제 7 장 호죽2교(오창방향)

7.1 시설물의 개요

7.2 자료수집 및 분석

7.3 현장조사 및 시험

7.4 시설물의 상태평가

7.5 종합평가 및 안전등급지정

7.6 보수·보강 및 유지관리 방안

7.7 종합결론

제 7 장 호죽2교(오창방향)

7.1 시설물의 개요

7.1.1 시설물의 현황

호죽2교(오창방향)은 충청북도 청주시 흥덕구 옥산면 호죽리 796 일원 고속국도 32호선 상에 위치한 도로교량으로, 2018년 1월 준공 이후 현재까지 약 3년간 공용중인 설계하중 DB-24의 1등교이다.

상부구조는 개량형 PSC빔 형식으로 총연장 50.0m, 단경간으로 구성되었으며, 교폭은 11.8m의 편도 2차로로 운용 중이다. 하부구조 형식은 말뚝기초 위에 시공된 역T형 교대 2기로 구성되어 있으며, 교량 받침은 탄성받침, 신축이음장치는 뉴모노셀 JOINT(A1,A2)로 시공되어 있다.

가. 시설물 현황표

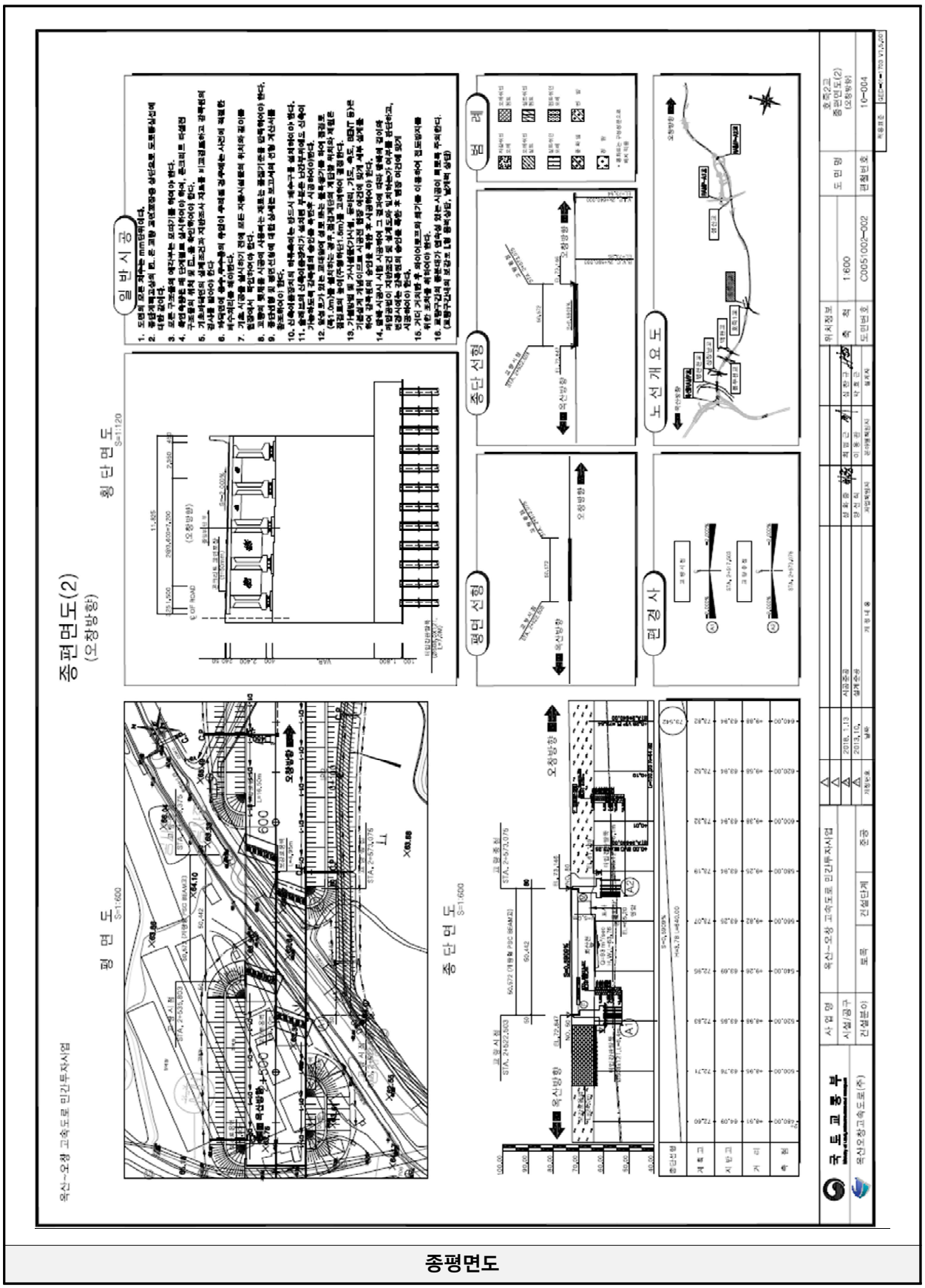
[표 7.1.1] 시설물 현황

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>내용</th><th colspan="2">구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>호죽2교(오창방향)</td><td colspan="2">시설물번호/관리번호</td><td>BR2018-0000046</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2018. 01. 13</td><td colspan="2">시설물종류/종별</td><td>도로교량 / 2종</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충북 청주시 흥덕구 옥산면 호죽리 796</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24(1등교)</td><td colspan="2">노선</td><td>고속국도32호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=50.0m (50.0 = 50.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=11.8m, 2차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>개량형 PSC빔</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td><td>교각</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀 조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">난 간</td><td>콘크리트 방호울타리</td><td colspan="2">평면선형</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>화산천</td><td colspan="2">통과높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>㈜삼보기술단</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>지에스건설(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계</td><td>적용</td><td colspan="2">관리주체</td><td>옥산오창고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="4">-</td></tr>
</table>

