

15. 장기교

15.1 시설물 개요

15.2 자료수집 및 분석

15.3 현장조사

15.4 콘크리트 내구성조사

15.5 안전성능 평가

15.6 내구성능 평가

15.7 사용성능 평가

15.8 종합성능평가

15.9 유지관리 전략제안

15.10 종합결론 및 건의사항

15. 장기교

15.1 시설물의 개요

본 시설물은 대구광역시 군위군 효령면 장기리(상주영천고속도로 44.218~44.428km)에 위치한 교량으로서 총 연장 180.0m, 폭 24.4m, 왕복 4차로로 시공되어 있다.

15.1.1 일반사항

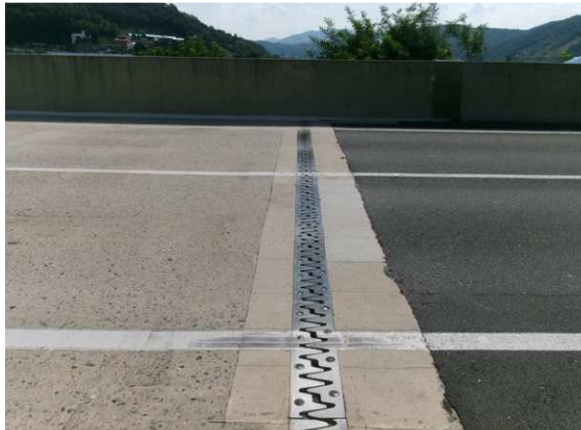
【표 15.1.1】 장기교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2017-0000251		관리번호		SY BR.17	
시설물위치		대구광역시 군위군 효령면 장기리		준공년월일		2017. 06. 27	
관리이정		44.218~44.428km		공사이정		0.030~0.210km	
설계하중		DB-24		노 선 명		고속국도 301호선	
제원	연장	L=180.0m, (4@45m=180m)					
	폭	B=24.4m, 4차로					
구조 형식	상부	IPC GIRDER		기초 형식	교 각	직접기초	
	하부	교각 : T형, 교대 : 역T형			교 대	말뚝기초	
교량반침		탄성고무반침		신축이음		핑거조인트	
교차시설물		사창천		통과높이		6.5m~7.5m	
부착시설내용		방음벽					
시 공 자		지에스건설(주)		관리주체		상주영천고속도로(주)	

15.1.2 위치도 및 전경사진

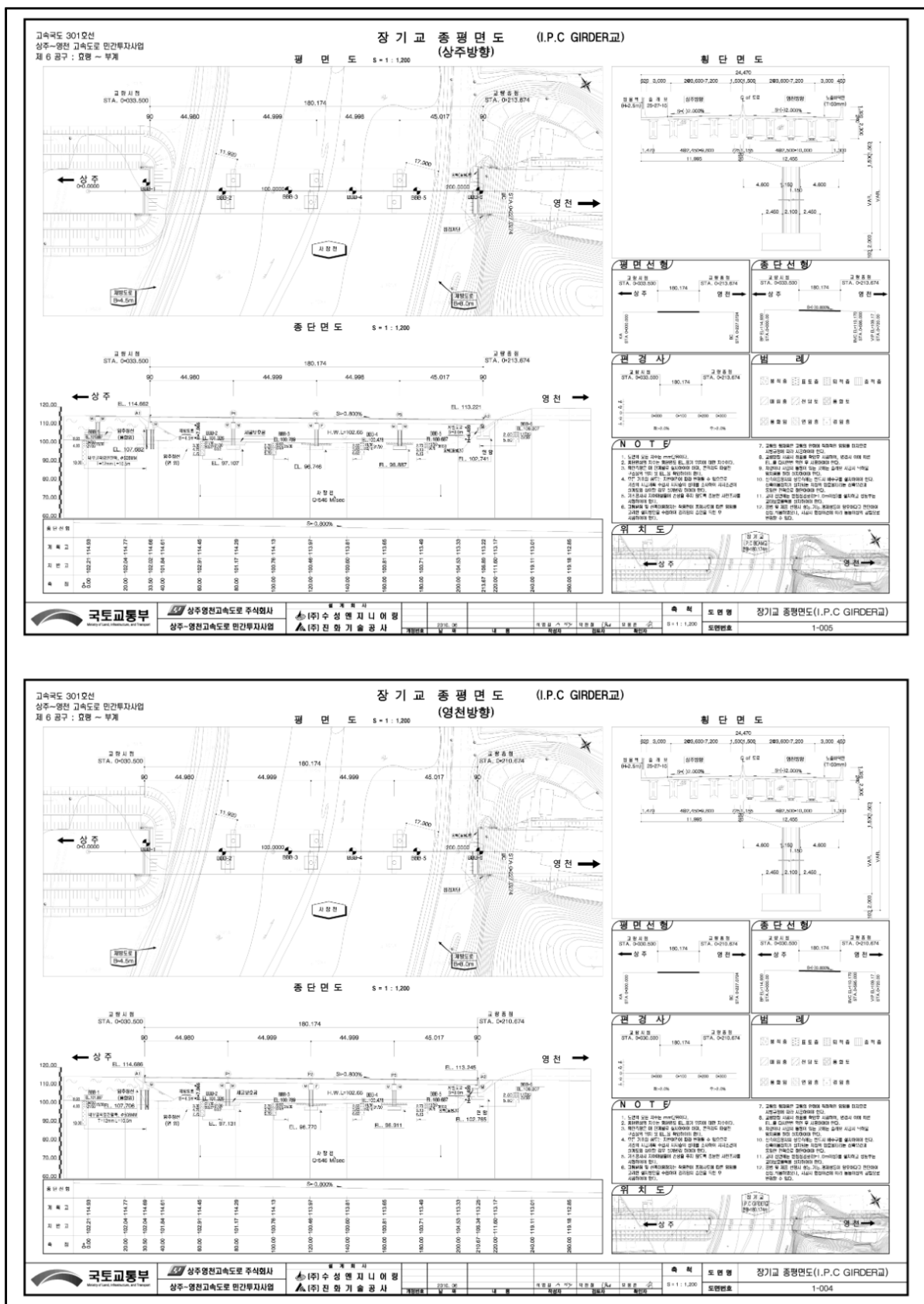


【그림 15.1.1】 위치도

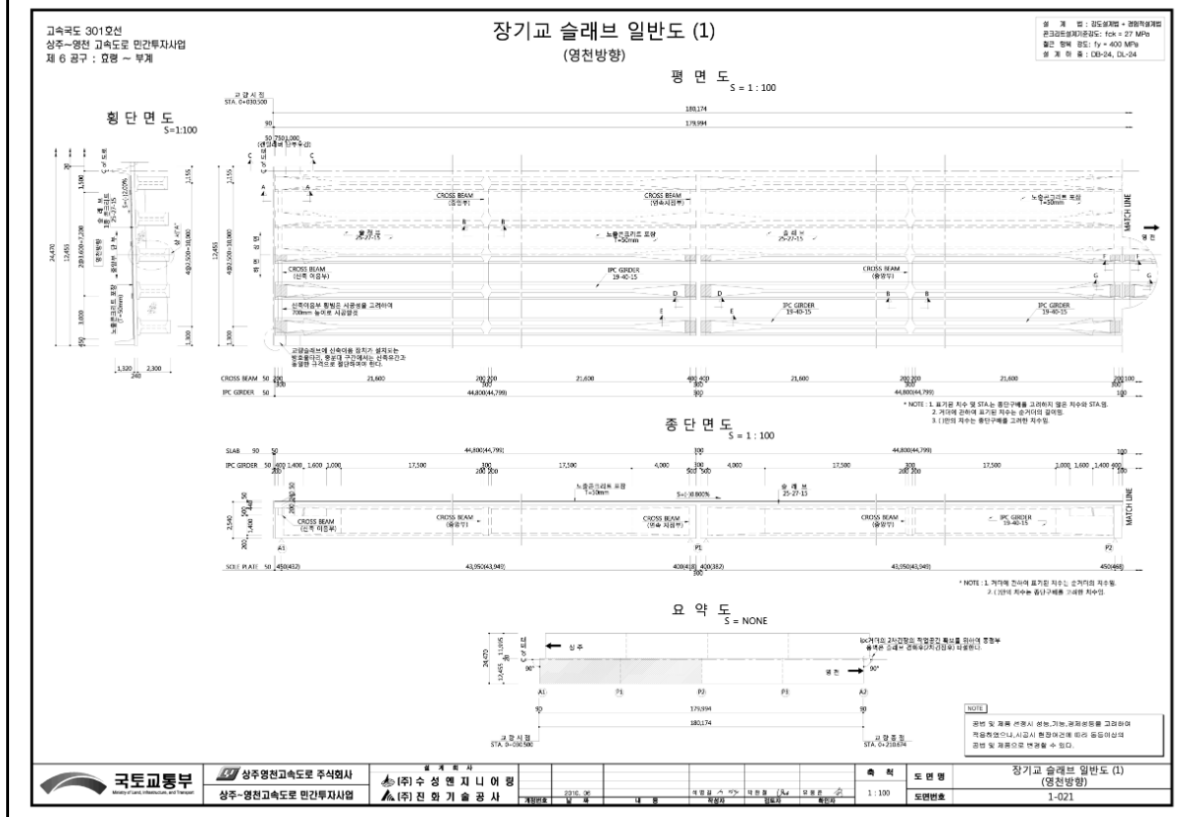
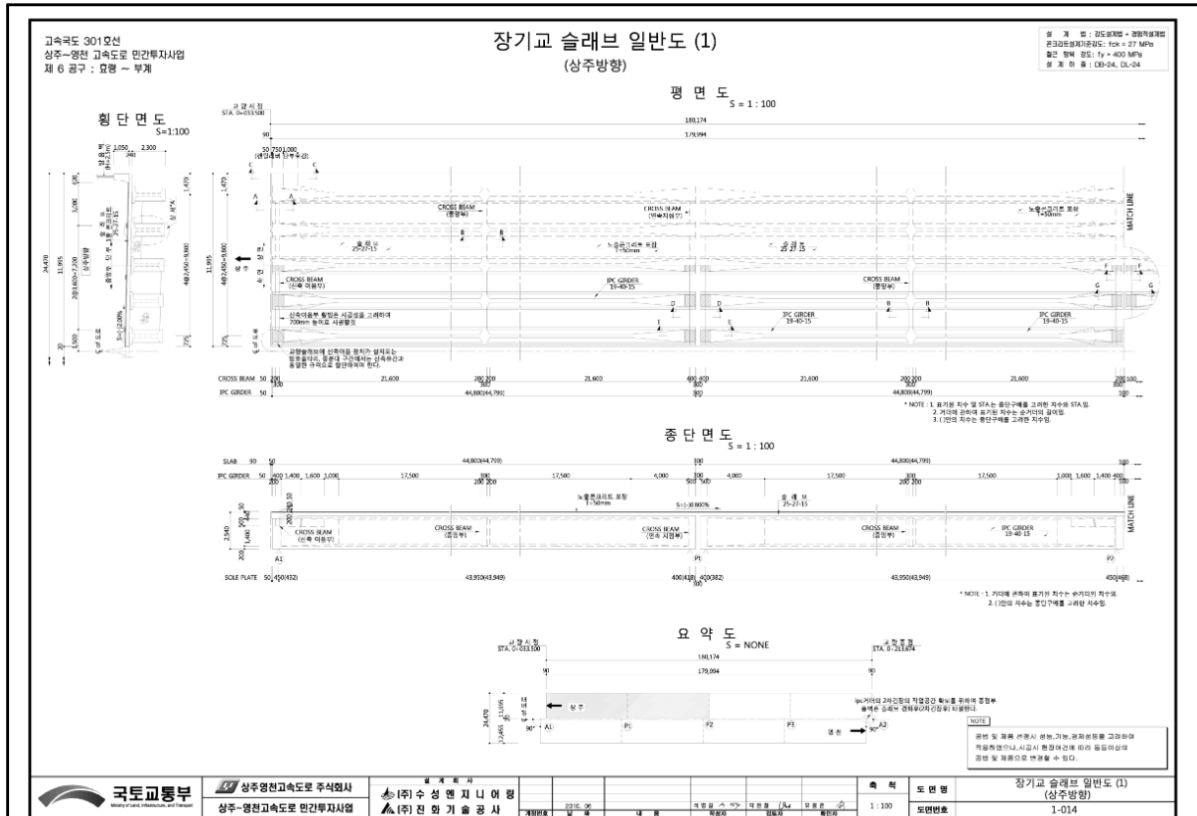
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
바닥판하면 전경	교량받침 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 15.1.2】 부재별 현황

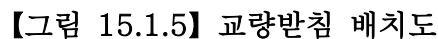
15.1.3 시설물 일반도

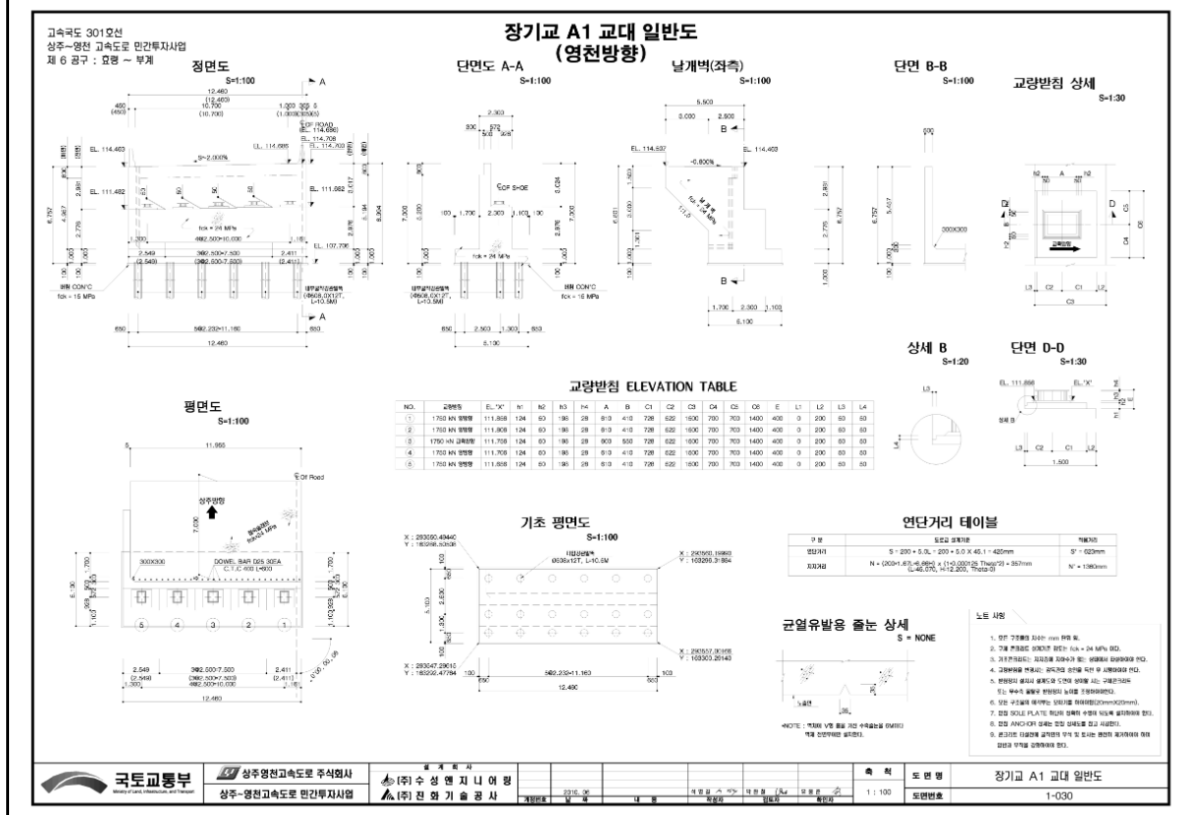


【그림 15.1.3】 중평면도

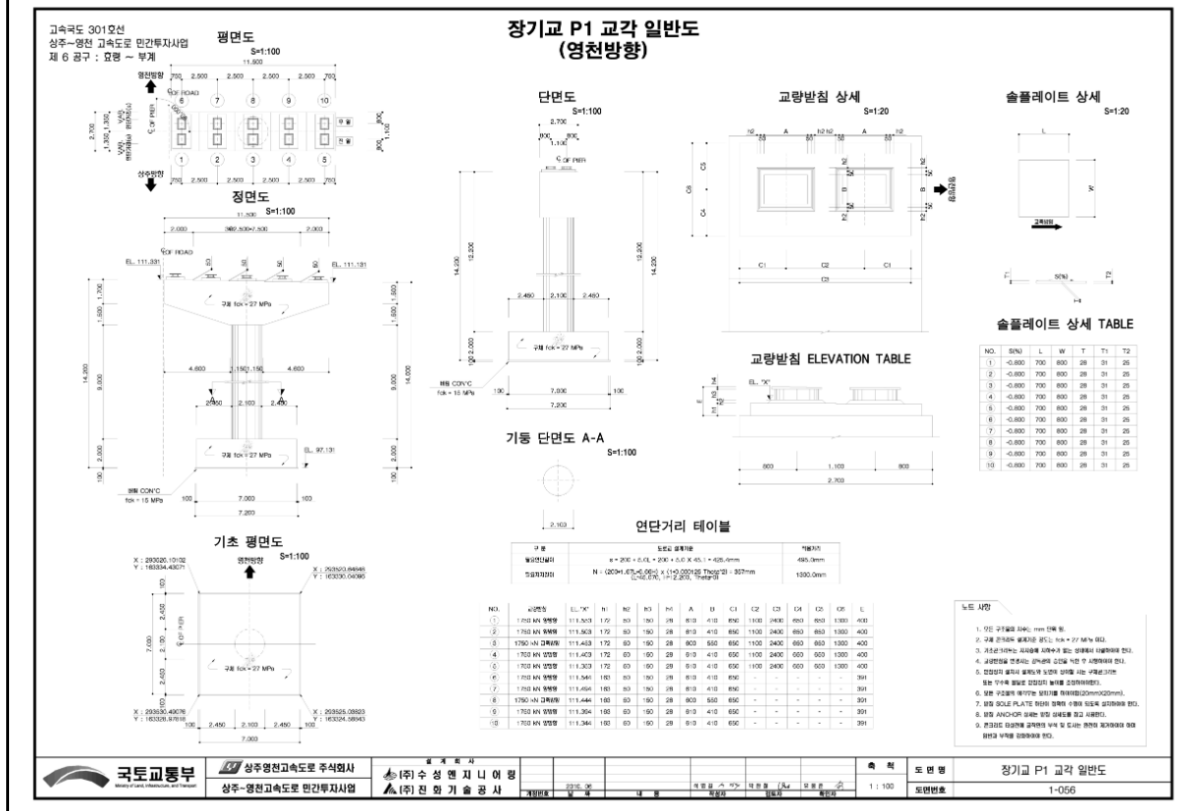
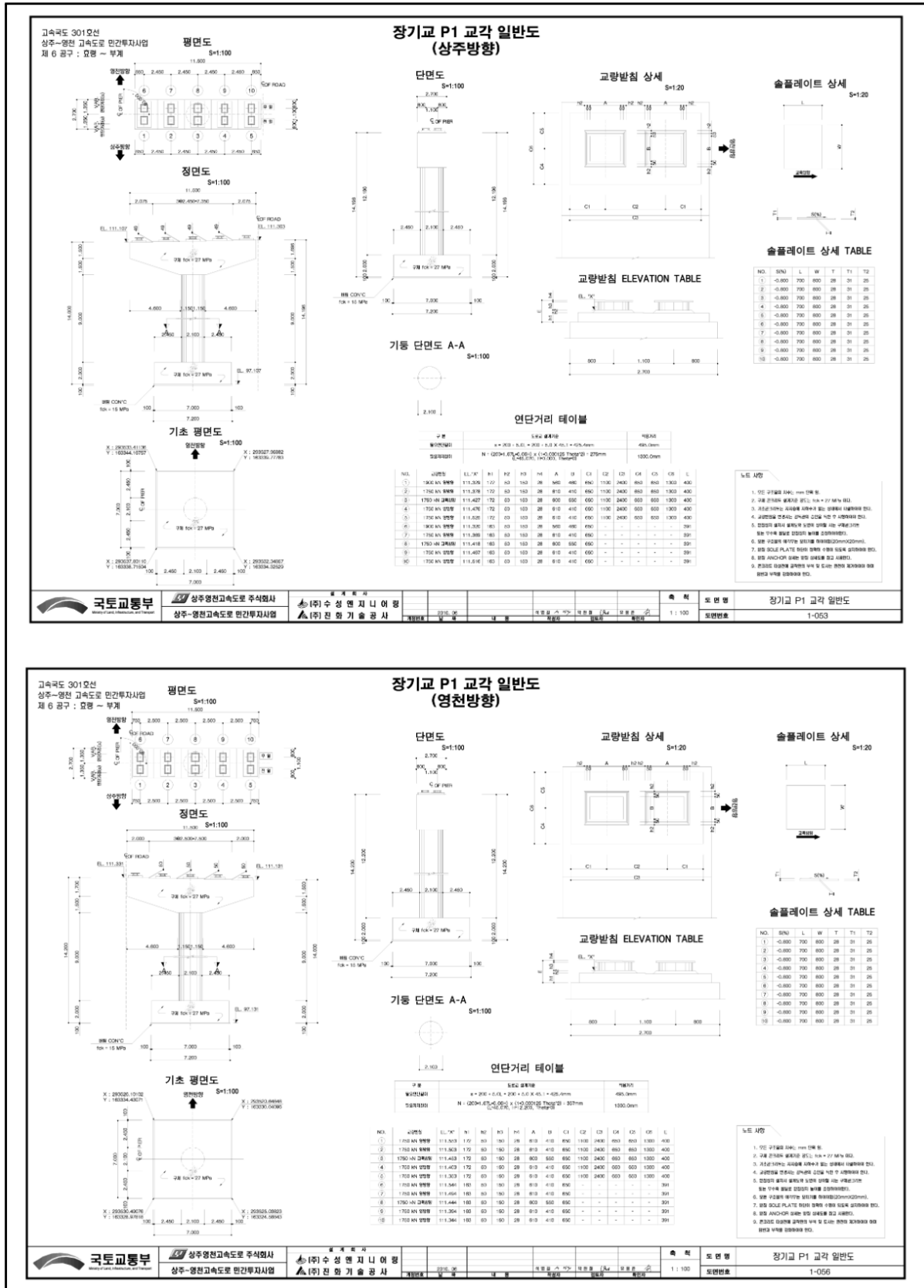


