

4. 신개교

- 4.1 시설물 개요
- 4.2 자료수집 및 분석
- 4.3 현장조사
- 4.4 콘크리트 내구성조사
- 4.5 안전성능 평가
- 4.6 내구성능 평가
- 4.7 사용성능 평가
- 4.8 종합성능평가
- 4.9 유지관리 전략제안
- 4.10 종합결론 및 건의사항

4. 신개교

4.1 시설물의 개요

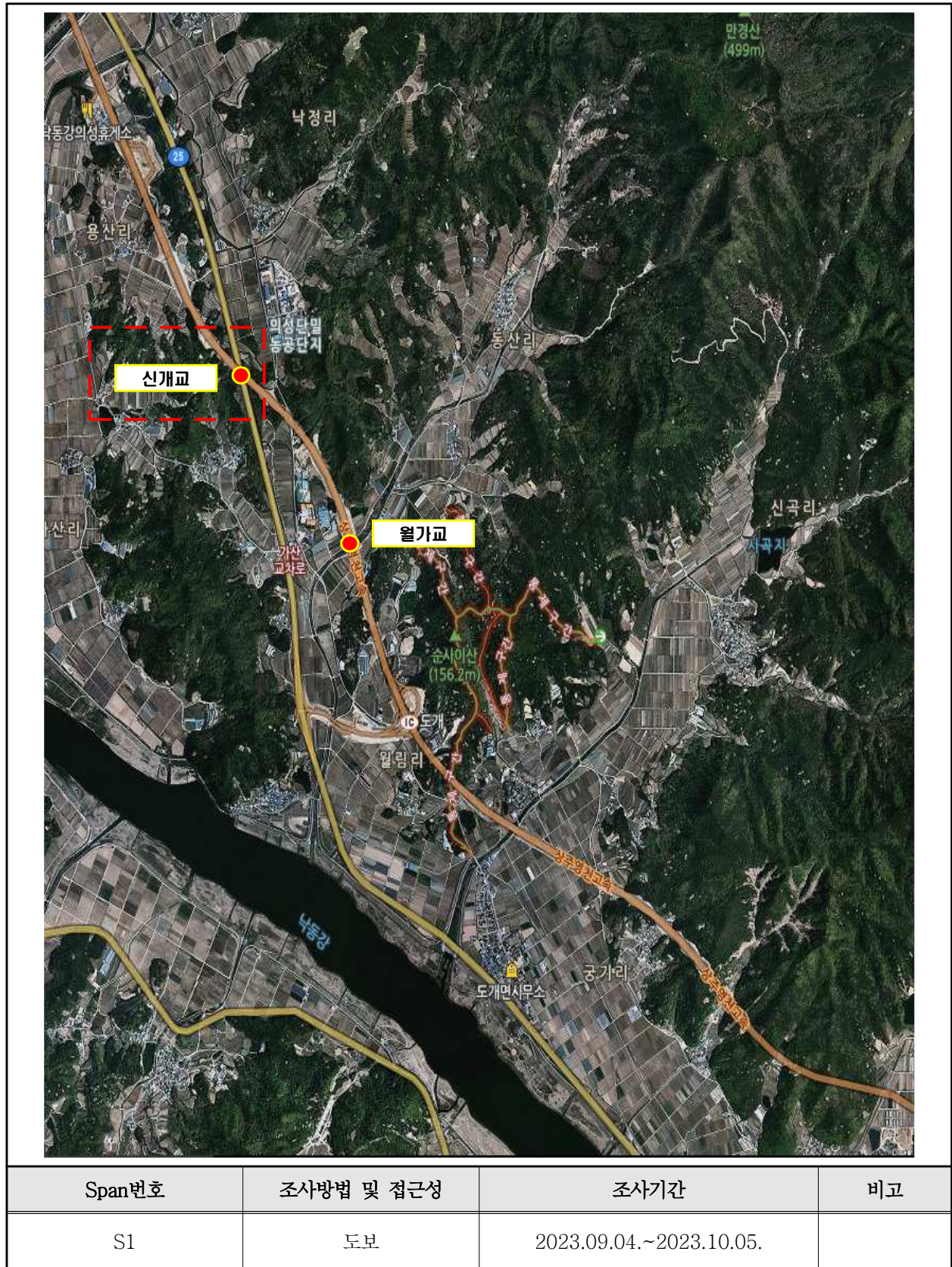
본 시설물은 경상북도 의성군 단밀면 낙정리(상주영천고속도로 9.591~9.646km)에 위치한 교량으로서 총 연장 55.0m, 폭 24.3m, 왕복 4차로로 시공되어 있다.

4.1.1 일반사항

【표 4.1.1】 신개교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2017-0000242	관리번호	SY BR.6	
시설물위치		경상북도 의성군 단밀면 낙정리	준공년월일	2017. 06. 27	
관리이정		9.591~9.646km	공사이정	2.197~2.252km	
설계하중		DB-24	노 선 명	고속국도 301호선	
제원	연장	L=55.0m, (55@1=55m)			
	폭	B=24.3m, 4차로			
구조 형식	상부	Sb Arch 합성 GIRDER교	기초 형식	교 각	-
	하부	교대 : 역T형		교 대	직접기초
교량받침		포트받침	신축이음	핑거, 모노셀	
교차시설물		일반국도 25호선	통과높이	6.7m	
부착시설내용					
시 공 자		대림산업(주)	관리주체	상주영천고속도로(주)	

4.1.2 위치도 및 전경사진

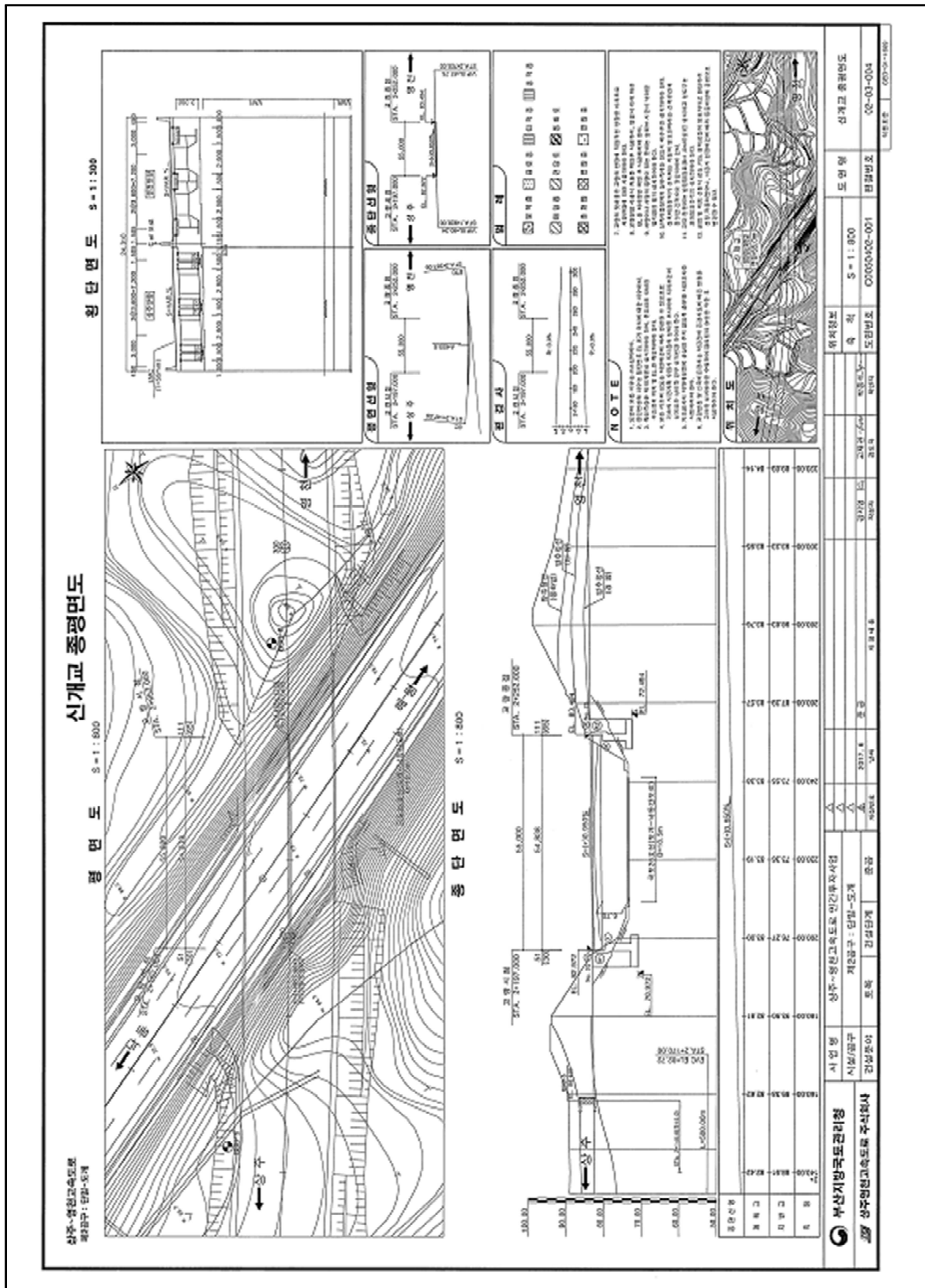


【그림 4.1.1】 위치도

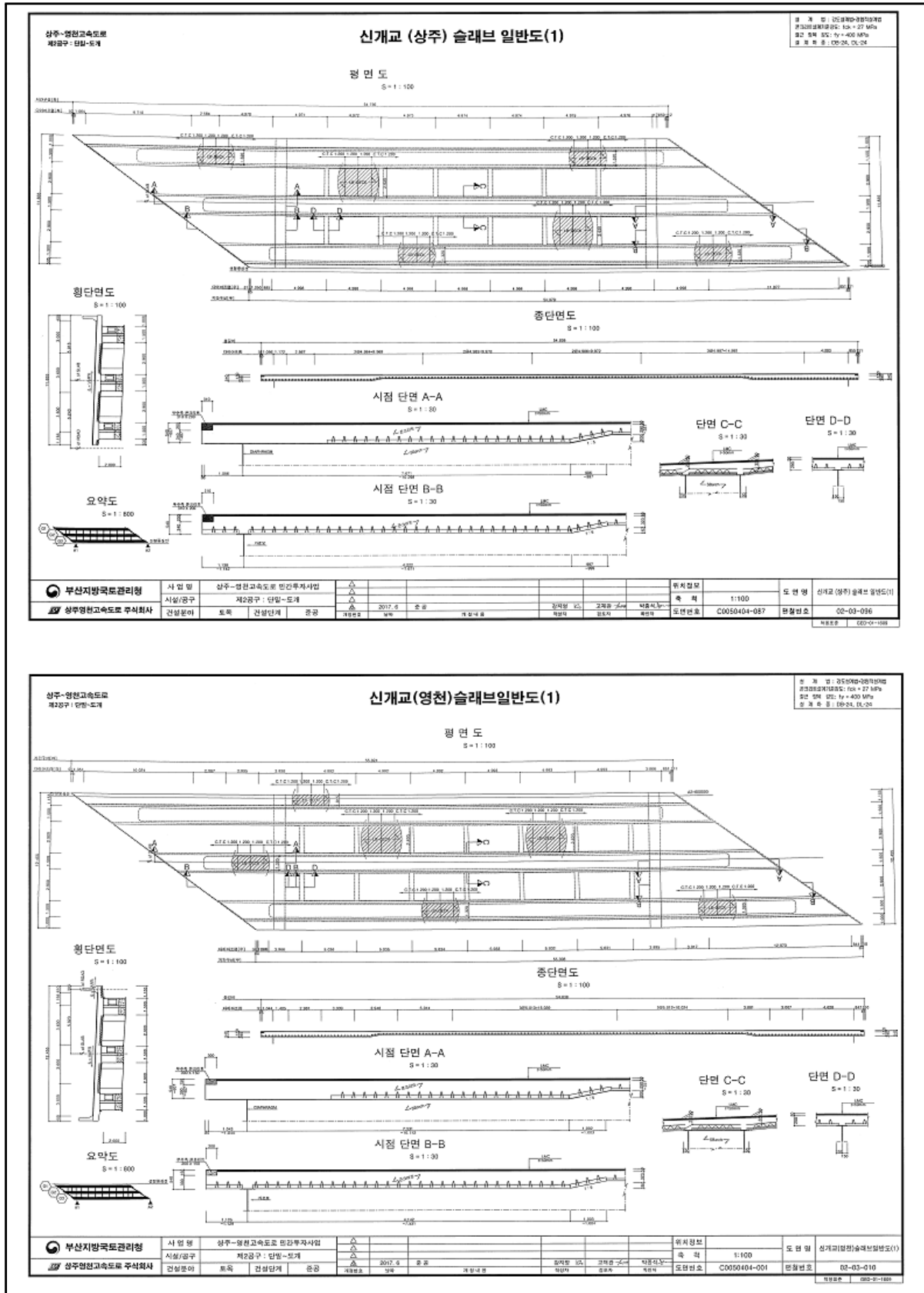
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
바닥판하면 전경	거더 전경
	
