

5. 낙동강대교

5.1 시설물 개요

5.2 자료수집 및 분석

5.3 현장조사

5.4 콘크리트 내구성조사

5.5 상태평가

5.6 종합평가 및 안전등급 지정

5.7 보수·보강 및 유지관리 방안

5.8 종합결론

5. 낙동강대교

5.1 시설물의 개요

본 시설물은 경상북도 상주시 낙동면 낙동리(상주영천고속도로 6.471~7.241km)에 위치한 교량으로 총 연장 770.0m, 폭 24.3m로 시공되어 있다.

5.1.1 일반사항

【표 5.1.1】 낙동강대교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2017-0000254		관리번호		SY BR.5	
시설물위치		경상북도 상주시 낙동면 낙동리		준공년월일		2017. 06. 27	
관리이정		6.471~7.241km		공사이정		6.471~7.241km	
설계하중		DB-24		노 선 명		고속국도 301호선	
제원	연장	L=770.0m, (2@50m+9@70m+40m=770m)					
	폭	B=24.3m, 4차로					
구조 형식	상부	DR GIRDER		기초 형식	교 각	직접기초	
	하부	T형 교각식(T)			교 대	직접기초	
교량받침		면진받침(FDB, EQS, EQS+)		신축이음		핑거	
교차시설물		국도, 하천		통과높이		21m	
부착시설내용							
시 공 자		대림산업(주)		관리주체		상주영천고속도로(주)	

5.1.2 위치도 및 전경사진

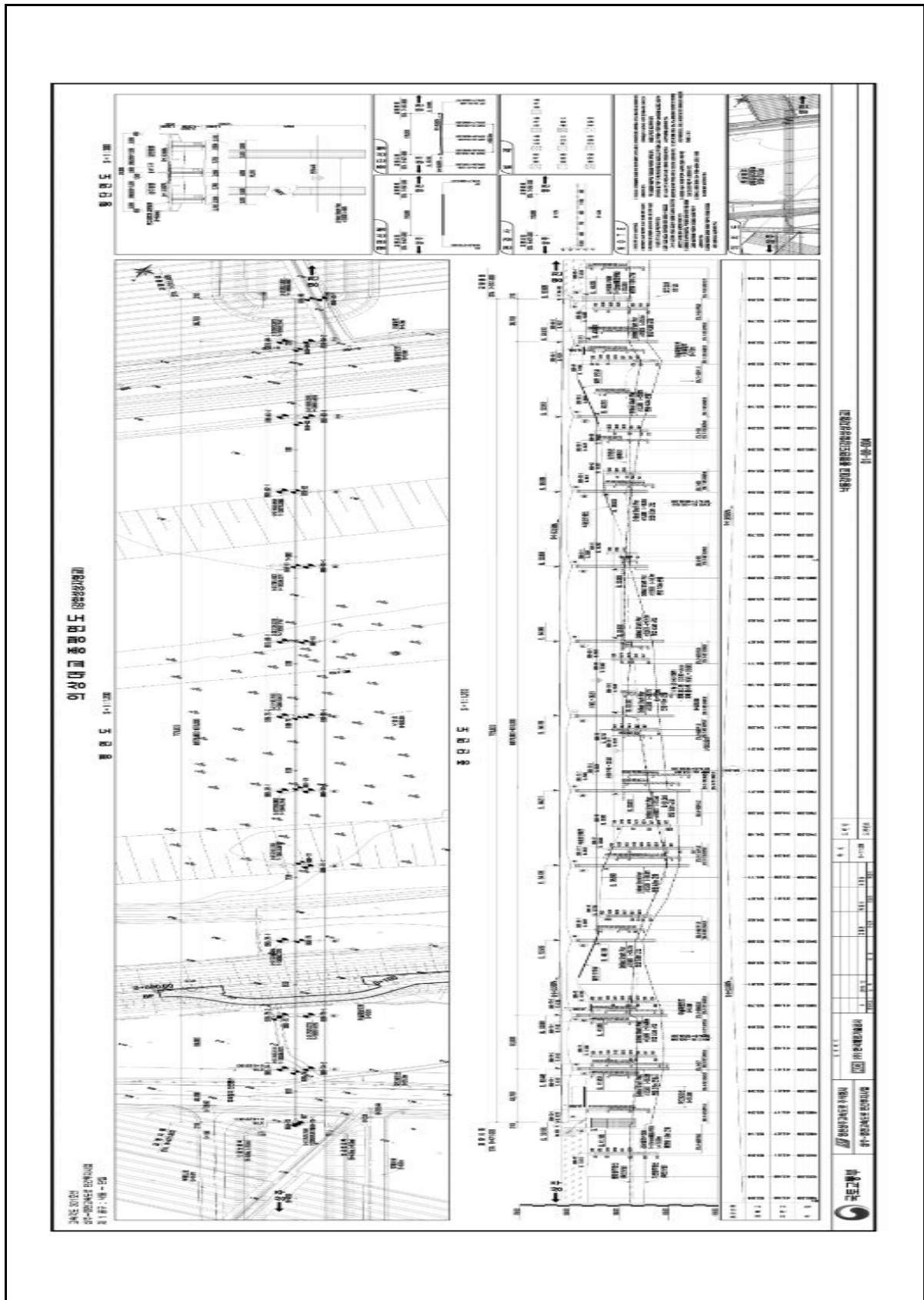


【그림 5.1.1】 위치도

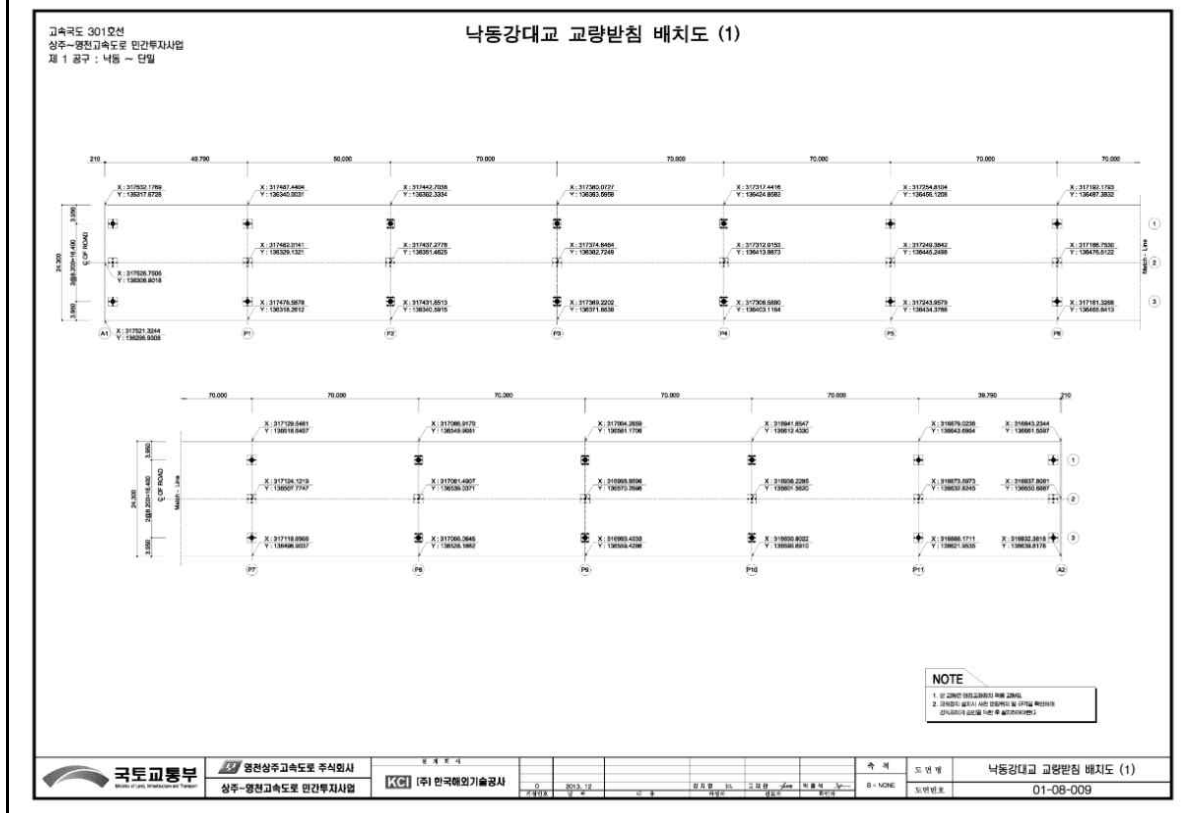
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 5.1.2】 부재별 현황