나. 시설물의 위치도

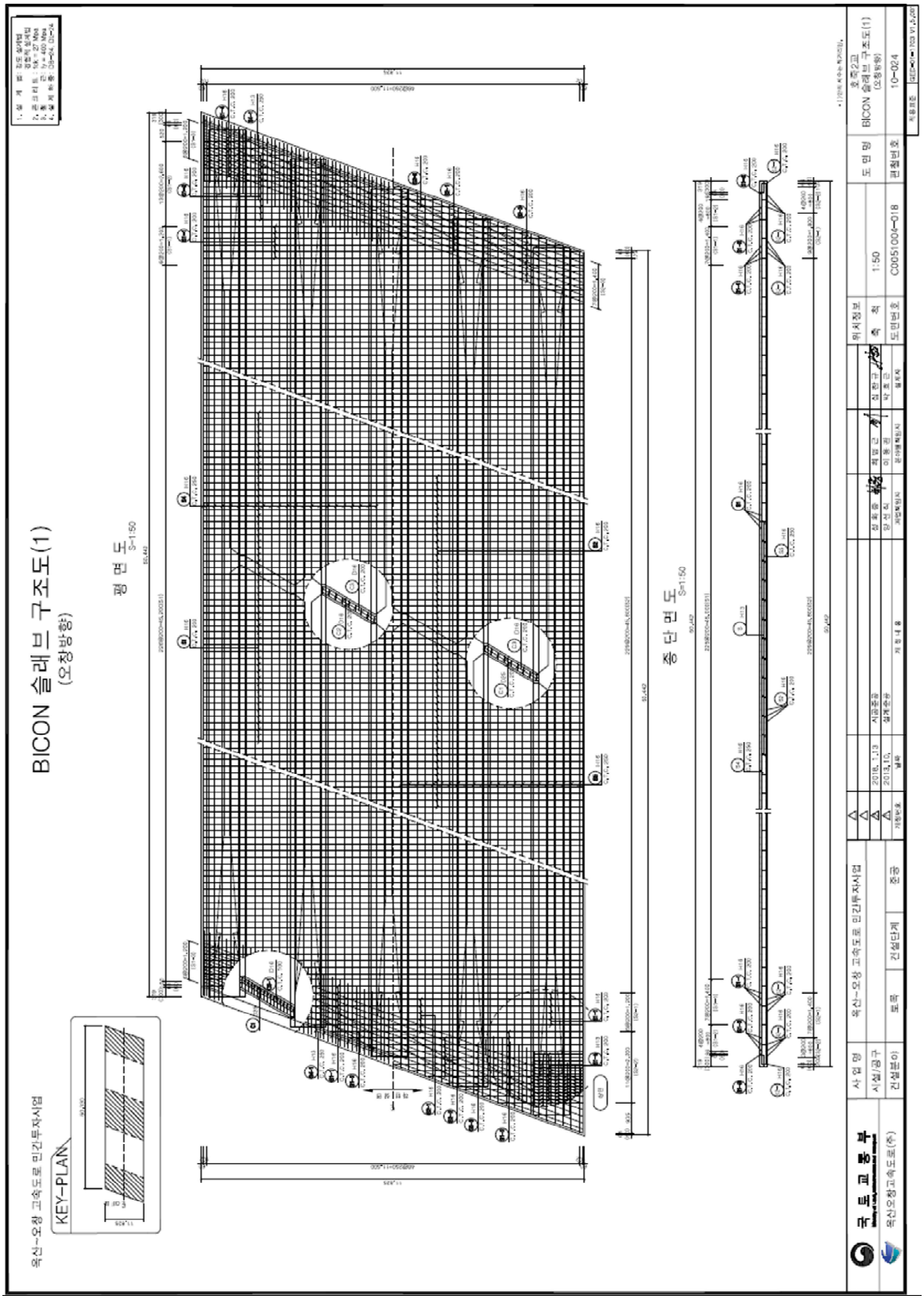
[그림 7.1.1] 호죽2교(오창방향) 위치도

7.1.2 시설물의 주요도면



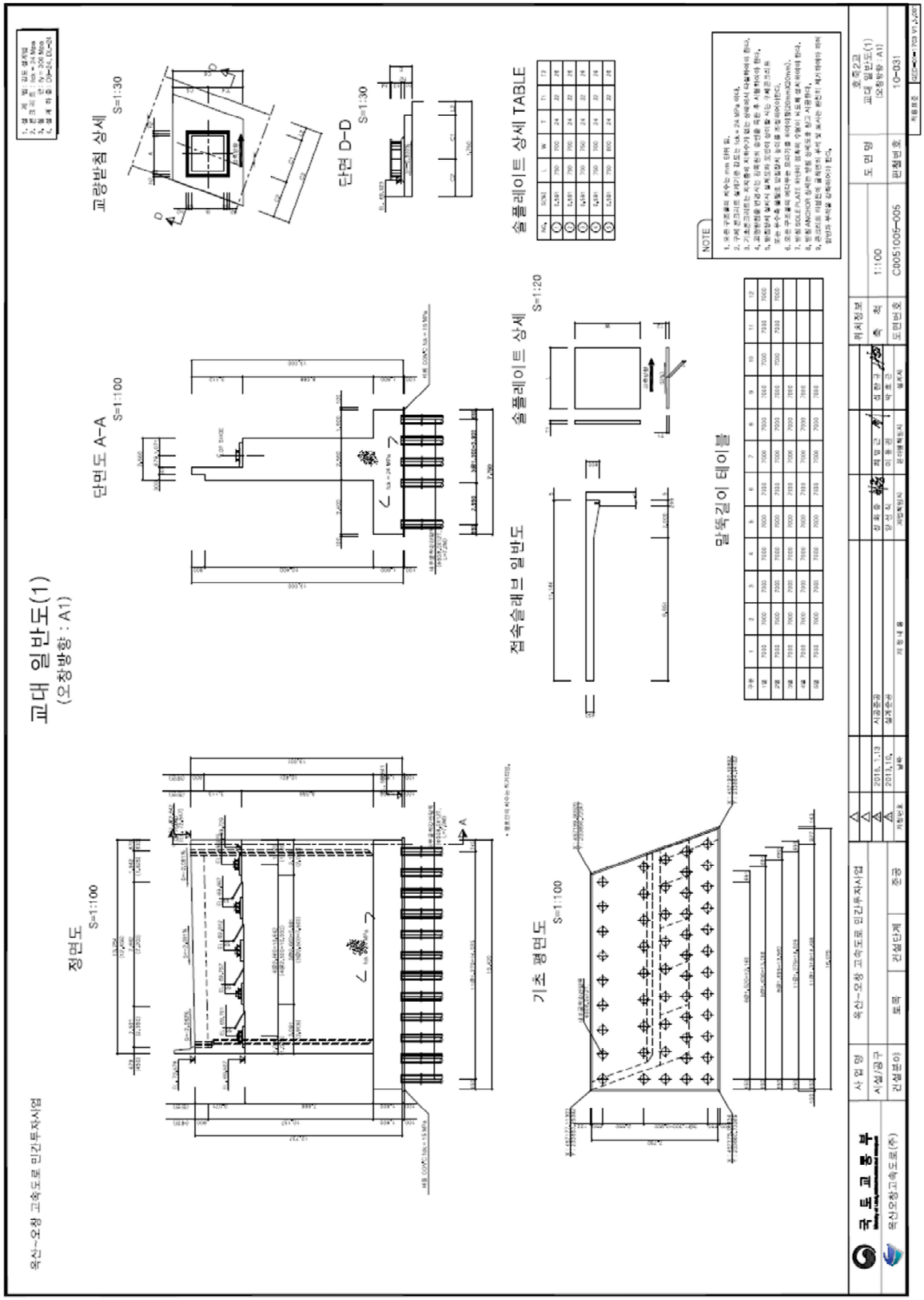
종평면도

[그림 7.1.2] 호죽2교(오창방향) 주요도면-1



바닥판 구조도

[그림 7.1.3] 호죽2교(오창방향) 주요도면-2



교대 일반도

[그림 7.1.4] 호죽2교(오창방향) 주요도면-3

7.2 자료수집 및 분석

7.2.1 자료수집

본 과업에 대한 자료조사는 현장답사 후 각 구간별 주변 현황과 구조특성을 파악하여 정밀안전점검의 추진방향과 세부수행계획을 수립하고 대상시설물의 설계, 시공과 보수・보강 등에 관련된 도서 및 서류, 관계자 청문 등 연관자료를 수집하였다.

또한, 공용기간 중 시행한 안전점검 및 유지관리 이력자료를 수집, 분석하여 본 점검에서 도출되는 구조물의 결함, 손상 변화에 대한 원인분석과 적절한 보수.보강공법 제시 및 유지관리 방안 수립을 위한 기초자료로 활용하였다.

금회 수집된 자료 현황은 다음과 같다.

[표 7.2.1] 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계도서	■ 준공도면 ■ 구조계산서 ■ 시공관련자료 ■ 품질관리 관련자료 ■ 기타 특이사항 보고서	보유	『고속도로 제32호선 옥산~오창 고속도로 민간투자사업』 관련 자료(FMS)
시 설 물 관리대장	■ 기본현황 ■ 상세제원 ■ 유지관리 이력	보유 보유 보유	시설물관리대장(FMS)
시공관련 자 료	■ 시공관련자료(감리보고서, 준공보고서 등 ■ 품질관리 관련자료 -재료증명서 -품질시험기록 -관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험기록 -시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ■ 사고기록	보유	『고속도로 제32호선 옥산~오창 고속도로 민간투자사업』 관련 자료(FMS)
초기점검, 정기점검, 정밀안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	『옥산오창고속도로 시설물 정기점검용역』 외 정기안전점검 및 초기점검 보고서
보수·보강자료		보유	보수·보강이력(발주처 제공)

7.2.2 유지관리 자료

가. 점검이력

본 시설물은 2018년 준공 이후 실시하는 최초 정밀안전점검으로 정기안전점검 4회 등 정기적인 안전점검이 수행되어 왔으며, FMS 및 수집자료를 참고하여 점검이력 결과를 다음과 같이 정리하였다.

[표 7.2.2] 점검 및 진단 이력

점검진단기간	점검진단구분	점검진단기관명	조사내용	등급
2018.09.03. ~2018.12.28.	정기안전점검	㈜명성 엔지니어링	- 상태양호	양호
2019.04.15. ~2019.06.28.	정기안전점검	㈜명성 엔지니어링	- 상태양호	양호
2019.10.14. ~2019.12.27.	정기안전점검	㈜명성 엔지니어링	- 상태양호	양호
2020.03.23. ~2020.06.25.	정기안전점검	㈜명성 엔지니어링	- 상태양호	양호

나. 보수·보강 이력

시설물통합정보관리시스템(FMS) 및 옥산오창고속도로에서 작성된 보수·보강 자료 등을 참조하여 본 교량에 대한 보수·보강 이력을 다음과 같이 정리하였다.

[표 7.2.3] 보수보강 이력

기 간	보수·보강 이력	시공자	비 고
2020년 상반기	신축이음 도장보수, 표면보수 거더 단면보수	하자보수	

7.2.3 시설물의 내진설계 이력확인

호죽2교(오창방향) 시설물관리대장 확인 결과, 내진설계가 적용된 시설물로 확인되었다.

[표 7.2.4] 내진설계 이력

검토대상부재	설계적용여부	결과	비 고
호죽2교 (오창방향)	Y	시설물 관리대장 참조	-

7.2.4 자료 검토 및 분석 결과

대상 시설물에 대한 수집 자료와 유지관리 이력 등을 검토, 분석하여 중점 점검 필요 사항에 대해 정리하고 금회 정밀안전점검 수행의 방향을 결정하였다.

- 본 교량은 2018년 준공이후 실시하는 최초 정밀안전점검으로 법정 주기에 맞춰 정기안전점검을 시행하여 왔으며, 최근 안전점검은 2020년 상반기 정기안전점검 등이다.
- 정기안전점검 4회에 대한 유지관련자료 분석 결과, 지속적인 점검결과에 따라 단계별로 보수계획을 수립하는 등, 관리주체는 구조물의 내구성 및 안전성 확보를 위해 세심한 유지관리를 실시하고 있는 것으로 분석되었다.
- 과업 수행시 효과적으로 용역을 수행하기 위하여 관련자료를 입수하였으며, 기타 필요한 자료는 관계자 청문 등을 통하여 확인하였다.
- 금회 정밀안전점검에서는 수집된 설계, 시공자료와 유지관리 이력 및 안전점검 자료, 시설물관리대장 등을 기준으로 현상태와 비교 검토한 결과, 공용 중 특이할 만한 문제점이나 사고 이력은 없는 것으로 확인되었다. 또한 주기적인 안전점검 등의 유지관리가 적절히 수행되어 온 것으로 판단된다.
- 공용 중 안전점검 및 유지관리를 통해 도출된 기존 문제점들을 검토, 분석하고 금회 안전점검의 수행 방향을 결정하였다.

[표 7.2.5] 금회 정밀안전점검 수행 방향

구 분		점검 방향	비고
현장 조사	교면포장	- 바닥판 하면에 백태, 누수 결함을 유발하는 손상 유무 확인	
	배수시설	- 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수 등 배수시설 확인 및 교면 배수상태 확인	
	난간 및 연석 방호울타리	- 균열, 변형 및 파손, 고정앵커 상태, 콘크리트 열화 상태 확인	
	바닥판하면 및 거더	- 기존균열의 진전여부, 보수상태, 신규 균열 발생 유무	
	신축이음장치	- 신축하부 누수 발생 여부 확인, 연관손상 확인 - 후타재 균열, 파손 및 단차 발생 여부	
	하부구조	- 기존 균열의 진전, 보수상태 확인	
	받침장치	- 신축누수로 인한 장치부식, 몰탈파손 및 들뜸 여부 확인 - 고무재 변형, 파손 및 연간 신축변화, 거동상태 확인	
시설물 평가		- 부재별 발생 손상에 대한 적절한 평가 실시 - 평가 결과에 기반한 합리적인 안전등급 산정	
대책방안		- 발생 손상의 특성 맞는 적절한 보수보강방안 제시 - 교량별 중점 유지관리 방안 제시	

7.3 현장조사 및 시험

7.3.1 개요

금회 외관조사는 손상현황 및 결함의 상태를 파악하여 시설물의 건전성을 저해시키는 위험요인을 사전에 발견하고, 적절한 보수대책과 유지관리방안 수립을 위한 기본자료를 얻기 위해 실시하였으며, 현장조사는 점검로를 이용한 도보조사, 고소작업차 등 접근장비를 이용하여 대상 부위에 최대한 근접하여 조사를 실시하였다.

현장조사는 기존 보고서에서 언급된 손상내용 확인 및 보수부 확인, 신규 결함 발생 여부에 중점을 두고 조사하였으며, 조사된 내용은 결함의 규모와 원인분석, 교량의 상태평가 및 보수·보강방안을 제시하는 기초자료로 사용하였고, 공용기간동안 시설물의 유지관리를 위한 근거자료로서 활용할 수 있도록 작성하였다.

대상 시설물에 대한 외관조사는 국토교통부 고시『시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침(국토교통부 고시 제2020-45호, 2020.06)』과『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검・진단 편)(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019.09)』 교량편의 평가기준에 근거해 구조물에 발생된 손상 정도에 따라 a~d 4단계, a~e 5단계로 분류하여 적용하였고, 점검항목의 체계화를 위하여 구조물을 항목별로 구분하여 평가를 실시하였다.

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
받침장치	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화	a, b, c, d

▲ 고소작업차

▲ 교량받침 점검로 근접조사

◦ 교량하부 작업차량 진입이 가능한 구간(도로, 공터 등) ➜ 고소작업차
◦ 교각 코핑부, 교좌면, 받침장치 등 ➜ 교량 점검통로, 도보
◦ 형하고가 낮은 구간, 도보 접근이 가능한 구간 ➜ 점검사다리, 도보

※ 교량 하부 접근성, 현장 작업성, 효율성 등을 고려하여 각 구간별 접근 장비 투입

가. 외관조사 주요 점검항목

[표 7.3.1] 주요 점검항목

구 분		조 사 항 목	비 고
상부구조	콘크리트	▸ 콘크리트 균열, 박리, 누수/백태 및 재료분리 ▸ 상면 체수와 하면 누수/백태 연관성	
하부구조	교 대	▸ 콘크리트 균열, 박리, 백태, 철근노출 및 재료분리 ▸ 거더와 흉벽 사이 유간	
	교 각	▸ 콘크리트 균열, 박리, 백태, 철근노출 및 재료분리	
	기 초	▸ 세굴, 침하, 파손, 침식	
연석 및 난간		▸ 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
받 침		▸ 받침 설치(위치, 방향) 상태, 가동받침의 작동 상태 ▸ 받침, 소울판의 도장 및 부식 상태 ▸ 고정볼트의 고정, 변형 및 손상 상태 ▸ 받침 콘크리트의 균열, 박락 및 충진 상태	
기타 부재	방호벽	▸ 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
	교면포장	▸ 균열, 요철, 단차, 함몰, 물고임(체수) 상태	
	배수시설	▸ 파손, 배수관 길이부족, 누수, 막힘 발생 여부	
	신축이음장치	▸ 신축이음장치 설치 상태, 누수, 파손, 유간, 이상진동 발생 여부 ▸ 후타재의 균열, 파손, 단차 ▸ 후타재와 포장면 사이 벌어짐	

나. 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석

1) 중대한 결함의 분류

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제22조에 의한 "대통령령으로 정하는 중대한 결함"은 구조물의 안전에 직접 영향을 미치는 중대한 사항들에 대한 것으로, 이러한 중대 결함들은 시행령 제18조와 시행규칙 제19조에 명시되어 있으며 금회 진단과 관련된 내용은 다음과 같다.

① 시설물기초의 세굴

② 교량 교각의 부등침하

③ 교량 받침의 파손

④ 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력 손실

⑤ 그 밖에 시설물의 구조안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함은 다음과 같다.