【그림 15.1.4】 슬래브 일반도

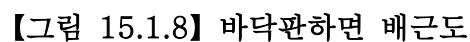


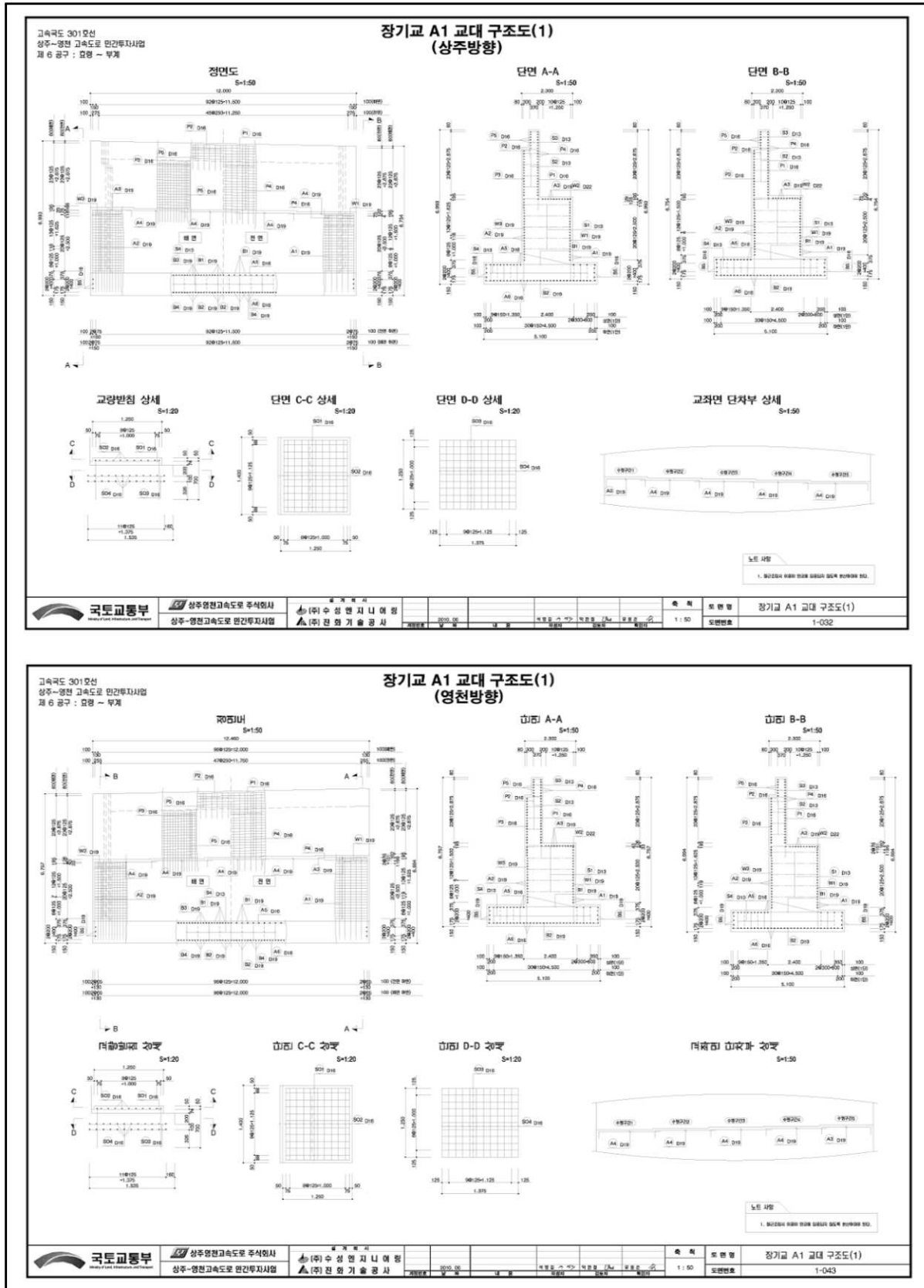


【그림 15.1.6】 교대 일반도

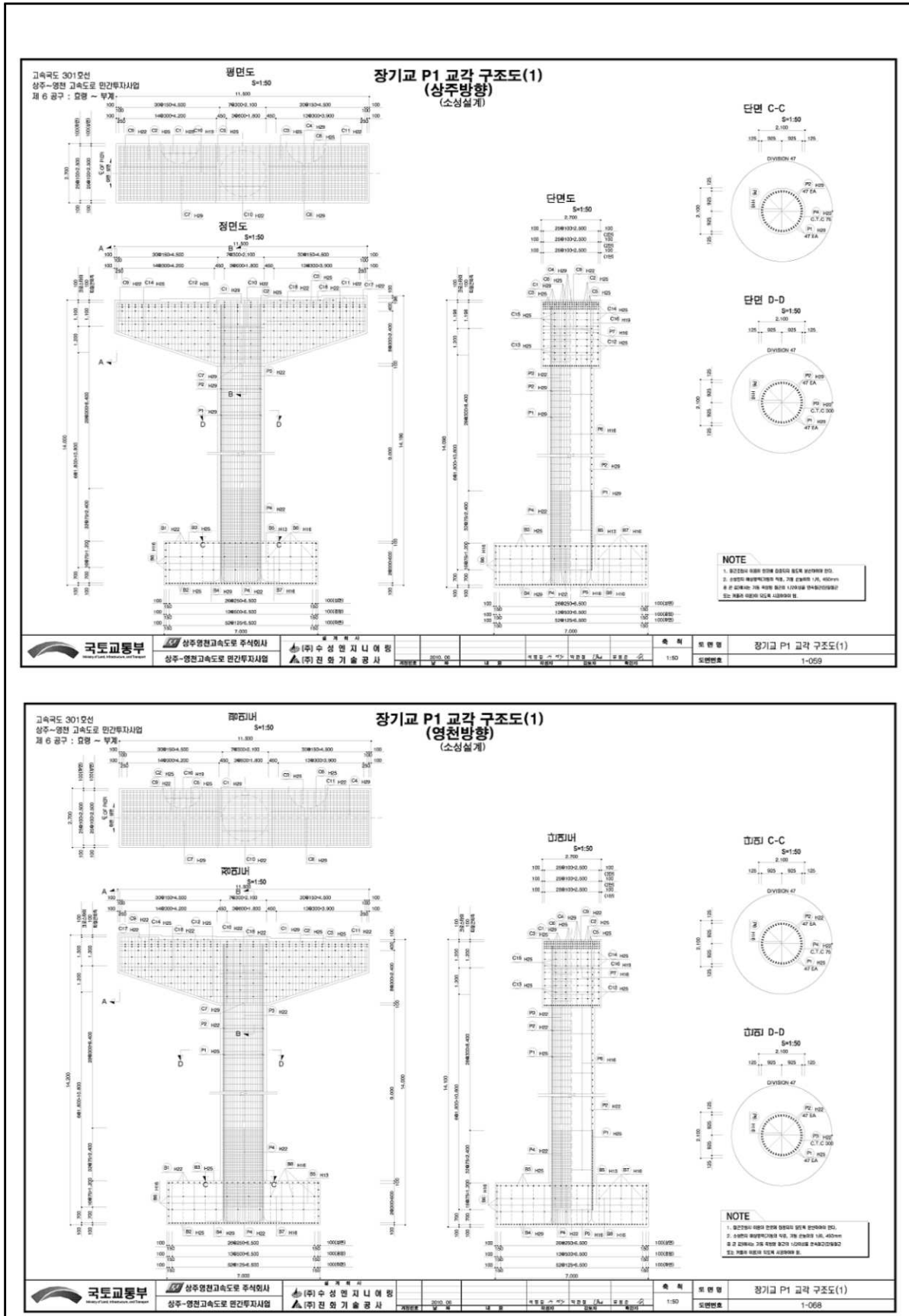


【그림 15.1.7】 교각 일반도





【그림 15.1.9】 교대 배근도



【그림 15.1.10】 교각 배근도

15.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 6공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

15.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질

제 4 장 조 사 결 과

4.1 지표지질 조사

4.1.1 지형 및 지질특성

가. 지질 개요

이 지역의 지질은 백악기 경성층군의 중·하부층인 전주층 상부로부터 최상부의 지인층까지 분포하고 있으며 경성층군 상부에 해당하는 신리층군에는 응회암층이 협재되어 있음
이 층을 팔공산화강암을 비롯해서 산성 또는 중성 맥암과 규장암 등이 관입하고 있음

나. 지형특성

근위군계의 팔공산(해발 1199m)을 최고봉으로 동서로 긴 산맥을 이루고, 청송군계의 보현산(해발 1124m)에서 서쪽으로 산맥을 이루어 방자산(해발 750m)에 이르러 북서로 매봉과 북두산(해발 879m), 옥녀봉(해발 564m)으로 연결되는 산맥과 남서로 방가산(해발 756m)-좌산(해발 828m)-월암산(해발 556m)으로 이어지는 산맥을 이룸
동부는 노고산-좌산, 북서로 조월산(해발 637m), 매봉산(해발 489m) 능선, 마장산(해발 402m), 줄부리산(해발 354m), 건지봉(해발 471m) 등이 위치함

서부는 팔공산에서 분리된 시루봉(해발 714m)과 북서로 발달한 긴 능선, 적라산(해발 352m), 남북으로 길게 뻗은 울부리 산맥, 북부의 청화산에서 남동-남북으로 발달하는 상산(해발 692m) 능선과 상봉산(해발 448m) 북동부에서 남남서로 발달하여 북두산(해발 509m)으로 연결되는 긴 능선과 낮은 구릉들로 이루어짐

보현산 서쪽 산맥지에서 발달하는 고현천과 안천, 신남천과 용호천이 각각 합류하여, 금호강으로 유입되어 남류하고, 북으로 발달하여 흐르는 위천에 구천이 합류하고, 영천시 북서부 팔공산-구천 계곡에서 발달 하여 북으로 흐르는 사당천이 남천에 합류하여 호령면에서 위천으로 유입되고, 군위를 동부에서 서류하는 신안천이 위천에 합류하며, 위천은 사월하면서 북동류하여 상주군 낙동면에서 낙동강으로 유입됨
나. 분포암종 특성

구 분	지질특성	지질도
동암층 (전주층)	·역암 또는 역질사암을 기저로 하는 암회색 셰일로 구성 ·대체로 NNE의 주향과 10°~15°SE의 경사를 이룸	
일지층 (원각층)	·역암, 역질사암, 사암, 실트스톤, 이회암, 이암 및 셰일로 구성 ·대체로 N10°~15°E 주향과 10°~15°SE 경사를 이룸	
산성 및 중성 암맥	·주로 산성암맥이며, 안산암질 암맥도 일부 분포 ·지질적으로 저지대를 형성 대령리 및 송죽동에 의해 지해되어있으며 일부는 낮은 구릉의 형태를 보임	

39

라. 지질 계통도

지질시대	층 명	특 성	비 고
제4기	충적층(Q _u)	·하천 및 산록 퇴적물 ~~ 부정암 ~~	
	상상암맥(Kad) 충상암맥(Kcd)	·괴상의 침입	·전 구간에서 기반암을 관입
	유전층군 안산암질암(Kat)	·주로 응회암으로 구성 ~~ 관입 및 분출 ~~	·분포하지 않음
	하양층군 일지층(Ked)	·사암, 적색 미사질 셰일, 역암 ·주로 사암이 우세	·4공구 중점 및 5공구 중점
	신동층군 전주층(Kes)	·역질사암, 사암, 셰일의 교호 ·하부층에서 이회암 호층 분포	·5공구 전 구간
		~~ 부정암 ~~	
신생대	화강암질 편마암(Poggn)	·업리가 부분적으로 발달 ·괴상의 침입	·10공구 일원 일부 분포

4.1.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 인공위성영상 분석

■ 목 적

- 과업지역의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악
- 지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조)파악
- 과업구간에 대한 지질분포와 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석

■ 원 리 및 방 법

- 30m급 해상도의 Landsat5 TM 위성영상을 이용하여 분석 실시
- 선형 공간 필터링 분석, 주성분 분석, 맵드비를 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 이용
- 식생지수, 습윤도 분석을 통해 식생 및 토양환경 분석 실시

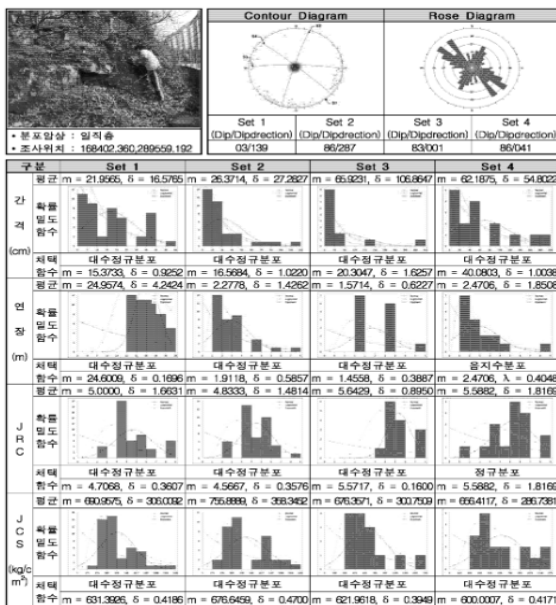
■ 위성영상결과

선형공간필터링분석	공간필터링	위성영상 분석
·고주파강조 Laplacian 필터를 적용 인공적 선구조 관별 ·농경지와 수로 등 저지대 인공 구조물이 잘 관찰됨	·영상 내의 지형 또는 선구조의 방향성에 관계없이 지형 지물의 에지를 강조	·68개의 대, 소 선구조 파악 ·우세한 방향은 N80°~90°W로 나타남 ·선구조 확인 관측에 유용한 자료임

40

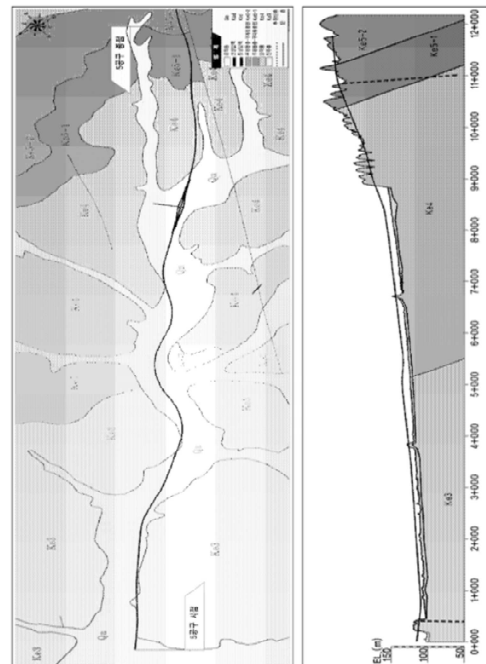
나. 조사결과

■ Scanline-106

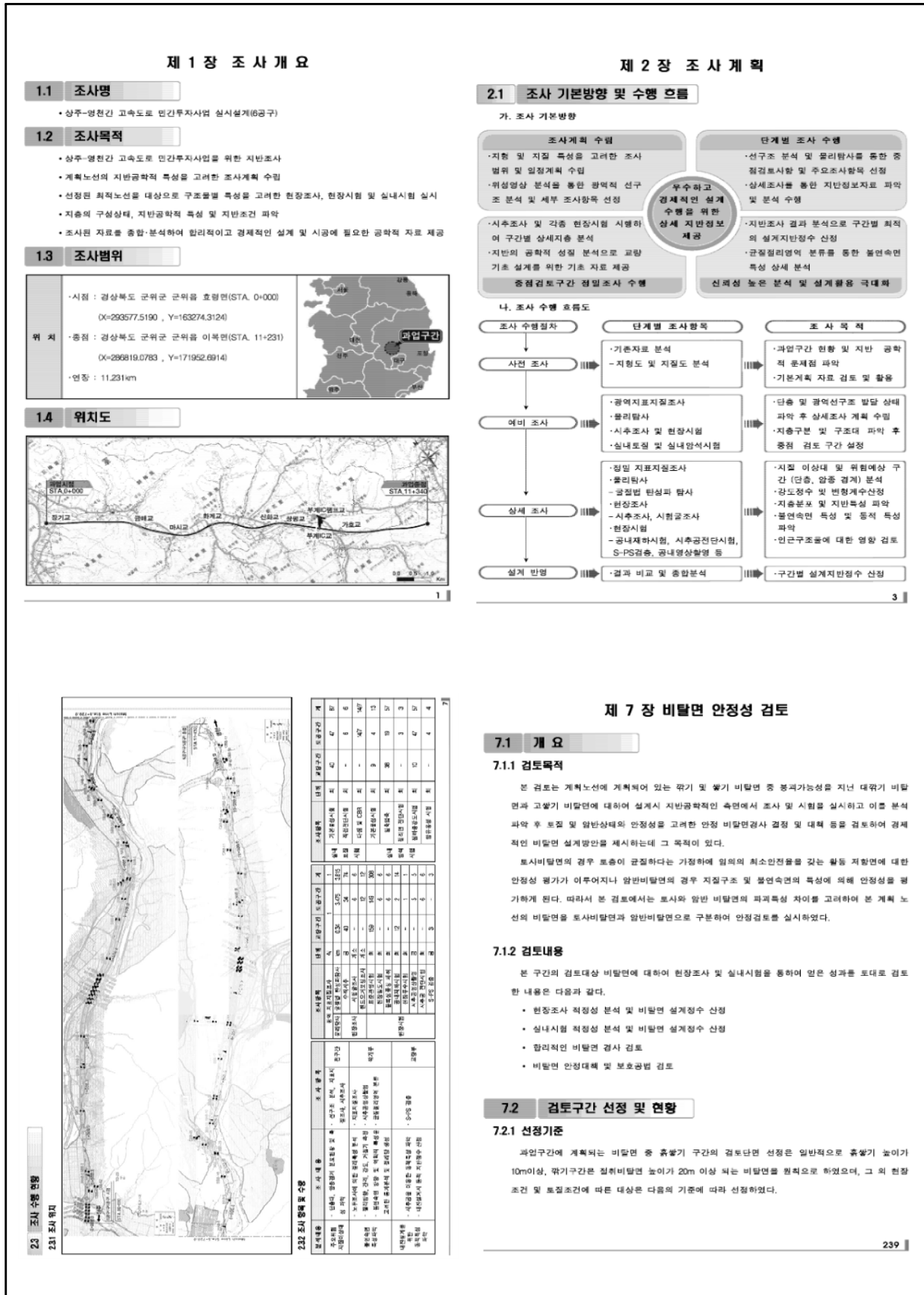


48

■ 지질종평면도



나. 지반 및 지질 조사보고서



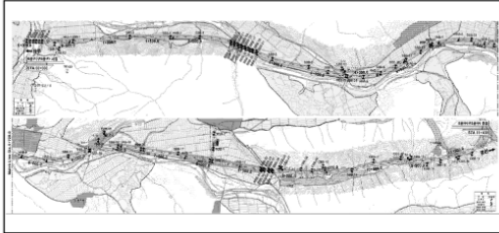
제 5 장 교량 및 토공구간 지반특성 분석 및 설계적용

제 5 장 교량 및 토공구간 지반특성 분석 및 설계적용

5.1 기본방향

조 사 항 목	조 사 기 준 방 향
지층 분포분석	·교대 및 교각에 대하여 시추조사, 현장지질, 실내시험을 실시하여 지층 분포 및 공학적 특성 파악 ·토공구간의 지층분포 상태 및 공학적 특성을 파악하여 안전하고 경제적인 토공 계획 수립
내진검토	·S-PS검층 등을 통하여 산정된 동전단계수, 동탄성계수, 동포아송비율 내진해석 입력치로 활용
쌓기재 특성 분석	·쌓기 및 토취장구간에서 발생하는 토사 및 암벽의 쌓기재 적합 여부 판단 시 반영