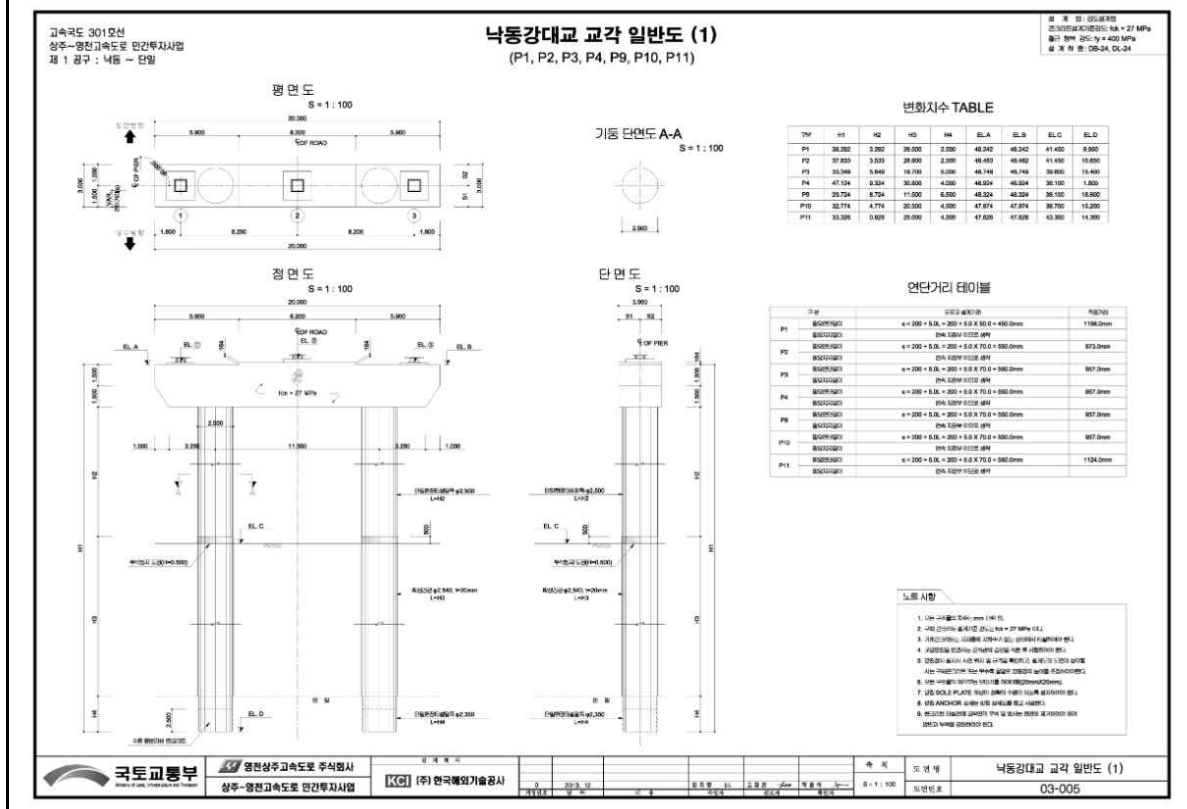
5.1.3 시설물 일반도



【그림 5.1.3】 중평면도



【그림 5.1.4】 바닥관하면 일반도, 교량받침 배치도



【그림 5.1.5】 교대 및 교각 일반도

5.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 1공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

5.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질

2.1 지형 및 지질

2.1.1 주변지형 특성

본 조사지역의 위치는 행정구역상 경상북도 상주시 낙동면 상촌리(시경으로 하여 경상북도 의성군 관동면 낙정리를 종점으로 하는 연장 약 7.39km 구간에 해당한다).

과업지점인 한탄도와 물서부를 가로지르는 낙동강의 상류지역에 속하여, 태백산맥에서 분기된 일월산맥의 주축이 도둑의 동북부를 북북서-남남동 방향으로 침투하는 지형이다. 과업지점의 안 계평야를 위시하여 비교적 완만한 경사를 가진 지평한 구릉지를 이룬다.

서북부 건지봉(420m)과 한계면 평안동 평화재는 호상의 산봉이 NE 방향의 중앙부를 중심으로 어긋나며 대칭적으로 배열되어 있는 지형상의 특징을 갖고 있다.

본 조사지역 인근의 수계의 발달은 낙동강을 중류로, 잘 발달된 수지상수계를 이루고 있다. 위 점을 비롯한 비교적 큰 계류는 지층의 주향방향에 대략 평행한 유로를 만들고 있는 곳이 많다. 낙동강과 계류는 매우 완만히 사형하며, 하천 폭에 비하여 완속하천의 성격을 보이고, 산사 역시 매우 완만하여, 호각작용보다는 확대 및 회곡작용이 우세한 단계에 있다. 일월산맥을 중심으로 동쪽 지역은 유수에 의한 침식이 활발히 진행되고 있는 장년기 단계이고, 서쪽 지역은 못에 의한 하각보다는 유로의 확대 및 퇴적에 우세해가는 초기 노년기의 단계에 있다.

2.1.2 지질

본 조사지역은 낙동도폭(1:50,000) 남서측에 위치하며 선캄브리아기에 형성된 흑운모화강암질 편마암을 중생대 중리기에 관입한 흑운모화강암이 기반암을 이룬다. 백악기 중생암석 및 산성암 역이 다수 관찰되어 분포하는 양상을 보이며 낙동강변을 중심으로 제4기 충적층이 두껍고 넓게 분포하고 있다. 흑운모 화강암은 선캄브rian 산체를 구성하며 낙동강변에 의하여 부정합적으로 피복된다. 흑암석으로 흑회색의 세립질암이나 2-3mm 정도의 신선한 광석이 관찰된다. 본 입지지역에서는 풍화대가 매우 두꺼운 층으로 분포한다.

각 지층에 대한 지질기호는 다음과 같다.

(1) 선캄브리아기 변성암류

본 암은 과업지역에 위치하고 있는 낙동도폭의 서남부의 백두령, 낙정동, 관동리에 분포한다. 선캄브리아기의 변성암류는 선캄브리아기의 영남계에 속하며, 흑운모화강암질편마암과 반상편암편마암으로 구분되어 있다. 과업지역에 이웃해서 분포되어 지질기반을 이루고 과업지역의 서쪽으로 광범위한 분포를 보이고 있다.