[표 7.3.2] 시설물별 구조안전에 영향을 주는 결함(국토교통부령)

시 설 물 명	주요부위의 중대한 결함
교 량	• 주요 구조부위 철근량 부족 • 주형의 균열 심화 • 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리 • 부재 연결판의 균열 및 심한 변형 • 철강재 용접부의 용접불량 • 케이블 부재 또는 긴장재의 손상 • 교대 · 교각의 균열 발생

2) 중대한 결함의 정도

시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

(1) 시설물의 기초세굴

- 기초세굴에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

(2) 교량 교각의 부등침하

- 교각 변위의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

(3) 교량 받침의 파손

- 교량받침의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

(4) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- 탄산화 잔여 깊이 또는 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 철근콘크리트 바닥판, 철근콘크리트 거더, 프리스트레스 콘크리트 거더, 교대 및 교각 등에서 철근(강선)부식과 관련하여 상태평가 기준이 “e”를 포함하는 경우

(5) 주요 구조부위의 철근량 부족

- 구조 안전성 검토 결과 철근량 부족으로 내력 보강이 필요한 경우로 철근콘크리트 바닥판, 거더 및 교각 코핑부 등이 해당

(6) 콘크리트 부재의 균열 심화

- 부재의 균열 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

(7) 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리

- 열화 및 손상의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

(8) 철강재 용접부의 불량 용접

- 강재 용접연결부 결함의 상태평가 기준이 "d" 이하의 경우

(9) 교대·교각의 균열 발생

- 균열의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

(10) 강재 거더 및 연결판의 균열 및 심한 변형

- 모재 및 연결부 손상의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

(11) 케이블 부재의 손상

- 케이블 부재의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

(12) 프리스트레스 콘크리트 부재의 손상

- 긴장재의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

7.3.2 외관조사 결과

가. 교면포장

1) 현황

•호죽2교(오창방향)은 충청북도 청주시 흥덕구 옥산면 호죽리 796일원 고속국도 32호선 상에 위치한 폭 11.8m의 편도 2차로의 교량으로, 교면은 전체 콘크리트로 포장되어 있다.

호죽2교(오창방향)	호죽2교(오창방향)

[교면포장 전경]

•금회 교면포장에서는 일부구간에 포장 망상균열이 조사되었다.

•이외 통행 차량의 안전 저해 및 방수층, 바닥판 손상이 우려되는 곳은 없는 것으로 조사되었다.

[표 7.3.3] 교면포장 손상현황

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
교면포장	포장 망상균열	2	60.00	㎡	주의관찰	

현황	포장 망상균열 A=30.0㎡
위치	오창방향 S1
원인	건조수축, 차량하중, 중차량 반복통행

현황	포장 망상균열 A=30.0㎡
위치	오창방향 S1
원인	건조수축, 차량하중, 중차량 반복통행

2) 점검의견

•교면포장에서는 경년에 따른 표면 마모와 차량 윤하중 및 건조수축으로 인한 포장 망상균열이 발생되어 있는 상태이다. 현재 손상의 발생 범위와 규모는 일부 구간에 국한된 수준으로 통행 차량의 안전 및 구조물의 사용성에 지장을 주고 있지는 않으나, 향후 방수층 및 바닥판에 영향을 주는 수준까지 진행될 경우 전면 재포장을 고려하여야 한다.

나. 배수시설

1) 현황

•배수시설은 집수구를 통해 교면상부의 우수를 집수한 후 바닥판을 관통하여 설치된 Φ150㎜ 배수관(스테인레스 강관)을 통해 하부로 배수되도록 시공되어 있다.

배수구	배수관

[배수시설 전경]

•배수시설 외관조사 결과, 상부 집수구 그레이팅 설치상태는 양호하며, 배수구 막힘 등의 손상이 없는 상태로 확인 되었다.

현황	상태양호
위치	배수구
원인	-

현황	상태양호
위치	배수관
원인	-

[표 7.3.4] 배수시설 손상현황

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
배수관	상태양호	-	-	-	-	

2) 점검의견

•배수시설은 기 점검과 비교하여 배수기능 및 통수성능에 문제가 없는 상태로 관리되고 있다.

다. 방호벽

1) 현황

•방호벽은 철근콘크리트 방호벽 형식이며, 방호벽은 차량 사고시 피해를 차량이탈 및 차량 파손을 최소화하기 위한 목적으로 시공되었다.

방호벽 오창방향

[방호벽 전경]

•콘크리트 방호벽 외관조사 결과, 손상이 없는 상태로 확인되었다.

현황	상태양호
위치	오창방향 S1
원인	-

[표 7.3.5] 방호울타리 및 방음벽 손상현황

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
방호벽	상태양호	-	-	-	-	

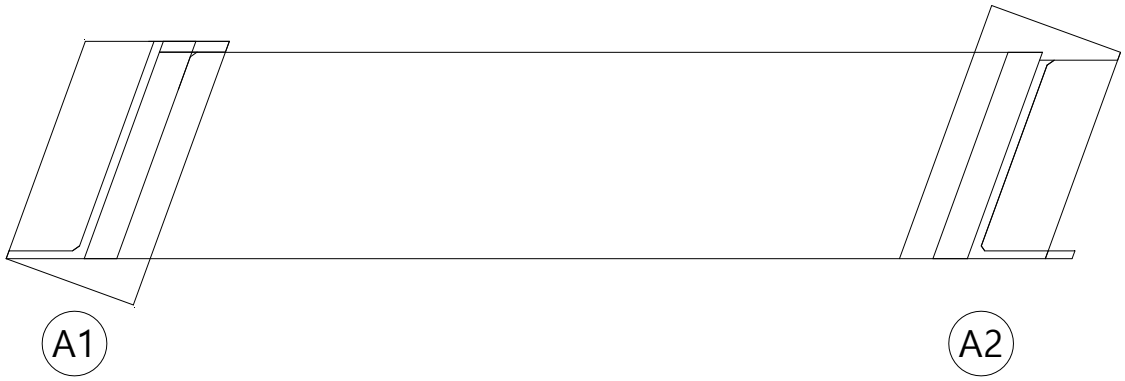
2) 점검의견

•방호벽의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 상태로 확인되었고, 방호벽은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 신축이음장치

1) 현황

•신축이음장치는 A1, A2 총 2개소에 설치되어 있으며, 형식은 뉴모노셀 JOINT로 구성되어 있다.



신축이음부 설치 현황

A1 오창방향

A2 오창방향

[신축이음장치 배치도 및 전경]

•금회 점검에서는 신축이음장치의 본체와 후타재, 물받이 등 주요부재에 대한 외관 및 기능 상태를 조사하고, 연간 온도변화에 의한 신축거동량, 유간확보여부 등을 평가하기 위하여 신축이음장치 유간측정을 수행하였다. 계절별 신축량 조사 결과는 '3) 신축량 검토' 절에 상세히 서술하였다.

•신축이음장치 외관조사 결과, 본체 부식이 발생하였고, 우천시 신축이음 누수여부 확인 결과, 특이사항은 없는 것으로 확인되었다.

[표 7.3.6] 신축이음장치 손상현황

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
신축이음	본체부식	1	5.00	m	주의관찰	

현황	본체 부식 L=5.0m
위치	A2
원인	반복적인 차량통행, 우수유입

현황	본체 부식 L=5.0m
위치	A2
원인	반복적인 차량통행, 우수유입

2) 점검의견

•신축이음 본체에서 발생한 부식은 차량의 반복통행 및 우수유입에 의한 손상이며, 갓길측 손상으로 현 상태에서 차량의 주행에 직접적인 영향을 주지는 않으므로 손상부의 주기적인 관찰을 통해 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리 할 필요가 있다.

3) 신축량 검토

(1) 신축량 계산방법

•상부구조 형식 : 개량형 PSCI Girder교(PSC)

•온도변화 범위 : 동절기 –5℃ ~ 하절기 +35℃ (보통지방, PSC교)

교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수α(/℃)
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

•이동량 산정식 :

가) 온도변화에 의한 거더의 이동량

Δl = α. ΔT. l

여기서, α : 선팽창계수 (콘크리트교 : 1.0×10^{-5}), ΔT : 온도변화, l : 신축들보의 길이

나) 활하중에 의한 거더 처짐에 의한 이동량

$\Delta lr = \sum(h_i \cdot \ \theta_i)$

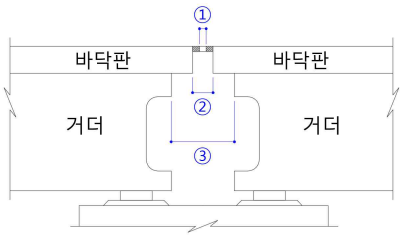
여기서, h_i : 거더의 중립축으로부터 받침의 회전중심까지의 거리(거더 높이의 2/3)

θ_i : 받침 상부의 거더 회전각(콘크리트교:1/300)

다) 금회 신축량 평가에서는 온도변화에 의한 거더의 이동량 만으로 평가함.

•조사일자 : 2020년 10월 12일

•조사시 온도 : 17.2° (조사일자별 일평균기온(기상청 자료) 적용), (청주(유))

			
	① 신축이음장치	② 바닥판간	③ 거더간
신축유간 측정 위치	유간 측정 예시		

[표 7.3.7] 소요신축량 산정

구분	계산방법	비고
호죽2교(오창방향) **(PSCI Girder)**	•신축장 50.6m : A2 -최대신장시 $\Delta lt = \triangle T \times \alpha \times L = 17.8 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 50.6m \times 1,000 = 9.0㎜$ -최대수축시 $\Delta lt = \triangle T \times \alpha \times L = 22.2 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 50.6m \times 1,000 = 11.2㎜$	
	※ 여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃ - 17.2℃ = 17.8℃ △T(최대 수축시) : 17.2℃ - (-5.0℃) = 22.2℃	

(2) 신축량 평가

•호죽2교(오창방향)의 신축거동상태를 확인하기 위해 신축이음장치 유간(10월7일 평균기온: 17.2℃)을 측정하였으며, 측정된 유간으로부터 최대온도 상승시 신장량 및 최저온도 하강시 수축량을 검토하여 유간확보여부를 검토하였다.

•실측 유간을 기초로 최고온도 상승시(35℃)와 최저온도 하강시(-5℃)에 대한 여유유간 확보여부를 검토한 결과 양호한 것으로 평가되었으며, 신축이음장치의 외관 및 가동 상태조사에서도 신축기능에 지장을 줄만한 문제점은 없는 것으로 확인되었다.

[표 7.3.8] 신축이음장치 신축량 평가

위치	신축장 (m)	형식	용량 (㎜) ⓐ	실측 유간(㎜)				동절기 수축량(㎜)			하절기 신장량(㎜)		
				신축 ①	바닥판 ②	거더 ③	적용 ⓑ	계산량 ⓒ	여유량 ⓐ-(ⓑ+ⓒ)	검토 결과	계산량 ⓓ	여유량 ⓑ-ⓓ	검토 결과
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	50.6	뉴모노셀	80	45	80	50	**45**	11.2	23.8	**O.K**	9.0	36.0	**O.K**

※ 하절기 신장량 평가 : 실측 유간 - 계산 신장량 = 신장여유량 > 0 … (O.K)
※ 동절기 수축량 평가 : 용량 - (실측 유간 + 계산 수축량) = 수축여유량 > 0 … (O.K)

마. 바닥판

1) 현황

•바닥판은 상부의 교통하중을 직접 지지하며, 상부하중을 거더로 전달해주는 철근콘크리트 부재로서, 호죽2교(오창방향)의 바닥판은 모두 철근콘크리트로 시공되어 있다.

•전구간 점검로가 설치되어 있고, 고소작업차를 이용해 근접조사를 실시하였다.

