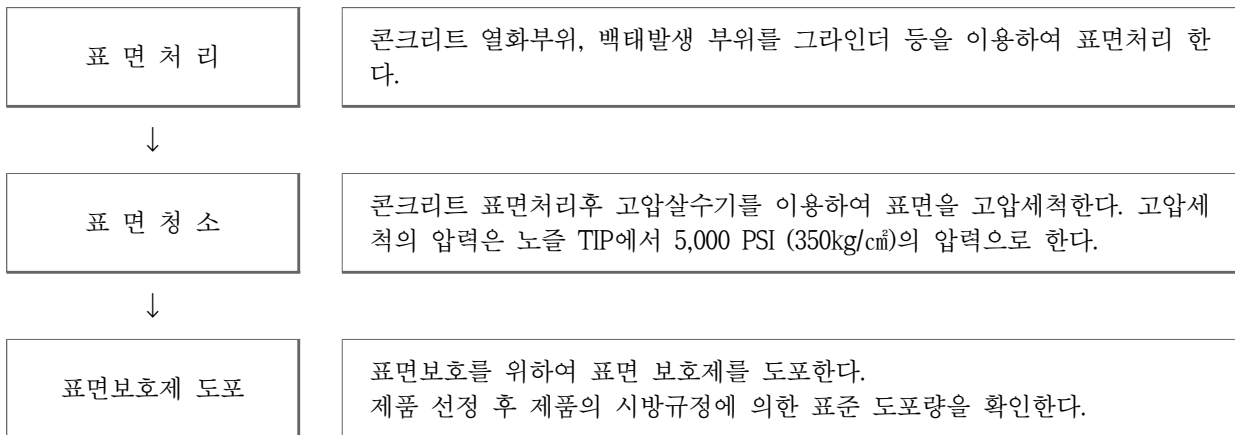
콘크리트 표면이 노후 및 열화된 부위에 대해서 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수하는 방법이며 표면백태, 0.2mm 이하의 미세균열의 발생 부위에 적용한다. 또한, 보수 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

② 시공방법 및 유의사항

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러쉬로 닦아 내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 균일하게 도포한다.

균열폭의 변동이 큰 경우에는 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 쉘링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

〈시공순서도〉



【그림 6.2】 콘크리트 표면처리 시공순서도

3) 균열주입보수($c/w=0.3\text{mm}$ 이상)

① 개요

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

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

② 수지주입공법의 종류

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

【표 6.4】 수지주입공법의 종류

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

【표 6.5】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20°C , cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500 ± 200	0.1mm 전후
	고점도	$1,500 \pm 500$	0.2mm 전후
Gel 상태		$6,000 \pm 1,000$	$0.5 \sim 5.0\text{mm}$ 전후

【표 6.6】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

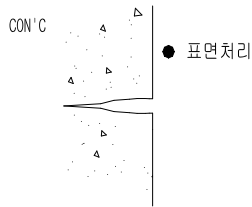
균열 폭(mm)	주입파이프/패커간격(mm)	비고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 6.7】 에폭시계 수지의 규격

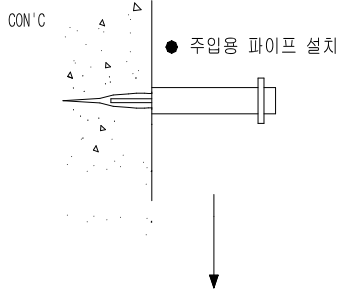
시험항목	시험방법	시험조건	셀링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	〃	〃	3.5이상	4.0이상
인장강도	〃	〃	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	〃	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	0.15이상	0.3이상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

③ 시공방법

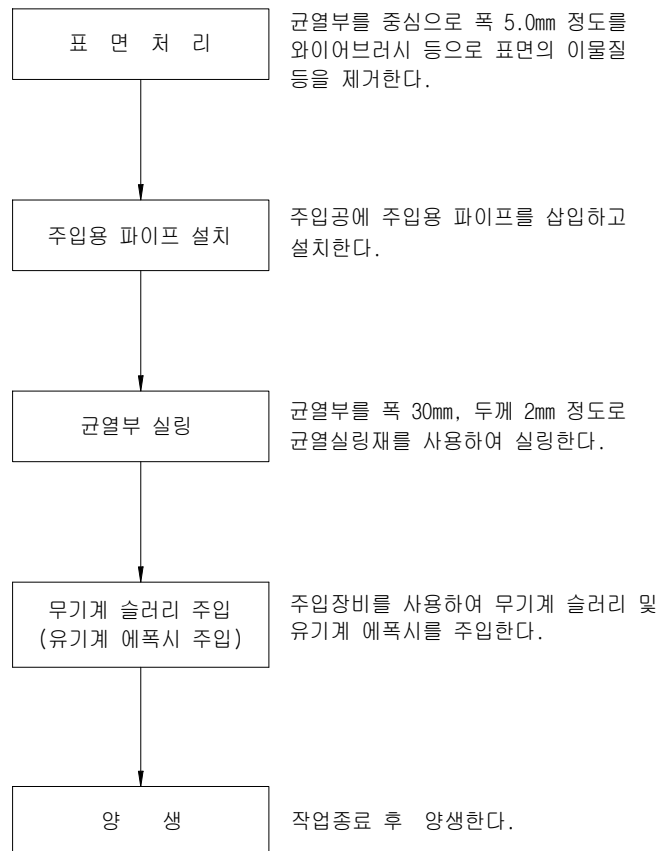
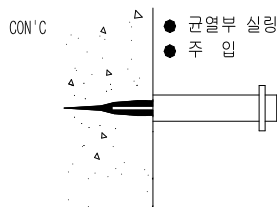
● STEP 1



● STEP 2



● STEP 3



【그림 6.3】 균열 보수공법 개요도

④ 시공시 주의사항

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

【표 6.8】 주입공법 공법비교안

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

나. 콘크리트 표면처리 방안

1) 점검 현황

본 교량의 표면손상은 거더 백태, 교대 백태 및 표면오염 등이 조사되었다.

조사된 손상은 우선순위에 따라 보수가 필요하며, 국부적으로 발생된 경미한 표면손상은 현 상태에서 보수의 필요성은 없는 상태이며, 향후 주기적인 점검이 필요하다.

