

7. 신계교

- 7.1 시설물 개요
- 7.2 자료수집 및 분석
- 7.3 현장조사
- 7.4 콘크리트 내구성조사
- 7.5 안전성능 평가
- 7.6 내구성능 평가
- 7.7 사용성능 평가
- 7.8 종합성능평가
- 7.9 유지관리 전략제안
- 7.10 종합결론 및 건의사항

7. 신계교

7.1 시설물의 개요

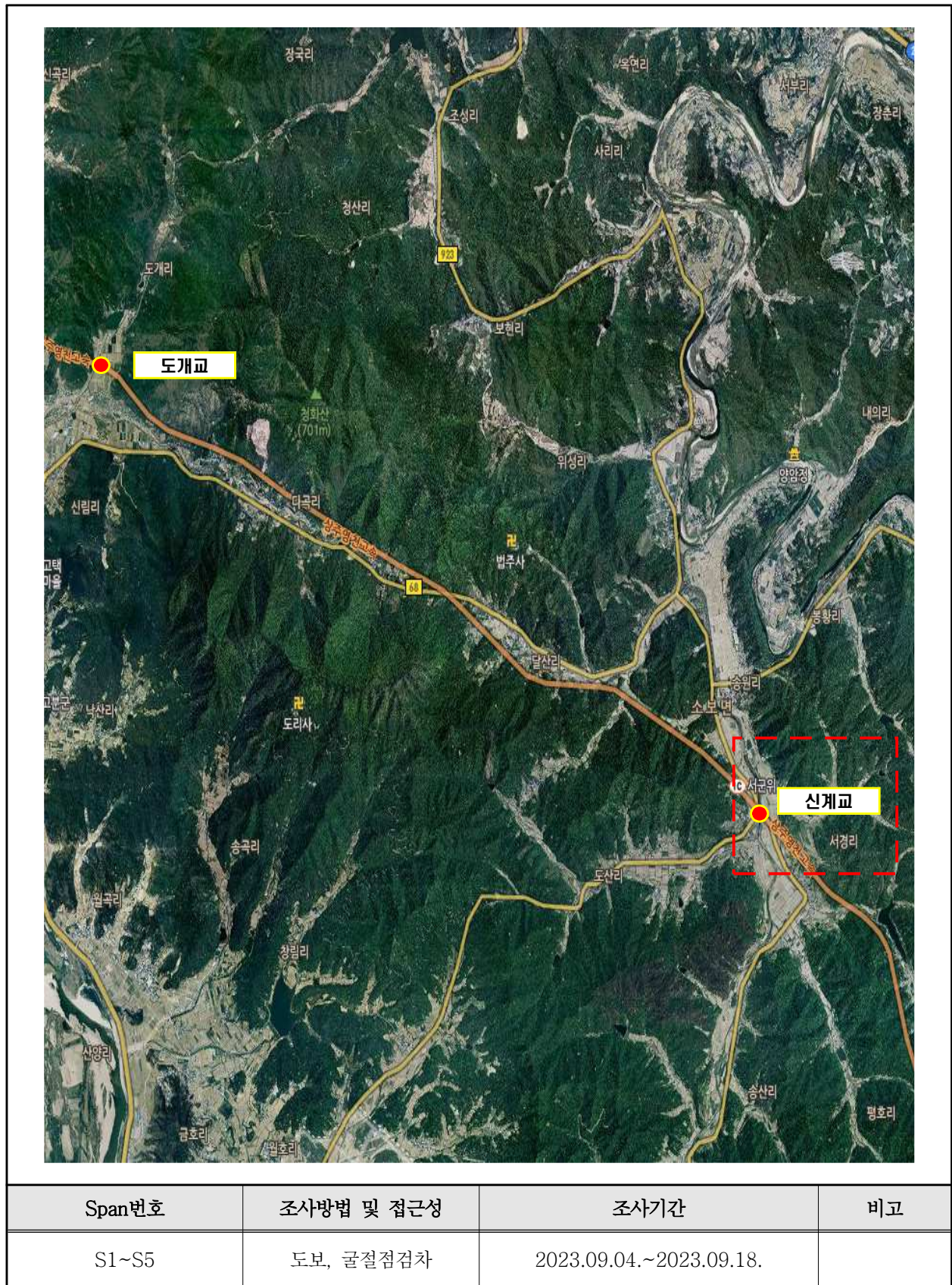
본 시설물은 대구광역시 군위군 소보면 신계리(상주영천고속도로 28.734~28.909km)에 위치한 교량으로 총 연장 175.0m, 폭 24.5m로 시공되어 있다.

7.1.1 일반사항

【표 7.1.1】 신계교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2017-0000273	관리번호	SY BR.9	
시설물위치		대구광역시 군위군 소보면 신계리	준공년월일	2017. 06. 27	
관리이정		28.734~28.909km	공사이정	12.720~12.895km	
설계하중		DB-24	노 선 명	고속국도 301호선	
제원	연장	L=175.0m, (5@35m=175m)			
	폭	B=24.5m, 4차로			
구조 형식	상부	PSC BEAM	기초 형식	교 각	직접기초 sprc말뚝
	하부	T형 교각식(T)		교 대	sprc말뚝
교량받침		고무받침	신축이음	핑거, 모노셀	
교차시설물		곡정천	통과높이	8.7m	
부착시설내용					
시 공 자		(주)한화건설, (주)삼호	관리주체	상주영천고속도로(주)	

7.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 7.1.1】 위치도

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
바닥판하면 전경	교량받침 전경
	
배수시설 전경	교각 전경

【그림 7.1.2】 부재별 현황

신계교 종평면도 (P.S.C BEAM교)

평면도 S = 1:600

종단면도 S = 1:600

평면도

상부: 상부구조도면, 주상대, 상부-영원교도면, 민간투자사업

제 3 공구: 도개 - 시보

종단면도

상부: 상부구조도면, 주상대, 상부-영원교도면, 민간투자사업

제 3 공구: 도개 - 시보

신계교 종평면도 (P.S.C BEAM교)

평면도 S = 1:600

종단면도 S = 1:600

평면도

상부: 상부구조도면, 주상대, 상부-영원교도면, 민간투자사업

제 3 공구: 도개 - 시보

종단면도

상부: 상부구조도면, 주상대, 상부-영원교도면, 민간투자사업

제 3 공구: 도개 - 시보

신계교 종평면도 (P.S.C BEAM교)