바닥판	캔틸레버부

[바닥판하면 전경]

[고소작업차를 이용한 근접조사 실시]

•바닥판 하부에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

[표 7.3.9] 바닥판 손상 현황

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
바닥판	상태양호	-	-	-	-	-

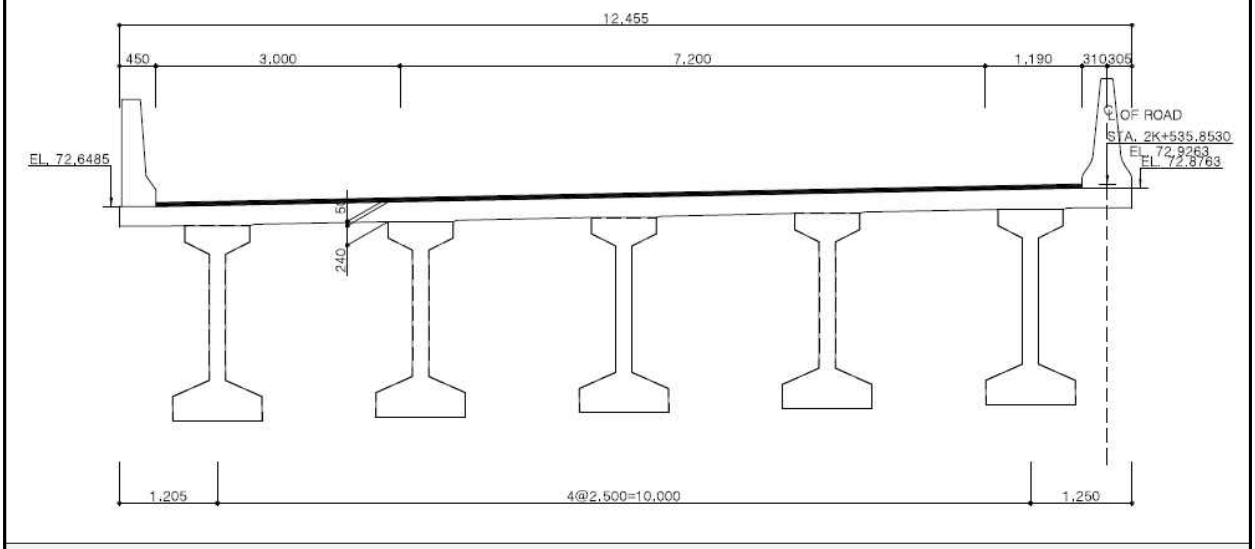
2) 점검의견

•바닥판은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주부재인 바닥판 하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인, 등의 유지관리가 요구된다.

바. 거더 및 가로보

1) 현황

•호죽2교(오창방향)의 거더는 PSCI Girder로 경간당 5기가 설치되어 있으며, 거더간 보조부재인 가로보로 연결되어 있다.



거더 및 가로보 횡단면도

거더	거더	가로보

•외관조사 결과, 거더 및 가로보의 외관조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

[표 7.3.10] 거더 손상 현황

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
거더	상태양호	-	-	-	-	

[표 7.3.11] 가로보 및 세로보 손상 현황

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
가로보	상태양호	-	-	-	-	

현황	상태양호
위치	거더
원인	-

현황	상태양호
위치	가로보
원인	-

2) 점검의견

가) 콘크리트 거더

•거더의 경우 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

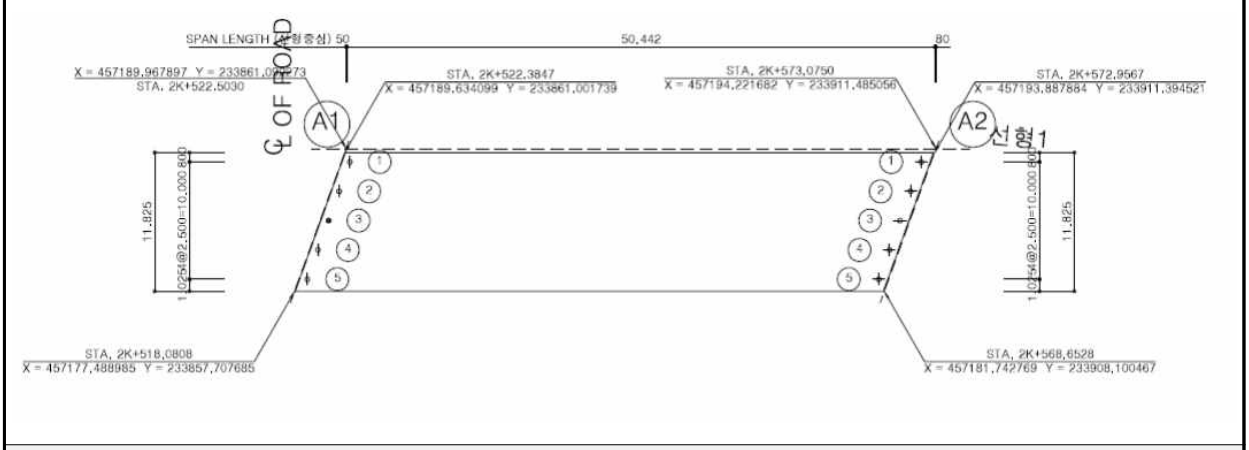
나) 가로보

•가로보의 경우 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

사. 교량받침

1) 현황

•본 교량의 받침은 모두 포트받침으로 총 10개소가 설치되어 있으며, 지점별로 A1는 고정단, 나머지 A2는 가동단으로 구성되어 있다.



받침장치 배치도

양방향 가동단

일방향 가동단

고정단

[받침장치 배치도 및 전경]

•금회 점검에서는 교량받침의 본체와 받침콘크리트 등 주요 부재에 대한 외관 및 기능 상태를 조사하고, 연간 온도변화에 의한 신축거동량, 유간확보여부 등을 평가하기 위하여 받침장치 가동량 측정을 실시하였다. 신축량 조사 결과는 '4) 받침이동량 검토'절에 상세히 서술하였다

•교량받침에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

[표 7.3.12] 받침장치 손상 현황

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
받침장치	상태양호	-	-	-	-	-

현황	상태양호
위치	A1-SH1
원인	-

현황	상태양호
위치	A1-SH3
원인	-

현황	상태양호
위치	A2-SH2
원인	-

현황	상태양호
위치	A2-SH5
원인	-

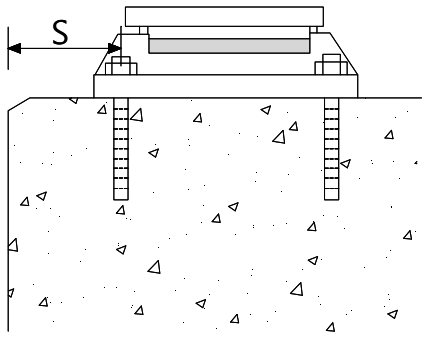
2) 점검의견

•교량받침의 경우, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 연단거리 검토

•금회 실측 연단거리를 도로교 표준시방서의 기준치를 비교하여 검토하였다.

•연단거리 검토 결과, 받침의 전 개소에서 설계기준 이상의 연단거리를 만족하는 것으로 분석되어 연단거리 부족으로 인한 낙교의 위험성은 없는 것으로 판단된다.



- S의 최소치는 다음과 같다.
  (도로교표준시방서 하부구조편 5.4.2참조)
- 거더의 경간길이 100m이하 : S=200+5L(적용)
- 거더의 경간길이 100m이상 : S=300+4L
  (여기서, L=지간길이(m))
- S=200+5 x 50.0 = 450㎜

[표 7.3.13] 받침장치 연단거리 측정결과 (단위:㎜)

구 분	최소 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					
		위치	연단거리	평가	위치	연단거리	평가
A1	450	Sh1	750	O.K	Sh4	750	O.K
		Sh2	750	O.K	Sh5	750	O.K
		Sh3	750	O.K	-	-	-
A2	450	Sh1	800	O.K	Sh4	800	O.K
		Sh2	800	O.K	Sh5	800	O.K
		Sh3	800	O.K	-	-	-

4) 받침 이동량 검토

•상부구조 형식 : PSCI Girder교(PSC)

•온도변화 범위 : 동절기 –5℃ ~ 하절기 +35℃ (보통지방, PSC교)

교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수α(/℃)
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

•이동량 산정식 :

가) 온도변화에 의한 거더의 이동량

Δl = α. ΔT. l

여기서, α : 선팽창계수 (콘크리트교 : 1.0×10^{-5}), ΔT : 온도변화, l : 신축들보의 길이

나) 활하중에 의한 거더 처짐에 의한 이동량

$\Delta lr = \sum(h_i \cdot \ \theta_i)$

여기서, h_i : 거더의 중립축으로부터 받침의 회전중심까지의 거리(거더 높이의 2/3)

θ_i : 받침 상부의 거더 회전각(콘크리트교:1/300)

다) 금회 신축량 평가에서는 온도변화에 의한 거더의 이동량 만으로 평가함.

•조사일자 : 2020년 10월 7일

•조사시 온도 : 17.2° (조사일자별 일평균기온(기상청 자료) 적용), (청주(유))

•받침장치의 허용 변위량은 순고무량의 70% 적용함.(한국도로공사 받침설계 지침)

[표 7.3.14] 소요신축량 산정

구분	계산방법	비고
호죽2교(오창 방향) (PSCI Girder)	•신축장 50.6m : A2 -최대신장시 Δlt =△T×α×L=17.8×1.0×10^{-5}×50.6m×1,000 = 9.0㎜ -최대수축시 Δlt =△T×α×L=22.2×1.0×10^{-5}×50.6m×1,000 = 11.2㎜	
	※ 여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃ - 17.2℃ = 17.8℃ △T(최대 수축시) : 17.2℃ - (-5.0℃) = 22.2℃	

•받침장치의 가동여유량을 검토한 결과, 최고온도상승시(35℃)와 최저온도하강시(-5℃) 모두 여유유간을 확보하는 것으로 평가되었으며, 받침장치의 외관 및 가동 상태조사에서도 기능에 지장을 줄만한 문제점은 없는 것으로 확인되었다.

[표 7.3.15] 받침 이동량 검토결과(단위 ㎜)

구분		실측 이동량 (㎜)	동절기 수축량(㎜)			하절기 신장량(㎜)			허용 변위량 (㎜)	비고
			계산량	실측여유량	검토결과	계산량	실측여유량	검토결과		
A1	고 정 단									
A2	sh1	+ 5	- 11.2	- 55	O.K	+ 9.0	+ 45	O.K	±50	
	sh2	+ 5	- 11.2	- 55	O.K	+ 9.0	+ 45	O.K	±50	
	sh3	+ 5	- 11.2	- 55	O.K	+ 9.0	+ 45	O.K	±50	
	sh4	+ 5	- 11.2	- 55	O.K	+ 9.0	+ 45	O.K	±50	
	sh5	+ 5	- 11.2	- 55	O.K	+ 9.0	+ 45	O.K	±50	

※ + : 신장방향, - : 수축방향

아. 하부구조

1) 현황

•역T형 교대는 2개소(A1, A2)로 기초는 말뚝기초로 시공되어 있다

•현장조사는 도보 및 고소점검차를 이용하여 근접조사를 실시하였다.

교대	교대

[교대 전경]

•금회 하부구조에 대한 외관조사 결과, 교대 일부 구간 폭 0.3mm미만 균열이 조사되었다.

[표 7.3.16] 하부구조 손상 현황(교대)

구분	손상내용	개소	손상물량	단위	조치방안	비고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	2	3.00	m	표면처리	
	점검로 파손	1	1.00	EA	점검로 정비	

현황	균열 폭 0.1mm
위치	A2
원인	건조수축

현황	균열 폭 0.2mm
위치	A2
원인	건조수축

현황	균열 폭 0.2mm
위치	A2
원인	건조수축

현황	점검로 파손
위치	A2
원인	외부 충격

2) 점검의견

- 교대에서 발생한 균열은 대부분 일방향 균열 폭0.2㎜ 수준이다. 일방향 균열은 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 것으로 조사되었으나 구조적인 균열이 아니나 하자 만료 기간전에 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 사료된다.
- 점검로 파손의 경우 하부 차량 통해시 충격으로 인한 손상으로 작업자의 안전을 위한 정비 등의 유지관리가 요구된다.