교량받침 전경	교대 전경

【그림 4.1.2】 부재별 현황

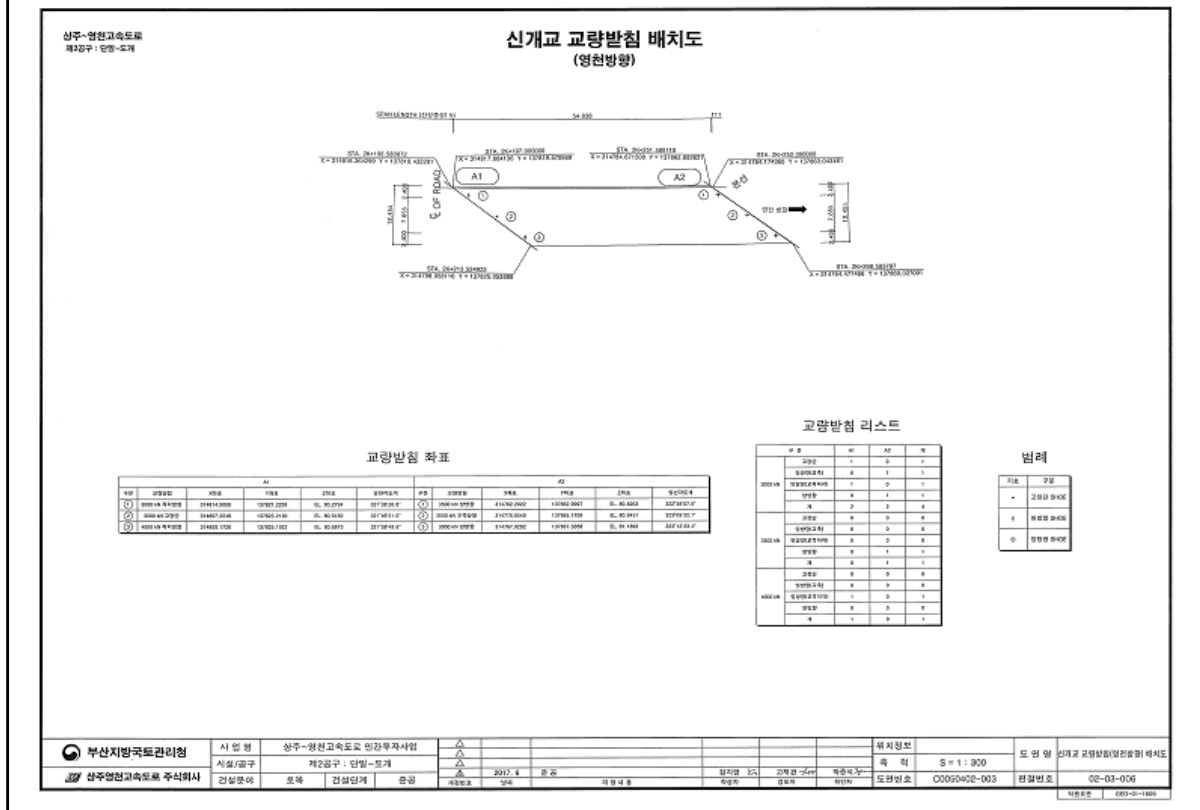
4.1.3 시설물 일반도



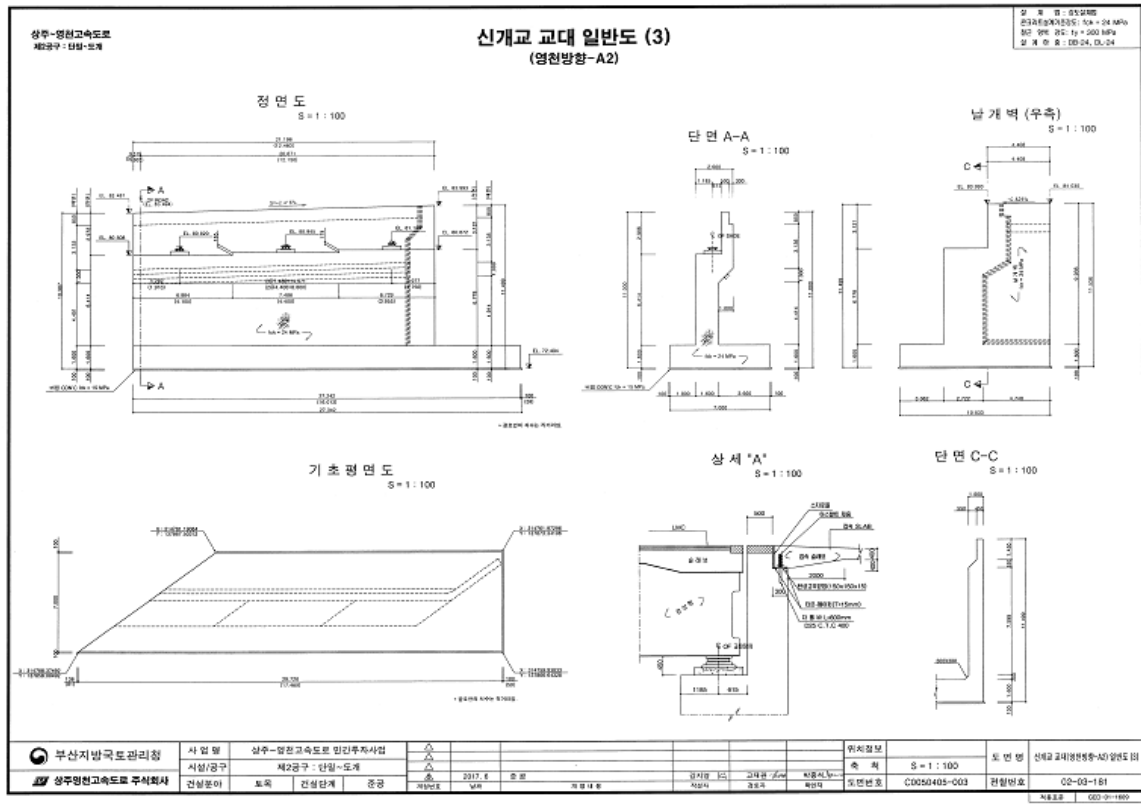
【그림 4.1.4】 종평면도



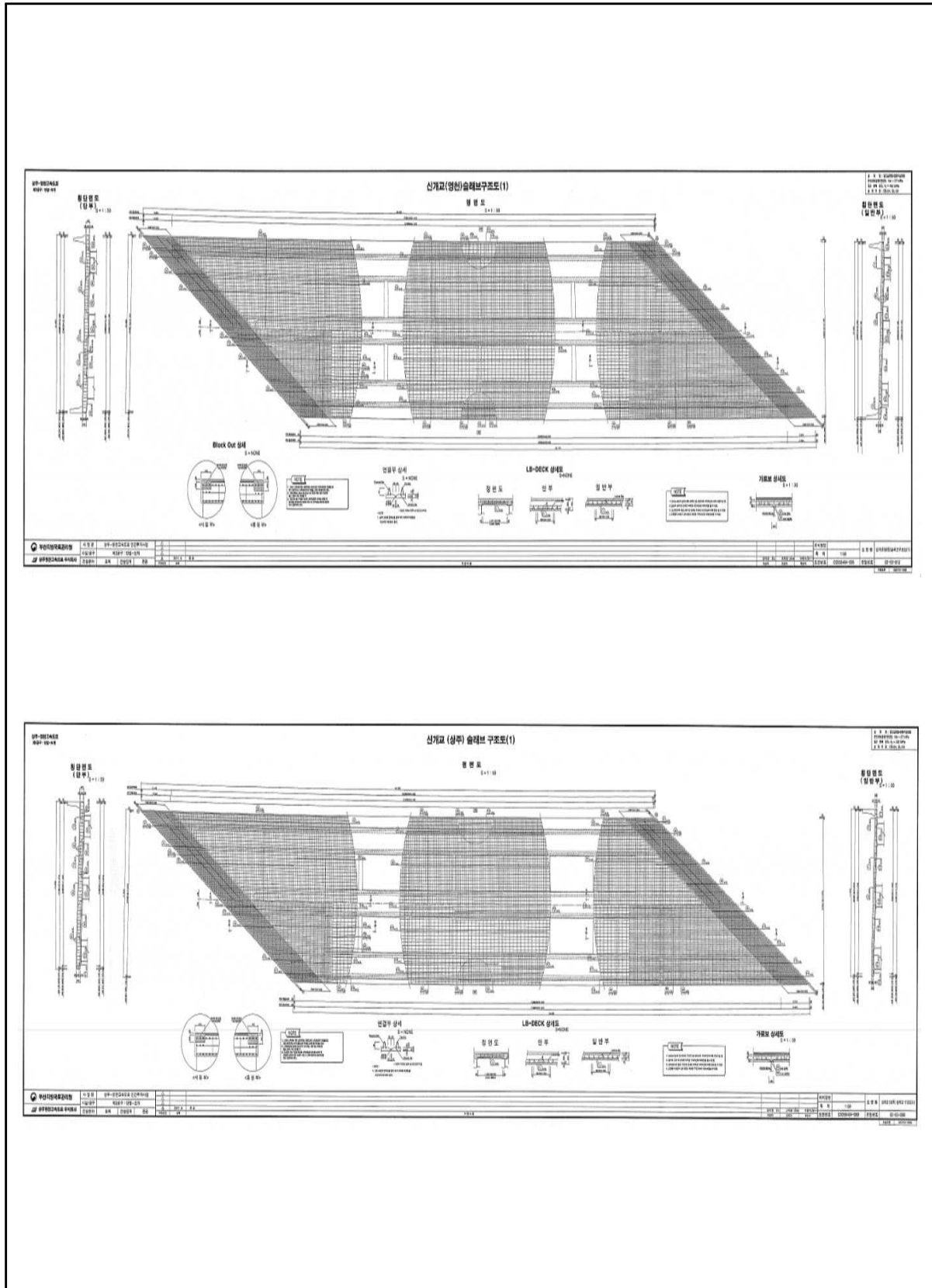
【그림 4.1.5】 슬래브 일반도



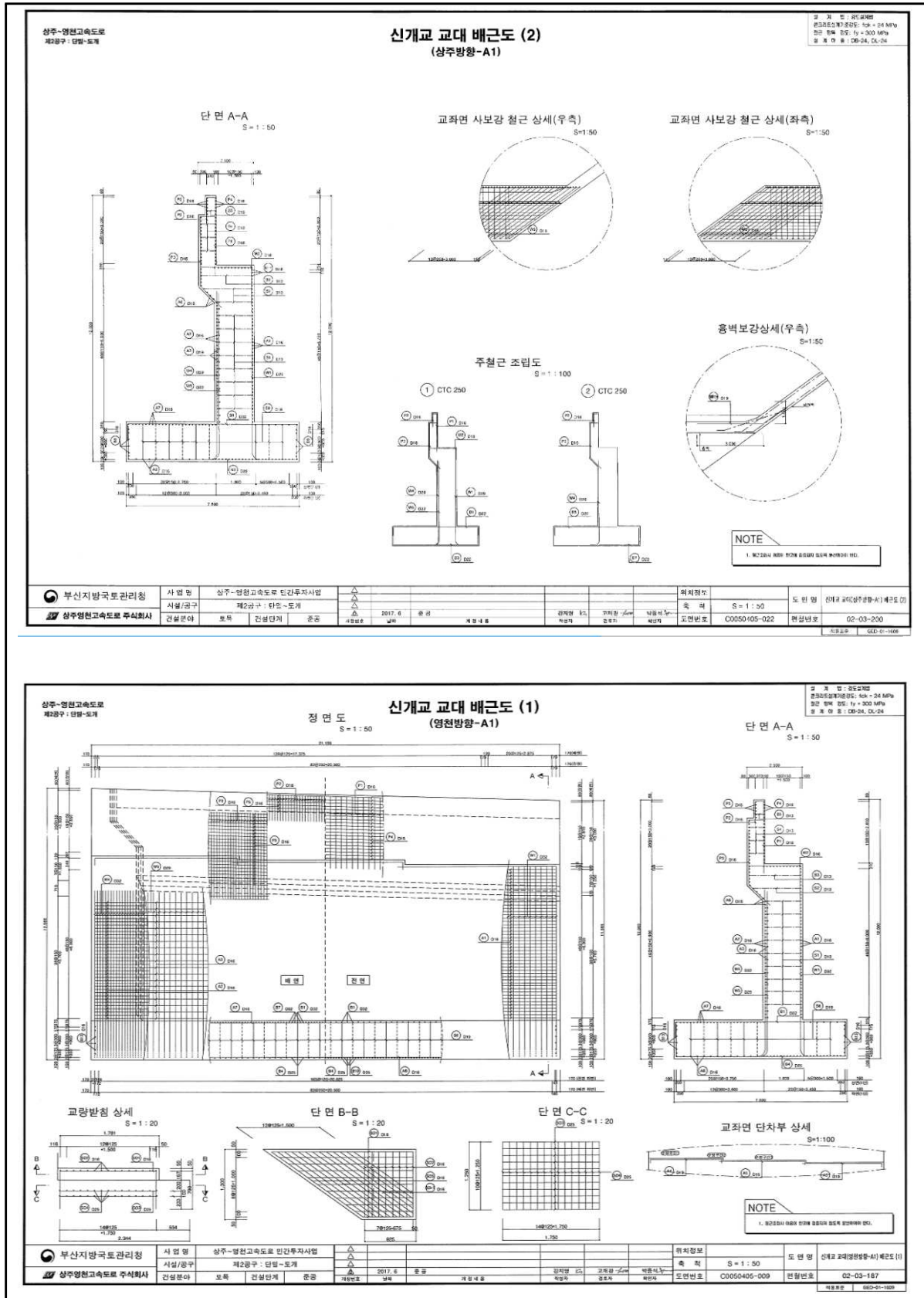
신개교- 8



【그림 4.1.7】 교대 일반도



【그림 4.1.8】 바닥판하면 배근도



【그림 4.1.9】 교대 배근도

4.2 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.

4.2.1 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
- 원위치 시험을 수행하기 위한 시추공 형성 및 실내시험을 위한 시료채취

나. 구간별 지층현황

(1) 본선 교량구간

구 분	공 변	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 측정값 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

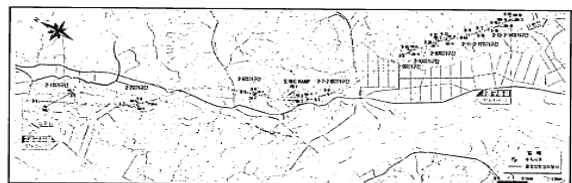
공 변	지 층	N치	상대밀도/연경도	구성성분
BBB-1	퇴적층	8/30~50/5	느슨~매우조밀	세립~중립질 모래, 모래섞인 자갈
	중화토	50/13~50/11	매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/10~50/3	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
	퇴적층	6/30~50/17	느슨~매우조밀	세립질 모래, 모래섞인 자갈
BBB-1-1	중화토	31/30~50/12	조밀~매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/10~50/6	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
	매립층	8/30~14/30	느슨~보통조밀	세립질 모래
	퇴적층	10/30~50/11	보통조밀~매우조밀	모래섞인 자갈
BBB-2	중화암	50/9	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
	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
	중화토	32/30~50/11	조밀~매우조밀	실트질 모래
BBB-3	중화암	50/7~50/5	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
	퇴적층	12/30~20/30	간고~매우간고	모래질 점토
	중화토	24/30~50/14	보통조밀~매우조밀	실트질 모래
	중화암	50/9~50/4	매우조밀	굴진시 실트섞인 모래로 분해
BBB-10	중화암	19/30	보통조밀	실트질 모래
	매립층	3/30~6/30	매우느슨~느슨	점토섞인 모래
	퇴적층	5/30~23/30	느슨~보통조밀	모래섞인 자갈
	중화토	23/30~50/11	보통조밀~매우조밀	실트질 모래
BBB-13	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+005	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+782(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 굴중력 특성 파악
- 교량구간 50회, 도관구간 91회, 총 141회 실시

(1) 교량구간

구 분	공 변	심도 (m)	지층	함수비 (%)	비중	Atterberg Limit LL(%)PI(%)	Sieve Analysis(%)				USCS		
						#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
용산교	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
	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
신두교	BBB-4	4.0	퇴적층	17.2	2.68	31.4	10.8	100	98.5	82.2	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
월가교	BBB-13	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-14	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-14-1	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
	BBB-15	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
도개IC	BBB-16	1.0	중화토	24.5	2.68	35.0	12.8	99.5	97.2	81.8	70.8	17.1	CL
신천교	BBB-20	4.0	중화토	11.7	2.66	NP	-	94.0	75.0	52.0	40.0	14.7	SM
		4.0	퇴적층	10.9	2.63	NP	-	59.4	47.7	17.5	4.4	-	SP
	BBB-21	6.0	퇴적층	35.6	2.66	NP	-	-	100	99.4	72.2	10.0	ML
		7.0	퇴적층	22.1	2.62	NP	-	100	98.2	36.6	5.3	-	SW-SM
월당교	BBB-22	2.0	퇴적층	26.1	2.67	35.9	12.1	100	99.8	80.9	59.2	28.1	CL
	BBB-23	6.0	퇴적층	17.8	2.67	30.9	10.3	100	99.7	76.2	49.7	20.8	SC

제 1 장 조사개요

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

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



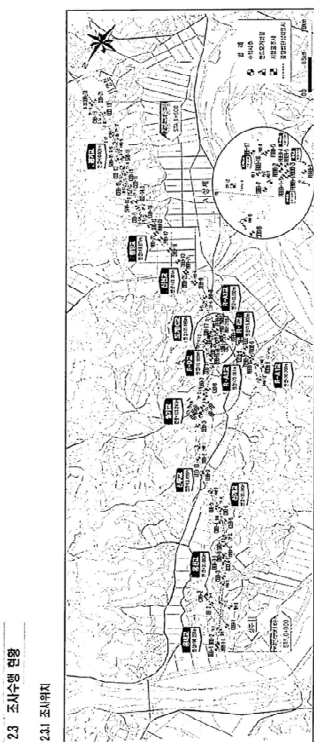
조 사 항 목	조 사 내 용	비 고
예비조사	• 문헌조사, 기존자료조사, 주변현황조사	
상세 조사	지표지점 조사	• 인위권선 영상분석, 상하표지점조사, 군집질리영역 분류
	출발탐사	• 군집별 탄생파탐사 : 5.1km
	시추조사	• 고압구간 : 29구, 완기구간 : 18구, 썬기구간 : 24구, 휴게소 : 2구, 영염소 : 1구
	현장시험	• 표준점수시험 : 963회, 자연시료채취 : 11회, 시험굴조사 : 14회, 핸드오거 시험 : 10구, 현장주수시험 : 35회, 공내제거시험(LLT, PMT) : 각11회, 시추공전단시험 : 9회, 시추공열수양행 : 7회
	실내 시험	토질 • 용수시험 : 141회, 일속압축시험 : 12회, 삼축압축시험 : 17회(CU:10회, UU:7회), 양밀시험 : 11회, 다짐 및 CBR시험 : 14회, 적점전단시험 : 12회
	암석 • 용수시험 : 27회, 점하중장도시험 : 42회, 일속압강도시험 : 47회, 점리미 전단시험 : 7회, 보손상 유통시험 : 10회	
성분분석 및 보존성 작성	• 구간별 공학적 특성 분석 • 설계기준치수 선정	

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

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

```
graph TD; A[자료수집] --> B[위성영상분석]; A --> C[음영기록도 작성]; A --> D[선구조 밀도도 작성]; B --> E[광역선구조 분석]; C --> F[선구조 정밀분석]; D --> G[선구조 밀도분석]; E --> H[최종결과도출]; F --> H; G --> H;
```

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

[illegible]

본 지역에서의 위기비발현 안정해식은 위기구간 중 위기 높이가 가장 높은 지역을 기준으로 비발현 현황을 고려하여 대표단원 선정 후 토지빈민 및 말발굽에 대해 실시하였고, 지표지점조사 결과 및 시수조차 결과를 종합 분석하여 토사 및 말발굽에 대한 적용하고 있는 환경영향분석 및 평가수정방안을 이용하여 종합적으로 검토가 이루어졌다. 위기비발현 해소를 실시함에 있어 경제적 이윤성 및 비발현지점의 안정을 위하여 다음과 같이 적용을 검토하였다.

