

5. 월가교

- 5.1 시설물 개요
- 5.2 자료수집 및 분석
- 5.3 현장조사
- 5.4 콘크리트 내구성조사
- 5.5 안전성능 평가
- 5.6 내구성능 평가
- 5.7 사용성능 평가
- 5.8 종합성능평가
- 5.9 유지관리 전략제안
- 5.10 종합결론 및 건의사항

5. 월가교

5.1 시설물의 개요

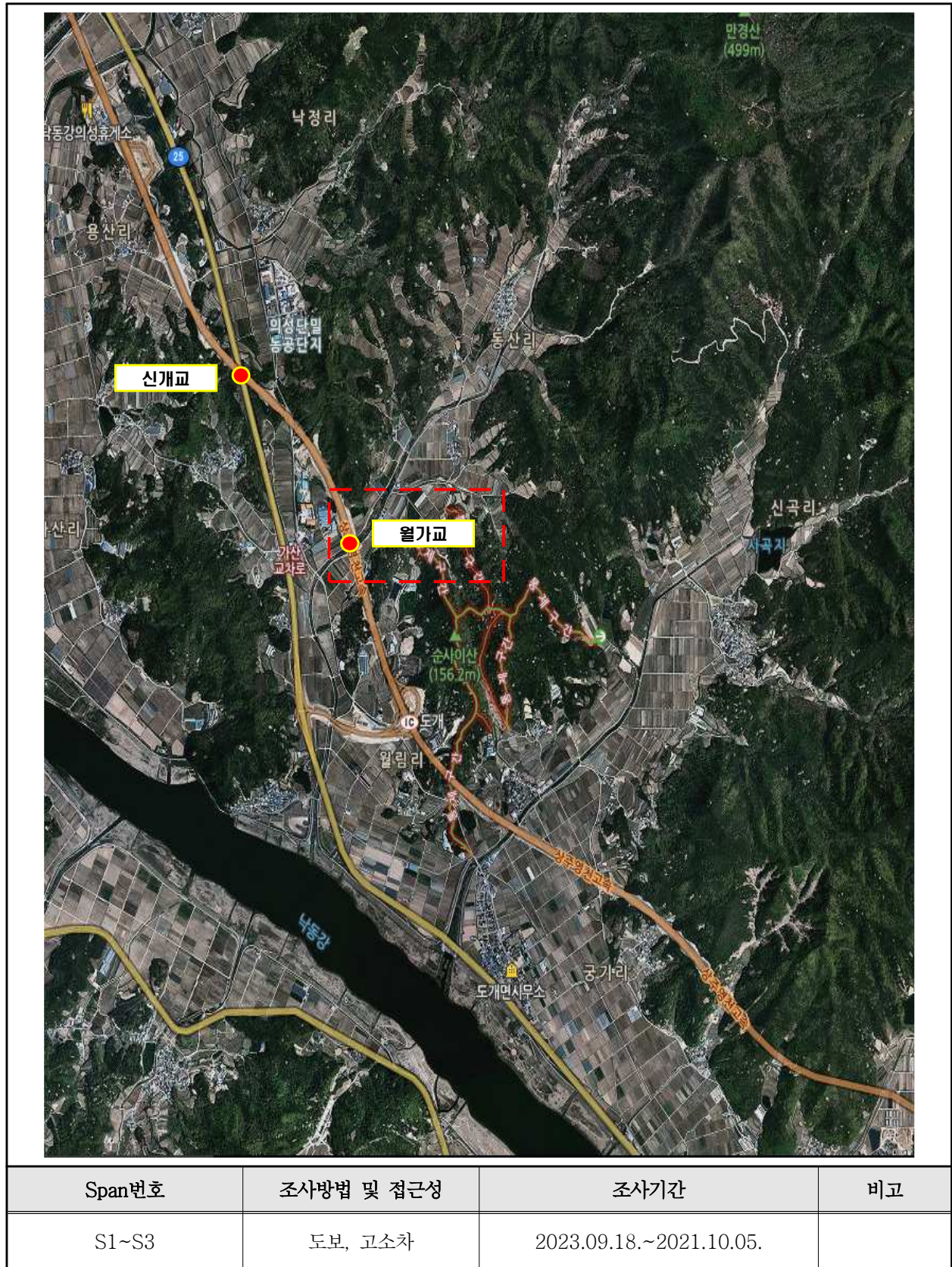
본 시설물은 경상북도 구미시 도개면 동산리(상주영천고속도로 3.538~3.644km)에 위치한 교량으로서 총 연장 105.0m, 폭 24.3m, 왕복 4차로로 시공되어 있다.

5.1.1 일반사항

【표 5.1.1】 월가교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2017-0000243	관리번호	SY BR.7	
시설물위치		경상북도 구미시 도개면 동산리	준공년월일	2017. 06. 27	
관리이정		10.932~11.038km	공사이정	3.538~3.644km	
설계하중		DB-24	노 선 명	고속국도 301호선	
제원	연장	L=105.0m, (3@35m=105m)			
	폭	B=24.3m, 4차로			
구조 형식	상부	PSC Beam교	기초 형식	교 각	말뚝기초
	하부	교대 : 역T형 교각 : T형		교 대	말뚝기초
교량받침		고무받침	신축이음	핑거	
교차시설물		동산천	통과높이	7.8m	
부착시설내용					
시 공 자		대림산업(주)	관리주체	상주영천고속도로(주)	

5.1.2 위치도 및 전경사진

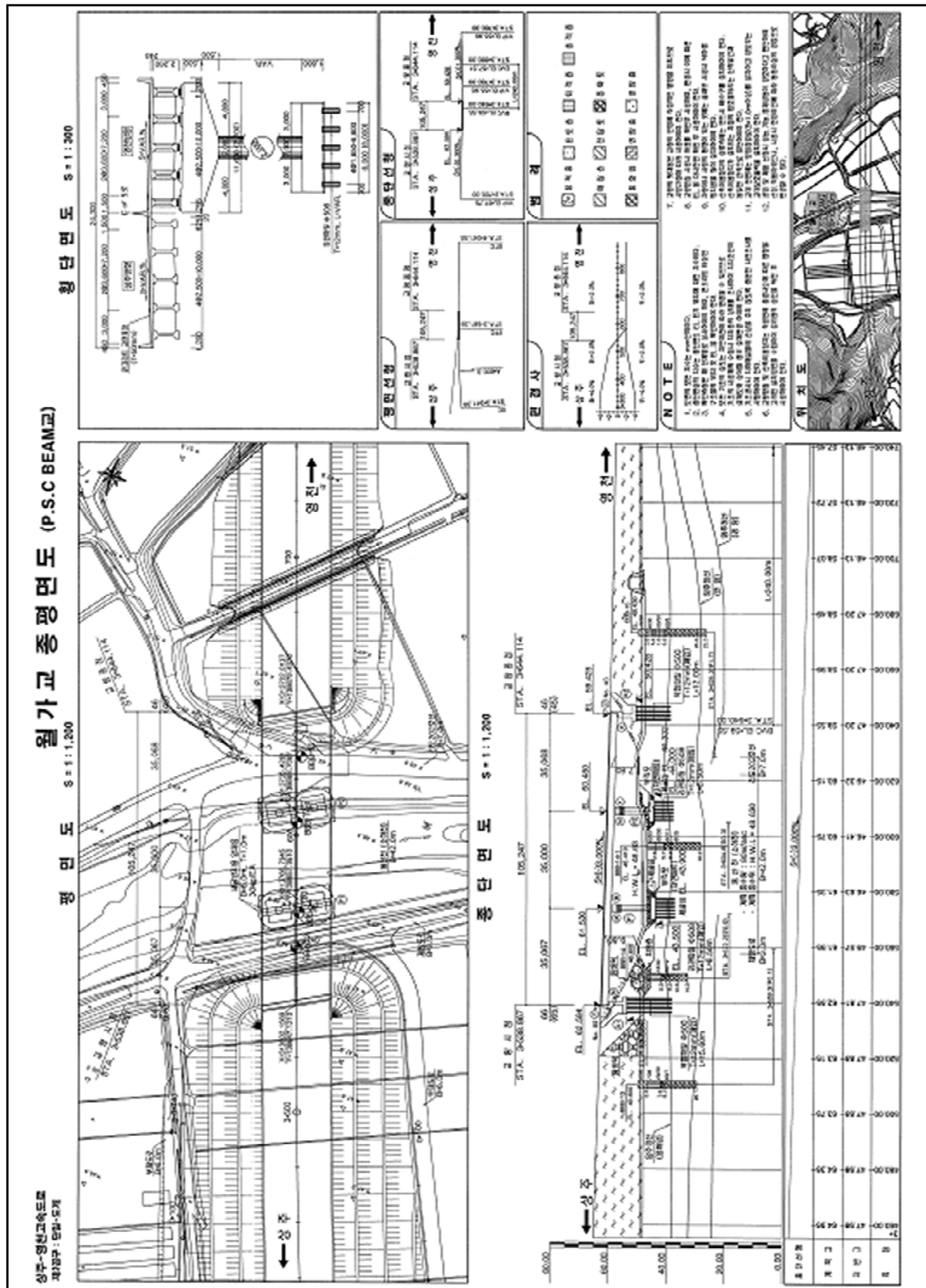


【그림 7.1.1】 위치도

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

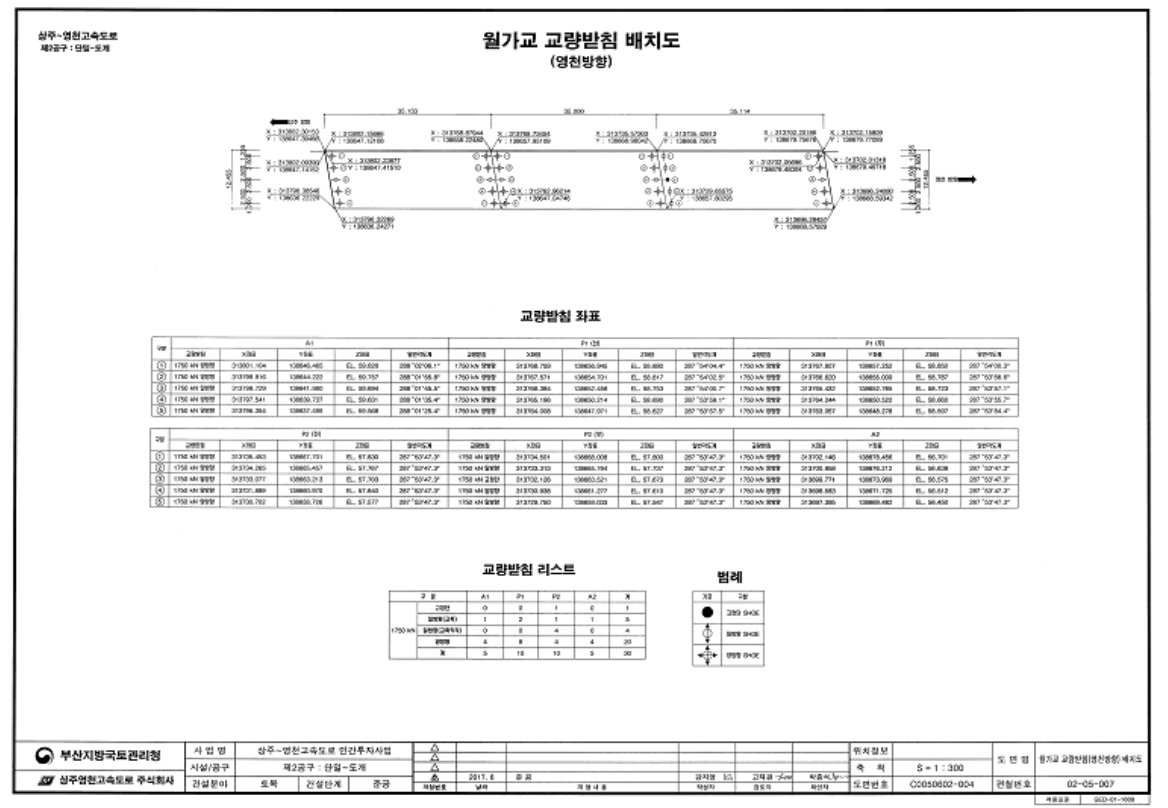
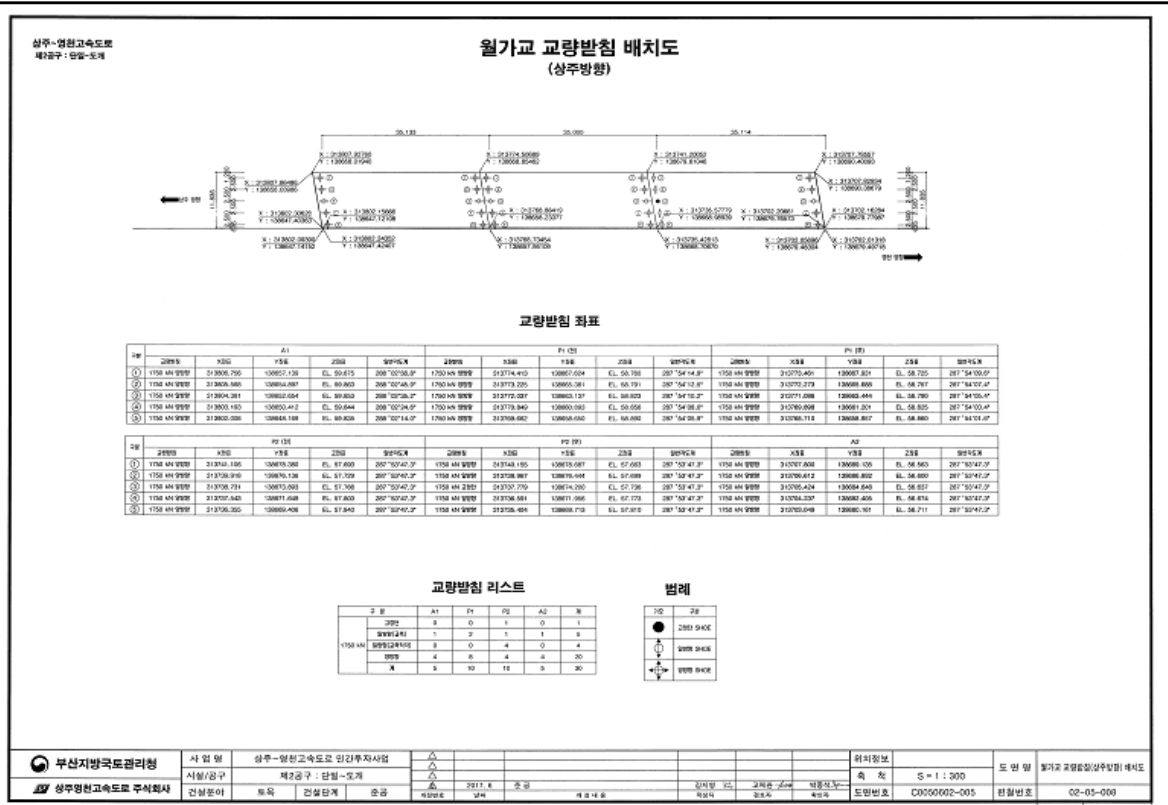
【그림 7.1.2】 부재별 현황