5.2 조사위차 및 수량



조사항목	교량 및 구조물	단위	장기교	교대교	마시교	화계교	신화교	창령교	부계IC교	가호교	쌓기/암벽	합계
시추조사	km	6	16	2	2	2	2	2	8	20	14	74
굴절법탄성파탐사	km	-	-	-	-	-	-	-	0.34	-	3.475	3.815
공내제하시정	회	3	3	-	-	-	-	-	6	-	2	14
시추공전단시험	회	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6
S-PS검층	km	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	3
현장투수시험	회	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
실내시험	·토질물성시험 87회, 적질전단시험 6회, 다짐시험 14회, CBR시험 7회 ·암질압축/기온물성시험 57/13회, 점하중경도시험 57회											

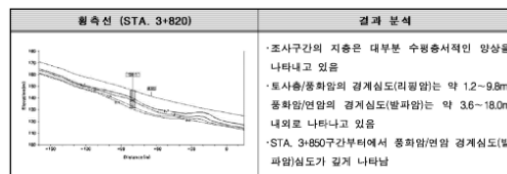
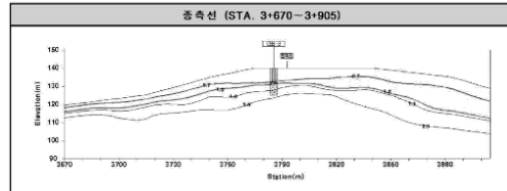
113

상주-영천 고속도로 민간투자사업 6공구 실시설계

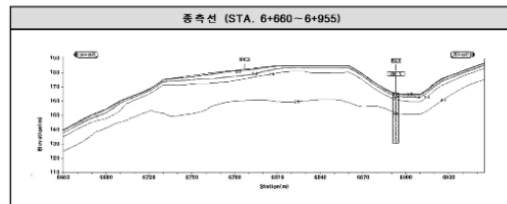
5.3 지층 분포 특성

5.3.1 굴절법탄성파탐사

■ 위기2구간



■ 위기3구간



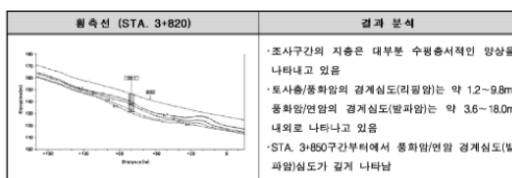
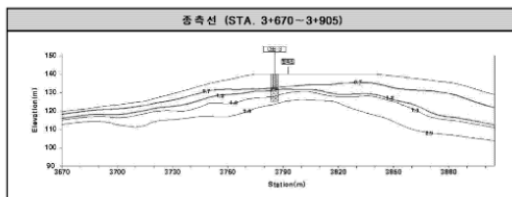
114

상주-영천 고속도로 민간투자사업 6공구 실시설계

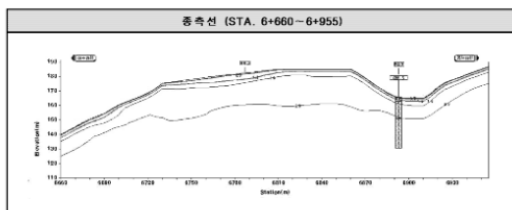
5.3 지층 분포 특성

5.3.1 굴절법탄성파탐사

■ 위기2구간



■ 위기3구간



114

상주-영천 고속도로 민간투자사업 6공구 실시설계

구 분	공 변	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit		Sieve Analysis(%)				USCS
						LL(%)	PI(%)	#10	#40	#200	0.02mm	
마시교	BBB-23	2.0	중회토	8.4	2.66	N	P	56.8	35.1	4.5	-	SP
	BBB-24	1.0	중회토	6.7	2.68	N	P	33.0	23.8	3.5	-	GW
화계교	BBB-25	3.0	회색점토	9.4	2.66	N	P	46.2	23.7	4.3	-	SP
	BBB-26	1.0	회색점토	12.2	2.67	N	P	57.0	23.9	4.5	-	SP
신화교	BBB-27	3.0	회색점토	12.3	2.67	N	P	40.3	13.5	1.0	-	GP
	BBB-28	1.0	중회토	8.7	2.67	N	P	75.1	57.8	20.2	-	SM
창령교	BBB-29	2.0	회색점토	6.7	2.71	N	P	20.4	10.2	2.3	-	GP
	BBB-30	2.0	회색점토	9.5	2.69	N	P	27.1	9.9	2.9	-	GW
부계IC교	BBB-31	1.0	회색점토	12.4	2.67	N	P	55.3	31.6	13.8	-	SM
	BBB-32	1.0	회색점토	9.8	2.69	N	P	29.1	11.1	1.1	-	GP
가호교	BBB-33	4.0	회색점토	3.2	2.69	N	P	3.7	2.3	0.1	-	GP
	BBB-34	2.0	회색점토	10.2	2.67	N	P	38.2	7.6	0.3	-	GP
	BBB-35	2.0	회색점토	18.4	2.67	N	P	70.8	50.7	31.7	-	SM
	BBB-36	2.0	회색점토	14.1	2.68	N	P	39.7	23.7	12.5	-	SM
	BBB-37	2.0	회색점토	16.1	2.67	N	P	75.2	16.3	1.4	-	SP
	BBB-38	1.0	회색점토	18.7	2.67	N	P	62.1	31.2	3.7	-	SM
	BBB-39	2.0	회색점토	19.2	2.65	N	P	62.2	23.4	9.4	-	SW-SM
	BBB-40	3.0	회색점토	20.3	2.68	N	P	52.6	17.4	0.4	-	SW

■ 도공구간

구 분	공 변	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit		Sieve Analysis (%)				USCS
						LL (%)	PI (%)	#10	#40	#200	0.02mm	
위기구간	CBB-2	1.0	중회토	7.1	2.67	N	P	66.8	57.9	32.6	-	SM
	CBB-3	3.0	중회토	11.0	2.67	N	P	46.5	35.2	18.3	-	SM
	CBB-10	1.0	중회토	11.7	2.67	N	P	45.6	32.0	16.8	-	SM
	CBB-12	4.0	중회토	17.2	2.65	N	P	59.4	44.5	26.7	-	SM
	CBB-13	1.0	중회토	25.2	2.66	N	P	80.2	50.0	31.5	-	SM
	CBB-17	1.0	중회토	14.7	2.65	N	P	30.0	24.6	14.3	-	GM

132

다. 구조계산서 및 내진설계

◆ 결과 요약

○ 장기교 (상주방향)

■ 단면 형 설계

단 면 위 치	Req. A _s (mm ²)	국 b(mm)	깊이 d(mm)	파 d'(mm)	사용철근량 (Use A _s) (mm ²)	ℓ _d (×ℓ _d -s)	φℓ _d (×ℓ _d -s)	비 고
컨틸레버 (양측벽(1측))	1,318	#####	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	75.49	91.90	0.K
컨틸레버 (중분대(5측))	385	#####	180	60	H16 @ 200 = 993	17.43	57.90	0.K
중간슬라브 (상면)	720	###	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		0.K
중간슬라브 (하면)	960	###	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		0.K
중간슬라브 (상도설계법)	640	#####	200	40	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	55.40	102.86	0.K
슬래브단부	666	###	180	60	H16 @ 125 = 1,589	39.46	89.67	0.K
컨틸레버 단 부	2,636	###	180	60	H19 @ 100 = 2,895	102.76	150.99	0.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치	필요철근량 (mm ²)	사용철근량 (Use A _s) (mm ²)	비 고
컨틸레버	방음벽(1측) 883 중분대(5측) 480	H16 @ 125 = 1,589 H16 @ 250 = 794	0.K 0.K
중 간 슬 래 브	720	H16 @ 250 = 794	0.K
컨 틸 레 브 단 부	1,766	H19 @ 125 = 2,292	0.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분	인장응력 (f _t)	허용응력 (f _{at})	균 일 폭 (B)	허용균일폭 (B _a)	비 고
컨틸레버	방음벽(1측) 144.8 중분대(5측) 59.8	240 240	0.208 0.090	0.260 0.260	0.K 0.K
슬 래 브 단 부	72.2	240	0.112	0.260	0.K
중 간 슬 래 브	101.7	240	0.146	0.260	0.K

◆ 설계 의견

- 본 구조물은 노출비단면 = 50 mm 표정으로 적용하였음.
- 물론 배근시 소용철근량의 적정성을 고려하여 철근 굵기를 조정하였으며 시공의 편의를 위하여 비단면의 컨틸레버와 중앙부는 통일간격을 사용하였음.
- 본 비단면의 구조 해석은 설계실무자료집 「도면식 18204-31780」에 의거 컨틸레버부 구간은 기존 강도설계법을 적용하여 비단면중앙부는 결함설계법을 적용 설계함.

1. 설계 조건

- 1) 일반 조건
 - (1) 교량 형식 : PSC BEAM, IPC GIRDER
 - (2) 교량연장 : L = 45,070 + 44,999 + 44,999 + 45,107 = 180,174 m
 - (3) 교량 폭원 : B = 11,995 m
 - (4) 교각 형식 : T형 교각
- 2) 내진 설계 조건
 - (1) 내진등급 : I 등급
 - (2) 가속도계수 : A = 0.154 (지진구역계수 : 0.110, 위험도계수 : 1.400)
 - (3) 지반계수 : S = 1.200 (지반종류 I)
 - (4) 반진형식 : 타원반향

3) 설계강도 및 탄성계수

구 분		F _{ck} (MPa)	F _y (MPa)	E _c (MPa)	n=E _s /E _c	
상부	변단면	27	-	25454	8	
	거 데	40	-	29315	7	
하부	교 대	24	300	23986	8	
	교각	두부분	27	400	25454	8
		기둥	27	400	25454	8
		기초	27	400	25454	8

- 감차 탄성계수 : E_s = 200,000.0 MPa

4) 해석 방법

다중모드 스펙트럼 해석법

5) 참고 문헌

- (1) 도로 교 설계 기준 : 건설교통부 (2000)
- (2) 콘크리트구조 설계기준 : 건설교통부 (1999)
- (3) 도로 교 표준시방서 : 건설교통부 (2000)
- (4) 콘크리트교 표준시방서 : 건설교통부 (2000)
- (5) 고속도로교량의 내진설계지침 : 한국도로공사(2000)

1. 설계 조건

- 1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
- 1.2 경 간 : 45,000 mm + 45,000 mm
- 1.3 폭 원 : 11,995 mm
- 1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
- 1.5 거터 깊이 : 44,800 mm + 44,800 mm
- 1.6 지간 길이 : 43,950 mm + 43,950 mm
- 1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) ... 2,500 kg/m³
콘크리트(무근) ... 2,350 kg/m³
노출비단면 ... 2,350 kg/m³

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브

- (1) 콘 크 리 트 : f_{ck} = 27 MPa
E_{c2} = 0.043 × 10¹⁰ × √f_{ck} = 25,500 MPa
- (2) 철 근 (SD40) : f_y = 400 MPa
E_s = 2.0 × 10¹⁰ MPa

2) I.P.C GIRDER

- (1) 콘 크 리 트 : f_{ck} = 40 MPa
E_{c1} = 0.03 × 10¹⁰ × √f_{ck} = 29,300 MPa
- (2) 철 근 (SD30) : f_y = 350 MPa
E_s = 2.0 × 10¹⁰ MPa

3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 항복응력

- ① 허용 휨 압축응력 [f_{cl}' = 0.8 × f_{ck} = 32 MPa
- f_{cl} = 0.55 × f_{cl}' = 17.6 MPa
- ② 허용 휨 인장 응력
- 부확원 철근이 없는 인장 구역 :
f_{tl} = 1.4 MPa 또는 0.25 × √f_{cl}' = 1.41 MPa 중 작은값
△ f_{tl} = 1.4 MPa
- 부확원 철근이 있는 인장 구역 :
f_{tl} = 0.5 × √f_{cl}' = 2.83 MPa

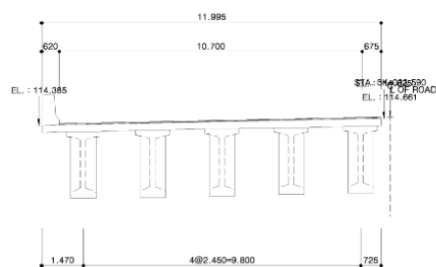
(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력

- ① 허용 휨 압축응력
- f_{clag} = 0.4 × f_{ck} = 16 MPa
- ② 허용 휨 인장 응력
- 미리 압축력을 가한 인장구역에서 부확원 철근을 갖는 부재
f_{clag} = 0.5 × √f_{cl}' = 3.16 MPa
- 비면 지력과 같이 십자형 부위에 노출된 상태
f_{clag} = 0.25 × √f_{cl}' = 1.58 MPa
- 미리 압축력을 가한 인장구역에서 부확원 철근이 없는 부재
f_{clag} = 0 MPa

3. 단면 특성

1) 상부 구조

(1) 물량 명 도



(2) 거단 단면재질

구 분	A	I ₃₃	I ₂₂	K	비 고
1	1.3046009	0.6290665	0.3122294	0.0143001	
2	1.2641891	0.6289582	0.2453053	0.0138137	
3	1.1817007	0.6284146	0.145006	0.0128211	
4	1.2641891	0.6289582	0.2453053	0.0138137	
5	1.1818677	0.6284145	0.1450346	0.0128207	

15.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2중 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검, 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 10회, 정밀안전점검 2회 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 15.2.1】 장기교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전점검	장기교의 주요 손상현황으로는 교면포장 균열 및 망상균열, 난간 파손, 신축이음 본체 이격, 후타재 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다. 특히, 신축이음 본체 이격은 손상의 진전이 우려되므로 조속한 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전점검	장기교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열, 난간 균열, 신축이음 후타재 균열 및 들뜸 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전점검	장기교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열, 난간 균열, 신축이음 후타재 균열 및 들뜸 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전점검	장기교의 외관조사 결과, 교면포장 균열 및 망상균열, 접속부 파손, 난간 균열, 신축이음 후타재 균열 및 들뜸, 교량받침 무수축물탈 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀안전점검	금회 정밀안전점검결과를 바탕으로 장기교에 발생한 손상의 진전을 방지하고, 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 조치가 필요하다. 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」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 확보하는 데 문제 제가 없을 것으로 사료된다.	B
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기안전점검	장기교의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 파손, 신축이음 후타재 균열 및 파손, 교량받침 무수축물탈 파손, 받침콘크리트 철근노출, 가로보 재료분리, 하부구조 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 다소 경미한 상태로서 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의관찰과 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

【표 15.2.1】 장기교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
7	2020. 08. 31 ~ 2020. 12. 31	정기안전점검	장기교의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 파손, 신축이음 후타재 균열 및 파손, 교량받침 무수축물탈 파손, 반침콘크리트 철근노출, 가로보 재료분리, 하부구조 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 다소 경미한 상태로써 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의관찰과 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
8	2021. 03. 08 ~ 2021. 06. 07	정기안전점검	장기교의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 파손, 신축이음 후타재 균열 및 파손, 교량받침 무수축물탈 파손, 반침콘크리트 철근노출, 가로보 재료분리, 하부구조 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 다소 경미한 상태로써 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의관찰과 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
9	2021. 08. 25 ~ 2021. 12. 10	정밀안전점검	장기교 (6공구)의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 파손, 신축이음 후타재 균열 및 박리, 교량받침 무수축물탈 파손, 반침콘크리트 철근노출, 가로보 재료분리, 하부구조 균열 등의 손상이 조사되었고, 신축이음 후타재 파손에 대한 보수가 실시되었다. 기 발생한 손상은 다소 경미한 상태로써 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의관찰과 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	B
10	2022. 05. 16 ~ 2022. 06. 24	정기안전점검	바닥판하면상태양호 거더상태양호 가로보재료분리 교대균열(0.3mm미만), 누수흔적, 체수 교각균열(0.3mm미만) 교량받침플레이트도장박락및부식, 반침콘크리트백태, 들뜸및철근노출 무수축물탈 파손 신축이음이물질퇴적, 후타재박리 교면포장망상균열, 접속부파손 배수시설상태양호 방호벽상태양호	양호
11	2022. 09. 19 ~ 2022. 11. 18	정기안전점검	교면포장망상균열 방호벽균열(폭0.3mm미만) 신축이음후타재균열, 박리, 본체이물질퇴적, 차수판볼트체결불량 교량받침무수축물탈및반침콘크리트박리, 파손, 들뜸및철근노출, 백태, 플레이트녹발생 가로보재료분리 교대균열(폭0.3mm미만), 체수및누수흔적 교각균열(폭0.3mm미만)	양호
12	2023. 04. 03 ~ 2023. 06. 16	정기안전점검	교면포장망상균열 방호벽균열(폭0.3mm미만) 신축이음후타재균열, 박리, 본체이물질퇴적, 차수판볼트체결불량 교량받침무수축물탈및반침콘크리트박리, 파손, 들뜸및철근노출, 백태, 플레이트녹발생 가로보재료분리 교대균열(폭0.3mm미만), 체수및누수흔적 교각균열(폭0.3mm미만)	양호

15.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년12월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과(상주방향)	비고
바닥판하면	■ 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기 적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요망된다.	
IPC Girder	■ 거더의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
가로보	■ 가로보의 외관조사 결과, 시공미흡이 원인으로 판단되는 재료분리가 조사되었고, 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.	
교대	■ 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수, 건조수축 및 공용기간 증가로 인한 균열(0.3mm미만)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.	
교각	■ 교각 코핑부에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.	
교량받침	■ 받침본체에서 조사된 받침Plate도장박리 및 부식은 신축이음 외측 단부 누수 및 외부 우수유입에 의한 2차 손상으로 유추되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수턱개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다. ■ 받침콘크리트에서 조사된 백태 시공시 습기흡착에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 사용성 확보 차원의 표면처리 등의 유지관리가 요구된다. ■ 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.	
신축이음장치	■ 신축이음에 발생한 후타재 박리는 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. ■ 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산면지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 이물질퇴적이 조사되었고, 손상의 진전시 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. ■ 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 21.8℃(9월 29일)로써 이때 측정유간은 45.0~60.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	
교면포장	■ 교면포장의 외관조사 결과, 망상균열, 접속부 파손이 조사되었고, 망상균열은 초기 건조수축 및 거푸집 조기 탈형, 공용중 열화 등의 복합적 원인에 의한 손상으로 표면처리 등의 조치가 필요하며, 접속부 파손의 경우, 접속부 침하로 인한 손상으로 단면 보수 등의 조치가 필요하다.	
배수시설	■ 배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추방통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통해 원활한 배수를 유지하는 것이 필요하다.	
방호벽	■ 방호벽의 외관조사 결과, 건조수축 및 거푸집 조기탈거로 인한 균열(0.3mm미만)이 조사되었고, 시설물의 내구성 확보 및 2차 손상발생을 방지하기 위한 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다.	