- 비탈면 안정해석시 일반적으로 기존 안전율을 건기시 1.5 이상, 우기시 1.2 이상으로 적용하였다.
- 구간 내 시추조사 결과에 의한 지층 층후의 종합적용 및 지표지질 조사시 현장 확인된 암반 노출면 등을 종합하여 지층경관을 설정하였다.
- 결과물 근거로 암반파괴 상태에 의한 켜기 기울기는 암석별 켜기 적정기울기를 기준으로 암반비탈면 기울기를 결정하였다.
- 수집된 지표지질조사 결과물 이용하여 켜사수평면으로 본연속면의 주향 및 기울기방향을 구간별 무결으로 파악수평을 예측하였다.
- 암반비탈면 기울기에 따라 상부층의 토사비탈면 안정성 검토는 Talen 97 Program을 이용하여 원호활동 파괴로 검토함을 원칙으로 하였다. $ROD = 0 \sim 10\%$ 의 암석은 연암이라 하더라도 암반이 곧 COBBLE 상태에서 통과하는 것으로 사료되므로 통과와 같은 특성으로 고려할 수 있다. 이와 같은 경우 암반은 절리면에서 통과하기 보다는 원호활동 파괴의 형상을 보이드로 통과와 토사층을 통과하여 검토하였다.

본 평가구간은 산지지형 일대부의 연속봉기와 극간형태의 총적층 지역에 대한 붕괴로서 전답으로 형성된 구간을 경유하고 있으며 원지반의 지층분포 상층, 중심부와 및 언덕자리 층인 여부분화하기 위하여 Hand Auger Boring을 실시하였다. 붕괴 비탈면의 파괴형태는 원호층상 파괴로 해석하였으며, 강도정수는 붕괴지역의 지반강도정수 선정에 의거 지층별로 적용하였다. 붕괴 비탈면 해석을 실시함에 있어 지층하중의 고려와 무시기준 고려하여 지표면에 지하수위가 형성된 것으로 가정하여 해석하였다.

5.2 교량구간 지반특성 분석

5.2.1 지층개황

가. 본선구간

구 분	공 번	표 고 (EL. 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 (EL. 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 (EL. 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

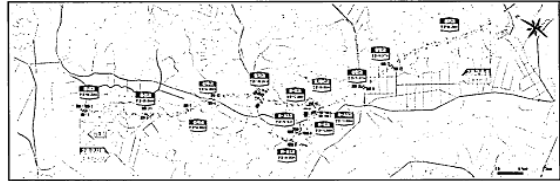
구 분	공 번	표 고 (EL. m)	매립층 (m)	봉적층 (m)	퇴적층 (m)	중화도 (m)	중화암 (m)	연암 (m)	경암 (m)	계 (m)
RAMP-A1	RBBB-9	43.01	2.5	-	6.0	3.0	10.4	5.1	-	27.0
	RBBB-6	42.22	3.5	-	7.3	-	1.2	3.3	-	15.3
RAMP-A2	RBBB-7	39.78	-	-	8.4	-	-	3.1	-	11.5
	RBBB-8	42.43	2.8	-	7.6	-	-	3.6	-	14.0
RAMP-A3	RBBB-2	49.79	3.4	-	2.6	14.0	3.9	6.8	-	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

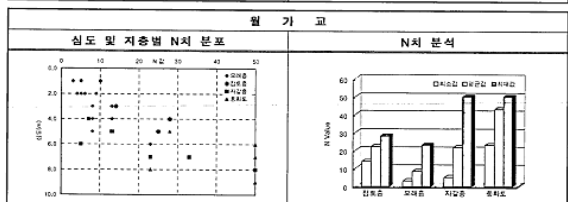
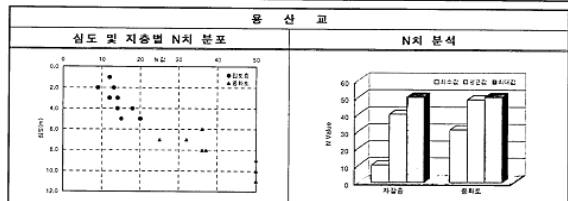
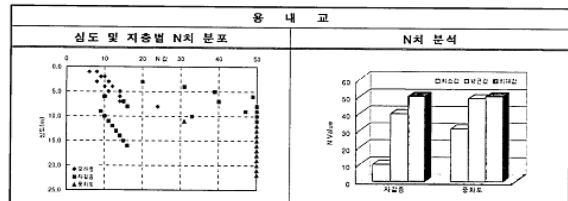
교량 및 구조물		단위	용내교	용산교	신개교	신두교	월가교	신천교	원당교	도개IC교	계
조사항목	시추조사	공	3	4	1	2	4	2	2	11	29
	표준관입시험	회	72	60	-	1	45	41	50	162	431
현장 시험	현장무수시험	회	2	2	-	1	2	1	2	9	19
	공내 재하 시험	회	1	1	-	1	1	1	1	5	11
	PMT	회	1	1	1	1	1	1	1	4	11
실내 시험	토질 시험	회	6	4	-	2	8	4	4	22	50
	일축/삼축	회	-	-	-	-	-	1/2	2/3	-	3/5
	압밀시험	회	-	-	-	-	-	1	2	-	3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

1) 교량 제원

- i) 교량 형 : 신개교
- ii) 교량등급 : 1 등급 (DD-24 및 DL-24 적용)
- iii) 교량성식 : 강상형 STEEL BOX GIRDER 교
- iv) 교량연장 : L = 55,000 = 55,000 m
- v) 교량폭판 : B = 12.455 m
- vi) 주상재판 : B = 1,500 mm H = 2,200 mm
- vii) 시 각 : 144.0 °

2) 하중

i) 고정하중 (※ 도.설 2.1.2)

- 평균 콘크리트 : $W_{CK} = 25,000 \text{ kN/m}^3$
- 평균 콘크리트 : $W_{CK} = 23,500 \text{ kN/m}^3$
- 강재 : $W_S = 78,500 \text{ kN/m}^3$
- L.M.C 포장 : $W_P = 23,500 \text{ kN/m}^3$

ii) 진하중 (※ 도.설 2.1.3)

- DB-24 : $P_r = 95,000 \text{ kN}$
- PI : $P_I = 24,000 \text{ kN}$
- DL-24 : $W_I = 12,700 \text{ kN/m}$
- $P_{H1} = 108,000 \text{ kN}$
- $P_{H2} = 156,000 \text{ kN}$
- 충격계수 : $i = 15 / (40 + L) \leq 0.3$ (※ 도.설 2.1.4)

3) 사용재료

i) 콘크리트 : 설계기준강도 $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$

탄성계수 $E_c = 25,000 \text{ MPa}$

ii) 철근(SB41) : 항복강도 $f_y = 400 \text{ MPa}$

탄성계수 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

iii) 강재

- 주부재 : SH5200 사철 (상판, 하판, 막판, 상부중간보, 하부중간보, 수평보강판, 지강부 디아프램, 지강보강재, 스프레이드)
- 부부재 : SH5200 사철 (지강부 디아프램, 수직보강재, 전리보, 세로보, 가로보)
- 탄성계수 $E_s = 210,000 \text{ MPa}$

- 해당 인질 목록 (MPa) (※ 도.설 표 3.3.1)

강종	SH400	SH400	SH400Y	SH 570
판두께(mm)	SH400	SH400	SH400Y	SH 570
40 이하	140	150	210	260
40 초과 75 이하			200 (210)	250 (260)
75 초과 100 이하	130	175 (190)	195 (210)	245 (260)

3.2 경합각 설계변에 의한 바닥판 슬래브계산

1) 설계조건

- ① 지지부재 : 강재 주터
- ② 콘크리트가 완전탄성되고 슬래브인장파괴에 한.
- ③ 주터에 인접한 지지부의 형상과 같이 국부적으로 두께가 한 곳만 제한된 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정함.
- ④ 바닥판 두께에 대한 유효지간의 비가 6 이하 15 이하
 $6 < 2,800 / 240 = 11.67 < 15 \text{ --- } 0.K$
- ⑤ 바닥판의 상부와 하부에 비친된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상
 $8.0 + 140.0 + 6.5 = 154.5 > 150 \text{ --- } 0.K$
- ⑥ 유효지간이 표준치인 3.6m 이하
 $2.80 < 3.60 \text{ --- } 0.K$
- ⑦ 바닥판의 홈짐, 마모면, 그리고 보로달개줄을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm
- ⑧ 컨틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 컨틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호차와 합성이 된 경우
 좌측 컨틸레버 길이 (방호차있음) : $1.148 > 0.24 \times 3 = 0.72 \text{ --- } 0.K$
 우측 컨틸레버 길이 (방호차있음) : $0.993 > 0.24 \times 3 = 0.72 \text{ --- } 0.K$
- ⑨ 콘크리트의 28일 압축강도는 27 MPa 이상
- ⑩ 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동

2) 하중배분

- ① 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
 상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
- ② 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
 상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상

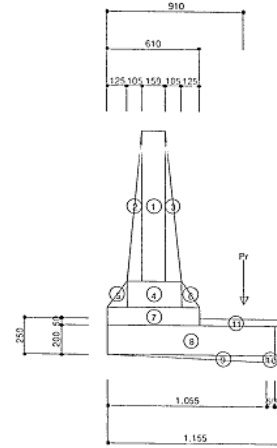
3) 사용철근량

위 치	산 정 식	값 도
주 상 판	필요철근량	$240000 \times 0.4\% = 960.0 \text{ mm}^2$
	사용철근량	H 13 @ 400 = 316.8 mm
	필요철근량	$240000 \times 0.3\% = 720.0 \text{ mm}^2$
	사용철근량	H 16 @ 200 = 993.0 mm
바닥판	필요철근량	$240000 \times 0.3\% = 720.0 \text{ mm}^2$
	사용철근량	H 16 @ 250 = 794.4 mm
	필요철근량	$240000 \times 0.3\% = 720.0 \text{ mm}^2$
	사용철근량	H 16 @ 250 = 794.4 mm
단부보강판	필요철근량	$960 \times 2\% = 1920.0 \text{ mm}^2$
	사용철근량	H 22 @ 100 = 3871.0 mm
	필요철근량	$720 \times 2\% = 1440.0 \text{ mm}^2$
	사용철근량	H 22 @ 125 = 3096.8 mm
* 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = $1000 \times 240 = 240000 \text{ mm}^2$		

3. 바닥판의 설계

3.1 컨틸레버부

가. 좌측 컨틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25,000 kN/m ³	H1 = 0.200 m	L1 = 0.125 m
L.M.C포장 단위중량	: 23,500 kN/m ³	H2 = 0.125 m	L2 = 0.105 m
설계 속도	100.0 km/h	H3 = 0.175 m	L3 = 0.150 m
트럭의 1축하중 (Pr)	96,000 kN	H4 = 1.020 m	L4 = 0.105 m
궤선 방경(R)	600 m	H5 = 0.240 m	L5 = 0.125 m
		H6 = 0.050 m	L6 = 0.495 m
			L7 = 1.055 m
			L8 = 0.050 m
			L9 = 0.050 m
			L10 = 0.910 m

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

결과 요약

○ 신개교-영천방향

■ 단면 힘 설계

단 면 위 치	$R_{eq}A_s$ (mm ²)	b(mm)	지오 d(mm)	단 폭 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm ²)	M_u (kN-m)	ϕM_u (kN-m)	비 고
컨틸레버 (좌측중간보)	1680.169	1000	180	60	H16 @ 200 = 993.0	94.463	109.657	0.K
					H16 @ 200 = 993.0			
컨틸레버 (우측중간보)	1645.230	1000	180	60	H16 @ 200 = 993.0	92.668	109.657	0.K
					H16 @ 200 = 993.0			
중간부 (상판)	720.000	1000	180	60	H16 @ 200 = 993.0	등 방 배 근		0.K
중간부 DECK기초 (하판)	960.000	1000	200	40	H13 @ 400 = 316.8 H13 @ 100 = 1267.0	등 방 배 근		0.K

■ 단면 설계

단 면 위 치	필요철근량 (mm ²)	사용철근량 (Use A_s) (mm ²)	비 고
컨틸레버	좌측중간보	3360.377	H22 @ 100 = 3871.0 0.K
	우측중간보	3280.461	H22 @ 100 = 3871.0 0.K
중 간 부		1920.000	H22 @ 100 = 3871.0 0.K

■ 배철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치	필요철근량 (mm ²)	사용철근량 (Use A_s) (mm ²)	비 고
컨틸레버	좌측중간보	1125.726	H16 @ 125 = 1588.8 0.K
	우측중간보	1102.304	H16 @ 125 = 1588.8 0.K
	좌측중간보	2251.452	H22 @ 125 = 3096.8 0.K
	우측중간보	2204.039	H22 @ 125 = 3096.8 0.K
중 간 부		720.000	H16 @ 250 = 794.4 0.K
중 간 부 단부		1440.000	H22 @ 125 = 3096.8 0.K

■ 사용성 검토 요약표

구 조	원형강도(f_u)	허용강도(f_{all})	강 령 륜 (R)	허용강도비 (R)	비 고
컨틸레버	좌측중간보	152.814	240.000	0.222	0.250 0.K
	우측중간보	147.635	240.000	0.215	0.250 0.K

○ 본 구조물은 LWC T-50mm 포장으로 적용하였음.

○ 철근 배근시 소요철근량의 직경선택 고려하여 철근 규격을 조정하였으며 시공의 편의성 위하여 바닥판의 컨틸레버와 중앙부는 등방관측을 사용하였음.

○ 본 바닥판의 구조 해석은 컨틸레버 구간은 강도설계법 적용하였으며, 중간슬래브는 평형적용법 HUB-DECK를 적용하였음.