5.1.3 시설물 일반도

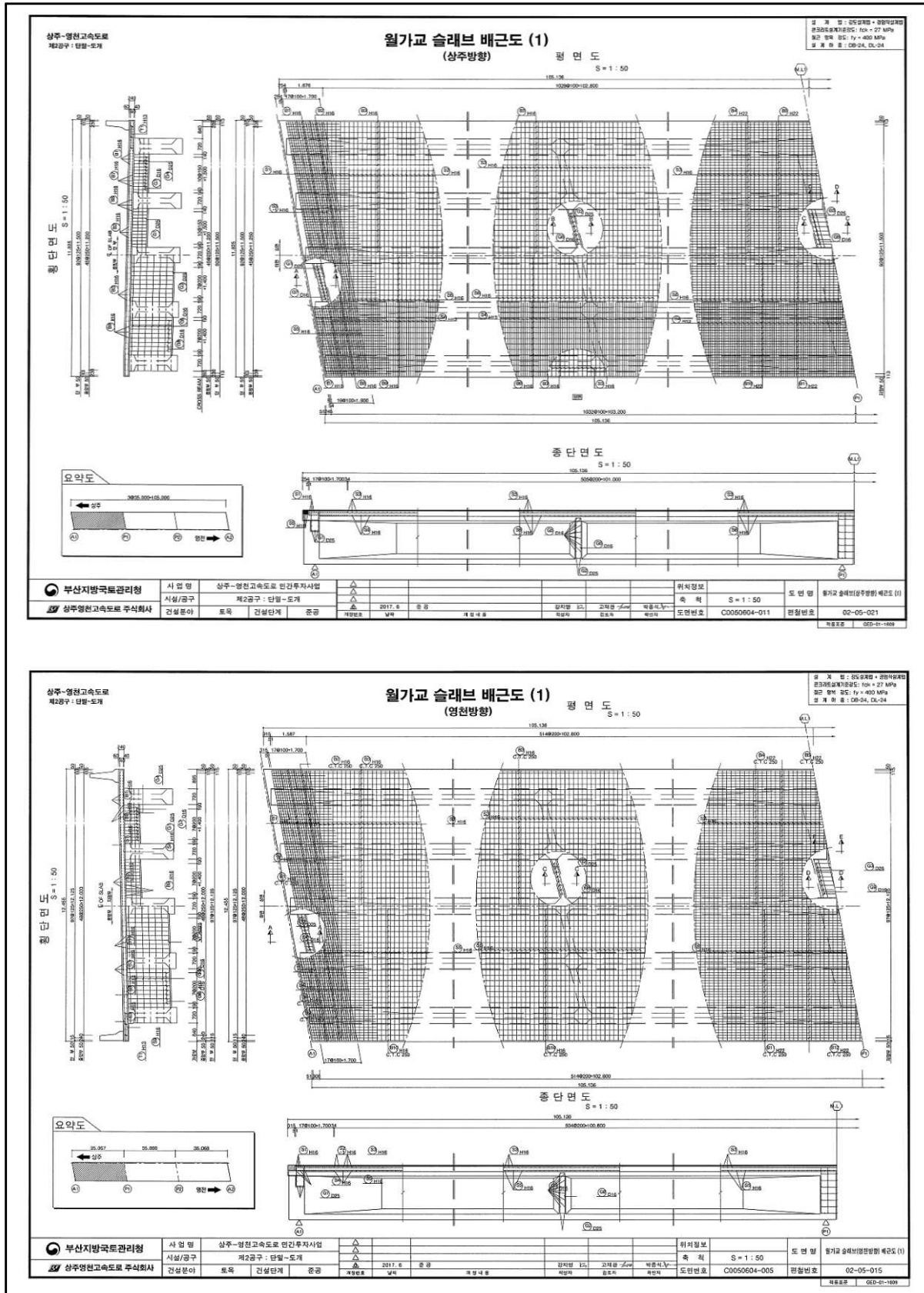


【그림 7.1.4】 중평면도

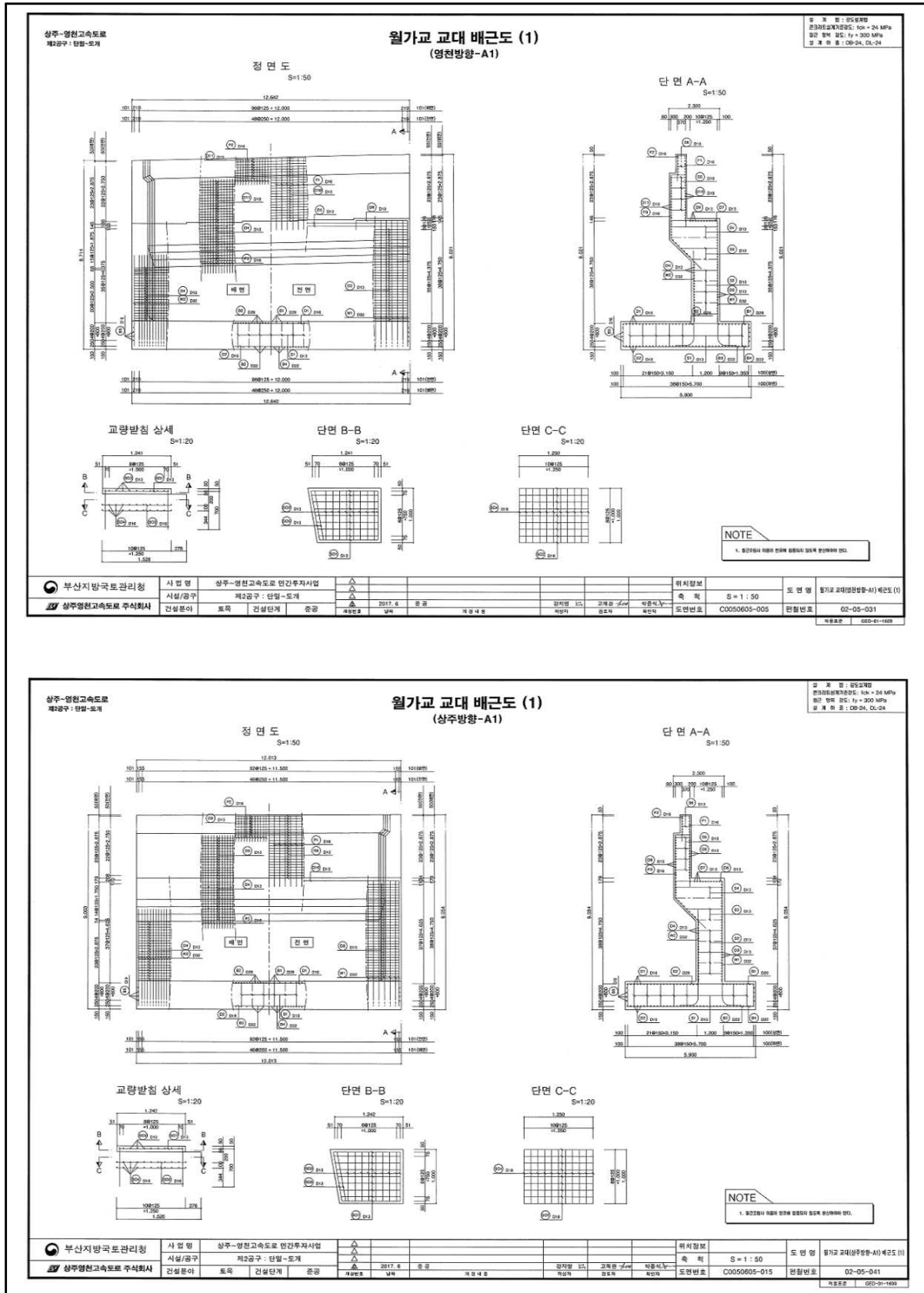




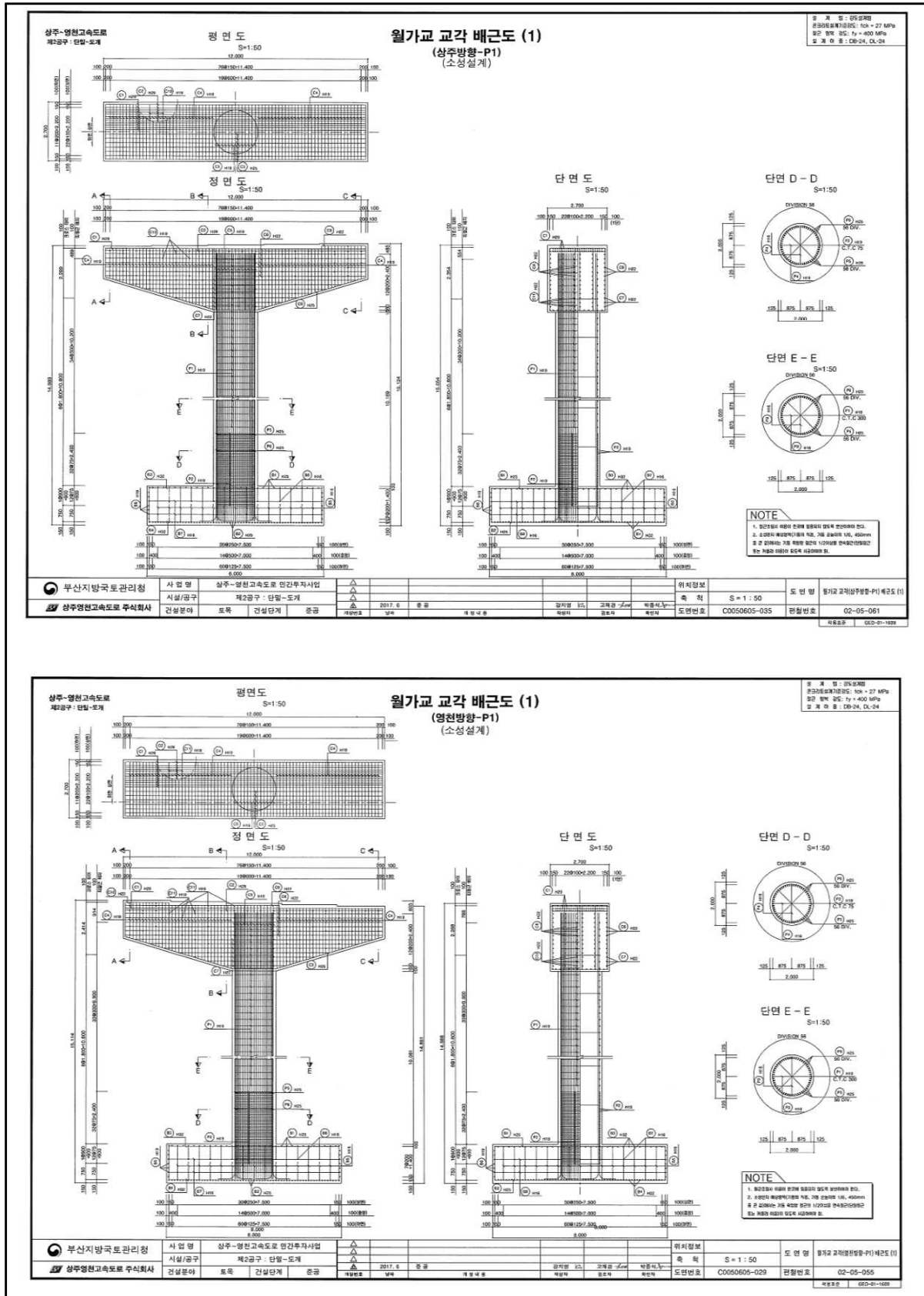
【그림 7.1.6】 교량받침 배치도



【그림 7.1.9】 바닥판하면 배근도



【그림 7.1.10】 교대 배근도



【그림 7.1.11】 교각 배근도

5.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 2공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

5.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질

제 4 장 조사결과

4.1 현장조사

4.1.1 시추조사

가. 목적

- 사업구간에 계획된 구조물들에 대한 시추조사용 통해 지층의 전반적인 현황 및 기반암의 분포상태, 풍화도, 암질파악
- 원위적 시험을 수행하기위한 시추공 형성 및 실내시험을 위한 시료채취

나. 구간별 지층현황

(1) 본선 교량구간

구 분	공 번	표 고 (EL. m)	매입층 (m)	봉적층 (m)	퇴적층 (m)	중화도 (m)	중화암 (m)	연 암 (m)	경 암 (m)	계 (m)
용내교	BBB-1	41.58	0.6	-	16.2	7.2	10.5	-	-	34.5
	BBB-1-1	35.22	-	-	10.5	8.5	7.0	-	-	26.0
	BBB-2	38.59	5.7	-	5.8	-	1.2	7.8	-	20.5
용산교	BBB-3-1	62.10	-	-	-	4.0	11.0	-	-	15.0
	BBB-4-1	62.10	0.2	-	-	4.6	10.8	1.6	-	17.2
	BBB-3	54.92	1.5	-	4.2	5.8	10.5	-	-	22.0
	BBB-4	52.20	0.9	-	5.8	3.9	17.3	-	1.1	28.1
신개교	BBB-5	86.44	0.3	-	-	-	-	3.9	-	4.2
	BBB-9	78.04	0.8	-	-	-	1.5	3.7	-	6.0
신두교	BBB-10	77.97	-	1.7	-	-	1.1	4.2	-	7.0
	BBB-13	49.60	3.0	-	4.6	1.6	10.9	-	-	10.9
월가교	BBB-14	46.60	-	-	5.0	3.0	2.5	3.5	-	14.0
	BBB-14-1	46.41	-	-	5.7	2.3	10.2	-	-	18.2
	BBB-15	49.43	3.0	-	6.0	-	11.0	3.2	-	23.2
도개IC	BBB-16	54.40	0.6	-	-	3.9	0.6	3.2	-	8.3
	BBB-20	39.13	-	-	12.5	-	7.5	-	-	20.0
신천교	BBB-21	42.30	0.9	-	10.9	3.7	14.5	1.2	-	31.2
	BBB-22	43.10	2.0	-	18.0	0.6	10.4	-	-	31.0
	BBB-23	42.90	2.5	-	17.2	0.8	10.5	-	-	31.0

4.3 현장시험

4.3.1 표준관입시험

가. 목적

- 시추조사와 병행하여 N치로부터 지층의 상대밀도 및 연경도 파악
- N치 측정용 통해 지반강도 및 변형특성 등 설계지반정수 산정 및 지층구분의 자료로 이용
- 비탈면 안정해석 및 교량기초 설계시 토사 및 풍화대층의 지반 굴중치 산정에 반영

나. 시험결과 및 분석

(1) 교량구간

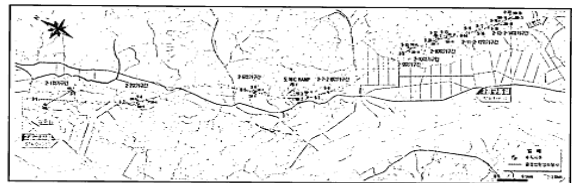
공 번	지 층	N치	상대밀도/연경도	구성성분
BBB-1	퇴적층	8/30~50/5	느슨~매우조밀	세립~중립질 모래, 모래섞인 자갈
	중화토	50/13~50/11	매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/10~50/3	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
BBB-1-1	퇴적층	6/30~50/17	느슨~매우조밀	세립질 모래, 모래섞인 자갈
	중화토	31/30~50/12	조밀~매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/10~50/6	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
BBB-2	매립층	8/30~14/30	느슨~보통조밀	세립질 모래
	퇴적층	10/30~50/11	보통조밀~매우조밀	모래섞인 자갈
	중화암	50/9	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
BBB-3-1	중화토	45/30~50/23	조밀~매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/10~50/5	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
	중화토	17/30~50/15	보통조밀~매우조밀	실트질 모래
BBB-4-1	중화암	50/9~50/3	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
	매립층	12/30	간고	실트질 점토
	퇴적층	9/30~15/30	간고	실트질 점토
BBB-3	중화토	32/30~50/11	조밀~매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/7~50/5	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
	퇴적층	12/30~20/30	간고~매우간고	모래질 점토
BBB-4	중화토	24/30~50/14	보통조밀~매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/9~50/4	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
BBB-10	봉적층	19/30	보통조밀	실트질 모래
	매립층	3/30~6/30	매우느슨~느슨	점토섞인 모래
	퇴적층	5/30~23/30	느슨~보통조밀	모래섞인 자갈
BBB-13	중화토	23/30~50/11	보통조밀~매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/7~50/3	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해

4.2 물리탐사

4.2.1 굴절법 탄성파탐사

가. 목적

- 위기 구간의 지층분포 파악 및 속도 분포에 따른 저속도 이상대 파악
- 나. 조사위치 및 수량



위 치	속 선	탐사구간(STA)	속 선 방 향	연 장 (m)	위 치	속 선	탐사구간(STA)	속 선 방 향	연 장 (m)
2-1 위기 구간	S-1	0+280~0+600	중	580	2-2 위기 구간	S-3	1+660~2+180	중	530
	S-2	0+527 Cross	횡	600		S-4	1+927 Cross	횡	120
2-6 위기 구간	S-5	3+815~4+065	중	270	2-7 위기 구간	S-7	4+980~5+280	중	300
	S-6	3+945 Cross	횡	110		S-8	5+192 Cross	횡	70
2-9 위기 구간	S-9	6+655~6+945	중	250	2-10 위기 구간	S-11	7+110~7+570	중	460
	S-10	6+675 Cross	횡	100		S-12	7+235 Cross	횡	110
2-11 위기 구간	S-14	7+780~7+940	중	180	2-12 위기 구간	S-16	7+940~8+100	중	160
	S-15	7+828 Cross	횡	80		S-17	8+020 Cross	횡	110
2-13,14 위기 구간	S-18	8+300~8+600	중	300	도개IC RAMP 구간	RS-1	4+600 Cross	횡	250
	S-19	8+370 Cross	횡	110		RS-2	4+702~4+762(우 12m)	중	60
	S-20	8+600 Cross	횡	110		RS-3	4+700~4+840(차 15m)	중	140

4.4 실내시험

4.4.1 실내토질시험

가. 토질분석시험

- 사업구간에 분포하는 토사층의 지층분류 및 굴중적 특성 파악
- 교량구간 50회, 도관구간 91회, 총 141회 실시

(1) 교량구간

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함 수 비 (%)	비 중	Atterberg Limit		Sieve Analysis(%)					USCS
						LL(%)	PI(%)	#4	#10	#40	#200	0.075mm	
용내교	BBB-1	5.0	퇴적층	28.2	2.61	NP	-	100	99.2	73.4	1.4	-	SP
		11.0	퇴적층	6.3	2.63	NP	-	27.4	23.4	11.9	2.8	-	GP
	BBB-1-1	5.0	퇴적층	10.2	2.64	NP	-	49.0	40.2	17.2	3.9	-	GP
		11.0	중화토	25.0	2.66	NP	-	100	99.8	75.4	33.2	13.5	SM
	BBB-2	2.0	매립층	19.1	2.63	NP	-	96.9	89.1	28.5	3.2	-	SP
		8.0	퇴적층	10.1	2.62	NP	-	49.2	38.3	8.5	2.6	-	GP
용산교	BBB-3	3.0	퇴적층	18.5	2.68	33.1	10.9	100	96.2	76.1	59.2	35.3	CL
		7.0	중화토	15.9	2.66	NP	-	98.4	89.0	45.7	20.2	6.4	SM
	BBB-4	4.0	퇴적층	17.2	2.68	31.4	10.8	100	98.5	62.2	67.4	32.8	CL
		7.0	중화토	18.4	2.65	NP	-	100	95.0	49.9	20.8	5.4	SM
	BBB-9	0.0	표토	7.8	2.64	NP	-	53.6	40.2	18.5	10.0	-	SW-SM
		1.0	봉적층	23.2	2.67	NP	-	98.2	93.7	82.9	47.8	17.3	SM
신두교	BBB-10	2.0	매립층	13.9	2.68	28.8	8.7	92.9	86.4	58.2	42.0	16.2	SC
		8.0	중화토	21.3	2.64	NP	-	99.8	98.6	44.3	15.7	-	SM
	BBB-13	1.0	퇴적층	18.5	2.66	NP	-	89.2	78.5	20.3	2.1	-	SP
		7.0	중화토	13.4	2.65	NP	-	91.6	83.1	50.1	17.3	-	SM
	BBB-14	3.0	퇴적층	18.8	2.69	33.8	12.6	100	99.9	95.3	50.1	19.0	CL
		7.0	중화토	10.5	2.63	NP	-	95.8	74.1	32.7	13.5	-	SM
월가교	BBB-14-1	3.0	퇴적층	11.9	2.65	NP	-	91.5	83.1	48.0	18.0	-	SM
		8.0	퇴적층	7.7	2.61	NP	-	49.2	38.5	24.4	14.0	-	GM
	BBB-15	1.0	중화토	24.5	2.68	35.0	12.8	99.5	97.2	81.8	70.8	17.1	CL
		4.0	중화토	11.7	2.66	NP	-	94.0	75.0	52.0	40.0	14.7	SM
	BBB-16	4.0	퇴적층	10.9	2.63	NP	-	59.4	47.7	17.5	4.4	-	SP
		6.0	퇴적층	35.6	2.66	NP	-	100	99.4	72.2	10.0	ML	
신천교	BBB-20	7.0	퇴적층	22.1	2.62	NP	-	100	98.2	36.6	5.3	-	SW-SM
	BBB-22	2.0	퇴적층	26.1	2.67	35.9	12.1	100	99.8	80.9	59.2	28.1	CL
월당교	BBB-23	6.0	퇴적층	17.8	2.67	30.9	10.3	100	99.7	76.2	49.7	20.8	SC

나. 지반 및 지질 조사보고서

제 1 장 조사개요

1.1 조사목적

- 상주-영천간 고속도로 민간투자사업을 위한 지반조사
- 계획노선의 지반공학특성 특성상 고려한 조사계획 수립
- 선정된 최적노선을 대상으로 구조공법 특성을 고려한 현장조사, 현장시험 및 실내시험 실시
- 지층의 구성상태, 지반공학특성 특성 및 지반조건 파악
- 조사된 자료를 종합·분석하여 합리적이고 경제적인 설계 및 시공에 필요한 공학적 자료 제공

1.2 조사구간

위 치	• 시점 : 경상북도 의성군 담원면 낙정리 (STA. 0+000) (X=316700.67223, Y=136719.14035) • 종점 : 경상북도 구미시 도개면 도계리 (STA. 8+602) (X=310453.70306, Y=142182.39401) • 연장 : 8.602km	
특 성	• 본 공사로 국도 25호선의 원활한 교통체계 확립 • 중부내륙고속도로, 중앙고속도로와 경부고속도로를 연결하는 광역교통망 구축과 더불어 물류비용 절감	

1.3 조사항목

조 사 항 목	조 사 내 용	비 고
예비조사	• 문헌조사, 기존자료조사, 주변현황조사	
지표지질조사	• 인공위성 영상분석, 상세지표지질조사, 군집지질영역 분류	
물리탐사	• 굴절법 탄성파탐사 : 5.1km	
시추조사	• 고랑구간 : 29공, 깎기구간 : 18공, 쌓기구간 : 24공, 휴게소 : 2공, 영업소 : 1공	
현장시험	• 표준관입시험 : 903회, 자연시표시험 : 11회, 시험관조사 : 14회, 샌드모거 시험 : 10공, 현장주수시험 : 35회, 공내재하시험(LLT, PMT) : 각11회, 시추관진단시험 : 9회, 시추관영상촬영 : 7회	
도질	• 용성시험 : 141회, 압축압축시험 : 12회, 삼축압축시험 : 17회(CU:10회, UU:7회), 압밀시험 : 11회, 다짐 및 CBR시험 : 14회, 적점진단시험 : 12회	
실내시험	• 용성시험 : 27회, 점하중장도시험 : 42회, 압축압축강도시험 : 47회, 점리면 진단시험 : 7회, 분산압 유효성시험 : 10회	
성과분석 및 보고서 작성	• 구간별 공학적 특성 분석 • 설계지반질수 선정	

2.4 조사방법

2.4.1 인공위성 영상분석

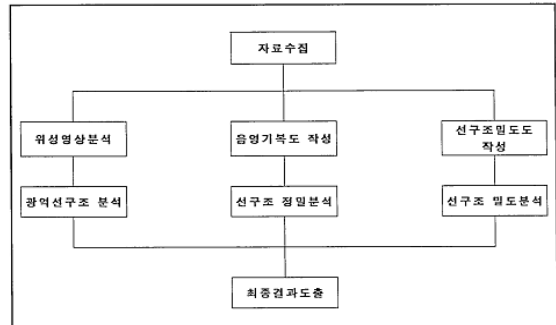
(1) 개요

- 선구조는 지각구조를 반영하는 직선 혹은 완곡의 지형요소로 정려(Hobbs et al., 1976)
- 선구조는 단층, 절리, 압력, 지층경계, 습곡 등과 같은 구조적 변형속면과 연관됨
- 단층 등의 불연속면들은 암반구조물의 설계 및 안정성 평가에서 중요한 요소임

(2) 목적

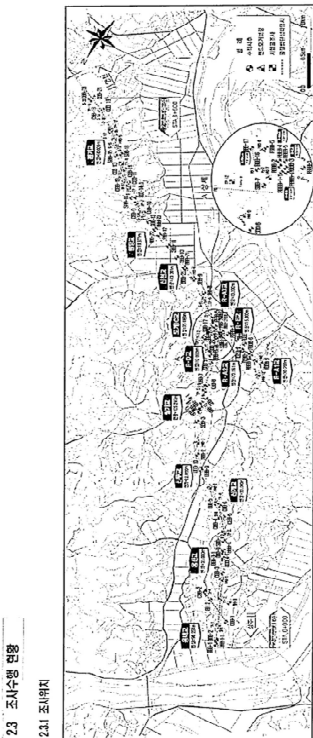
- 사업구간 주변에 형성된 선구조의 분포특성 분석
- 상세지표지질조사 및 물리탐사의 구간설정 등 지반조사 방향설정의 기초자료로 사용

(3) 처리 및 방법



(4) 결과 활용

- 15m급 Landsat-7 ETM+ 위성영상을 이용하여 광역 선구조 분석
- 1 : 25,000축척의 수치지도를 이용한 수치음영기복도 해석을 통해 사업구간의 정밀 선구조 분석
- 선구조밀도도를 작성하여 선구조 분석결과에 대한 정량적인 분포특성 파악



조 사 항 목	조 사 내 용	비 고
예비조사	• 문헌조사, 기존자료조사, 주변현황조사	
지표지질조사	• 인공위성 영상분석, 상세지표지질조사, 군집지질영역 분류	
물리탐사	• 굴절법 탄성파탐사 : 5.1km	
시추조사	• 고랑구간 : 29공, 깎기구간 : 18공, 쌓기구간 : 24공, 휴게소 : 2공, 영업소 : 1공	
현장시험	• 표준관입시험 : 903회, 자연시표시험 : 11회, 시험관조사 : 14회, 샌드모거 시험 : 10공, 현장주수시험 : 35회, 공내재하시험(LLT, PMT) : 각11회, 시추관진단시험 : 9회, 시추관영상촬영 : 7회	
도질	• 용성시험 : 141회, 압축압축시험 : 12회, 삼축압축시험 : 17회(CU:10회, UU:7회), 압밀시험 : 11회, 다짐 및 CBR시험 : 14회, 적점진단시험 : 12회	
실내시험	• 용성시험 : 27회, 점하중장도시험 : 42회, 압축압축강도시험 : 47회, 점리면 진단시험 : 7회, 분산압 유효성시험 : 10회	
성과분석 및 보고서 작성	• 구간별 공학적 특성 분석 • 설계지반질수 선정	

8.6 비탈면 안정해석 및 검토

8.6.1 개요

가. 깎지구간

본 지역에서의 깎기비탈면 안정해석은 깎지구간 중 깎기 높이가 가장 높은 지역을 기준으로 비탈면 현황을 고려하여 대표단면 선정 후 토사지반 및 암반층에 대해 실시하였고, 지표지질조사 결과 및 시추조사 결과를 종합 분석하여 토사 및 암반층에 널리 적용하고 있는 한계평형해석 및 평사무영법을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 깎기비탈면 해석을 실시함에 있어 경제적이고 안전한 비탈면기울기의 선정을 위하여 다음과 같이 적용하여 검토하였다.

- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기존 안전율을 전가시 1.5 이상, 우기시 1.2 이상으로 적용하였다.
- 구간 내 시추조사 결과에 의한 지층 층층의 종합적용 및 지표지질 조사시 현장 확인된 암반 노출면 등을 종합하여 지층경계선을 설정하였다.
- 결과물 근거로 암반파쇄 상태에 의한 깎기 기울기는 암석류 깎기 적정기울기를 기준으로 암반비탈면 기울기를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과를 이용하여 평사무영법으로 불연속면의 주향 및 기울기방향을 구간별 무형으로 파괴양상을 예측하였다.
- 암반비탈면 기울기에 따라 상부층의 토사비탈면 안정성 검토는 Talren 97 Program을 이용하여 원호합을 파괴로 검토함을 원칙으로 하였다. ROD = 0~10%의 암석은 연암이라 하더라도 암반이 큰 COBBLE 상태에서 거동하는 것으로 사료되므로 용화암과 같은 특성으로 고려될 수 있다. 이와 같은 경우 암반은 처리면을 따라 파괴하기 보다는 원호합을 파괴의 강함을 보임으로 종적암과 토사층을 포함하여 검토하였다.

나. 쌓지구간

본 쌓지구간은 산지지형 앞단부의 연속쌓기와 극단형태의 승적층 지역에 대한 쌓기로서 전담으로 형성된 구간을 경유하고 있으며 원지반의 지층분포 상황, 특성파와 및 연약지반 출현 여부를 확인하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 쌓기 비탈면의 파괴형태는 원호합을 파괴로 해석하였으며, 감도정수는 쌓기지역의 지반강도정수 선정에 의해 지층별로 적용하였다. 쌓기 비탈면 해석을 실시함에 있어 차함하중의 고려와 우기시를 고려하여 지표면에 지하수위가 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

5.2 교량구간 지반특성 분석

5.2.1 지층개황

가. 본선구간

구 분	공 번	표 고 (E.L. m)	매립층 (m)	봉적층 (m)	퇴적층 (m)	중화도 (m)	중화암 (m)	연암 (m)	경암 (m)	계 (m)
용내교	BBB-1	41.58	0.6	-	16.2	7.2	10.5	-	-	34.5
	BBB-1-1	35.22	-	-	10.5	8.5	7.0	-	-	26.0
	BBB-2	38.59	5.7	-	5.8	-	1.2	7.8	-	20.5
용산교	BBB-3-1	62.10	-	-	-	4.0	11.0	-	-	15.0
	BBB-4-1	62.10	0.2	-	-	4.6	10.8	-	1.6	17.2
	BBB-3	54.92	1.5	-	4.2	5.8	10.5	-	-	22.0
	BBB-4	52.20	0.9	-	5.8	3.9	17.3	-	1.1	28.1
신개교	BBB-5	86.44	0.3	-	-	-	-	3.9	-	4.2
	BBB-9	78.04	0.8	-	-	-	1.5	3.7	-	6.0
신두교	BBB-10	77.97	-	1.7	-	-	1.1	4.2	-	7.0
	BBB-13	49.60	3.0	-	4.6	1.6	10.9	-	-	10.9
월가교	BBB-14	46.80	-	-	5.0	3.0	2.5	3.5	-	14.0
	BBB-14-1	46.41	-	-	5.7	2.3	10.2	-	-	18.2
	BBB-15	49.43	3.0	-	6.0	-	11.0	3.2	-	23.2
	BBB-16	54.40	0.6	-	-	3.9	0.6	3.2	-	8.3
도개IC교	BBB-20	39.13	-	-	12.5	-	7.5	-	-	20.0
	BBB-21	42.30	0.9	-	10.9	3.7	14.5	1.2	-	31.2
원당교	BBB-22	43.10	2.0	-	18.0	0.6	10.4	-	-	31.0
	BBB-23	42.90	2.5	-	17.2	0.6	10.5	-	-	31.1200

나. RAMP 교량구간

구 분	공 번	표 고 (E.L. m)	매립층 (m)	봉적층 (m)	퇴적층 (m)	중화도 (m)	중화암 (m)	연암 (m)	경암 (m)	계 (m)
RAMP-A1	RBBB-9	43.01	2.5	-	6.0	3.0	10.4	5.1	-	27.0
	RBBB-6	42.22	3.5	-	7.3	-	1.2	3.3	-	15.3
RAMP-A2	RBBB-7	39.78	-	-	8.4	-	-	3.1	-	11.5
	RBBB-8	42.43	2.8	-	7.6	-	-	3.6	-	14.0
RAMP-A3	RBBB-2	49.79	3.4	-	2.6	14.0	3.9	6.8	-	30.7
	RBBB-3	50.19	2.6	-	5.3	13.8	7.4	2.9	-	32.0
RAMP-D	RBBB-1	49.19	2.8	-	2.0	4.2	-	6.0	-	15.0
	RBBB-1-1	49.79	3.5	-	1.3	8.9	1.1	3.2	-	18.0
RAMP-E	RBBB-4	50.44	2.4	-	1.3	17.10	10.20	-	-	31.0
	RBBB-5	50.42	1.5	-	4.8	13.0	10.2	-	-	28.0

5.2 교량구간 지반특성 분석

5.2.1 지층개황

가. 본선구간

구 분	공 번	표 고 (E.L. m)	매립층 (m)	봉적층 (m)	퇴적층 (m)	중화도 (m)	중화암 (m)	연암 (m)	경암 (m)	계 (m)
용내교	BBB-1	41.58	0.6	-	16.2	7.2	10.5	-	-	34.5
	BBB-1-1	35.22	-	-	10.5	8.5	7.0	-	-	26.0
	BBB-2	38.59	5.7	-	5.8	-	1.2	7.8	-	20.5
용산교	BBB-3-1	62.10	-	-	-	4.0	11.0	-	-	15.0
	BBB-4-1	62.10	0.2	-	-	4.6	10.8	-	1.6	17.2
	BBB-3	54.92	1.5	-	4.2	5.8	10.5	-	-	22.0
	BBB-4	52.20	0.9	-	5.8	3.9	17.3	-	1.1	28.1
신개교	BBB-5	86.44	0.3	-	-	-	-	3.9	-	4.2
	BBB-9	78.04	0.8	-	-	-	1.5	3.7	-	6.0
신두교	BBB-10	77.97	-	1.7	-	-	1.1	4.2	-	7.0
	BBB-13	49.60	3.0	-	4.6	1.6	10.9	-	-	10.9
월가교	BBB-14	46.80	-	-	5.0	3.0	2.5	3.5	-	14.0
	BBB-14-1	46.41	-	-	5.7	2.3	10.2	-	-	18.2
	BBB-15	49.43	3.0	-	6.0	-	11.0	3.2	-	23.2
	BBB-16	54.40	0.6	-	-	3.9	0.6	3.2	-	8.3
도개IC교	BBB-20	39.13	-	-	12.5	-	7.5	-	-	20.0
	BBB-21	42.30	0.9	-	10.9	3.7	14.5	1.2	-	31.2
원당교	BBB-22	43.10	2.0	-	18.0	0.6	10.4	-	-	31.0
	BBB-23	42.90	2.5	-	17.2	0.6	10.5	-	-	31.1200

나. RAMP 교량구간

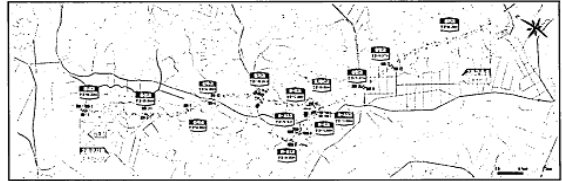
구 분	공 번	표 고 (E.L. m)	매립층 (m)	봉적층 (m)	퇴적층 (m)	중화도 (m)	중화암 (m)	연암 (m)	경암 (m)	계 (m)
RAMP-A1	RBBB-9	43.01	2.5	-	6.0	3.0	10.4	5.1	-	27.0
	RBBB-6	42.22	3.5	-	7.3	-	1.2	3.3	-	15.3
RAMP-A2	RBBB-7	39.78	-	-	8.4	-	-	3.1	-	11.5
	RBBB-8	42.43	2.8	-	7.6	-	-	3.6	-	14.0
RAMP-A3	RBBB-2	49.79	3.4	-	2.6	14.0	3.9	6.8	-	30.7
	RBBB-3	50.19	2.6	-	5.3	13.8	7.4	2.9	-	32.0
RAMP-D	RBBB-1	49.19	2.8	-	2.0	4.2	-	6.0	-	15.0
	RBBB-1-1	49.79	3.5	-	1.3	8.9	1.1	3.2	-	18.0
RAMP-E	RBBB-4	50.44	2.4	-	1.3	17.10	10.20	-	-	31.0
	RBBB-5	50.42	1.5	-	4.8	13.0	10.2	-	-	28.0

제 5 장 교량구간 성과분석

5.1 개요

- 사업구간 노선에 대하여 지반의 수직·수평분포상태, 기반암의 분포상태, 풍화도 및 암질 파악
- 관위저 시험을 수행하기 위한 시추공 형성 및 실내시험을 위한 시료채취
- 시추결과를 종합하여 지층분석 실시

5.1.1 조사위치



5.1.2 조사현황

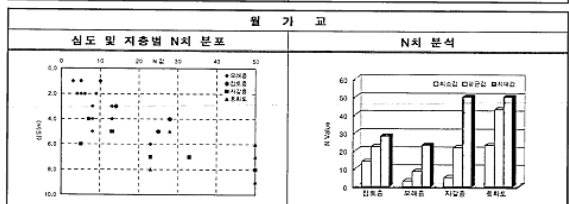
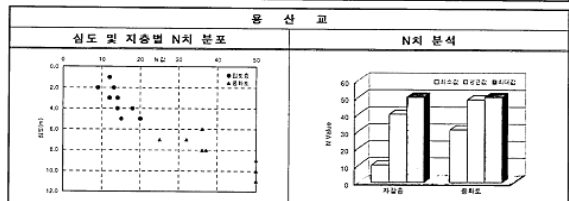
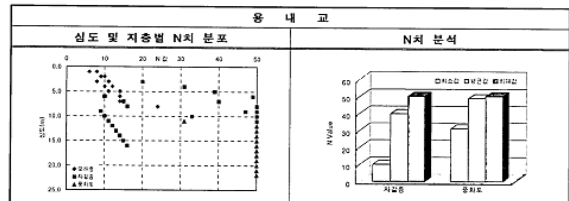
교량 및 구조물		단위	용내교	용산교	신개교	신두교	월가교	신천교	원당교	도개IC교	계
조사항목	시추조사	공	3	4	1	2	4	2	2	11	29
	표준관입시험	회	72	60	-	1	45	41	50	162	431
현장 시험	현장무수시험	회	2	2	-	1	2	1	2	9	19
	공내 재하 시험	회	1	1	-	1	1	1	1	5	11
	PMT	회	1	1	1	1	1	1	1	4	11
실내 시험	토질 시험	회	6	4	-	2	8	4	4	22	50
	압축/압축	회	-	-	-	-	-	1/2	2/3	-	3/5
	압밀시험	회	-	-	-	-	-	1	2	-	3
	윤성시험	회	-	1	1	1	1	1	-	2	7
	압축압축강도	회	1	1	1	1	2	1	-	5	12
암석 시험	점하강도	회	-	-	-	1	1	-	-	5	7

5.3 지반의 공학적특성 분석

5.3.1 현장시험

가. 심도별 N치 분석

- 토사층, 풍화대층의 상대밀도 및 연경도를 파악하기 위하여 실시함



다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설계조건

1.1 교량제형

- 1) 형 식 : PSC 빔거더교
- 2) 교량등급 : 1등급
- 3) 교 장 : 3835 m
- 4) 폭 원 : 12.455 m
- 5) 지 간 : 35 m
- 6) 거더간격 : 2.5 m
- 7) 사 각 : -10°

1.2 하 중

- 1) 활 하 중 : DD - 24 적용
- 2) 충격계수 : $i = \frac{15}{40 + L} \leq 0.3$
- 3) 고정하중 - 철근콘크리트 = 25 kN/m²
- 포 장 = 24 kN/m²

1.3 사용재료

- 1) 콘크리트 - 바닥판 : $f_{ck} = 27$ MPa
- PSC 거더 : $f_{ck} = 40$ MPa
- 2) 철 근 - 바닥판 : $f_y = 400$ MPa
- PSC 거더 : $f_y = 400$ MPa

1.4 허용응력

- 1) 바닥판 콘크리트
 - 허용압축응력 : $f_{ck} = 0.4f_{ck} = 10.8$ MPa
- 2) 프리스트레스 콘크리트 (PSC 거더)
 - 프리스트레스 도입시 압축강도 : $f_{ci} = 0.8f_{ck} = 32$ MPa
 - 프리스트레스 도입 직후 허용압축응력 : $0.55f_{ci} = 17.6$ MPa
 - 허용인장응력 : $0.25\sqrt{f_{ci}} = 1.41$ MPa
 - 설계하중 작용시 허용압축응력 : $0.4f_{ck} = 16$ MPa
 - 허용인장응력 : $0.25\sqrt{f_{ck}} = 1.58$ MPa
- 3) PS강재 (Low-Relaxation)
 - 극한강도(f_{pu}) : 1,900 MPa
 - 항복강도(f_{py}) : 1,600 MPa
 - 허용최대인장응력 : $0.9f_{py} = 1,440$ MPa
 - 정착 직후 정착부에서의 응력 : $0.7f_{py} = 1,330$ MPa
 - 손실 후 사용하중상태에서의 응력 : $0.8f_{py} = 1,280$ MPa

1.5 탄성계수

- 1) 콘크리트
 - $E_c = 4700\sqrt{f_{ck}}$ ($f_{ck} \leq 30$ MPa)
 - $E_c = 3300\sqrt{f_{ck} + 7,700}$ ($f_{ck} > 30$ MPa)
- 2) 철근 및 PS강연선 - $E_s = 200,000$ MPa

1.6 마찰계수

- 1) 곡률마찰계수 : $\mu = 0.25$ /rad
- 2) 파상마찰계수 : $\kappa = 0.005$ /rad

3. 바닥판 설계

3.1 중간 바닥판(경첩)

3.1.1 경험적 설계법 적용성 검토

- ① 지지부재들이 강재 주위에 또는 콘크리트로 된 경우
- ② 콘크리트가 철강타설되고 습윤상태에서야 함
- ③ 거더 끝단부위의 한치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야 함
- ④ 바닥판 두께에 대한 유효강도의 비가 6 이상 15 이하인 경우

$$6 \leq 1.740 / 0.240 = 7.250 \leq 15 \quad \text{-----} \quad 0.K$$
- ⑤ 바닥판의 상부와 하부에 비근원 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우

$$8 + 140 + 8 = 156 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \text{-----} \quad 0.K$$
- ⑥ 유효강도가 표준치선폭 3.0a 이하

$$1.74 < 3.6 \quad \text{-----} \quad 0.K$$
- ⑦ 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호피복층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm 이상인 경우
- ⑧ 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께에

3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호벽과 합성이 된 경우

$$\begin{aligned} \text{최측 캔틸레버 구간 : 캔틸레버부 길이} &= 1.255 > 0.24 \times 3 = 0.720 \quad \text{-----} \quad 0.K \\ \text{주측 캔틸레버 구간 : 캔틸레버부 길이} &= 1.200 > 0.24 \times 3 = 0.720 \quad \text{-----} \quad 0.K \end{aligned}$$

- ⑨ 콘크리트의 28일 압축강도는 27MPa 이상인 경우
- ⑩ 철근콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동을 하여야 함

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

결과 요약

○ 월가교-영진방향

■ 단면 합 설계

단 면 위 치	Req. A_s (mm ²)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	단 면 s' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm ²)	ρ_s (%)	ϕM_n (kN·m)	비 고
캔틸레버 (우측방호벽)	864.07	1000	180	60.00	H16 @ 400 = 496.5	50.669	57.850	0.K
					H16 @ 400 = 496.5			
캔틸레버 (좌측중분대)	738.43	1000	180	60.00	H16 @ 400 = 496.5	43.576	57.850	0.K
					H16 @ 400 = 496.5			
중간슬래브 (상면)	720.00	1000	180	60.00	H16 @ 400 = 496.5	경험적설계법		0.K
					H16 @ 400 = 496.5			
중간슬래브 (하면)	990.00	1000	200	40.00	H16 @ 400 = 496.5	경험적설계법		0.K
					H16 @ 400 = 496.5			
슬래브단부	1485.37	1000	200	60.00	H16 @ 250 = 794.4	94.469	100.559	0.K
					H16 @ 250 = 794.4			
캔틸레버 단 부	728.01	1000	180	60.00	H16 @ 200 = 993.0	42.584	109.857	0.K
					H16 @ 200 = 993.0			

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치	필요철근량 (mm ²)	사용철근량 (Use A_s) (mm ²)	비 고
캔틸레버	우측방호벽 578.928	H16 @ 250 = 794.400	0.K
	좌측중분대 494.745	H16 @ 250 = 794.400	0.K
중간슬래브	상 면 720.000	H16 @ 250 = 794.400	0.K
	하 면 720.000	H16 @ 250 = 794.400	0.K
캔틸레버 단 부	487.769	H16 @ 125 = 1588.800	0.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분	인장응력(f_{st})	허용응력(f_{st})	균 연 폭 (w)	허용균열폭 (mm)	비 고
캔틸레버	우측방호벽 91.839	240.000	0.162	0.260	0.K
	좌측중분대 59.781	240.000	0.103	0.260	0.K
슬래브단부	155.631	240.000	0.232	0.260	0.K

● 본 구조물은 노후콘크리트표장 T=50mm 으로 적용하였됨.