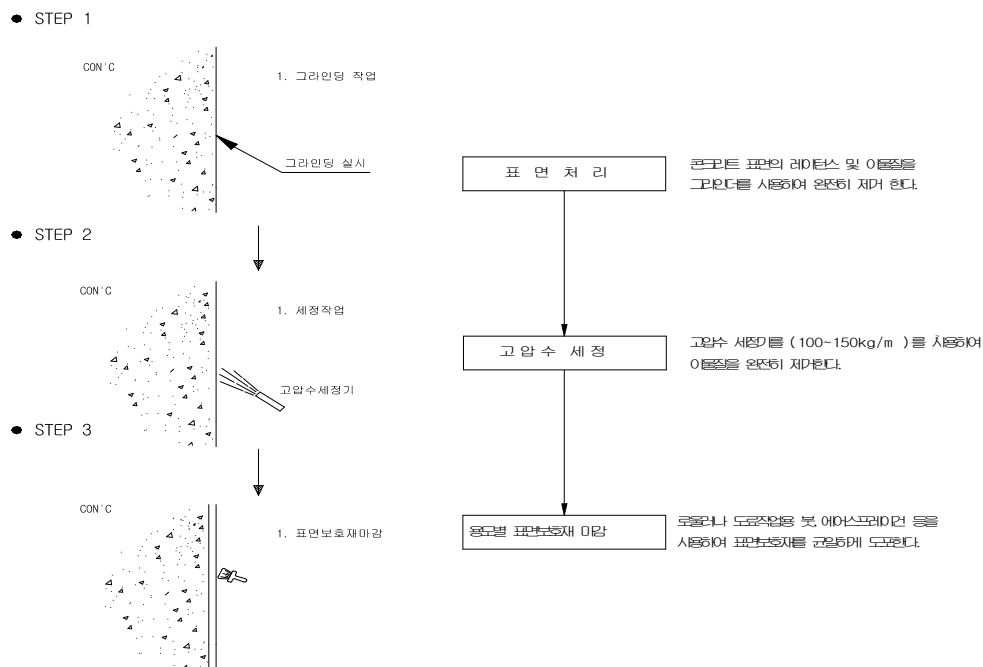
① 손상발생 현황

구분	손상 내용	보수방안	손상물량	단위	우선순위
거더	백태	표면처리	0.04	m ²	3순위
	균열부 백태	표면처리	0.05	m ²	3순위
교대	표면오염	표면처리	300.0	m ²	3순위
	백태	표면처리	8.78	m ²	3순위

2) 표면처리(보수)공법 개요

콘크리트 표면 열화부 및 백태 혹은 미세균열이 발생된 부위에 적용하는 보수 공법으로서 손상이 발생된 부위에 도막을 형성하여 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용한다.

3) 시공방법



【그림 6.4】 표면처리 보수공법 개요도

4) 시공순서 및 유의사항

표면처리 사용재 종류

- 폴리머 시멘트 페이스트
- 시멘트 필라
- 도막탄성 방수재(아크릴 수지계)
- 도막탄성 방수재(우레탄 수지계)

시 공 순 서



유 의 사 항

- ① 표면 피복할 범위를 도면 화하고 구조물 부위에 표시
- ② 손상부위를 피복할 부위의 청소는 다소 여유있게 와이어 브러쉬, 전통대패 등으로 실시
- ③ 바탕처리가 필요한 경우는 주걱으로 눌러서 표면 공극이나 흠집을 충분히 메움
- ④ 표면 바탕처리 후 경화가 완료되면(2~3일) 고운 사포를 이용하여 표면을 갈아내고 미분을 털어냄
- ⑤ 재료의 점도를 비롯한 물성 특성을 고려하여 붓으로 바르거나 에어레스 스프레이를 이용하여 초벌 바름
- ⑥ 표면 도막의 두께는 각 계단 일정한 두께로 형성하는 것이 보수효과와 내구성 측면에서 유리
- ⑦ 표면피복이 완료된 후는 주변 분진 또는 오물이 피복 면에 흡착되지 않도록 보호막을 설치
- ⑧ 표면처리 공법 시공시 일부구간에 박락 또는 손상 등이 있는 구간은 충전공법을 병용할 수 있도록 조치

다. 콘크리트 단면보수 방안

1) 점검 현황

본 교량의 단면손상은 박리, 박락, 재료분리, 파손, 철근노출 등이 조사되었다.

조사된 손상은 우선순위에 따라 보수가 필요하며, 국부적으로 발생한 경미한 단면손상은 현 상태에서 보수의 필요성은 없는 상태이며, 향후 주기적인 점검이 필요하다.

① 손상발생 현황

구분	손상 내용	보수방안	손상물량	단위	우선순위
거터	박리	단면보수	0.81	m ²	1순위
	박락/파손/긁힘	단면보수	0.8	m ²	1순위
	박락/철근노출	단면보수+방청	0.14	m ²	1순위
	표면보호제 박락	표면처리	1.0	m ²	3순위
가로보	철근노출	단면보수+방청	0.03	m ²	1순위
교대	박락	단면보수	0.03	m ²	2순위
	백태/철근노출	단면보수+방청	1.75	m	1순위
	박락/철근노출	단면보수+방청	0.5	m ²	1순위
	재료분리/철근노출	단면보수+방청	0.90	m ²	1순위
	박리	단면보수	0.84	m ²	2순위
	표면박리	단면보수	25.0	m ²	2순위
	철근노출	단면보수+방청	0.01	m ²	1순위
방호벽	박리	단면보수	15.0	m ²	2순위

2) 단면복구(보수)공법 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면복구(보수)공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로써 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청제의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기한 결함 중 콘크리트 파손부 및 철근노출, 부식부에 대한 보수방법으로 사용한다.

3) 단면복구(보수)시 털어내기 작업

단면복구(보수)시 털어내기 작업은 콘크리트 표면의 상황을 봐서 판단하는 것이 아니고 다음의 항목 및 【그림 6.5】를 참고하여 털어내기 범위나 형상을 결정하는 것이 좋다.

① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

보수 개소의 콘크리트를 털어낼 때에 탄산화 등에 의한 취약한 부분을 남기면, 기설 콘크리트와 복구재료와의 충분한 부착강도를 얻을 수 없을 뿐 아니라, 균열이나 철근부식 재발의 원인이 된다. 따라서, 부재 내력에 영향을 미칠 수 없는 범위에서 열화부분을 모두 제거 할 필요가 있다. 열화부분을 효과적으로 확인하기 위해서는 탄산화깊이나 알칼리 반응성 생성물의 측정 등 열화요인과 관련된 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

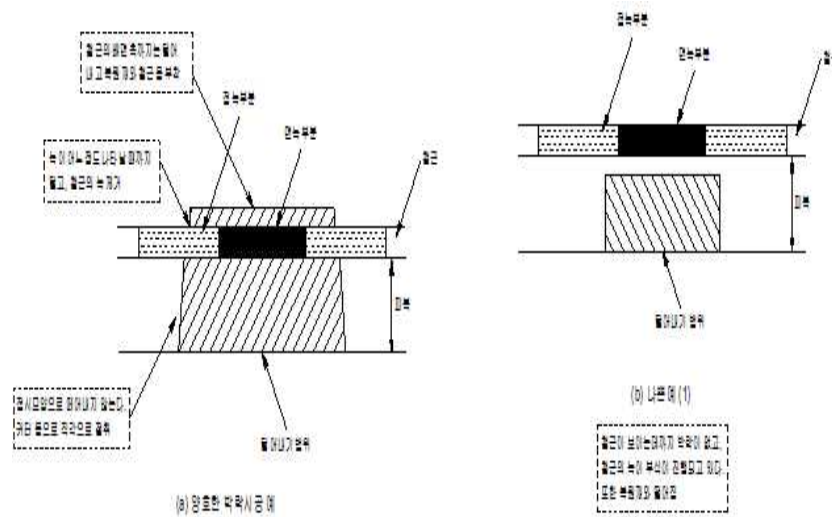
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