상주~영천간 민자고속도로 1공구 건설공사

5

<조사지역 지질도>



이 지역의 지질도의 지질계통표는 아래와 같다.

선생대 제4기	[Symbol]	충적층
백악기	[Symbol]	산성암역
	[Symbol]	문헌상충적층
시대미상	[Symbol]	대안충적층
	[Symbol]	매곡산맥암
유리기	[Symbol]	흑운모화강암
선캄브리아기	[Symbol]	흑운모화강암질편마암

상주~영천간 민자고속도로 1공구 건설공사

7

(2) 흑운모화강암

본 암은 과업지역에 위치한 선캄브rian 산체를 구성하고 있으며, 흑운모화강암질편마암 및 반상편암편마암을 포함하며, 낙동강변에 의하여 부정합적으로 피복된다. 흑회색의 세립질암이나 신선한 광석이 분포를 이룬다. 본 암의 구성광물분 위배의 순위로 사장석, 석영, 미사상석, 황철석, 피어다이트, 흑운모 및 소량의 백운모이다. 사장석은 누대구조가 완전하고 편입에 상하여 누대구조의 내부는 규영석으로 변해있다. 석영은 모두 파동소공이 현저하다. 미사상석과 피어다이트는 신선하여 대립정출이 있고 내부에 석영, 사장석, 흑운모를 포리는 병구조를 나타내는 것이 많다. 황철석은 고온후의 핵으로 형성되고 특히 우주의 생성이 현저하다. 황철석 중에는 칼스밋드 광물을 이루는 것이 있다. 흑운모는 일부 녹연석, 녹니석, 황광으로 변질되어 있다. 선캄브rian 북쪽에는 흑운모화강암의 연변상이 비교적 넓은 분포를 보이면서 나타나고 있다. 연변상은 미세한 호상구조를 나타내는 세립질암이며 화강암질편마암에 유사하다. 경하면서 경향하면 세립상의 흑운모가 밀집한 광상으로 배열하며 광물성분은 흑운모화강암과 동일하다.

(3) 매곡산맥암

본 층은 과업지역의 서부와 서북부에 위치하고 있으며 암석의 조밀한 암석으로 구성되어 있다. 주 구성광물은 각섬석, 사장석, 흑운모이며 최소한 석영을 함유한다.

(4) 낙동강

본 층은 낙동강변의 최하부층으로 과업지역의 북동방향으로 대부분의 지역을 관하고 있다.

본 층은 관아암류 및 화성암류로 된 지반의 침식면상에 부정합적으로 침착되어 있으며, 주로 역암, 사암, 세립 및 역질사암 등으로 구성되어, 하부는 역암이 대체로 우세하고 상부는 사암과 세립이 우세하다. 과업지역 인근의 낙동강은 역암이 우세한 하부의 민경산층류로 구성되어 있다. 민경산층류는 과업지역의 동북방향의 민경산과 동북방향의 비룡산을 중심으로 광범하게 분포하고 있으며, 초기지부의 세립 및 역암, 하부의 사암, 사질역암, 역암 및 세립, 중부의 역암과 역암사암으로 구성된다.

(4) 암맥류

암맥류는 불국사화강암류를 관입하고 있으며, 산성암맥과 알기성 암맥으로 대별된다.

산성암맥은 규장암맥과 석영암맥으로 구성되어, 알기성암맥으로는 인산암맥 및 철광암맥으로 구성되어 있다.

상주~영천간 민자고속도로 1공구 건설공사

6

2.4 적용 설계지반장수

지 층	단위중량 (γ_t , kN/m ³)	점착력 (c, kPa)	내부마찰각 (ϕ , °)	투수계수 (cm/s)
충적층	19.0	10.0	29	3.0×10^{-4}
동화암	18.0	15.0	30	1.5×10^{-3}
동화암	21.0	29.0	30	7.0×10^{-4}
기반암	26.0	200.0	35	4.0×10^{-5}

상주~영천간 민자고속도로 1공구 건설공사

20

5.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 5.2.1】 낙동강대교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전점검	상태 양호	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전점검	상태 양호	양호

5.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

【표 5.2.2】 낙동강대교 전차 정밀안전점검 사항

구 분	기간	실 시 결 과	비 고
낙동강대교	해당사항 없음	본 시설물은 최초정밀안전점검임	

5.2.4 기존자료

【표 5.2.3】 낙동강대교 기존자료

구분	검토결과	비고
시설물관리대장	· 연장 : 770.0m, 폭 : 24.3m	
시공관리자료	· 시공사 : 대림산업(주) · 설계사 : ㈜용진엔지니어링	
기존점검	· 최초 정밀안전점검으로 정밀안전점검 자료 없음 · 기존 정기안전점검 4회 실시함	

5.2.5 시설물 보수 이력

【표 5.2.4】 낙동강대교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	—	—	—	—	—	

5.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 5.2.5】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		

5.3 현장조사

5.3.1 개요

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

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S12	도보, 점검차	2019.10.28.~2019.11.26	
			
작업전경		작업전경	
			
작업전경		비파괴시험	

【사진 5.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

5.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 낙동강대교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=770.0m 폭 24.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 굴점검검차로 근접조사를 실시하였다.



【사진 5.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면은 전구간에 콘크리트 데크플레이트가 설치 되어있고, 외관조사 결과, 폭 0.3mm 이상 균열, 백태 등의 손상이 조사되었다.

【표 5.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm 이상) (m/개소)		백태 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—
S2	—	—	—	—
S3	—	—	—	—
S4	—	—	—	—
S5	2.0	2	—	—
S6	—	—	—	—
S7	—	—	0.1	1
S8	—	—	—	—
S9	—	—	—	—
S10	—	—	—	—
S11	—	—	—	—
S12	—	—	—	—
합계	2.0	2	0.1	1

	
S5 균열 (0.3mm/1.0m)	S5 균열 (0.3mm/1.0m)
	-
S7 백태 (0.2m×0.5m)	-

【사진 5.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판에 발생한 균열, 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보로 외관조사를 실시하였다



【사진 5.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더 내, 외부에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.2】 거더 내,외부 외관조사 결과

구분	—	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
S8	—	—
S9	—	—
S10	—	—
S11	—	—
S12	—	—
합계	—	—

	
거더외부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 5.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

4) 검토의견

- 거더 내,외부의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



가로보 전경

【사진 5.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	—	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
S8	—	—
S9	—	—
S10	—	—
S11	—	—
S12	—	—
합계	—	—



【사진 5.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

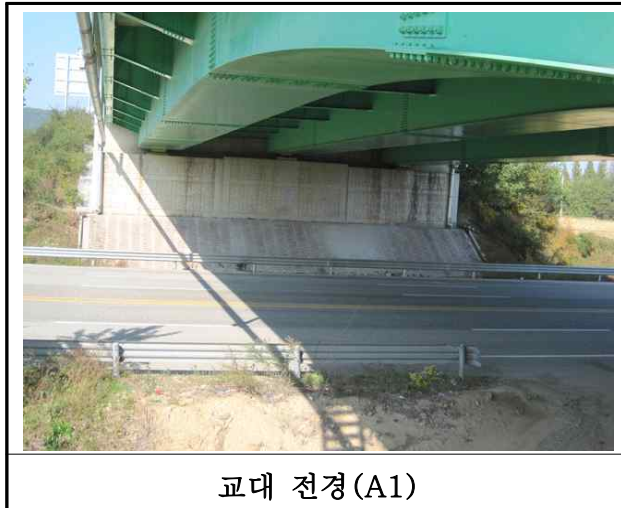
4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 낙동강대교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경 (A1)

【사진 5.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, 폭 0.3mm 미만 균열, 누수흔적 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 5.3.4】 교대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	
A1	—	—	6.0	1
A2	2.0	1	—	—
합계	2.0	1	6.0	1

	
A2 균열(폭 0.2mm/2.0m)	A2 균열(폭 0.2mm/2.0m)
	-
A2 누수흔적(2.0m×3.0m)	-

【사진 5.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다.
- 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 낙동강대교의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 외관조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 5.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm미만 균열이 조사되었다.