● 본 바닥판의 구조 해석은 캔틸레버부 구간은 기존 강도설계법을 적용하며 바닥중량부는 경험적설계법인 8 DECK인 적용 설계함.

5.2.2 시설물 점검이력

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

【표 5.2.1】 월가교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기 안전점검	월가교의주요손상현황으로는신축이음본체이상음및진동발생,바닥 판균열부백태,교대파손등의손상이조사되었다.기발생한손상은주 의관찰및내구성확보차원의보수및정비가필요하다.특히,신축이음 본체파열음및진동발생은본체파손등의손상에의하여발생할수있 으므로 조속한 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기 안전점검	월가교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열, 바닥판 균열부 백태, 교대 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기 안전점검	월가교의 주요 손상현황으로는 교면포장 차선 도장손상, 배수시설 배수구 막힘, 방호벽 균열부 백태, 신축이음 후타재 파손, 교대 균열 및 누수흔적 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수 및 정비가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기 안전점검	월가교의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열, 배수시설 배수구 막힘, 방호벽 균열 및 균열부 백태, 접속부 이격, 신축이음 후타재 균열, 이격, 파손, 교대 균열 및 누수흔적 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 구조물의 내구성 확보, 손상의 진전 방지를 위한 보수 및 정비가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀 안전점검	금회정밀안전점검결과를바탕으로월가교에발생한손상의진전을방 지하고,보수를통한구조물의내구성확보를위한적절한조치가필요 하다. 이상과같이자료조사,외관조사,내구성조사등의결과를분석하여평가 된구조물의상태평가결과를종합적으로평가한금매교의안전등급 은 「문제점이없는최상의상태」인 「A」 등급으로평가되었다.구 조적인손상및결함은없는것으로판단되어별도의정밀안전진단은 필요없을것으로판단된다.	A

【표 5.2.1】 월가교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기 안전점검	월가교의 외관조사 결과, 방호벽 균열 및 균열부 백태, 접속부 이격, 신축이음 후타재 균열, 박리, 교대 및 교각 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의관찰과 내구성 확보를 위해 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
7	2020. 08. 31 ~ 2020. 12. 31	정기 안전점검	월가교의 외관조사 결과, 방호벽 균열 및 균열부 백태, 접속부 이격, 신축이음 후타재 균열, 박리, 교대 및 교각 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의관찰과 내구성 확보를 위해 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
8	2021. 03. 08 ~ 2021. 06. 07	정기 안전점검	월가교(2공구)의 외관조사 결과, 방호벽 균열 및 균열부 백태, 접속부 이격, 신축이음 후타재 균열, 박리, 교대 및 교각 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아니나, 점검을 통한 주의관찰과 내구성 확보를 위해 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
9	2021. 08. 25 ~ 2021. 12. 10	정밀 안전점검	바닥판하면상태양호 거더파손 가로보상태양호 교대균열(0.3mm미만) 교각균열(0.3mm미만) 교량받침상태양호 신축이음후타재균열(0.3mm내외), 열화, 차수판볼트 체결불량, 탈락 교면포장상태양호 배수시설상태양호 방호벽균열부백태	B
10	2022. 05. 16 ~ 2022. 06. 24	정기 안전점검	-교면포장접속도로파손 -방호벽균열및균열부백태, 접속부이격 -신축이음후타재균열(0.3mm내/외), 망상균열, 박리, 표면열화, 차수판볼트탈락 -교량받침플레이트부식, 받침콘크리트균열 -바닥판하면백태 -거더백태, 파손 -교대균열(0.3mm미만), 실란트파손 -교각균열(0.3mm미만), 망상균열	양호

【표 5.2.1】 월가교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
11	2022. 09. 19 ~ 2022. 11. 18	정기 안전점검	- 교면포장접속도로파손 - 방호벽균열및균열부백태, 접속부이격 - 신축이음후타재균열(0.3mm내/외), 망상균열, 박리, 표면열화, 차수 판볼트탈락 - 교량받침플레이트부식, 받침콘크리트균열 - 바닥판하면백태 - 거더백태, 파손 - 교대균열(0.3mm미만), 실란트파손 - 교각균열(0.3mm미만), 망상균열	양호
12	2023. 04. 03 ~ 2023. 06. 16	정기 안전점검	- 교면포장접속도로파손 - 방호벽균열및균열부백태, 접속부이격 - 신축이음후타재균열(0.3mm내/외), 망상균열, 박리, 표면열화, 차수 판볼트탈락 - 교량받침플레이트부식, 받침콘크리트균열 - 바닥판하면백태 - 거더백태, 파손 - 교대균열(0.3mm미만), 실란트파손 - 교각균열(0.3mm미만), 망상균열	양호

5.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년12월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과(상주방향)	비고
바닥판하면	바닥판에 현장조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.	
PSC Girder	거더에 발생한 파손은 시공미흡 및 콘크리트 열화등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.	
가로보	가로보의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	교대에 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열($Cw=0.3mm$미만)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.	
교각	교각에 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열($Cw=0.3mm$미만)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.	
교량받침	- 받침 본체와 받침콘크리트, 무수축 몰탈의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다. - 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.	
신축이음장치	신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 열화, 차수판 볼트체결 불량, 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리, 차수판 볼트 재체결등의 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.	
교면포장	교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.	
배수시설	배수구 및 배수관은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.	
방호벽	방호벽에 대한 현장조사 결과, S2 중앙분리대 측에 균열부백태가 조사되었고, 건조수축, 거푸집 조기탈착에 의한 균열에 우천시 우수가 유입되면서 균열부에 백태가 발생한 것으로 판단되며, 2차 손상 방지 및 내구성 증진을 확보하기 위한 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다.	

구분	정밀안전점검 결과(영천방향)	비고
바닥판하면	바닥판하면의 외관조사 결과, S1에서 백태가 조사되었고, 신축이음 하부에서 우수유입으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 유지관리 보수가 필요할 것으로 판단된다.	
PSC Girder	거더에 백태, 파손이 조사되었고, 백태와 파손은 시공 시에 발생된 손상으로 판단되며, 시설물의 사용성에는 문제가 없으나 내구성증진을 위한 표면처리, 단면보수 등의 보수가 필요하다고 판단된다.	
가로보	가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 신규 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	- 교대에 균열($Cw=0.3\text{mm}$미만)이 조사되었고, 건조수축, 거푸집 조기탈착에 의한 것으로 판단되며, 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다. - 교대에 발생한 실란트 파손은 시공 미흡에 의한 손상 및 공용중 열화로 인한 손상으로 정비, 실란트 충전 등의 유지관리가 필요하다고 판단된다.	
교각	교각 코핑부에 발생한 균열($Cw=0.3\text{mm}$미만) 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.	
교량받침	- 받침본체에서 조사된 플레이트 부식은 전처리 미흡으로 인한 손상으로 재도장 등의 조치가 필요하다고 판단된다. - 받침콘크리트에서 조사된 균열은 국부적으로 발생된 폭 $0.1\sim0.2\text{mm}$의 미세균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.	
신축이음장치	신축이음에 발생한 후타재 균열, 박리, 차수판 볼트탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리, 차수판 볼트 재체결을 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.	
교면포장	교면포장에 발생한 접속도로 파손은 접속부 침하, 시공미흡, 외부 충격 등의 복합적 요인으로 추정되며 갯길측으로 주행성에 영향을 미치지 않지만 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.	
배수시설	배수구 및 배수관은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.	
방호벽	방호벽에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등의 복합적인 원인에 의한 균열에 우천시 우수유입으로 인해 균열부에 백태가 발생하는 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위		시험 결과(상주방향)		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3 ~ 28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	42.3 ~ 50.0	40.0	
	하부구조	교대	25.0 ~ 27.0	24.0	
		교각	27.3 ~ 28.8	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		40.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~97.0	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	27.1 ~ 28.3	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	42.4 ~ 50.1	40.0	
	하부구조	교대	25.8 ~ 27.4	24.0	
		교각	27.0 ~ 28.4	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		94.0~95.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
월가교	0.148	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
거더	파손	표면처리	0.06	0.09	m ²	—	—	하자
교대	균열(Cw=0.3mm미만)	표면처리	5.00	1.88	m	—	—	하자
교각	균열(Cw=0.3mm미만)	단면보수	4.00	1.50	m	—	—	하자
신축이음	후타재 균열(Cw=0.3mm미만)	표면처리	5.60	2.10	m	54	114	3순위
	후타재 균열(Cw=0.3mm이상)	표면처리	8.80	8.80	m	54	476	2순위
	후타재 열화	단면보수	0.50	0.80	m ²	165	132	3순위
	차수판 볼트체결 불량, 탈락	볼트 재체결	8.00	8.00	EA	25	200	3순위
방호벽	균열부백태	표면처리	0.20	0.30	m ²	54	17	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		476		463		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		238		232		
	합계	—		714		695		
개략공사비 총계(천원)		1,409						

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
바퀴하면	백태	표면처리	0.25	0.40	m²	—	—	하자
거더	백태	단면보수	0.09	0.14	m²	—	—	하자
	파손	단면보수	0.24	0.40	m²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	4.00	6.00	m	—	—	하자
	실란트파손	실란트주입	2.50	3.80	m	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	3.00	1.10	m	—	—	하자
	망상균열	표면처리	1.00	1.50	m²	—	—	하자
교량받침	플레이트 부식	재도장	1.00	1.00	EA	40	40	2순위
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	표면처리	1.00	0.40	m	54	27	3순위
신축이음	후타재 균열(0.3mm이상)	주입보수	2.10	2.10	m	65	137	2순위
	후타재 박리	단면보수	0.49	0.74	m²	165	123	2순위
	차수판 볼트탈락	볼트 재체결	6.00	6.00	EA	25	150	3순위
방호벽 및 중분대	균열부 백태	표면처리	0.40	0.60	m²	54	33	2순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		333		177		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		167		89		
	합계	—		500		266		
개략공사비 총계(천원)		766						

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 월가교에 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 월가교의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

5.2.4 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 기 손상인 신축이음 후타재 균열(0.3mm이상) 및 신축이음 박리 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.	

5.2.5 시설물 보수 이력

【표 5.2.2】 월가교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	A1,A2 신축이음	신축이음 후타재균열 보수, 차수판볼트체결불량 보수	2019-01-01 ~ 2019-06-30	-	-	-
2	A1 신축이음, 교대	신축이음 본체파열음맞진동 보수 교대 파손 보수	2017-07-01 ~ 2017-12-31	-	-	-

5.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 5.2.3】 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.			

5.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

5.2.8 자료수집 현황

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

5.3 현장조사

5.3.1 개요

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

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2023.09.18.~2021.10.05.	
			
고소점검차를 이용한 근접조사		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
고소점검차를 이용한 근접조사		비파괴시험	

【사진 7.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

5.3.2 상주방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 월가교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=105.0m 폭 24.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 7.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 5.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	-	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

			
손상현황	• 바닥판 상태양호	손상현황	• 바닥판 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 7.3.3】바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 5.3.2】바닥판하면 기 점검 결과 비교

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

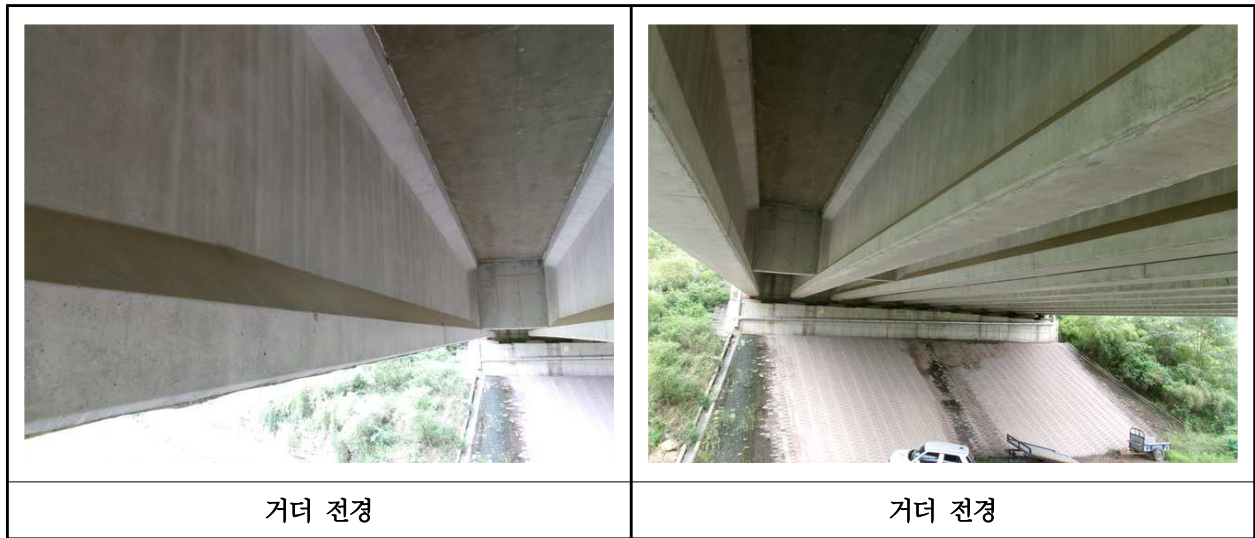
4) 검토의견

- 바닥판에 현장조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 주기적인 점검을 통한 신규 손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.

나. PSC Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 PSC Girder는 철근콘크리트로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 7.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 거더 파손이 조사되었다.

【표 5.3.3】 거더 외관조사 결과

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

		-	
손상현황	• S1 거더 파손(0.2m×0.3m)	손상현황	• -
원 인	• 외부 충격 등	원 인	• -
조치방안	• 단면보수	조치방안	• -

【사진 7.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 조사된 거더 단부 파손의 진전은 미미한 상태이며, 금회 신규손상은 확인되지 않았다.

【표 5.3.4】 거더 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 거더에 발생한 파손은 시공미흡 및 콘크리트 열화, 시공시 외부 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 7.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	—	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 가로보 상태양호	손상현황	• 가로보 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 7.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 5.3.6】 가로보 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

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



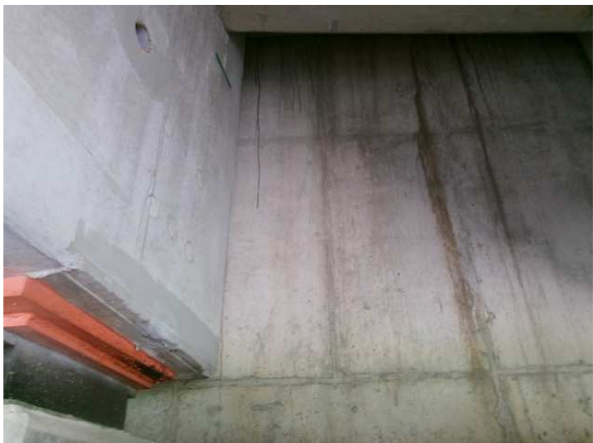
【사진 7.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 균열(폭 0.3mm이상)이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 5.3.7】 교대 외관조사 결과

구분	균열(폭 0.3mm미만) (m/개소)		균열(폭 0.3mm이상) (m/개소)	
A1	2.00	2	—	—
A2	8.00	6	5.00	2
합계	10.00	8	5.00	2

			
손상현황	• A1 균열(0.1mm/1.0m)	손상현황	• A2 균열(0.2mm/0.5m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• A2 균열(0.2mm/1.0m)	손상현황	• A2 균열(0.2mm/2.5m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• A2 균열(0.3mm/0.5m)	손상현황	• A2 균열(0.3mm/2.5m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 주입보수	조치방안	• 주입보수

【사진 7.3.9】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 발생한 균열의 진전은 미미한 상태이며, 금회 정밀조사로 인한 균열이 추가 조사되었다.

【표 5.3.8】 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	5.00	6	10.00	8	▲ 5.00	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	5.00	2	▲ 5.00	신규손상

4) 검토의견

- 교대에 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열(폭 0.3mm미만, 이상)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리, 주입보수 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 월가교의 교각은 T형교각 2기로 구성되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 도보조사, 고소 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 7.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 표면박리가 발생한 것으로 조사되었다.

【표 5.3.9】 교각 외관조사 결과

구분	균열(폭 0.3mm미만) (m/개소)		표면박리 (㎡/개소)	
P1	3.00	3	—	—
P2	2.90	3	1.05	1
합계	6.90	6	1.05	1

			
손상현황	• P2 코핑부 균열(0.2mm/0.4m)	손상현황	• P2 코핑부 균열(0.2mm/1.0m)
원 인	• 초기 건조수축 등	원 인	• 초기 건조수축 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P2 코핑부 균열(0.2mm/1.5m)	손상현황	• P2 코핑부 균열(0.2mm/1.5m)
원 인	• 초기 건조수축 등	원 인	• 초기 건조수축 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P2 코핑부 표면바리(3.5m×0.5m)	손상현황	• P2 코핑부 표면바리(3.5m×0.5m)
원 인	• 초기 건조수축, 다짐미흡 등	원 인	• 초기 건조수축, 다짐미흡 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 7.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 발생된 균열(폭 0.3mm미만)의 진전은 미미한 상태이며, 금회 정밀조사로 인한 균열 및 표면박리가 추가 조사되었다.

【표 5.3.10】 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	4.0	4	6.90	6	▲ 2.90	신규손상
	표면박리	m ²	—	—	1.05	1	▲ 2.90	신규손상

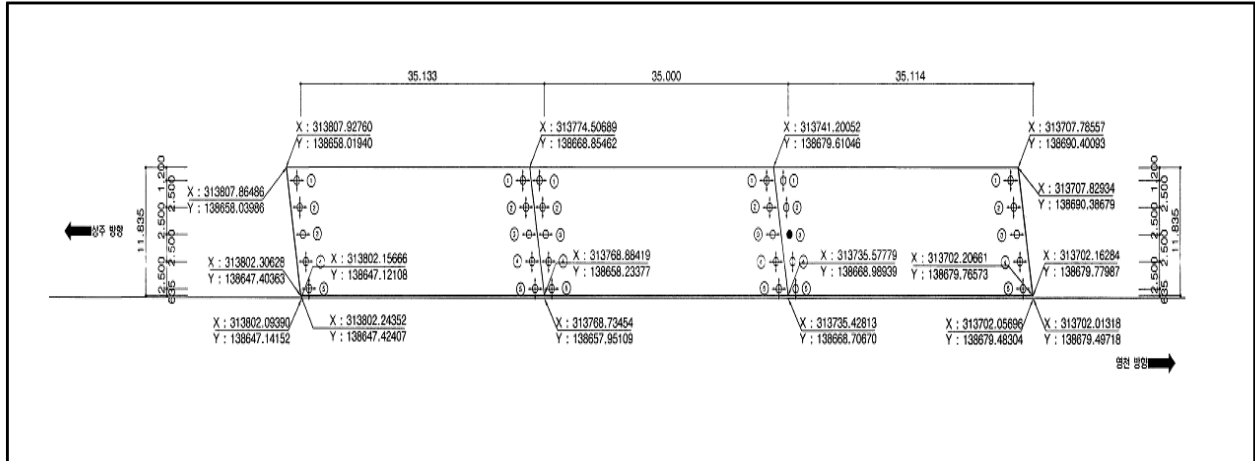
4) 검토의견

- 교각에 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열(폭 0.3mm미만)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다. 또한 발생된 표면박리의 경우 공용중 열화로 인한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.
- 하자담보기간 완료 전 실시하는 수중조사 결과, 본 교량의 기초는 매립되어 있으며, 기둥부는 하천에 접하지 않은 상태이다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 월가교의 받침은 고무받침으로 총 30개소가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 7.3.1】 교량받침 배치도



【사진 7.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 5.3.11】 교량받침 외관조사 결과

구분	플레이트 부식 (EA/개소)	
A1	—	—
P1	—	—
P2	3.00	3
A2	—	—
합계	3.00	3

			
손상현황	• P2-Sh1 플레이트 부식	손상현황	• P2-Sh1 플레이트 부식
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장

【사진 7.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침은 기 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀안전점검 결과 플레이트부식이 신규 확인되었다.