구분	정밀안전점검 결과(영천방향)	비고
바닥판하면	■ 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기 적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요망된다.	
IPC Girder	■ 거더의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
가로보	■ 가로보의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	■ 교대에 기 손상인 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수, 누수흔적이 확인되었고, 별도의 추가적인 손상은 발생하지 않았다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.	
교각	■ 교각 코핑 및 기둥부의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 하부구조에 대하여 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.	
교량받침	■ 받침본체에서 조사된 Plate부식은 신축이음 외측 단부 누수 및 외부 우수유입에 의한 2차 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다. ■ 받침콘크리트와 무수축물탈에서 조사된 파손, 들뜸 및 철근노출 등의 손상은 국부 적으로 발생되었으나, 파손부로 우수유입, 동절기 급격한 온도차에 의한 습기흡착, 철근부식에 의해 손상이 진전이 우려되므로, 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다. ■ 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.	
신축이음장치	■ 전회 정밀안전점검에서 조사된 기 손상인 후타재 균열, 박리, 차수판 볼트체결 불량에 대한 하자보수가 실시되었고, 현재 별도의 추가적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 이에 주기적인 점검을 통한 보수부 재손상, 신규 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다. ■ 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 7.8℃(11월 8일)로써 이때 측정유간은 55.0~52.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.	
교면포장	■ 교면포장의 외관조사 결과, 기 손상인 초기 건조수축, 차량 통행에 의한 열화 등의 원인으로 망상균열이 조사되었고, 부재의 사용성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 본선 일부 구간에 포장 파손이 조사되었다. 또한 기 손상인 접속도로 파손에 대한 하자보수가 실시된 것으로 조사되었으며, 파손의 경우 중차량 통행 및 공용중 열화로 인한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하다.	
배수시설	■ 배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통해 원활한 배수를 유지하는 것이 필요하다.	
방호벽	■ 방호벽의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위		시험 결과(상주방향)		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.5	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.9~42.4	40.0	
	하부구조	교대	25.6~27.3	24.0	
		교각	27.1~29.1	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		35.0~37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		92.0~93.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

시 험 명	시험부위		시험 결과(영천방향)		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.2	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.5~49.8	40.0	
	하부구조	교대	25.4~27.2	24.0	
		교각	28.4~29.5	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		35.0~36.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.0~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
장기교	0.130	B	—	—	B
종합평가	- 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 - 종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

라. 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.

마. 보수·보강 방안 및 개략공사비(상주방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
가로보	재료분리	단면보수	0.06	0.09	m²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.0	0.75	m²	—	—	하자
	채수	정비	4.0	4.0	EA	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	12.0	4.50	m²	—	—	하자
교량받침	받침Plate도장박락 및 부식	재도장	1.0	1.0	EA	40	40	2순위
	받침콘크리트 백태	표면처리	0.4	0.60	m²	54	32	2순위
신축이음	이물질퇴적	정비	6.0	9.00	m	25	225	3순위
	후타재 박리	단면보수	0.02	0.03	m²	165	5	2순위
교면포장	망상균열	표면처리	1120.0	1,680.0	m²	54	90,720	3순위
	접속부 파손	단면보수	1.3	1.95	m²	165	322	3순위
방호벽 및 중분대	균열(0.3mm미만)	표면처리	4.0	1.50	m²	54	81	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		77		91,348		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		39		45,674		
	합계	—		116		137,022		
개략공사비 총계(천원)		137,138						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

바. 보수·보강 방안 및 개략공사비(영천방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	체수	표면처리	8.0	12.00	m²	－	－	하자
	누수흔적	표면처리	0.6	0.90	m²	－	－	하자
교량받침	받침콘크리트 들뜸 및 철근노출	단면보수병청	0.03	0.05	m²	217	11	1순위
	무수축물탈 파손	단면보수	0.01	0.02	m²	165	3	2순위
	Plate부식	재도장	5.0	5.00	EA	40	200	2순위
교면포장	망상균열	표면처리	480.0	720.00	m²	－	－	하자
	포장 파손	단면보수	0.05	0.08	m²	－	－	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	11		203		－		
	재경비 (순공사비의 50%)	6		102		－		
	합계	17		305		－		
개략공사비 총계(천원)		322						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

사. 종합결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 장기교에 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 장기교의 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.

15.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 부재별 균열, 백태, 누수흔적, 파손, 재료분리 들뜸 및 철근노출 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정밀안전점검은 총2회, 정기점검은 총10회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

15.2.5 시설물 보수 이력

【표 15.2.3】 장기교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	P3, A2, A2 신축이음	후타재 파손, 본체이격 보수	2017.07.01 ~2017.12.31	-	-	-
2	A1, A2 신축이음	후타재 균열, 차수판 볼트체결불량 보수	2019.01.01 ~2019.06.30	-	-	-
3	S2 가로보, P2, P3 교각	가로보 재료분리, 교각 균열 보수	2019.07.01 ~2019.12.31	-	-	-

15.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 15.2.4】 내진설계 여부 확인

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

15.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

15.2.8 자료수집 현황

안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가를 위한 자료는 각 평가별 보고서 내에 수록하였다.

15.3 현장조사

15.3.1 개요

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

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 굴절점검차	2023.09.11.~2023.10.23.	
			
굴절점검차를 이용한 근접조사		굴절점검차를 이용한 근접조사	
			
굴절점검차를 이용한 근접조사		도보작업	

【사진 15.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

15.3.2 상주방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 장기교는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=180.0m 폭 24.4m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 굴절점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 15.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• S3 상태양호	손상현황	• S4 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 15.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검에서 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 금회 정밀안전점검에서도 별도의 손상은 조사되지 않았다.

【표 15.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요망된다.

나. IPC Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 IPC는 철근 콘크리트로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 굴절점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 15.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.3】 거더 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• S3 상태양호	손상현황	• 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 15.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 손상이 없는 양호한 상태이며, 금회 신규손상은 확인되지 않은 것으로 조사되었다.

【표 15.3.4】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

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

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 일부 구간에서 가로보 재료분리가 조사되었다.

【표 15.3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	0.06	1
S3	—	—
S4	—	—
합계	0.06	1

			
손상현황	• S2 재료분리(0.2m×0.3m)	손상현황	• S3 상태양호
원 인	• 시공미흡, 다짐미흡 등	원 인	• -
조치방안	• 단면보수	조치방안	• -

【사진 15.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 재료분리가 조사된 것으로 확인된 상태이며, 금회 신규손상은 확인되지 않은 것으로 조사되었다.

【표 15.3.6】 가로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	재료분리	m ²	0.06	1	0.06	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 가로보의 외관조사 결과, 시공미흡, 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 재료분리가 조사되었고, 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 장기교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, 균열 (0.3mm미만), 체수흔적 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 15.3.7】 교대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (개소/개소)		체수흔적 (개소/개소)	
A1	—	—	4.00	2
A2	2.00	1	2.00	2
합계	2.00	1	6.00	4

			
손상현황	• A1 체수흔적(1.0m×2.0m)	손상현황	• A2 균열(0.2mm/2.0m)
원 인	• 신축이음부 우수유입 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 표면처리

【사진 15.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검된 균열(0.3mm미만), 체수흔적이 확인되었으며, 금회 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 15.3.8】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.00	1	2.00	1	— —	변동없음
	체수흔적	m ²	6.00	4	6.00	4	— —	변동없음

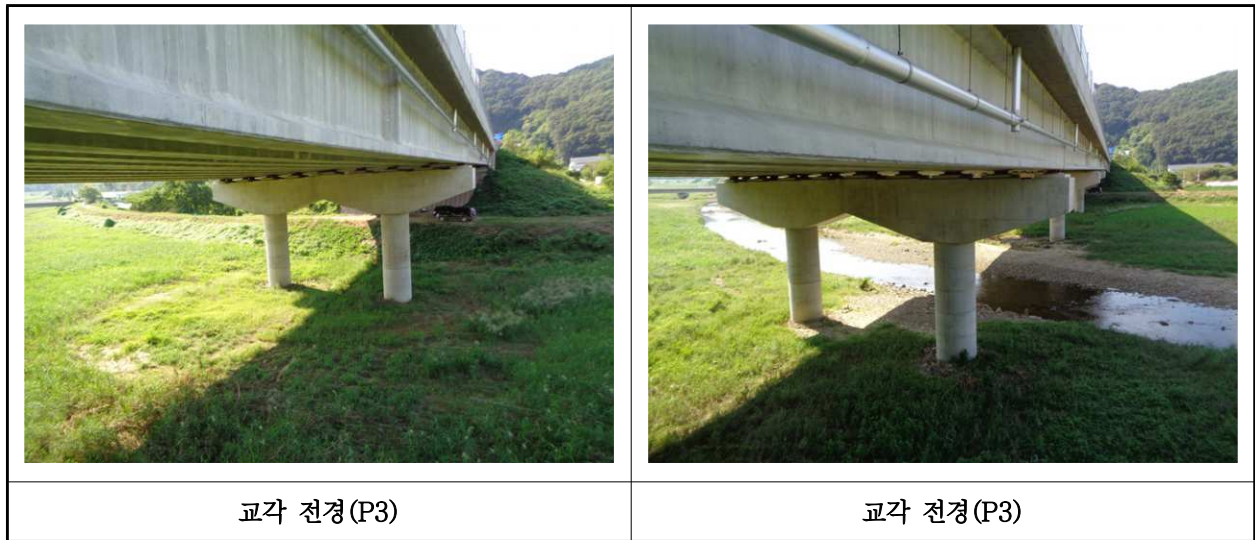
4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상이나 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 체수흔적의 경우 신축이음을 통한 우수유입에 의한 손상으로 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수를 실시하는 것이 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 장기교의 교각은 T형 교각 3기로 구성되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 도보조사, 굴절 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



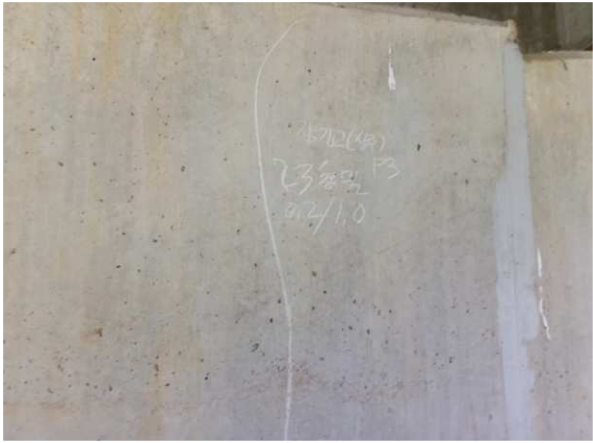
【사진 15.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 15.3.9】 교각 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
P1	5.00	3
P2	9.00	3
P3	3.00	2
합계	17.00	8

			
손상현황	• P1 균열(0.2mm/4.0m)	손상현황	• P1 균열(0.2mm/0.5m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P2 균열(0.2mm/1.0m)	손상현황	• P3 균열(0.2mm/1.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 15.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교각은 기 손상인 균열(0.3mm미만)에는 진전은 없는 것으로 확인되었고, 금회 점검시 추가적으로 균열(0.3mm미만) 신규로 조사되었다.

【표 15.3.10】 교각 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	12.00	5	17.00	8	▲ 5.00	신규손상

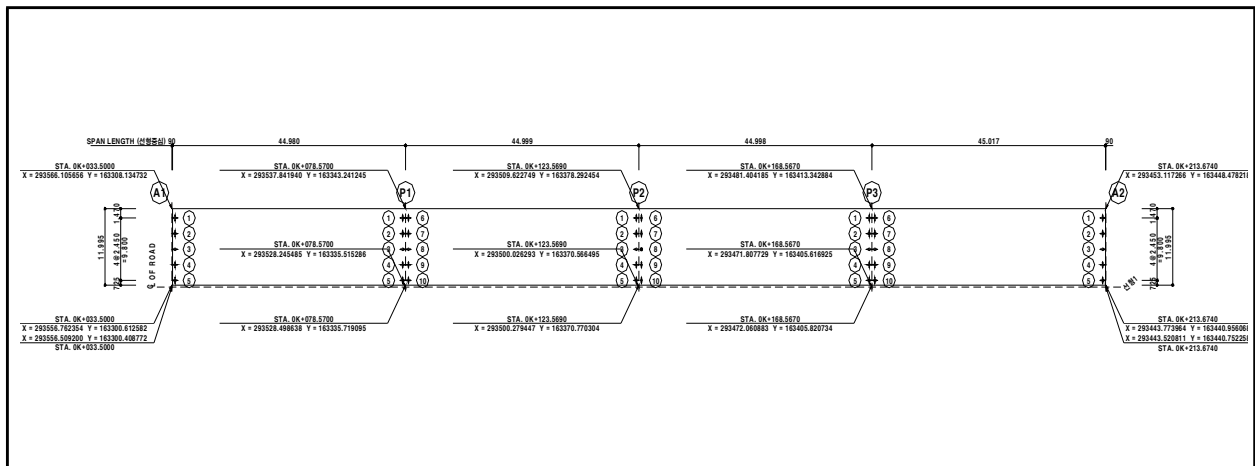
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 장기교의 받침은 고무받침으로 총 40개소가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 15.3.1】 교량받침 배치도



【사진 15.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 백태, 플레이트 부식이 조사되었다.

【표 15.3.11】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 균열(0.3mm미만) (m/개소)		플레이트 부식 (개소/개소)		받침콘크리트 백태 (㎡/개소)	
A1	1.00	1	2.00	2	—	—
P1	—	—	—	—	0.40	2
P2	—	—	—	—	—	—
P3	—	—	—	—	—	—
A2	—	—	4.00	4	—	—
합계	1.00	1	6.00	6	0.40	2

			
손상현황	• A1-Sh5 플레이트 부식	손상현황	• A1-Sh3 받침콘크리트 균열(0.1mm/1.0m)
원 인	• 장기공용, 습기흡착	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 재도장	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2-Sh3 플레이트 부식	손상현황	• P1-Sh10 받침콘크리트 백태(1.0m×0.2m)
원 인	• 장기공용, 습기흡착	원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 단면보수

【사진 15.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 플레이트 부식, 받침콘크리트 백태가 확인되었으며, 금회 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 플레이트 부식이 추가 조사되었다.

【표 15.3.12】 교량받침 기 점검 결과 비교

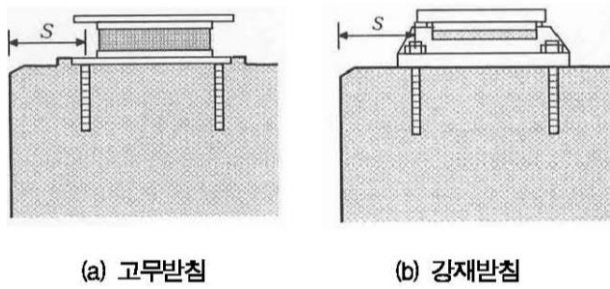
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	플레이트 부식	EA	1.00	1	6.00	6	▲ 5.00	신규손상
	받침콘크리트 백태	m ²	0.40	2	0.40	2	— —	변동없음

4) 검토의견

- 받침콘크리트 균열의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요망된다.
- 플레이트 부식의 경우 공용기간 증가, 습기흡착, 신축이음 하부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 재도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단되고, 재손상 방지를 위해 신축이음과 연계된 보수가 선행되어야 한다.
- 받침콘크리트 백태는 시공시 습기흡착에 의한 손상으로 판단되며, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.

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.



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

【그림 15.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 15.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : $200 + 5 \times 45 = 350(\text{mm})$

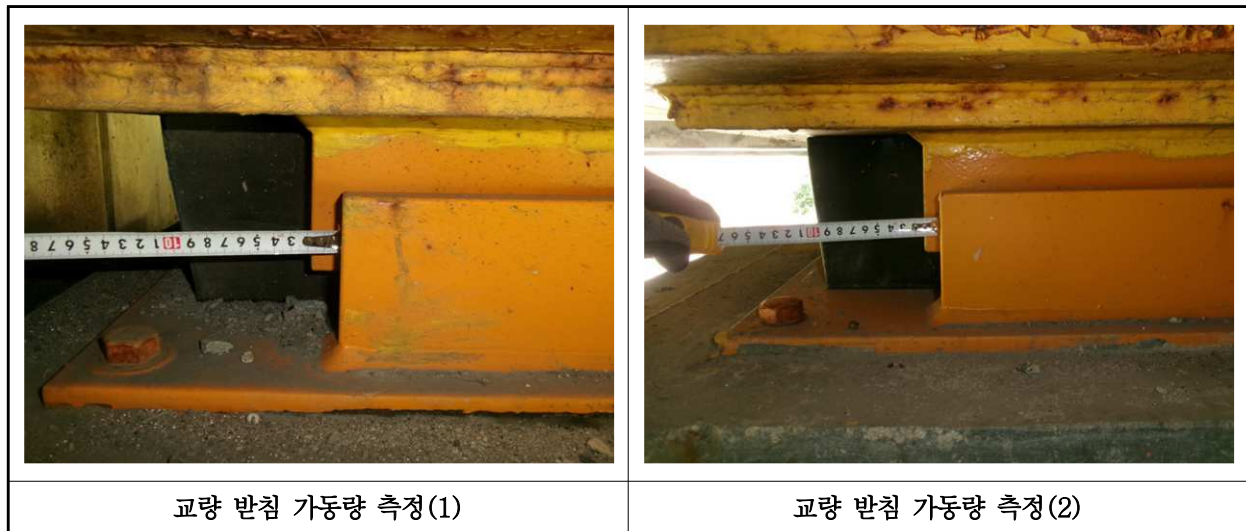
【표 15.3.13】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		350	665	665	660	665	675	O.K
P1	A1측	350	560	565	570	580	555	O.K
	A2측	350	490	480	500	500	495	O.K
P2	A1측	350	570	565	570	565	585	O.K
	A2측	350	545	565	560	565	560	O.K
P3	A1측	350	510	510	520	510	520	O.K
	A2측	350	550	545	570	565	545	O.K
A2		350	610	600	605	590	620	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



【사진 15.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 15.3.14】 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	29.4	10.6	0.00001	90.0	26.5	9.5	
P1	29.4	10.6	0.00001	45.0	13.2	4.8	
P2	고정단						
P3	29.4	10.6	0.00001	45.0	13.2	4.8	
A2	29.4	10.6	0.00001	90.0	26.5	9.5	
1) 조사당시 온도 : 24.4 $^{\circ}C$ (조사일 : 2023년 9월 11일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : −5 $^{\circ}C$ ~ 35 $^{\circ}C$ (보통지방)							

【표 15.3.15】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	25	109	59	26.5	9.5	±84
	SH2	25	120	70			±95
	SH3	25	120	70			±95
	SH4	25	120	70			±95
	SH5	25	109	59			±84
P1	SH1	-5	79	89	13.2	4.8	±84
	SH2	-5	90	100			±95
	SH3	-5	90	100			±95
	SH4	-5	90	100			±95
	SH5	-5	90	100			±95
	SH6	-5	79	89			±84
	SH7	-5	90	100			±95
	SH8	-5	90	100			±95
	SH9	-5	90	100			±95
	SH10	-5	90	100			±95
P2	고정단						
P3	SH1	0	84	84	13.2	4.8	±84
	SH2	0	95	95			±95
	SH3	0	95	95			±95
	SH4	0	95	95			±95
	SH5	0	95	95			±95
	SH6	-5	79	89			±84
	SH7	-5	90	100			±95
	SH8	-5	90	100			±95
	SH9	-5	90	100			±95
	SH10	-5	90	100			±95
A2	SH1	-10	74	94	26.5	9.5	±84
	SH2	-10	85	105			±95
	SH3	-10	85	105			±95
	SH4	-10	85	105			±95
	SH5	-10	85	105			±95
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 가동여유량 ⇒ O.K							

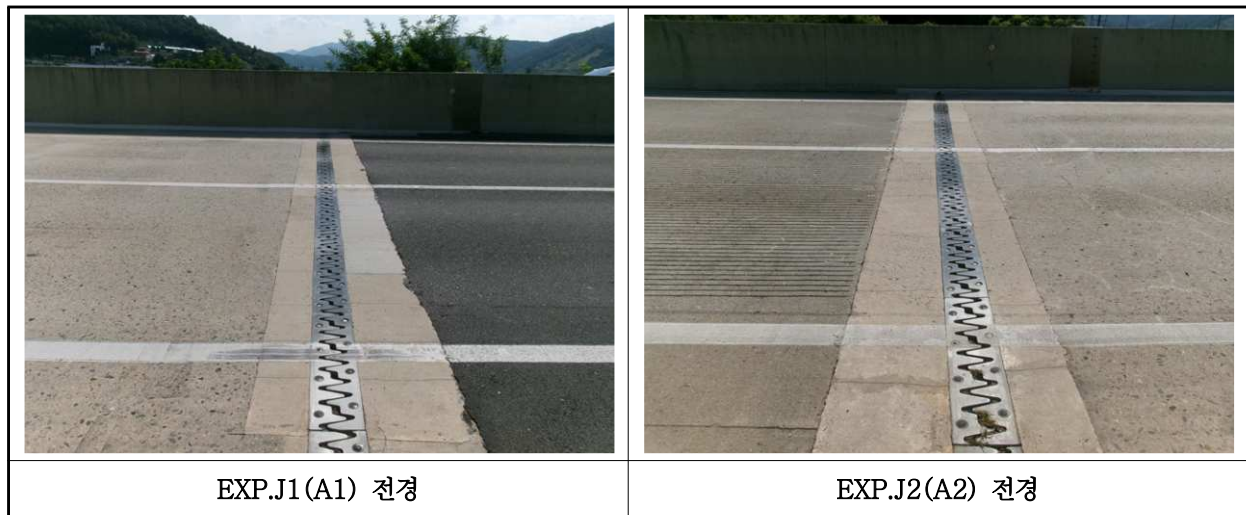
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2에 팽거 조인트로 시공된 상태이다. 굴절점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 박리, 본체 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.