평면도 S = 1:600

종단면도 S = 1:600

평면도

상부: 상부구조도면, 주상대, 상부-영원교도면, 민간투자사업

제 3 공구: 도개 - 시보

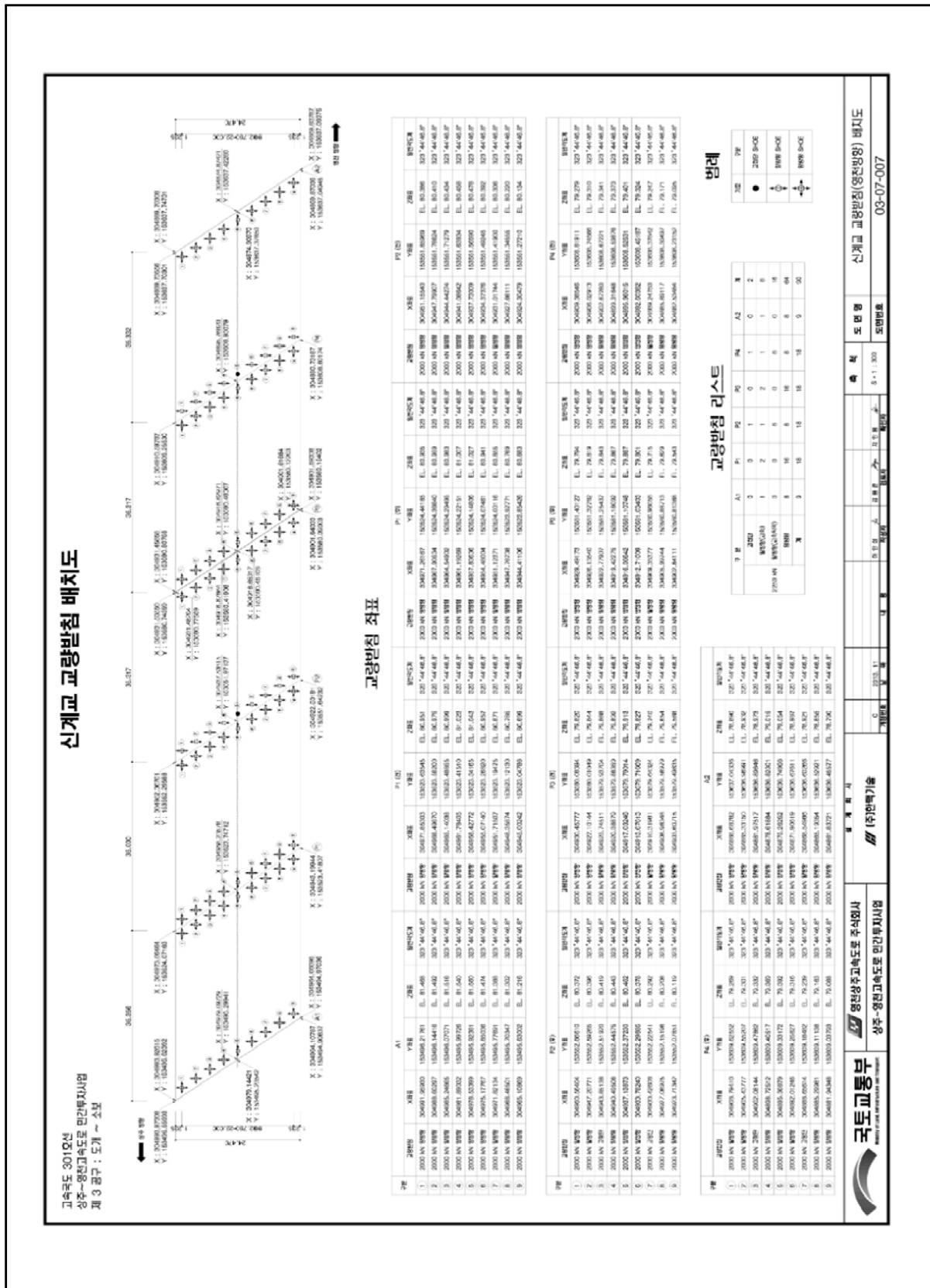
종단면도

상부: 상부구조도면, 주상대, 상부-영원교도면, 민간투자사업

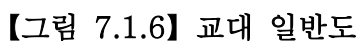
제 3 공구: 도개 - 시보

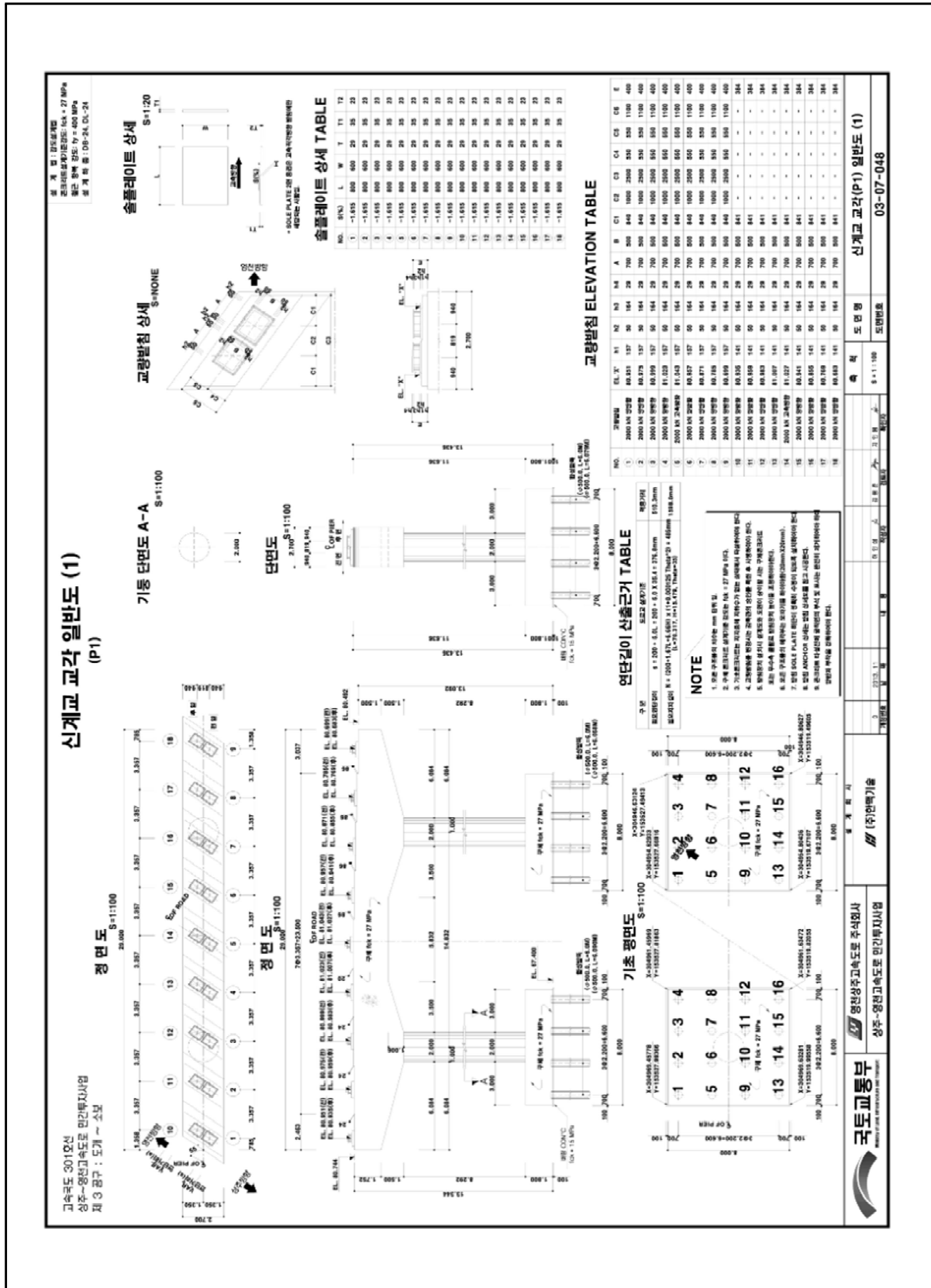
신계교- 6



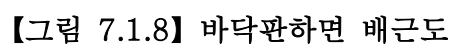


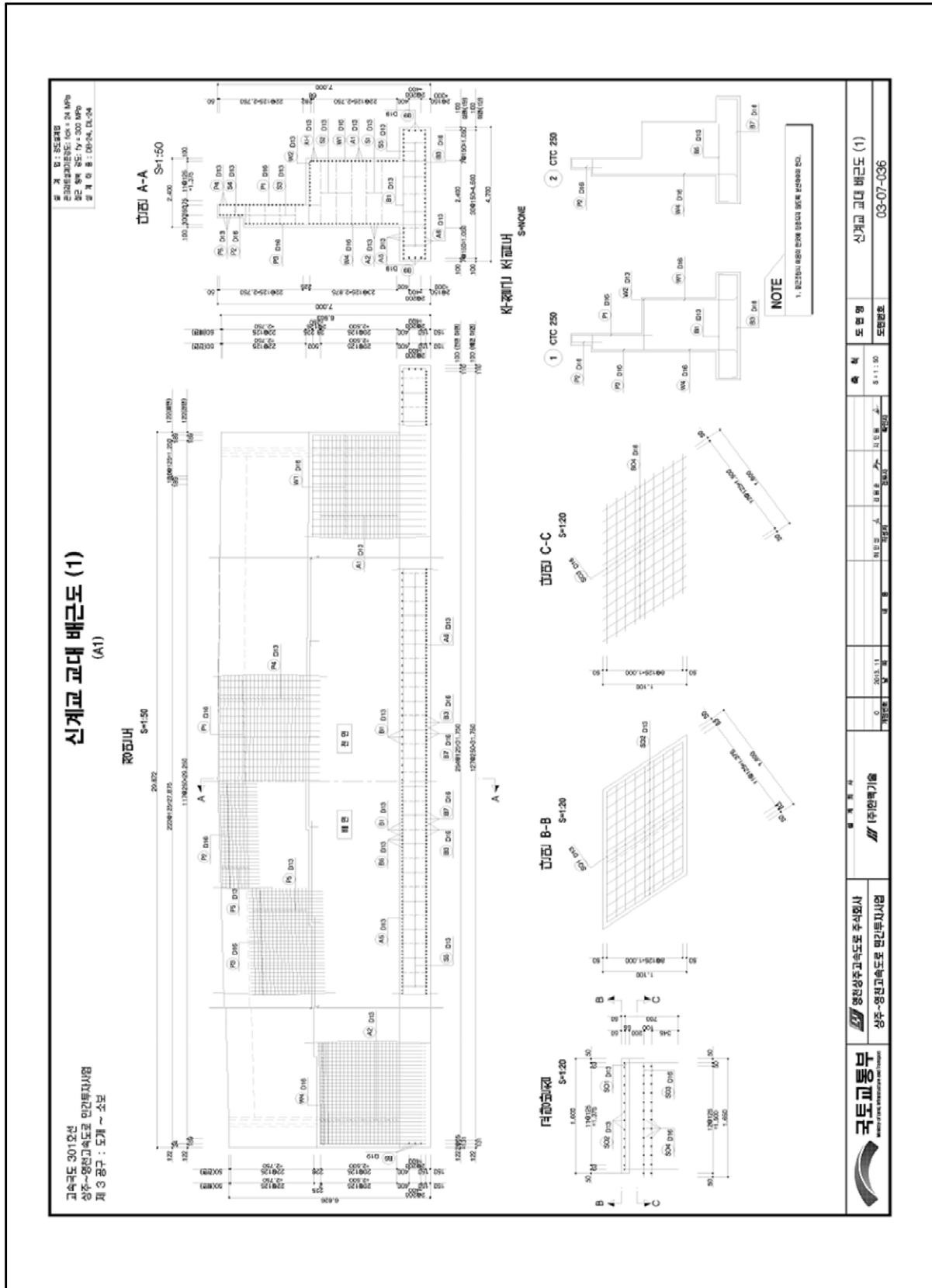
【그림 7.1.5】 교량받침 배치도

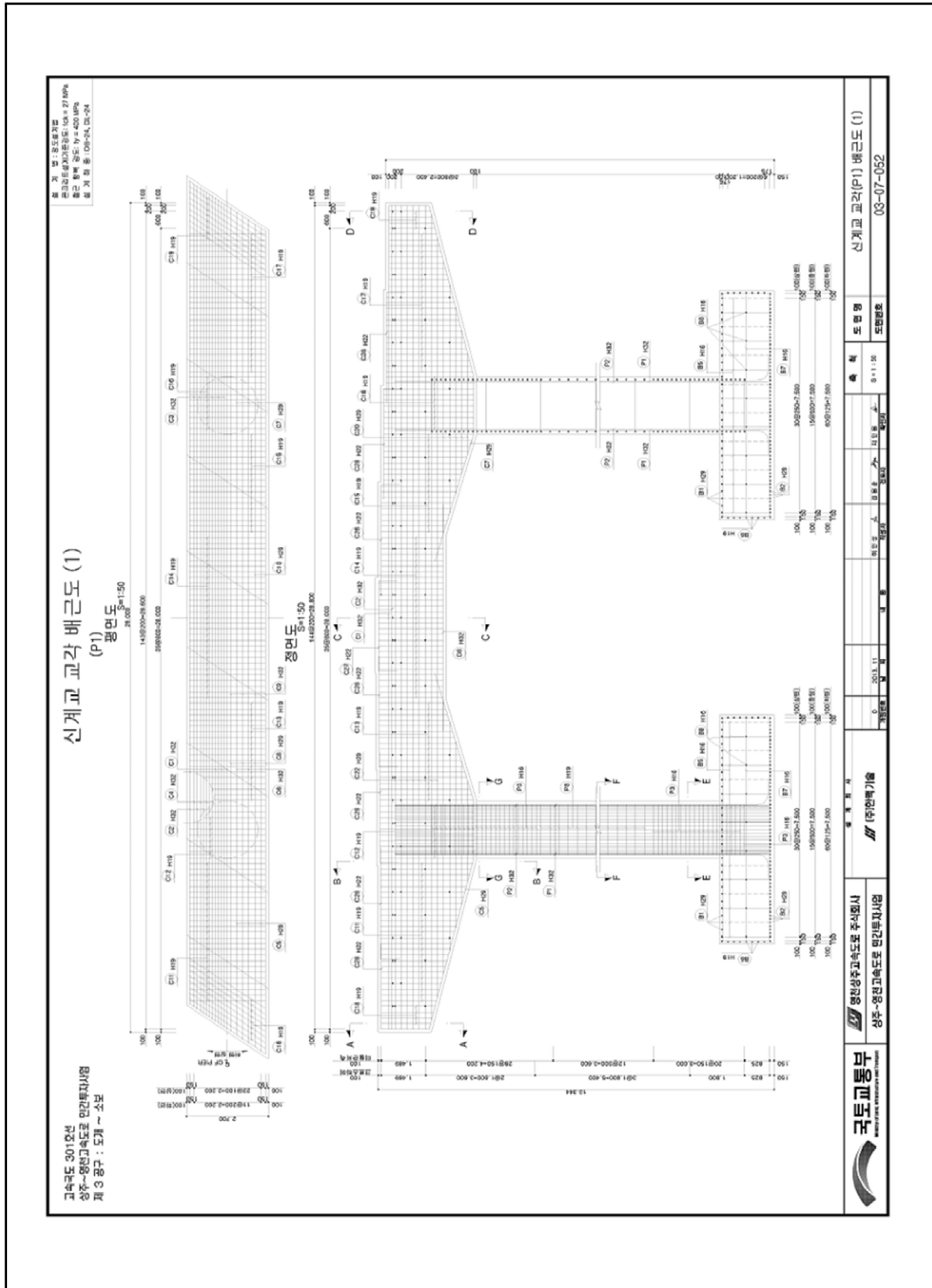




【그림 7.1.7】 교각 일반도







【그림 7.1.10】 교각 배근도

7.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “고속국도 제301호선 상주~영천 고속도로 민간투자사업 건설공사 3공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

7.2.1 설계자료 검토

가. 지반조사 보고서

제 1 장 조 사 개 요

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사명

- 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 3공구 지반조사

1.2 조사목적

- 상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 3공구를 위한 지반조사
- 신설된 최적노선을 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

1.3 조사범위

위 치	- 시점 : 경상북도 구미시 도개면 (STA. 0+000) (X=310,463.951, Y=142,180.556) - 종점 : 경상북도 구미군 소보면 (STA. 12+935) (X=304,851.7911, Y=153,668.900) - 연장 : 12.935km	
특 성	- 국도 동남방 9개 고속도로를 연결하는 제 2상부축(상주~영천) 고속도로 건설 - 대구~포항, 대구~부산고속도로 등의 간선과 일반 대구, 구미권 교통요로 분산 - 민간의 참여와 효율로 정부재정자원의 효율적 집행 도모	