7.3.3 콘크리트 내구성 조사

가. 개요

1) 시험 및 측정 현황

일반적으로 콘크리트 구조물은 탄산화, 염해, 화학적 침식, 대기오염, 알칼리골재반응, 부식 등에 의해 내구성이 저하된다. 재료의 내구성 저하는 강도의 저하, 균열의 발생, 부재의 변형 및 단면감소 등을 유발하여 구조물 전체의 안전성 및 사용성을 저하시키게 된다.

따라서 본 내구성 조사는 구조물 재료인 콘크리트의 물리적·화학적 특성을 체계적으로 규명하여 내구성을 평가하고, 아울러 도출된 결과를 비교·분석·평가하여 구조물 평가의 기초자료로 활용하기 위해 실시하였다.

각 항목별 시험위치 및 실시수량은 세부지침을 근거로 수행하되, 대상 선정은 부재의 구조적인 중요도, 시험 표면부의 상태, 접근 가능성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

[표 7.3.17] 시험 및 측정 내용

구 분		시험 및 측정 내용
콘크리트	◦ 반발경도시험	◦ 슈미트햄머를 이용한 반발경도시험으로 콘크리트의 비파괴강도 측정
	◦ 철근탐사시험	◦ 레이다를 이용하여 철근 배근간격 및 콘크리트 피복두께 조사
	◦ 탄산화깊이측정	◦ 페놀프탈레인용액을 분무하여 콘크리트의 탄산화 진행깊이 조사

[표 7.3.18] 내구성조사를 위한 비파괴 시험 실시수량

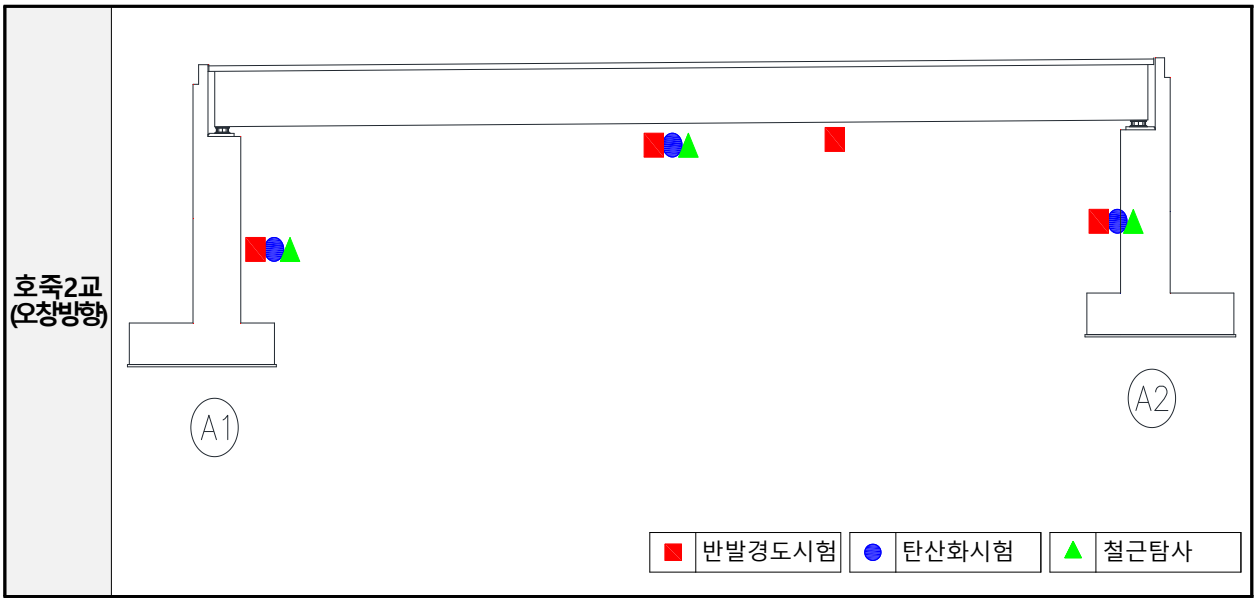
구 분		세부지침 기준			금회수량		적정 여부
		상부구조	하부구조	산출수량	상부구조	하부구조	
콘크리트	반발경도 시험	◦ 50m 마다	◦ 50m 마다	상부 : 50.6m/50m = 2개소 하부 : 50.6m/50m = 2개소	2개소	2개소	적정
	탄산화 깊이측정	◦ 5경간 이내 : 2~3개소주1) ◦ 5경간 이상 : 3~6개소주2)		1경간 : 2~3개소	1개소	2개소	적정

주1) 교량 상부구조에서의 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 하부구조에서의 최소 2개소 이상 실시

반발경도시험	탄산화깊이 측정	철근탐사

[그림 7.3.1] 비파괴시험 수행 사진

2) 비파괴시험 위치도



[그림 7.3.2] 비파괴시험 위치도

나. 콘크리트 압축강도 조사

1) 시험 결과

콘크리트 비파괴 압축강도 측정은 슈미트해머를 이용한 반발경도법을 이용하여 수행하였다. 시험에 앞서 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 충분히 제거한 후 곰보, 공극, 노출 자갈 등으로 반발경도시험에 부적합할 것으로 판단되는 부위는 측정위치에서 제외했다. 열화로 인해 표면의 상태가 불량한 경우는 충분한 평탄작업 후 시험을 실시하되, 시험 결과는 건전부와 비건전부로 구분하여 평가하였다.

각 측정부재에 따라 타격방향, 재령, 습윤상태 등에 의한 보정 후 콘크리트 강도를 추정하였으며, 호죽2교(오창방향) 상부구조(바닥판) 및 하부구조는 반발경도에 의한 압축강도 추정식 재료학회식(식①)과 건축학회식(식②)을, 거더는 고강도 추정식인 권영웅 외 식(식③)과 과학기술부식(식④)을 사용하였다.

[표 7.3.19] 반발경도법에 의한 비파괴강도 측정 결과-상부구조

구 분			반발경도 (Ro)	비파괴강도(MPa)[1]		설계강도 (MPa)	표면상태
				식 ①	식 ②		
호죽2교 (오창방향)	상부구조	S1 바닥판하면	47.1	27.6	**28.7**	27.0	건전부
평균				27.6	**28.7**		
표준편차				0	**0**		
변동계수				0	**0**		

구 분			반발경도 (Ro)	비파괴강도(MPa)[1]		설계강도 (MPa)	표면상태
				식 ③	식 ④		
호죽2교 (오창방향)	상부구조	S1 G3 거더	52.4	54.1	**45.1**	40.0	건전부
평균				54.1	**45.1**		
표준편차				0	**0**		
변동계수				0	**0**		

주1) 상부구조(바닥판 하면, 좌측캔틸레버)
식① : 일본재료학회 추정식 Fc=-18.0+1.27×Ro (MPa)
식② : 일본건축학회 추정식 Fc=0.73×Ro+10 (MPa)
식③ : 권영웅 외 추정식 Fc=2.304×Ro-38.80 (MPa)
식④ : 과학기술부 추정식 Fc=(15.2×Ro-112.8)×0.098 (MPa)

[표 7.3.20] 반발경도법에 의한 비파괴강도 측정 결과-하부구조

구 분			반발경도 (Ro)	비파괴강도(MPa)[3]		설계강도 (MPa)	표면상태
				식 ①	식 ②		
호죽2교 (오창방향)	하부구조	A1 교대	45.0	25.8	**27.7**	24.0	건전부
		A2 교대	43.8	24.8	**27.1**		건전부
평 균				25.3	**27.4**		
표준편차				0.7	**0.4**		
변동계수				2.8	**1.5**		

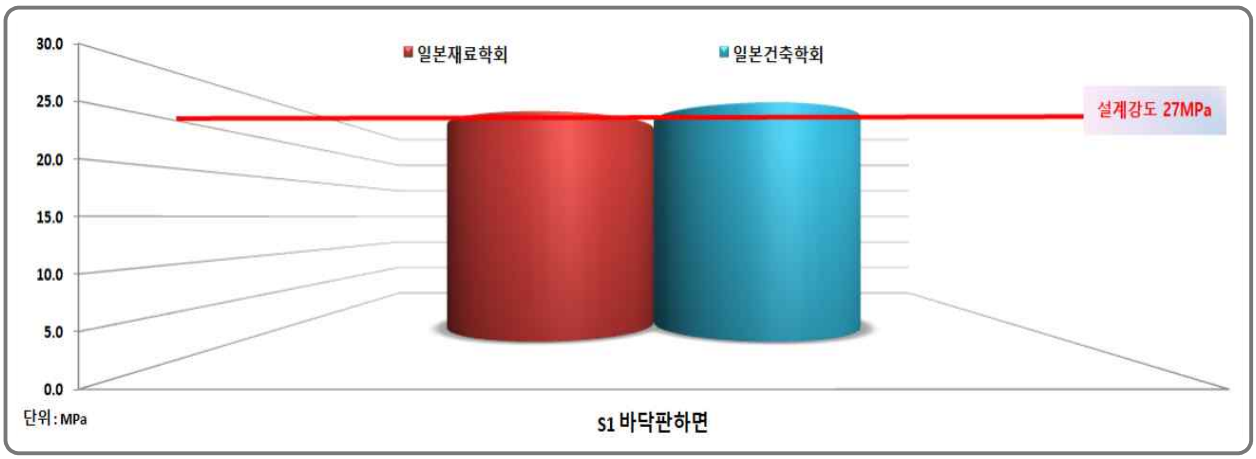
주1) 하부구조(교각 및 교대)
식① : 일본재료학회 추정식 Fc=-18.0+1.27×Ro (MPa)
식② : 일본건축학회 추정식 Fc=0.73×Ro+10 (MPa)

2) 결과 분석

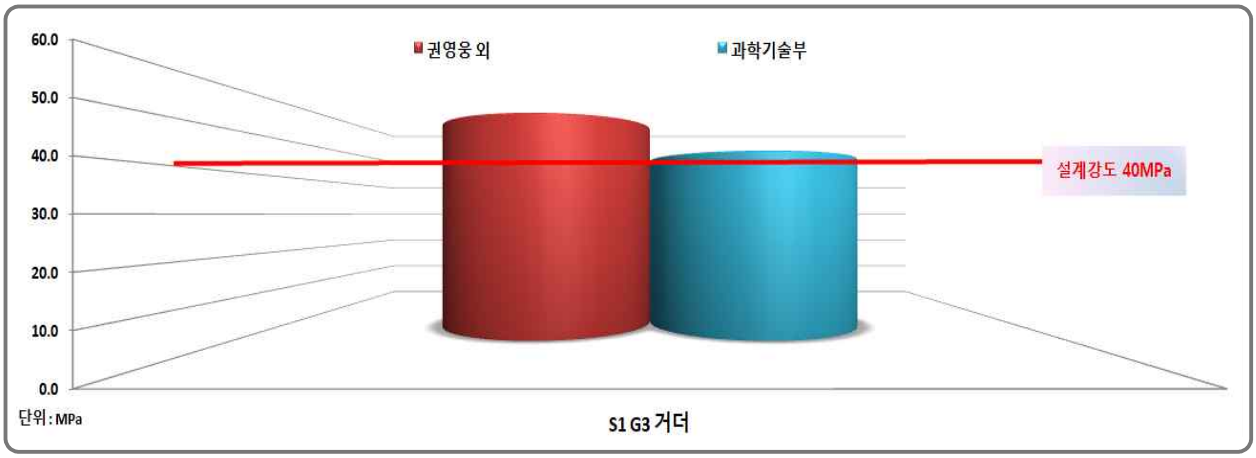
- 반발경도법을 이용한 콘크리트 비파괴 압축강도의 추정은『콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12)』,『시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(국토교통부, 2019.09)』을 참조하였으며, 설계강도의 90%이상이면 건전한 것으로 평가(일본 국토개발기술연구센터)하였다.
- 반발경도법에 의한 비파괴 압축강도는 모든 시험부재에서 설계강도(상부구조 f_{ck}=27.0MPa, 40.0MPa 하부구조 f_{ck}=24.0MPa)의 100%이상으로 측정되어 대체적으로 우수한 상태를 유지하고 있는 것으로 평가되었다.
- 또한 결과값 간의 변동계수를 이용한 비파괴시험 균질성 평가에서 식①, 식②, 식③, 식④ 추정식은 변동계수 10 이하의 우수한 상태를 보이고 있는 것으로 조사되었다.