따라서, 녹제거를 확실하게 할 수 있도록 철근표면의 전면에 녹이 나오고 있는 부분(면 녹의 부분)뿐만 아니라, 이것과 인접하면서 녹이 점상으로 나타나는 비교적 건전한 부분(점 녹의 부분)이 드러나는 범위까지 털어낼 필요가 있다. 한편, 털어내기 전에 면 녹의 범위를 파악하기 위해서는 자연전위 보정법에 근거하고 보정자연전위에서 -350mV보다 낮은 전위를 가리키는 부분이 이것에 해당한다.

또한 같은 이유로 녹의 제거는 철근의 전 주변에 대하여 실시하여야 하고, 철근은 박락된 부분(면)에서부터 뒷부분까지 파취할 필요가 있다. 이것은 단면복구(보수)재가 철근을 둘러싸는 것에 의한 부착성 향상에도 유효하다.

③ 털어내기 형상

콘크리트와 단면복구(보수)재와는 일반적으로 열팽창율이 다르기 때문에 복구재의 단부가 접시형상으로 되어 있으면, 온도신축에 의해 그 부분으로부터 박리현상을 보이는 우려가 있다. 이것을 방지하기 위해 털어내기시 단부가 접시형상으로 되는 것을 피하고, 될 수 있는 한 수직에 가까운 각도로 깊이 털어내는 것이 중요하다.



【그림 6.5】 단면복구(보수) 상세도

4) 철근의 방청 처리

털어내기에 의해 노출된 철근의 녹 제거는 특히 정성껏 실시할 필요가 있다. 일반적으로 와이어 브러시를 이용할 수 있는 것이 많지만, 보다 확실한 녹제거 방법은 샌드 블라스트, 워트제트 등을 쓰는 것이 좋다.

녹을 제거한 후는 철근에 방청재를 도포한다. 방청재에는 녹방지 도료, 아질산염계 방청재, 염분흡착제를 사용한 시멘트계 방청형 보수재가 있다. 일반적으로 철근부식의 억제는 철근부식효과가 있는 아질산염 이온이 함유된 것이 효과적이다.

액산의 아질산칼륨이나 아질산리튬을 철근이나 박락면에 직접 도포하여 아질산염이온을 같이 배합한 아질산염계 방청재가 있다. 염화물에 의한 부식의 경우 유효한 도포량은 아질산 이온량과 염화물량의 비율을 관리하여야 하며 많은 양의 충전이 필요한 경우 Paste나 모르터 등을 혼합하여 사용하는 등의 검토가 필요하다. 또한 최근 개발된 염분흡착제를 이용한 방청재는 해수성분을 함유한 수분이 있는 개소의 철근부식에 대응하여 아질산 이온을 도입 또는 함유한 염화물량의 저감효과가 있다.

염분흡착재는 콘크리트 제체중의 유해한 염화물이 흡착되어 저감되어지는 동시에 염분흡착재 자신이 기다리고 있는 아질산 이온을 방출하는 것에 의해 높은 방청재 효과를 얻을 수 있다.

5) 단면복구(보수) 재료

복구재의 선정은 열화의 요인, 손상 상황, 누수 상황 등을 감안하고, 기설의 철근이나 콘크리트와의 부착성, 시공성, 재료특성 등을 평가하고 시공개소에 적합한 것을 채용 할 필요가 있다. 특히 사용실적이나 적절한 시험방법 등에 의해 품질, 성능을 확인할 수 있는 복구재를 사용하는 것이 바람직하다. 단면복구(보수)재는 저수축성이 요구되며, 복구재 충전 후 경화전에 우려할만한 차량진동을 받는 부위는 조강형을 사용하고, 아치부나 슬래브 하면 등 시공성을 중시할 경우는 경량형을 사용하고, 거푸집을 설치해서 충전할 경우는 고유동형을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.

일반적으로 단면복구(보수)재를 충전하기 전에 프라이머를 도포하는 경우가 많다. 프라이머는 기설 콘크리트와 복구재의 부착성 향상을 목적으로 한 에폭시 수지계, 복구재의 수분이 기설 콘크리트에 흡수되어 경화에 필요한 수분이 결핍하는 「드라이 아웃」 방지를 목적으로 한 수성 에멀션을 주재로 하는 재료 등이 있다.

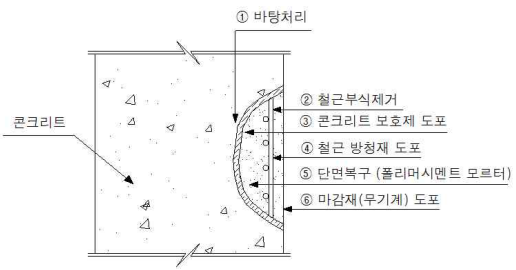
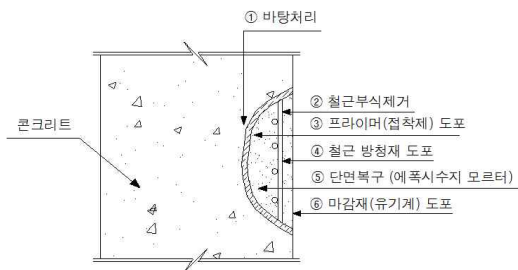
【표 6.9】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류

분 류		개 요
유기계	수지모르터 (에폭시수지 등)	• 에폭시 등의 수지와 잔골재를 이용한 모르터로 고강도, 수밀, 경량, 접착성이 뛰어나고 쉬어쓰기 용이하나 고가임
무기계	폴리머 시멘트 모르터	• 시멘트에 SBR, 포키시 등의 수지를 첨가한 모르터로 고강도, 수밀성 양호
	무수축 모르터	• 팽창재가 함유된 건조수축을 보상하는 것에 의해 억제하는 모르터

6) 단면복구(보수)시 유의 사항

- ① Lath 철망이나 Wire Mesh를 끼울 경우는 박리현상이 발생되지 않게 충분히 고정된 뒤 단면복구(보수)재를 충전한다.
- ② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.
- ③ 보수 깊이가 깊은 개소의 충전은 여러층으로 시공할 경우 경계부위가 부착상의 약점이 되기 쉬우므로 정확한 작업이 요구된다.
- ④ 보수한 단면복구(보수)재가 낙하할 가능성이 있는 부위는 중점적으로 검사 및 점검을 실시한다. 또한, 재료의 선택에 따라 신구콘크리트접착재의 도포가 필요할 경우에는 도포 후 단면복구(보수)를 실시한다.
- ⑤ 털어내기 작업시 콘크리트 분진으로 인한 대기오염을 방지하기 위해 집진시설이나 물분사 등을 실시하여 도로주변의 환경오염에 주의하여야 한다.