【표 5.3.12】 교량받침 기 점검 결과 비교

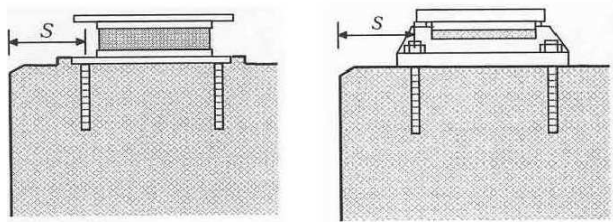
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	플레이트 부식	EA	—	—	2.00	2	▲ 2.00	신규손상

4) 검토의견

- 받침본체에서 조사된 본체 부식은 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.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침

(b) 강재받침

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

【그림 7.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 7.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : $200 + 5 \times 35 = 375\text{mm}$

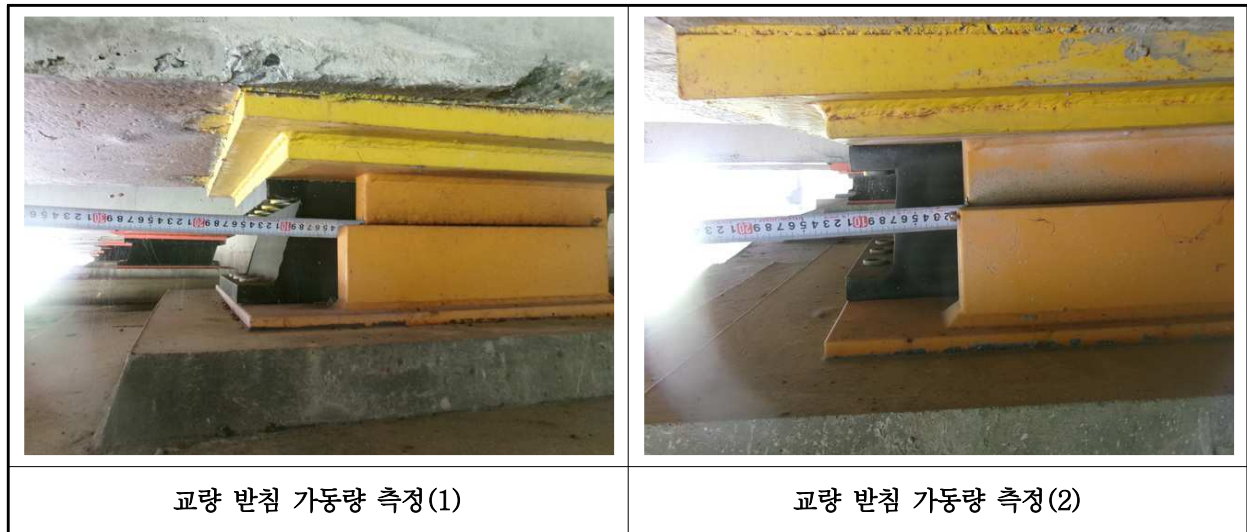
【표 5.3.13】연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		375	530	532	540	538	537	O.K
P1	A1측	375	522	531	525	525	522	O.K
	A2측	375	608	611	613	608	610	O.K
P2	A1측	375	560	570	572	572	572	O.K
	A2측	375	558	570	570	570	570	O.K
A2		375	559	559	560	570	570	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 7.3.15】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 5.3.14】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	30.1	9.9	0.00001	70.0	21.1	6.9	
P1	30.1	9.9	0.00001	35.0	10.5	3.5	
P2	고정단						
A2	30.1	9.9	0.00001	35.0	10.5	3.5	

1) 조사당시 온도 : 25.1℃(조사일 : 2023년 9월 18일, 평균온도, 상주)
 2) 검토온도 : −5℃ ~ 35℃(보통지방)

【표 5.3.15】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	25	25	75	21.1	6.9	±50
	SH2	25	25	75			±50
	SH3	25	25	75			±50
	SH4	25	25	75			±50
	SH5	25	25	75			±50
P1(A1)	SH1	0	50	50	10.5	3.5	±50
	SH2	0	50	50			±50
	SH3	0	50	50			±50
	SH4	0	50	50			±50
	SH5	0	50	50			±50
P1(A2)	SH6	0	50	50	10.5	3.5	±50
	SH7	0	50	50			±50
	SH8	0	50	50			±50
	SH9	0	50	50			±50
	SH10	0	50	50			±50
P2(A2)	고정단						
A2	SH1	12	38	62	10.5	3.5	±50
	SH2	12	38	62			±50
	SH3	12	38	62			±50
	SH4	12	38	62			±50
	SH5	12	38	62			±50
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K							

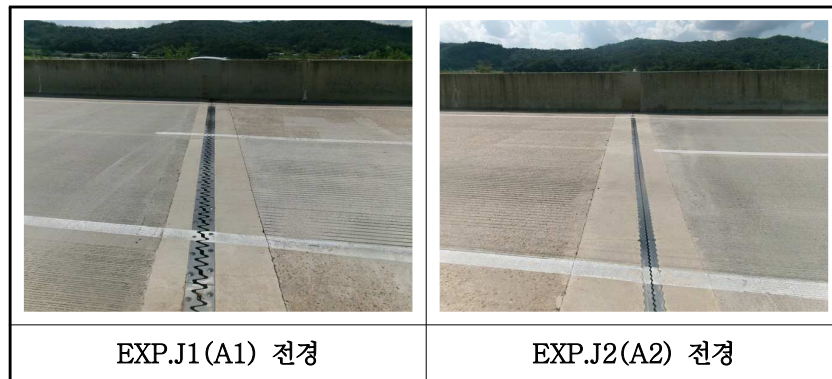
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1에 핑거 조인트, A2에 모노셀 조인트로 시공된 상태이다. 점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.



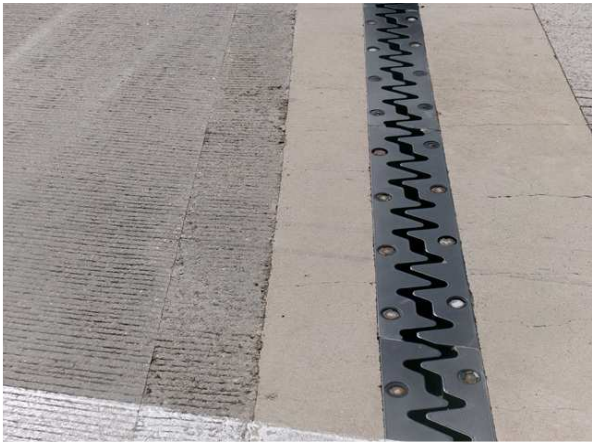
【사진 7.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 후타재 열화, 차수판 볼트체결 불량, 탈락, 후타재 망상 균열이 조사되었다.

【표 5.3.16】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (폭 0.3mm미만) (m/개소)		후타재 균열 (폭 0.3mm이상) (m/개소)		후타재 열화 (㎡/개소)		차수판 볼트 체결불량, 탈락 (개소)		후타재 망상균열 (㎡/개소)	
A1 (EXP J1)	—	—	5.50	11	0.50	1	6.00	6	—	—
A2 (EXP J2)	5.60	14	3.30	11	—	—	2.00	2	3.20	2
합계	5.60	14	8.80	22	0.50	1	8.00	8	3.20	2

			
손상현황	• A1 차수판 볼트 탈락(1EA)	손상현황	• A1 차수판 볼트 체결불량(5EA)
원 인	• 공용중 열화	원 인	• 공용중 열화
조치방안	• 정비	조치방안	• 정비
			
손상현황	• A1 후타재 균열(0.3mm)	손상현황	• A1 후타재 열화(0.5m×1.0m)
원 인	• 초기 건조수축 등	원 인	• 중차량, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 후타재 균열(0.3mm)	손상현황	• A2 후타재 망상균열(0.3m×4.0m)
원 인	• 초기 건조수축 등	원 인	• 초기 건조수축 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 7.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 신축이음 현장조사 결과, 기 손상인 후타재 균열(0.3mm내, 외), 후타재 열화, 차수판 볼트 불량 및 탈락이 조사되었다. 금회 정밀조사로 인한 후타재 망상균열이 신규 확인되었다.

【표 5.3.17】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	5.60	14	5.60	14	— —	변동없음
	후타재 균열(0.3mm이상)	m	8.80	22	8.80	22	— —	변동없음
	후타재 열화	m ²	0.50	1	0.50	1	— —	변동없음
	차수판 볼트 불량, 탈락	EA	8.00	8	8.00	8	— —	변동없음
	후타재 망상균열	m ²	—	—	3.20	2	▲ 3.20	신규손상

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 망상균열, 후타재 열화, 차수판 볼트 체결 불량, 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리 등의 유지관리가 요구되며, 차수판 볼트 재체결등의 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

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 신축량	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2023. 9. 18. 기온 적용: 25.1℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-25.1℃ = 9.9℃ ΔT(수축시) : -5.0℃-(25.1℃) = 30.1℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선평창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>	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}	 
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 7.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 5.3.18】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선평창 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	30.1	9.9	0.00001	70.0	21.1	6.9	31.0	35.0	95.0	
A2	30.1	9.9	0.00001	35.0	10.5	3.5	15.0	28.0	120.0	
1) 조사당시 온도 : 25.1℃(조사일 : 2023년 9월 18일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)										

【표 5.3.19】 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	21.1	6.9	31.0	80	52.1	24.1	O.K
A2	10.5	3.5	15.0	40	25.5	11.5	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, 측정일 온도는 25.1℃(9월 18일)로써 이때 측정유간은 15.0~31.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

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



교면포장 전경

【사진 7.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 본선 포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 5.3.20】 교면포장 외관조사 결과

구분	—	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 교면포장 상태양호	손상현황	• 교면포장 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 7.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 5.3.21】 교면포장 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

	
배수관 전경	배수구 전경

【사진 7.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 5.3.22】 배수시설 외관조사 결과

구분	—	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 배수시설 상태양호	손상현황	• 배수시설 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 7.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 5.3.23】 배수시설 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 배수구 및 배수관은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 7.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 중앙분리대 측에 균열부백태가 조사되었다.

【표 5.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	0.20	2
S3	—	—
합계	0.20	2

			
손상현황	• S2 중분대 균열부 백태(0.1m×1.0m)	손상현황	• S2 중분대 균열부 백태(0.1m×1.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 7.3.24】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽은 기 손상인 중분대 균열부백태가 조사 되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인 되었고, 금회 신규 손상은 확인되지 않았다.

【표 5.3.25】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열부백태	m ²	0.20	2	0.20	2	- -	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 중분대에 균열부백태가 조사 되었고, 건조수축, 거푸집 조기탈착에 의한 균열에 우천시 우수가 유입되면서 균열부에 백태가 발생한 것으로 판단되며, 2차 손상 방지 및 내구성 증진을 확보하기 위한 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 월가교의 점검통로는 없는 것으로 확인되었고, 점검계단이 2개소 확인되었다.



【사진 7.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검계단은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.26】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	—	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—

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

【사진 7.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 점검시설은 손상이 없는 양호한 상태로, 신규손상이 확인되지 않았다.

【표 5.3.27】 점검시설 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

다. 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.

5.3.3 영천방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 월가교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=105.0m 폭 24.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 7.3.27】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과, 백태, 박리, 파손, 망상균열이 조사되었다.

【표 5.3.28】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
S1	0.25	1	0.80	2	—	—	—	—
S2	—	—	—	—	—	—	—	—
S3	—	—	—	—	0.09	2	22.50	1
합계	0.25	1	0.80	2	0.09	2	22.50	1

			
손상현황	• S1 백태(0.5m×0.5m)	손상현황	• S1 박리(0.1m×5.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 공용중 열화, 다짐미흡 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S1 박리(0.1m×5.0m)	손상현황	• S1 박리(1.0m×0.3m)
원 인	• 공용중 열화, 다짐미흡 등	원 인	• 공용중 열화, 다짐미흡 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S3 파손(1.5m×0.3m)	손상현황	• S3 파손(1.5m×0.3m)
원 인	• 공용중 열화, 다짐미흡 등	원 인	• 공용중 열화, 다짐미흡 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 7.3.28】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판하면은 기 손상인 백태가 조사 되었고, 기 손상의 진전은 미미한 것으로 확인 되었다. 금회 정밀조사로 인한 바닥판 박리, 파손, 망상균열이 신규 조사되었다.

【표 5.3.29】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	백태	m ²	0.25	1	0.25	1	— —	변동없음
	박리	m ²	—	—	0.80	2	▲ 0.80	신규손상
	파손	m ²	—	—	0.09	2	▲ 0.09	신규손상
	망상균열	m ²	—	—	22.50	1	▲ 22.50	신규손상

4) 검토의견

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 백태가 조사되었고, 신축이음 하부에서 우수유입으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 유지관리 보수가 필요할 것으로 판단된다. 발생한 망상균열의 경우 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열(폭 0.3mm미만)이 확인되었고, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 바닥판에 발생한 파손, 박리는 시공미흡 및 콘크리트 열화, 시공시 외부 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

나. PSC Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 PSC Girder는 철근콘크리트로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 7.3.29】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과, 백태, 파손이 조사되었다.

【표 5.3.30】 거더 외관조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	0.09	3	0.24	11
S2	0.08	2	—	—
S3	—	—	—	—
합계	0.17	5	0.24	11

			
손상현황	• S1-G1 백태(0.1m×0.3m)	손상현황	• S1-G2 백태(0.2m×0.2m)
원 인	• 외부 우수유입 등	원 인	• 외부 우수유입 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S1-G2 백태(0.2m×0.2m)	손상현황	• S1-G5 파손(0.1m×0.2m)
원 인	• 외부 우수유입 등	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수

【사진 7.3.30】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더는 기 손상인 백태 및 파손이 조사 되었고, 금회 정밀안전점검 조사 결과 거더 백태가 신규 추가되었다.

【표 5.3.31】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	백태	m ²	0.09	3	0.17	5	▲ 0.08	신규손상
	파손	m ²	0.24	11	0.24	11	- -	변동없음

4) 검토의견

- 거더에 백태, 파손이 조사되었고, 백태와 파손은 시공 시에 발생된 손상으로 판단되며, 시설물의 사용성에는 문제가 없으나 내구성증진을 위한 표면처리, 단면보수 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 7.3.31】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 5.3.32】 가로보 현장조사 결과

구분	—	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
합계	—	—

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

【사진 7.3.32】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 5.3.33】 가로보 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

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



【사진 7.3.33】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm 내,외), 실란트 파손이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 5.3.34】 교대 외관조사 결과

구분	균열(폭 0.3mm미만) (m/개소)		균열(폭 0.3mm이상) (m/개소)		실란트파손 (m/개소)	
A1	6.00	3	—	—	—	—
A2	2.70	4	2.50	1	2.50	1
합계	8.70	7	2.50	1	2.50	1

			
손상현황	• A1 균열(0.2mm/1.0m)	손상현황	• A1 균열(0.2mm/3.0m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• A2 균열(0.2mm/0.2m)	손상현황	• A2 균열(0.2mm/1.0m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• A2 균열(0.3mm/2.5m)	손상현황	• A2 실란트 파손(2.5m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 공용중 열화 등
조치방안	• 주입보수	조치방안	• 실란트 주입

【사진 7.3.34】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교대 외관조사 결과 기 손상인 균열, 실란트 파손이 조사되었고 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다. 금회 정밀안전점검으로 균열(폭 0.3mm이상)이 신규 조사되었다.

【표 5.3.35】 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	8.70	7	8.70	7	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	2.50	1	▲ 2.50	신규손상
	실란트파손	m	2.50	1	2.50	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교대에 균열(폭 0.3mm미만, 이상)이 조사되었고, 건조수축, 거푸집 조기탈착에 의한 비구조적인 균열로 판단되며, 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다. 실란트 파손은 시공 미흡에 의한 손상 및 공용중 열화로 인한 손상으로 정비, 실란트 충전 등의 유지관리가 필요하다고 판단된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 월가교의 교각은 T형교각 2기로 구성되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 도보조사, 고소 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 7.3.35】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과 코핑부에서 균열(폭 0.3mm미만) 및 망상균열이 조사되었다.

【표 5.3.36】 교각 외관조사 결과

구분	균열(폭 0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
P1	4.50	3	1.00	1
P2	0.50	1	4.00	1
합계	5.00	4	5.00	2

			
손상현황	• P1 코핑부 균열(0.2mm/1.5m)	손상현황	• P1 코핑부 균열(0.2mm/1.5m)
원 인	• 초기 건조수축 등	원 인	• 초기 건조수축 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P1 코핑부 망상균열(1.0m×1.0m)	손상현황	• P2 코핑부 균열(0.2mm/0.5m)
원 인	• 초기 건조수축 등	원 인	• 초기 건조수축 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P2 코핑부 균열(0.2mm/0.5m)	손상현황	• P2 코핑부 망상균열(2.0m×2.0m)
원 인	• 초기 건조수축 등	원 인	• 초기 건조수축 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 7.3.36】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교대 외관조사 결과 기 손상인 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열이 조사되었고 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다. 금회 정밀안전점검으로 균열(폭 0.3mm미만) 및 망상균열이 신규 조사되었다.

【표 5.3.37】 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	3.50	3	5.00	4	▲ 1.50	신규손상
	망상균열	m ²	1.00	1	5.00	2	▲ 4.00	신규손상

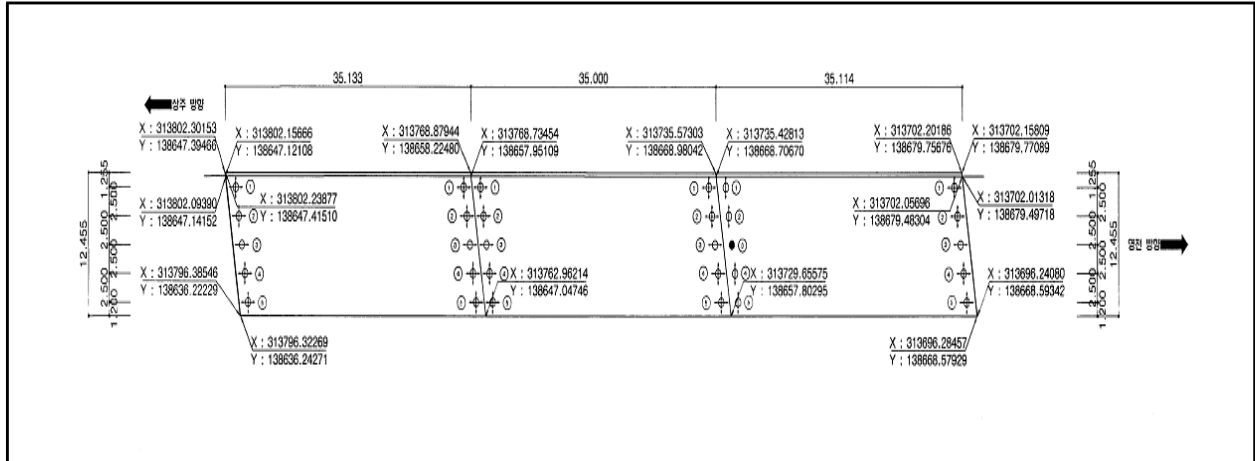
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열(폭 0.3mm미만) 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 하자담보기간 완료 전 실시하는 수중조사 결과, 본 교량의 기초는 매립되어 있으며, 기둥부는 하천에 접하지 않은 상태이다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 월가교의 받침은 고무받침으로 총 30개소가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 7.3.1】 교량받침 배치도



【사진 7.3.37】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침의 현장조사 결과 플레이트 부식, 받침콘크리트 균열이 조사되었다.

【표 5.3.38】 교량받침 외관조사 결과

구분	플레이트 부식 (EA/개소)		받침콘크리트 균열 (m/개소)	
A1	5.00	5	—	—
P1	—	—	0.50	1
P2	3.00	3	0.50	1
A2	—	—	—	—
합계	8.00	8	1.00	2

			
손상현황	• A1-Sh3 플레이트 부식	손상현황	• A1-Sh4 플레이트 부식
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장
			
손상현황	• P2-Sh9 균열(0.2mm/0.5m)	손상현황	• P2-Sh9 균열(0.2mm/0.5m)
원 인	• 건조수축, 다짐미흡 등	원 인	• 건조수축, 다짐미흡 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P2-Sh8 플레이트 부식	손상현황	• P3-Sh3 균열(0.2mm/0.5m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 건조수축, 다짐미흡 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 표면처리

【사진 7.3.38】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침의 외관조사 결과 기 손상인 플레이트 부식이 조사되었고 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다. 금회 정밀안전점검으로 플레이트 부식이 추가 조사되었다.