4.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검, 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 7회, 정밀안전점검1회 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 4.2.1】 신개교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기 안전점검	신개교의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재 파손, 바닥판 종조인트 백업재 탈락, 재료분리 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기 안전점검	신개교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열, 신축이음 이물질퇴적, 바닥판 종조인트 백업재 탈락, 재료분리 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기 안전점검	신개교의 주요 손상현황으로는 교면포장 망상균열, 신축이음 이물질퇴적, 바닥판 종조인트 백업재 탈락 등의 손상이 조사되었다. 금회 조사시, 일부 부재에 대한 보수가 실시된 것으로 확인되었으며, 현재 보수 상태는 양호한 것으로 조사되었다. 미 보수된 기 손상부는 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기 안전점검	신개교의 외관조사 결과, 교면포장 망상균열 및 접속부 파손, 신축이음 이물질퇴적, 후타재 균열 및 파손, 바닥판 종조인트 백업재 탈락, 교대 균열 및 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀 안전점검	금회정밀안전점검결과를바탕으로신개교에발생손상의진전을방지하고,보수를통한구조물의내구성확보를위한적절한조치가필요하다. 이상과같이자료조사,외관조사,내구성조사등의결과를분석하여평가된구조물의상태평가결과를종합적으로평가한안전등급은「기능발휘에는지장이없으나경미한손상,결함,열화등이발생하여내구성증진을위해부분적으로보수가필요한상태」인「B」등급으로평가되었다.구조적인손상및결함은없는것으로판단되어별도의정밀안전진단은필요없을것으로판단되며,본보고서에제시된방안으로보수를시행하고지속적인유지관리를실시한다면구조물의사용성을확보하는데문제없을것으로사료된다.	B

【표 4.2.1】신개교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기 안전점검	신개교의 외관조사 결과, 배수시설 그레이팅 이탈, 난간 백태, 접속부 단차, 신축이음 본체 단차, 후타재 균열, 박락, 교대 균열, 실란트 파손, 날개벽 밀림 등의 손상이 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.	양호
7	2020. 08. 31 ~ 2020. 12. 31	정기 안전점검	신개교의 외관조사 결과, 배수시설 그레이팅 이탈, 난간 백태, 접속부 단차, 신축이음 본체 단차, 후타재 균열, 박락, 교대 균열, 실란트 파손, 날개벽 밀림 등의 손상이 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.	양호
8	2021. 03. 08 ~ 2021. 06. 07	정기 안전점검	신개교(2공구)의 외관조사 결과, 배수시설 그레이팅 이탈, 난간 백태, 접속부 단차, 신축이음 본체 단차, 후타재 균열, 박락, 교대 균열, 실란트 파손, 날개벽 밀림 등의 손상이 조사되었다. 기 발생된 손상부의 경우 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.	양호
9	2021. 08. 25 ~ 2021. 12. 10	정밀 안전점검	-바닥판하면재료분리 -거더상태양호 -가로보상태양호 -교대균열(0.3mm미만), 누수흔적 -교량받침받침콘크리트파손 -신축이음후타재균열(0.3mm이상), 후타재박리, 박락, 차수판볼트체결불량 -교면포장상태양호 -배수시설배수구막힘, 스틸그레이팅이탈 -방호벽균열부백태	B
10	2022. 05. 16 ~ 2022. 06. 24	정기 안전점검	-교면포장접속도로박리, 박락 -배수구스틸그레이팅이탈, 배수구막힘 -방호벽백태, 균열부백태, 접속부단차 -신축이음본체단차, 후타재균열, 박리, 박락, 차수판볼트탈락 -교량받침받침콘크리트파손 -교대균열(0.3mm미만), 누수흔적, 실란트파손, 날개벽밀림	양호

【표 4.2.1】신개교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
11	2022. 09. 19 ~ 2022. 11. 18	정기 안전점검	-교면포장접속도로박리, 박락 -배수구스틸그레이팅이탈, 배수구막힘 -방호벽백태, 균열부백태, 접속부단차 -신축이음본체단차, 후타재균열, 박리, 박락, 차수판볼트탈락 -교량받침받침콘크리트파손 -교대균열(0.3mm미만), 누수흔적, 실란트파손, 날개벽밀림	양호
12	2023. 04. 03 ~ 2023. 06. 16	정기 안전점검	-교면포장접속도로박리, 박락 -배수구스틸그레이팅이탈, 배수구막힘 -방호벽백태, 균열부백태, 접속부단차 -신축이음본체단차, 후타재균열, 박리, 박락, 차수판볼트탈락 -교량받침받침콘크리트파손 -교대균열(0.3mm미만), 누수흔적, 실란트파손, 날개벽밀림	양호

4.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과(상주방향)	비고
바닥판하면	바닥판하면의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
Steel Girder	거더 내,외부의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
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($C_w=0.3\text{mm}$미만)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다. - 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고 손상부는 진전시 신축이음과 연계한 보수가 요구된다.	
교량받침	교량받침에 발생한 파손은 시공미흡 및 콘크리트 열화등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.	
신축이음장치	신축이음장치에서 시공미흡으로 인한 본체 단차는 통행차량의 타이어, 신축이음 본체에 영향을 줄 수 있으므로 신축이음 재설치, 후타재 균열($C_w=0.3\text{mm}$이상), 후타재 박락, 차수관 볼트불량, 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며 표면처리, 단면보수, 볼트 재체결 등의 조치가 필요하다고 판단된다.	
교면포장	교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 신규 손상 발생 등의 유지관리가 요구된다.	
배수시설	배수구는 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.	
방호벽	방호벽의 외관조사 결과, 방호벽 S1(A1) 접속부 토공구간에 시공초기 다짐부족, 우수유입으로 인한 토사유실이 원인으로 추정되는 방호벽 접속부 단차가 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 증진여부 확인 등의 조치가 요구된다.	

구분	정밀안전점검 결과(영천방향)	비고
바닥판하면	바닥판에 발생한 재료분리는 위커빌리티 효율성 감소, 관리미흡에 의한 타설불량에 의해 발생한 손상으로, 내구성 증진을 위해 단면보수를 실시하는 것이 향후 추가손상 방지 등 유지관리에 효율적일 것으로 판단된다.	
Steel Girder	거더 내,외부의 외관조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
가로보	가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 신규 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	교대에 건조수축으로 인한 균열($Cw=0.3\text{mm}$미만), 공용기간 증가 및 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적, 실란트 파손, 접속부 토공구간에 시공초기 다짐부족, 우수유입으로 인한 토사유실이 원인으로 추정되는 날개벽 밀림이 조사되었다. 발생한 균열 및 누수흔적의 경우 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요망되며, 날개벽밀림의 경우 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.	
교량받침	교량받침에 발생한 파손은 시공미흡 및 콘크리트 열화등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.	
신축이음장치	신축이음에 발생한 후타재 박리, 박락, 차수판 볼트 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수, 볼트 재체결 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.	
교면포장	교면포장에 발생한 접속도로 박리 및 박락은 접속부 침하, 시공미흡, 외부 충격 등의 복합적 요인으로 추정되며 갓길측으로 주행성에 영향을 미치지는 않지만 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.	
배수시설	상부 배수구에서 스틸그레이팅 이탈이 조사되었으며, 배수관 이물질퇴적, 배수관 막힘 등의 2차 손상을 방지하기 위한 스틸그레이팅 재설치가 필요하다고 판단된다.	
방호벽	방호벽에 발생한 균열부 백태는 건조수축, 공용기간 증가, 조기 거푸집 탈착 등 복합적 원인으로 발생한 균열에 우수유입 등의 이유로 기존 균열부에 백태가 발생한 손상으로 백태의 손상 진전으로 인한 2차 손상을 방지하기 위한 표면처리 등의 조치가 요구된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위		시험 결과(상주방향)		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.9 ~ 28.6	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.7 ~ 27.4	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		43.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.5~102.0	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	27.8 ~ 28.6	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.2 ~ 27.1	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		43.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		94.5~97.0	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	
신개교	0.145	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
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.5	0.94	m	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	13.0	19.50	m ²	—	—	하자
교량받침	받침콘크리트 파손	단면보수	0.5	0.75	m ²	165	124	2순위
신축이음	후타재 균열(0.3mm이상)	주입보수	12.5	18.80	m	65	1,222	2순위
	후타재 박락	단면보수	0.04	0.10	m ²	165	17	2순위
	차수판 볼트체결 불량, 탈락	볼트 재체결	6.0	6.00	EA	25	150	3순위
배수시설	배수구 막힘	정비	3.0	3.00	EA	25	75	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	—		1,363			225	
	재경비 (순공사비의 50%)	—		682			113	
	합계	—		2,045			338	
개략공사비 총계(천원)				2,197				

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
바닥면	재료분리	단면보수	0.60	0.90	m ²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.0	0.75	m	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	32.00	48.00	m ²	—	—	하자
교량받침	받침콘크리트 파손	단면보수	0.20	0.30	m ²	165	50	2순위
신축이음	후타재 박리, 박락	단면보수	0.10	0.20	m ²	165	33	2순위
	차수판 볼트 탈락	볼트 재체결	6.00	6.00	EA	25	150	3순위
배수시설	스틸그레이팅 이탈	정비	1.00	1.00	m	25	25	3순위
방호벽	균열부 백태	표면처리	0.30	0.50	m ²	54	24	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	—		33			224	
	재경비 (순공사비의 50%)	—		17			112	
	합계	—		50			336	
개략공사비 총계(천원)				386				

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

4.2.4 기존자료

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 교대 A2 날개벽 밀림 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.	

4.2.5 시설물 보수 이력

【표 4.2.2】 신개교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	배수시설 정비 교대 실란트 충전	일상보수	19년~21년 6월	-	-	-
2	(상주방향) A1,A2 신축이음 (영천방향) A2 신축이음	신축이음 후타재균열 보수, 차수판볼트체결불량 보수	2019-01-01 ~ 2019-06-30	-	-	-
3	S1 바닥판	바닥판 재료분리 보수	2017-07-01 ~ 2017-12-31	-	-	-

4.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 4.2.3】 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.			

4.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

4.2.8 자료수집 현황

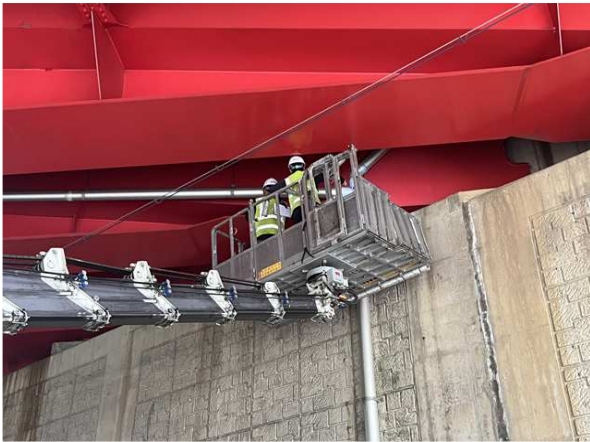
안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가를 위한 자료는 각 평가별 보고서 내에 수록하였다.

4.3 현장조사

4.3.1 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	도보, 점검차	2023.09.04.~2023.10.05.	
			
고소차량 점검		고소차량 점검	
			
비파괴 시험		고소차량 점검	

【사진 4.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

4.3.2 상주방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 신개교는 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=55.0m 폭 24.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 테크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보와 사다리를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 4.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상이 없는 상태이나, 금회 폭 0.3mm미만 균열이 확인되었다.

【표 4.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(폭 0.3mm미만) (m/개소)	
S1	0.50	1
합계	0.50	1

		-	
손상현황	• S1 균열(0.1mm/0.5m)	손상현황	• -
원 인	• 건조수축, 다짐미흡 등	원 인	• -
조치방안	• 표면처리	조치방안	• -

【사진 4.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검시 손상이 없는 상태이며, 금회 정밀조사로 인한 균열이 신규 조사되었다.

【표 4.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	균열(폭 0.3mm미만)	m	-	-	0.50	1	▲ 0.50	신규손상

4) 검토의견

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 균열의 경우 건조수축 및 공용중 열화, 다짐미흡 등의 복합적인 원인에 의한 비 구조적인 손상으로 추정되며, 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 유지 관리가 필요할 것으로 사료된다.

나. Steel Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Girder로 시공되었으며, 근접육안조사를 도보와 사다리를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 4.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 4.3.3】 거더 외관조사 결과

구분	—	
S1	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 거더외부 상태양호	손상현황	• 거더내부 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 4.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 4.3.4】 거더 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



가로보 전경

【사진 4.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	—	
S1	—	—
합계	—	—

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

【사진 4.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 4.3.6】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

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

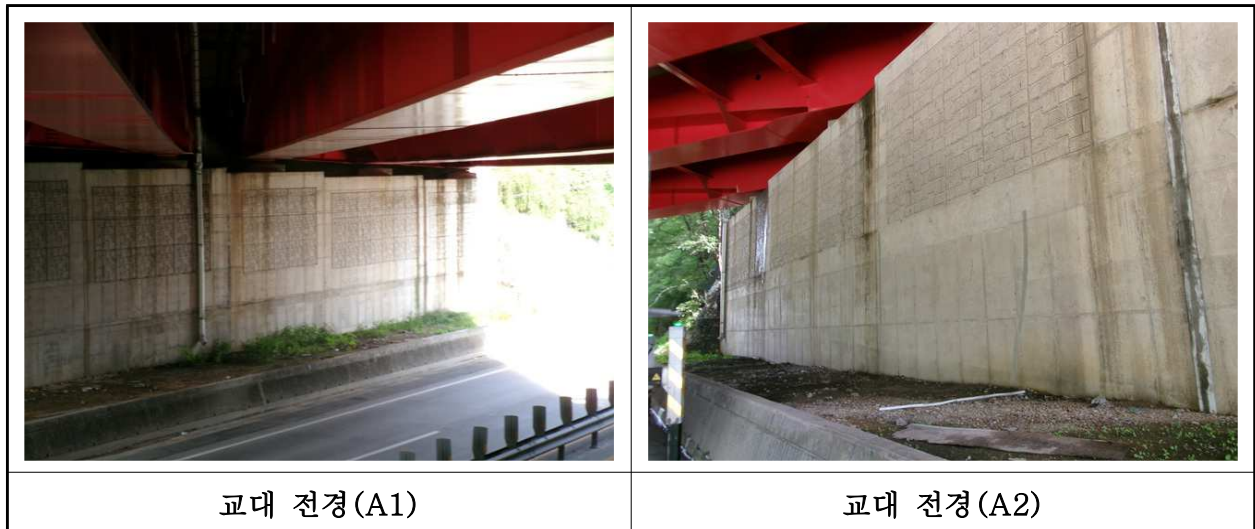
4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 신개교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보와 사다리를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 4.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과, A1에서 누수흔적, 박리, A2에서 균열(Cw=0.3mm미만) 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.7】 교대 외관조사 결과

구분	균열(Cw=0.3mm미만) (m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)	
A1	—	—	13.00	2	1.25	1
A2	2.50	1	—	—	—	—
합계	2.50	1	13.00	2	1.25	1

			
손상현황	• A1 박리 (0.5m×2.5m)	손상현황	• A1 균열 (0.2mm/4.0m)
원 인	• 시공시 외부충격 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주입보수
			
손상현황	• A2 균열 (0.2mm/2.5m)	손상현황	• A1 누수흔적 (1.0m×5.0m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 4.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검 비교시 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었고, 금회 정밀안전점검으로 인한 박리가 신규 조사되었다.

【표 4.3.8】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.50	1	2.50	1	- -	변동없음
	누수흔적	m ²	13.00	2	13.00	2	- -	변동없음
	박리	m ²	-	-	1.25	1	▲ 1.25	신규손상

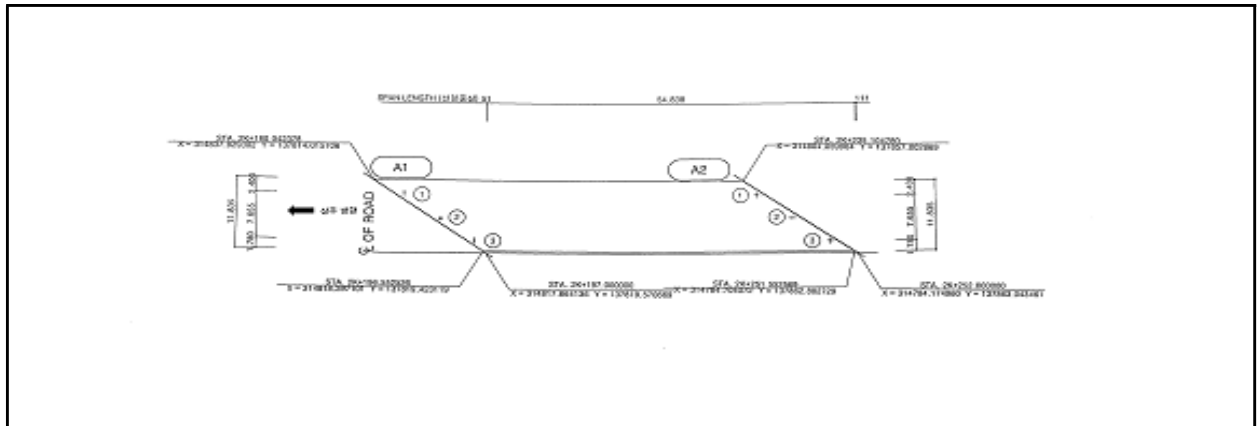
4) 검토의견

- 교대에 건조수축, 거푸집 조기탈착, 공용기간 증가 등을 통한 균열(Cw=0.3mm미만)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다. 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고 손상부는 진전시 신축이음과 연계한 보수가 요구된다. 금회 조사된 박리의 경우 외부 충격에 의한 손상으로 부재의 사용성 확보 차원의 단면보수가 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 신개교의 받침은 면진받침으로 총 6개소가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 4.3.1】 교량받침 배치도



【사진 4.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침의 외관조사 결과, 기 손상인 받침콘크리트 파손이 조사되었다.

【표 4.3.9】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 파손 (㎡/개소)	
A1	0.5	1
A2	—	—
합계	0.5	1

			
손상현황	• A1-Sh2 파손(1.0m×0.5m)	손상현황	• A1-Sh2 파손(1.0m×0.5m)
원 인	• 외부 충격	원 인	• 외부 충격
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 4.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침은 금회 정밀안전점검 결과 기 손상인 받침콘크리트 파손이 확인되었고, 손상부의 진전은 미미한 상태로 조사되었다.