1.4 위치도

구조물 현황

터널 구간	교량 구간	도랑 구간
- 구미터널 - 상주방향 : 1,085m - 영천방향 : 960m	- 도개교(360.0m) - 다곡교(30.2m) - 달산교(110.0m) - 달산교(40.5m)	- 달산1교(70.1m) - 개랑교(25.5m) - 신계교(175.3m) - 불기구간(17개소)

2.3.3 조사위치 선정

구 분	공 변	STA.	X	Y	선정사유
터널	TBB-1	상주 5+888(좌4.55)	307,973.599	147,502.796	
	TBB-2	상주 5+910(좌4.11)	307,963.590	147,528.854	
	TBB-3	상주 5+982(우9.73)	307,927.733	147,596.498	
	TBB-4	영천 5+820(우27.49)	307,910.720	147,512.184	
	TBB-5	영천 6+066(우26.78)	307,898.432	147,543.979	• 터널시험 경구부의 토사층 및 일반 상태 확인
	TBB-6	영천 6+075(우81.46)	307,803.018	147,636.088	
	TBB-7	상주 6+160(우4.46)	307,870.289	147,754.250	
	TBB-8	영천 6+197(우43.42)	307,793.214	147,763.432	
	TBB-9	영천 6+443(좌11.05)	307,758.464	147,997.750	
	TBB-10	영천 6+443(좌62.47)	307,684.666	147,984.301	
	TBB-11	영천 6+599(우4.46)	307,695.383	148,107.873	• 암반상태 및 암층경계부 확인
	TBB-12	영천 6+695(우51.24)	307,593.339	148,214.158	
	TBB-13	영천 6+756(좌1.80)	307,612.533	148,292.702	• 공학적 설계점수 산정을 위한 시험공
	TBB-13-1	영천 6+796(우16.63)	307,575.811	148,317.912	
	TBB-14	영천 6+912(우0.41)	307,534.551	148,427.014	
	TBB-18	상주 6+280(좌16.52)	307,850.136	147,874.616	
	TBB-15	상주 6+962(우9.39)	307,523.280	148,472.567	
	TBB-16	영천 6+880(우52.13)	307,506.372	148,372.914	
TBB-17	영천 6+911(좌1.48)	307,499.441	148,405.648		
TBB-19	상주 6+871(좌19.09)	307,587.796	148,409.951	• 터널시험 경구부의 토사층 및 일반 상태 확인	
TBB-20	상주 6+915(좌16.99)	307,570.957	148,448.263		
HTB-1	영천 6+422(우6.02)	307,670.429	147,956.433		
HTB-2	영천 6+589(우88.27)	307,604.971	148,104.441	• 우부단층 자세 및 규모파악	

나. 교량구간

구 분	공 변	STA.	X	Y	선정사유
도개교	BBB-1	0+335(우24.97)	310,302.603	142,481.892	
	BBB-1-1	0+339(우10.59)	310,314.347	142,490.926	
	BBB-1-2	0+342	310,322.852	142,497.897	
	BBB-2	0+385(우26.38)	310,281.327	142,584.449	
	BBB-2-1	0+385(우13.00)	310,292.918	142,533.262	
	BBB-2-2	0+387	310,304.431	142,539.398	• 교량기초 지지층 심도 파악
	BBB-3	0+410(우29.91)	310,267.688	142,548.067	• 공학적 특성 파악을 위한 시험공 및 실내시험 시료 채취
	BBB-3-1	0+411(우15.28)	310,280.543	142,555.151	
	BBB-3-2	0+414(좌2.43)	310,295.366	142,565.279	
	BBB-4	0+458(우26.60)	310,250.433	142,582.900	
BBB-5	0+458(우18.30)	310,258.090	142,586.641		
BBB-5	0+498(우27.19)	310,233.063	142,628.982		
BBB-5-1	0+498(우18.65)	310,240.720	142,632.673		

8

제 2 장 조 사 개 요

제 4 장 조 사 결 과

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역지질도 (1:500,000)	분석 내용
	- 우리 지역의 광역암류, 백악기 경상층군의 신동층, 누동층의 안전층암류와 금강리층암, 백악기의 광역암류가 분포 - 화강암 주변부는 높은 지형을 형성하고 있으며, 퇴적암과 관계부는 존재소하 - 중생대 내지 조퇴적, 퇴적암 조직 무세 - 우부단층 : 이 지역 중생대에서 백악기로 향한 우부단층은 선산 구조소분지를 절단, 다곡암(상하상) 내사암층은 선산 구조소분지를 절단, 다곡암(상하상) 내사암층의 화강암에는 이 단층의 영향을 받았을 가능성이 있으며 이 단층의 활동이 있는 후에 화강암이 관입하고 그 후에 다시 이 단층의작용을 받았을 가능성이 높음

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	- 본토지층 : 표도층(봉곡층), 풍화토, 풍화암, 연암 - 표토층은 비탈면 피지층인 봉곡층으로 인구부는 지표에서 5.5~12.0m, 충구부는 18.0m 두께, 지각적인 실효로 인해, 전석, 대우조일 - 풍화토는 인구부에서 지표하 5.5~10.0m에 4.5m 두께, 대우조일 - 풍화암은 지표하 10.0~18.0m에서 3.0~6.0m 두께로 분포, 세암, 사암 및 중암도 화강암의 풍화대 - 연암은 지표하 13.0~30.0m에서 9.0~12.0m 두께, 세암 및 사암, 심한파괴, TCR=25~65%, RQD=40~65%
	- 본토지층 : 매질층, 피지층, 풍화암, 연암 - 매질층은 지표에서 1.8~2.3m 두께로 분포, 실효적인 모래질 자갈, 느슨 내지 대우조일 - 피지층은 지표하 1.8~8.0m에 6.2~8.3m 두께로 분포, 지각적인 실효로 인해, 전석, 대우조일 - 풍화암은 지표하 8.5~9.5m에 1.0m 두께로 분포, 실효로 인해, 전석, 대우조일 - 연암은 지표하 8.1~12.5m에 3.0m 두께로 분포, 사암, TCR=14~60%, RQD=40%
	- 본토지층 : 매질층, 피지층, 풍화암, 연암 - 매질층은 지표에서 1.2m 두께로 분포, 실효적인 모래질 자갈, 순환 - 피지층은 지표하 1.2~4.3m에 3.5m 두께로 분포, 실효로 인해, 전석, 대우조일 - 느슨 내지 대우조일
	- 풍화암은 지표하 4.8~6.0m에 1.2m 두께로 분포, 실효로 인해, 전석, 대우조일 - 연암은 지표하 6.0~9.0m에 3.0m 두께로 분포, 역암, 사암, TCR=60%, RQD=45%
	- 매질층은 지표하 1.2~4.3m에 3.5m 두께로 분포, 실효로 인해, 전석, 대우조일 - 피지층은 지표하 1.2~4.3m에 3.5m 두께로 분포, 실효로 인해, 전석, 대우조일 - 느슨 내지 대우조일

다. 비탈면구간

구 분	공 변	STA.	X	Y	선정사유
쌓기	CBB-3	1+027(좌15.20)	310,012.467	143,108.801	
	CBB-4	1+209(좌18.21)	309,926.144	143,268.777	
	CBB-5	1+415(좌26.82)	309,832.922	143,452.481	• 쌓기, 쌓기구간의 지층조사
	CBB-6	1+467(좌13.86)	309,801.453	143,425.374	• 공학적 특성 파악을 위한 시험공 및 실내시험 시료 채취
	CBB-7	1+581(좌18.99)	309,745.801	143,584.394	
	CBB-8	1+571(우17.49)	309,718.527	143,567.411	

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

2.3.3 조사위치 선정

가. 터널 구간

구 분	공 변	STA.	X	Y	선정사유
구 미 터 널	TBB-1	상주 5+689(좌4.56)	307,973.599	147,502.796	
	TBB-2	상주 5+91(좌4.11)	307,983.590	147,508.854	
	TBB-3	상주 5+982(우9.73)	307,927.733	147,586.498	• 터널시험 평가부의 토사층 및 암반 상태 확인
	TBB-4	영천 5+920(우27.49)	307,910.720	147,512.184	
	TBB-5	영천 6+956(우30.76)	307,895.630	147,543.378	
	TBB-6	영천 6+075(우8.46)	307,803.018	147,636.068	
	TBB-7	상주 6+160(우4.46)	307,870.289	147,754.250	
	TBB-8	영천 6+197(우43.42)	307,793.214	147,763.432	
	TBB-9	영천 6+428(좌11.05)	307,758.464	147,997.750	
	TBB-10	영천 6+443(우62.47)	307,684.666	147,984.301	• 암반상태 및 암층경계부 확인
	TBB-11	영천 6+555(우4.46)	307,695.983	148,107.873	• 공학적 설계최소 산정용 위한 시험공
	TBB-12	영천 6+695(우51.24)	307,593.339	148,214.158	
	TBB-13	영천 6+756(좌1.80)	307,612.533	148,292.702	
	TBB-13-1	영천 6+796(좌18.63)	307,575.811	148,317.912	
	TBB-14	영천 6+912(우0.41)	307,534.515	148,427.014	
	TBB-18	상주 6+280(좌16.52)	307,850.136	147,874.616	
	TBB-15	상주 6+962(우9.38)	307,523.280	148,472.967	
	TBB-16	영천 6+880(우52.13)	307,506.372	148,372.914	
	TBB-17	영천 6+911(좌1.48)	307,499.441	148,405.648	• 터널시험 평가부의 토사층 및 암반 상태 확인
	TBB-19	상주 6+871(좌19.09)	307,597.796	148,409.951	
	TBB-20	상주 6+915(좌16.99)	307,570.957	148,448.263	
	HTB-1	영천 6+422(우86.02)	307,670.429	147,956.433	
	HTB-2	영천 6+589(우88.27)	307,604.971	148,104.441	• 후보단층 자체 및 규모 파악

나. 교량구간

구 분	공 변	STA.	X	Y	선정사유
도개교	BBB-1	0+335(우24.97)	310,332.603	142,481.892	
	BBB-1-1	0+339(우10.59)	310,314.347	142,490.926	
	BBB-1-2	0+342	310,322.852	142,497.897	
	BBB-2	0+385(우26.38)	310,281.327	142,506.449	• 교량기초 지지층 심도 파악
	BBB-2-1	0+388(우13.00)	310,292.918	142,533.282	• 공학적 특성 파악을 위한 시험공 및 실내시험 시료 채취
	BBB-2-2	0+387	310,304.431	142,538.388	
	BBB-3	0+410(우29.91)	310,267.688	142,548.067	
	BBB-3-1	0+411(우15.28)	310,280.543	142,555.151	
	BBB-3-2	0+414(좌2.43)	310,295.366	142,565.279	
	BBB-4	0+458(우26.80)	310,250.433	142,582.900	
	BBB-4-1	0+458(우18.30)	310,258.090	142,596.641	
	BBB-5	0+499(우27.19)	310,233.863	142,628.982	
	BBB-5-1	0+499(우18.65)	310,240.720	142,632.673	