[표 7.3.21] 비파괴시험 균질성(변동계수) 평가기준

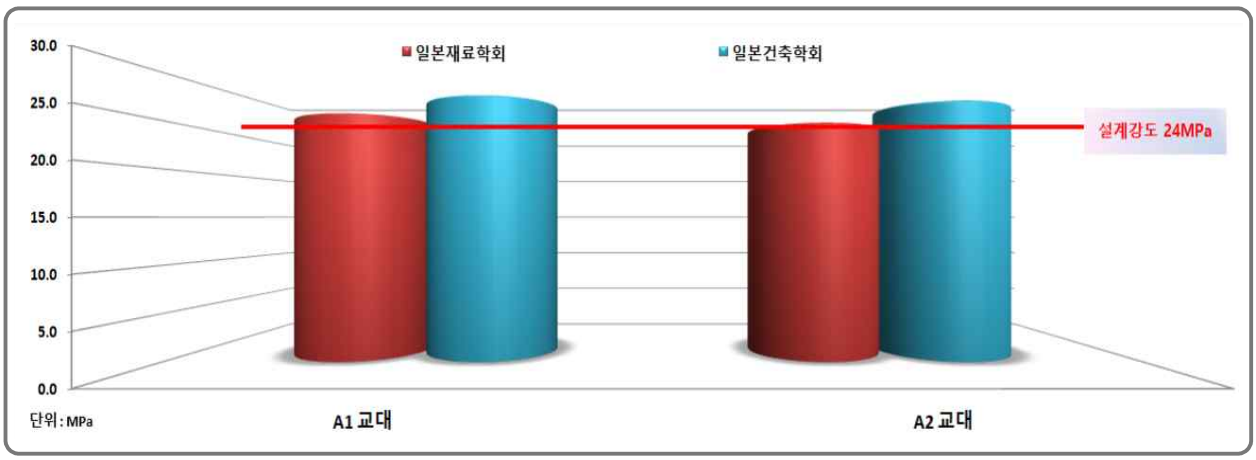
변동계수(%)	평 가	시공상태
10 이하	우 수	· 우수한 배치플랜트에서 잘 관리된 경우
10 ~ 15	양 호	· 일반적인 현장으로 시방서에 의거하여 관리가 잘 된 경우
15 ~ 20	보 통	· 보통의 감독 상태의 현장
20 이상	불 량	· 부주의한 시공



[그림 7.3.3] 반발경도법에 의한 비파괴강도 측정 결과-상부구조(바닥판하면)



[그림 7.3.4] 반발경도법에 의한 비파괴강도 측정 결과-상부구조(거더)



[그림 7.3.5] 반발경도법에 의한 비파괴강도 측정 결과-하부구조

3) 기존자료 비교분석

•비파괴 강도의 정확한 변화상태 확인을 위해 전회 초기점검(2018년) 결과와 비교·분석하였다. 금회 분석 결과는 변동계수가 비교적 안정적인 것으로 검토된 식② 일본건축학회 추정식, 식④ 과학기술부 추정식 결과를 이용하여 평가하였다.

[표 7.3.22] 기존자료 비교분석-반발경도법

구조물명		2018년 초기점검	2020년 정밀안전점검	설계강도	평 가
상부구조	바닥판	28.0 ~ 28.5㎫	28.7㎫	27.0㎫	강도저하 없음
	거더	-	45.1㎫	40.0㎫	
하부구조	교대	24.9 ~ 26.2㎫	25.3 ~ 27.4㎫	24.0㎫	

•금회 조사시 모든 시험 위치에서 콘크리트 표면의 이물질 정리, 요철 제거를 위해 그라인딩을 실시하여 건전부에서의 정확한 강도측정이 되도록 하였다. 금회 측정값은 상부구조와 하부구조 모두 기존과 비교하여 시험 위치 상이에 의한 강도차이가 일부 확인되고 있으나 전반적으로 경년에 따른 강도저하의 우려는 없는 것으로 판단된다.

4) 반발경도 시험보고서

<table>
<tr><th colspan="2">시 험 항 목</th><th colspan="6">반발경도시험</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">시 험 일 시</td><td colspan="2">시험일시</td><td colspan="2">위 치</td><td>온도(℃)</td><td>테스트앤빌결과</td></tr>
<tr><td colspan="2">2020년 10월 12일</td><td colspan="2">호죽2교(오창방향)</td><td>17.2</td><td>양호</td></tr>
<tr><td colspan="2">구조물에서 시험 영역 위치</td><td colspan="6">바닥판하면 및 거더, 교대</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">조 사 수 량</td><td colspan="2">위 치</td><td colspan="2">조사수량</td><td colspan="2">비고</td></tr>
<tr><td colspan="2">상부구조</td><td colspan="2">2개소</td><td colspan="2">바닥판하면 1개소, 거더 1개소</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td colspan="2">2개소</td><td colspan="2">교대 2개소</td></tr>
<tr><td colspan="2">시험대상에 대한 설명</td><td colspan="6">• 상부구조 : 철근콘크리트 구조
• 하부구조 : 철근콘크리트 구조</td></tr>
<tr><td colspan="2">부재별 설계기준강도</td><td colspan="6">• 상부구조 : 철근콘크리트(27.0㎫, 40.0㎫)
• 하부구조 : 철근콘크리트(24.0㎫)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시험위치 표면상태</td><td>마무리 정도</td><td colspan="6">• 콘크리트 표면은 그라인더로 연마하여 이물질 제거 후 실시</td></tr>
<tr><td>균열, 박리, 화재피해 유무</td><td colspan="6">• 결함 및 손상 발생위치에서의 시험값은 표면상태를 비건전부로 명시</td></tr>
<tr><td colspan="2">콘크리트 재령</td><td colspan="6">• 750일 이상 1000일 미만의 재령으로 재령보정계수 α=0.66적용</td></tr>
<tr><td colspan="2">콘크리트 내부 함수 상태</td><td>습윤상태</td><td></td><td>표면건조상태</td><td></td><td>기건상태</td><td>o</td></tr>
<tr><td rowspan="3">측정기구</td><td>종 류</td><td colspan="6">• NR10</td></tr>
<tr><td>제품번호</td><td colspan="6">• 5230866706</td></tr>
<tr><td>검 교 정</td><td colspan="6">• 검교정시험결과 양호함(현장 TEST ANVIL 결과 : 표준값 80±1 만족함)</td></tr>
<tr><td colspan="2">반발경도 측정기 타격방향</td><td colspan="6">• 상부슬래브 : 90° • 벽체, 기둥 : 0°</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">시험부위별 반발경도의 평균값</td><td colspan="6">• 본 보고서 "반발경도법에 의한 비파괴강도 측정 결과" 표 참조</td></tr>
<tr><td colspan="6">• 부록 "반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도" 참조</td></tr>
<tr><td colspan="2">버린 반발경도의 값 및 위치</td><td colspan="6">• 부록 "반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도" 참조</td></tr>
</table>

다. 철근탐사

1) 탐사 결과

철근탐사는 레이다 방식의 철근탐사장비를 이용하여 구조물의 철근배근 상태 및 콘크리트 피복두께를 실측하고 설계도서와 비교, 분석하여 탄산화시험 결과 분석의 기초자료로 활용하였다.

2) 결과 분석

•철근탐사 결과, 피복두께는 대체로 설계값을 유지하고 있으며 일부 부위에서 설계값에 다소 부족한 것으로 실측되었다. 다만 피복부족에 의한 손상이 없는 점과 시공오차 및 측정오차 등을 감안하였을 때 금회 측정값의 신뢰도는 대체로 양호한 것으로 분석되었다.

•금회 콘크리트 피복두께 측정값은 손상발생 원인 확인을 위한 기초자료 및 탄산화깊이 평가의 기준 자료로 활용하였다. 분석 결과는 다음의 탄산화시험 결과 편에 수록하였다.

3) 철근탐사 시험보고서

<table>
<tr><th colspan="2">시 험 항 목</th><th colspan="3">철근탐사</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">시 험 일 시</td><td>시험일시</td><td>위 치</td><td>온도(℃)</td></tr>
<tr><td>2020년 10월 12일</td><td>호죽2교(오창방향)</td><td>17.2</td></tr>
<tr><td colspan="2">구조물에서 시험영역 위치</td><td colspan="3">바닥판하면 및 캔틸레버, 교대</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">조 사 수 량</td><td>위 치</td><td>조사수량</td><td>비고</td></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>1개소</td><td></td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>2개소</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">시험대상에 대한 설명</td><td colspan="3">• 상부구조 : 철근콘크리트 구조물
• 하부구조 : 철근콘크리트 구조물</td></tr>
<tr><td colspan="2">시험면에서 안테나 횡단위치</td><td colspan="3">• 배근된 철근의 직교방향</td></tr>
<tr><td rowspan="2">측정 기구</td><td>종 류</td><td colspan="3">• StructureScan Mini, RC-Radar</td></tr>
<tr><td>제품번호</td><td colspan="3">• SIR-EZ(00829)</td></tr>
<tr><td colspan="2">시험부위별 철근값</td><td colspan="3">• 본 보고서 “탄산화시험 결과” 표의 실측 피복 참조</td></tr>
</table>

라. 탄산화시험

1) 시험 결과

탄산화시험은 드릴 천공한 시험부위에 이물질 및 시멘트 분말을 불어낸 후 페놀프탈레인 1% 용액을 분무하여 변색된 경계면까지의 깊이를 측정하여 평가하였으며, 피복두께는 금회 철근탐사기를 이용한 실측값과 설계치를 비교하여 적용하였다.

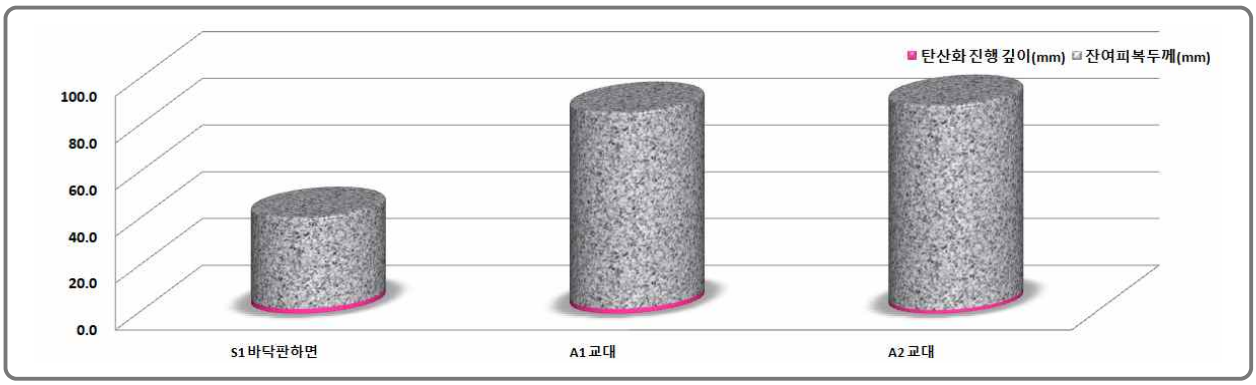
[표 7.3.23] 탄산화시험 결과

시험위치			탄산화 실측깊이 (㎜)(ⓐ)	콘크리트 피복두께 (㎜)(ⓑ)	탄산화 잔여깊이 (㎜)(ⓑ-ⓐ)	탄산화 속도계수 [A]	잔존수명 예측 (년)	평가
호죽2교 (오창방향)	상부구조	S1 바닥판하면	2.0	41.0	39.0	1.155	100년 이상	a
	하부구조	A1 교대	2.0	86.0	84.0	1.155		a
		A2 교대	1.5	89.0	87.5	0.866		a

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 /$\sqrt{재령(년)}$
※잔존수명 예측(년) = (철근피복^2 / 탄산화속도 계수^2)-경과년수

2) 결과 분석

- 호죽2교(오창방향)의 상부구조 1개소, 하부구조 2개소에서 탄산화시험을 실시한 결과 탄산화 진전 깊이는 실측 피복두께와 비교한 평가에서 전체 'a급'으로 분석되었다.
- 또한, 속도계수를 통한 잔존수명 예측 결과 현 상태의 환경과 속도로 탄산화가 진행된다면 철근 깊이까지 모든 구간에서 100년 이상의 여유가 있는 것으로 분석됨에 따라 탄산화 진전으로 인한 문제는 없는 것으로 분석된다.