【표 6.10】 단면복구(보수) 공법비교안

구 분	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
개 요 도		
공법개요	콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계)도포	치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
특 징	- 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 - 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수함 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 - 보통 형식의 것은 경화시간의 늦고 공기가 길어짐	- 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 - 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 - 재료비가 폴리머 시멘트에 비해 저가임 - 경화시간이 빠름 - 방청효과가 확실하지 않음 - 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

6.3 보수·보강 개략공사비

6.3.1 보수·보강 개략공사비

【표 6.11】 보수·보강 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더	균열(0.3mm미만)	표면처리	10.5	3.94	m	50	197	3순위
	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.5	2.25	m	33	74	1순위
	백태	표면처리	0.04	0.06	m ²	50	3	3순위
	균열부 백태	표면처리	0.05	0.08	m ²	50	4	3순위
	박리/박락/파손/균함	단면보수 t=10mm	1.26	1.89	m ²	118	223	2순위
	박리/박락/파손/균함	단면보수 t=20mm	0.35	0.53	m ²	164	87	2순위
	박락/철근노출	단면보수+방청 t=50mm	0.14	0.21	m ²	304	64	1순위
	표면보호제 박락	표면처리	1.0	1.50	m ²	50	75	3순위
가로보	철근노출	단면보수+방청 t=30mm	0.03	0.05	m ²	217	11	1순위
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	19.5	7.31	m	50	366	3순위
	균열(0.3mm이상)	주입보수	1.0	1.50	m	33	50	1순위
	박락	단면보수 t=10mm	0.03	0.05	m ²	118	6	2순위
	백태/철근노출	단면보수+방청 t=30mm	1.75	2.63	m	217	571	1순위
	폐콘크리트 적치	정비	12.5	18.75	m ²	60	1,125	3순위
	표면오염	표면처리	300.0	450.00	m ²	50	22,500	3순위
	박락/철근노출	단면보수+방청 t=30mm	0.5	0.75	m ²	217	163	1순위
	재료분리/철근노출	단면보수+방청 t=30mm	0.90	1.35	m ²	217	293	1순위
	박리	단면보수 t=10mm	0.84	1.26	m ²	118	149	2순위
	표면박리	단면보수 t=10mm	25.0	37.50	m ²	118	4,425	2순위
	철근노출	단면보수+방청 t=30mm	0.01	0.02	m ²	217	4	1순위
	백태	표면처리	8.78	13.17	m ²	50	659	3순위
교량 받침	받침 부식, 몰탈박락	교체	18	18	1식	-	108,000	1순위
신축 이음	후타재 균열	주의관찰	36.0	13.50	m	-	-	3순위
	후타재 마모	주의관찰	4.0	6.00	m ²	-	-	3순위
	이물질 퇴적	정비	27.0	40.50	m	60	2,430	3순위
배수 시설	배수구 막힘	정비	4	4	ea	60	240	2순위
	배수관 막힘	정비	1	1	ea	60	60	2순위
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	7.4	2.78	m	50	139	3순위
	박리	단면보수 t=10mm	15.0	22.50	m ²	118	2,655	2순위
개략 공사비	구분		1순위		2순위		3순위	
	순공사비		109,230		7,845		27,498	
	제경비(순공사비×50%)		54,615		3,923		13,749	
	합계		163,845		11,768		41,247	
유지보수 개략공사비 총계			216,860					

주1)보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음(정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영).

주2)동일부재에서 보수방안을 중심으로 합산하여 개략공사비를 산출하였음.

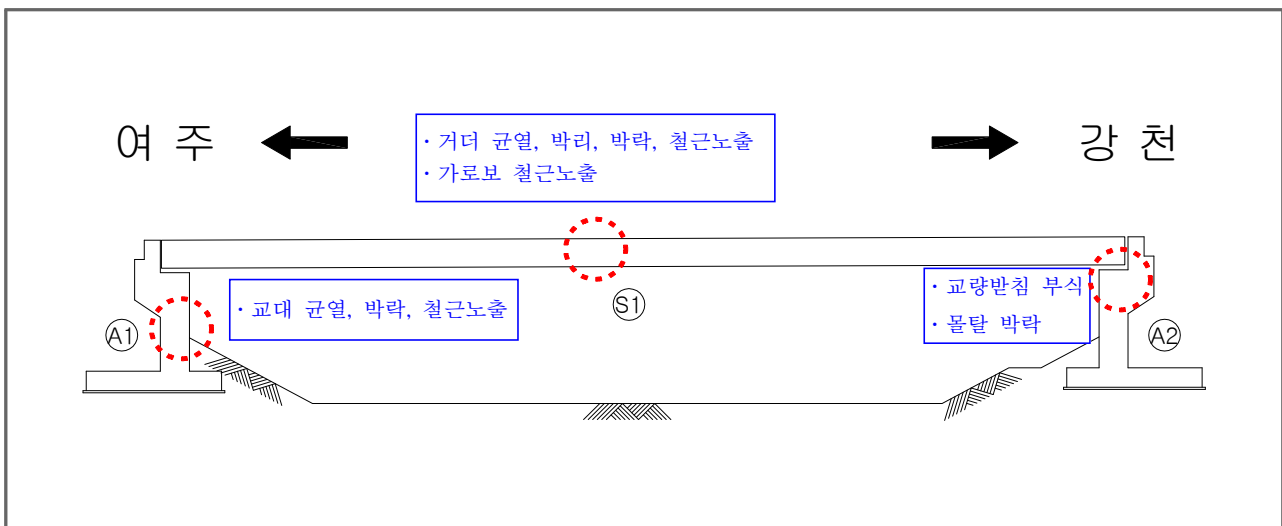
6.4 유지관리 방안

교량 유지관리는 교량의 공용수명 동안 교량의 안전성과 기능성을 유지하기 위하여 행하는 행위로서 손상발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 조치를 취하는 예방 유지관리와 손상발생 후 조치를 취하는 사후 유지관리로 나눌 수 있으나 유지관리의 주안점은 구조적 특성이나 손상유형을 고려하여 사전에 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하며 그 원인을 미리 해소하는 예방 활동에 목표를 두어야 한다.

6.4.1 점검결과에 따른 중점유지관리 사항

가. 중점유지관리 개요

금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 이호육교 거더 및 가로보, 교대에 발생한 폭 0.1~0.3 mm의 균열과 박리, 박락, 파손 등 단면손상 및 철근노출, 교량받침 부식 등이 조사된 상태이며, 손상진전을 방지하고 구조물의 내구성 확보를 위한 관리가 요구된다.