【표 15.3.16】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 박리 (㎡/개소)		이물질퇴적 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	2.50	5	—	—	3.00	1
A2 (EXP J3)	1.30	3	0.02	1	3.00	1
합계	3.80	8	0.02	1	6.00	2

			
손상현황	• A1 후타재 균열(0.2mm/0.5m ×5EA)	손상현황	• A1 이물질퇴적(3.0m)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 장기공용, 비산먼지퇴적
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 청소
			
손상현황	• A2 후타재 균열(0.2mm/0.5m ×2EA)	손상현황	• A2 후타재 박리(0.1m×0.2m)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 다짐미흡, 차량윤하중
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수

【사진 15.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 후타재 박리, 본체 이물질퇴적이 확인되었으며, 금회 후타재 균열이 신규 조사되었다.

【표 15.3.17】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열	m	—	—	3.80	8	▲ 3.80	신규손상
	후타재 박리	m ²	0.02	1	0.02	1	— —	변동없음
	본체 이물질퇴적	m	6.00	2	6.00	2	— —	변동없음

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 박리는 건조수축, 차량 통행하중 및 충격, 장기공용 등으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 확보를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수가 요구된다.
- 비산먼지, 공용기간 증가 등에 의한 이물질 퇴적의 경우 신축이음의 원활한 거동을 위한 청소 등의 정비가 필요할 것으로 판단된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

- 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 (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)					
	- 소요 가동량 산정 조사일 : 2023. 9. 11. 기온 적용: 24.4℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-24.4℃ = 10.6℃ ΔT(수축시) : -5.0℃-(24.4℃) = 29.4℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	
	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 15.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 15.3.18】신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	10.6	0.00001	90.0	26.5	9.5	35.0	75.0	125.0	
A2	29.4	10.6	0.00001	90.0	26.5	9.5	41.0	110.0	208.0	
1) 조사당시 온도 : 24.4°C(조사일 : 2023년 9월 11일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -5°C ~ 35°C(보통지방)										

【표 15.3.19】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)	
A1	26.5	9.5	35.0	100.0	61.5	25.5	O.K
A2	26.5	9.5	41.0	100.0	67.5	31.5	O.K
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 검토온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

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



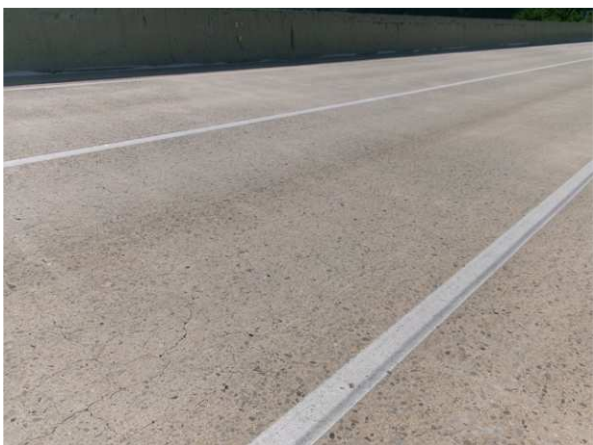
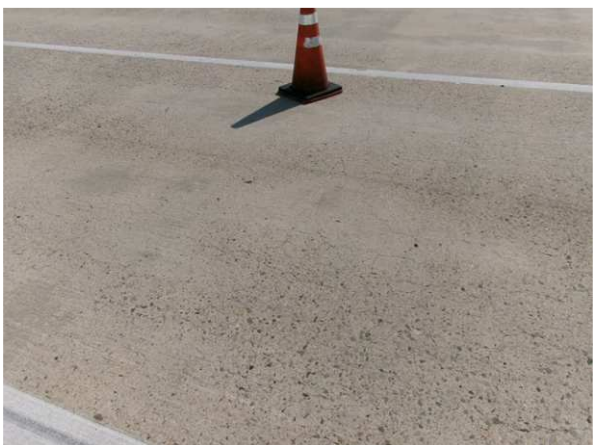
【사진 15.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 기 손상인 포장부 망상균열, 접속부 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 15.3.20】 교면포장 외관조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	280.00	1	1.00	1
S2	280.00	1	—	—
S3	280.00	1	—	—
S4	280.00	1	—	—
합계	1,120.00	4	1.00	1

			
손상현황	• S1 접속부 파손(0.5m×2.0m)	손상현황	• S1 망상균열(40.0m×7.0m)
원 인	• 침하, 시공미흡	원 인	• 다짐미흡, 차량윤하중
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• S2 망상균열(40.0m×7.0m)	손상현황	• S3 망상균열(40.0m×7.0m)
원 인	• 다짐미흡, 차량윤하중	원 인	• 다짐미흡, 차량윤하중
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

【사진 15.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 망상균열, 접속부 파손이 확인되었으며, 금회 점검시 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 15.3.21】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	망상균열	m ²	1,120.0	4	1,120.0	4	— —	변동없음
	접속부 파손	m ²	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교면포장의 외관조사 결과, 망상균열, 접속부 파손이 조사되었고, 건조수축 및 거푸집 조기 탈영, 공용중 열화, 차량 윤하중 등의 복합적 원인에 의한 손상으로 접속부 파손의 경우 단면 보수가 요구되며, 망상균열의 경우 손상의 진전여부에 대한 주의관찰 후 진전시 재포장 등과 같은 보수대책을 수립하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 장기교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 15.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 15.3.22】 배수시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• S1 배수관 상태양호	손상현황	• S1 배수구 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 15.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 정밀안전점검과 금회 정밀안전점검에서 별도의 추가적인 손상은 조사되지 않았다.

【표 15.3.23】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 배수시설은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통해 원활한 배수를 유지하는 것이 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 15.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
S1	—	—
S2	13.00	5
S3	—	—
S4	—	—
합계	13.00	5

			
손상현황	• S2 방호벽 균열 (0.2mm/2.0m)	손상현황	• S2 방호벽 균열 (0.2mm/2.0m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 15.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 균열(0.3mm미만)이 확인되었으며, 금회 균열이 추가 조사되었다.

【표 15.3.25】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	4.00	2	13.00	5	▲ 9.00	신규손상

4) 검토의견

- 방호벽의 외관조사 결과, 건조수축 및 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열(0.3mm미만)이 조사되었고, 시설물의 내구성 확보 및 2차 손상발생을 방지하기 위한 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

카. 교량 점검시설

- 장기교의 교량 점검시설은 미설치인 상태로 확인되었다.

타. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 방호벽”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로포장

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

3) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 - 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

4) 환기구 등의 덮개

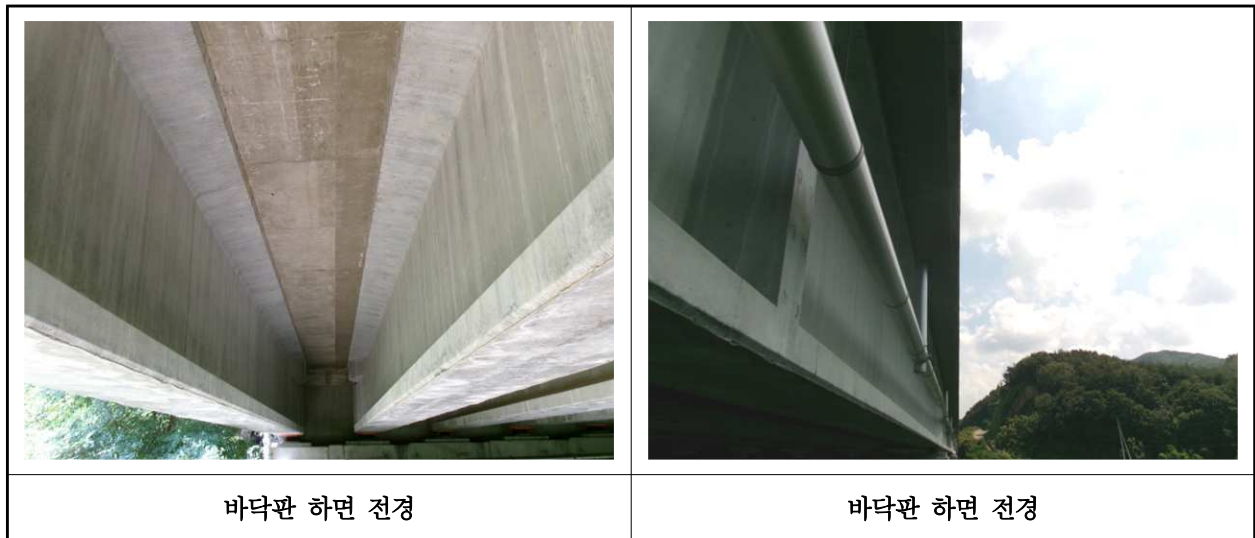
공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

15.3.3 영천방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 장기교는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=180.0m 폭 24.4m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 굴절점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.25】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 15.3.26】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• S1 바닥판하면 상태양호	손상현황	• S4 바닥판하면 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 15.3.26】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 정밀안전점검과 금회 정밀안전점검에서 별도의 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었다.

【표 15.3.27】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요망된다.

나. IPC Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 IPC는 철근 콘크리트로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 굴절점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 15.3.27】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 15.3.28】 거더 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 상태양호	손상현황	• 상태양호
원 인	—	원 인	—
조치방안	—	조치방안	—

【사진 15.3.28】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더는 기 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀안전점검 결과 기 점검과 동일한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.29】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

4) 검토의견

- 거더의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.29】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 재료분리가 조사되었다.

【표 15.3.30】 가로보 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	0.10	1
S3	—	—
S4	—	—
합계	0.10	1

			
손상현황	• S1 재료분리 (0.2m×0.5m)	손상현황	• S1 재료분리 (0.2m×0.5m)
원 인	• 시공미흡, 다짐미흡 등	원 인	• 시공미흡, 다짐미흡 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 15.3.30】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 재료분리가 신규 조사되었다.

【표 15.3.31】 가로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	재료분리	m ²	—	—	0.10	1	▲ 0.10	신규손상

4) 검토의견

- 가로보에 발생한 재료분리의 경우 시공미흡, 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 장기교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.31】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, 기 손상인 체수, 누수흔적 등의 손상이 조사되었다.

【표 15.3.32】 교대 외관조사 결과

구분	체수흔적 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	
A1	8.00	4	—	—
A2	—	—	0.60	4
합계	8.00	4	0.60	4

			
손상현황	• A1 체수흔적(1.0m×2.0m)	손상현황	• A2 누수흔적(8.0m×5.0m)
원 인	• 신축이음부 우수유입 등	원 인	• 신축이음부 우수유입 등
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

【사진 15.3.32】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검된 체수흔적, 누수흔적이 확인되었으며, 금회 손상의 추가 및 진전은 없는 것으로 조사되었다.

【표 15.3.33】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	체수흔적	m ²	8.00	4	8.00	4	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	0.60	4	0.60	4	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교대에 발생한 누수흔적, 체수흔적의 경우 신축이음을 통한 우수유입에 의한 손상으로 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수를 실시하는 것이 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 장기교의 교각은 T형 교각 3기로 구성되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 도보조사, 굴절 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.33】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 망상균열이 조사되었다.

【표 15.3.34】 교각 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (m²/개소)	
P1	7.00	6	2.50	1
P2	3.00	1	7.50	2
P3	—	—	—	—
합계	10.00	7	10.00	3

			
손상현황	• P1 균열(0.2mm/1.0m)	손상현황	• P1 망상균열(1.0m×2.5m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P2 균열(0.2mm/3.0m)	손상현황	• P2 망상균열(3.0m×1.5m)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 15.3.34】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검이후 균열(0.3mm미만), 망상균열이 신규로 조사되었다.

【표 15.3.35】 교각 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	—	—	10.00	7	▲ 10.00	신규손상
	망상균열	m ²	—	—	10.00	3	▲ 10.00	신규손상

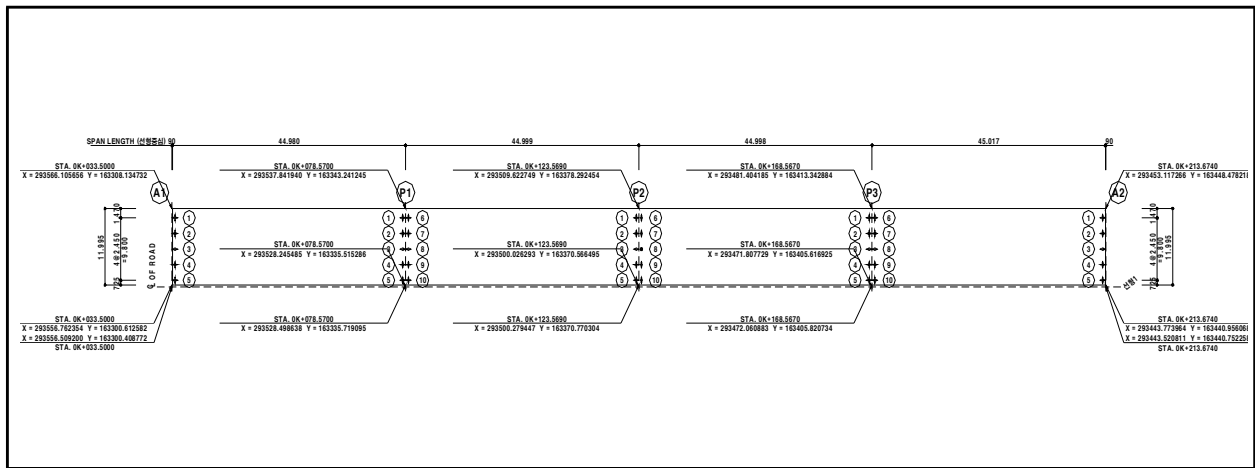
4) 검토의견

- 교각에 발생한 균열(0.3mm미만), 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상이나 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 장기교의 받침은 고무받침으로 총 40개소가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 15.3.3】 교량받침 배치도



【사진 15.3.35】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 무수축물탈 균열(0.3mm미만), 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 파손, 들뜸, 플레이트 부식이 조사되었다.

【표 15.3.36】 교량받침 외관조사 결과

구분	무수축몰탈 균열(0.3mm미만) (m/개소)		받침콘크리트 균열(0.3mm미만) (m/개소)		받침콘크리트 파손, 들뜸 (㎡/개소)		Plate부식 (개소/개소)	
A1	-	-	-	-	0.01	1	4.00	4
P1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	0.40	2	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	0.30	1	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	0.03	3	3.00	3
합계	0.40	2	0.30	1	0.04	4	7.00	7

			
손상현황	• A1-Sh1 플레이트 부식	손상현황	• A2-Sh2 받침콘크리트 들뜸(0.1×0.1)
원 인	• 장기공용, 습기흡착	원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈형
조치방안	• 재도장	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P2-Sh2 몰탈 균열(0.1mm/0.2m)	손상현황	• P3-Sh3 받침콘크리트 균열(0.1mm/0.3m)
원 인	• 건조수축, 온도변화	원 인	• 건조수축, 온도변화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 15.3.36】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 Plate부식, 받침콘크리트 들뜸 및 철근노출, 무수축물탈 파손 등의 손상이 조사되었고, 기 손상의 무수축물탈 박리에 대한 하자보수가 실시되었으며, 금회 정밀안전점검에서 Plate부식이 추가적으로 조사되었다.

【표 15.3.37】 교량받침 기 점검 결과 비교

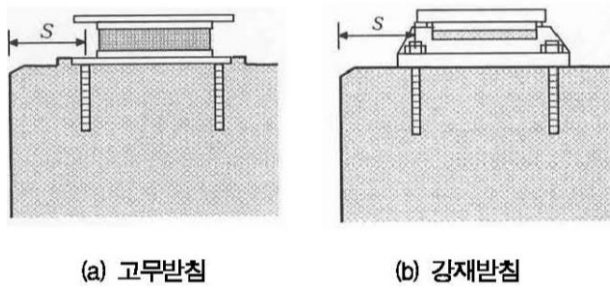
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 받침	무수축물탈 균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.40	2	▲ 0.40	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.30	1	▲ 0.30	신규손상
	받침콘크리트 파손, 들뜸	m ²	0.04	4	0.04	4	— —	변동없음
	Plate부식	EA	5.00	5	7.00	7	▲ 2.00	신규손상

4) 검토의견

- 무수축물탈 균열, 받침콘크리트 균열의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요망된다.
- 받침콘크리트 파손, 들뜸의 경우 시공초기 다짐부족, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 플레이트 부식의 경우 공용기간 증가, 습기흡착, 신축이음 하부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 채도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단되고, 재손상 방지를 위해 신축이음과 연계된 보수가 선행되어야 한다.

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.



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

【그림 15.3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 15.3.37】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : $200 + 5 \times 45 = 350(\text{mm})$

【표 15.3.38】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		350	655	655	665	670	670	O.K
P1	A1측	350	520	535	550	535	520	O.K
	A2측	350	525	520	530	520	515	O.K
P2	A1측	350	625	635	605	630	630	O.K
	A2측	350	610	625	620	615	600	O.K
P3	A1측	350	520	535	525	540	550	O.K
	A2측	350	510	520	540	535	510	O.K
A2		350	600	610	610	600	615	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



【사진 15.3.38】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 15.3.39】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	29.4	10.6	0.00001	90.0	26.5	9.5	
P1	29.4	10.6	0.00001	45.0	13.2	4.8	
P2	고정단						
P3	29.4	10.6	0.00001	45.0	13.2	4.8	
A2	29.4	10.6	0.00001	90.0	26.5	9.5	
1) 조사당시 온도 : 24.4℃(조사일 : 2023년 9월 11일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : −5℃ ~ 35℃(보통지방)							

【표 15.3.40】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	25	109	59	26.5	9.5	±84
	SH2	25	120	70			±95
	SH3	25	120	70			±95
	SH4	25	120	70			±95
	SH5	25	109	59			±84
P1	SH1	-10	74	94	13.2	4.8	±84
	SH2	-10	85	105			±95
	SH3	-10	85	105			±95
	SH4	-10	85	105			±95
	SH5	-10	85	105			±95
	SH6	0	84	84			±84
	SH7	0	95	95			±95
	SH8	0	95	95			±95
	SH9	0	95	95			±95
	SH10	0	95	95			±95
P2	고정단						
P3	SH1	0	84	84	13.2	4.8	±84
	SH2	0	95	95			±95
	SH3	0	95	95			±95
	SH4	0	95	95			±95
	SH5	0	95	95			±95
	SH6	0	84	84			±84
	SH7	0	95	95			±95
	SH8	0	95	95			±95
	SH9	0	95	95			±95
	SH10	0	95	95			±95
A2	SH1	-15	69	99	26.5	9.5	±84
	SH2	-15	80	110			±95
	SH3	-15	80	110			±95
	SH4	-15	80	110			±95
	SH5	-15	80	110			±95
주) 판정 : 계산 가동 이동량 ≤ 측정 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, A2에 팽거 조인트로 시공된 상태이다. 굴절점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.39】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과, 후타재 균열, 파손, 이물질퇴적이 조사되었다.

【표 15.3.41】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		이물질퇴적 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	—	—	0.05	1	—	—
A2 (EXP J3)	0.60	2	—	—	3.00	1
합계	0.60	2	0.05	1	3.00	1

			
손상현황	• A1 후타재 파손(0.1m×0.5m)	손상현황	• A2 이물질퇴적(3.0m)
원 인	• 차량윤하중, 보수미흡	원 인	• 장기공용, 비산먼지퇴적
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 청소
			
손상현황	• A2 후타재 균열(0.2mm/0.3m×2EA)	손상현황	• A2 후타재 균열(0.2mm/0.3m×2EA)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량윤하중	원 인	• 건조수축, 장기공용, 차량윤하중
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 15.3.40】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 신축이음에 대한 하자보수가 실시되었으며, 금회 후타재 균열, 파손, 이물질퇴적이 신규 조사되었다.