【표 5.3.5】 교각 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
P1	—	—
P2	1.0	2
P3	0.5	1
P4	—	—
P5	—	—
P6	—	—
P7	—	—
P8	—	—
P9	—	—
P10	—	—
P11	—	—
합계	1.5	3

	
P2 균열(0.2mm/0.5m×2EA)	P2 균열(0.2mm/0.5m×2EA)

【사진 5.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

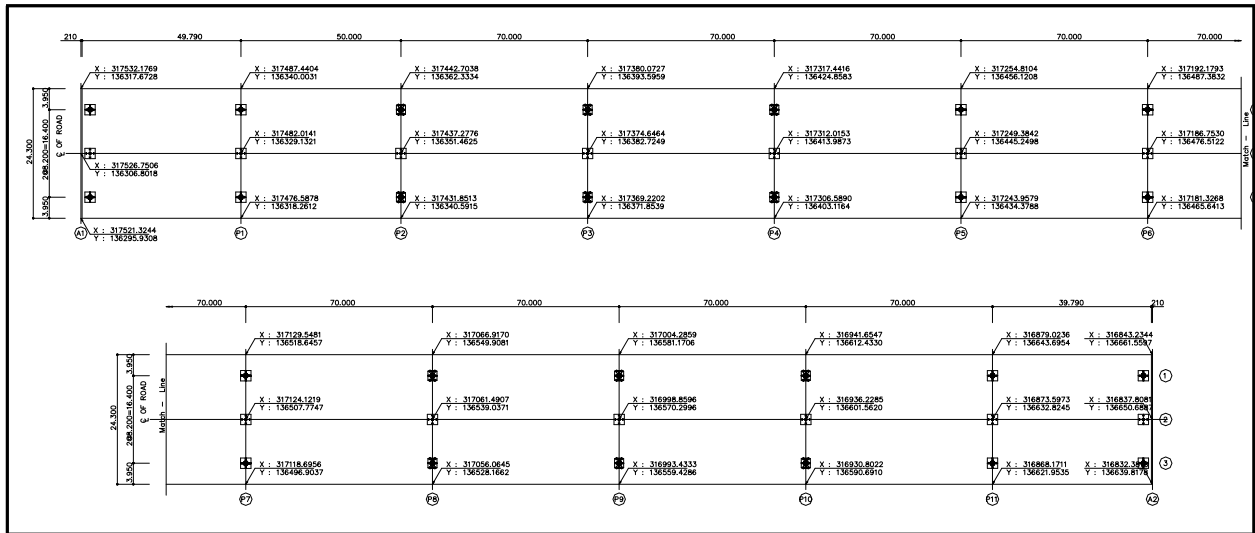
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 낙동강대교의 받침은 면진받침으로 총 39개가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 5.3.1】 교량받침 배치도



【사진 5.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 폭 0.3mm 미만의 무수축물탈, 받침콘크리트균열, 무수축물탈 박리, 박락, 재료 분리, 이동량 눈금자 탈락, 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 5.3.6】 교량반침 외관조사 결과

구분	무수축몰탈 균열 (0.3mm미만)		반침콘크리트 균열 (0.3mm미만)		무수축몰탈 박리, 박락		무수축몰탈, 반침콘크리트 재료분리		이동량 눈금자 손상 (개소)	반침 고무재 탈락 (개소)
	(m/개소)		(m/개소)		(㎡/개소)		(㎡/개소)			
A1	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1.0
P1	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
P2	－	－	－	－	0.01	1	－	－	1.0	－
P3	0.4	1	－	－	0.12	4	－	－	2.0	－
P4	－	－	－	－	－	－	－	－	1.0	－
P5	－	－	－	－	0.35	2	－	－	1.0	－
P6	0.2	1	－	－	0.02	1	－	－	1.0	－
P7	0.4	2	2.0	1	－	－	0.13	3	1.0	－
P8	0.3	1	－	－	0.04	2	－	－	1.0	－
P9	－	－	－	－	－	－	－	－	1.0	－
P10	－	－	－	－	－	－	－	－	1.0	－
P11	0.1	1	－	－	－	－	－	－	1.0	－
A2	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
합계	1.4	6	2.0	1	0.54	10	0.13	3	11.0	1.0

	
P2-Sh3 무수축물탈 박리(0.1m×0.1m)	P3-Sh1 무수축물탈 박리(0.1m×0.1m)
	
P7-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.1m×0.5m)	P7-Sh2 받침콘크리트 균열(0.1mm/2.0m)

【사진 5.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

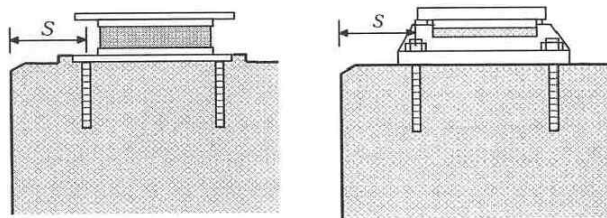
4) 검토의견

- 받침콘크리트 및 무수축물탈에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 발생한 받침콘크리트 및 무수축물탈의 재료분리, 박리, 박락 등의 단면손상은 시공시 외부 충격, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.

- 이동량 눈금자 손상(탈락, 파손, 도색)은 사용성 확보차원의 정비(교체)가 필요할 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 5.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 5.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : $200 + 5 \times 40.0 = 400(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200 + 5 \times 50.0 = 450(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200 + 5 \times 70.0 = 550(\text{mm})$

【표 5.3.7】연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		450	590	590	590	O.K
P1	A1측	450	1,240	1,230	1,170	O.K
	A2측	450	1,150	1,160	1,050	O.K
P2	A1측	450	1,000	1,160	1,010	O.K
	A2측	550	950	1,140	990	O.K
P3	A1측	550	980	1,170	970	O.K
	A2측	550	980	1,180	980	O.K
P4	A1측	550	960	1,160	960	O.K
	A2측	550	970	1,170	980	O.K
P5	A1측	550	1,170	1,210	1,130	O.K
	A2측	550	980	1,160	970	O.K
P6	A1측	550	1,120	1,170	1,100	O.K
	A2측	550	1,120	1,140	1,120	O.K
P7	A1측	550	1,180	1,170	1,120	O.K
	A2측	550	1,080	1,140	1,060	O.K
P8	A1측	550	960	1,120	960	O.K
	A2측	550	960	1,190	990	O.K
P9	A1측	550	990	1,130	960	O.K
	A2측	550	970	1,190	940	O.K
P10	A1측	550	960	1,200	1,000	O.K
	A2측	550	950	1,150	990	O.K
P11	A1측	550	1,130	1,170	1,120	O.K
	A2측	400	1,150	1,190	1,170	O.K
A2		400	600	600	590	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.