【표 5.3.39】 교량받침 기 점검 결과 비교

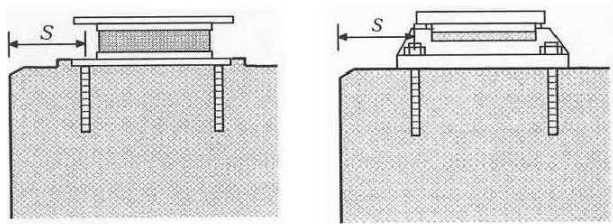
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	플레이트부식	EA	1.00	1	8.00	8	▲ 7.00	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	1.00	2	1.00	2	- -	변동없음

4) 검토의견

- 받침본체에서 조사된 플레이트 부식은 전처리 미흡 손상에 외부 우수유입으로 인한 손상으로 재도장 등의 조치가 필요하다고 판단된다. 받침콘크리트에서 조사된 균열은 국부적으로 발생된 폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침

(b) 강재받침

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

【그림 7.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 7.3.39】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : $200 + 5 \times 35 = 375\text{mm}$

【표 5.3.40】연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		375	530	530	550	550	550	O.K
P1	A1측	375	510	510	510	520	520	O.K
	A2측	375	610	610	610	600	610	O.K
P2	A1측	375	580	580	580	580	570	O.K
	A2측	375	550	550	550	550	550	O.K
A2		375	560	560	570	560	570	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 7.3.40】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 5.3.41】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	30.1	9.9	0.00001	70.0	21.1	6.9	
P1	30.1	9.9	0.00001	35.0	10.5	3.5	
P2	고정단						
A2	30.1	9.9	0.00001	35.0	10.5	3.5	
1) 조사당시 온도 : 25.1°C(조사일 : 2023년 9월 18일, 평균온도, 상주)							
2) 검토온도 : -5°C ~ 35°C(보통지방)							

【표 5.3.42】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	25	25	75	21.1	6.9	±50
	SH2	25	25	75			±50
	SH3	25	25	75			±50
	SH4	25	25	75			±50
	SH5	25	25	75			±50
P1(A1)	SH1	0	50	50	10.5	3.5	±50
	SH2	0	50	50			±50
	SH3	0	50	50			±50
	SH4	0	50	50			±50
	SH5	0	50	50			±50
P1(A2)	SH6	0	50	50	10.5	3.5	±50
	SH7	0	50	50			±50
	SH8	0	50	50			±50
	SH9	0	50	50			±50
	SH10	0	50	50			±50
P2(A2)	고정단						
A2	SH1	15	35	65	10.5	3.5	±50
	SH2	15	35	65			±50
	SH3	15	35	65			±50
	SH4	15	35	65			±50
	SH5	15	35	65			±50
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K							

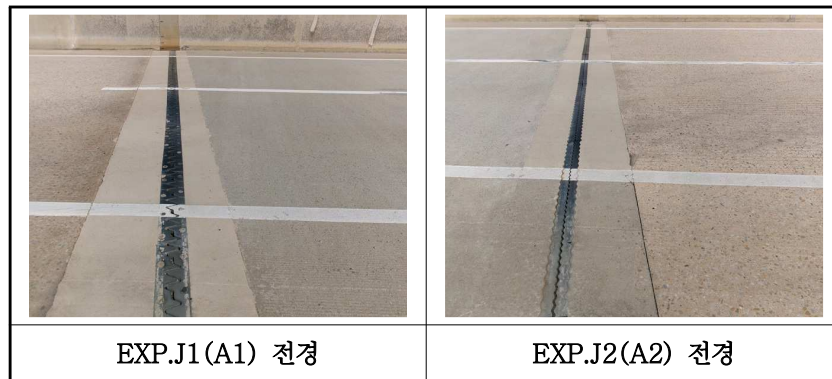
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1에 핑거 조인트, A2에 모노셀 조인트로 시공된 상태이다. 점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.



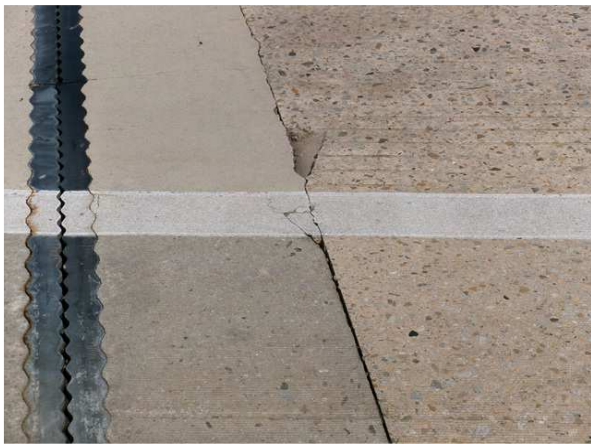
【사진 7.3.41】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 후타재 박리, 차수판 볼트탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 5.3.43】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열(폭 3mm이상) (m/개소)		후타재 박리 (㎡/개소)		차수판 볼트탈락 (개소)	
A1 (EXP J1)	2.10	5	0.45	1	5.00	5
A2 (EXP J2)	—	—	0.04	1	1.00	1
합계	2.10	5	0.49	2	6.00	6

			
손상현황	• A1 후타재 균열(0.3mm)	손상현황	• A1 차수판 볼트 탈락(1EA)
원 인	• 초기 건조수축 등	원 인	• 공용중 열화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 정비
			
손상현황	• A1 후타재 박리(0.3m×1.5m)	손상현황	• A2 차수판 볼트 탈락(1EA)
원 인	• 중차량, 공용중 열화 등	원 인	• 공용중 열화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 정비
			
손상현황	• A2 후타재 박리(0.2m×0.2m)	손상현황	• A2 차수판 볼트 탈락(4EA)
원 인	• 중차량, 공용중 열화 등	원 인	• 공용중 열화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 정비

【사진 7.3.42】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 신축이음 현장조사 결과, 기 손상인 후타재 균열(0.3mm이상) 후타재 박리, 차수판 볼트 불량 및 탈락이 조사되었다. 금회 정밀안전점검 조사 결과 기 손상의 진전은 미미한 것으로 판단된다.

【표 5.3.44】 신축이음 기 점검 결과 비교

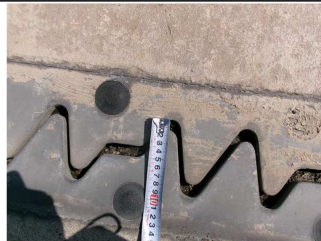
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열(0.3mm이상)	m	2.1	5	2.1	5	— —	변동없음
	후타재 박리	m ²	0.49	2	0.49	2	— —	변동없음
	차수판 볼트 불량, 탈락	EA	6.0	6	6.0	6	— —	변동없음

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 박리, 차수판 볼트탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리, 차수판 볼트 재체결을 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

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. 18. 기온 적용: 25.1℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-25.1℃ = 9.9℃ ΔT(수축시) : -5.0℃-(25.1℃) = 30.1℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α (/℃)	
	강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	
	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	

【사진 7.3.43】 신축이음 유간 측정방법

【표 5.3.45】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		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	30.1	9.9	0.00001	70.0	21.1	6.9	15.0	30.0	95.0	
A2	30.1	9.9	0.00001	35.0	10.5	3.5	10.0	28.0	72.0	
1) 조사당시 온도 : 25.1℃(조사일 : 2023년 9월 18일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)										

【표 5.3.46】 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	21.1	6.9	15.0	80	36.1	8.1	O.K
A2	10.5	3.5	10.0	40	20.5	6.5	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, 측정일 온도는 25.1℃(9월 18일)로써 이때 측정유간은 10.0~15.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

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



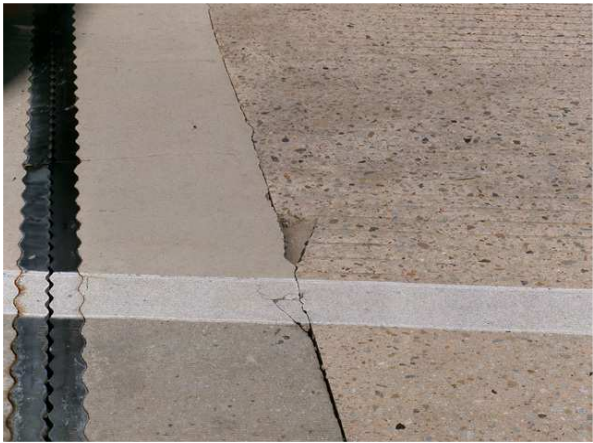
【사진 7.3.44】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장은 본선은 양호한 상태이며, 접속도로 파손이 확인되었다.

【표 5.3.47】 교면포장 외관조사 결과

구분	접속도로파손 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	—	—
S3	0.04	1
합계	0.04	1

			
손상현황	• S3 접속도로 파손(0.2m×0.2m)	손상현황	• S3 접속도로 파손(0.2m×0.2m)
원 인	• 중차량 통행, 시공미흡 등	원 인	• 중차량 통행, 시공미흡 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 7.3.45】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 손상이 없는 양호한 상태였으나, 금회 정밀안전점검으로 접속도로 파손의 신규손상이 조사되었다.

【표 5.3.48】 교면포장 기 점검 결과 비교

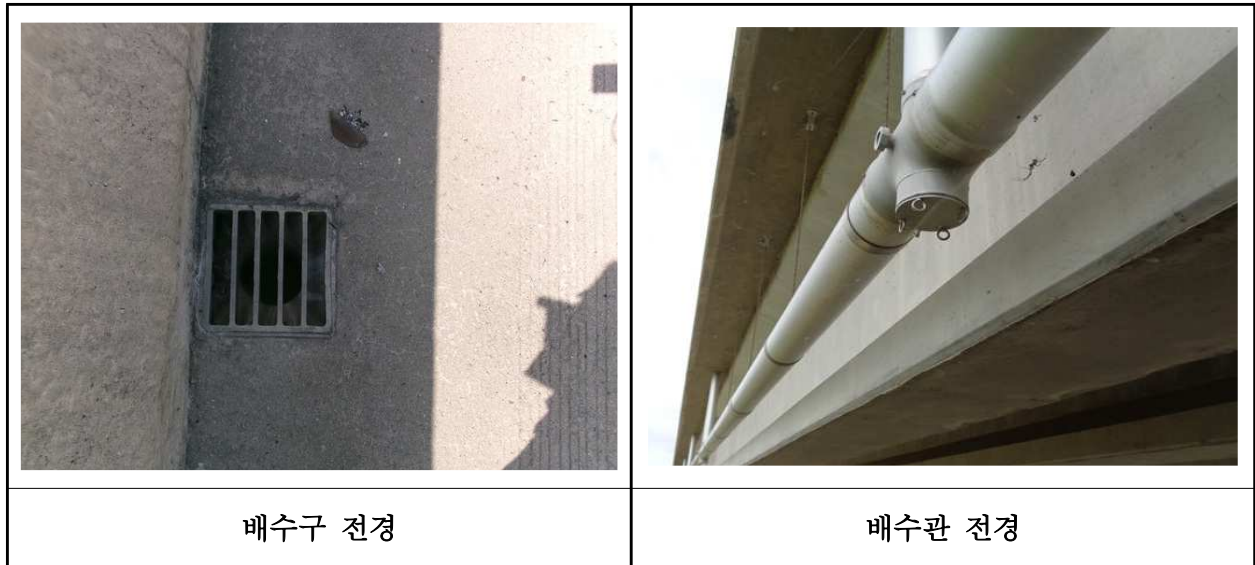
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	접속도로 파손	m ²	0.04	1	0.04	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 접속도로 파손은 접속부 침하, 시공미흡, 외부 충격 등의 복합적 요인으로 추정되며 갓길측으로 주행성에 영향을 미치지 않는지만 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요



【사진 7.3.46】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 5.3.49】 배수시설 외관조사 결과

구분	-	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

			
손상현황	• 배수시설 상태양호	손상현황	• 배수시설 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 7.3.47】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 5.3.50】 배수시설 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 배수구 및 배수관은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 7.3.48】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열부백태, 파손이 조사되었다.

【표 5.3.51】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	0.10	2	0.02	1
S2	0.30	3	—	—
S3	—	—	—	—
합계	0.40	5	0.02	1

			
손상현황	• S1 균열부 백태(0.1m×0.5m)	손상현황	• S2 중분대 파손(0.1m×0.2m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 다짐미흡, 외부 충격 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S2 중분대 균열부 백태(0.1m×1.0m)	손상현황	• S2 중분대 균열부 백태(0.1m×1.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 7.3.49】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽은 기 손상인 중분대 균열부백태가 조사 되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다. 금회 정밀조사로 인한 방호벽 파손이 추가 확인되었다.

【표 5.3.52】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열부백태	m ²	0.40	5	0.40	5	— —	변동없음
	파손	m ²	—	—	0.02	1	▲ 0.02	신규손상

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등의 복합적인 원인에 의한 균열에 우천시 우수유입으로 인해 균열부에 백태가 발생하는 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 파손의 경우 외부충격, 다짐미흡에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 유지관리가 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 월가교의 점검통로는 없는 것으로 확인되었고, 점검계단이 1개소 확인되었다.



점검계단 전경

【사진 7.3.50】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검계단은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.53】교량 점검시설 외관조사 결과

구분	—	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—

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

【사진 7.3.51】교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 점검시설은 손상이 없는 양호한 상태로, 신규손상이 확인되지 않았다.

【표 4.3.54】점검시설 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 조사되었고, 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.

5.3.4 외관조사 총괄표

【표 5.3.55】 상주방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	상태양호	—	—	—	
거더	파손	m ²	0.06	1	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	10.00	8	
	균열(0.3mm이상)	m	5.00	2	
교각	균열(0.3mm미만)	m	6.90	6	
	표면박리	m ²	1.05	1	
교량받침	플레이트 부식	EA	2.00	2	
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	5.60	14	
	후타재 균열(0.3mm이상)	m	8.80	22	
	후타재 열화	m ²	0.50	1	
	차수판 볼트 불량, 탈락	EA	8.00	8	
	후타재 망상균열	m ²	3.20	2	
교면포장	상태양호	—	—	—	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽 및 중분대	균열부백태	m ²	0.20	2	

【표 5.3.56】 영천방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	백태	m ²	0.25	1	
	박리	m ²	0.80	2	
	파손	m ²	0.09	2	
	망상균열	m ²	22.50	1	
거더	백태	m ²	0.17	5	
	파손	m ²	0.24	11	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	8.70	7	
	균열(0.3mm이상)	m	2.50	1	
	실란트파손	m	2.50	1	
교각	균열(0.3mm미만)	m	5.00	4	
	망상균열	m ²	5.00	2	
교량받침	플레이트부식	EA	8.00	8	
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	1.00	2	
신축이음	후타재 균열(0.3mm이상)	m	2.1	5	
	후타재 박리	m ²	0.49	2	
	차수판 볼트 불량, 탈락	EA	6.0	6	
교면포장	접속도로 파손	m ²	0.04	1	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	균열부백태	m ²	0.40	5	
	파손	m ²	0.02	1	

5.3.5 전회차 손상물량 비교

【표 5.3.57】 상주방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
거더	파손	m ²	0.06	1	0.06	1	— —	변동없음
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
교대	균열(0.3mm미만)	m	5.00	6	10.00	8	▲ 5.00	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	5.00	2	▲ 5.00	신규손상
교각	균열(0.3mm미만)	m	4.0	4	6.90	6	▲ 2.90	신규손상
	표면박리	m ²	—	—	1.05	1	▲ 2.90	신규손상
교량받침	플레이트 부식	EA	—	—	2.00	2	▲ 2.00	신규손상
신축이음	후타재균열(0.3mm미만)	m	5.60	14	5.60	14	— —	변동없음
	후타재균열(0.3mm이상)	m	8.80	22	8.80	22	— —	변동없음
	후타재 열화	m ²	0.50	1	0.50	1	— —	변동없음
	차수관볼트불량, 탈락	EA	8.00	8	8.00	8	— —	변동없음
	후타재 망상균열	m ²	—	—	3.20	2	▲ 3.20	신규손상
교면포장	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
방호벽	균열부백태	m ²	0.20	2	0.20	2	— —	변동없음

【표 5.3.58】 영천방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	백태	m ²	0.25	1	0.25	1	— —	변동없음
	박리	m ²	—	—	0.80	2	▲ 0.80	신규손상
	파손	m ²	—	—	0.09	2	▲ 0.09	신규손상
	망상균열	m ²	—	—	22.50	1	▲ 22.50	신규손상
거더	백태	m ²	0.09	3	0.17	5	▲ 0.08	신규손상
	파손	m ²	0.24	11	0.24	11	— —	변동없음
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
교대	균열(0.3mm미만)	m	8.70	7	8.70	7	— —	변동없음
	균열(0.3mm이상)	m	—	—	2.50	1	▲ 2.50	신규손상
	실란트파손	m	2.50	1	2.50	1	— —	변동없음
교각	균열(0.3mm미만)	m	3.50	3	5.00	4	▲ 1.50	신규손상
	망상균열	m ²	1.00	1	5.00	2	▲ 4.00	신규손상
교량받침	플레이트부식	EA	1.00	1	8.00	8	▲ 7.00	신규손상
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	m	1.00	2	1.00	2	— —	변동없음
신축이음	후타재균열(0.3mm이상)	m	2.1	5	2.1	5	— —	변동없음
	후타재 박리	m ²	0.49	2	0.49	2	— —	변동없음
	차수관볼트불량, 탈락	EA	6.0	6	6.0	6	— —	변동없음
교면포장	접속도로 파손	m ²	0.04	1	0.04	1	— —	변동없음
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
방호벽	균열부백태	m ²	0.40	5	0.40	5	— —	변동없음
	파손	m ²	—	—	0.02	1	▲ 0.02	신규손상

5.4 콘크리트 내구성 조사

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

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

5.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 5.4.1】 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	3	3	4	4	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	2	2	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	2	2	2	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	—	—	

【표 5.4.2】 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	3	3	4	4	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	3	2	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	2	2	2	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	—	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

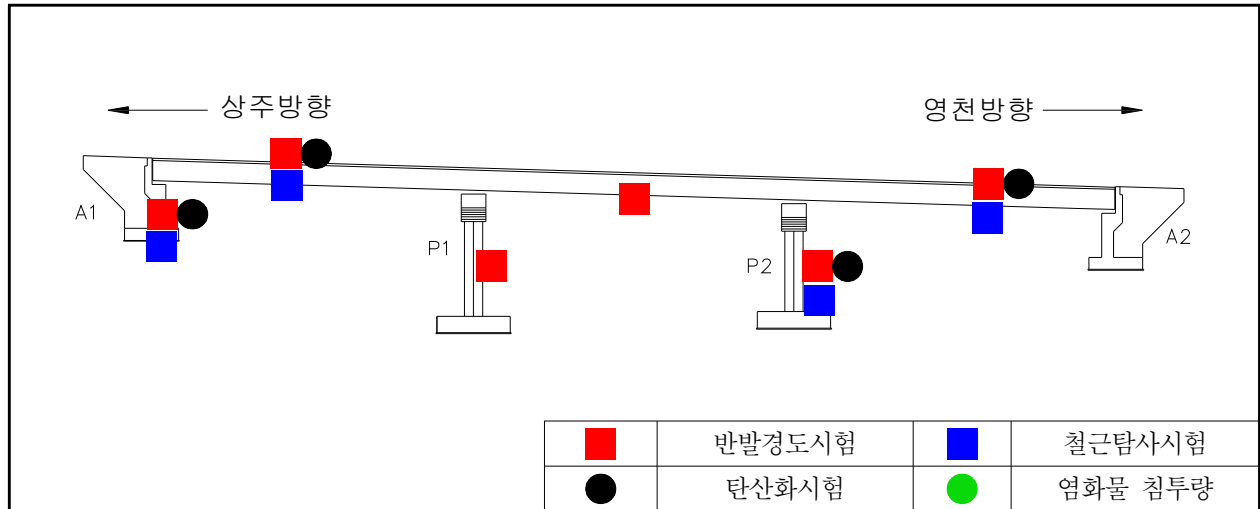
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 교량점검차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량의 비파괴 선정 위치는 외관조사망도를 참고하여 건전부와 비건전부를 선정 후 비파괴시험을 실시하였고, 기존에 실시한 부위의 경우 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