【그림 6.6】 이호육교 중점유지관리 사항 모식도

나. 부재별 중점유지관리 사항

본 교량에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

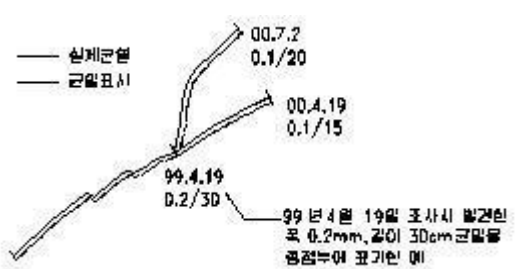
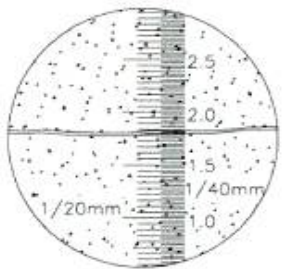
【표 6.12】 부재별 유지관리 중점사항

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 균열, 포트홀, 소성변형, 마모 등의 손상 유무
방호벽	• 방호벽 박리 • 폭 0.1~0.2mm의 균열
배수시설	• 배수관, 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판 하면의 휨균열 발생유무 및 기타 결함발생 유무 등 • 바닥판 단부의 파손 및 균열 등의 손상유무
거더 및 가로보	• 거더 균열, 박리, 박락, 철근노출 등 • 가로보 균열, 박리, 박락, 철근노출 등
교량받침	• 부식(진전여부 점검) • 무수축물탈, 받침콘크리트 균열(진전여부 점검) • 무수축물탈, 받침콘크리트 박리, 박락(진전여부 점검) • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 본체 부식(진전여부 점검) • 후타재 균열, 박리 등
교대	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 백태 • 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출 등

6.4.2 유지관리시 점검요령

교량의 안전성과 기능성, 사용성 및 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서 주기적이고 체계적인 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단 등을 통한 유지관리가 무엇보다도 중요하다. 따라서, 정밀안전점검 결과를 바탕으로 부재별 결함부위에 대한 원인분석과 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검해야 하는 사항을 제시하고 필요한 점검항목 및 점검요령을 기술하였다.

가. 바닥판

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		•박리, 박락, 층분리, 철근노출(피복두께 부족), 파손 •백태(유리석회), 오염 •재료분리
▷ 거더교		•균열(거더사이, 힌치부 종방향 균열) •망상균열
▷ 슬래브, 라멘교 상부	- 단부	•부스러짐 •사인장균열
	- 중앙부	•휨균열
주요 손상	 <바닥판 균열, 망상균열, 박락, 철근노출 등>	
점 검 요 령	○ 점검방법 - 도보접근이 불가능한 구간은 점검장비를 이용 근접 점검 - 균열의 진행상황을 파악하기 위하여 균열의 시·종점을 표시해 두는 것이 필요하며, 정기적으로 진행 여부를 관찰  (a) 균열표시 예  (b) 균열경 조사 예	

점 검 요 령	- 균열로부터 녹물 유출 여부 조사(철근 부식) - 망상균열, 층분리, 누수나 백태흔적이 발견될 경우 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결합의 존재여부를 추정한다. 내부에 결합 존재 시 외관상 건전한 부위에서도 편칭 전단파괴의 우려가 있다. ※ 점검용 망치 : 내부의 공동이나 층분리 여부를 소리로 판단. 즉, 건전한 부분을 두들기면 “핑” 하는 맑은 소리가 나지만 내부결합이 있는 부분은 “퍽” 하는 소리가 난다. ※ 편칭전단파괴(Punching Shear Failure) : 국부적으로 바닥판에 구멍이 뚫리는 현상 ◦ 점검시 유의사항 - 공통적인 손상은 대부분 구조적인 결함이므로 발생원인을 규명하고 보수보강 등 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사 - 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 점검 시 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의 - 누수 및 백태가 발견된 부위는 교면포장 상태가 비교적 양호할 경우 포장하부의 콘크리트 상태불량, 방수층의 파손이 원인일 수 있으므로 포장을 제거하여 조사하는 등의 원인분석 행위가 필요 - 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 철근의 부식환경을 확인하기 위하여 탄산화시험을 실시 ※ 탄산화 시험 : 철근콘크리트의 부식, 내구성, 잔존수명을 파악하기 위하여 콘크리트 절단면 또는 절취된 콘크리트의 코어에 페놀프탈레인 용액을 사용하여 탄산화의 깊이 측정
원 인	◦ 초기 건조수축 및 온도변화
중 점 점 검 사 항	◦ 횡균열 - 균열폭의 확대와 길이 진전 여부 ◦ 단부 박락 및 철근노출 - 보수 후 재손상 발생 여부
점 검 도 구	◦ 사진기 ◦ 균열자 ◦ 점검용 망치 ◦ 확대경 ◦ 줄자 ◦ 펴기 도구(소형 보드판, 매직, 분필) ◦ 점검야장 ◦ 필요시 반발경도 및 탄산화 시험기기

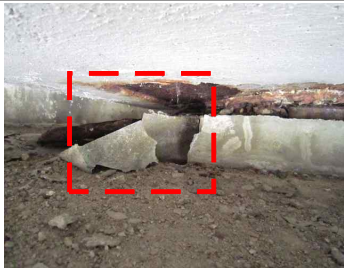
나. 거더 및 가로보

점 검 부 위		점 검 항 목
▷공통		•균열, 박리, 박락, 층분리, 파손 •철근노출(피복두께 부족) •재료분리, 누수 및 백태 •PS강재 또는 쉬스관 노출, 부식, 파단
▷받침부		•부스러짐 •복부 사인장균열 •연속교 상단 휨균열 •격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부		•휨균열, 거더처짐 •쉬스관 노출 및 파손 •시공이음부 균열 및 누수
▷가로보		•박락(파손), 철근노출
▷강선 정착구역		•정착구역 균열 및 파손 •강선 보강부위 구조물과 분리
주 요 손 상	  	<거더 박락, 철근노출> <거더 균열> <가로보 하면 철근노출>
점 검 요 령	○ 점검방법 - 접근이 불가능한 구간은 점검 장비를 이용하여 근접 점검 - 받침부나 중앙부 근처의 손상을 중점점검하며 받침부에 발생한 복부 사인장 균열은 급작스러운 파괴를 유발할 수 있으므로 정밀한 조사 필요 - 균열의 진행 상황을 파악하기 위하여 시·중점을 표시해두고 정기적으로 진행여부를 관찰 - 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 거더의 상부가 인장영역이 되고, 정모멘트가 발생하는 중앙부 거더 하부가 인장구간이 되어 균열발생이 쉬우므로 인장균열 발생에 유의하여 점검 - 균열부에 녹물이 유출되는 것은 철근부식의 징후이므로 유출여부를 조사	
원 인	• 초기 건조수축 및 온도변화 • 외부 충격	
중 점 점 검 사 항	• 균열 - 국부적으로 발생된 상태로 손상진전 여부 점검 - 보수 후 재손상 발생여부 점검 • 단면손상 - 손상진전여부 확인 - 보수 후 재손상 발생여부 점검	
점 검 도 구	• 사진기(망원렌즈) • 줄자(5m자) • 점검야장	