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:500,000)	분 석 내 용
	• 지질부의 관입암류, 백악기 경상충군의 신동충군, 나동충군의 만경상충암 및 금당리충암, 백악기의 관입암류가 분포 • 화강암 주변부는 높은 지형을 형성하고 있으며, 퇴적암과 함께 분포 • 충립 내지 조립질, 용암질 조지 우세 • 후보단층 : 이 지역 중동에서 북서부로 향한 후보단층은 선산 구조조절부에 접한다. 다곡동(화산 남서)의 화강암체는 이 단층의 영향을 받았을 가능성이 있으며 이 단층의 활동이 있은 후에 화강암이 관입하고 그 후에 다시 이 단층의 활동을 받았을 가능성이 높음

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간 (정확도)	• 분포지층 : 표도층(불지층), 용화층, 용화암, 연암 • 표도층은 비탈면의 약층으로 입구부에서 지표에서 5.5~12.0m, 출구부는 18.0m 두께, 자갈적인 실트질 모래, 전석, 매우조밀 • 용화층은 입구부에서 지표하 5.5~10.0m에 4.5m 두께, 매우조밀 • 용화암은 지표하 10.0~18.0m에서 3.0~6.0m 두께로 분포, 세립, 사암 및 중립으로 화강암의 용화대 • 연암은 지표하 13.0~30.0m에서 9.0~12.0m 두께, 세립 및 사암, 심한파괴, TCR=25~80%, RQD=0~45%
신계교 (석영교)	• 분포지층 : 배림층, 피적층, 용화암, 연암 • 배림층은 지표에서 1.8~2.3m 두께로 분포, 실트적인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 • 피적층은 지표하 1.8~8.5m에 6.2~6.3m 두께로 분포, 자갈적인 실트질 모래 및 점토질 실트, 매우느슨 내지 매우조밀 • 용화암은 지표하 6.5~9.5m에 1.0m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조밀 • 연암은 지표하 9.1~12.5m에 3.0m 두께로 분포, 사암, TCR=14~60%, RQD=0%
교량구간	• 분포지층 : 배림층, 피적층, 용화암, 연암 • 배림층은 지표에서 1.2m 두께로 분포, 실트적인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 • 피적층은 지표하 1.2~4.8m에 3.6m 두께로 분포, 실트적인 모래질 자갈, 느슨 내지 매우조밀 • 용화암은 지표하 4.8~6.0m에 1.2m 두께로 분포, 실트질 모래, 매우조밀 • 연암은 지표하 6.0~9.0m에 3.0m 두께로 분포, 역질 사암, TCR=60%, RQD=45%

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설계조건

1) 일반사항

- (1) 구조형식 : 역T형 교대
(2) 상부형식 : PSC BEAM
(3) 교량등급 : I 등급
(4) 교대 폭력 : B = 15.412 m
(5) 교대 폭높이 : H = 7.017 m
(6) 기초형식 : 말뚝기초
(7) SKD# : 125 +

2) 하중

- (1) 활하중의 단위중량 : $y_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 P6]
(2) 타설하중의 단위중량 : $y_{s1} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 제3관 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : $y_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^3$
(4) 교대 하중 : $q_d = 10.000 \text{ kN/m}^2$
(5) 상부 교량하중 반력 : $R_d = 278.400 \text{ kN/m}$
(6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 70.630 \text{ kN/m}$
(7) 교량반응 미정계수 : $f_s = 0.050$

3) 지반조건

- (1) 좌측교대의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$ [도로교 설계기준 제3관 P380]
(2) 기초지반의 N치 : $N = 9$
(3) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 26.619^\circ$ [$\phi_2 = 15 + \sqrt{15N}$]
(4) 기초지반의 점착력 : $C = 0.000 \text{ kN/m}^2$
(5) 기초지반의 미정계수 : $\mu = 0.320$; $TAN(\frac{3}{8} \cdot \phi_2)$: 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도계수 $\times$ 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 P478]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사용재료강도

- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.0 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 23998.1 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 P41]
(2) 철근의 항복 강도 (f_{yk}) : $E_s = 200000.0 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_s = 200000.0 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 P40]

5) 설계방법

- (1) 한계상태법 : 허용응력 설계법
(2) 단면 설계 : 역단면도 설계법

6) 참고문헌

- (1) 도로교 설계기준 : 건설교통부 (2005)
(2) 콘크리트구조 설계기준 : 건설교통부 (2004)
(3) 도로설계 편람 : 건설교통부 (2000)
(4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

-369-

■ 결과 요약

■ 압축 안정성검토 및 압축경도

구분	현장값	발생값	비고
활상시	현상치지력(kN/EA)	1586.0	810.190 O.K
	현상치반력(kN/EA)	182.40	- O.K
	통압력(MPa)	133.0	112.110 O.K
	정당응력(MPa)	76.0	13.660 O.K
	수평변위(mm)	15.0	12.360 O.K
지진시	현상치지력(kN/EA)	2379.0	1111.798 O.K
	현상치반력(kN/EA)	261.70	-94.476 O.K
	통압력(MPa)	199.50	139.670 O.K
	정당응력(MPa)	114.0	23.410 O.K
	수평변위(mm)	15.0	12.030 O.K

■ 단면 총 설계

단면위치	길이 (mm)	d_c (mm)	P_{res}, A_s (mm ²)	사용철근량 (mm ²)	M_u (kN·m)	ϕM_u (kN·m)	안전도	비고
총 폭	800.0	100.0	1217.0	0.198125	161.338	278.868	1.728	O.K
박차	2400.0	100.0	1577.0	0.198125	690.886	1334.408	1.931	O.K
기초받침	1000.0	150.0	1516.0	0.198125	843.886	499.341	1.990	O.K
기초도관	1000.0	100.0	949.0	0.198125	145.301	359.887	2.477	O.K
좌측날개벽 D	670.0	80.0	1153.0	0.198125	128.731	234.302	1.820	O.K
좌측날개벽 A	670.0	80.0	2441.0	0.238125	396.048	447.332	1.259	O.K
좌측날개벽 B	670.0	80.0	692.0	0.138125	74.232	150.570	2.028	O.K
좌측날개벽 C	670.0	80.0	730.0	0.138125	81.828	150.570	1.840	O.K

■ 사용응력

구분	인장응력(f_{ts})	허용응력(f_{tsa})	관형률(ρ)	허용관형률(ρ_a)	비고
총 폭	90.560	150.0	0.160	0.460	O.K
박차	51.570	150.0	0.080	0.450	O.K
기초받침	83.810	150.0	0.20	0.70	O.K
기초도관	59.830	150.0	0.10	0.460	O.K
좌측날개벽 D	85.190	150.0	0.130	0.360	O.K
좌측날개벽 A	125.090	150.0	0.190	0.350	O.K
좌측날개벽 B	76.930	150.0	0.110	0.370	O.K
좌측날개벽 C	84.80	150.0	0.120	0.370	O.K

-366-

1. 설계조건

1) 일반조건

- (1) 교량형식 : PSC BEAM
(2) 교량연장 : $L = 35.356 + 35.000 + 2835.317 + 35.332 = 176.322 \text{ m}$
(3) 교량폭력 : $B = 12.625 \text{ m}$
(4) 교각형식 : T형 교각

2) 내진설계조건

- (1) 내진등급 : I 등급
(2) 가속도계수 : $A = 0.154$ (지진구역계수 : 0.110, 위험도계수 : 1.400)
(3) 지반계수 : $S = 1.200$ (지반분류 I)
(4) 반경험적 : 탄성범람

3) 설계강도

- (1) 콘크리트
① 상부구조 : $f_{ck} = 27.00 \text{ MPa}$
② 하부구조 : $f_{ck} = 24.00 \text{ MPa}$
(2) 철근
① 상부구조 : $f_y = 400.00 \text{ MPa}$
② 하부구조 : $f_y = 300.00 \text{ MPa}$
(3) 탄성계수
- 콘크리트 : $E_c = 23998.0 \text{ MPa}$
- 강재 : $E_s = 200000.0 \text{ MPa}$
- 탄성계수비 : $N = E_s / E_c = 8.0$

4) 해석방법

- 다중모드 소변위법 해석법

5) 참고문헌

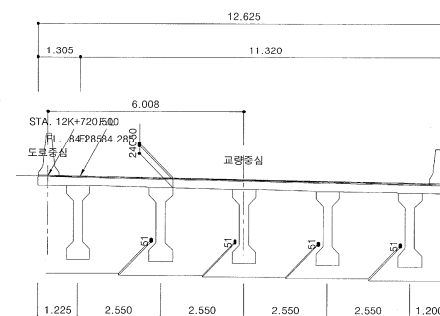
- (1) 도로교 설계기준 : 건설교통부 (2000)
(2) 콘크리트구조 설계기준 : 건설교통부 (1999)
(3) 도로교 표준시방서 : 건설교통부 (2000)
(4) 콘크리트교 표준시방서 : 건설교통부 (2000)
(5) 고속도로교량의 내진설계지침 : 한국도로공사(2000)

-821-

3. 단면특성

1) 상부구조

(1) 활단면도



(2) 거대 단면재현

구분	A	1.33	1.22	K	비고
1	1.2836729	0.4726368	0.2890440	0.0202885	
2	1.2940823	0.4727863	0.3065522	0.0204886	
3	1.2784631	0.4725614	0.2818849	0.0201885	

-823-

7.2.2 시설물 점검이력

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

【표 7.2.1】 신계교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기 안전점검	신계교의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속슬래브 파손, 난간 균열, 바닥판 박리 및 파손, 교대 및 교각 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기 안전점검	신계교의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속부 파손, 난간 균열, 바닥판 박락 및 파손, 하부구조 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기 안전점검	신계교의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속부 파손, 난간 균열, 바닥판 박락 및 파손, 하부구조 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다. 금회조사시, 일부부재에서 보수를 실시한 것이 확인되었다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기 안전점검	신계교의 외관조사 결과, 교면포장 파손, 배수시설 배수구 막힘, 난간 균열, 파손, 신축이음 후타재 파손 및 들뜸, 교량받침 무수축물탈 균열 및 들뜸, 바닥판 파손, 들뜸, 거더 파손, 가로보 들뜸, 하부구조 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019. 09. 16 ~ 2019. 12. 27	정밀 안전점검	금회정밀안전점검결과를 바탕으로 신계교에 발생한 손상의 진전을 방지하고, 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태 평가 결과를 종합적으로 평가한 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 확보하는 데 문제점이 없을 것으로 사료된다.	B

【표 7.2.1】 신계교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
6	2020. 05. 12 ~ 2020. 06. 30	정기 안전점검	신계교의외관조사결과,교면포장파손,배수시설배수구그레이팅파손, 난간 균열, 백태, 신축이음 후타재 균열, 파손 및 들뜸, 교량받침 무수축물탈 균열 및 들뜸, 바닥판 박리, 거더 박락, 교대 및 교각 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
7	2020. 08. 31 ~ 2020. 12. 31	정기 안전점검	신계교의외관조사결과,교면포장파손,배수시설배수구그레이팅파손, 난간 균열, 백태, 신축이음 후타재 균열, 파손 및 들뜸, 교량받침 무수축물탈 균열 및 들뜸, 바닥판 박리, 거더 박락, 교대 및 교각 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
8	2021. 03. 08 ~ 2021. 06. 07	정기 안전점검	신계교(3공구)의외관조사결과,교면포장파손,배수시설배수구그레이팅파손, 난간 균열, 백태, 신축이음 후타재 균열, 파손 및 들뜸, 교량받침 무수축물탈 균열 및 들뜸, 바닥판 박리, 거더 박락, 교대 및 교각 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되었고, 신축이음 후타재 균열, 파손 및 들뜸, 교대 균열에 대한 일부보수가 실시되었다. 기 발생한 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
9	2021. 08. 25 ~ 2021. 12. 10	정밀 안전점검	바닥판하면박리,들뜸 거더인양홀박리,박락 가로보상태양호 교대균열(0.3mm미만),누수흔적 교각균열(0.3mm미만),박리,누수흔적 교량받침무수축물탈균열,들뜸,박락,스토퍼간섭,플레이트부식 신축이음후타재균열,열화,파손,들뜸,차수판파손 교면포장상태양호 배수시설그레이팅파손,연결부누수 방호벽균열(0.3mm미만),균열부백태,재료분리	B
10	2022. 05. 16 ~ 2022. 06. 24	정기 안전점검	-배수시설배수구그레이팅파손 -방호벽균열,백태,재료분리,녹물발생 -신축이음후타재열화,차수판파손 -교량받침무수축물탈균열,들뜸,박락,플레이트부식,스토퍼간섭 -바닥판박리,들뜸 -거더박락 -교대균열(폭0.3mm미만),누수흔적 -교각균열(폭0.3mm미만),누수흔적,박리	양호