【표 15.3.42】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열	m	—	—	0.60	2	▲ 0.60	신규손상
	후타재 파손	m ²	—	—	0.05	1	▲ 0.05	신규손상
	이물질퇴적	m	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화, 보수미흡 등으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행 차량의 안전성 확보 차원에서 표면처리, 단면 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 본체 이물질퇴적의 경우 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 것으로 청소 등의 정비가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

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 (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} - L : 신축보의 길이(mm)				
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2023. 9. 11. 기온 적용: 24.4℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-24.4℃ = 10.6℃ ΔT(수축시) : -5.0℃-(24.4℃) = 29.4℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)				
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선평창계수 α (/℃)
	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 15.3.41】 신축이음 유간 측정방법

【표 15.3.43】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	10.6	0.00001	90.0	26.5	9.5	45.0	80.0	98.0	
A2	29.4	10.6	0.00001	90.0	26.5	9.5	53.0	115.0	185.0	
1) 조사당시 온도 : 24.4°C(조사일 : 2023년 9월 11일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -5°C ~ 35°C(보통지방)										

【표 15.3.44】 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)	
A1	26.5	9.5	45.0	100.0	71.5	35.5	O.K
A2	26.5	9.5	53.0	100.0	79.5	43.5	O.K
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 검토온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.42】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 포장부 전구간에 망상균열, 일부구간 포장 파손, 후타재 접속부 이격이 조사되었다.

【표 15.3.45】 교면포장 외관조사 결과

구분	망상균열 (m²/개소)		포장 파손 (m²/개소)		후타재 접속부 이격 (m/개소)	
S1	120.00	1	0.05	1	11.00	1
S2	120.00	1	—	—	—	—
S3	120.00	1	—	—	—	—
S4	120.00	1	—	—	—	—
합계	480.00	4	0.05	1	11.00	1

			
손상현황	• S1 후타재 접속부 이격(11.0m)	손상현황	• S1 망상균열(40.0m×3.0m)
원 인	• 공용기간 증가, 접속부 침하	원 인	• 다짐미흡, 차량윤하중
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• S1 파손(0.5m×0.1m)	손상현황	• S3 망상균열(40.0m×3.0m)
원 인	• 외부충격	원 인	• 다짐미흡, 차량윤하중
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰

【사진 15.3.43】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 발생한 망상균열, 포장 파손이 확인되었으며, 금회 후타재 접속부 이격이 신규로 조사되었다.

【표 15.3.46】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	망상균열	m ²	480.00	4	480.00	4	— —	변동없음
	포장 파손	m ²	0.05	1	0.05	1	— —	변동없음
	후타재 접속부 이격	m	—	—	11.00	1	▲ 11.00	신규손상

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 망상균열, 파손은 건조수축 및 거푸집 조기 탈영, 공용중 열화, 차량 운하중, 성토부 침하 등에 의한 손상으로 판단되며, 파손의 경우 단면보수, 망상균열의 경우 손상의 진전여부에 대한 주의관찰 후 진전시 재포장 등과 같은 보수대책을 수립하는 것이 필요할 것으로 사료된다.
- 후타재 접속부 이격의 경우 공용기간 증가, 접속부 침하 등에 의한 손상으로 추정되며, 현재 손상 정도가 경미하며 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 수준은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 장기교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 15.3.44】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수구 막힘이 조사되었다.

【표 15.3.47】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소/개소)	
S1	—	—
S2	1.00	1
S3	—	—
S4	—	—
합계	1.00	1

			
손상현황	• S2 배수구 막힘 1EA	손상현황	• 배수관 상태양호
원 인	• 공용기간 증가, 차량 비산먼지 등	원 인	• -
조치방안	• 정비	조치방안	• -

【사진 15.3.45】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 점검시 배수구 막힘이 1개소 신규 조사되었다.

【표 15.3.48】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	-	-	1.00	1	▲ 1.00	신규손상

4) 검토의견

- 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이나 배수구 막힘이 1개소 조사되었으며, 이는 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 청소 등의 정비를 실시하는 것이 요구된다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.46】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 균열부백태가 조사되었다.

【표 15.3.49】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—
S2	—	—	0.15	1
S3	—	—	0.30	2
S4	3.00	1	—	—
합계	3.00	1	0.45	3

			
손상현황	• S2 방호벽 균열부백태 (0.1m×1.5m)	손상현황	• S3 방호벽 균열부백태 (0.1m×1.5m)
원 인	• 우수유입, 수분침투 등	원 인	• 우수유입, 수분침투 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S3 방호벽 균열부백태 (0.1m×1.5m)	손상현황	• S4 방호벽 균열 (0.2mm/3.0m)
원 인	• 우수유입, 수분침투 등	원 인	• 건조수축, 공용기간 경과 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 15.3.47】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 균열(0.3mm미만), 균열부백태가 신규 조사되었다.

【표 15.3.50】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
	균열부백태	m ²	—	—	0.45	3	▲ 0.45	신규손상

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만), 균열부백태는 건조수축, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분 침투, 공용기간 증가 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 장기교의 점검시설은 교량 상면 갓길에서 교대로 이동할 수 있는 철근콘크리트 점검계단이 A1, A2에 시공되어 있다.



【사진 15.3.48】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 시공된 점검계단은 양호한 상태로 조사되었다.

【표 15.3.51】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
A2	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• A1 상태양호	손상현황	• A2 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 15.3.49】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 점검계단은 손상이 없는 양호한 상태로, 신규손상이 확인되지 않았다.

【표 15.3.52】 교량 점검시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 점검시설	상태양호	-	-	-	-	-	- -	-

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 조사되었고, 점검로는 점검자의 안전과 연관되어 있으므로, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 방호벽”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로포장

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

3) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 - 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

4) 환기구 등의 덮개

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

15.3.4 외관조사 총괄표

【표 15.3.53】 상주방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	상태양호	—	—	—	
거더	상태양호	—	—	—	
가로보	재료분리	m ²	0.06	1	
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.00	1	
	채수흔적	m ²	6.00	4	
교각	균열(0.3mm미만)	m	17.00	8	
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	1.00	1	
	플레이트 부식	EA	6.00	6	
	받침콘크리트 백태	m ²	0.40	2	
신축이음	후타재 균열	m	3.80	8	
	후타재 박리	m ²	0.02	1	
	본체 이물질퇴적	m	6.00	2	
교면포장	망상균열	m ²	1,120.0	4	
	접속부 파손	m ²	1.00	1	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	13.00	5	

【표 15.3.54】영천방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	상태양호	—	—	—	
거더	상태양호	—	—	—	
가로보	재료분리	m ²	0.10	1	
교대	채수흔적	m ²	8.00	4	
	누수흔적	m ²	0.60	4	
교각	균열(0.3mm미만)	m	10.00	7	
	망상균열	m ²	10.00	3	
교량받침	무수축물탈 균열(0.3mm미만)	m	0.40	2	
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	0.30	1	
	받침콘크리트 파손, 들뜸	m ²	0.04	4	
	Plate부식	EA	7.00	7	
신축이음	후타재 균열	m	0.60	2	
	후타재 파손	m ²	0.05	1	
	이물질퇴적	m	3.00	1	
교면포장	망상균열	m ²	480.0	4	
	포장 파손	m ²	0.05	1	
	후타재 접속부 이격	m	11.00	1	
배수시설	배수구 막힘	EA	1.00	1	
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	3.00	1	
	균열부백태	m ²	0.45	3	
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	

15.3.5 전회차 손상물량 비교

【표 15.3.55】 상주방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	상태양호	—	—	—	—	—	— —	
거더	상태양호	—	—	—	—	—	— —	
가로보	재료분리	m ²	0.06	1	0.06	1	— —	변동없음
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.00	1	2.00	1	— —	변동없음
	채수흔적	m ²	6.00	4	6.00	4	— —	변동없음
교각	균열(0.3mm미만)	m	12.00	5	17.00	8	▲ 5.00	신규손상
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	플레이트 부식	EA	1.00	1	6.00	6	▲ 5.00	신규손상
	받침콘크리트 백태	m ²	0.40	2	0.40	2	— —	변동없음
신축이음	후타재 균열	m	—	—	3.80	8	▲ 3.80	신규손상
	후타재 박리	m ²	0.02	1	0.02	1	— —	변동없음
	본체 이물질퇴적	m	6.00	2	6.00	2	— —	변동없음
교면포장	망상균열	m ²	1,120.0	4	1,120.0	4	— —	변동없음
	접속부 파손	m ²	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	4.00	2	13.00	5	▲ 9.00	신규손상

【표 15.3.56】영천방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
거더	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
가로보	재료분리	m ²	—	—	0.10	1	▲ 0.10	신규손상
교대	채수흔적	m ²	8.00	4	8.00	4	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	0.60	4	0.60	4	— —	변동없음
교각	균열(0.3mm미만)	m	—	—	10.00	7	▲ 10.00	신규손상
	망상균열	m ²	—	—	10.00	3	▲ 10.00	신규손상
교량 받침	무수축몰탈 균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.40	2	▲ 0.40	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	—	—	0.30	1	▲ 0.30	신규손상
	받침콘크리트 파손, 들뜸	m ²	0.04	4	0.04	4	— —	변동없음
	Plate부식	EA	5.00	5	7.00	7	▲ 2.00	신규손상
신축이음	후타재 균열	m	—	—	0.60	2	▲ 0.60	신규손상
	후타재 파손	m ²	—	—	0.05	1	▲ 0.05	신규손상
	이물질퇴적	m	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
교면포장	망상균열	m ²	480.00	4	480.00	4	— —	변동없음
	포장 파손	m ²	0.05	1	0.05	1	— —	변동없음
	후타재 접속부 이격	m	—	—	11.00	1	▲ 11.00	신규손상
배수시설	배수구 막힘	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
	균열부백태	m ²	—	—	0.45	3	▲ 0.45	신규손상
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

15.4 콘크리트 내구성 조사

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

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

15.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 15.4.1】 상주방향 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도시험	• 50m 마다	• 50m 마다	4	4	4	4	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	2	2	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	2	1	2	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	—	

【표 15.4.2】 영천방향 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도시험	• 50m 마다	• 50m 마다	4	4	4	4	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	2	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	2	1	2	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	—	—	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

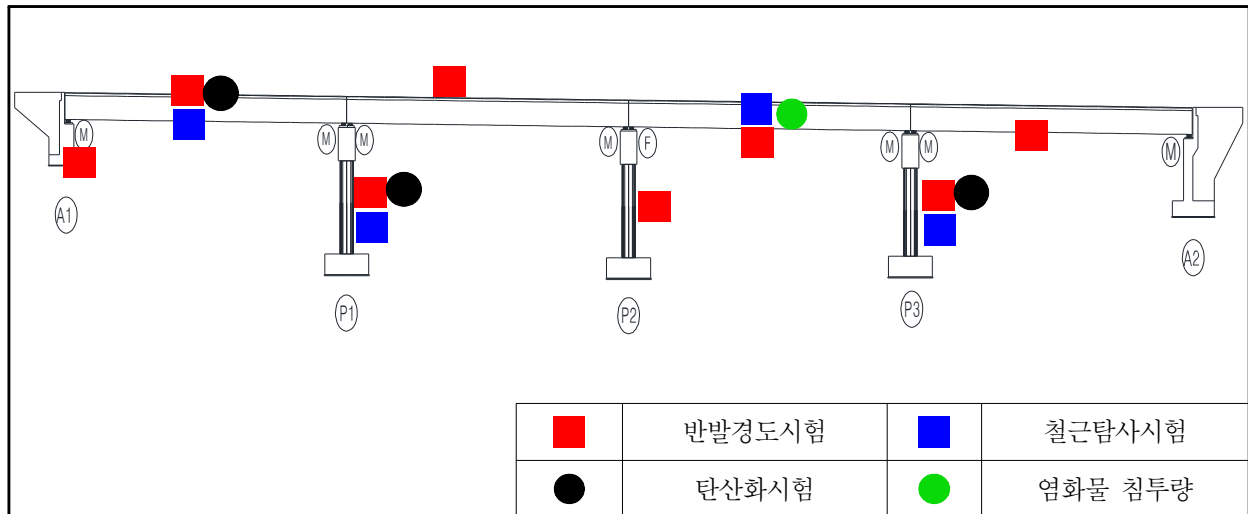
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 교량점검차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량의 비파괴 선정 위치는 외관조사망도를 참고하여 건전부와 비건전부를 선정 후 비파괴시험을 실시하였고, 기존에 실시한 부위의 경우 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

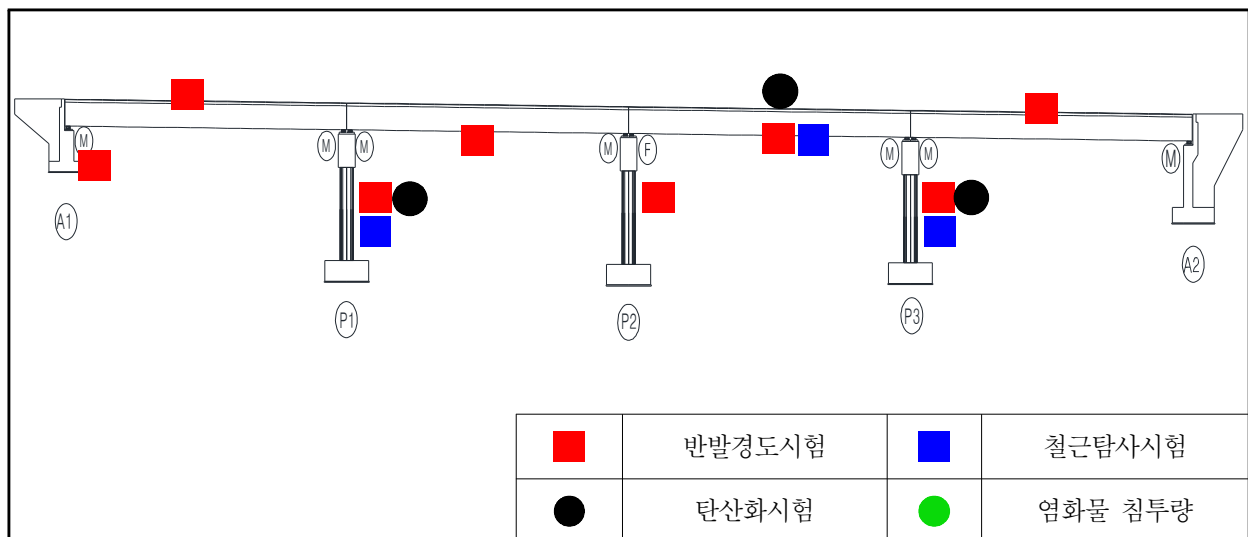
	
반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황
	
철근탐사시험	염화물침투량 시험

【사진 15.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 15.4.1】 상주방향 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 15.4.2】 영천방향 콘크리트 내구성조사 위치도

15.4.2 시험결과 및 분석

가. 상주방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 9개소)을 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 15.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	47.5	27.2	28.0	0.64	27.0	
	S2 바닥판하면	47.7	27.4	28.1			
	S3 가로보	47.6	27.3	28.1			
	S3-G1 거더	48.5	40.0	46.7		40.0	
	S4-G2 거더	49.8	41.2	48.6			

【표 15.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	45.5	25.6	27.1	0.64	24.0	
	P1 교각	48.4	27.9	28.4		27.0	
	P2 교각	48.0	27.6	28.2			
	P3 교각	47.3	27.0	27.9			
	P3 교각(비건전)	46.1	26.0	27.4			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.2~28.1MPa, 상부구
조(거더) 40.0~48.6MPa, 하부구조(교대) 25.6~27.1MPa, 하부구조(교각) 27.0~28.4MPa 로 측정
되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면, 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:
27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한
콘크리트 강도는 공용연수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 15.4.5】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판하면, 가로보	27.2 ~ 28.1	27.0	100.7 ~ 104.1
	거더	40.0 ~ 48.6	40.0	100.0 ~ 121.5
하부구조	교대	25.6 ~ 27.1	24.0	106.7 ~ 112.9
	교각	27.0 ~ 28.4	27.0	100.0 ~ 105.2

② 기 점검결과와의 비교

【표 15.4.6】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판하면, 가로보	27.2 ~ 28.5	27.2 ~ 28.1	27.0
	거더	40.9 ~ 42.4	40.0 ~ 48.6	40.0
	교대	25.6 ~ 27.3	25.6 ~ 27.1	24.0
	교각	27.1 ~ 29.1	27.0 ~ 28.4	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.		

2) 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 15.4.7】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	4.0	46.0	42.0	a	1.63	100년이상	
하부구조	P1 교각	5.0	62.0	57.0	a	2.04	100년이상	
	P3 교각	6.0	63.0	57.0	a	2.45	100년이상	

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 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 15.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	4.0	42.0	
하부구조	5.0~6.0	57.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 15.4.9】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	3.0~5.0	35.0~37.0	a	4.0	42.0	a	
하부구조	7.0~8.0	92.0~93.0	a	5.0~6.0	57.0	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.						

3) 철근탐사시험

철근탐사시험 측정결과는 부록의 측정, 시험, 계측 성과표 항목에 첨부하였다.

나. 영천방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 9개소)을 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 15.4.10】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	47.6	27.3	28.1	0.64	27.0	
	S4 바닥판하면	48.0	27.6	28.2			
	S3 가로보	47.8	27.4	28.2			
	S2-G1 거더	49.0	40.4	47.4		40.0	
	S3-G2 거더	49.6	41.0	48.3			

【표 15.4.11】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	45.3	25.4	27.0	0.64	24.0	
	P1 교각	48.4	27.9	28.4		27.0	
	P2 교각	48.7	28.2	28.6			
	P3 교각	48.3	27.8	28.4			
	P3 교각(비건전)	45.9	25.9	27.3			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면 및 가로보) 27.3~28.2MPa, 상부
구조(거더) 40.4~48.3MPa, 하부구조(교대) 25.4~27.0MPa, 하부구조(교각) 27.8~28.6MPa 로 측정
되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면 및 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교
각: 27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시
한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 15.4.12】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면, 가로보	27.3 ~ 28.2	27.0	101.1 ~ 104.4
	거더	40.4 ~ 48.3	40.0	101.0 ~ 120.8
하부구조	교대	25.4 ~ 27.0	24.0	105.8 ~ 112.5
	교각	27.8 ~ 28.6	27.0	103.0 ~ 105.9

② 기 점검결과와의 비교

【표 15.4.13】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판하면, 가로보	27.0 ~ 28.2	27.3 ~ 28.2	27.0
	거더	41.5 ~ 49.8	40.4 ~ 48.3	40.0
	교대	25.4 ~ 27.2	25.4 ~ 27.0	24.0
	교각	28.4 ~ 29.5	27.8 ~ 28.6	27.0
검토의견		■ 기준 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

2) 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 15.4.14】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	S3 바닥판하면	3.00	42.00	39.00	a	1.22	100년이상	
하부구조	P1 교각	4.00	63.00	59.00	a	1.63	100년이상	
	P2 교각	5.00	75.00	70.00	a	2.04	100년이상	

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

【표 15.4.15】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	3.00	39.0	
하부구조	4.0~5.0	59.0~70.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 15.4.16】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	4.0~5.0	35.0~36.0	a	3.00	39.0	a	
하부구조	4.0~5.0	95.0~96.0	a	4.0~5.0	59.0~70.0	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.						

3) 철근탐사시험

철근탐사시험 측정결과는 부록의 측정, 시험, 계측 성과표 항목에 첨부하였다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 15.4.17】 상주방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면, 가로보	27.2 ~ 28.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.0 ~ 48.6	40.0	
	하부구조	교대	25.6 ~ 27.1	24.0	
		교각	27.0 ~ 28.4	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		42.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		57.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 15.4.18】 영천방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면, 가로보	27.3 ~ 28.2	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.4 ~ 48.3	40.0	
	하부구조	교대	25.4 ~ 27.0	24.0	
		교각	27.8 ~ 28.6	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		59.0~70.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

【표 15.4.19】 상주방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면, 가로보	27.2 ~ 28.5		27.2 ~ 28.1		■ 강도저하 없음
		거더	40.9 ~ 42.4		40.0 ~ 48.6		
	하부구조	교대	25.6 ~ 27.3		25.6 ~ 27.1		
		교각	27.1 ~ 29.1		27.0 ~ 28.4		
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		35.0~37.0	a	42.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		92.0~93.0	a	57.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

【표 15.4.20】 영천방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면, 가로보	27.0 ~ 28.2		27.3 ~ 28.2		■ 강도저하 없음
		거더	41.5 ~ 49.8		40.4 ~ 48.3		
	하부구조	교대	25.4 ~ 27.2		25.4 ~ 27.0		
		교각	28.4 ~ 29.5		27.8 ~ 28.6		
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		35.0~36.0	a	39.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		95.0~96.0	a	59.0~70.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

마. 염화물침투량 시험

염화물침투량 시험의 결과는 6절 내구성능평가 편에 수록하였다.