【표 4.3.10】 교량받침 기 점검 결과 비교

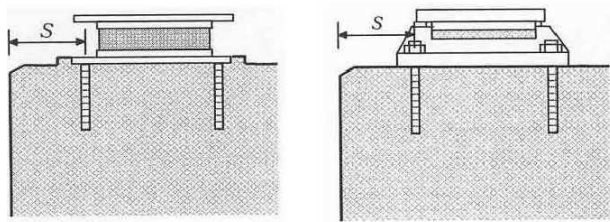
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침콘크리트 파손	m ²	0.50	1	0.50	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교량받침에 발생한 파손은 시공미흡 및 콘크리트 열화등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 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 4.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 4.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=55.0m) : $200 + 5 \times 55 = 475(\text{mm})$

【표 4.3.11】 연단거리 측정 결과

구 분	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	475	825	842	843	O.K
A2	475	843	821	839	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



교량 받침 가동량 측정

【사진 4.3.13】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 4.3.12】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	
A2	36.8	13.2	0.000012	55.0	24.3	8.7	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2023년 09월 04일, 평균온도, 상주)							
2) 검토온도 : −10℃ ~ 40℃(보통지방)							

【표 4.3.13】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	
			수축	신장	동절기	하절기		
A1		고정단						
A2		SH1	25	25	75	24.3	8.7	±50
		SH2	25	25	75			±50
		SH3	25	25	75			±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.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

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



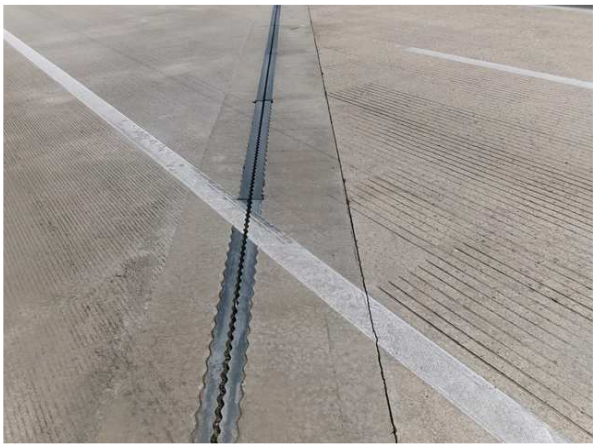
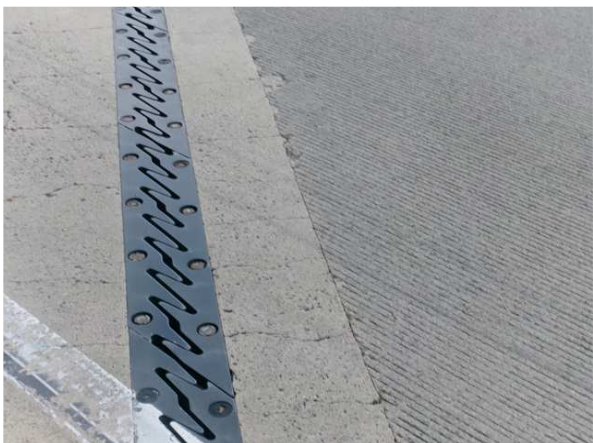
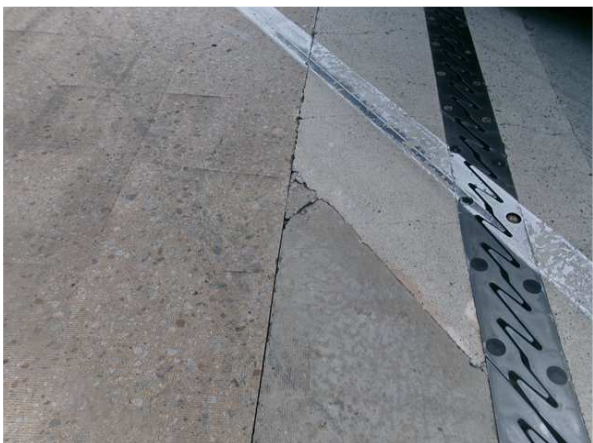
【사진 4.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과, 본체 단차, 후타재 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상), 후타재 박락, 차수판 볼트불량, 탈락이 조사되었다.

【표 4.3.14】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	본체 단차 (m/개소)		후타재 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 이상) (m/개소)		후타재 박락 ($\text{m}^2/\text{개소}$)		차수판 볼트체결 불량, 탈락 (개소)	
A1 (EXP J1)	—	—	4.50	9	—	—	1.00	1
A2 (EXP J2)	3.50	1	8.00	16	0.04	1	5.00	5
합계	3.50	1	12.50	25	0.04	1	6.00	6

			
손상현황	• A1 후타재 균열(0.3mm)	손상현황	• A1 후타재 균열(0.3mm)
원 인	• 중차량 통행, 공용중 열화	원 인	• 중차량 통행, 공용중 열화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A1 본체 단차	손상현황	• A2 차수판 볼트 체결불량(4EA)
원 인	• 공용중 열화, 접속부 침하 등	원 인	• 공용중 열화
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 정비
			
손상현황	• A2 후타재 균열(0.3mm)	손상현황	• A1 후타재 박락(0.2m×0.2m)
원 인	• 중차량 통행, 공용중 열화	원 인	• 중차량 통행, 공용중 열화
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수

【사진 4.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 신축이음 현장조사 결과, 기 손상인 후타재 균열(0.3mm미만), 차수판 볼트체결 불량, 본체단차 등이 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 판단된다.

【표 4.3.15】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	본체단차	m	3.50	1	3.50	1	— —	변동없음
	후타재균열(0.3mm이상)	m	17.3	41	17.3	41	— —	변동없음
	후타재박락	m ²	0.04	1	0.04	1	— —	변동없음
	차수판 볼트체결 불량	EA	6.00	6	6.00	6	— —	변동없음

4) 검토의견

- 신축이음장치에서 시공미흡으로 인한 본체 단차는 통행차량의 타이어, 신축이음 본체에 영향을 줄 수 있으므로 신축이음 재설치, 후타재 균열(Cw=0.3mm이상), 후타재 박락, 차수판 볼트불량, 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며 표면처리, 단면보수, 볼트 재체결 등의 조치가 필요하다고 판단된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고																		
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta L_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, ΔL_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} - L : 신축보의 길이(mm)																						
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2023. 9. 4. 기온 적용: 26.8℃(일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃-26.8℃ = 26.8℃ ΔT(수축시) : -10.0℃-(26.8℃) = 36.8℃ 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>선팽창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="3">강 교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>				교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 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}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 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 4.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 4.3.16】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팽창 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	고정단									
A2	36.8	26.8	0.000012	55.0	24.3	8.7	30.0	75.0	235.0	
1) 조사당시 온도 : 26.8 $^{\circ}C$ (조사일 : 2023년 09월 04일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -10 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (보통지방)										

【표 4.3.17】 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	고정단						
A2	12.5	20.5	30.0	75.0	42.5	9.5	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 26.8℃(9월 4일)로써 이때 측정유간은 30.0mm로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

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



【사진 4.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장의 외관조사 결과 포장은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.18】 교면포장 외관조사 결과

구분	—	
S1	—	—
합계	—	—

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

【사진 4.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 4.3.19】 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.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

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



【사진 4.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 4.3.20】 배수시설 외관조사 결과

구분	—	
S1	—	—
합계	—	—

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

【사진 4.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 배수시설은 기 손상이 없는 상태이며, 추가적인 신규 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 4.3.21】 배수시설 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 배수구는 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.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

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



방호벽 전경

【사진 4.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 방호벽 접속부 단차가 조사되었다.

【표 4.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	방호벽 접속부 단차	
S1	1.50	1
합계	1.50	1

			
손상현황	• S1 방호벽 접속부 단차 (T=4.0cm)	손상현황	• S1 방호벽 접속부 단차 (T=4.0cm)
원 인	• 접속부 침하	원 인	• 접속부 침하
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

【사진 4.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽은 기 손상인 방호벽 접속부 단차가 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다.

【표 4.3.23】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	접속부단차	m	1.50	1	1.50	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽의 외관조사 결과, 방호벽 S1(A1) 접속부 토공구간에 시공초기 다짐부족, 우수유입으로 인한 토사유실이 원인으로 추정되는 방호벽 접속부 단차가 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 증진여부 확인 등의 조치가 요구된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 신개교는 점검통로 및 점검계단이 없는 상태에 확인되었다.



【사진 4.3.23】 교량 점검시설 전경

카. 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

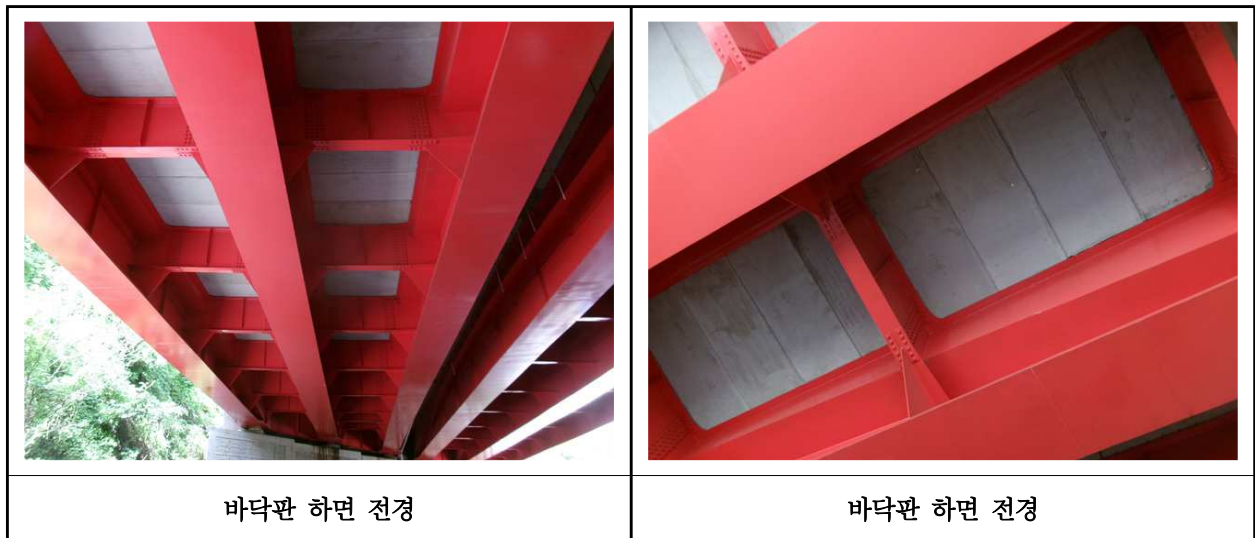
공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

4.3.3 영천방향 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 신개교는 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=55.0m 폭 24.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있고, 하면 콘크리트 데크플레이트가 전구간 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 4.3.24】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 바닥판하면 캔틸레버보에 재료분리, 균열이 조사되었다.

【표 4.3.24】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)		균열(폭 0.3mm미만) (m/개소)	
S1	0.60	3	1.00	1
합계	0.60	3	1.00	1

			
손상현황	• S1 균열(0.1mm/1.0m)	손상현황	• S1 재료분리열(0.2m×1.0m)
원 인	• 건조수축, 다짐미흡 등	원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수

【사진 4.3.25】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검 결과 기 손상인 바닥판하면 재료분리가 확인되었고, 금회 정밀조사로 인한 폭 0.3mm미만 균열이 신규 확인되었다.

【표 4.3.25】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	재료분리	m ²	0.60	3	0.60	3	— —	변동없음
	균열 (폭 0.3mm미만)	m	—	—	1.00	1	▲ 0.50	신규손상

4) 검토의견

- 바닥판에 발생한 재료분리는 워커빌리티 효율성 감소, 관리미흡에 의한 타설불량에 의해 발생한 손상으로, 내구성 증진을 위해 단면보수를 실시하는 것이 향후 추가손상 방지 등 유지관리에 효율적일 것으로 판단된다. 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

나. Steel Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Girder로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



【사진 4.3.26】 거더 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 4.3.26】 거더 외관조사 결과

구분	—	
S1	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 거터외부 상태양호	손상현황	• 거터내부 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 4.3.27】 거터 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 4.3.27】 거터 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



가로보 전경

【사진 4.3.28】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.28】 가로보 현장조사 결과

구분	—	
S1	—	—
합계	—	—

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

【사진 4.3.29】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 4.3.29】 가로보 및 세로보 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

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



【사진 4.3.30】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 A2에 균열(Cw=0.3mm미만), 누수흔적, 날개벽 밀림, 콘크리트 박리 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.30】 교대 외관조사 결과

구분	균열(폭 0.3mm미만) (m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		날개벽 밀림 (m/개소)		박리 (㎡/개소)	
A1	4.00	1	—	—	—	—	0.45	1
A2	2.00	1	32.00	2	4.00	1	—	—
합계	6.00	2	32.00	2	4.00	1	0.45	1

			
손상현황	• A1 균열(0.2mm/4.0m)	손상현황	• A1 균열(0.2mm/4.0m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 주입보수	조치방안	• 주입보수
			
손상현황	• A2 누수흔적 (2.0m×8.0m)	손상현황	• A2 누수흔적 (2.0m×8.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A1 박리(1.5m×0.3m)	손상현황	• A2 날개벽 밀림
원 인	• 시공시 외부충격 등	원 인	• 접속부 침하
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰

【사진 4.3.31】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검 비교시 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었고, 금회 정밀안전점검으로 균열, 박리가 신규 조사되었다.

【표 4.3.31】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.00	1	6.00	2	▲ 4.00	신규손상
	누수흔적	m ²	32.00	2	32.00	2	— —	변동없음
	날개벽밀림	m	4.00	1	4.00	1	— —	변동없음
	박리	m ²	—	—	0.45	1	▲ 0.45	신규손상

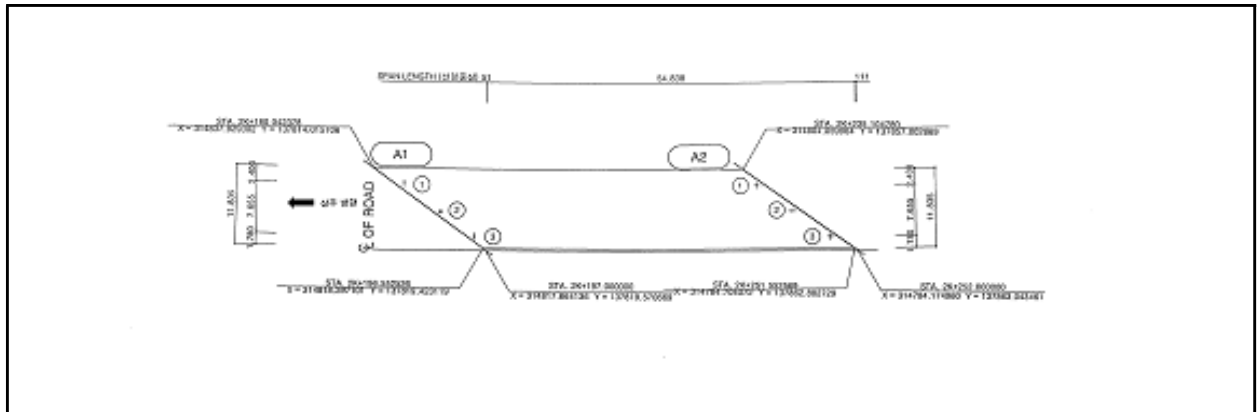
4) 검토의견

- 교대에 건조수축으로 인한 균열(폭 0.3mm미만), 공용기간 증가 및 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적, 실란트 파손, 접속부 토공구간에 시공초기 다짐부족, 우수유입으로 인한 토사유실이 원인으로 추정되는 날개벽 밀림이 조사되었다. 발생한 균열 및 누수흔적의 경우 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요망되며, 날개벽밀림의 경우 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 금회 조사된 콘크리트 박리의 경우 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 부재의 내구성 및 사용성 확보차원의 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 신개교의 받침은 면진받침으로 총 6개소가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 4.3.1】 교량받침 배치도



【사진 4.3.32】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침의 현장조사 결과, 기 손상인 받침콘크리트 파손이 조사되었다.

【표 4.3.32】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 파손 (㎡/개소)	
A1	2.0	1
A2	—	—
합계	2.0	1

			
손상현황	• A1-Sh1 파손(0.4m×0.5m)	손상현황	• A1-Sh1 파손(0.4m×0.5m)
원 인	• 외부 충격 등	원 인	• 외부 충격 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 4.3.33】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침은 금회 정밀안전점검 결과 받침콘크리트 파손이 확인되었다.