【사진 5.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 5.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	16.7	33.3	0.000012	380.0	76.2	151.8	
P1	16.7	33.3	0.000012	330.0	66.1	131.9	
P2	16.7	33.3	0.000012	280.0	56.1	111.9	
P3	16.7	33.3	0.000012	210.0	42.1	84.0	
P4	16.7	33.3	0.000012	140.0	28.1	56.0	
P5	16.7	33.3	0.000012	70.0	14.0	28.0	
P7	16.7	33.3	0.000012	70.0	42	56	
P8	16.7	33.3	0.000012	140.0	28.1	56.0	
P9	16.7	33.3	0.000012	210.0	42.1	84.0	
P10	16.7	33.3	0.000012	280.0	56.1	111.9	
P11	16.7	33.3	0.000012	350.0	70.1	140.0	
A2	16.7	33.3	0.000012	390.0	78.1	155.8	

1) 조사당시 온도 : 6.7℃(조사일 : 2019년 11월 22일, 평균온도, 상주)

2) 검토온도 : −10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 5.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	10	190	210	76.2	151.8	±200
	SH2	10	190	210			±200
	SH3	10	190	210			±200
P1	SH1	5	195	205	66.1	131.9	±200
	SH2	5	195	205			±200
	SH3	5	195	205			±200
P2	SH1	10	190	210	56.1	111.9	±200
	SH2	10	190	210			±200
	SH3	10	190	210			±200
P3	SH1	10	190	210	42.1	84.0	±200
	SH2	10	190	210			±200
	SH3	10	190	210			±200
P4	SH1	5	195	205	28.1	56.0	±200
	SH2	5	195	205			±200
	SH3	5	195	205			±200
P5	SH1	20	180	220	14.0	28.0	±200
	SH2	20	180	220			±200
	SH3	20	180	220			±200
P6	고정단						
P7	SH1	20	180	220	42	56	±200
	SH2	20	180	220			±200
	SH3	20	180	220			±200
P8	SH1	10	190	210	28.1	56.0	±200
	SH2	10	190	210			±200
	SH3	10	190	210			±200
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K							

【표 5.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
P9	SH1	20	180	220	42.1	84.0	±200
	SH2	20	180	220			±200
	SH3	20	180	220			±200
P10	SH1	35	165	235	56.1	111.9	±200
	SH2	35	165	235			±200
	SH3	35	165	235			±200
P11	SH1	40	160	240	70.1	140.0	±200
	SH2	40	160	240			±200
	SH3	40	160	240			±200
A2	SH1	40	160	240	78.1	155.8	±200
	SH2	40	160	240			±200
	SH3	40	160	240			±200
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K							

② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 핑거조인트로 시공된 상태이다.



【사진 5.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 후타재 망상균열, 재료분리, 접속부 이격, 차수판 볼트 체결불량 등의 손상이 발생되었다.

【표 5.3.10】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 망상균열 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)		차수판볼트체결불량 (개소/개소)		후타재 재료분리 (㎡/개소)	
A1 (EXP J1)	—	—	2.0	2	—	—	28.0	28	—	—
A2 (EXP J3)	5.0	20	—	—	9.0	1	13.0	13	1.0	1
합계	5.0	20	2.0	2	9.0	1	41.0	41	1.0	1

	
A1 차수판 볼트 체결불량(3EA)	A1 접속부 이격(7.0m/3mm)
	
A1 후타재 망상균열(0.5m×2.0m)	A2 후타재 재료분리(0.5m×1.0m)

【사진 5.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 망상균열은 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재 재료분리의 경우 시공시 다짐불량에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구되며, 발생한 차수판 볼트 손상은 정비, 접속부 이격은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(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 (강재): 1.2×10^{-5} , α (콘크리트): 1.0×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)				
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2019. 10. 28. 기온 적용: 9.7°C(일평균) ΔT(신장시) : $40.0^{\circ}\text{C} - 9.7^{\circ}\text{C} = 30.3^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-10.0^{\circ}\text{C} - (9.7^{\circ}\text{C}) = 19.7^{\circ}\text{C}$ ΔL_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위($^{\circ}\text{C}$)		 		
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)
	강 교	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 5.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 5.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	19.7	30.3	0.000012	380.0	89.8	138.2	
A2	19.7	30.3	0.000012	390.0	92.2	141.8	
1) 조사당시 온도 : 9.7℃(조사일 : 2019년 10월 28일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : −10℃ ~ 40℃(보통지방)							

【표 5.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분	계산 이동량(mm)		점점당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
	최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	89.8	138.2	140	300	229.8	1.8	O.K
A2	92.2	141.8	155	300	247.2	13.2	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 9.7℃(10월 28일)로써 이때 측정유간은 23.0~50.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

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



【사진 5.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 포장 본선은 손상이 없는 양호한 상태이며, 접속부 포장 파손이 조사되었다.

【표 5.3.13】 교면포장 외관조사 결과

구분	접속부 포장부 파손 (㎡/개소)	
S1	0.06	3
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
S8	—	—
S9	—	—
S10	—	—
S11	—	—
S12	1.0	1
합계	1.06	4



【사진 5.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 외관조사 결과, 본선은 손상이 없는 양호한 상태이나, 접속부에 포장 파손이 조사되었고, 손상부는 보수 미흡으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

자. 배수시설



배수구 전경

【사진 5.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수구 막힘, 배수관 탈락, 지지대, 연결고리 탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 5.3.14】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소/개소)		배수관 탈락 (개소/개소)		배수관 지지대 탈락 (개소/개소)		배수관 연결고리 탈락 (개소/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—	—	—
S2	—	—	—	—	—	—	—	—
S3	—	—	—	—	—	—	—	—
S4	—	—	1.0	1	—	—	—	—
S5	—	—	—	—	—	—	—	—
S6	—	—	—	—	—	—	—	—
S7	—	—	—	—	—	—	—	—
S8	—	—	1.0	1	2.0	2	3.0	3
S9	—	—	—	—	—	—	—	—
S10	—	—	—	—	—	—	—	—
S11	—	—	—	—	1.0	1	—	—
S12	1.0	1	—	—	—	—	—	—
합계	1.0	1	2.0	2	3.0	3.0	3.0	3.0

	
S12 배수구 막힘(1EA)	S4 배수관 탈락(1EA)
	
S7 배수관 연결고리 탈락(1EA)	S7 배수관 지지대 탈락(1EA)

【사진 5.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 시공 미흡에 의한 배수관 탈락, 지지대, 연결고리 탈락이 조사되었고, 손상부는 교체 등의 정비가 요구된다.
- 공용기간 경과 및 추방통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적이 조사되었고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 5.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열부 백태가 확인되었다.

【표 5.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열, 재균열 (0.3mm 미만) (m/개소)		균열, 재균열 (0.3mm 이상) (m/개소)		콘크리트 파손 (㎡/개소)		난간파손 (m/개소)	
S1	10.0	10	1.0	1	0.06	3	—	—
S2	10.0	10	—	—	—	—	—	—
S3	7.0	7	—	—	0.40	1	3.5	1
S4	—	—	—	—	—	—	—	—
S5	5.0	5	—	—	0.04	2	—	—
S6	2.0	2	—	—	—	—	—	—
S7	3.0	3	—	—	0.02	1	—	—
S8	—	—	—	—	—	—	—	—
S9	5.0	5	—	—	—	—	—	—
S10	7.0	7	—	—	—	—	—	—
S11	5.0	5	—	—	—	—	—	—
S12	—	—	—	—	—	—	—	—
합계	54.0	54	1.0	1	0.52	7	3.5	1

	
S2 중분대 재균열 (0.2mm/1.0)	S2 중분대 파손 (0.1m×0.2m)
	
S3 난간파손 (3.5m)	S11 중분대 재균열 (0.2mm/1.0)

【사진 5.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 재균열은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.
- 방호벽에 발생한 난간 파손의 경우, 외부 충격에 의한 손상으로 주의관찰을 요하며, 중분대 파손의 경우 단면보수 등의 조치가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 낙동강대교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전면에 설치되어 있다.