15.5 안전성능 평가

시설물의 상태안전성능평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12.)』의 상태안전성능평가 기준에 따라 실시한다.

15.5.1 상태안전성능 평가

상태안전성능평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태안전성능평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태안전성능평가 결과를 결정하게 된다.

가. 상태안전성능평가 결과

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

【표 15.5.1】 상주방향 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
S1	A1	IPC	a	a	a	b	a	a	b	b	a	q
S2	P1	IPC	a	a	b	b	a	b	—	b	b	q
S3	P2	IPC	a	a	a	b	a	a	—	a	b	q
S4	P3	IPC	a	a	a	b	a	a	—	a	b	q
	A2								c	b	b	q
평균			0.100	0.100	0.125	0.200	0.100	0.125	0.300	0.160	0.180	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.015	0.025	0.005	0.008	0.003	0.003	0.021	0.024	0.045	—
											0.149	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.149) < 0.260$

나. 공중이 이용하는 부위 상태안전성능평가

① 추락방지시설

최상의 상태인 “a” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

② 도로포장

결함의 진행 여부를 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태인 “b” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

③ 도로부 신축이음부

국부적인 손상이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태인 “c” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

다. 영천방향

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

【표 15.5.2】 영천방향 상태안전성능평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초
S1	A1	IPC	a	a	a	b	a	a	c	b	a	q
S2	P1	IPC	a	a	b	b	c	b	—	a	b	q
S3	P2	IPC	a	a	a	b	a	b	—	b	b	q
S4	P3	IPC	a	a	a	b	a	b	—	b	a	q
	A2								b	b	a	q
평균			0.100	0.100	0.125	0.200	0.175	0.175	0.300	0.180	0.140	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균X가중치) /가중치합			0.015	0.025	0.005	0.008	0.005	0.004	0.021	0.027	0.035	—
											0.145	
											A	

■ 결함도 범위 : $0.100 \leq \text{결함도지수}(0.145) < 0.130$

라. 공중이 이용하는 부위 상태안전성능평가

① 추락방지시설

경미한 결함 및 파손이 발생한 상태로 지속적인 관찰 후 보수가 필요한 “b” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

② 도로포장

결함의 진행 여부를 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태인 “b” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

③ 도로부 신축이음부

국부적인 손상이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태인 “c” 로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생한 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

마. 시설물 전체 상태안전성능평가 결과

【표 15.5.3】 시설물 전체 상태안전성능평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태안전 성능평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
상주방향	0.149	B	180	2	360	0.500	0.074
영천방향	0.144	B	180	2	360	0.500	0.072
합계(Σ)			360	4	720	1.000	0.147
1. 평가지수 =							0.147
2. 상태안전성능평가결과 =							B

15.5.2 구조안전성능평가

금회 과업은 2종 성능평가로써 기 진단(구조해석)자료가 부재한 상태로 설계당시 준공도면, 구조계산서 등 기초자료를 검토하여 구조안전성능평가를 실시하였다.

구조안전성능 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 구조안전성능 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

가. 구조안전성능평가 결과산정

1) 바닥판 및 IPC Beam 거더교

(1) 교량형식

- 구조형식 : IPC Beam 거더교
- 경 간 장 : 2@45 = 90.0 m
- 폭 원 : 12.455 m
- 교량등급 : 1등교
- 설계하중 : DB-24, DL-24
- 사 각 : 90°

(2) 검토조건

○ SLAB 콘크리트

- ① 설계기준강도 : 27.0 MPa
- ② 허용휨압축응력 : $f_{ca} = 0.8f_{ck} = 10.8\text{MPa}$
- ③ 탄성계수 : $E_c = 2.55\text{E}+04\text{ MPa}$

○ 철근

- ① 극한강도 : 400.0 MPa
- ② 탄성계수 : $E_c = 2.00\text{E}+05\text{ MPa}$

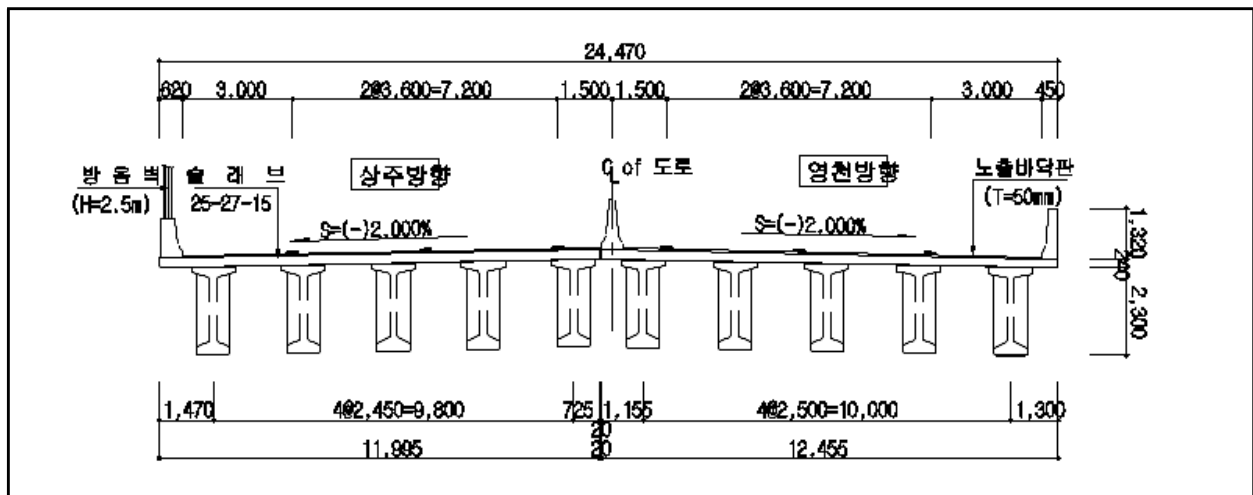
○ IPC Beam

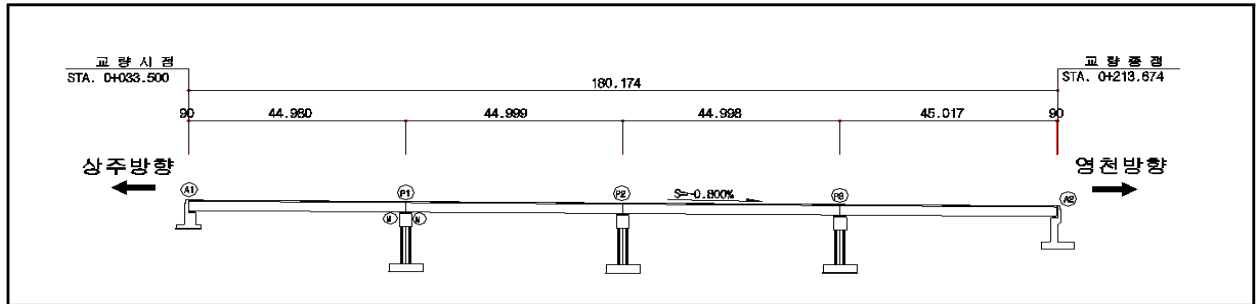
- ① 설계기준강도 : 40.0 MPa
- ② 항복휨압축응력 : 16.0 MPa
- ③ 탄성계수 : $E_c = 2.93\text{E}+04\text{ MPa}$

○ 철근

- ① 극한강도 : 300.0 MPa
- ② 탄성계수 : $E_c = 2.00\text{E}+05\text{ MPa}$

(3) 검토단면





(4) 고정하중

구 분	콘크리트	강 재	포 장
단위중량(kN/m³)	25.00	78.50	23.50

(5) 구조계산 결과요약

■ 허용응력 검토 결과(내측거더)

구 분	하중 단계	응 력(MPa)					
		합성 단면		합성 단면			
		거 더		바닥판		거 더	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
중앙부 (L1거더, L2거더)	부재의 자중	9.70	-10.81	-	-	9.70	-10.81
	1차 긴장응력	초기	-6.12	27.06	-	-	-
	유효	-	-	-	-	(-5.7)	(25.1)
	바닥판의 자중	8.07	-8.08	-	-	8.07	-8.08
	시공 도중 긴장력의 감소	-	-	0.24	0.09	0.10	-1.62
	2차 긴장응력	초기	-	-0.43	0.02	0.02	5.05
	유효	-	-	(-0.4)	(0.0)	(0.0)	(4.3)
지점부 (교각부)	2차 긴장시 1차응력 손실량	-	-	0.07	0.02	0.03	-0.50
	2차 모멘트	-	-	0.29	0.21	0.25	-0.58
	추가 고정하중	-	-	0.48	0.36	0.41	-0.97
	최종 긴장력 감소	-	-	0.31	0.09	0.10	-2.37
	활하중	-	-	1.72	1.28	1.47	-3.44
	부재의 자중	-	-	-	-	-	-
	1차 긴장응력	초기	-	-	-	-	-
	유효	-	-	-	-	-	-
	2차 긴장응력	초기	-	1.31	1.16	1.16	-0.24
	유효	-	-	(1.1)	(1.0)	(1.0)	(-0.2)
	2차 모멘트	-	-	0.55	0.43	0.43	-0.73
	추가 고정하중	-	-	-0.47	-0.37	-0.37	0.63
	최종 긴장력 감소	-	-	-0.24	-0.21	-0.21	0.04
	활하중	-	-	-1.87	-1.46	-1.46	2.50

■ 허용응력 검토 결과(외측거더)

구 분	하중 단계		응 력(MPa)					
			합성 단면		합성 단면			
			거 더		바닥판		거 더	
			상연	하연	상연	하연	상연	하연
중앙부 (L1거더,L2거더)	부재의 자중		9.70	-10.81	-	-	9.70	-10.81
	1차 긴장응력	-6.12	27.06	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	(-5.7)	(25.1)	(25.1)
	초기		-8.07	-	-	8.06	-8.07	-8.08
	유효		-	0.24	0.09	0.10	-1.62	-1.62
	바닥판의 자중	8.06	-	-0.43	0.02	0.03	5.05	5.05
		-	-	(-0.4)	(0.0)	(0.0)	(4.3)	(4.3)
	시공 도중 긴장력의 감소		-	0.07	0.02	0.03	-0.49	-0.50
	2차 긴장응력		-	0.29	0.21	0.24	-0.58	-0.58
	초기		-	0.45	0.33	0.38	-0.90	-0.97
	-		-	0.31	0.08	0.10	-2.36	-2.37
	유효		-	2.03	1.50	1.73	-4.09	-3.44
지점부 (교각부)	-		-	-	-	-	-	-
	2차 긴장시 1차응력 손실량	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
	2차 긴장응력	초기	-	-	1.29	1.15	1.15	-0.23
		유효	-	(1.1)	(1.0)	(1.0)	(-0.2)	(-0.2)
	-		-	0.54	0.42	0.42	-0.73	-0.73
	2차 모멘트		-	-0.61	-0.48	-0.48	0.82	0.63
	-		-	-0.23	-0.21	-0.21	0.04	0.04
	추가 고정하중		-	-2.29	-1.79	-1.79	3.08	2.50

나. 구조안전성능평가 결과

1) 내하력평가

본 과업에서는 교량별 바닥판 및 주거더(P.S.C BEAM)에 대하여 세부지침(2022.12)을 토대로 설계하중에 대한 구조검토 결과를 이용하여 기본내하력을 산정한다.

2) 허용응력설계법에 의한 평가방법

① 내하율(Rating Factor)

$$\text{내하율 (RF)} = \frac{f_a - f_d}{f_{LS(1+i)}}$$

여기서, RF : 내하율

f_a : 재료의 허용응력

f_d : 고정하중에 의한 응력

$f_{LS(1+i)}$: 충격계수를 고려한 설계활하중(LS-22)에 의한 응력

② 내하력(Load Carrying Capacity)

$$\text{기본내하력(P)} = \text{RF} \times \text{Pr}$$

여기서, P : 기본내하력

Pr : 설계활하중(LS-22)

■ 허용응력설계법에 의한 IPC BEAM의 내하율 평가결과

구 분			f_a	f_{pe}	f_d	$f_l(1+i)$	$R.F$
장기교	외측 거더	상연	16.0	-5.70	12.42	1.73	5.360
		하연	-3.2	29.4	-19.78	-4.09	3.134
	내측 거더	상연	16.0	-5.7	12.46	1.470	6.285
		하연	-3.2	29.4	-19.86	-3.440	3.703

3) 강도설계법에 의한 평가방법

① 내하율(Rating Factor)

$$\text{내하율(RF)} = \frac{\phi M_n - \gamma_d \cdot M_d}{\gamma_e \cdot M_e(1+i)}$$

여기서, RF : 내하율

ϕM_n : 설계휨강도

M_d : 고정하중에 의한 모멘트

$M_l(1+i)$: 충격계수를 고려한 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d : 고정하중계수(1.3)

γ_l : 활하중계수(2.15)

② 내하력(Load Carrying Capacity)

기본내하력(P) = RF × Pr

여기서, P : 기본내하력

Pr : 설계활하중

■ 강도설계법에 의한 바닥판의 내하율 평가결과

구 분	ϕM_n	M_d	$M_l(1+i)$	$R.F$
캔틸레버부(G1측)	91.80	10.385	19.20	1.898

4) 내하력평가 결과

바닥판의 기본내하력은 강도설계법에 따라 평가하였고, 주거터(P.S.C BEAM)의 경우는 허용응력설계법에 따라 검토하였다. 검토 결과, 모두 설계내하력인 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 다음은 내하력평가 결과를 보여준다.

■ 공용내하력 산정 결과

구 분			내하율	응답보정계수	기본내하력	공용내하력
주형	외측 주형	상연	5.360	1.063	DB-24이상	DB-24이상
		하연	3.134			
	내측 주형	상연	6.285			
		하연	3.703			
바닥판	캔틸레버부(G1측)		1.898	—	DB-24이상	—

■ 허용응력설계법

구 분			fa(허용응력) (MPa)	fs(발생응력) (MPa)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급	비 고
장기교	외측 거더	상연	16.000	14.25	1.122	A	
		하연	16.000	3.19	5.015	A	
	내측 거더	상연	16.000	14.03	1.140	A	
		하연	16.000	3.74	4.278	A	

■ 강도설계법

구 분	ØMn (kN-m)	Mu (kN-m)	SF(안전율)	비 고
캔틸레버부(G1측)	91.80	68.79	1.334	A
캔틸레버부(G5측)	57.85	40.85	1.416	A

■ 구조안전성 및 내하력에 의한 평가

구 분			내하율	응답보정계수	기본내하력	공용내하력
주형	외측 주형	상연	5.360	1.063	DB-24이상	DB-24이상
		하연	3.134			
	내측 주형	상연	6.285			
		하연	3.703			
바닥판	캔틸레버부(G1측)		1.898	—	DB-24이상	—

15.5.3 안전성능평가 결과

평가대상에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능을 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태안전성능지수와 구조안전성능지수를 비교하여 작은 값을 최종 안전성능지수로 결정하여 교량의 안전성능 결과를 결정한다.

교량의 구조안전성능 평가지수 = Min(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
장기교	0.147	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과 최저평가지수인 0.147로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

15.6 내구성능 평가

15.6.1 콘크리트 내구성능 평가

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 함유량, 피복 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 비래염분에 의한 염해환경 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경이다.

콘크리트 내구성능 평가 결과 산정방법은 내구성능 평가 지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용된다.

15.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 대구광역시 군위군 효령면 장기리에 위치하며, 동해안으로부터 약 72.2km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과, 동해안으로부터 교량까지의 거리가 500m를 초과하여 평가등급은 A등급으로 분석되었다.



【그림 15.6.1】 위치도

【표 15.6.1】 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과

평가항목	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	평가 등급
해안거리에 따른 비래염분 염해환경	동해안	전지역	500초과	a등급

2) 제설제 염해환경

강설일수는 기상청 기후자료를 참조하였으며, 기상관측소는 영천관측소이나, 관련자료가 없는 상태이다. 자료가 있는 관측소 중 가장 가까운 관측소인 대구 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최심신적설 자료 중 2013년부터 2023년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 1.5일로 확인되었고, 평가등급은 A등급으로 분석되었다.

【표 15.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	대구광역시 군위군 효령면 장기리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	0일	2017.11~2018.3	7일	2020.11~2021.3	2일
2014.11~2015.3	0일	2018.11~2019.3	1일	2021.11~2022.3	0일
2015.11~2016.3	2일	2019.11~2020.3	0일	2022.11~2023.3	1일
2016.11~2017.3	2일	평균 강설일수			1.5일

주) 강설일수는 최근 10년간 최심신적설이 발생한 일수의 연간 평균값, *참고 : 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr/>)

나. 동해환경 평가

동결융해 반복일수에 따른 동해환경 평가는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 영천 관측소에서 측정된 최근 10년간의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 데이터를 수집하여 평가하였으며, 동해환경 평가는 다음과 같다.

- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재일 경우

{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0}인 연평균 일수

- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재일 경우

{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃}인 연평균 일수

수분과 미접촉하는 부재의 경우 5.9회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 71.6회로써 동결융해 환경은 “B” 등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 5.9회로 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.

【표 15.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	대구광역시 군위군 효령면 장기리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	83일	2017.11~2018.3	80일	2020.11~2021.3	60일
2014.11~2015.3	86일	2018.11~2019.3	78일	2021.11~2022.3	76일
2015.11~2016.3	62일	2019.11~2020.3	53일	2022.11~2023.3	71일
2016.11~2017.3	67일	동결융해 횟수 (수분접촉)			71.6회

【표 15.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	대구광역시 군위군 효령면 장기리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	12일	2017.11~2018.3	3일	2020.11~2021.3	3일
2014.11~2015.3	14일	2018.11~2019.3	4일	2021.11~2022.3	0일
2015.11~2016.3	7일	2019.11~2020.3	3일	2022.11~2023.3	3일
2016.11~2017.3	10일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			5.9회

다. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

【표 15.6.5】 염화물 함유량 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 함유량	바닥판	S3	0.675	0.639	0.279	a

【표 15.6.6】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S3	—	3.182	3.182

【표 15.6.7】 철근부의 전염화물 함유량이 2.5(kg/m³)가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		계산결과(year)	평가등급
철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	바닥판	S3	10년 이하	d

【표 15.6.8】 염화물 침투량 최종 평가등급

세부 부재명		염화물 함유량 평가 결과	철근부 전염화물 함유량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	염화물 함유량 최종 평가 등급
바닥판	S3	a	d	d

2) 탄산화 깊이

【표 15.6.9】탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		탄산화 깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	개별 평가등급	평가 등급
탄산화 깊이	상주방향	S1 바닥판하면	4.0	1.63	30년 초과	a	a
		P1 교각	5.0	2.04	30년 초과	a	a
		P3 교각	6.0	2.45	30년 초과	a	a
	영천방향	S3 바닥판하면	3.00	1.22	30년 초과	a	a
		P1 교각	4.00	1.63	30년 초과	a	a
		P2 교각	5.00	2.04	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 15.6.10】피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	상주방향	바닥판	S1	102.2	—	a	0.10	a
			S2	102.7	—	a		
		거더	S3-G1	108.3	—	a		
			S4-G2	112.3	—	a		
		가로보	S3	102.5	—	a		
		교대	A1	109.7	—	a		
		교각	P1	104.4	—	a	0.10	a
			P2	103.4	—	a		
			P3	101.8	—	a		
			P3 (비건전)	98.9	97.1	a		

【표 15.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가(계속)

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	상주방향	바닥판	S1	102.5	—	a	0.10	a
			S4	103.4	—	a		
		거더	S2-G1	109.8	—	a		
			S3-G2	111.7	—	a		
		가로보	S3	102.9	—	a		
		교대	A1	109.2	—	a		
		교각	P1	104.4	—	a	0.11	a
			P2	105.1	—	a		
			P3	104.1	—	a		
			P2 (비건전)	98.5	93.7	b		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 15.6.11】 대상교량 제원

교량형식		콘크리트 거더교
경간장 및 경간수		45@4 = 180m
교폭		24.4m
바닥판의 높이		5m이상
거더 갯수		10
2차 부재		L=2.74m, 교축방향 22.5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		6년
위치	지역	대구광역시 군위군 효령면 장거리
	해안 이격거리	500m 초과

【표 15.6.12】 일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(33)	d	a	a	d	0.7
	거더(35)	—	a	a	a	0.1
	2차부재(7)	—	a	a	a	0.1
하부	교대/교각(25)	—	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.7 \times 33 + 0.1 \times 35 + 0.1 \times 7 + 0.1 \times 25) / 100 = 0.298$			
		등급	C			

【표 15.6.13】 열화환경지표의 평가

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		A
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		B

15.6.3 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 15.6.14】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.298	c	1.0	0.298
결함도점수				0.298
내구성능평가 결과				C

15.7 사용성능 평가

교량의 사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적에 만족하기 위한 성능으로 정의한다.