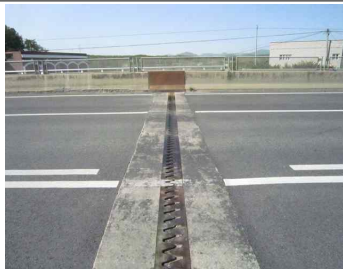
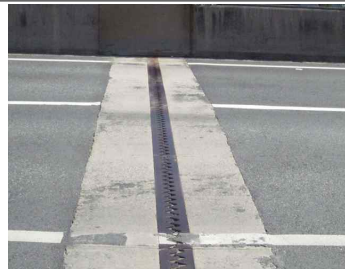
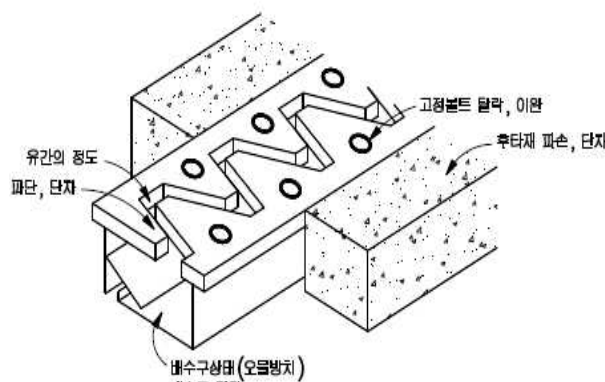
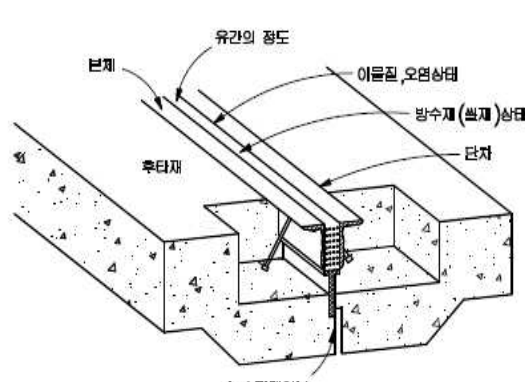
다. 교대

점 검 부 위		점 검 항 목	
▷ 공통		•균열(시공이음부 횡방향 균열) •박리, 박락, 층분리, 백태(유리석회), 파손, 철근노출 •교대 회전(기울음), 침하(연직이동)	
▷ 두부		•두부 물고임 •두부와 홍벽 경계부 균열(후면으로 기울음) •거더와 홍벽 신축유간 부족	
▷ 벽체		•균열(수직균열) •벽체와 날개벽 분리(이동)	
▷ 날개벽(옹벽 포함)		•날개벽 이동, 전도	
주 요 손 상	 〈교대 균열〉	 〈교대 박락, 철근노출〉	 〈교대 백태, 철근노출〉
점 검 요 령	○ 점검방법 - 접근 장비에 의해 근접 육안점검 - 교대 입지조건이 성토부 혹은 연약지반에 위치한 경우 전후방으로 교대 벽체가 기울었는지 확인하고 의심스러운 경우 실을 매단 점검추를 늘어뜨리거나 측량기로 확인(날개벽, 옹벽 포함) - 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부위이므로 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이 확인 ○ 점검시 유의사항 - 신축이음 유간이 벌어져 충격음이 발생하거나 단혀 있을 경우 거더 상·하부와 홍벽 사이 간격이 서로 차이가 나는지 점검하고 교대 전도 여부도 확인 - 연약지반상의 교대는 뒷채움부의 침하로 인하여 접속슬래브 하부에 공동이 발생하여 홍벽이 교대 뒤쪽으로 전도되어 균열이 발생하기도 함 - 교대 뒷면과 날개벽 사이에 공동이 발생했거나 흙이 침하된 경우 날개벽의 전도를 의심하여 점검 - 벽체에 수직으로 발생하는 균열은 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 우려할 바는 아니지만 폭이 넓은 교대에서 균열폭이 1mm 이상이면 교대기초의 부등침하도 의심하여야 함		
점 검 도 구	•사진기 •균열자 •줄자(5m자) •점검용 망치		•점검추 - 기울음 측정 •중성화 시험기 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

마. 교량받침

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 본체	- 공통	•부식(오물퇴적), 변형 •균열, 파손(균열발생으로 파손진행) •가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 •받침과 거더의 밀착상태(분리) •앵커볼트 파손(절단) •가동방향 오류, 편기설치
	- 강재받침	•가동면 부식 •부속물 파손
	- 고무받침	•고무재 부풀음 및 갈라짐 •고무판의 과도한 변형
▷ 받침대		•균열, 파손(하부공동) •부분 침하
▷ 이동제한장치		•용접부 균열 •파손
주요 손상	  	<무수축물탈 박락> <받침 부식> <받침 부식>
점 검 요 령	○ 점검방법 - 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검 - 가동받침의 가동여부는 가동면의 윤활재가 밀린 흔적이나 먼지 부착정도로 확인 가능함 - 편(고정)받침을 도장 보수를 시행한 경우 편 연결부 회전유간 틈에 고화된 도장재가 손상 없이 고드름 형태로 남아있는 경우 편 회전 불량으로 간주 - 눈금자가 설치되지 않은 받침은 측면을 깨끗한 형궤으로 잘 닦고 유성펜으로 상부받침과 이동제한장치 끝부분에 수직으로 선을 그어 놓으면 다음 점검시 온도차에 따른 가동량을 측정할 수 있음 - 곡선교 내측 단부 혹은 사교의 예각부 단부의 반반력으로 인한 받침과 거더의 들뜸 상태 점검 - 경사교에서 받침 경사설치로 인한 상부가동받침과 하부받침 접촉 및 받침 부속품과의 접촉으로 인한 가동장애요소 점검 - 수직보강재와 받침이 10cm 이상 편기시 하부플랜지의 국부변형이나 거더 복부판의 좌굴 여부 확인 - 받침하부에 공동이 의심되면 긴드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인 - 받침부의 물고임 부분은 누수부위의 확인 및 물고임 원인분석 ○ 손상발생시 조치 - 받침하부에 폭 0.3mm 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고, 안전성 검토 및 대책 수립 필요	
점 검 도 구	•사진기 •줄자 •균열자 •온도계	•유성펜(매직) 및 청소용 걸레 •점검용 망치 •드라이버(driver) •펼기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