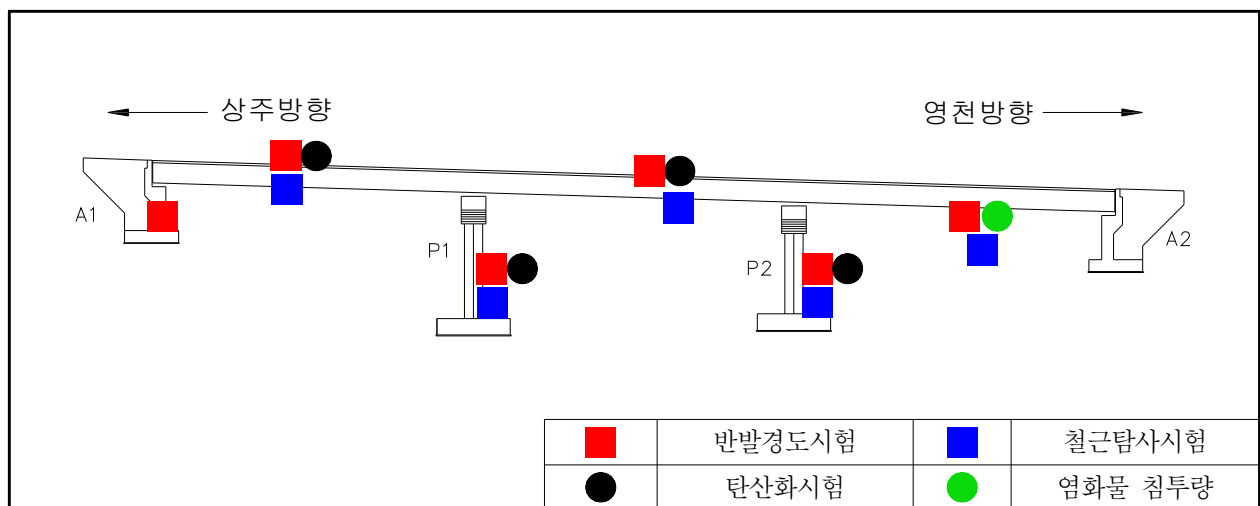
반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황
철근탐사시험	염화물침투량 시험

【사진 5.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 5.4.1】 상주방향 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 5.4.2】 영천방향 콘크리트 내구성조사 위치도

5.4.2 시험결과 및 분석

가. 상주방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발강도시험(총 8개소)을 실시 하였으며, 검토결과를 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 5.4.3】 상부구조(바닥판하면, 가로보) 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	
	S3 바닥판하면	47.7	27.4	28.1			
	S3 가로보	47.5	27.2	28.0			

【표 5.4.4】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	시설공단 제안식	재령보정 계수		
상부구조	S2-G1 거더	51.2	42.6	50.7	0.64	27.0	

【표 5.4.5】 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	49.3	28.7	28.8		27.0	
	P2 교각	48.0	27.6	28.2			
	P2 교각(비건전)	48.3	27.8	28.4			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.2~28.1MPa, 상부구조(거더) 42.6~50.7MPa, 하부구조(교대) 25.4~27.0MPa, 하부구조(교각) 27.6~28.8MPa 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.

【표 5.4.6】 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	42.6 ~ 50.7	40.0	106.5 ~ 126.8
하부구조	교대	25.4 ~ 27.0	24.0	105.8 ~ 112.5
	교각	27.6 ~ 28.2	27.0	102.2 ~ 104.4

② 기 점검결과와의 비교

【표 5.4.7】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판하면, 가로보	27.3 ~ 28.8	27.5 ~ 28.3	27.0
	거더	42.3 ~ 50.0	41.1 ~ 50.2	40.0
	교대	25.0 ~ 27.0	26.0 ~ 27.3	24.0
	교각	27.3 ~ 28.8	27.4 ~ 28.7	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 5.4.8】 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	5.00	43.00	38.00	a	2.04	100년이상	
	S3 바닥판하면	7.00	44.00	37.00	a	2.86	100년이상	
하부구조	A1 교대	6.00	79.00	73.00	a	2.45	100년이상	
	P2 교각	8.00	68.00	60.00	a	3.27	100년이상	

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 5.0~7.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 6.0~8.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 5.4.9】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	5.0~7.0	43.0~44.0	
하부구조	6.0~8.0	68.0~79.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 5.4.10】 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	1.5	40.5	a	5.0~7.0	43.0~44.0	a	
하부구조	6.0~6.5	96.5~97.0	a	6.0~8.0	68.0~79.0	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 8개소)을 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 5.4.11】 상부구조(바닥판하면, 가로보) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	48.3	27.8	28.4	0.64	27.0	
	S2 바닥판하면	47.6	27.3	28.1		40.0	
	S2 가로보	48.2	27.8	28.3			

【표 5.4.12】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	시설공단 제안식	재령보정 계수		
상부구조	S3-G1 거더	50.6	42.0	49.8	0.64	27.0	

【표 5.4.13】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	45.2	25.3	27.0	0.64	24.0	
	P1 교각	48.4	27.9	28.4		27.0	
	P2 교각	49.2	28.6	28.8			
	P2 교각(비건전)	48.5	28.0	28.5			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.3~28.4MPa, 상부구조(거더) 42.0~49.8MPa, 하부구조(교대) 25.3~27.0MPa, 하부구조(교각) 27.9~28.8MPa 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.

【표 5.4.14】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판하면, 가로보	27.3 ~ 28.4	27.0	101.1 ~ 105.2
	거더	42.0 ~ 49.8	40.0	105.0 ~ 124.5
하부구조	교대	25.3 ~ 27.0	24.0	105.4 ~ 112.5
	교각	27.9 ~ 28.8	27.0	103.3 ~ 106.7

② 기 점검결과와의 비교

【표 5.4.15】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판하면, 가로보	27.1 ~ 28.3	27.3 ~ 28.4	27.0
	거더	42.4 ~ 50.1	42.0 ~ 49.8	40.0
	교대	25.8 ~ 27.4	25.3 ~ 27.0	24.0
	교각	27.0 ~ 28.4	27.9 ~ 28.8	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 5.4.16】 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	4.00	39.00	35.00	a	1.63	100년이상	
	S2 바닥판하면	7.00	43.00	36.00	a	2.86	100년이상	
하부구조	P1 교각	7.00	70.00	63.00	a	2.86	100년이상	
	P2 교각	8.00	85.00	77.00	a	3.27	100년이상	

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0~7.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 7.0~8.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 5.4.17】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	4.0~7.0	39.0~43.0	
하부구조	7.0~8.0	70.0~85.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 5.4.18】 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	1.0	39.0	a	4.0~7.0	39.0~43.0	a	
하부구조	5.0~6.0	94.0~95.0	a	7.0~8.0	70.0~85.0	a	
검토의견	1 ■ 기준 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 5.4.19】 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	42.6 ~ 50.7	40.0	
	하부구조	교대	25.4 ~ 27.0	24.0	
		교각	27.6 ~ 28.2	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		43.0~44.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		68.0~79.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 5.4.20】 영천방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면, 가로보	27.3 ~ 28.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	42.0 ~ 49.8	40.0	
	하부구조	교대	25.3 ~ 27.0	24.0	
		교각	27.9 ~ 28.8	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		39.0~43.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		70.0~85.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

【표 5.4.21】 상주방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과						비 고
			2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면, 가로보	27.3	~	28.8	27.5	~	28.3	■ 강도저하 없음
		거더	42.3	~	50.0	41.1	~	50.2	
	하부구조	교대	25.0	~	27.0	26.0	~	27.3	
		교각	27.3	~	28.8	27.4	~	28.7	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		40.5		a	43.0~44.0		a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		96.5~97.0		a	68.0~79.0		a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨								

【표 5.4.22】 영천방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과						비 고
			2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면, 가로보	27.1	~	28.3	27.3	~	28.4	■ 강도저하 없음
		거더	42.4	~	50.1	42.0	~	49.8	
	하부구조	교대	25.8	~	27.4	25.3	~	27.0	
		교각	27.0	~	28.4	27.9	~	28.8	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		39.0		a	39.0~43.0		a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		94.0~95.0		a	70.0~85.0		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.

5.5 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.

5.5.1 상태안전성능 평가

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

가. 상주방향 상태안전성능평가 결과

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

【표 5.5.1】 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	PSCI	a	b	a	a	a	a	b	a	b	q
S2	P1	PSCI	a	a	a	a	a	b	—	a	b	q
S3	P2	PSCI	a	a	a	a	a	a	—	b	b	q
	A2								b	a	c	q
평균			0.100	0.133	0.100	0.100	0.100	0.133	0.200	0.125	0.250	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.015	0.033	0.004	0.004	0.003	0.003	0.014	0.019	0.063	—
											0.157	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.157) < 0.260$

나. 상주방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

일부구간 균열부 백태가 발생한로 “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

포장은 손상이 없는 상태로 “a” 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 불쾌감을 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

부분적 균열 및 망상균열 등이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태로 “b” 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 상태안전성능평가 결과

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

【표 5.5.2】 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	PSCI	b	b	a	a	a	b	c	b	b	q
S2	P1	PSCI	a	b	a	a	a	b	—	b	b	q
S3	P2	PSCI	b	a	a	a	a	a	—	b	b	q
	A2								c	a	c	q
평균			0.167	0.167	0.100	0.100	0.100	0.167	0.400	0.175	0.250	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.025	0.042	0.004	0.004	0.003	0.003	0.028	0.026	0.063	—
											0.198	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.198) < 0.260$

라. 영천방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

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

문제가 없는 상태로 “a” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 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 불쾌감을 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

후타재 균열, 박리 등의 손상이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태로 “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 상태평가 결과

【표 5.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
상주방향	0.157	B	105	2	210	0.500	0.079
영천방향	0.198	B	105	2	210	0.500	0.099
합계(Σ)			210	4	420	1.000	0.178
1. 평가지수 =							0.178
2. 상태평가결과 =							B

5.5.2 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 P.S.C BEAM

(1) 교량형식

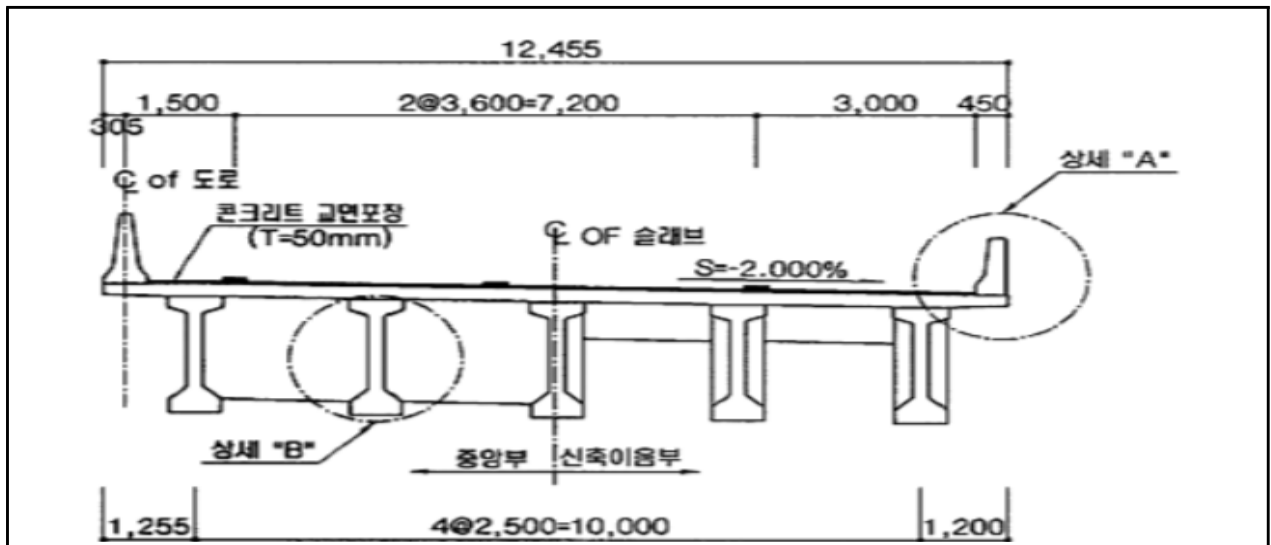
- 구조형식 : P.S.C BEAM교
- 경 간 장 : 3@35 = 105.0 m
- 폭 원 : 24.3 m
- 교량등급 : 1등교
- 설계하중 : DB-24, DL-24
- 사 각 : 0°

(2) 검토조건

- (1) 형 식 : PSC Beam교
- (2) 연 장 : 3@35.000 = 105.000m
- (3) 폭 원 : 12.455m
- (4) 포 장 : L.M.C (t=50mm)
- (5) 활 하 중 : DB-24, DL-24
- (6) 사용재료 및 허용응력
 - ① 콘크리트(주형) : 40 MPa
 - ② 콘크리트(바닥판) : 27 MPa
 - ③ 강 선 : SWPC 7B $\phi 12.7\text{mm}$
 - ④ 철 근 : SD 40
 - ⑤ 인장강도 : $f_{pu} = 1,900 \text{ MPa}$
 - ⑥ 항복강도 : $f_{py} = 1,600 \text{ MPa}$
- (7) 허용응력
 - ① PS 강재의 허용응력

구 분		설계기준	허용응력(MPa)
포스트텐션 부재	정착구에서의 응력	$0.70f_{pu}$	1,330 MPa
	손실후 사용하중 상태에서의 응력	$0.80f_{py}$	1,280 MPa
	허용 최대긴장응력	$0.90f_{py}$	1,440 MPa

(3) 검토단면



(4) 고정하중

구 분	Vo(kN)		X(m)	M(kN·m)
방음벽	$L5 \times (H3 + H4 + H5) \times 25.0$	= 6.038	0.145	0.875
	$L6 \times (H3 + H4) \times 25.0$	= 0.613	0.295	0.181
	$L7 \times H3 \times 25.0$	= 0.525	0.390	0.205
	$L6 \times H5 / 2 \times 25.0$	= 0.613	0.283	0.173
	$L7 \times H4 / 2 \times 25.0$	= 0.263	0.370	0.097
	소 계	= 8.050		1.531
슬래브	$L3 \times H2 \times 25.0$	= 4.920	0.410	2.017
	소 계	= 4.920		2.017
포 장	$(L3 - L4 - L5 - L6 - L7) \times H1 \times 23.0$	= 0.435	0.635	0.276
	소 계	= 0.435		0.276
총 계		= 13.405		3.824

$$- Md = 13.405 \times (0.820 - 0.285) = 7.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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)

3) 강도설계법에 의한 평가방법

① 내하율(Rating Factor)

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

여기서, RF : 내하율

ϕM_n : 설계휨강도

M_d : 고정하중에 의한 모멘트

$M_\ell(1+i)$: 충격계수를 고려한 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d : 고정하중계수(1.3)

γ_ℓ : 활하중계수(2.15)

② 내하력(Load Carrying Capacity)

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

여기서, P : 기본내하력

Pr : 설계활하중

■ 허용응력 검토 결과(외측거더)

구 분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		Prestress	거더자중	계	유효 Prestress	총하중 (D+L(1+i))	계
거더	상연	-6.253	10.060	3.807	-5.378	18.700	13.322
	하연	21.092	-9.650	11.442	18.141	-20.780	-2.639
거더 허용응력		-1.410 < 계 < 17.600			-3.160 < 계 < 16.000		
바닥판		-				3.620	3.620
바닥판 허용응력		-			0.000 < 계 < 10.800		

■ 허용응력 검토 결과(내측거더)

구 분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		Prestress	거더자중	계	유효 Prestress	총하중 (D+L(1+i))	계
거더	상연	-6.253	10.060	3.807	-5.414	18.820	13.406
	하연	21.092	-9.650	11.442	18.261	-20.780	-2.519
거더 허용응력		-1.410 < 계 < 17.600			-3.160 < 계 < 16.000		
바닥판		-				3.460	3.460
바닥판 허용응력		-			0.000 < 계 < 10.800		

■ 강도설계법 검토 결과(바닥판 안전성검토)

구 분	계수모멘트 Mu (kN·m)	설계휨강도 ϕM_n (kN·m)	안전율 ($\phi M_n / M_u$)	검토결과
캔틸레버부(방호벽측)	50.669	57.850	1.142	O.K
슬래브 단부	94.468	100.559	1.064	O.K

다. 내하력 평가

(1) 공용내하력 평가

1) 허용응력법 평가

■ 허용응력법에 의한 내하율 및 기본내하력 검토 결과(거더)

구 분		응력(MPa)				내하율(RF)	기본 내하력
		허용응력(f_a)	유효프리스트레스(f_{ps})	고정하중(f_d)	활하중(f_l)		
외측거더	상연	16.000	-5.378	16.62	2.08	2.29	DB-24이상
	하연	-3.160	18.141	-16.26	-4.52	1.12	DB-24이상
내측거더	상연	16.000	-5.414	17.21	1.61	2.61	DB-24이상
	하연	-3.160	18.261	-17.24	-3.54	1.18	DB-24이상
주) 1. 활하중은 충격계수가 고려된 값임. 2. (+) 압축, (-) 인장							

■ 공용내하력 검토 결과(거더)

구 분	내하율	기본내하력	응답보정계수	공용내하력	비고
외측거더	상연	2.29	DB-24이상	1.121	DB-24이상
	하연	1.12	DB-24이상	1.121	DB-24이상
내측거더	상연	2.61	DB-24이상	1.134	DB-24이상
	하연	1.18	DB-24이상	1.134	DB-24이상

2) 강도설계법 평가

■ 강도설계법에 의한 내하율 및 기본내하력 검토 결과(거더)

구 분		휨모멘트(kN·m)				내하율(RF)	기본 내하력
		γ_d	γ_l	설계휨강도(ϕMn)	고정하중 휨모멘트(Md)	활하중 휨모멘트(Ml)	
외측거더	1.30	2.15		20,871	7,584.08	3,009.53	DB-24이상
내측거더				20,926	8,193.88	2,356.79	DB-24이상

■ 공용내하력 검토 결과(거더)

구 분	내하율	기본내하력	응답보정계수	공용내하력	비고
외측거더	1.70	DB-24이상	1.121	DB-24이상	
내측거더	2.03	DB-24이상	1.134	DB-24이상	

■ 강도설계법에 의한 내하율 및 기본내하력 검토 결과(바닥판)

구 분	φMn	Md	ML+i	내하율	기본 내하력	비 고
캔틸레버부(방호벽)	57.850	7.17	7.304	3.09	DB-24이상	
슬래브 단부	100.559	1.44	43.068	1.07	DB-24이상	

5.5.3 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	
월가교	0.164	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과 최저평가지수인 0.164로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

5.6 내구성능 평가

5.6.1 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.

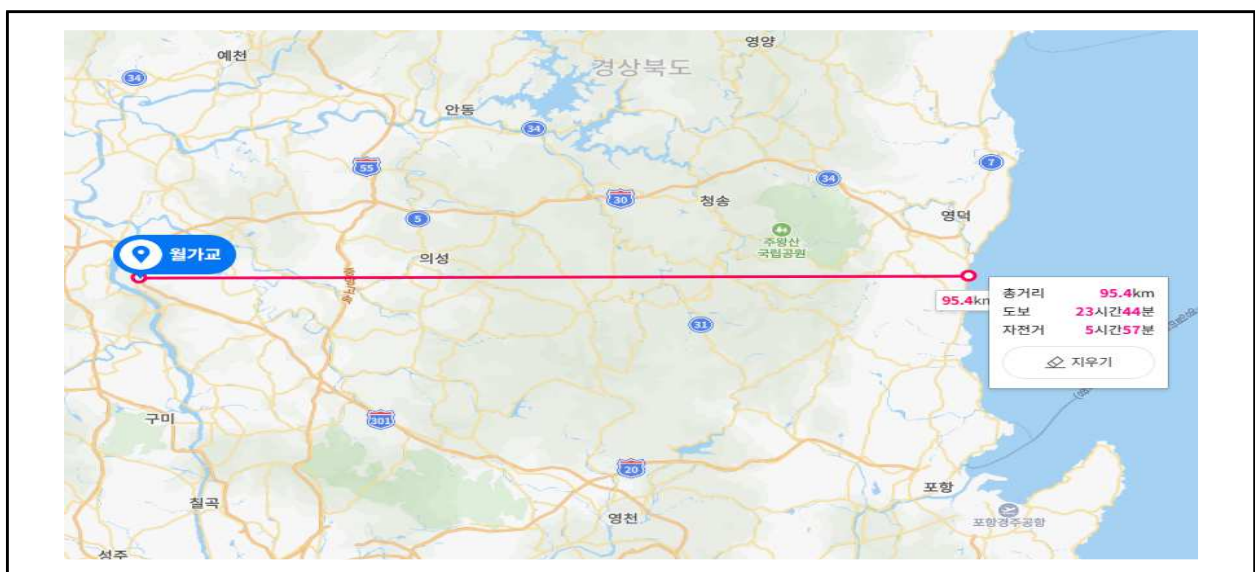
5.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경상북도 구미시 도개면 동산리에 위치하며, 동해안으로부터 약 95.4km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

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



【그림 5.6.1】 위치도

【표 5.6.1】 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 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 대구 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최심신적설 자료 중 2013년부터 2022년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 1.5일로 확인되었고, 평가등급은 A등급으로 분석되었다.