【표 4.3.33】 교량받침 기 점검 결과 비교

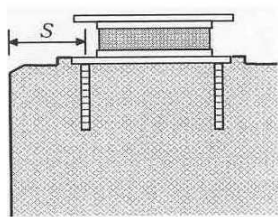
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침콘크리트 파손	m ²	0.20	1	0.20	1	- -	변동없음

4) 검토의견

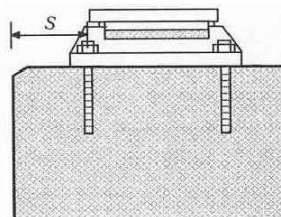
- 교량받침에 발생한 파손은 시공미흡 및 콘크리트 열화, 외부 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

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 4.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 4.3.34】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=55.0m) : $200 + 5 \times 55 = 475(\text{mm})$

【표 4.3.34】 연단거리 측정 결과

구 분	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	475	657	664	678	O.K
A2	475	670	666	689	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 4.3.35】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 4.3.35】 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	
A2	36.8	13.2	0.000012	55.0	24.3	8.7	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2023년 09월 04일, 평균온도, 상주)							
2) 검토온도 : −10℃ ~ 40℃(보통지방)							

【표 4.3.36】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

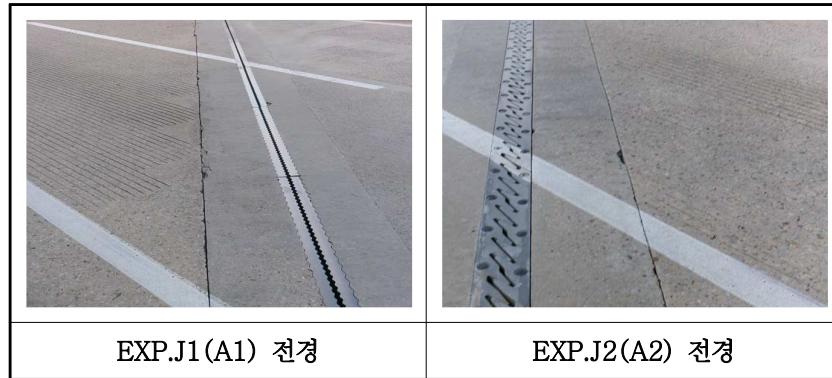
위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1		고정단					
A2	SH1	25	25	75	24.3	8.7	±50
	SH2	25	25	75			±50
	SH3	25	25	75			±50
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K							

② 교량받침 이동량 검토의견

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

바. 신축이음장치

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



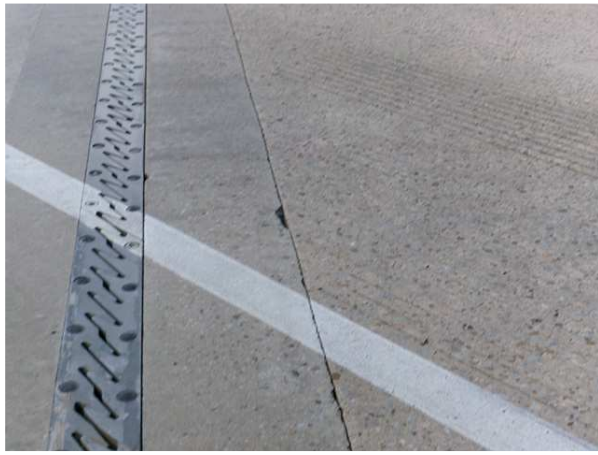
【사진 4.3.36】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 박리, 박락, 차수판 볼트 탈락이 조사되었다.

【표 4.3.37】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 박리, 박락 (㎡/개소)		차수판 볼트 탈락 (개소)	
A1 (EXP J1)	0.09	3	2.00	2
A2 (EXP J2)	0.01	1	4.00	4
합계	0.10	4	6.00	6

			
손상현황	• A1 차수판 볼트 탈락(2EA)	손상현황	• A1 후타재 박리(0.1m×0.3m)
원 인	• 공용중 열화	원 인	• 중차량, 공용중 열화 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 차수판 볼트 탈락(4EA)	손상현황	• A1 후타재 박락(0.1m×0.1m)
원 인	• 공용중 열화	원 인	• 중차량, 공용중 열화 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 표면처리

【사진 4.3.37】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 신축이음의 정밀안전점검 결과, 기 손상인 후타재 박리 및 박락, 차수판 볼트체결 불량 등이 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.38】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 박리, 박락	m ²	0.10	4	0.10	4	— —	변동없음
	차수판 볼트체결 불량	EA	6.00	6	6.00	6	— —	변동없음

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 박리, 박락, 차수판 볼트 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수, 볼트 재체결 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고	
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)					
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2023. 9. 4. 기온 적용: 26.8℃(일평균) ΔT(신장시) : $40.0^\circ\text{C} - 26.8^\circ\text{C} = 26.8^\circ\text{C}$ ΔT(수축시) : $-10.0^\circ\text{C} - (26.8^\circ\text{C}) = 36.8^\circ\text{C}$ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 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 4.3.38】 신축이음 유간 측정방법

【표 4.3.39】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	고정단									
A2	36.8	26.8	0.000012	55.0	24.3	8.7	25.0	75.0	210.0	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2023년 09월 04일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)										

【표 4.3.40】 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	고정단						
A2	12.5	20.5	25.0	75.0	37.5	4.5	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 26.6°C(9월 4일)로써 이때 측정유간은 25.0mm로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

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



【사진 4.3.39】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장의 현장조사 결과 접속도로 박리, 박리가 조사되었다.

【표 4.3.41】 교면포장 외관조사 결과

구분	접속도로 박리, 박락 (㎡/개소)	
S1	0.25	2
합계	0.25	2

			
손상현황	• S1 접속부 박락(0.3m×0.3m)	손상현황	• S1 접속부 박리(0.4m×0.4m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 4.3.40】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교면포장은 금회 정밀안전점검 결과, 기 손상인 교면포장 접속도로 박리, 박락이 신규 조사되었다.

【표 4.3.42】 교면포장 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

아. 배수시설

1) 부재의 개요

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



【사진 4.3.41】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 상부 배수구에서 스틸 그레이팅 이탈이 조사되었다.

【표 4.3.43】 배수시설 외관조사 결과

구분	스틸그레이팅 이탈 (개소)	
S1	1.00	1
합계	1.00	1

			
손상현황	• S1 그레이팅 이탈	손상현황	• -
원 인	• 장기공용에 의한 열화	원 인	• -
조치방안	• 정비	조치방안	• -

【사진 4.3.42】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 스틸그레이팅 이탈이 조사되었고, 금회 정밀안전점검 결과 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다.

【표 4.3.44】 배수시설 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 상부 배수구에서 스틸그레이팅 이탈이 조사되었으며, 배수관 이물질퇴적, 배수관 막힘 등의 2차 손상을 방지하기 위한 스틸그레이팅 재설치가 필요하다고 판단된다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 4.3.43】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열부 백태가 조사되었다.

【표 4.3.45】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열부 백태 (m ² /개소)	
S1	0.30	2
합계	0.30	2

			
손상현황	• S1 균열부 백태(0.1m×1.5m)	손상현황	• S1 균열부 백태(0.1m×1.5m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 4.3.44】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽은 기 손상인 방호벽 균열부백태가 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다.

【표 4.3.46】 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	0.30	2	0.30	2	- -	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열부 백태는 건조수축, 공용기간 증가, 조기 거푸집 탈착 등 복합적 원인으로 발생한 균열에 우수유입 등의 이유로 기존 균열부에 백태가 발생한 손상으로 백태의 손상 진전으로 인한 2차 손상을 방지하기 위한 표면처리 등의 조치가 요구된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 신개교는 점검통로 및 점검계단이 없는 상태에 확인되었다.



【사진 4.3.45】 교량 점검시설 전경

카. 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.

4.3.4 외관조사 총괄표

【표 4.3.47】 상주방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	균열(폭 0.3mm미만)	m	0.50	1	
거터외부, 내부	상태양호	—	—	—	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.50	1	
	누수흔적	m ²	13.00	2	
	박리	m ²	1.25	1	
교량받침	받침콘크리트 파손	m ²	0.50	1	
신축이음	본체단차	m	3.50	1	T= 1.0cm
	후타재균열(0.3mm이상)	m	17.3	41	
	후타재박락	m ²	0.04	1	
	차수판 볼트체결 불량	EA	6.00	6	
교면포장	상태양호	—	—	—	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	접속부 단차	m	1.50	1	T= 1.0cm

【표 4.3.48】 영천방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	재료분리	m ²	0.60	3	
	균열(폭 0.3mm미만)	m	1.00	1	
거터외부, 내부	상태양호	—	—	—	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	6.00	2	
	누수흔적	m ²	32.00	2	
	날개벽밀림	m	4.00	1	
	박리	m ²	0.45	1	
교량받침	받침콘크리트 파손	m ²	0.20	1	
신축이음	후타재 박리, 박락	m ²	0.10	4	
	차수판 볼트체결 불량	EA	6.00	6	
교면포장	접속도로 박리, 박락	m ²	0.20	2	
배수시설	스틸그레이팅 이탈	EA	1.00	1	
방호벽	균열부백태	m ²	0.30	2	

4.3.5 전회차 손상물량 비교

【표 4.3.49】 상주방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	균열(폭 0.3mm미만)	m	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상
거터외부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
거터내부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.50	1	2.50	1	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	13.00	2	13.00	2	— —	변동없음
	박리	m ²	—	—	1.25	1	▲ 1.25	신규손상
교량받침	받침콘크리트 파손	m ²	0.50	1	0.50	1	— —	변동없음
신축이음	본체단차	m	3.50	1	3.50	1	— —	변동없음
	후타재균열(0.3mm이상)	m	17.3	41	17.3	41	— —	변동없음
	후타재박락	m ²	0.04	1	0.04	1	— —	변동없음
	차수판 볼트체결 불량	EA	6.00	6	6.00	6	— —	변동없음
교면포장	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
방호벽	접속부단차	m	1.50	1	1.50	1	— —	변동없음

【표 4.3.50】 영천방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	재료분리	m ²	0.60	3	0.60	3	— —	변동없음
하면	균열(폭 0.3mm미만)	m	—	—	1.00	1	▲ 0.50	신규손상
거터외부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
거터내부	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
교대	균열(0.3mm미만)	m	2.00	1	6.00	2	▲ 4.00	신규손상
	누수흔적	m ²	32.00	2	32.00	2	— —	변동없음
	날개벽밀림	m	4.00	1	4.00	1	— —	변동없음
	박리	m ²	—	—	0.45	1	▲ 0.45	신규손상
교량받침	받침콘크리트 파손	m ²	0.20	1	0.20	1	— —	변동없음
신축이음	후타재 박리, 박락	m ²	0.10	4	0.10	4	— —	변동없음
	차수판볼트체결불량	EA	6.00	6	6.00	6	— —	변동없음
교면포장	접속도로 박리, 박락	m ²	0.20	2	0.20	2	— —	변동없음
배수시설	스틸그레이팅 이탈	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
방호벽	균열부백태	m ²	0.30	2	0.30	2	— —	변동없음

4.4 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.

4.4.1 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 4.4.1】 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	2	2	3	2	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	2	1	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	1	1	1	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	—	

【표 4.4.2】 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	2	2	3	2	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	2	1	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		1	1	1	1	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	—	—	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

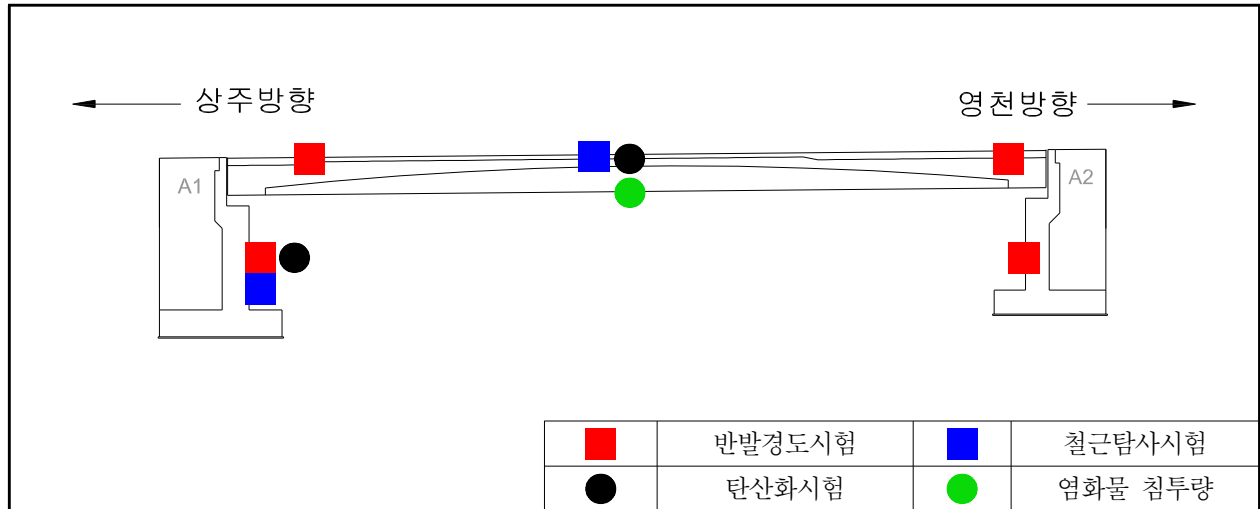
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 교량점검차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량의 비파괴 선정 위치는 외관조사망도를 참고하여 건전부와 비건전부를 선정 후 비파괴시험을 실시하였고, 기존에 실시한 부위의 경우 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

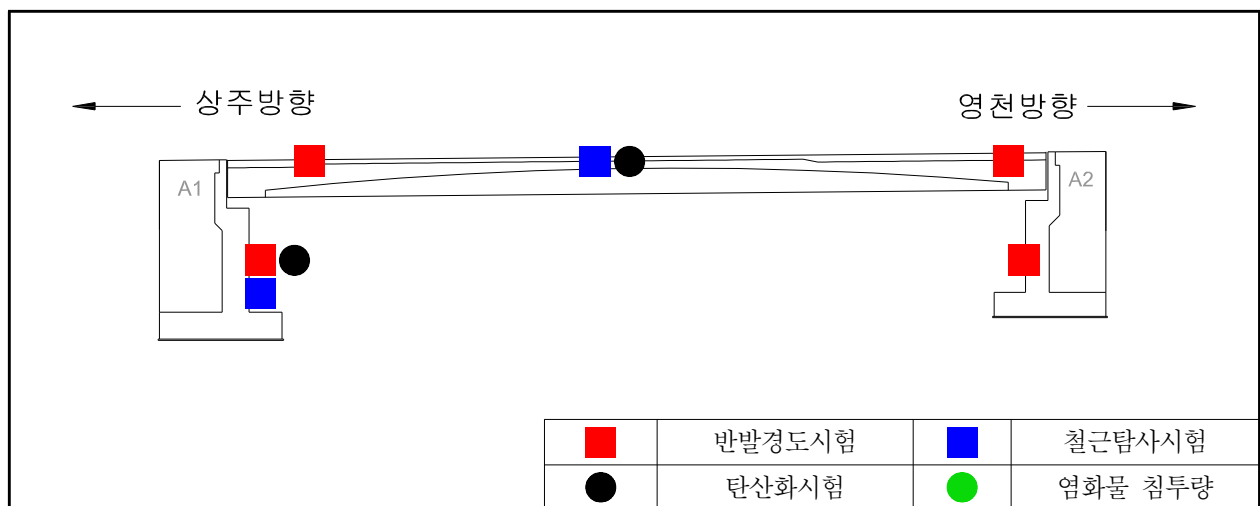
	
반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황
	
철근탐사시험	염화물침투량 시험

【사진 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 4.4.1】 상주방향 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 4.4.2】 영천방향 콘크리트 내구성조사 위치도

4.4.2 시험결과 및 분석

가. 상주방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발강도시험(총 5개소)을 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 4.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	47.9	27.5	28.2	0.64	27	
	S1 바닥판하면	47.6	27.3	28.1	0.64	27	
	S1 바닥판하면(비건전)	47.8	27.4	28.2	0.64	27	

【표 4.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	45.1	25.2	26.9	0.64	24	
	A2 교대	46.7	26.5	27.7	0.64	24	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.3~28.1MPa, 하부구조 25.2~27.7MPa 로
측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하
가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따
른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 4.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판하면	27.3 ~ 28.1	27.0	101.1 ~ 104.1
하부구조	교대	25.2 ~ 27.7	24.0	105.0 ~ 115.4

② 기 점검결과와의 비교

【표 4.4.6】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판	27.9 ~ 28.6	27.3 ~ 28.1	27.0
	교대	25.7 ~ 27.4	25.2 ~ 27.7	24.0
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 4.4.7】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	7.00	49.00	42.00	a	2.86	100년이상	
하부구조	A1 교대	5.00	104.00	99.00	a	2.04	100년이상	

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

【표 4.4.8】탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	4.0	42.00	
하부구조	5.0	99.00	

② 기 점검결과와의 비교

【표 4.4.9】탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	4.0	43.0	a	4.0	42.00	a	
하부구조	4.5~5.0	98.5~102.0	a	5.0	99.00	a	
검토의견	■ 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.