【표 7.2.1】 신계교 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
11	2022. 09. 19 ~ 2022. 11. 18	정기 안전점검	-배수시설배수구그레이팅파손 -방호벽균열, 백태, 재료분리, 녹물발생 -신축이음후타재균열, 파손, 들뜸, 열화, 차수판파손 -교량받침무수축물탈균열, 들뜸, 박락, 플레이트부식, 스토퍼간섭 -바닥판박리, 들뜸 -거더박락 -교대균열(폭0.3mm미만), 누수흔적 -교각균열(폭0.3mm미만), 누수흔적, 박리	양호
12	2023. 04. 03 ~ 2023. 06. 16	정기 안전점검	-배수시설배수구그레이팅파손 -방호벽균열, 백태, 재료분리, 녹물발생 -신축이음후타재균열, 파손, 들뜸, 열화, 차수판파손 -교량받침무수축물탈균열, 들뜸, 박락, 플레이트부식, 스토퍼간섭 -바닥판박리, 들뜸 -거더박락 -교대균열(폭0.3mm미만), 누수흔적 -교각균열(폭0.3mm미만), 누수흔적, 박리	양호

7.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년12월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
바닥판하면	■ 바닥판하면은 발생한 박리, 들뜸의 경우 다짐불량, 시공미흡, 마감처리 불량, 으로 인한 시공시 발생한 손상으로 추정되면, 부재의 내구성 및 사용성 확보 차원의 단면보수 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.	
PSC Beam Girder	■ 거더에 발생한 인양홀 박리, 박락은 시공시 거더 인양으로 인한 손상으로 일부 구간에서 국부적으로 발생하였다, 손상부는 부재의 사용성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 사료된다.	
가로보	■ 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
교대	■ 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적, 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 발생한 파손은 외부 충격에 의한 손상으로 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.	
교각	■ 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. ■ 발생한 누수흔적 및 박리는 외부 우수유입에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.	
교량받침	■ 받침에서 발생한 무수축물탈 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다. ■ 발생한 플레이트 부식은 외부 우수유입에 의한 공용중 열화로 부재의 사용성 확보차원의 재도장 등의 조치가 필요하다. ■ 무수축물탈 박리, 박락, 들뜸의 경우 시공 미흡 및 외부 충격에 의한 손상으로 단면보수가 필요할 것으로 판단되며, 스토퍼 간섭은 스토퍼 간섭으로 인한 무수축물탈 파손 등의 징후가 없으므로, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.	
신축이음장치	■ 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. ■ 후타재에 발생한 열화, 박리, 들뜸은 차량 통행하중 및 시공시 마감처리 불량으로 인한 손상으로 단면보수 등의 유지관리가 요구된다. ■ 차수관 파손의 경우 정비가 필요하며, 금회 조사된 신축이음 하부 고무재 손상의 경우 현재 경미한 상태이나 누수로 부식, 콘크리트 열화 등의 2차 손상이 발생 할 수 있으므로, 손상의 진전시 하부 고무재 교체 등의 유지관리가 요구된다.	
교면포장	■ 교면포장은 접속부에 파손이 발생하였으나, 본선은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	
배수시설	■ 금회 조사된 배수관 연결부 누수의 경우, 시공 미흡에 의한 손상으로 정비 등의 유지관리가 필요하며, 배수구는 일부구간에서 그레이팅 파손이 조사되었으나, 전반적으로 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하며, 그레이팅 파손 구간은 교체 등의 유지관리가 필요하다.	
방호벽	■ 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 발생한 재료분리의 경우 시공미 마감미흡에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치 필요하며, 중분대 녹물의 경우 표면처리 등의 조치가 요구된다.	
교량점검시설	■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.4~49.4	40.0	
	하부구조	교대	26.5~27.8	24.0	
		교각	27.9~29.2	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.0~46.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.0~97.0	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	
신계교	0.147	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

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	박리, 들뜸	단면보수	1.3	2.0	m²	—	—	하자
거더	인양홀 박리,박락	단면보수	0.08	0.1	m²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	19.0	7.1	m	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	121.0	181.5	m²	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	23.0	8.6	m	—	—	하자
	박리	단면보수	0.15	0.2	m²	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	15.0	22.5	m²	—	—	하자
교량받침	무수축물탈 균열	표면처리	0.3	0.1	m	54	5	3순위
	무수축물탈 들뜸,박락	단면보수	0.09	0.1	m²	165	17	2순위
	플레이트 부식	재도장	16.0	24.0	EA	40	960	2순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	0.8	0.3	m	54	16	3순위
	후타재 열화	표면처리	1.95	2.9	m²	54	157	3순위
	후타재 파손, 들뜸	단면보수	0.25	0.4	m²	165	66	2순위
	차수판 파손	정비	1.0	1.5	EA	25	38	3순위
	하부 고무재손상	정비	10.0	15.0	m	25	375	3순위
배수시설	배수구 그레이팅 파손	정비	1.0	1.5	EA	25	38	3순위
	배수관 연결부 누수	정비	1.0	1.5	EA	25	38	3순위
방호벽	균열(폭 0.3mm 미만)	표면처리	47.0	17.6	m	54	950	3순위
	균열부백태	표면처리	8.3	12.5	m²	54	675	3순위
	재료분리	단면보수	0.6	0.9	m²	165	149	2순위
	녹물	표면처리	0.02	0.1	m²	54	5	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		1,192		2,297		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		596		1,149		
	합계	—		1,788		3,446		
개략공사비 총계(천원)		5,234						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

바. 종합결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신계교에 발생한 손상의 진전을 방지하고, 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

7.2.4 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 하부구조 균열(폭0.3mm미만) 및 망상균열, 박리, 플레이트 부식, 무수축물탈 들뜸, 박락, 후타재 균열 및 열화 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.	

7.2.5 시설물 보수 이력

【표 7.2.2】 신계교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	교각, 신축이음 표면보수 신축이음 단면보수	일상보수 및 하자보수	19년~21년 6월	-	-	-
2	A2 교대,P1-P4 교각	교대 균열 보수 교각 균열 보수,박리 보수,망상균열 보수	2019-07-01 ~ 2019-12-31	-	-	-
3	S5 교면포장, A1,A2 신축이음, A1-P4,교량받침, P1 교각	교면포장 파손 보수 신축이음 후타재균열 보수, 후타재들뜸 보수 교량받침 무수축물탈들뜸 보수, 무수축물탈균열 보수 교각 들뜸 보수	2019-01-01 ~ 2019-06-30	-	-	-
4	S1-S5 바닥판	바닥판 파손 보수	2017-07-01 ~ 2017-12-31	-	-	-

7.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 7.2.3】 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.			

7.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

7.2.8 자료수집 현황

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

7.3 현장조사

7.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소점검차를 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~S5	도보, 고소점검차	2023.09.04.~2023.09.18.	
			
고소차 작업전경		고소차 작업전경작업전경	
			
수중조사 작업전경		수중조사 작업전경	

【사진 7.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

7.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 신계교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=120.0m 폭 31.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보, 굴절점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경

바닥판 하면 전경

【사진 7.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 전구간에 콘크리트 테크플레이트가 설치 되어있고, 외관조사 결과 일부 구간에서 박리, 들뜸, 균열, 백태, 파손 및 철근노출(부식)이 조사되었다.

【표 7.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(폭0.3mm미만) (m/개소)		균열(폭0.3mm이상) (m/개소)		박리, 들뜸 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		파손 및 철근노출 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S3	—	—	0.50	1	1.62	3	0.24	2	0.78	2
S4	0.50	1	—	—	0.20	1	—	—	—	—
S5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
합계	0.50	1	0.50	1	1.82	4	0.24	2	0.78	2

			
손상현황	• S1 파손 및 철근노출(1.5m×0.5m)	손상현황	• S1 파손 및 철근노출(1.5m×0.5m)
원 인	• 부분 협착	원 인	• 부분 협착
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S3 균열(0.3mm/0.5)	손상현황	• S3 들뜸(1.0m×0.3m)
원 인	• 건조수축 등	원 인	• 다짐미흡 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S3 박리(0.1m×0.2m)	손상현황	• S3 박리(0.5m×0.3m)
원 인	• 다짐미흡 등	원 인	• 다짐미흡 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 7.3.3】 바닥판하면 손상현황

			
손상현황	• S3 백태(0.3m×0.3m)	손상현황	• S3 철근부식(0.1m×0.3m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수+방청
			
손상현황	• S3 박리(0.2m×0.5m)	손상현황	• S3 균열(0.2mm/0.5)
원 인	• 다짐미흡 등	원 인	• 건조수축 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
		-	
손상현황	• S4 박리(0.1m×1.0m)	손상현황	• -
원 인	• 다짐미흡 등	원 인	• -
조치방안	• 단면보수	조치방안	• -

【사진 7.3.3】 바닥판하면 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판하면은 기 손상인 바닥판 박리의 진전은 없는 것으로 확인되었고, 금회 정밀조사로 인한 바닥판 균열, 박리, 백태, 파손 및 철근노출, 철근부식이 추가 조사되었다.

【표 7.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

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
	균열(폭 0.3mm이상)	m	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상
	박리, 들뜸	m ²	1.3	2	1.82	4	▲ 0.52	신규손상
	백태	m ²	—	—	0.24	2	▲ 0.24	신규손상
	파손 및 철근노출	m ²	—	—	0.78	2	▲ 0.78	신규손상

4) 검토의견

- 바닥판하면은 발생한 박리, 들뜸, 철근부식, 백태의 경우 다짐불량, 시공미흡, 마감처리 불량, 장기공용에 의한 열화, 손상부 우수유입 등에 의한 손상으로 추정되면, 부재의 내구성 및 사용성 확보 차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- S1에 발생한 파손 및 철근노출의 경우 시공 미흡에 의한 바닥판 부분협착에 의한 손상으로 단면보수+방청 등의 보수 시 유간확보를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 바닥판에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

나. 콘크리트 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 9월로 시공되었으며, 점검차로 외관조사를 실시하였다



【사진 7.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 국부적인 인양홀 박락이 확인되었다.

【표 7.3.3】 거더외부 외관조사 결과

구분	인양홀 박락 (㎡/개소)	
S1	—	—
S2	—	—
S3	0.04	1
S4	0.04	1
S5	—	—
합계	0.08	2

			
손상현황	• S3-G1 인양홀 박리(0.1m×0.1m)	손상현황	• S4-G1 인양홀 박락(0.2m×0.2m)
원 인	• 시공시 거더 인양시 발생	원 인	• 시공시 거더 인양시 발생
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수

【사진 7.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더 기 손상인 인양홀 박리, 박락 1개소가 확인되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 판단된다. 금회 정밀조사로 인한 기 누락손상인 인양홀 박리가 1개소 추가 확인되었다.