[그림 7.3.6] 탄산화깊이 및 잔여피복두께 측정결과

3) 기존자료 비교분석

•전회 점검인 초기점검시에는 탄산화시험을 미실시한 것으로 조사되었다.

[표 7.3.24] 기 정밀안전점검과 탄산화시험 비교표

구조물명		2018년 초기점검	2020년 정밀안전점검
상부구조	바닥판	-	2.0㎜
하부구조	교대	-	1.5㎜ ~ 2.0㎜

4) 탄산화시험보고서

시 험 항 목		콘크리트 탄산화시험		
시 험 일 시		시험일시	위 치	온도(℃)
		2020년 10월 12일	호죽2교(오창방향)	17.2
구조물에서 시험 영역 위치		바닥판하면 및 캔틸레버, 교대		
조 사 수 량		위 치	조사수량	비고
		상부구조	1개소	
		하부구조	2개소	
시험대상에 대한 설명		• 상부구조 : 철근콘크리트 구조물 • 하부구조 : 철근콘크리트 구조물		
구조물 경과년수		• 경과년수 : 3년		
측정 위치		• 좌측캔틸레버, 교대		
측정면 종류		• 기건 상태의 건전한 콘크리트 면 (그라인딩을 통해 요철 제거, 평탄 작업 실시)		
사용 골재의 종류		• 보통골재		
측 정	시 약/측정기구	• 페놀프탈레인(1%)용액 / 버니어 캘리퍼스		
시약분무 후 측정까지 시간		• 천공 후 1분 이내		
부위별 평균 결과		• 본 보고서 "탄산화시험 결과" 표 참조		

7.3.4 현장조사 결과 요약

가. 외관조사 결과 요약

•전회 안전점검에서 조사된 손상 물량과 비교하여 증가/감소 원인을 분석하고 교량에 안전성에 영향을 주는 구조적인 손상 원인, 진행성여부 등을 분석하였다.

•확인된 손상/결함은 대체로 경년에 따라 다소 증가 추세를 보이고 있으나, 구조적인 원인이나 교량에 안전성을 저해할 만한 중대한 결함 발생은 없는 상태로 분석되었다. 또한 균열 등의 주요 손상은 현재 뚜렷한 진행성을 보이고 있지 않으므로 내구성 확보 차원의 적절한 보수를 시행하면 효율적인 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

[표 7.3.25] 외관조사 결과요약

부재	손상내용	물량집계				증감		분석
		초기점검		2020년				
교면포장	포장 망상균열	-	-	60.00	㎡	▲	60.00	신규손상
신축이음	본체부식	-	-	5.00	m	▲	5.00	신규손상
교대	균열(폭 0.3mm미만)	-	-	3.00	m	▲	3.00	신규손상
	점검로 파손	-	-	1.00	EA	▲	1.00	신규손상

나. 내구성조사 결과 요약

•반발경도법을 이용한 비파괴 압축강도 추정, 콘크리트 피복두께 및 경과년수를 등을 고려한 탄산화 진행속도 평가 등의 내구성조사 결과 특이할 만한 문제점은 발생하지 않았다.

•경년에 따른 내구성 변화상태 비교분석을 통해 강도저하 여부, 내구연한 감소 여부 등을 판단한 결과, 금회 실시한 시험 위치에서의 내구성 유지상태는 모두 양호한 것으로 분석되었다.

[표 7.3.26] 내구성평가 결과 요약

시험명		시험부위	시험결과	책임기술자 의견
압 축 강 도	반발 경도	바닥판하면 거더 교대	◦ 상부구조 -바닥판 : 28.7㎫로 설계강도(27.0㎫) 이상 -거 더 : 45.1㎫로 설계강도(40.0㎫) 이상 ◦ 하부구조 -교 대 : 25.3 ~ 27.4㎫로 설계강도(24.0㎫) 이상 ◦ 비파괴시험 균질성 평가 양호	◦ 압축강도 양호 ◦ 품질평가 양호 ◦ 강도저하 우려없음
철 근 탐 사	피복 두께	바닥판하면 교대	◦ 설계치와 측정치 비교시 배근상태 양호 ◦ 내구성 유지 가능한 피복 유지	◦ 탄산화시험 기초자료로 활용
탄산화시험		바닥판하면 교대	◦ 시험 3개소에서 1.5~2.0㎜로 측정 ◦ 모든 시험부재에서 'a급'으로 평가 ◦ 모든 시험부재에서 잔존수명 100년 이상	◦ 탄산화에 의한 내구성 저하 없음

7.4 시설물의 상태평가

7.4.1 상태평가 결과

금회 외관조사 및 내구성조사 결과로부터 도출된 상태평가 결과는 다음과 같다.

[표 7.4.1] 호죽2교(오창방향) 상태평가 결과표

부재의 분류		상부구조			기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
구분	구조형식	바닥판	거더	2차부재	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
S1/A1	PSC	a	a	a	b	a	a	a	a	a	q	a	a	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-	b	a	b	q	-	a	-	-
평균		0.100	0.100	0.100	0.200	0.100	0.100	0.150	0.100	0.150	-	0.100	0.100	-	-
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3	-	-
(평균×가중치)/가중치합		0.018	0.020	0.005	0.014	0.003	0.002	0.014	0.009	0.030	-	0.004	0.003	-	-
(평균X가중치)/가중치합												0.122			
2. 상태평가 결과 =												A			

- **A (결함도 범위 : 0.10 ≤ x < 0.13)**
- 교면포장 망상균열, 교대 폭 0.3mm미만 균열 등의 손상이 발생하였으나, 경미한 상태로 인해 상태평가 A로 평가된 것으로 분석된다.
- 상태평가 결과 A로 산정되어 우수한 상태로 평가 되었다.

7.4.2 기존 상태평가 결과와 비교·분석

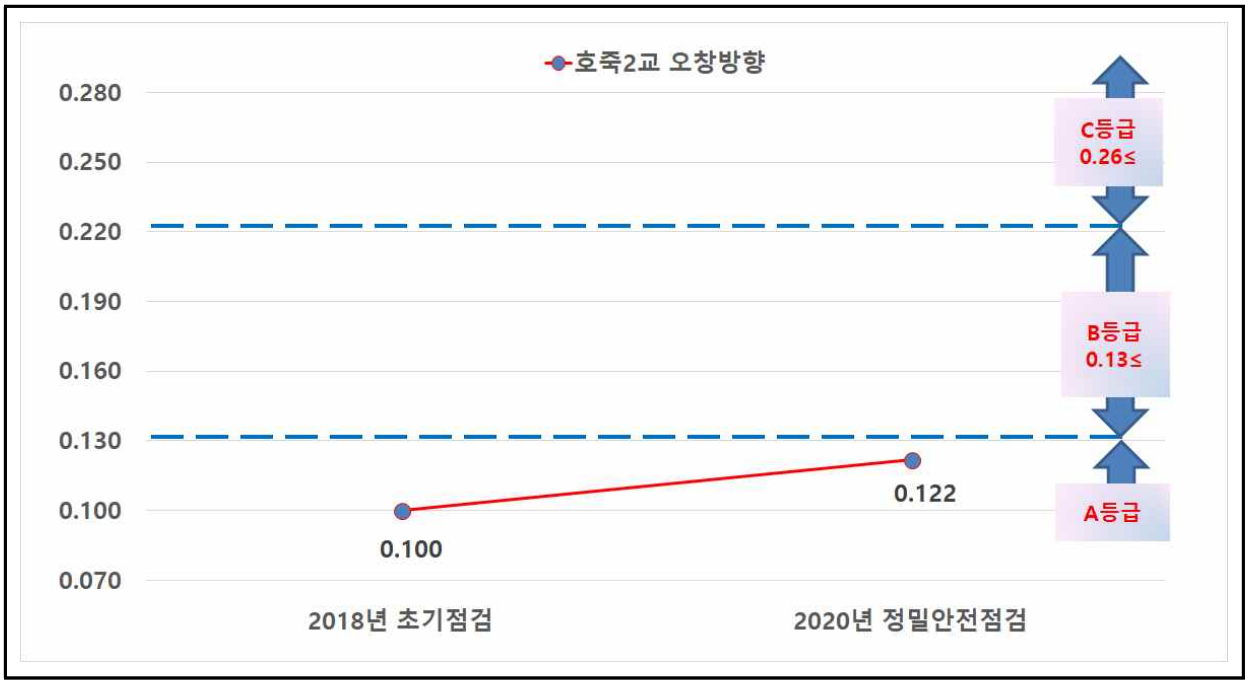
금회 실시한 호죽2교(오창방향)의 상태평가 결과와 기 점검 시 평가결과를 비교·평가하였으며, 결과는 다음과 같다.

[표 7.4.2] 기 진단/점검과의 상태평가 결과 비교

구분		2018년 초기점검	2020년 정밀안전점검	비고
호죽2교(오창방향)	결함도점수	0.100	**0.122**	
	등급	A	**A**	
	•교면포장 망상균열, 교대 균열 등의 손상 발생 ⇒ 결함도점수 상승			

•금회 최초 실시하는 정밀안전점검으로 정밀조사로 인한 신규손상이 발생 하였으나, 경미한 상태로 인해 상태평가 결과 A로 평가되었다.

•금회 점검에서는 전회 대비 결함도점수가 다소 증가한 상태평가 **A(결함도점수 0.100→0.122)**로 평가되었으며, 초기 점검 대비 등급의 변동은 없는 것으로 검토되었다.



[그림 7.4.1] 호죽2교(오창방향) 상태평가 결과 비교 그래프

7.5 종합평가 및 안전등급지정

7.5.1 종합평가

가. 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행한 경우는 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가 결과로 하며, 안전성평가까지 모두 수행한 경우 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

○ **종합평가 결과 = MIN (상태평가 결과, 안전성평가 결과)**

나. 종합평가 결과

1) 상태평가 결과

- **A (결함도 범위 : 0.10 ≤ x < 0.13)**
- 본 교량은 문제점이 없는 최상의 상태이다.

2) 종합평가 결과

- 호죽2교(오창방향)의 종합평가는『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단편, 2019. 09.)』에 의거 상태평가 결과를 해당 시설물의 종합평가로 결정하였으며, 그 결과 "A"로 평가되었다.

- **종합평가 : A**

구분	결함도점수, 안전율	종합평가 결과	비 고
상태평가	0.122	A	
안전성평가	-	-	금회 미실시
종합평가	**A**		

7.5.2 안전등급 지정

가. 기준

상태평가 및 안전성평가(미실시) 등을 종합적으로 평가하여『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』에 따라 다음과 같은 안전등급기준에 의해 시설물의 안전등급을 지정한다.