【표 5.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경상북도 구미시 도개면 동산리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2022년 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/>)

주) 해당 시설물의 위치인 영천 관측소에는 최심신적설 자료가 구비되어있지 않아 인근 지역인 대구 관측소의 2013년부터 2022년 까지 10년간의 기록으로 평가하였음

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 57.4회로써 동결융해 환경은 “B” 등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 5.7회로 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.

【표 5.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	경상북도 구미시 도개면 동산리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	67일	2017.11~2018.3	62일	2020.11~2021.3	49일
2014.11~2015.3	70일	2018.11~2019.3	54일	2021.11~2022.3	65일
2015.11~2016.3	51일	2019.11~2020.3	34일	2022.11~2023.3	63일
2016.11~2017.3	59일	동결융해 횟수 (수분접촉)			57.4회

【표 5.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경상북도 구미시 도개면 동산리				
분석기간	2013년 11월 1일 ~ 2023년 3월 31일 (10년)				
2013.11~2014.3	3일	2017.11~2018.3	6일	2020.11~2021.3	6일
2014.11~2015.3	13일	2018.11~2019.3	7일	2021.11~2022.3	2일
2015.11~2016.3	5일	2019.11~2020.3	1일	2022.11~2023.3	5일
2016.11~2017.3	9일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			5.7회

다. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

【표 5.6.5】 염화물 함유량 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 함유량	바닥판	S3	0.268	0.265	0.260	a

【표 5.6.6】 염화물 확산계수 산출

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

【표 5.6.7】 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	30년 초과	a

【표 5.6.8】 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	a	a

2) 탄산화 깊이

【표 5.6.9】 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	5.00	2.04	30년 초과	a	a
		S3 바닥판하면	7.00	2.86	30년 초과	a	a
		A1 교대	6.00	2.45	30년 초과	a	a
		P2 교각	8.00	3.27	30년 초과	a	a
	영천방향	S1 바닥판하면	4.00	1.63	30년 초과	a	a
		S2 바닥판하면	7.00	2.86	30년 초과	a	a
		P1 교각	7.00	2.86	30년 초과	a	a
		P2 교각	8.00	3.27	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 5.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명	설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	상주방향	S1 바닥판하면	100.7	—	a	0.10	a
		S3 바닥판하면	101.3	—	a		
		S3 가로보	100.7	—	a		
		S2-G1 거더	105.7	—	a		
		A1 교대	105.8	—	a	0.10	a
		P1 교각	106.1	—	a		
		P2 교각	102.2	—	a		
		P2 교각 (비건전)	103.1	100.9	a		
	영천방향	S1 바닥판하면	103.1	—	a	0.10	a
		S2 바닥판하면	101.0	—	a		
		S2 가로보	102.8	—	a		
		S4-G2 거더	105.0	—	a		
		A2 교대	105.5	—	a	0.10	a
		P1 교각	103.4	—	a		
		P2 교각	105.8	—	a		
		P2 교각 (비건전)	103.7	98.1	a		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 5.6.11】 대상교량 제원

교량형식		콘크리트 거더교
경간장 및 경간수		35@5 = 105m
교폭		24.3m
바닥판의 높이		0.24m
거더 갯수		10
2차 부재		L=2.74m, 교축방향 17.5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm
공용연수		6년
위치	지역	경상북도 구미시
	해안 이격거리	500m 초과

【표 5.6.12】 일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(33)	a	a	a	a	0.1
	거더(35)	—	a	a	a	0.1
	2차부재(7)	—	a	—	a	0.1
하부	교대/교각(25)	—	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.1 \times 33 + 0.1 \times 35 + 0.1 \times 7 + 0.1 \times 25) / 100 = 0.100$			
		등급	A			

【표 5.6.13】 열화환경지표의 평가

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

5.6.3 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 5.6.14】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.100	a	1.0	0.100
결함도점수				0.100
내구성능평가 결과				A

5.7 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 특성을 반영하여 필요 성능을 도출한다.

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

5.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 고속도로 포장상태 지수(HPCI) 산정

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

【표 5.7.1】 포장상태 평가결과

평가항목	노선명	방향	차로	조사연장(m)	HPCI	평가등급
포장상태	상주영천고속도로	상주	1	105.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	상주	2	105.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	영천	1	105.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	영천	2	105.0	4.20	a등급
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 4.0이상으로 산정되어 양호한 a등급으로 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 측정하였으며, 상세자료는 부록에 첨부하였다.

(2) 분석결과

- 처짐과 고유진동수를 측정한 결과, 6.636 ~ 11.700mm/s, 7.6 ~ 7.7Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간에 해당되어 e등급으로 평가된다.

4) 점검시설

- 해당 교량의 경우 교각은 2기가 시공되어있으며, 점검로의 경우 상주,영천방향 교각에 점검로는 설치되지 않은 것으로 확인되었다.

【표 5.7.2】 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 40% 미만 설치되어 있고, 양호한 상태로 e등급으로 평가된다.

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 5.7.3】교통량의 성능평가

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

5.7.2 사용성능평가 결과

【표 5.7.4】사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	a	0.1
		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	0.452
				등급	C

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.1×0.247 (포장상태) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 1.0×0.206 (점검시설의 유무) + 0.1×0.195 (교통수요) = 0.452

5.8 종합성능평가

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

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

【표 5.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	월가교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.178	b	0.68
내구성능 평가	0.100	a	0.19
사용성능 평가	0.452	c	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.178 \times 0.68 + 0.100 \times 0.19 + 0.452 \times 0.13 = 0.199$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.199 • 종합성능평가 결과 : B등급		

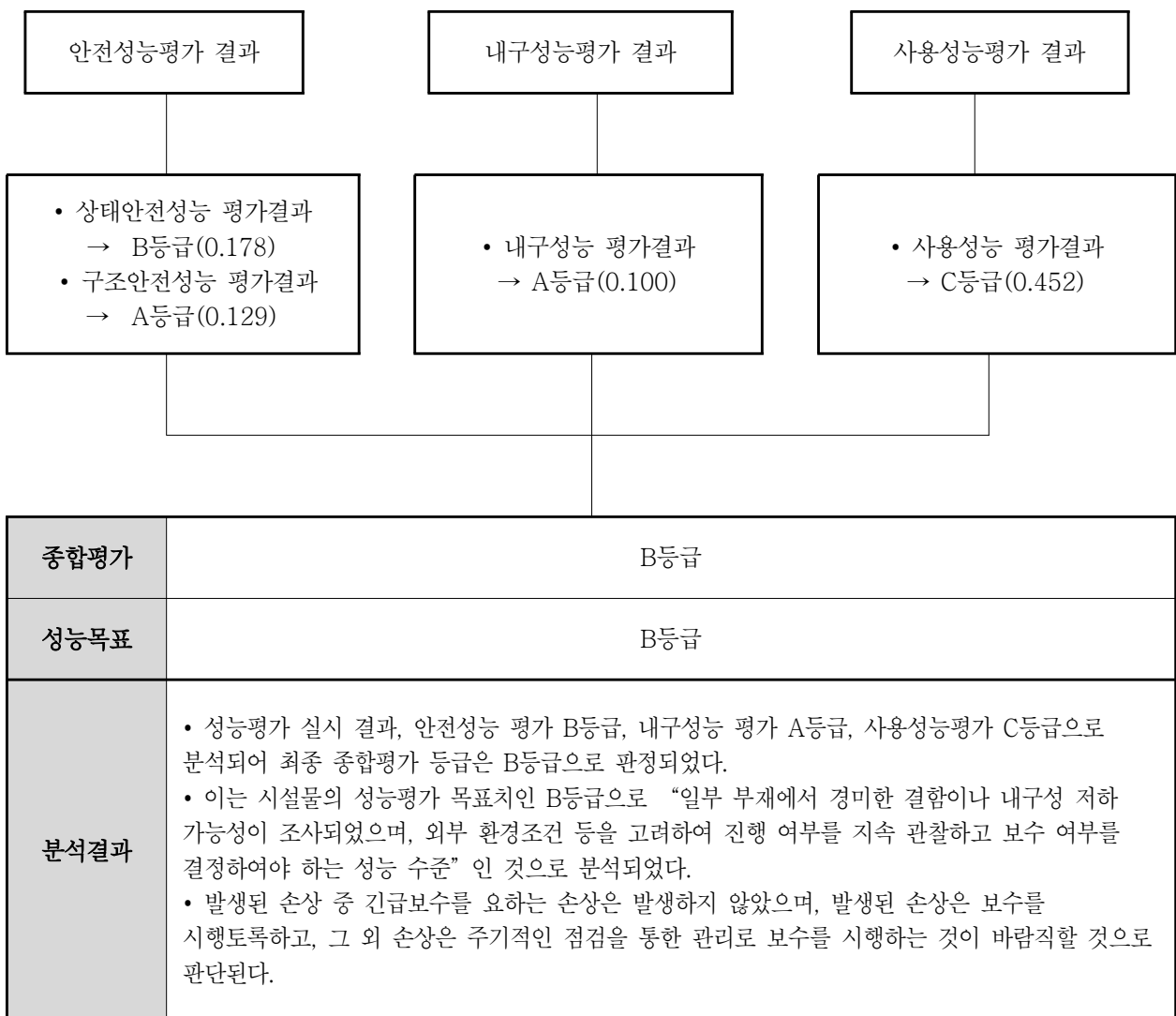
5.9 유지관리 전략제안

5.9.1 성능목표 등급 산정

【표 5.9.1】 성능목표 등급산정

일교통량	30,787 대/일
중차량 통행량	차선당 813대/일 (3,252 대/일)
대상교량의 차단 시 우회거리	8.4km
성능목표 등급	B($0.20 \leq X < 0.26$)

5.9.2 성능평가 실시결과 검토·분석



5.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 상주방향 보수 개략공사비

【표 5.9.2】 상주방향 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더	파손	단면보수	0.06	0.09	m²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	10.00	3.75	m	—	—	하자
	균열(0.3mm이상)	주입보수	5.00	7.50	m	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	6.90	2.59	m	—	—	하자
	표면박리	단면보수	1.05	1.58	m²	—	—	하자
교량받침	플레이트 부식	채도장	2.00	3.00	EA	260	780	2순위
신축이음	후타재균열(0.3mm미만)	표면처리	5.60	2.10	m	54	113	3순위
	후타재균열(0.3mm이상)	주입보수	8.80	13.20	m	75	990	3순위
	후타재 열화	표면처리	0.50	0.75	m²	54	41	3순위
	차수판볼트불량, 탈락	볼트 재체결	8.00	12.00	EA	25	300	3순위
	후타재 망상균열	표면처리	3.20	4.80	m²	54	259	3순위
방호벽	균열부백태	표면처리	0.20	0.30	m²	54	16	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		780		1,719		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		390		860		
	합계	—		1,170		2,579		
개략공사비 총계(천원)		3,749						

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 5.9.3】 영천방향 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	백태	표면처리	0.25	0.38	m ²	—	—	하자
	박리	단면보수	0.80	1.20	m ²	—	—	하자
	파손	단면보수	0.09	0.14	m ²	—	—	하자
	망상균열	표면처리	22.50	33.75	m ²	—	—	하자
거더	백태	표면처리	0.17	0.26	m ²	—	—	하자
	파손	단면보수	0.24	0.36	m ²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	8.70	3.26	m	—	—	하자
	균열(0.3mm이상)	주입보수	2.50	3.75	m	—	—	하자
	실란트파손	실란트주입	2.50	3.75	m	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	5.00	7.50	m	—	—	하자
	망상균열	표면처리	5.00	7.50	m ²	—	—	하자
교량받침	플레이트부식	재도장	8.00	12.00	EA	40	480	2순위
	받침콘크리트 균열(0.3mm미만)	표면처리	1.00	0.38	m	54	21	3순위
신축이음	후타재 균열(0.3mm이상)	주입보수	2.10	3.15	m	75	236	3순위
	후타재 박리	단면보수	0.49	0.74	m ²	165	122	3순위
	차수관 볼트 불량, 탈락	볼트 재체결	6.00	6.00	EA	25	150	3순위
교면포장	접속도로 파손	단면보수	0.04	0.06	m ²	165	10	2순위
방호벽	균열부백태	표면처리	0.40	0.60	m ²	54	32	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		490		561		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		245		281		
	합계	—		735		842		
개략공사비 총계(천원)		1,577						

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 5.9.4】 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	—	—	파손	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	2
표면처리	10.00	3.75	—	—	균열	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	5
주입보수	5.00	7.50	—	—	균열	교대	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	1
표면처리	6.90	2.59	—	—	균열	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	5
단면보수	1.05	1.58	—	—	표면박리	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	5
재도장	2.00	3.00	260	780	표면부식	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	3
표면처리	5.60	2.10	54	113	균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	8
주입보수	8.80	13.20	75	990	균열	신축이음	안전 성능	c	1.00	0.07	0.68	0.18	0.00857	4
표면처리	0.50	0.75	54	41	열화	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	8
재체결	8.00	12.00	25	300	표면열화	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	8
표면처리	3.20	4.80	54	259	망상균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	8
표면처리	0.20	0.30	54	16	균열부백태	보호시설	안전 성능	b	2.00	0.02	0.68	0.09	0.00245	12

라. 영천방향 성능을 고려한 보수 우선순위

【표 5.9.5】 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		
표면처리	0.25	0.38	—	—	백태	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	11
단면보수	0.80	1.20	—	—	박리	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	11
단면보수	0.09	0.14	—	—	파손	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	11
표면처리	22.50	33.75	—	—	망상균열	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	11
표면처리	0.17	0.26	—	—	백태	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	7
단면보수	0.24	0.36	—	—	파손	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	7
표면처리	8.70	3.26	—	—	균열	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	15
주입보수	2.50	3.75	—	—	균열	교대	안전 성능	c	1.00	0.13	0.68	0.18	0.01591	6
실란트주입	2.50	3.75	—	—	실란트파손	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	15
표면처리	5.00	7.50	—	—	균열	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	15
표면처리	5.00	7.50	—	—	망상균열	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	15
재도장	8.00	12.00	40	480	풀이타박	교량받침	안전 성능	b	2.00	0.15	0.68	0.09	0.01836	5
표면처리	1.00	0.38	54	21	균열	교량받침	안전 성능	b	3.00	0.15	0.68	0.09	0.02754	2
주입보수	2.10	3.15	75	236	균열	신축이음	안전 성능	c	4.00	0.07	0.68	0.18	0.03427	1
단면보수	0.49	0.74	165	122	박리	신축이음	안전 성능	b	5.00	0.07	0.68	0.09	0.02142	4
재체결	6.00	6.00	25	150	불충분한 보수	신축이음	안전 성능	b	6.00	0.07	0.68	0.09	0.02570	3
단면보수	0.04	0.06	165	10	파손	교면포장	안전 성능	a	7.00	0.04	0.68	0.05	0.00952	10
표면처리	0.40	0.60	54	32	균열부백태	보호시설	안전 성능	b	8.00	0.02	0.68	0.09	0.00979	9

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 0.199로 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.

5.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경상북도 구미시 도개면 동산리(상주영천고속도로 10.932~11.038km)에 위치한 교량으로서 총 연장 105.0m, 폭 24.3m, 왕복 4차로로 2017년도에 준공되어 약 6년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 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.

5.10.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(상주방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판에 현장조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.

2) PSC Girder

- 거더에 발생한 파손은 시공미흡 및 콘크리트 열화, 시공시 외부 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열(폭 0.3mm미만, 이상)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리, 주입보수 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열(폭 0.3mm미만)이 확인되

었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다. 또한 발생한 표면박리의 경우 공용중 열화로 인한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 조사된 본체 부식은 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 채도장이 필요하다.
- 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.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 망상균열, 후타재 열화, 차수판 볼트체결 불량, 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리 등의 유지관리가 요구되며, 차수판 볼트 재체결등의 조치를 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 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 온도는 25.1℃(9월 18일)로써 이때 측정유간은 15.0~31.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구 및 배수관은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 중분대에 균열부백태가 조사 되었고, 건조수축, 거푸집 조기탈착에 의한 균열에 우천시 우수가 유입되면서 균열부에 백태가 발생한 것으로 판단되며, 2차 손상 방지 및 내구성 증진을 확보하기 위한 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 조사되었고, 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) 27.2~28.1MPa, 상부구조(거더) 42.6~50.7MPa, 하부구조(교대) 25.4~27.0MPa, 하부구조(교각) 27.6~28.8MPa 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 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 5.0~7.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 6.0~8.0mm로 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, 백태가 조사되었고, 신축이음 하부에서 우수유입으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 유지관리 보수가 필요할 것으로 판단된다. 발생한 망상균열의 경우 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열(폭 0.3mm미만)이 확인되었고, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 바닥판에 발생한 파손, 박리는 시공미흡 및 콘크리트 열화, 시공시 외부 충격 등으로 인한

손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

2) PSC Girder

- 거더는 기 손상인 백태 및 파손이 조사 되었고, 금회 정밀안전점검 조사 결과 거더 백태가 신규 추가되었다.

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 균열(폭 0.3mm미만, 이상)이 조사되었고, 건조수축, 거푸집 조기탈착에 의한 비구조적인 균열로 판단되며, 표면처리 등의 보수가 필요하다고 판단된다. 실린트 파손은 시공 미흡에 의한 손상 및 공용중 열화로 인한 손상으로 정비, 실린트 충전 등의 유지관리가 필요하다고 판단된다.

5) 교각

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

6) 교량받침

- 받침본체에서 조사된 플레이트 부식은 전처리 미흡 손상에 외부 우수유입으로 인한 손상으로 채도장 등의 조치가 필요하다고 판단된다. 받침콘크리트에서 조사된 균열은 국부적으로 발생된 폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 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.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 박리, 차수판 볼트탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리, 차수판 볼트 재체결을 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 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 온도는 25.1℃(9월 18일)로써 이때 측정유간은 10.0~15.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 접속도로 파손은 접속부 침하, 시공미흡, 외부 충격 등의 복합적 요인으로 추정되며 갓길측으로 주행성에 영향을 미치지 않는 부재의 사용성 확보차원의 단면 보수 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구 및 배수관은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 공용기간 증가 등의 복합적인 원인에 의한 균열에 우천시 우수유입으로 인해 균열부에 백태가 발생하는 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 파손의 경우 외부충격, 다짐미흡에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 유지관리가 필요하다.

11) 교량 점검시설

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

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 추락방지시설은 방호벽, 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교

면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.3~28.4MPa, 상부구조(거더) 42.0~49.8MPa, 하부구조(교대) 25.3~27.0MPa, 하부구조(교각) 27.9~28.8MPa 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 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.0~7.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 7.0~8.0mm로 측정되었으며, 잔여 깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

5.10.2 성능평가 결과

【표 5.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	월가교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.178	b	0.68
내구성능 평가	0.100	a	0.19
사용성능 평가	0.452	c	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.178 \times 0.68 + 0.100 \times 0.19 + 0.452 \times 0.13 = 0.199$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.199 • 종합성능평가 결과 : B등급		

5.10.3 종합결론

- 월가교는 약 6년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 파손, 거더 파손, 교대 균열, 교각 균열, 교량받침 플레이트 부식, 신축이음 후타재 균열, 방호벽 균열부백태 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(0.199)으로 평가되어 B등급(결합도 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.

5.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

5.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 양방향 신축이음 폭 0.3mm이상 후타재 균열, 후타재 박리 등의 손상은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 등의 유지관리가 필요하다.

5.10.6 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.