【표 7.3.4】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	인양홀 박리, 박락	m ²	0.08	2	0.08	2	- -	변동없음

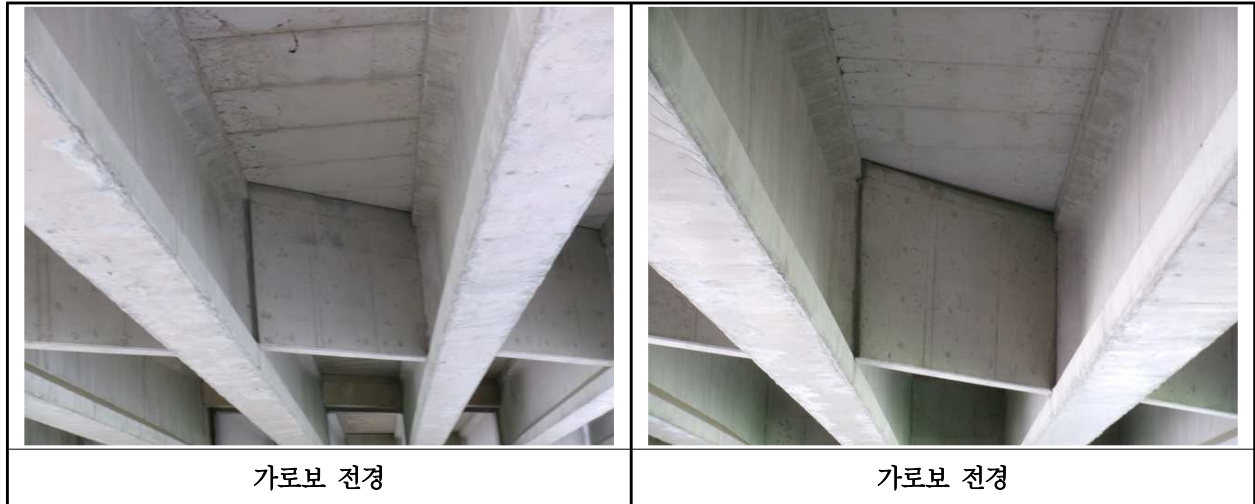
4) 검토의견

- 거더에 발생한 인양홀 박리, 박락은 시공시 거더 인양으로 인한 손상으로 일부 구간에서 국부적으로 발생하였다, 손상부는 부재의 사용성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 사료된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 7.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 7.3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	—	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
합계	—	—

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

【사진 7.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

【표 7.3.6】 가로보 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 신계교 교대는 직접기초 sprc말뚝으로 시공되어있으며, 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 7.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 7.3.7】 교대 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
A1	12.0	12	100.0	2	—	—
A2	7.0	5	21.0	5	0.03	1
합계	19.0	17	121.0	7	0.03	1

			
손상현황	• A1 균열(0.1mm/1.0m)	손상현황	• A1 누수흔적(10.0m×4.0m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A1 누수흔적(15.0m×4.0m)	손상현황	• A2 균열(0.2mm/2.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• A2 균열(0.1mm/0.5m)	손상현황	• A2 균열(0.2mm/2.0m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수

【사진 7.3.9】 교대 손상현황

			
손상현황	• A2 균열부 백테(0.1m×0.3m)	손상현황	• A2 누수흔적(0.5m×2.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 누수흔적(1.0m×2.0m)	손상현황	• A2 누수흔적(1.0m×2.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 누수흔적(2.0m×7.0m)	손상현황	• -
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• -
조치방안	• 표면처리	조치방안	• -

【사진 7.3.9】 교대 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검 비교시 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었고, 금회 정밀조사로 인한 균열부 백태가 추가 조사되었다.

【표 7.3.8】 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	19.0	17	19.0	17	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	121.0	7	121.0	7	— —	변동없음
	균열부 백태	m ²	—	—	0.03	1	▲ 0.03	신규손상

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 균열 및 균열부 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 손상부 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 신계교의 교각은 T형 교각식(T)으로 구성되어 있으며, sprc말뚝으로 시공되었다. 교각에 대한 외관조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다. 금회 교각 하부 수중조사를 실시 하였다.



【사진 7.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과 기존 손상인 폭 0.3mm미만 균열, 망상균열, 박리, 누수흔적 등의 손상이 조사되었다.

【표 7.3.9】 교각 외관조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		박리 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
P1	4.00	5	0.15	1	—	—	—	—
P2	9.00	7	—	—	—	—	—	—
P3	3.50	1	—	—	15.00	6	—	—
P4	31.50	8	—	—	—	—	3.00	1
합계	48.00	21	0.15	1	15.00	6	3.00	1

			
손상현황	• P1 균열(0.2mm/1.5m)	손상현황	• P1 파손(0.2m×0.3m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 외부 충격
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• P1 표면박리(24.0m×0.5m)	손상현황	• P2 균열(0.2mm/1.0m)
원 인	• 외부 충격	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• P2 재료분리(1.0m×0.5m)	손상현황	• P3 누수오염(0.5m×2.0m)
원 인	• 다짐미흡, 거푸집 조기탈영 등	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리

【사진 7.3.11】 교각 손상현황

			
손상현황	• P4 균열(0.2mm/0.5m)	손상현황	• P4 균열(0.2mm/1.0m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• P4 망상균열(1.0m×3.0m)	손상현황	• P4 균열(0.2mm/25.0m)
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면보수	조치방안	• 표면보수
			
손상현황	• P4 균열(0.2mm/25.0m)	손상현황	• -
원 인	• 건조수축, 공용중 열화 등	원 인	• -
조치방안	• 표면보수	조치방안	• -

【사진 7.3.11】 교각 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 교각은 기 손상인 균열, 박리, 누수흔적이 조사되었고, 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다, 일부 구간에서 균열 및 망상균열이 추가 확인되었다.

【표 7.3.10】 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	23.0	20	48.00	21	▲ 25.00	신규손상
	박리	m ²	0.15	1	0.15	1	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	15.0	6	15.0	6	— —	변동없음
	망상균열	m ²	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상

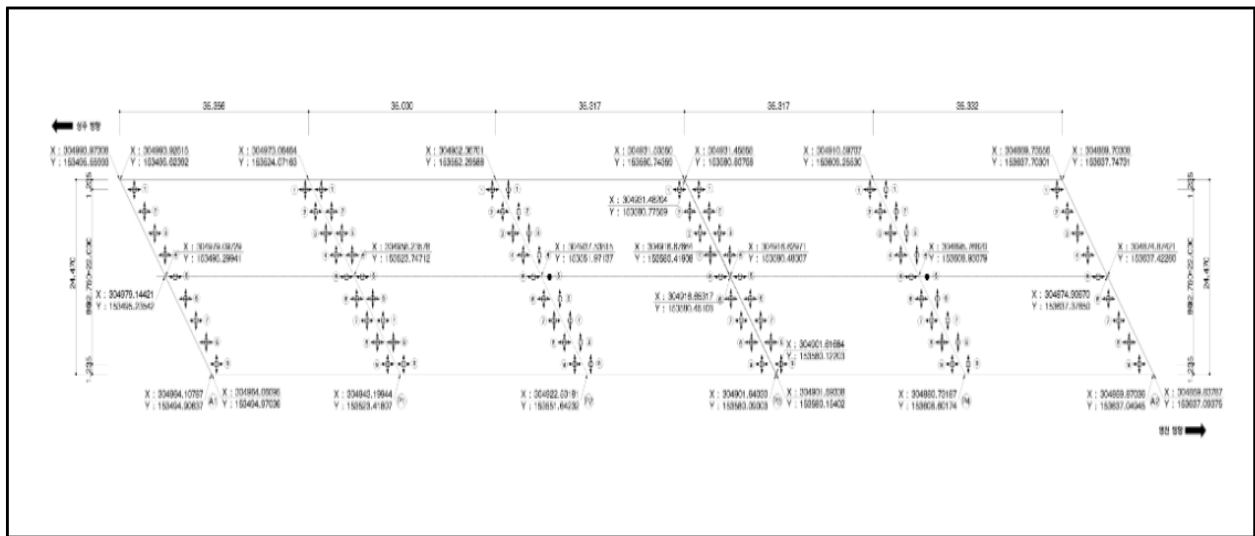
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 발생한 누수흔적 및 박리는 외부 우수유입에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 신계교의 받침은 탄성고무받침으로 고정단 2기, 일방향(교측) 8기, 일방향 교측직각(16기), 양방향 64기, 총 90기가 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 일부 구간에서 무수축물탈 균열, 들뜸, 박락, 스톱퍼 간섭, 플레이트 부식 등의 손상이 조사되었다.

【표 7.3.11】 교량반침 외관조사 결과

구분	무수축물탈 균열 (m/개소)		무수축물탈 들뜸, 박락 (㎡/개소)		스토퍼 간섭 (개소/개소)		플레이트 부식 (개소/개소)	
A1	—	—	—	—	—	—	—	—
P1	—	—	—	—	—	—	—	—
P2	—	—	—	—	5.00	5	—	—
P3	2.40	8	—	—	2.00	2	16.00	16
P4	0.30	2	0.09	3	2.00	2		
A2	—	—	—	—	—	—	—	—
합계	2.70	10	0.09	3	9.00	9	16.00	16



손상현황 • P2-Sh15 스톱퍼 간섭

원 인 • 시공미흡

조치방안 • 주의관찰

손상현황 • P3-Sh1 몰탈 균열(0.2mm/0.3m)

원 인 • 건조수축 등

조치방안 • 표면처리



손상현황 • P3-Sh3 스톱퍼 간섭

원 인 • 시공미흡

조치방안 • 주의관찰

손상현황 • P3-Sh10 몰탈 균열(0.2mm/0.3m)

원 인 • 건조수축 등

조치방안 • 표면처리

【사진 7.3.13】 교량반침 손상현황

			
손상현황	• P3-Sh14 플레이트 부식	손상현황	• P3-Sh14 스톱퍼 간섭
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 재도장	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• P4-Sh1 몰탈 들뜸 (0.3m×0.1m)	손상현황	• P4-Sh5 몰탈 균열 (0.2mm/0.1m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 건조수축 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P4-Sh1 몰탈 박락 (0.1m×0.1m)	손상현황	• P4-Sh9 몰탈 균열 (0.2mm/0.1m)
원 인	• 외부충격	원 인	• 건조수축 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리

【사진 7.3.13】 교량받침 손상현황(계속)

			
손상현황	• P4-Sh10 몰탈 들뜸(0.5m×0.1m)	손상현황	• P4-Sh10 스톱퍼 간섭
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰

【사진 7.3.13】 교량받침 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상인 무수축몰탈 균열, 들뜸, 박락, 스톱퍼 간섭, 플레이트 부식이 조사되었고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다, 금회 정밀조사로 인한 몰탈 균열이 추가 조사되었다,

【표 7.3.12】 교량받침 기 점검 결과 비교

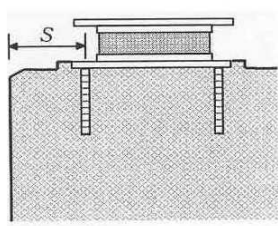
구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	무수축몰탈 균열	m	0.30	2	2.70	10	▲ 2.40	신규손상
	무수축몰탈 들뜸, 박락	m ²	0.09	3	0.09	3	— —	변동없음
	스톱퍼 간섭	EA	9.00	9	9.00	9	— —	변동없음
	플레이트 부식	EA	16.0	16	16.0	16	— —	변동없음

4) 검토의견

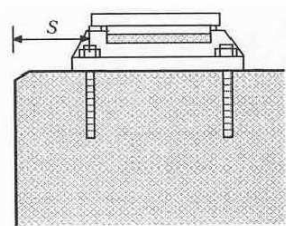
- 받침에서 발생된 무수축몰탈 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 플레이트 부식은 외부 우수유입에 의한 공용중 열화로 부재의 사용성 확보차원의 재도장 등의 조치가 필요하다. 무수축몰탈 박리, 박락, 들뜸의 경우 시공 미흡 및 외부 충격에 의한 손상으로 단면보수가 필요할 것으로 판단되며, 스톱퍼 간섭은 스톱퍼 간섭으로 인한 무수축몰탈 파손 등의 징후가 없으므로, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.