[표 7.5.1] 안전등급 기준

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

나. 안전등급 지정

- 본 시설물에 대한 외관조사 및 비파괴 시험결과 시설물의 상태는「문제점이 없는 최상의 상태」로 안전등급은 A등급의 우수한 상태로 평가되었다.
- **안전등급 : A등급**

[표 7.5.2] 호죽2교(오창방향) 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	결함도 점수	평가기준	최소 안전율	평가기준
평가결과	0.122	A	-	-
안전등급 지 정	▶ 호죽2교(오창방향)의 안전등급은 우수한 상태인 A등급으로 지정함. 상태평가 A / 안전성평가 - 안전등급 A			

7.6 보수·보강 및 유지관리방안

7.6.1 보수·보강 방안 및 개략공사비

가. 손상별 보수·보강 및 우선순위 선정

[표 7.6.1] 보수·보강 물량 및 우선순위

부재	손상내용	물량집계				조치방안	우선순위
		손상	단위	보수	단위		
교면포장	포장 망상균열	60.00	㎡	78.00	㎡	주의관찰	3
신축이음	본체부식	5.00	m	1.63	㎡	주의관찰	3
교대	균열(폭 0.3mm미만)	3.00	m	0.98	㎡	표면처리	하자
	점검로 파손	1.00	EA	1.00	EA	점검로 정비	3

※균열의 표면처리 보수물량은 손상길이에 0.25m의 폭을 갖는 면적으로 산출(단, 망상균열 제외)
※보수물량은 손상물량에 30%를 할증한 물량임.(단 EA단위 물량, 산출물량이 확실한 경우 제외)
※상세 내용은 별첨 외관조사망도 및 결함물량표 참조

나. 보수·보강 개략공사비

[표 7.6.2] 보수·보강 개략공사비

부재	손상내용	조치방안	물량집계		단가 (천원)	공사비 (천원)	우선순위
			보수	단위			
교면포장	포장 망상균열	주의관찰	78.00	㎡	-	-	3
신축이음	본체부식	주의관찰	1.63	㎡	-	-	3
교대	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	0.98	㎡	90	88	하자
	점검로 파손	점검로 정비	1.00	EA	300	300	3

※개략공사비는 현장 여건상 물량의 증감, 적용 공법 변경 등에 따라 변동될 수 있음.
※공종별 보수시기는 손상의 경중을 고려하여 동일 형태의 손상이라도 보수시기를 1순위~3순위로 구분함.
※부대공사비 및 폐기물처리비 등은 제외된 금액임.

[표 7.6.3] 보수·보강 총괄 개략공사비

구분		금 액(천원)				
		1순위	2순위	3순위	하자	합계
개략공사비	순공사비 계	-	-	300	88	388
	제경비	-	-	150	44	194
	합 계	-	-	**450**	**132**	**582**

※개략공사비는 현장 여건상 물량의 증감, 적용 공법 변경 등에 따라 변동될 수 있음.
※공종별 보수시기는 손상의 경중을 고려하여 동일 형태의 손상이라도 보수시기를 1순위~3순위로 구분함.
※부대공사비 및 폐기물처리비 등은 제외된 금액임.

7.6.2 중점유지관리 방안

호죽2교(오창방향)에 대한 외관조사 및 비파괴시험, 주요부재에 대한 상태평가를 실시한 결과, 일부 손상이 발생하였으나 구조적인 손상은 없는 것으로 조사되었다. 다만, 향후 유지관리가 필요한 부분은 교대 균열에 대해서는 지속적인 유지관리를 통한 관찰이 필요하다.

그 외 현 상태에서 구조물의 안전성에는 큰 문제가 없을 것으로 판단되나 향후 유지관리에 있어 주의해야 할 사항을 정리하여 중점유지관리 항목으로 선정하였다.

가. 균열부 백태

관리부재	금회조사결과	중점유지관리사항
바닥판	 <A2 균열> <A2 균열>	❑ **손상 현황** :폭 0.3mn미만 균열 발생 ▶교대 균열 (L=3.00m, 2개소) ❑ **중점유지관리 사항** ▶주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 ▶외부 우수유입에 의한 백태 발생여부 확인 ▶신규손상 발생여부 확인

7.7 종합결론

7.7.1 개요

호죽2교(오창방향)은 충청북도 청주시 흥덕구 옥산면 호죽리 769 일원 고속국도 32호선 상에 위치한 도로교량으로, 2018년 1월 준공 이후 현재까지 약 3년간 공용중인 설계하중 DB-24의 1등교이다.

상부구조는 개량형 PSC빔 형식으로 총연장 50.6m, 단경간으로 구성되었으며, 교폭은 11.8m의 편도 2차로로 운용 중이다. 하부구조 형식은 말뚝기초 위에 시공된 역T형 교대 2기로 구성되어 있으며, 교량 받침은 탄성받침, 신축이음장치는 뉴모노셀 JOINT(A1,A2)로 시공되어 있다.

본 과업은 호죽2교(오창방향)에 대한 정기적인 정밀안전점검이며, 시공자료 분석을 포함하여 금회 외관조사, 각종 시험 및 측정 등을 통해 도출된 사항을 요약하면 다음과 같다.

7.7.2 외관조사 결과

1)**교면포장**은 경년에 따른 표면 마모와 차량 윤하중 및 건조수축으로 인한 포장 망상균열이 발생되어 있는 상태이다. 현재 손상의 발생 범위와 규모는 일부 구간에 국한된 수준으로 통행 차량의 안전 및 구조물의 사용성에 지장을 주고 있지는 않으나, 사용성 확보를 위한 적절한 보수를 시행하되, 향후 방수층 및 바닥판에 영향을 주는 수준까지 진행될 경우 전면 재포장을 고려하여야 한다.

2)**방호벽은** 현재 손상이 없는 상태로 확인되었고, 방호벽은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3)**배수시설**은 기 점검과 비교하여 배수기능 및 통수성능에 문제가 없는 상태로 관리되고 있다

4)**신축이음장치**는 본체에서 발생한 부식은 차량의 반복통행 및 우수유입에 의한 손상으며, 갓길측 손상으로 현 상태에서 차량의 주행에 직접적인 영향을 주지는 않으므로 손상부의 주기적인 관찰을 통해 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리 할 필요가 있다.

5)**바닥판**은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주부재인 바닥판 하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인, 등의 유지관리가 요구된다.

6)**거더 및 가로보** 조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

7)**교량받침은** 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

8)하부구조에 발생한 균열은 대부분 일방향 균열 폭0.2㎜ 수준이다. 일방향 균열은 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 것으로 조사되었으나 구조적인 균열이 아니나 하자 만료 기간전에 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 사료된다.

7.7.3 내구성조사 결과

•콘크리트의 내구성조사결과 콘크리트의 강도, 탄산화시험 등의 시험항목에 대해서 양호한 품질을 유지하고 있는 것으로 평가되어 콘크리트 내구성의 저하는 발생되지 않은 것으로 분석되었다.

[시험 및 측정 결과 요약]

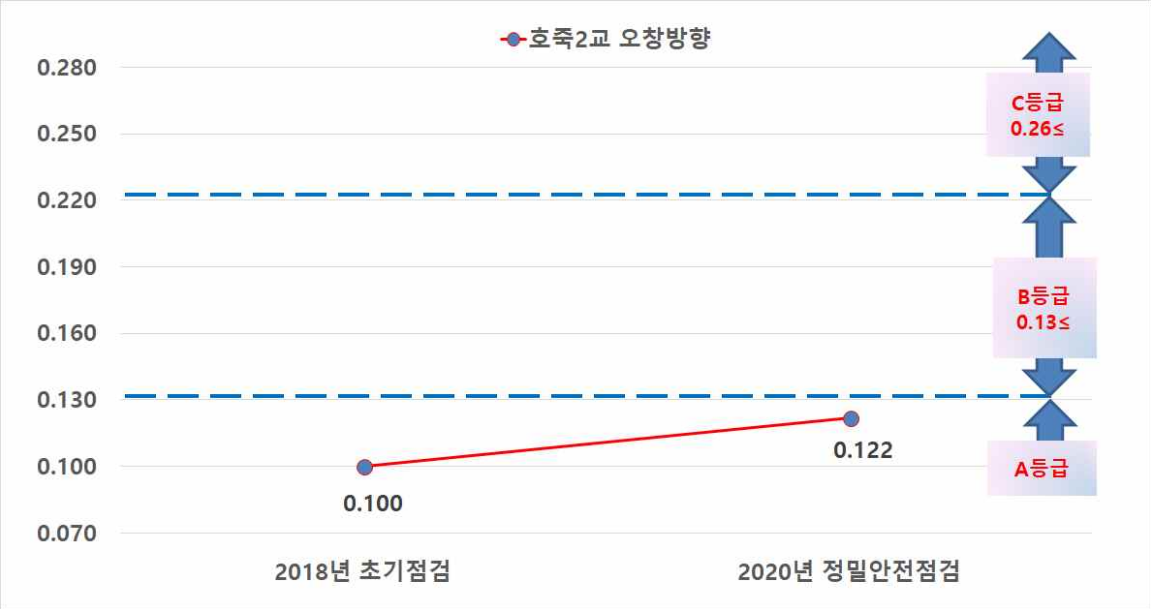
시험명		시험부위	시험결과	책임기술자 의견
압 축 강 도	반발 경도	바닥판하면 거더 교대	◦ 상부구조 -바닥판 : 28.7㎫로 설계강도(27.0㎫) 이상 -거 더 : 45.1㎫로 설계강도(40.0㎫) 이상 ◦ 하부구조 -교 대 : 25.3 ~ 27.4㎫로 설계강도(24.0㎫) 이상 ◦ 비파괴시험 균질성 평가 양호	◦ 압축강도 양호 ◦ 품질평가 양호 ◦ 강도저하 우려없음
철 근 탐 사	피복 두께	바닥판하면 교대	◦ 설계치와 측정치 비교시 배근상태 양호 ◦ 내구성 유지 가능한 피복 유지	◦ 탄산화시험 기초자료로 활용
탄산화시험		바닥판하면 교대	◦ 시험 3개소에서 1.5~2.0㎜로 측정 ◦ 모든 시험부재에서 'a급'으로 평가 ◦ 모든 시험부재에서 잔존수명 100년 이상	◦ 탄산화에 의한 내구성 저하 없음

7.7.4 상태평가 결과

•상태평가 실시 결과는 **A(0.10 ≤ x(0.122) < 0.13)**로 평가되었다.

[상태평가 결과]

구분		2018년 초기점검	2020년 정밀안전점검	비고
호죽2교(오창방향)	결함도점수	0.100	**0.122**	
	등급	A	**A**	
	•교면포장 망상균열, 바닥판 및 거더 백태, 교대 누수흔적, 방호벽 균열 등의 손상 발생 ⇒ 결함도점수 상승			



•금회 최초 실시하는 정밀안전점검으로 정밀조사로 인한 신규손상이 발생 하였으나, 경미한 상태로 인해 상태평가 결과 A로 평가되었다. 금회 점검에서는 전회 대비 결함도점수가 다소 증가한 상태평가 **A(결함도점수 0.100➜0.122)**로 평가되었으며, 초기 점검 대비 등급의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

•외관조사와 내구성조사 결과를 통해 도출된 상태평가 결과로부터 종합평가 및 안전등급을 결정한 결과 **A(우수)등급**으로 산정되었다.

구 분	상태평가		안전성평가	
	결함도 점수	평가기준	최소 안전율	평가기준
평가결과	0.122	A	-	-
안전등급 지 정	▶ 호죽2교(오창방향)의 안전등급은 우수한 상태인 A등급으로 지정함 상태평가 | A 안전성평가 | - **안전등급 | A**			

7.7.5 종합결론 및 제언

- 금회 정밀안전점검에서 현장조사 및 내구성조사를 통한 상태평가 결과가 『**A**』로 평가되었으며, 이에 따른 종합평가 및 안전등급은 『**A등급(결함도점수 0.122)**』으로 평가 되었다.
- 호죽2교(오창방향)은 2018년 준공된 교량으로 전체적인 교량의 상태는 우수한 수준으로 유지 관리되고 있으며, 금회 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.
- 금회 조사된 주요 손상은 대부분은 기존에 발생되어 관리중인 교면포장 망상균열, 교대 균열 등의 손상으로 추가적인 진행은 없으므로 본 보고서에서 제안한 방안에 따라 보수를 시행하면 평가지수의 향상 및 안전등급의 유지가 가능할 것으로 판단된다.
- 이상과 같이 현재 정밀안전점검을 통해 안전한 상태를 유지하고 있는 것으로 평가됨에 따라 별도의 정밀안전진단 필요성은 없는 것으로 판단된다.