바. 신축이음장치

점 검 부 위		점 검 항 목	
▷ 본체	- 공통	•누수, 오염(배수시설 누락, 유간의 오물퇴적) •유간(부족 및 과다) •이상진동(충격음) •본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림)	
	- 고무재	•고무판 마모, 강판노출 및 부식	
	- 강재	•방수재(셀링재) 파손 - 노면수 유입	
▷ 후타재		•균열, 파손(패임 및 요철)	
주 요 손 상			
	〈본체 부식〉 〈후타재 균열〉 〈후타재 마모〉		
	 		
주 요 내 용	○ 점검방법 - 보도에서 점검 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생 여부 점검 (단차관리기준 예: 자동차전용도로 10mm, 교통량이 많은 일반도로 15~20mm, 교통량이 적은 일반도로 : 20~30mm) - 고무재의 마모, 파손, 충전 셀링재 노출로 차량운행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브상태 점검 - 방호울타리부 신축이음의 방수기능 점검 - 레일식 하면의 경우 점검로에서 점검이 어려운 경우 장비를 사용하여 거더를 점검할 때 근접 점검 - 점검기간 내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하고 있는지 확인 점검		
점 검 도 구	•사진기 •줄자 •점검용 망치 •드라이버(driver) - 유간오물 확인 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장		

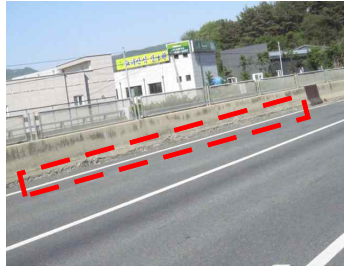
사. 교면포장

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		•균열(미세, 선상, 격자형) •소성변형(요철, 바퀴자국, 단차) •포트홀(패임) •노면잡물(구배불량)
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부		•단차, 침하
▷ 배수구 주변		•물고임, 이물질 퇴적
주 요 부 위	 <아스콘 포장>	 <아스콘 포장>
점 검 요 령	◦점검방법 - 방호벽측 갓길에서 도보점검 - 중차량 통행이 많은 차선, 곡선부 외측, 급정지 구간 주변의 손상 점검 - 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검 - 교면위 물고임 및 포트홀 점검(가급적 비온 직후 점검) - 포장의 노후화에 따른 종방향균열의 진전여부, 망상균열의 진전여부 ◦손상발생시 조치 - 손상이 확인한 부분은 위치, 규모에 대하여 기록 후 사진 촬영 - 포트홀의 직경이 20cm이상 혹은 종방향 단차가 30mm이상 발생하여 추가손상이 우려되거나 주행 안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 ◦점검시 유의사항 - 갓길은 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검 - 상세조사를 실시할 경우 신호봉 등을 사용하여 차량 유도후 안전하게 점검	
점 검 도 구	•사진기 •줄자(5m) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) 및 점검야장 •신호봉 또는 수기	

아. 배수시설

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 배수관	격자판(Grating) 유입구	•파손, 누락 •누수, 체수(막힘) •오염(오물퇴적)
▷ 배수관		•파손(연결 고정부 탈락) •배수관 길이 부족(거더에 물 떨어짐) •유출구 위치 부적절 (도로상이나 구조물 위에 위치)
주 요 손 상	 <배수구 막힘>  <배수관 누수>	
점 검 요 령	○ 점검방법 - 배수구 : 보도부 혹은 노면에서 도보로 점검하며, 배수구 설치간격, 유입구 누락여부, 그레이팅 파손 및 오물퇴적 확인 - 배수관 ① 교량하부 및 측면에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근장비를 이용 ② 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 위로 떨어지지 않는 지 점검 ③ 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검 ④ 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지 점검 ⑤ 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검 ○ 손상발생시 조치 - 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거 ○ 점검시 유의사항 - 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 차량운행에 주의 - 접근장비 사용시 차량운행 및 안전에 유의	
점 검 도 구	•사진기 •줄자 •점검용 망치	•드라이버(driver) - 유간오물 확인 •펼기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

자. 방호벽 및 중앙분리대

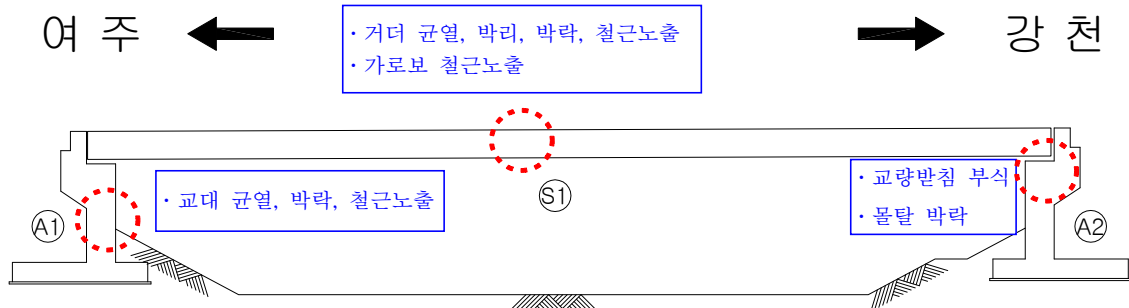
점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 난간, 방음벽	- 강재, 알루미늄	• 변형 • 파손
	- 철근콘크리트	• 균열(부모멘트부 균열, 침하균열) • 박리, 박락, 철근노출, 파손(충돌)
▷ 갓길		• 신축이음 접촉부 부스러짐(파손) • 표면 부스러짐(동결융해)
▷ 연석	- 강 재	• 도장 손상, 부식 • 파손 • 균열(부모멘트부 균열)
	- 철근콘크리트	• 박리, 박락, 부스러짐, 파손
주 요 부 위	 <방호벽 균열>	 <방호벽(중분대) 박락>
점 검 요 령	○ 점검방법 - 교량 한쪽에서 눈을 난간(방호울타리)높이 정도로 낮추어 난간의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검 - 안전난간 및 방음벽의 경우 안전난간 및 방음벽의 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인 - 연속 받침부 연석 및 자갈막이는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 폭 0.3mm 이상)을 점검 ○ 손상발생시 조치 - 방호울타리의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 유지 - 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 고려 ○ 점검시 유의사항 - 난간의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 추락 위험이 있을 시 즉시 연락하여 추락 방지시설 등의 응급조치 필요	
점 검 도 구	• 사진기 • 솔(브러쉬) • 강재 부식부위 등 상세확인	• 줄자 • 필기 도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장