5) 연단거리 검토

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



(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) : $200 + 5 \times 35.0 = 375(\text{mm})$

【표 7.3.13】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)									검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	
A1		375	600	600	600	580	580	590	590	600	590	O.K
P1	A1측	375	510	510	510	510	510	510	510	510	510	O.K
	A2측	375	510	510	510	510	510	510	510	510	510	O.K
P2	A1측	375	520	520	520	520	520	520	520	520	520	O.K
	A2측	375	510	510	510	510	510	510	510	510	510	O.K
P3	A1측	375	400	400	400	400	400	400	400	400	400	O.K
	A2측	375	410	410	410	410	410	410	410	410	410	O.K
P4	A1측	375	510	510	510	510	510	510	510	510	510	O.K
	A2측	375	500	500	500	500	500	500	500	500	500	O.K
A2		375	600	600	600	580	580	590	590	600	600	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 7.3.14】 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						
P3	30.1	9.9	0.00001	35.0	10.5	3.5	
P4	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 7.3.15】교량반침 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	
	SH6	25	25	75			±50	
	SH7	25	25	75			±50	
	SH8	25	25	75			±50	
	SH9	25	25	75			±50	
P1	A1측	SH1	-10	60	10.5	3.5	±50	
		SH2	-10	60			40	±50
		SH3	-10	60			40	±50
		SH4	-10	60			40	±50
		SH5	-10	60			40	±50
		SH6	-10	60			40	±50
		SH7	-10	60			40	±50
		SH8	-10	60			40	±50
		SH9	-10	60			40	±50
	A2측	SH1	0	50			50	±50
		SH2	0	50			50	±50
		SH3	0	50			50	±50
		SH4	0	50			50	±50
		SH5	0	50			50	±50
		SH6	0	50			50	±50
		SH7	0	50			50	±50
		SH8	0	50			50	±50
		SH9	0	50			50	±50
P2	고정단							

【표 7.3.15】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치			이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
				수축	신장	최대수축	최대신장	
P3	A1측	SH1	10	40	60	10.5	3.5	±50
		SH2	10	40	60			±50
		SH3	10	40	60			±50
		SH4	10	40	60			±50
		SH5	10	40	60			±50
		SH6	10	40	60			±50
		SH7	10	40	60			±50
		SH8	10	40	60			±50
		SH9	10	40	60			±50
	A2측	SH1	5	45	55	10.5	3.5	±50
		SH2	5	45	55			±50
		SH3	5	45	55			±50
		SH4	5	45	55			±50
		SH5	5	45	55			±50
		SH6	5	45	55			±50
		SH7	5	45	55			±50
		SH8	5	45	55			±50
		SH9	5	45	55			±50
P4		고정단						
A2	SH1	10	40	60	10.5	3.5	±50	
	SH2	10	40	60			±50	
	SH3	10	40	60			±50	
	SH4	10	40	60			±50	
	SH5	10	40	60			±50	
	SH6	10	40	60			±50	
	SH7	10	40	60			±50	
	SH8	10	40	60			±50	
	SH9	10	40	60			±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 A1, P3 평거조인트, A2 모노셀조인트로 시공된 상태이다.



【사진 7.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 후타재 열화, 파손, 들뜸, 박리, 차수판 파손, 하부 고무재손상 등이 조사되었다.

【표 7.3.16】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 열화 (m ² /개소)		후타재 파손, 들뜸 (m ² /개소)		차수판 파손 (개소/개소)		하부 고무재손상 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	—	—	—	—	1.00	1	1.00	1	—	—
P3 (EXP J2)	—	—	—	—	—	—	—	—	25.00	1
A2 (EXP J3)	1.80	4	1.95	3	0.15	1	—	—	—	—
합계	1.80	4	1.95	3	1.15	2	1.00	1	25.00	1

			
손상현황	• A1 후타재 박리(0.1m×10.0m)	손상현황	• A2 후타재 열화(0.5m×0.2m)
원 인	• 중차량, 공용중 열화 등	원 인	• 중차량, 공용중 열화 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 후타재 열화(0.3m×2.0m)	손상현황	• A2 후타재 균열(0.2mm)
원 인	• 중차량, 공용중 열화 등	원 인	• 초기 건조수축 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 후타재 열화(0.5m×1.5m)	손상현황	• -
원 인	• 중차량, 공용중 열화 등	원 인	• -
조치방안	• 표면처리	조치방안	• -

【사진 7.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 신축이음 현장조사 결과, 기 손상인 후타재 균열, 열화, 박리, 들뜸, 차수판 파손이 확인되었고, 손상의 진전은 미미한 상태로 확인되었다. 금회 정밀조사로 인한 후타재 균열이 신규 확인되었고, 후타재 파손의 경우 오기로 인한 물량 변동, 고무재 손상의 진전이 확인되었다.

【표 2.3.17】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열	m	0.80	2	1.80	4	▲ 1.00	신규손상
	후타재 열화	m ²	1.95	3	1.95	3	— —	변동없음
	후타재 파손, 들뜸	m ²	0.25	1	1.15	2	▲ 0.90	물량변동 신규손상
	차수판 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	하부 고무재손상	m	10.00	1	25.00	1	▲ 15.00	손상진전

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재에 발생한 열화, 박리, 들뜸은 차량 통행하중 및 시공시 마감처리 불량으로 인한 손상으로 단면보수 등의 유지관리가 요구된다. 차수판 파손의 경우 정비가 필요하며, 금회 진전된 신축이음 하부 고무재 손상의 경우 현재 경미한 상태이나 누수로 부식, 콘크리트 열화 등의 2차 손상이 발생 할 수 있으므로, 손상의 진전시 하부 고무재 교체 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고																				
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} - L : 신축보의 길이(mm)																								
소요 신축량	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2023. 9. 18. 기온 적용: 25.1℃(일평균) ΔT(신장시) : $35^{\circ}\text{C} - 25.1^{\circ}\text{C} = 9.9^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-5.0^{\circ}\text{C} - (25.1) = 30.1^{\circ}\text{C}$ 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="2">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 colspan="2">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 7.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 7.3.18】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		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	30.1	9.9	0.00001	70.0	21.1	6.9	20.0	42.0	110.0	
P3	30.1	9.9	0.00001	70.0	21.1	6.9	37.0	50.0	72.0	
A2	30.1	9.9	0.00001	35.0	10.5	3.5	19.0	60.0	70.0	
1) 조사당시 온도 : 25.1℃(조사일 : 2023년 9월 18일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : −5℃ ~ 35℃(보통지방)										

【표 7.3.19】 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	20.0	80	41.1	13.1	O.K
P3	21.1	6.9	37.0	80	58.1	30.1	O.K
A2	10.5	3.5	19.0	80	29.5	15.5	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 19.0~37.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

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



【사진 7.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 접속부 파손, 포장 균열이 확인되었다.

【표 7.3.20】 교면포장 외관조사 결과

구분	포장 균열 (m/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—
S2	—	—	—	—
S3	—	—	—	—
S4	—	—	—	—
S5	20.00	1	0.50	1
합계	20.00	1	0.50	1

			
손상현황	• S5 접속부 파손(1.0m×0.5m)	손상현황	• S5 포장균열(20.0m)
원 인	• 중차량 통행, 공용중 열화	원 인	• 건조수축, 공용중 열화
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 주의관찰

【사진 7.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀조사로 인한 접속부 파손, 포장 균열이 신규 조사되었다.

【표 7.3.21】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장 균열	m	—	—	20.00	1	▲ 20.00	신규손상
	접속부 파손	m ²	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상

4) 검토의견

- 교면포장은 접속부에 중차량 통행, 장기공용에 의한 열화로 파손이 발생하였고, 본선은 일부 구간에서 건조수축, 공용중 열화에 의한 균열이 신규 확인되었다. 파손부는 주행성 확보 차원의 단면보수가 필요하며, 균열의 경우 현재 보수 보다는 손상의 진전 및 추가 손상 발생시 일괄 보수 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 7.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 일부 구간에서 배수구 그레이팅 파손, 연결부 누수가 조사되었다.

【표 7.3.22】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 그레이팅 파손 (개소/개소)		배수관 연결부 누수 (개소/개소)	
S1	—	—	1.0	1
S2	—	—	—	—
S3	—	—	—	—
S4	1.0	1	—	—
S5	—	—	—	—
합계	1.0	1	1.0	1

			
손상현황	• S4 그레이팅 파손	손상현황	• S1 연결부 누수
원 인	• 시공미흡	원 인	• 공용중 열화
조치방안	• 정비	조치방안	• 정비

【사진 7.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 배수시설 기 손상인 그레이팅 파손, 배수관 연결부 누수가 조사되었고, 손상부의 진전은 없는 것으로 확인되었다.

【표 7.3.23】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 그레이팅 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	배수관 연결부 누수	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 배수관 연결부 누수의 경우, 시공 미흡에 의한 손상으로 정비 등의 유지관리가 필요하며, 배수구는 일부구간에서 그레이팅 파손이 조사되었으나, 전반적으로 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하며, 그레이팅 파손 구간은 교체 등의 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, 0.3mm 미만 균열, 균열부 백태, 재료분리, 녹물, 방음벽 파손, 접속부 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 7.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	균열(폭0.3mm미만) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		녹물 (㎡/개소)		방음벽 파손 (EA/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	8.00	8	2.00	4	—	—	—	—	—	—	0.30	1
S2	7.00	7	1.50	7	—	—	—	—	—	—	—	—
S3	9.00	9	3.00	4	—	—	—	—	—	—	—	—
S4	15.00	7	1.50	3	0.60	1	—	—	—	—	—	—
S5	7.00	7	0.30	1	—	—	0.02	1	1.00	1	—	—
합계	46.00	38	8.30	19	0.60	1	0.02	1	1.00	1	0.30	1

			
손상현황	• S1 균열부백태(0.5m×1.0m)	손상현황	• S1 접속부 파손(0.2m×1.5m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부충격
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S2 균열(0.2mm/1.0m)	손상현황	• S2 균열(0.2mm/1.0m)
원 인	• 건조수축	원 인	• 건조수축
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S2 균열부백태(0.1m×1.0m)	손상현황	• S2 균열부 백태(1.0m×0.3m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 외부 우수유입
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 7.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

			
손상현황	• S3 균열부 백태 (1.5m×0.5m)	손상현황	• S4 균열 (0.2mm/1.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 건조수축
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S4 균열부백태 (0.5m×1.0m)	손상현황	• S4 중분대 균열 (0.2mm/1.0m)
원 인	• 외부 우수유입	원 인	• 건조수축
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S5 방음벽 파손 (1EA)	손상현황	• -
원 인	• 외부충격	원 인	• -
조치방안	• 정비	조치방안	• -

【사진 7.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽은 기 손상인 균열, 균열부 백태, 재료분리, 녹물이 발생하였고, 손상의 진전은 미미한 것으로 확인되었다. 금회 정밀조사로 인한 방음벽 파손이 확인되었고, 기 손상인 접속부 균열의 경우 접속부 파손으로 손상명을 변경 하였다.