점검통로 전경#1

【사진 5.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.16】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	—	
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
P4	—	—
P5	—	—
P6	—	—
P7	—	—
P8	—	—
P9	—	—
P10	—	—
P11	—	—
합계	—	—



점검로 상태양호

【사진 5.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5.3.3 외관조사 총괄표

【표 5.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	균열(0.3mm이상)	m	2.0	2	
	백태	m ²	0.1	1	
거더	상태양호	—	—	—	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.0	1	
	누수흔적	m ²	6.0	1	
교각	균열(0.3mm미만)	m	1.5	3	
교량받침	무수축몰탈 균열	m	1.4	6	
	받침콘크리트 균열	m	2.0	1	
	무수축몰탈 박리, 박락	m ²	0.54	10	
	무수축몰탈, 받침콘크리트 재료분리	m ²	0.13	3	
	이동량 눈금자 손상	EA	11.0	11	
	받침 고무재 탈락	EA	1.0	1	
신축이음	후타재 균열	m	5.0	20	
	후타재 망상균열	m ²	2.0	2	
	접속부 이격	m	9.0	1	
	차수판 볼트 체결불량	EA	41.0	41	
	후타재 재료분리	m ²	1.0	1	
교면포장	접속 포장부 파손	m ²	1.06	4	
배수시설	배수구 막힘	EA	1.0	1	
	배수관 탈락	EA	2.0	2	
	지지대 탈락	EA	3.0	3	
	연결고리 탈락	EA	3.0	3	
방호벽	균열, 재균열(0.3mm이상)	m	54.0	54	
	균열, 재균열(0.3mm미만)	m	1.0	1	
	콘크리트 파손	m ²	0.52	7	
	난간 파손	m ²	3.5	1	
점검시설	상태양호	—	—	—	

5.3.4 전회차 손상물량 비교

본 시설물은 금회 최초 정밀안전점검으로 전차물량은 없는 것으로 확인되었다.

5.4 콘크리트 내구성 조사

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

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2019. 01, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

5.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 5.4.1】 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	16	16	16	16	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		3	3	3	3	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

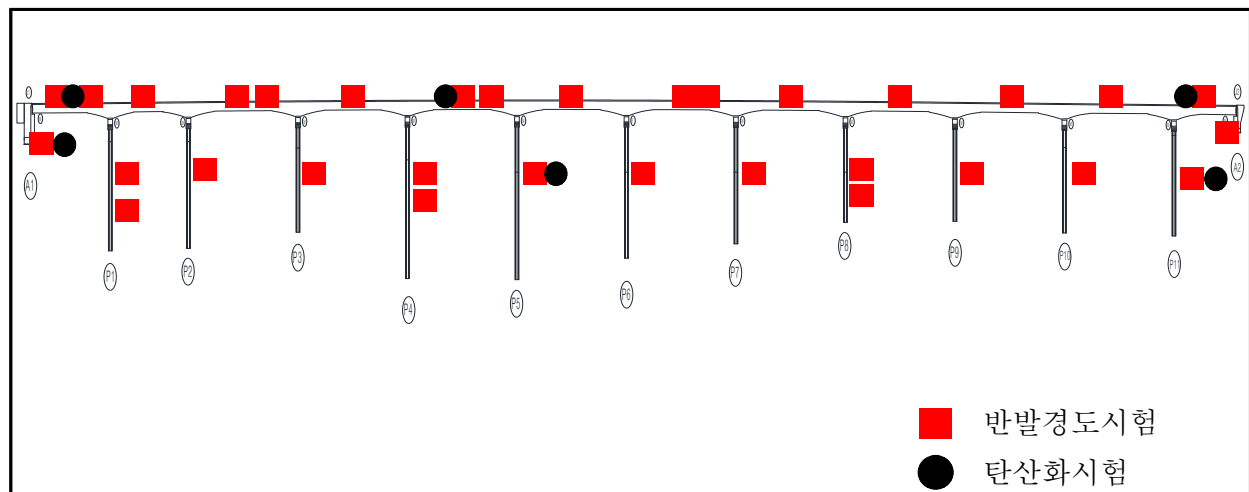
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다.

다. 조사 사진



【사진 5.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 5.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

5.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 32개소)을 실시하였으며, 검토결과를 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 5.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	46.7	27.4	28.5	0.66	27.0	
	S1 바닥판하면	48.2	28.6	29.2			
	S2 바닥판하면	47.1	27.7	28.7			
	S3 바닥판하면	48.0	28.5	29.1			
	S3 바닥판하면	48.1	28.5	29.2			
	S4 바닥판하면	49.3	29.6	29.7			
	S5 바닥판하면	47.2	27.8	28.8			
	S5 바닥판하면	48.4	28.8	29.3			
	S6 바닥판하면	49.0	29.3	29.6			
	S7 바닥판하면	47.0	27.6	28.7			
	S7 바닥판하면	47.9	28.4	29.1			
	S8 바닥판하면	48.0	28.5	29.1			
	S9 바닥판하면	47.6	28.1	28.9			
	S10 바닥판하면	49.3	29.6	29.7			
	S11 바닥판하면	47.3	27.9	28.8			
	S12 바닥판하면	48.0	28.5	29.1			
평 균		47.9	28.4	29.1	—		

【표 5.4.3】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	A1 교대	44.3	25.3	27.4	0.66	24.0	
	A2 교대	44.8	25.8	27.6			
	P1 교각	48.8	29.1	29.5		27.0	
	P1 교각	49.0	29.3	29.6			
	P2 교각	47.7	28.2	29.0			
	P3 교각	47.1	27.7	28.7			
	P4 교각	46.4	27.1	28.4			
	P4 교각	46.5	27.2	28.4			
	P5 교각	47.6	28.1	28.9			
	P6 교각	46.9	27.5	28.6			
	P7 교각	47.4	28.0	28.8			
	P8 교각	46.6	27.3	28.5			
	P8 교각	46.5	27.2	28.4			
	P9 교각	47.3	27.9	28.8			
	P10 교각	47.1	27.7	28.7			
	P11 교각	47.9	28.4	29.1			
	평 균	47.0	27.6	28.7	—	—	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 28.4~29.1MPa, 하부구조 27.6~28.7MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa~27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 5.4.4】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	28.4 ~ 29.1	27.0	105.2 ~ 107.8
하부구조	교대	26.4 ~ 28.0	24.0	109.8 ~ 116.5
	교각	27.9 ~ 28.8	27.0	103.4 ~ 106.7

② 기 점검결과와의 비교

【표 5.4.5】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	초기점검	금회 정밀안전점검	설계기준강도
반발경도법	26.7~28.8	27.2~28.4	24.0~27.0
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

나. 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 5.4.6】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	3.5	40.0	36.5	a	2.47	100년이상	
	S5 바닥판하면	3.0	40.0	37.0	a	2.12	100년이상	
	S12 바닥판하면	4.0	40.0	36.0	a	2.83	100년이상	
하부구조	A1 교대	5.0	100.0	95.0	a	3.54	100년이상	
	P5 교각	6.0	100.0	94.0	a	4.24	100년이상	
	P11 교각	6.0	100.0	94.0	a	4.24	100년이상	

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0~4.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.0~6.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 5.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	3.0~4.0	36.0~37.0	
하부구조	5.0~6.0	94.0~95.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 5.4.8】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	초기점검			금회 정밀안전진단			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	—	—	a	3.0~4.0	36.0~37.0	a	
하부구조	—	—	a	5.0~6.0	94.0~95.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 5.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	28.4 ~ 29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.4 ~ 28.0	24.0	
	하부구조	교각	27.9 ~ 28.8	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.0~37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		94.0~95.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

본 구조물은 금회 점검이 준공후 최초 정밀안전점검이다.