6.4.3 중점 유지관리사항 및 점검방향

이호육교 중점유지관리사항, 점검방향

■ 중점유지관리 사항

- ① 거더 및 가로보 균열, 박락, 철근노출
 - 균열(망상형태)부 백태 동반 여부 등
 - 진전 및 추가손상 발생 여부 확인
 - 보수 실시 여부 확인
- ② 교량받침 부식, 무수축불탈 박락
 - 손상의 진전유무 확인
 - 교체 후 추가 손상 발생 여부 점검
- ③ 하부구조 균열, 박리, 박락, 철근노출
 - 손상 진전 및 추가손상 발생 여부 확인
 - 보수 실시 여부 확인



■ 장비투입현황 및 계획



구분	상부구조	하부구조
	교량점검차	도보
구간	S1	A1, A2
소요 기간	1일(통제필요)	1일
현황	- 하부 강천로 통과	

제 7 장 종합결론

7.1 종합결론

제 7 장 종합결론

7.1 종합결론

본 과업 대상교량인 이호육교는 경기도 여주시 강천면 이호리에 위치하고 있으며, 1999년도에 준공되어 약 21년 정도의 공용기간이 경과하였으며, 상행 3차로, 하행3차로로 시공된 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 30.0m(1@30.0m), 폭 25.83m인 교량으로서, 상부구조는 PF Girder 형식, 하부구조 교대는 역T형 구조이고 기초는 강관파일 기초로 시공되어 있다. 교량의 평면 선형은 사각(90°)이 없는 직선($R=\infty$)을 이루고 있으며, 종단경사는 시점에서 종점으로 +0.3533%의 상향기울기를 형성하고 있다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수·보강방법 제시) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 의한 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효율성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

7.1.1 현장조사 및 시험

가. 현장조사

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면은 균열 및 단면손상 등 특기할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 전회 점검시에도 손상은 없는 것으로 확인되었다.

2) 프리플렉스빔(PF)

- 거더에 대한 현장조사 결과 균열(폭0.1~0.3mm), 백태, 박리, 박락, 파손 및 철근노출, 표면보호제 박락 등의 손상이 확인되었다.

- 거더에 발생한 박리, 박락 및 철근노출은 기존의 신축이음을 통해 유입된 우수가 반복적인 동결융해에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보를 위한 철근방청 및 단면보수가 필요한 상태이다. 균열의 경우 폭 0.3mm미만에 대해서는 표면보수를 실시하고, 폭 0.3mm 균열의 경우 교량받침 플레이트 매립부위에 주로 발생한 것으로 주입보수 등을 실시하는 것이 바람직하다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과 철근노출 손상이 조사되었다.
- 가로보 일부 구간에 발생한 철근노출 손상은 공용기간 증가 등에 의한 열화로 판단되며, 내구성 확보 차원의 단면보수가 필요하다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 균열(폭0.3mm미만), 백태, 박리, 박락 및 철근노출, 재료분리, 폐콘크리트 적치, 표면오염 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.
- 기존 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 이로 인한 표면오염 등 표면열화 현상이 나타났다.
- 재료분리, 박락, 철근노출 등은 손상의 정도나 범위가 중대한 위험 수준은 아니나 내구성 유지를 위해 단면보수 등의 유지관리가 필요하다.
- 균열의 경우 비구조적인 균열로서 폭 0.3mm미만에 대해서는 표면보수를 실시하고, 폭 0.3mm 균열의 경우 주입보수가 필요하다.

5) 교량받침

- 현장조사 결과 전개소 교량받침 부식과 일부 받침 무수축물탈 박락 등의 손상이 조사되었다. 현재 받침에서 조사된 부식, 무수축물탈 박락 등은 원활한 가동을 위해 전개소 교체가 필요한 상태이다.
- 받침 본체에 발생한 부식은 기존 신축이음 하부 누수에 의한 2차 손상으로 판단되며, 현재 발생한 부식 손상은 다소 심한 상태로서, 무수축물탈 박락과 더불어 원활한 받침 가동을 위해 전개소 교체가 필요한 것으로 판단되나, 받침교체시 구체적인 사항은 내진성능검토 실시 후 교체 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3mm미만) 및 마모, 본체 이물질퇴적 등이 조사되었다. 한편 기존 손상인 신축이음 차수판 미설치 구간에 대해서는 차수판을 설치한 것으로 확인되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 마모는 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리 및 단면보수 실시 등 유지관리가 필요하다.
- 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 19.7℃(2020년 5월 7일)로써 이때 측정유간은 56.0~60.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장은 패임, 포트홀, 라벨링 등 특기할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
- 교면포장은 차량의 반복하중, 공용기간 증가 등에 의해 패임, 라벨링 등 손상이 재발생할 우려가 있는 만큼 정기점검 등 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

8) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 연결부 누수 및 막힘과, 교면 배수구 이물질 퇴적에 의한 막힘 등이 조사되었다.
- 현재 발생한 배수구 및 배수관 막힘, 누수 등에 대해서는 원활한 배수기능 향상을 위해 주기적인 청소 등 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

9) 방호벽

- 방호벽에 대한 조사 결과, 기존 손상인 균열, 박리 등의 손상이 조사되었다.
- 방호벽 및 중앙분리대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기존 손상인 콘크리트 박락에 대해서는 보수를 실시한 것으로 확인되었다. 반면 균열, 박리 손상은 추가 발생한 것으로 조사되었다.

나. 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 33.5MPa, 하부구조 25.3~28.1MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 1.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 “a”로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

7.1.2 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.243에서 0.354로 증가하여 기존 “B등급”에서 “C등급”으로 하향 평가 된 것으로 분석되었다.
- 상태평가 결과가 하향 분석된 주된 이유는 기 정밀안전점 상태평가지 거더에 발생한 철근노출 손상에 대해 반영이 안 된 것으로 확인되었으며, 또한 폭0.3mm 균열이 추가 발생하여 환산결함도 점수 증가로 인해 “C등급”으로 하향 평가된 것으로 분석되었다.

7.1.3 중점유지관리 사항

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 균열, 포트홀, 소성변형, 마모 등의 손상 유무
방호벽	• 방호벽 박리 • 폭 0.1~0.2mm의 균열
배수시설	• 배수관, 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판 하면의 휨균열 발생유무 및 기타 결함발생 유무 등 • 바닥판 단부의 파손 및 균열 등의 손상유무
거더 및 가로보	• 거더 균열, 박리, 박락, 철근노출 등 • 가로보 균열, 박리, 박락, 철근노출 등
교량받침	• 부식(진전여부 점검) • 무수축물탈, 받침콘크리트 균열(진전여부 점검) • 무수축물탈, 받침콘크리트 박리, 박락(진전여부 점검) • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 본체 부식(진전여부 점검) • 후타재 균열, 박리 등
교대	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 백태 • 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출 등

7.1.4 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 이호육교에 발생한 손상의 진전 및 추가발생을 방지하고 보수 등 유지관리를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 이호육교의 안전등급은 「주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태」인 「C」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.