나. 영천방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 5개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 4.4.10】상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_b)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	48.4	27.9	28.4	0.64	27.0	
	S1 바닥판하면	47.5	27.2	28.0	0.64	27.0	
	S1 바닥판하면(비건전)	47.4	27.1	28.0	0.64	27.0	

【표 4.4.11】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_b)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	43.7	24.1	26.3	0.64	24.0	
	A2 교대	46.4	26.3	27.5	0.64	24.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.4MPa, 하부구조 24.1~27.5MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 4.4.12】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1 ~ 28.4	27.0	100.4 ~ 105.2
하부구조	교대	24.1 ~ 27.5	24.0	100.4 ~ 114.6

② 기 점검결과와의 비교

【표 4.4.13】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판	27.8 ~ 28.6	27.1 ~ 28.4	27.0
	교대	26.2 ~ 27.1	24.1 ~ 27.5	24.0
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 4.4.14】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	7.00	83.00	76.00	a	2.86	100년이상	
하부구조	A1 교대	4.00	56.00	52.00	a	1.63	100년이상	

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

【표 4.4.15】탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	4.0	83.0	
하부구조	7.0	56.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 4.4.16】탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	3.5	43.0	a	4.0	83.0	a	
하부구조	5.5~6.0	94.5~97.0	a	7.0	56.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측과복두께를 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 4.4.17】상주방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3 ~ 28.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2 ~ 27.7	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		42.00	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.00	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 4.4.18】영천방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1 ~ 28.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1 ~ 27.5	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		83.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		56.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

【표 4.4.19】상주방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.9	~ 28.6	27.3	~ 28.1	■ 강도저하 없음
	하부구조	교대	25.7	~ 27.4	25.2	~ 27.7	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		43.0	a	42.00	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		98.5~102.0	a	99.00	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

【표 4.4.20】영천방향 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.8 ~ 28.6		27.1 ~ 28.4		■ 강도저하 없음
	하부구조	교대	26.2 ~ 27.1		24.1 ~ 27.5		
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		43.0	a	83.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		94.5~97.0	a	56.0	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.

4.5 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.

4.5.1 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 4.5.1】 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	SB-AREC	b	a	a	a	c	a	b	b	b	q
	A2								b	a	b	q
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.400	0.100	0.200	0.150	0.200	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.025	0.004	0.004	0.012	0.002	0.014	0.023	0.050	—
											0.164	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.164) < 0.260$

나. 상주방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

추락방지시설은 손상이 없는 양호한 상태로 “a” 로 평가됨.

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

② 도로포장

포장은 손상이 없는 양호한 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

부분적 박리, 박락, 파손이 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

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 4.5.2】 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	SB-AREC	b	a	a	a	b	b	b	b	b	q
	A2								b	a	b	q
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200	0.150	0.200	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.025	0.004	0.004	0.006	0.004	0.014	0.023	0.050	—
											0.160	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.160) < 0.260$

라. 영천방향 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

경미한 결함이 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

부분적 박리, 박락이 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 4.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
상주방향	0.160	B	55	2	110	0.500	0.082
영천방향	0.164	B	55	2	110	0.500	0.080
합계(Σ)			110	4	220	1.000	0.162
1. 평가지수 =							0.162
2. 상태평가결과 =							B

4.5.2 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 강박스거더(SB Arch)

(1) 교량형식

- 구조형식 : 강박스거더(SB Arch)
- 경 간 장 : 1@55 = 55.0 m
- 폭 원 : 23.4 m
- 교량등급 : 1등급
- 설계하중 : DB-24, DL-24
- 사 각 : 90°

(2) 검토조건

- (1) 형 식 : SB Arch 합성거더교
- (2) 연 장 : 55.000m
- (3) 폭 원 : 12.455m
- (4) 포 장 : L.M.C (t=50mm)
- (5) 활 하 중 : DB-24, DL-24
- (6) 사용재료

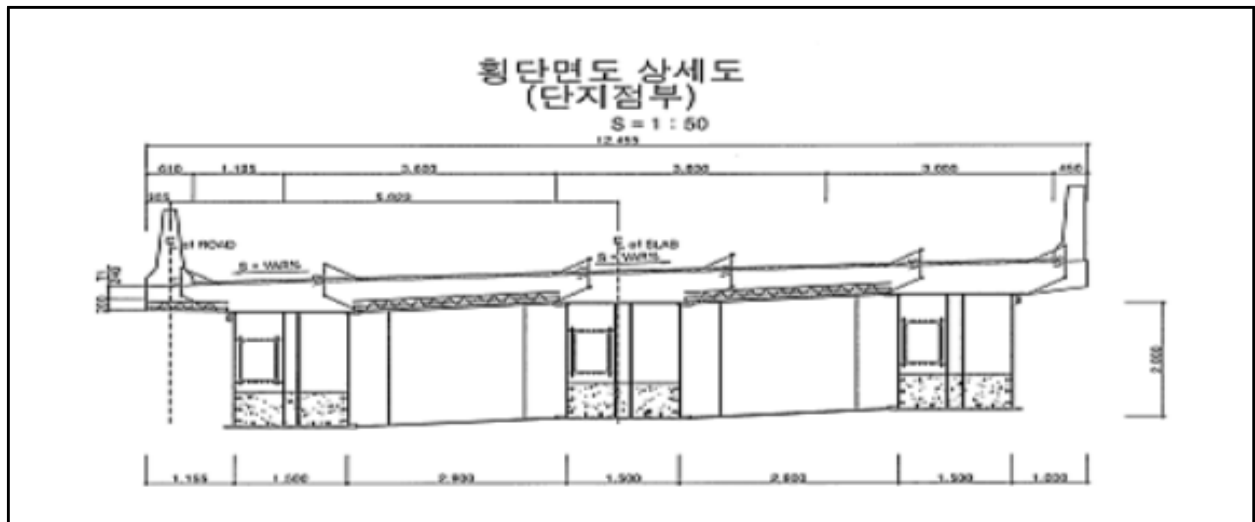
- ① 주부재 : HSB500(상판, 하판, 중간판, 복부판, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
- ② 부부재 : SM400(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 세로보, 일반부 가로보, 지점부 가로보)

- ③ 충전 콘크리트 : $f_{ck} = 40.0 \text{ MPa}$
- ④ 바닥판 콘크리트 : $f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$
- ⑤ 바닥판 철근 : $f_y = 400.0 \text{ MPa}$

(7) 허용응력

- ① 축방향 인장응력 및 휨 인장응력 : 230 MPa
- ② 휨 압축응력 : 230 MPa
- ③ 전단응력 : 135 MPa
- ④ 지압응력 : 345 MPa

(3) 검토단면



(4) 고정하중

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

(5) 안정성 평가 결과

■ 거더의 안전성 검토

부 재		SF(안전율)	등 급
SB Arch 합성거더교	G1	$SF(안전율) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{264.500}{236.375} = 1.119$	A
	G2	$SF(안전율) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{-230.000}{-190.983} = 1.204$	A
	G3	$SF(안전율) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{264.500}{232.094} = 1.140$	A

■ 바닥판 안전성 검토

구 분	계수모멘트 Mu (kN·m)	설계휨강도 φMn (kN·m)	안전율 (φMn/Mu)	검토결과
좌측 캔틸레버부	73.544	119.354	1.623	O.K
우측 캔틸레버부	72.832	150.875	2.072	O.K

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)

■ 허용응력법에 의한 내하율 및 기본내하력 검토결과

구 분	응력(MPa)			내하율 (RF)	기본 내하력
	허용응력 (f_a)	고정하중 (f_d)	활하중 (f_l)		
G1	230.000	154.670	31.797	2.369	DB-24 이상
G2	230.000	143.836	30.837	2.794	DB-24 이상
G3	230.000	151.748	32.818	2.384	DB-24 이상
주) 활하중은 충격계수가 고려된 값임.					

■ 공용내하력 검토결과

구 분	내하율	기본내하력	응답보정계수	공용내하력	비고
G1	2.369	DB-24 이상	1.563	DB-24 이상	
G2	2.794	DB-24 이상	1.728	DB-24 이상	
G3	2.384	DB-24 이상	1.510	DB-24 이상	

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

■ 강도설계법에 의한 바닥판의 내하율 및 기본내하력 검토결과

구 분	ϕM_n	M_d	$M_\ell(1+i)$	내하율	기본 내하력	비 고
좌측 캔틸레버부	119.354	12.062	16.627	2.900	DB-24이상	
우측 캔틸레버부	150.875	10.414	17.063	3.744	DB-24이상	

4.5.3 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.

$$\text{교량의 구조안전성능 평가지수} = \text{Min}(\text{상태안전성능등급}, \text{구조안전성능등급})$$

구분	상태안전성능등급		구조안전성능등급		비고
	평가지수	평가등급	평가지수	평가등급	
신개교	0.188	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과 최저평가지수인 0.188로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

4.6 내구성능 평가

4.6.1 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.

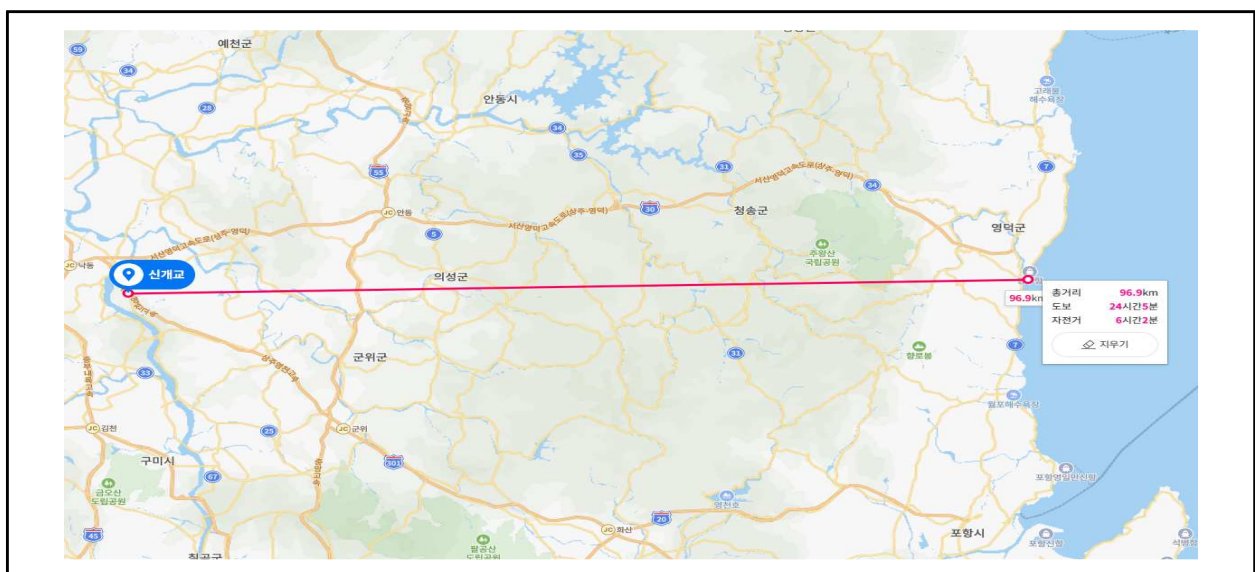
4.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경상북도 의성군 단밀면 낙정리에 위치하며, 동해안으로부터 약 96.9km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

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



【그림 4.6.1】 위치도

【표 4.6.1】 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 4.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경상북도 의성군 단밀면 낙정리				
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 4.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	경상북도 의성군 단밀면 낙정리				
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 4.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경상북도 의성군 단밀면 낙정리				
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 4.6.5】 염화물 함유량 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 함유량	바닥판	S1	0.471	0.398	0.296	a

【표 4.6.6】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S1	—	—	3.182

【표 4.6.7】 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	S1	20년 초과 ~ 30년 이하	b

【표 4.6.8】 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	S1	a	b	b

2) 탄산화 깊이

【표 4.6.9】 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	7.00	2.86	30년 초과	a	a
		A1 교대	5.00	2.04	30년 초과	a	a
	영천방향	S1 바닥판하면	7.00	2.86	30년 초과	a	a
		A1 교대	4.00	1.63	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 4.6.10】 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	101.9	—	a	0.10	a
		S1 바닥판하면	101.1	—	a		
		S1 바닥판하면 (비건전)	101.6	100.5	a		
		A1 교대	105.0	—	a	0.10	a
		A2 교대	110.6	—	a		
	영천방향	S1 바닥판하면	103.4	—	a	0.10	a
		S1 바닥판하면	100.7	—	a		
		S1 바닥판하면 (비건전)	100.4	99.7	a		
		A1 교대	100.4	—	a	0.10	a
		A2 교대	109.6	—	a		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 4.6.11】 대상교량 제원

교량형식		SB Arch 거더교
경간장 및 경간수		55@1 = 55m
교폭		23.4m
바닥판의 높이		0.24m
거더 갯수		6
2차 부재		L=5.0m, 교축방향 4.973m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교대		일반 RC
피복 두께		40mm
공용연수		6년
위치	지역	경상북도 의성군
	해안 이격거리	500m 초과

【표 4.6.12】일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(50)	b	a	a	a	0.2
하부	교대(50)	—	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.2 \times 50 + 0.1 \times 50) / 100 = 0.150$			
		등급	B			

【표 4.6.13】열화환경지표의 평가

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

4.6.3 강재 내구성능 평가

강재 내구성능 평가항목은 크게 내부적 요소(열화진전 요소)와 외부적 요소(열화환경 요소)로 구분되며, 내부적 요소는 발청, 도장열화, 도장두께, 외부적 요소는 해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도 등을 포함하는 대기환경으로 구성된다.

여기서, 도장열화는 박리, 균열, 부품, 변색·백아화 등 4가지 열화요인에 대해 각각 평가한다. 발청을 포함하여 도장열화에 대한 세부지표 간의 중요도에 따라 합산 및 등급산정을 한다.

평가대상 부재에 대해 내부적 요소와 외부적 요소에 대해 강재 내구성능을 평가한다.

가. 발청 및 도장열화 평가

1) 거더

【표 4.6.14】 거더 발청 및 도장열화 평가

구분		손상면적(m ²)					부재면적(m ²)	비고
		발청	박리	균열	부품	변색		
상주	S1	—	—	—	—	—	2,062.5	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		
영천	S1	—	—	—	—	—	2,062.5	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		

【표 4.6.15】 거더 발청 및 도장열화 평가 등급

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화
상주	a	a	a	a	a
영천	a	a	a	a	a
확정등급	a	a	a	a	a

【표 4.6.16】 거더 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	a	a	a	a	a	10
점수	5	2	1	1.5	0.5	
발청 및 도장열화 등급						a

2) 2차부재

【표 4.6.17】 2차부재 발청 및 도장열화 평가

구분		손상면적(m²)					부재면적(m²)	비고
		발청	박리	균열	부품	변색		
상주	S1	—	—	—	—	—	443.5	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		
영천	S1	—	—	—	—	—	443.5	
	손상면적율(%)	—	—	—	—	—		
평균 손상면적율(%)		—	—	—	—	—	—	
손상별 등급		a	a	a	a	a		

【표 4.6.18】 2차부재 발청 및 도장열화 평가 등급

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화
상주	a	a	a	a	a
영천	a	a	a	a	a
확정등급	a	a	a	a	a

【표 4.6.19】 2차부재 발청 및 도장열화 평가 점수

평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	a	a	a	a	a	10
점수	5	2	1	1.5	0.5	
발청 및 도장열화 등급						a

나. 도장두께 평가

- 해당 교량의 구간은 환경조건이 양호한 지역이므로 일반환경을 적용하여 외부도장은 내후성 중방식 도장(우레탄계 : 215 μ m)을 적용하고 내부도장은 에폭시 도장(175 μ m)을 적용하였다.