시설물의 사용성능은 주행성과 기능성으로 구분되며, 주행성은 사용자의 편의를 도모하는 시설의 성능으로 시설물에 대한 이용자의 만족도로 평가하며, 기능성은 시설물이 계획 당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

각 성능별로 세부지표의 평가 결과를 가중치를 반영하여 최종 평가 등급으로 결정한다.

교량의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 주행성과 기능성으로 구분하고 해당 시설물의 특징을 반영하여 필요 성능을 도출한다.

교량에서는 서비스의 성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 사용자의 만족도 측면에서 주행성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량을 선정한다.

15.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 고속도로 포장상태 지수(HPCI) 산정

과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 0.58~4.20으로 평가되었다.

【표 15.7.1】 포장상태 평가결과

평가항목	노선명	방향	차로	조사연장(m)	HPCI	평가등급
포장상태	상주영천고속도로	상주	1	180.0	0.69	e등급
	상주영천고속도로	상주	2	180.0	0.58	e등급
	상주영천고속도로	영천	1	180.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	영천	2	180.0	0.69	e등급
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 2.0미만으로 산정되어 불량한 e등급으로 평가되었다.					

2) 교량조명

- 해당 교량에는 조명시설이 설치되어있지 않아 해당항목 평가는 실시하지 않았다.

3) 진동사용성

(1) 측정

- 해당 교량의 진동사용성 평가를 위하여 교량의 최대 처짐과 고유진동수를 측정하였다.

(2) 분석결과

- 처짐과 고유진동수를 측정한 결과, 1.687~7.890mm/s, 7.3~7.8Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간에 해당되어 e등급으로 평가된다.

4) 점검시설

- 해당 교량의 경우 교각은 3기가 시공되어있으며, 점검로의 경우 전 구간에 미 설치된 것으로 조사되었다.

【표 15.7.2】 점검시설 평가결과

평가 기준	평가내용		평가 결과
	설치 유무	설치상태	
a	점검로가 교각마다 모두 설치 되어 있을 때	점검로가 신설되어 모두 양호한 상태	
b	점검로가 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로가 모두 양호한 상태	
c	점검로가 교각의 60% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때	
d	점검로가 교각의 40% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때	
e	점검로가 교각의 40% 미만으로 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태	○

- 점검로가 교각의 전 구간에 미 설치되어 있는 상태로 e등급으로 평가되었다.

5) 교통량

대상 시설물의 낙동JCT~영천JCT의 2022년 평균 수요예측 및 상주영천고속도로 소요실제 교통량 조사 결과, 수요예측 교통량은 49,877/일이며, 소요실제 교통량은 30,787/일로 수요예측/수요실제의 비율이 100% 이상으로 산정되어 a등급으로 평가되었다.

【표 15.7.3】 교통량의 성능평가

구 분	수요예측(대/일) a	소요실제(대/일) b	대비(%) a/b*100	평가등급	비고
장기교	49,877	30,787	162.0	a등급	2022년 교통량

15.7.2 사용성능평가 결과

【표 15.7.4】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	e	1.0
		조명시설	0.150	—	—
		진동사용성	0.202	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	e	1.0
	수요 및 용량	교통량	0.195	a	0.1
				결합도점수	0.675
				등급	D

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 1.0×0.247 (포장상태) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 1.0×0.206 (점검시설의 유무) + 0.1×0.195 (교통수요) = 0.675

15.8 종합성능평가

성능평가를 통해 실시 결과에 따라 결정된 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 종합하여 종합성능등급을 결정하였다.

종합평가 및 종합성능등급의 산정 절차와 방법은 「세부지침」에 따르며, 최종적으로 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급과 함께 종합성능등급의 결과를 작성하였다.

【표 15.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	장기교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.147	b	0.68
내구성능 평가	0.298	c	0.19
사용성능 평가	0.675	d	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.147 \times 0.68 + 0.298 \times 0.19 + 0.675 \times 0.13 = 0.244$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.244 • 종합성능평가 결과 : B등급		

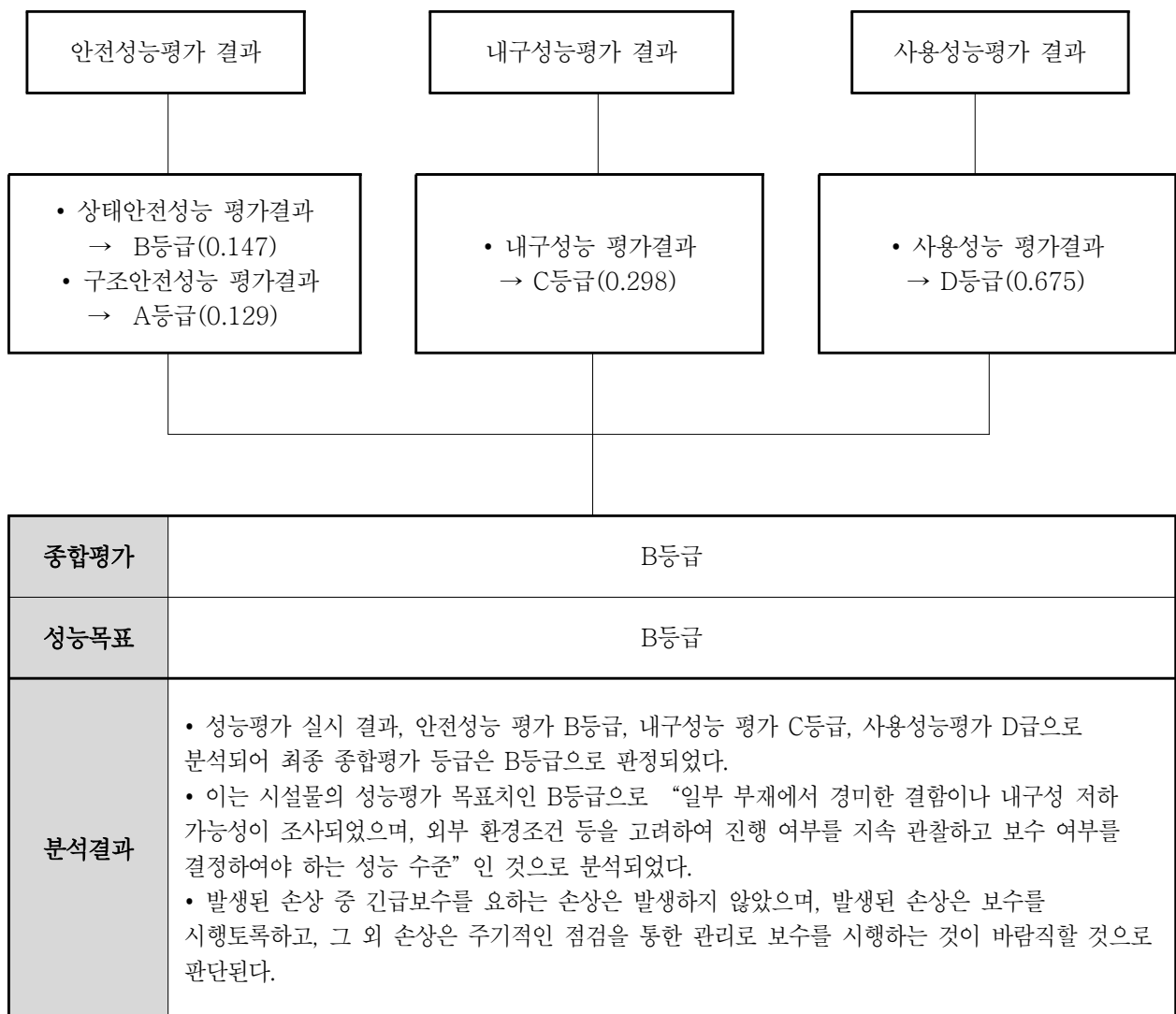
15.9 유지관리 전략제안

15.9.1 성능목표 등급 산정

【표 15.9.1】 성능목표 등급산정

일교통량	30,787 대/일
중차량 통행량	차선당 813대/일 (3,252 대/일)
대상교량의 차단 시 우회거리	16.0km
성능목표 등급	B($0.20 \leq X < 0.26$)

15.9.2 성능평가 실시결과 검토·분석



15.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 상주방향 보수 개략공사비

【표 15.9.2】 상주방향 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
가로보	재료분리	단면보수	0.06	0.09	m ²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.00	0.50	m ²	—	—	하자
	체수흔적	주의관찰	6.00	9.00	m ²	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	17.00	4.25	m ²	—	—	하자
교량받침	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	표면처리	1.00	0.25	m ²	54	14	3순위
	플레이트 부식	재도장	6.00	6.00	EA	40	240	2순위
	받침콘크리트 백태	표면처리	0.40	0.60	m ²	54	32	3순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	3.80	0.95	m ²	54	51	3순위
	후타재 박리	단면보수	0.02	0.03	m ²	165	5	2순위
	본체 이물질퇴적	청소	6.00	9.00	m	25	225	3순위
교면포장	망상균열	표면처리	1120.0	1680.0	m ²	—	—	4순위
	접속부 파손	단면보수	1.00	1.50	m ²	165	248	3순위
방호벽 및 중분대	균열(0.3mm미만)	표면처리	13.00	3.25	m ²	54	176	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		245		746		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		123		373		
	합계	—		368		1,119		
개략공사비 총계(천원)		1,487						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

나. 영천방향 보수 개략공사비

【표 15.9.3】 영천방향 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
가로보	재료분리	단면보수	0.10	0.15	m ²	—	—	하자
교대	체수흔적	주의관찰	8.00	12.00	m ²	—	—	하자
	누수흔적	주의관찰	0.60	0.90	m ²	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	10.00	2.50	m ²	—	—	하자
	망상균열	표면처리	10.00	15.00	m ²	—	—	하자
교량받침	무수축물탈균열(0.3mm미만)	표면처리	0.40	0.10	m ²	54	5	3순위
	받침콘크리트균열(0.3mm미만)	표면처리	0.30	0.08	m ²	54	4	3순위
	받침콘크리트파손, 들뜸	단면보수	0.04	0.06	m ²	165	10	2순위
	Plate부식	채도장	7.00	7.00	EA	40	280	2순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	0.60	0.15	m ²	54	8	3순위
	후타재 파손	단면보수	0.05	0.08	m ²	165	13	2순위
	이물질퇴적	청소	3.00	4.50	m	25	113	3순위
교면포장	망상균열	표면처리	480.00	720.00	m ²	—	—	4순위
	포장 파손	단면보수	0.05	0.08	m ²	165	13	2순위
	후타재 접속부 이격	주의관찰	11.00	16.50	m	—	—	4순위
배수시설	배수구 막힘	정비	1.00	1.00	EA	25	25	3순위
방호벽 및 중분대	균열(0.3mm미만)	표면처리	3.00	0.75	m ²	54	41	3순위
	균열부백태	표면처리	0.45	0.68	m ²	54	37	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		316		233		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		158		117		
	합계	—		474		350		
개략공사비 총계(천원)		824						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

다. 상주방향 성능을 고려한 보수 우선순위

【표 15.9.4】 우선순위지수 산정

구분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
단면보수	0.06	0.09	—	—	재료분리	가로보	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	10
표면처리	2.00	0.50	—	—	균열(0.3mm미만)	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	4
주의관찰	6.00	9.00	—	—	체수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	4
표면처리	17.00	4.25	—	—	균열(0.3mm미만)	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	4
표면처리	1.00	0.25	54	14	반침콘크리트균열(0.3mm미만)	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
채도장	6.00	6.00	40	240	플레이트부식	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
표면처리	0.40	0.60	54	32	반침콘크리트 백태	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
표면처리	3.80	0.95	54	51	후타체 균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	7
단면보수	0.02	0.03	165	5	후타체 박리	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	7
청소	6.00	9.00	25	225	본체 이물질퇴적	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	7
표면처리	112000	168000	—	—	망상균열	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	10
단면보수	1.00	1.50	165	248	접착부 파손	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	10
표면처리	13.00	3.25	54	176	균열(0.3mm미만)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	13

라. 영천방향 성능을 고려한 보수 우선순위

【표 15.9.5】 우선순위지수 산정

구분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등 급	손 상	부 재	성 능	등 급		
단면보수	0.10	0.15	—	—	재료분리	가로보	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	12
주의관찰	8.00	12.00	—	—	체수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	5
주의관찰	0.60	0.90	—	—	누수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	5
표면처리	10.00	2.50	—	—	균열(0.3mm미만)	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	5
표면처리	10.00	15.00	—	—	망상균열	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	5
표면처리	0.40	0.10	54	5	무수축말단 균열(0.3mm미만)	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
표면처리	0.30	0.08	54	4	반침콘크리트 균열(0.3mm미만)	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
단면보수	0.04	0.06	165	10	반침콘크리트 파손	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
제도장	7.00	7.00	40	280	Plate부식	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
표면처리	0.60	0.15	54	8	후타체 균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	9
단면보수	0.05	0.08	165	13	후타체 파손	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	9
청소	3.00	4.50	25	113	이물잔존	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	9
표면처리	48000	72000	—	—	망상균열	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	12
단면보수	0.05	0.08	165	13	포장 파손	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	12
주의관찰	11.00	16.50	—	—	후타체 접속 부 이격	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	12
정비	1.00	1.00	25	25	배수구 막힘	배수시설	안전 성능	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	16
표면처리	3.00	0.75	54	41	균열(0.3mm미만)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	17
표면처리	0.45	0.68	54	37	균열부백태	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	17

다. 유지관리 전략 제언

관리주체는 관할 내 교량의 경제성(교통량, 투입비용, 향후교통량), 검토사항(시공성, 제 3 대상 위험도, 노선, 환경), 사고위험 등을 종합적으로 고려하여 다수의 시설물 중 보수의 우선순위가 높은 시설물을 결정하고, 개별시설물의 비용효과 분석을 통해 선정된 시설물 내의 부재별 보수·보강 우선순위를 결정하여 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다만, 부재별 우선순위를 선정할 때 부재 내의 손상의 경중을 고려한 것이 아닌, 부재별 총공사비와 해당 부재의 가중치를 비교하여 도출된 결론으로써 부재별 보수·보강의 효율성을 판단하는 것이므로 우선순위가 높은 부재라고 하더라도 그 부재가 주요손상을 포함하고 있다고 할 수는 없다. 그러므로 보수를 실시하고자 할 때 주요 손상에 대해 우선적으로 보수를 하고 순위별로 순차적으로 보수 조치를 취하도록 한다.

해당 교량은 종합성능평가 결과가 0.244으로 평가되었으며, 성능목표인 $0.20 \leq X < 0.26$ 을 만족하고 있는 것으로 조사되었고, 교량의 내구연한 증진을 위하여 경제성을 고려한 우선순위를 대상으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

15.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 대구광역시 군위군 효령면 장거리(상주영천고속도로 44.218~44.428km)에 위치한 교량으로서 총 연장 180.0m, 폭 24.4m, 왕복 4차로로 2017년도에 준공되어 약 6년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태안전성능평가 등을 통한 종합 결론을 요약하면 다음과 같다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” (이하 “시설물안전법”이라 한다.)에 따른 성능평가를 시행하여 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데에 있다.

15.10.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(상주방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요망된다.

2) IPC Girder

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

3) 가로보

- 가로보의 외관조사 결과, 시공미흡, 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 재료분리가 조사되었고, 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

4) 교대

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상이나 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 체수흔적의 경우 신축이음을 통한 우수유입에 의한 손상으로 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수를 실시하는 것이 요구된다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 받침콘크리트 균열의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요망된다.
- 플레이트 부식의 경우 공용기간 증가, 습기흡착, 신축이음 하부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 재도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단되고, 재손상 방지를 위해 신축이음과 연계된 보수가 선행되어야 한다.
- 받침콘크리트 백태는 시공시 습기흡착에 의한 손상으로 판단되며, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 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, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 박리는 건조수축, 차량 통행하중 및 충격, 장기공용 등으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 확보를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수가 요구된다.
- 비산먼지, 공용기간 증가 등에 의한 이물질 퇴적의 경우 신축이음의 원활한 거동을 위한 청소 등의 정비가 필요할 것으로 판단된다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 검토온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장의 외관조사 결과, 망상균열, 접속부 파손이 조사되었고, 건조수축 및 거푸집 조기탈형, 공용중 열화, 차량 윤하중 등의 복합적 원인에 의한 손상으로 접속부 파손의 경우 단면보수가 요구되며, 망상균열의 경우 손상의 진전여부에 대한 주의관찰 후 진전시 재포장 등과 같은 보수대책을 수립하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수시설은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통해 원활한 배수를 유지하는 것이 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽의 외관조사 결과, 건조수축 및 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열(0.3mm미만)이 조사되었고, 시설물의 내구성 확보 및 2차 손상발생을 방지하기 위한 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

11) 교량 점검시설

- 장기교의 교량 점검시설은 미설치인 상태로 확인되었다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 추락방지시설은 방호벽, 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.2~28.1MPa, 상부구조(거더) 40.0~48.6MPa, 하부구조(교대) 25.6~27.1MPa, 하부구조(교각) 27.0~28.4MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면, 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 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.
- 상부구조 탄산화깊이는 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.

나. 현장조사 및 시험(영천방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요망된다.

2) IPC Girder

- 거더의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보에 발생한 재료분리의 경우 시공미흡, 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.

4) 교대

- 교대에 발생한 누수흔적, 체수흔적의 경우 신축이음을 통한 우수유입에 의한 손상으로 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수를 실시하는 것이 요구된다.

5) 교각

- 교각에 발생한 균열(0.3mm미만), 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상이나 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 요구된다.

6) 교량받침

- 무수축물탈 균열, 받침콘크리트 균열의 경우 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 판단되며, 교량받침의 거동에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요망된다.
- 받침콘크리트 파손, 들뜸의 경우 시공초기 다짐부족, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 플레이트 부식의 경우 공용기간 증가, 습기흡착, 신축이음 하부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 재도장 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단되고, 재손상 방지를 위해 신축이음과 연계된 보수가 선행되어야 한다.
- 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, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화, 보수미흡 등으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행 차량의 안전성 확보 차원에서 표면처리, 단면 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 본체 이물질퇴적의 경우 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 것으로 청소 등의 정비가 요구된다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 검토온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 망상균열, 파손은 건조수축 및 거푸집 조기 탈형, 공용중 열화, 차량 윤하중, 성토부 침하 등에 의한 손상으로 판단되며, 파손의 경우 단면보수, 망상균열의 경우 손상의 진전여부에 대한 주의관찰 후 진전시 재포장 등과 같은 보수대책을 수립하는 것이 필요할 것으로 사료된다.
- 후타재 접속부 이격의 경우 공용기간 증가, 접속부 침하 등에 의한 손상으로 추정되며, 현재 손상 정도가 경미하며 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 수준은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

9) 배수시설

- 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이나 배수구 막힘이 1개소 조사되었으며, 이는 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 청소 등의 정비를 실시하는 것이 요구된다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만), 균열부백태는 건조수축, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분 침투, 공용기간 증가 등에 의한 손상으로 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 요구된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 조사되었고, 점검로는 점검자의 안전과 연관되어 있으므로, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 추락방지시설은 방호벽, 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.3~28.2MPa, 상부구조(거더) 40.4~48.3MPa, 하부구조(교대) 25.4~27.0MPa, 하부구조(교각) 27.8~28.6MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면, 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 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.
- 상부구조 탄산화깊이는 3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~5.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

15.10.2 성능평가 결과

【표 15.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	장기교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.147	b	0.68
내구성능 평가	0.298	c	0.19
사용성능 평가	0.675	d	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.147 \times 0.68 + 0.298 \times 0.19 + 0.675 \times 0.13 = 0.244$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.244 • 종합성능평가 결과 : B등급		

15.10.3 종합결론

- 장기교는 약 6년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 교대 및 교각 균열, 교량받침 균열, 신축이음 후타재 파손, 교면포장 파손 등의 손상은 공용기간 경과시 손상의 진전 및 2차 손상 발생 우려가 있으므로 구조물의 내구성 및 사용성 향상을 위한 적절한 조치를 취하는 것이 필요하다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, B등급(0.244)으로 평가되어 B등급(결함도 범위 : $0.20 \leq X < 0.26$)인 성능목표를 달성한 상태이므로 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

15.10.4 사용제한의 필요성 여부

- 내구성능의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사항은 발생되지 않은 상태에서 시설물의 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

15.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 교량받침 플레이트 부식, 신축이음 후타재 박리 및 파손에 대하여 손상의 진전여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

15.10.6 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