【표 5.4.10】 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			초기점검		금회 정밀안전점검		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	28.3 ~ 29.5		28.4 ~ 29.1		■ 강도저하 없음
	하부구조	교대	25.7 ~ 27.6		26.4 ~ 28.0		
	하부구조	교각	26.6 ~ 28.8		27.9 ~ 28.8		
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		—	—	36.0~37.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		—	—	94.0~95.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

5.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2019. 1.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

5.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B등급’으로 산정되었다.

【표 5.5.1】 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	STB	a	a	a	b	a	c	b	a	b	q	a	a
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	b	—	a	a	q	—	—
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	b	—	b	b	q	—	—
S4	P3	STB	a	a	a	a	c	a	—	b	b	q	—	—
S5	P4	STB	c	a	a	a	a	b	—	a	a	q	—	—
S6	P5	STB	a	a	a	a	a	b	—	b	a	q	—	—
S7	P6	STB	b	a	a	a	a	b	—	b	a	q	—	—
S8	P7	STB	a	a	a	a	c	a	—	b	a	q	—	—
S9	P8	STB	a	a	a	a	a	b	—	b	a	q	—	—
S10	P9	STB	a	a	a	a	a	b	—	a	a	q	—	—
S11	P10	STB	a	a	a	a	b	b	—	a	a	q	—	—
S12	P11	STB	a	a	a	b	b	a	—	b	a	q	—	—
	A2								b	a	b	q	—	—
평균			0.133	0.100	0.100	0.117	0.167	0.192	0.200	0.154	0.131	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.020	0.005	0.008	0.005	0.004	0.018	0.014	0.026	—	0.004	0.003
													0.131	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.131) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 28.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
낙동강대교	0.131	B	770	4	3,080	1.000	0.131
합계(Σ)			770	4	3,080	1	0.131
1. 평가지수 =							0.131
2. 상태평가결과 =							B

5.5.2 기 점검 결과와의 비교

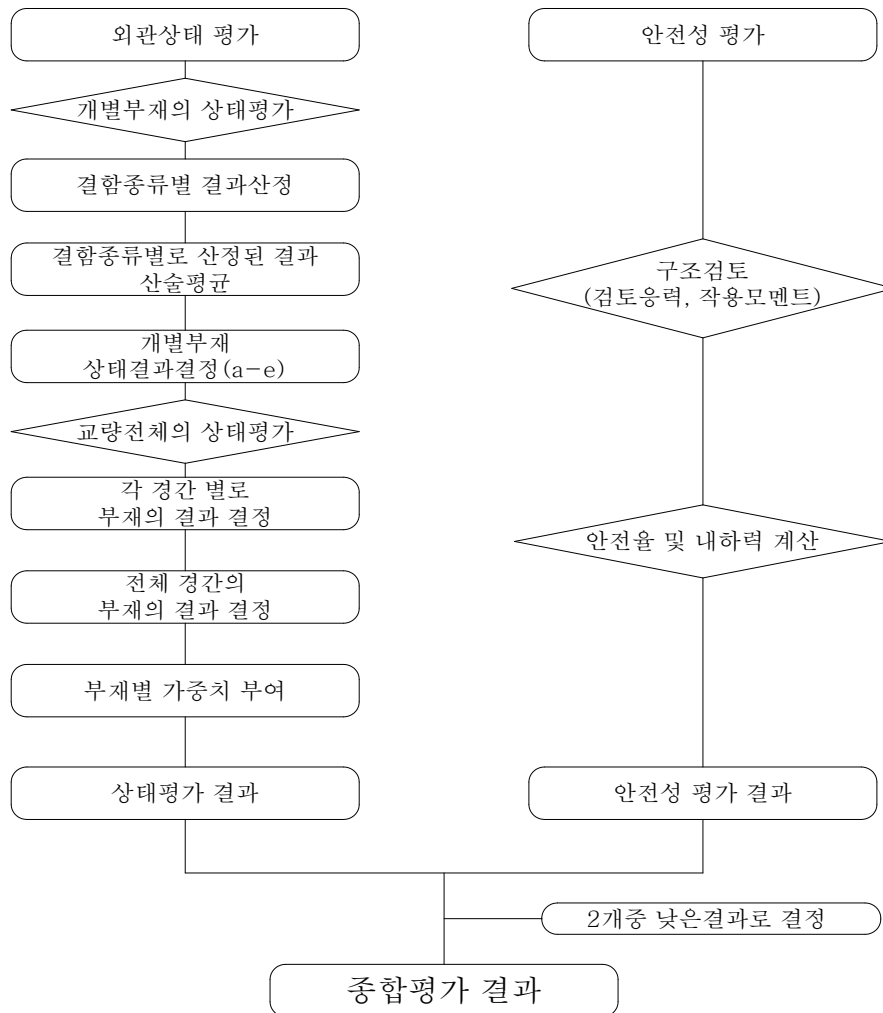
- 본 시설물은 준공이후 최초 정밀안전점검으로 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었다.

5.6 종합평가 및 안전등급 지정

5.6.1 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 5.6.1】 종합평가 결과 산정절차

5.6.2 종합평가 결과

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

【표 5.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
낙동강대교	0.131	B	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

5.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

【표 5.6.2】 안전등급 지정

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

5.7 보수·보강 및 유지관리방안

5.7.1 보수·보강 방안

【표 5.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	균열(0.3mm이상)	m	2.0	2	주입보수	하자
	백태	m ²	0.1	1	표면처리	하자
거더	상태양호	—	—	—	—	—
가로보	상태양호	—	—	—	—	—
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.0	1	표면처리	하자
	누수흔적	m ²	6.0	1	표면처리	하자
교각	균열(0.3mm미만)	m	1.5	3	표면처리	하자
교량받침	무수축물탈 균열	m	1.4	6	표면처리	3순위
	받침콘크리트 균열	m	2.0	1	표면처리	3순위
	무수축물탈 박리, 박락	m ²	0.54	10	단면보수	2순위
	무수축물탈, 받침콘크리트 재료분리	m ²	0.13	3	단면보수	2순위
	이동량 눈금자 손상	EA	11.0	11	정비	3순위
	받침 고무재 탈락	EA	1.0	1	유지관리	4순위
신축이음	후타재 균열	m	5.0	20	표면처리	3순위
	후타재 망상균열	m ²	2.0	2	표면처리	3순위
	접속부 이격	m	9.0	1	유지관리	4순위
	차수관 볼트 체결불량	EA	41.0	41	정비	3순위
	후타재 재료분리	m ²	1.0	1	단면보수	2순위
교면포장	접속 포장부 파손	m ²	1.06	4	단면보수	하자
배수시설	배수구 막힘	EA	1.0	1	정비	3순위
	배수관 탈락	EA	2.0	2	정비	3순위
	지지대 탈락	EA	3.0	3	정비	3순위
	연결고리 탈락	EA	3.0	3	정비	3순위
방호벽	균열, 재균열(0.3mm이상)	m	54.0	54	주입보수	2순위
	균열, 재균열(0.3mm미만)	m	1.0	1	표면처리	3순위
	콘크리트 파손	m ²	0.52	7	단면보수	2순위
	난간 파손	m ²	3.5	1	유지관리	4순위
점검시설	상태양호	—	—	—	—	—