1) 거더

【표 4.6.20】 거더 도장두께 평가

측정위치		조사경간	#1	#2	#3	#4	#5	평균	기준	판정
상주	거더외부	S1-G2	293	267	235	257	276	266	215	만족
	거더외부	S1-G2	258	261	283	267	273	168	215	만족
영천	거더내부	S1-G2	203	194	211	186	207	200	175	만족
	거더내부	S1-G2	196	191	201	203	187	196	175	만족
거더 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0%(a등급)										

2) 2차부재

【표 4.6.21】 2차부재 도장두께 평가

측정위치		조사경간	#1	#2	#3	#4	#5	평균	기준	판정
상주	2차부재	S1	268	270	271	259	264	266	215	만족
영천	2차부재	S1	273	257	262	281	256	266	215	만족
거더 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0% (a등급)										

다. 환경요인 평가

【표 4.6.22】 환경요인 평가

구분	평가지표	측정값	등급
대기 환경	해안 이격거리	96.9km	a
	연간 젖음시간(일)	68.4일	
	이산화황 농도	0.003 ppm	
제설제(강설횟수)		1.5 회	a

<해설>

- 해안 이격거리 : 시설물의 위치로 지도 및 인터넷 정보를 이용하여 최단거리 측정
- 연간 젖음시간(일) : 기상청 기상연보에서 0 °C 이상, 상대습도 80% 이상인 관측일 산정
- 이산화황 농도 : 에어코리아(<http://www.airkorea.or.kr>)에서 제공하는 지역별 10년 평균 농도
- 강설횟수 : 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 상의 동결융해 싸이클 수 참조

4.6.4 강재 내구성능 평가 결과

가. 강재 내구성능 최종 평가

【표 4.6.23】 평가항목별 가중치에 따른 거더의 내구성능

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	a	0.1	60	0.06
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기 환경	a	0.1	10	0.01
강설 횟수	a	0.1	10	0.01
평 점				0.10

【표 4.6.24】 평가항목별 가중치에 따른 2차부재의 내구성능

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	a	0.1	60	0.06
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기 환경	a	0.1	10	0.01
강설 횟수	a	0.1	10	0.01
평 점				0.10

【표 4.6.25】 부재별 가중치에 따른 강재 내구성능 평가

결함도 평가부재		부재별 평점	가중치	평점/100
상부	바닥판	—	—	—
	거더	0.10	77	0.077
	2차 부재	0.10	23	0.023
하부	교각	—	—	—
합 계				0.100
시설물 강재 내구성능 등급				A

4.6.5 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 4.6.26】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트내구성능평가 결과	0.150	b	0.6	0.09
강재내구성능평가 결과	0.100	a	0.4	0.04
결함도점수				0.130
내구성능평가 결과				B

4.7 사용성능 평가

교량의 사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야 할 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.

4.7.1 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 4.7.1】 포장상태 평가결과

평가항목	노선명	방향	차로	조사연장(m)	HPCI	평가등급
포장상태	상주영천고속도로	상주	1	55.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	상주	2	55.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	영천	1	55.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	영천	2	55.0	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, 4.130~9.537mm/s, 7.6~7.7Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간에 해당되어 e등급으로 평가된다.

4) 점검시설

- 해당 교량에는 교각이 없는 단경간 시설물로 교각 점검시설 평가에 해당하지 않아 해당항목 평가는 실시하지 않았다.

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 4.7.2】 교통량의 성능평가

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

4.7.2 사용성능평가 결과

【표 4.7.3】 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	—	—
	수요 및 용량	교통량	0.195	a	0.1
				결합도점수	0.246
				등급	B

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.1×0.247 (포장상태) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 0.1×0.195 (교통수요) = 0.246

4.8 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 4.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	신개교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.162	b	0.68
내구성능 평가	0.130	b	0.19
사용성능 평가	0.246	b	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.162 \times 0.68 + 0.130 \times 0.19 + 0.246 \times 0.13 = 0.167$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.167 • 종합성능평가 결과 : B등급		

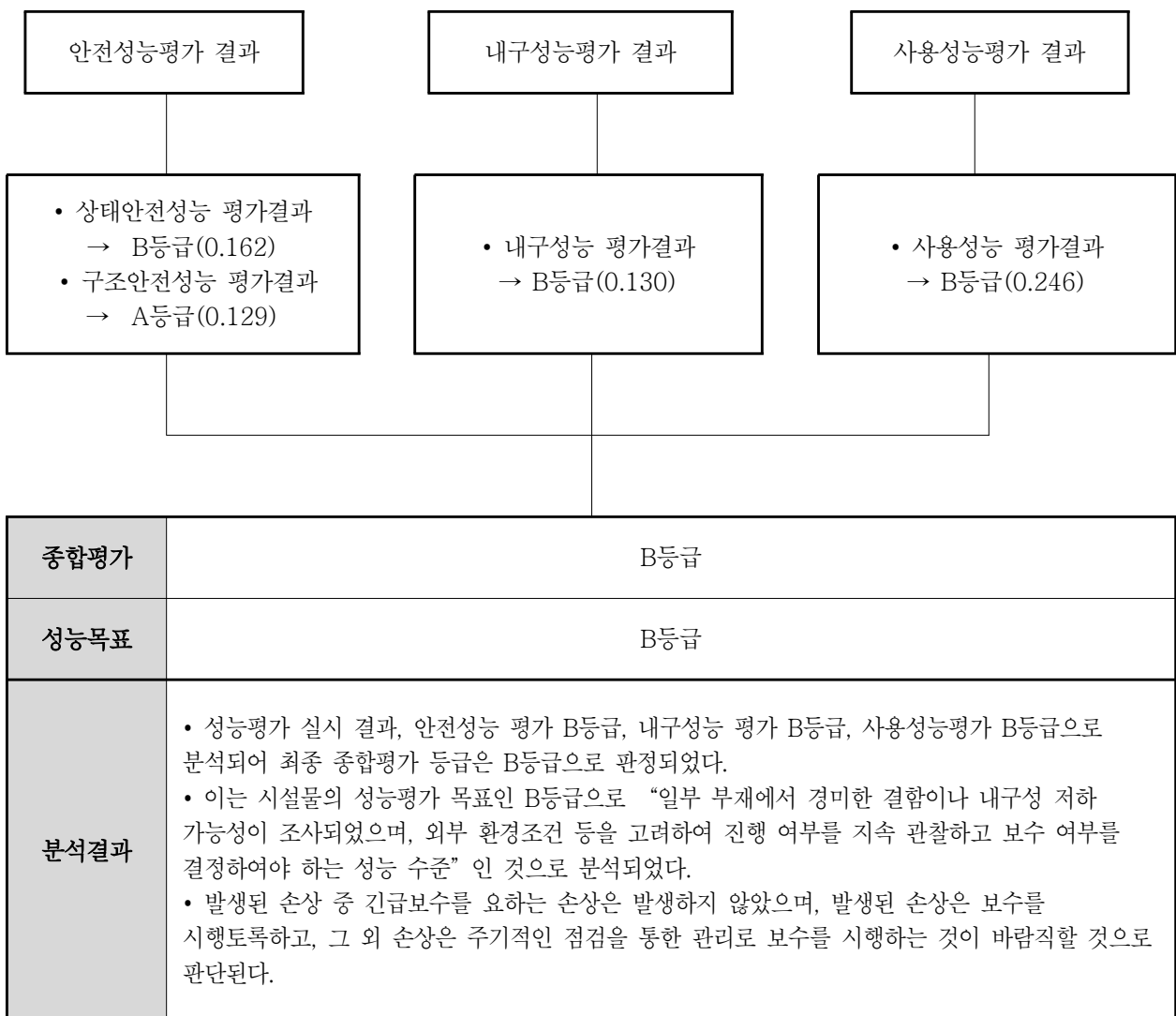
4.9 유지관리 전략제안

4.9.1 성능목표 등급 산정

【표 4.9.1】 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($0.20 \leq X < 0.26$)

4.9.2 성능평가 실시결과 검토·분석



4.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

가. 상주방향 보수 개략공사비

【표 4.9.2】 상주방향 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	0.50	0.19	m	－	－	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.50	0.94	m	－	－	하자
	누수흔적	표면처리	13.00	19.50	m ²	－	－	하자
	박리	표면처리	1.25	1.88	m ²	－	－	하자
교량받침	받침콘트리트 파손	단면보수	0.50	0.75	m ²	165	124	2순위
신축이음	본체단차	유지관리	3.50	5.25	m	－	－	4순위
	후타재균열(0.3mm이상)	주입보수	17.3	25.95	m	75	1,946	2순위
	후타재박락	단면보수	0.04	0.06	m ²	165	10	2순위
	차수판 볼트체결 불량	정비	6.00	9.00	EA	25	225	3순위
방호벽	접속부 단차	유지관리	1.50	2.25	m	－	－	4순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	－		2,070		225		
	재경비 (순공사비의 50%)	－		1,035		113		
	합계	－		3,105		338		
개략공사비 총계(천원)		3,443						

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 9.9.3】 영천방향 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥면	재료분리	단면보수	0.60	0.90	m ²	—	—	하자
	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	1.00	0.38	m	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	6.00	2.25	m	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	32.00	48.00	m ²	—	—	하자
	날개벽밀림	유지관리	4.00	6.00	m	—	—	하자
	박리	단면보수	0.45	0.68	m ²	—	—	하자
교량받침	받침콘크리트 파손	단면보수	0.20	0.30	m ²	165	50	2순위
신축이음	후타재 박리, 박락	단면보수	0.10	0.15	m ²	165	25	2순위
	차수판 볼트체결 불량	정비	6.00	9.00	EA	25	225	3순위
교면포장	접속도로 박리, 박락	단면보수	0.20	0.30	m ²	165	50	2순위
배수시설	스틸그레이팅 이탈	정비	1.00	1.50	EA	25	38	3순위
방호벽	균열부백태	표면처리	0.30	0.45	m ²	54	24	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		125		287		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		63		144		
	합계	—		188		431		
개략공사비 총계(천원)		619						

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 4.9.4】 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		
표면처리	0.50	0.19	—	—	균열	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
표면처리	2.50	0.94	—	—	균열	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	3
표면처리	13.00	19.50	—	—	누수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	3
표면처리	1.25	1.88	—	—	박리	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	3
단면보수	0.50	0.75	165	124	콘크리트손	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
유지관리	3.50	5.25	—	—	본체단차	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	6
주입보수	17.30	25.95	75	1946	균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	6
단면보수	0.04	0.06	165	10	박락	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	6
정비	6.00	9.00	25	225	불투수층손상	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	6
유지관리	1.50	2.25	—	—	접속부 단차	보호시설	안전 성능	a	1.00	0.02	0.68	0.05	0.00068	10

라. 영천방향 성능을 고려한 보수 우선순위

【표 4.9.5】 우선순위지수 산정

구분	손상 물량 (m ²)	보수 물량 (m ²)	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	0.60	0.90	—	—	재료분리	바닥면	안전 성능	b	1.00	FALSE	0.68	0.09	0.000000	11
표면처리	1.00	0.38	—	—	균열	바닥면	안전 성능	b	1.00	FALSE	0.68	0.09	0.000000	11
표면처리	6.00	2.25	—	—	균열	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	2
표면처리	32.00	48.00	—	—	누수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	2
유지관리	4.00	6.00	—	—	날개벽밀림	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	2
단면보수	0.45	0.68	—	—	박리	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	2
단면보수	0.20	0.30	165	50	콘크리트손	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	1
단면보수	0.10	0.15	165	25	박리, 박락	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	6
정비	6.00	9.00	25	225	블록배수관	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	6
단면보수	0.20	0.30	165	50	박리, 박락	교면포장	안전 성능	a	1.00	0.04	0.68	0.05	0.00136	9
정비	1.00	1.50	25	38	교량탈	배수시설	안전 성능	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	8
표면처리	0.30	0.45	54	24	균열부파괴	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	10

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 0.167로 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.

4.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 경상북도 의성군 단밀면 낙정리(상주영천고속도로 9.591~9.646km)에 위치한 교량으로서 총 연장 55.0m, 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.

4.10.1 현장조사결과

가. 현장조사 및 시험(상주방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 균열의 경우 건조수축 및 공용중 열화, 다짐미흡 등의 복합적인 원인에 의한 비 구조적인 손상으로 추정되며, 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

2) Steel Girder

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

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($C_w=0.3\text{mm}$ 미만)이 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음과 연계한 보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다. 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고 손상부는 진전시 신축이음과 연계한 보수가 요구된다. 금회 조사된 박리의 경우 외부 충격에 의한 손상으로 부재의 사용성 확보 차원의 단면보수가 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침에 발생한 파손은 시공미흡 및 콘크리트 열화등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.
- 기 점검시 조사된 이동량측정에 오기가 있어 이동량 실측치에 차이가 다소 있으나 거더 유간 및 바닥판 유간 측정값에 여유가 있어 양호한 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음장치에서 시공미흡으로 인한 본체 단차는 통행차량의 타이어, 신축이음 본체에 영향을 줄 수 있으므로 신축이음 재설치, 후타재 균열($Cw=0.3\text{mm}$ 이상), 후타재 박락, 차수판 볼트불량, 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며 표면처리, 단면보수, 볼트 재체결 등의 조치가 필요하다고 판단된다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 26.8°C (9월 4일)로써 이때 측정유간은 30.0mm 로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

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

8) 배수시설

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

9) 방호벽

- 방호벽의 외관조사 결과, 방호벽 S1(A1) 접속부 토공구간에 시공초기 다짐부족, 우수유입으로 인한 토사유실이 원인으로 추정되는 방호벽 접속부 단차가 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 증진여부 확인 등의 조치가 요구된다.

10) 교량 점검시설

- 신개교는 점검통로 및 점검계단이 없는 상태로 확인되었다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.3~28.1MPa, 하부구조 25.2~27.7MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)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 7.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.0mm로 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

- 바닥판에 발생한 재료분리는 워커빌리티 효율성 감소, 관리미흡에 의한 타설불량에 의해 발생한 손상으로, 내구성 증진을 위해 단면보수를 실시하는 것이 향후 추가손상 방지 등 유지관리에 효율적일 것으로 판단된다. 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

2) Steel Girder

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

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 신규 발생 여부

확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 건조수축으로 인한 균열(폭 0.3mm미만), 공용기간 증가 및 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적, 실란트 파손, 접속부 토공구간에 시공초기 다짐부족, 우수유입으로 인한 토사유실이 원인으로 추정되는 날개벽 밀림이 조사되었다. 발생한 균열 및 누수흔적의 경우 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요망되며, 날개벽밀림의 경우 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니므로 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 금회 조사된 콘크리트 박리의 경우 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 부재의 내구성 및 사용성 확보차원의 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

5) 교량받침

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

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 박리, 박락, 차수관 볼트 탈락은 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 단면보수, 볼트 재체결 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 26.6℃(9월 4일)로써 이때 측정유간은 25.0mm로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

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

8) 배수시설

- 상부 배수구에서 스틸그레이팅 이탈이 조사되었으며, 배수관 이물질퇴적, 배수관 막힘 등의 2차 손상을 방지하기 위한 스틸그레이팅 재설치가 필요하다고 판단된다.

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열부 백태는 건조수축, 공용기간 증가, 조기 거푸집 탈착 등 복합적 원인으로 발생한 균열에 우수유입 등의 이유로 기존 균열부에 백태가 발생한 손상으로 백태의 손상 진전으로 인한 2차 손상을 방지하기 위한 표면처리 등의 조치가 요구된다.

10) 교량 점검시설

- 신개교는 점검통로 및 점검계단이 없는 상태로 확인되었다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.4MPa, 하부구조 24.1~27.5MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

4.10.2 성능평가 결과

【표 4.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	신개교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.162	b	0.68
내구성능 평가	0.130	b	0.19
사용성능 평가	0.246	b	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.162 \times 0.68 + 0.130 \times 0.19 + 0.246 \times 0.13 = 0.167$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.167 • 종합성능평가 결과 : B등급		

4.10.3 종합결론

- 신개교는 약 6년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 균열, 교대 박리, 교량받침 받침콘크리트 파손, 신축이음 후타재 박락 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(0.167)으로 평가되어 B등급(결함도 범위 : $0.20 \leq X < 0.26$)인 성능목표를 달성한 상태이므로 성능평가 보수 우선순위 정보를 활용하여 예산범위 내에서 적절한 보수공사가 지속적으로 시행된다면 성능목표 상태의 시설물 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

4.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

4.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 양방향 교량받침의 받침콘크리트 파손의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 등의 유지관리가 필요하다.

4.10.6 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.