5.7.2 개략공사비

【표 5.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열(0.3mm이상)	주입보수	2.0	3.00	m			하자
	백태	표면처리	0.1	0.15	m²			하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.0	3.00	m			하자
	누수흔적	표면처리	6.0	9.00	m²			하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	1.5	2.25	m			하자
교량받침	무수축물탈 균열	표면처리	1.4	2.10	m	54	113	3순위
	받침콘크리트 균열	표면처리	2.0	3.00	m	54	162	3순위
	무수축물탈 박리,박락	단면보수	0.54	0.81	m²	165	134	2순위
	무수축물탈, 받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.13	0.20	m²	165	33	2순위
	이동량 눈금자 손상	정비	11.0	11.0	EA	25	275	3순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	5.0	7.50	m	54	405	3순위
	후타재 망상균열	표면처리	2.0	3.00	m²	54	162	3순위
	차수판 볼트 체결불량	정비	41.0	41.0	EA	25	1,025	3순위
	후타재 재료분리	단면보수	1.0	1.50	m²	165	248	2순위
교면포장	접속 포장부 파손	단면보수	1.06	1.59	m²	—	—	하자
배수시설	배수구 막힘	정비	1.0	1.0	EA	25	25	3순위
	배수관 탈락	정비	2.0	2.0	EA	25	50	3순위
	지지대 탈락	정비	3.0	3.0	EA	25	75	3순위
	연결고리 탈락	정비	3.0	3.0	EA	25	75	3순위
방호벽	균열, 재균열(0.3mm이상)	주입보수	54.0	81.00	m	65	5,265	2순위
	균열, 재균열(0.3mm미만)	표면처리	1.0	1.50	m	54	81	3순위
	콘크리트 파손	단면보수	0.52	0.78	m²	165	129	2순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		5,809		2,448		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		2,905		1,224		
	합계	—		8,714		3,672		
개략공사비 총계(천원)		12,386						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

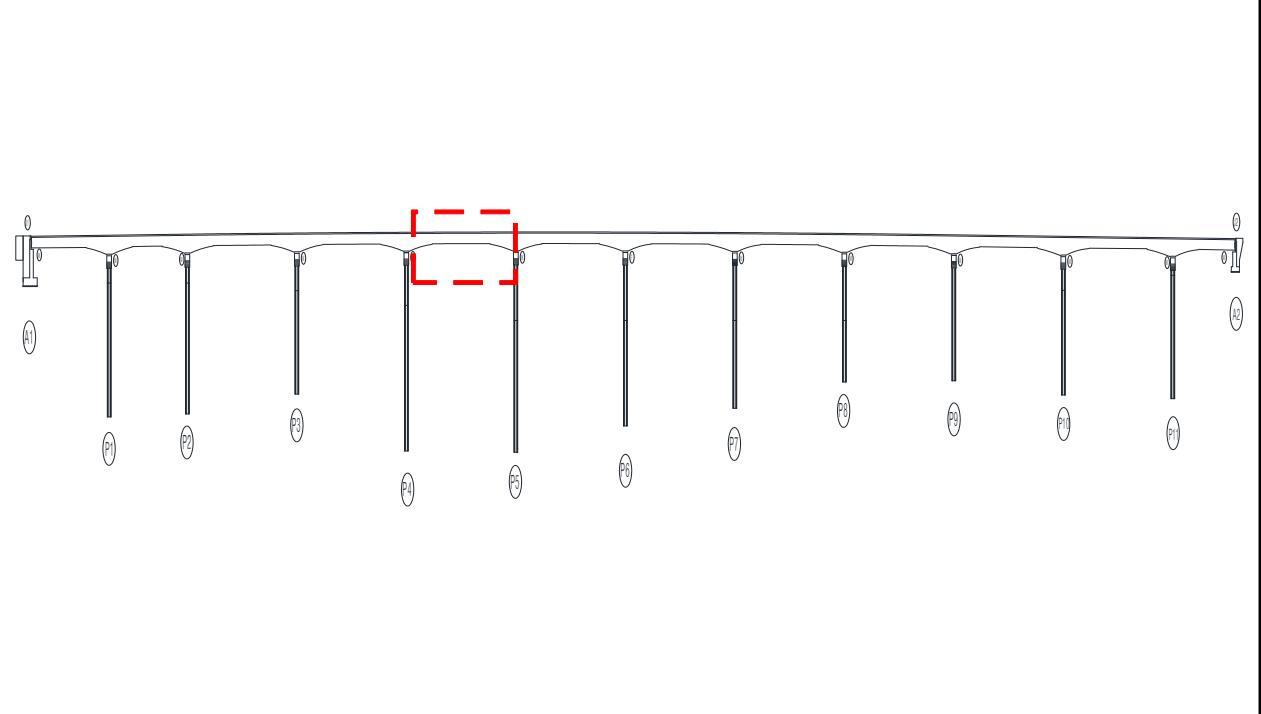
5.7.3 유지관리방안

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

【표 5.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

		—
① 바닥판하면 폭 0.3mm 이상 균열 - 진전 여부확인		
		

5.8 종합결론

본 시설물은 경상북도 상주시 낙동면 낙동리(상주영천고속도로 6.471~7.241km)에 위치한 교량으로 총 연장 770.0m, 폭 24.3m로 2017년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

5.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판에 발생한 균열, 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

2) Steel Box Girder

- 거더 내,외부의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다.
- 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

- 교각에 발생한 박리는 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 받침콘크리트 및 무수축물탈에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 발생한 받침콘크리트 및 무수축물탈의 재료분리, 박리, 박락 등의 단면손상은 시공시 외부 충격, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 이동량 눈금자 손상(탈락, 파손, 도색)은 사용성 확보차원의 정비(교체)가 필요할 것으로 사료된다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 망상균열은 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재 재료분리의 경우 시공시 다짐불량에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구되며, 발생한 차수판 볼트 손상은 정비, 접속부 이격은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 9.7℃(10월 28일)로써 이때 측정유간은 23.0~50.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장의 외관조사 결과, 본선은 손상이 없는 양호한 상태이나, 접속부에 포장 파손이 조사되었고, 손상부는 보수 미흡으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 시공 미흡에 의한 배수관 탈락, 지지대, 연결고리 탈락이 조사되었고, 손상부는 교체 등의 정비가 요구된다.
- 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적이 조사되었고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열 및 재균열은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.
- 방호벽에 발생한 난간 파손의 경우, 외부 충격에 의한 손상으로 주의관찰을 요하며, 중문대 파손의 경우 단면보수 등의 조치가 요구된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 28.4~29.1MPa, 하부구조 27.6~28.7MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa~27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 3.0~4.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.0~6.0mm로 측정되었으며, 잔여 깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 2017년 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않았으며 일부 부재의 손상물량이 신규 발생되었다.
- 본 시설물은 준공이후 최초 정밀안전점검으로 상태평가 결과 “0.131, B등급” 으로 평가되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 낙동강대교에 발생한 손상의 진전을 방지하고, 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」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.

5.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

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