【표 7.3.25】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열(폭 0.3mm 미만)	m	47.0	39	46.00	38	▼ 1.00	손상명변경
	균열부백태	m ²	8.30	19	8.30	19	— —	변동없음
	재료분리	m ²	0.60	1	0.60	1	— —	변동없음
	녹물	m ²	0.020	1	0.020	1	— —	변동없음
	방음벽 파손	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	접속부 파손	m ²	—	—	0.30	1	▲ 0.30	손상명변경

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부백태, 녹물은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 발생된 재료분리의 경우 시공미 마감미흡에 의한 손상으로 단면보수 등의 조기차 필요하며, 중분대 녹물의 경우 표면처리 등의 조치가 요구된다. 금회 조사된 방음벽 파손은 외부 충격에 의한 손상으로 교체 등의 정비가 필요하며, 접속부 파손은 기존 균열의 손상명 변경으로 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 신계교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다. 점검계단의 경우 A1, A2 각 1개소 총 2개소가 있는 것으로 확인되었다.



점검통로 전경

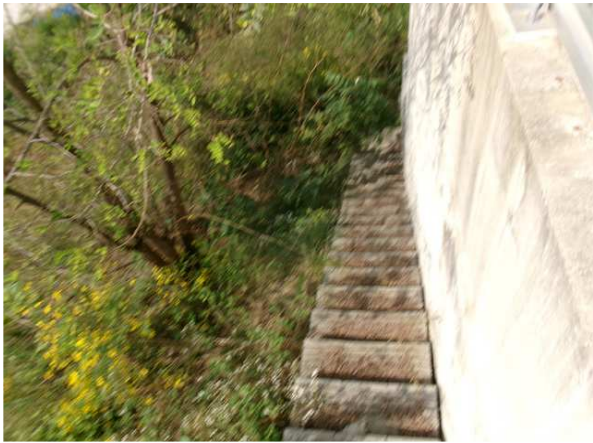
【사진 7.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 7.3.26】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	—	
A1	—	—
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
P4	—	—
A2	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 점검로 상태양호	손상현황	• 점검로 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• 점검계단 상태양호	손상현황	• 점검계단 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 7.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 점검시설의 경우, 손상이 없는 상태로 신규손상은 추가 확인되지 않았다.

【표 7.3.27】 교량점검시설 기 점검 결과 비교

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

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 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.

7.3.3 외관조사 총괄표

【표 7.3.28】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판	균열(폭 0.3mm미만)	m	0.50	1	
	균열(폭 0.3mm이상)	m	0.50	1	
	박리, 들뜸	m ²	1.82	4	
	백태	m ²	0.24	2	
	파손 및 철근노출	m ²	0.78	2	
거더	인양홀 박리, 박락	m ²	0.08	2	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열(0.3mm미만)	m	19.0	17	
	누수흔적	m ²	121.0	7	
	균열부 백태	m ²	0.03	1	
교각	균열(0.3mm미만)	m	48.00	21	
	박리	m ²	0.15	1	
	누수흔적	m ²	15.0	6	
	망상균열	m ²	3.00	1	
교량받침	무수축몰탈 균열	m	2.70	10	
	무수축몰탈 들뜸, 박락	m ²	0.09	3	
	스토퍼 간섭	EA	9.00	9	
	플레이트 부식	EA	16.0	16	
신축이음	후타재 균열	m	1.80	4	
	후타재 열화	m ²	1.95	3	
	후타재 파손, 들뜸	m ²	1.15	2	
	차수판 파손	EA	1.00	1	
	하부 고무재손상	m	25.00	1	
교면포장	포장 균열	m	20.00	1	
	접속부 파손	m ²	0.50	1	
배수시설	배수구 그레이팅 파손	EA	1.00	1	
	배수관 연결부 누수	EA	1.00	1	
방호벽	균열(폭 0.3mm 미만)	m	46.00	38	
	균열부백태	m ²	8.30	19	
	재료분리	m ²	0.60	1	
	녹물	m ²	0.020	1	
	방음벽 파손	EA	1.00	1	
	접속부 파손	m ²	0.30	1	
점검시설	상태양호	—	—	—	

7.3.4 전회차 손상물량 비교

【표 7.3.29】 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
	균열(폭 0.3mm이상)	m	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상
	박리, 들뜸	m ²	1.3	2	1.82	4	▲ 0.52	신규손상
	백태	m ²	—	—	0.24	2	▲ 0.24	신규손상
	파손 및 철근노출	m ²	—	—	0.78	2	▲ 0.78	신규손상
거더	인양홀 박리, 박락	m ²	0.08	2	0.08	2	— —	변동없음
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—
교대	균열(0.3mm미만)	m	19.0	17	19.0	17	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	121.0	7	121.0	7	— —	변동없음
	균열부 백태	m ²	—	—	0.03	1	▲ 0.03	신규손상
교각	균열(0.3mm미만)	m	23.0	20	48.00	21	▲ 25.00	신규손상
	박리	m ²	0.15	1	0.15	1	— —	변동없음
	누수흔적	m ²	15.0	6	15.0	6	— —	변동없음
	망상균열	m ²	—	—	3.00	1	▲ 3.00	신규손상
교량받침	무수축물탈 균열	m	0.30	2	2.70	10	▲ 2.40	신규손상
	물탈 들뜸, 박락	m ²	0.09	3	0.09	3	— —	변동없음
	스토퍼 간섭	EA	9.00	9	9.00	9	— —	변동없음
	플레이트 부식	EA	16.0	16	16.0	16	— —	변동없음
신축이음	후타재 균열	m	0.8	2	1.80	4	▲ 1.00	신규손상
	후타재 열화	m ²	1.95	3	1.95	3	— —	변동없음
	후타재 파손, 들뜸	m ²	0.25	1	1.15	2	▲ 0.90	물량변동 신규손상
	차수판 파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	하부 고무재손상	m	10.00	1	25.00	1	▲ 15.00	손상진전
교면포장	포장 균열	m	—	—	20.00	1	▲ 20.00	신규손상
	접속부 파손	m ²	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상
배수시설	배수구그레이팅파손	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
	배수관 연결부 누수	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
방호벽	균열(폭0.3mm미만)	m	47.0	39	46.00	38	▼ 1.00	손상명변경
	균열부백태	m ²	8.30	19	8.30	19	— —	변동없음
	재료분리	m ²	0.60	1	0.60	1	— —	변동없음
	녹물	m ²	0.020	1	0.020	1	— —	변동없음
	방음벽 파손	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	접속부 파손	m ²	—	—	0.30	1	▲ 0.30	손상명변경
점검시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	—

7.4 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.

7.4.1 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 7.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

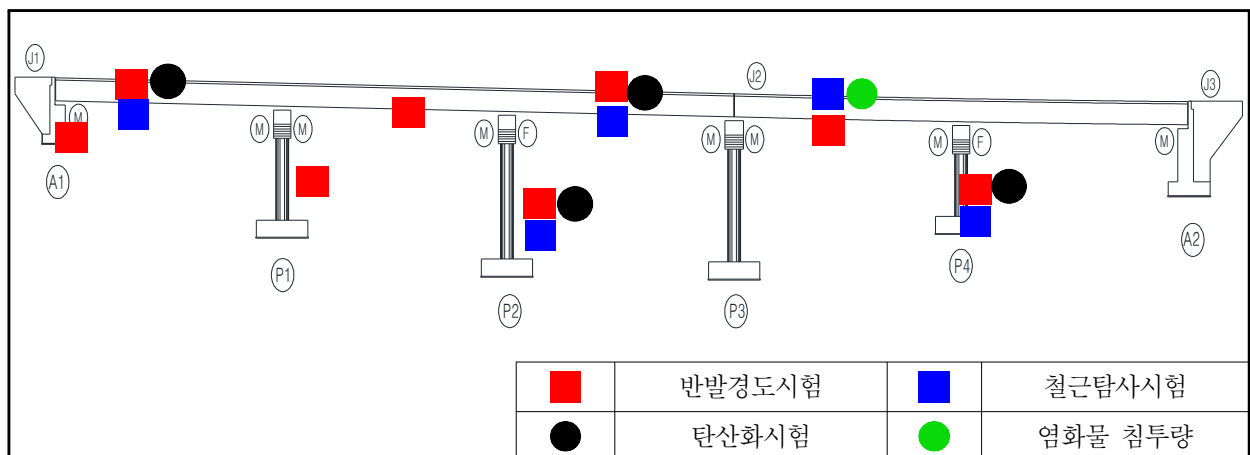
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 교량점검차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량의 비파괴 선정 위치는 외관조사망도를 참고하여 건전부와 비건전부를 선정 후 비파괴시험을 실시하였고, 기존에 실시한 부위의 경우 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 7.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 7.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

7.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 10개소)을 실시하였으며, 검토결과 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 7.4.2】 상부구조(바닥판) 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	47.6	27.3	28.1			

【표 7.4.3】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	과학기술부	시설공단 제안식	재령보정 계수		
상부 구조	S2-G1 거더	50.3	41.7	49.3	0.64	40.0	
	S4-G2 거더	50.5	41.9	49.6			

【표 7.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	46.4	26.3	27.5	0.64	24.0	
	P1 교각	48.8	28.2	28.6		27.0	
	P2 교각	48.7	28.2	28.6			
	P4 교각	49.6	28.9	29.0			
	P4 교각(비건전)	46.3	26.2	27.5			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판하면, 가로보) 27.2~28.1MPa, 상부구조(거더) 41.7~49.6MPa, 하부구조(교대) 26.3~27.5MPa, 하부구조(교각) 28.2~29.0MPa로 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 7.4.5】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판하면, 가로보	27.2 ~ 28.1	27.0	100.7 ~ 104.1
	거더	41.7 ~ 49.6	40.0	104.3 ~ 124.0
하부구조	교대	26.3 ~ 27.5	24.0	109.6 ~ 114.6
	교각	28.2 ~ 29.0	27.0	104.4 ~ 107.4

② 기 점검결과와의 비교

【표 7.4.6】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2021년 정밀안전점검	2023년 성능평가	설계기준강도
반발경도법	바닥판하면, 가로보	27.0 ~ 29.8	27.2 ~ 28.1	27.0
	거더	40.4 ~ 49.4	41.7 ~ 49.6	40.0
	교대	26.5 ~ 27.8	26.3 ~ 27.5	24.0
	교각	27.9 ~ 29.2	28.2 ~ 29.0	27.0
검토의견		■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

나. 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 7.4.7】 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	5.0	67.0	62.0	a	2.04	100년이상	
	S3 바닥판하면	6.0	71.0	65.0	a	2.45	100년이상	
하부구조	P2 교각	7.0	82.0	75.0	a	2.86	100년이상	
	P4 교각	6.0	80.0	74.0	a	2.45	100년이상	

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

【표 7.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	5.0~6.0	67.0~71.0	
하부구조	6.0~7.0	80.0~82.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 7.4.9】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 성능평가			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	3.0~4.0	36.0~46.0	a	5.0~6.0	67.0~71.0	a	
하부구조	3.0~5.0	95.0~97.0	a	6.0~7.0	80.0~82.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

3) 철근탐사시험

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

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 7.4.10】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	41.7 ~ 49.6	40.0	
	하부구조	교대	26.3 ~ 27.5	24.0	
		교각	28.2 ~ 29.0	27.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		67.0~71.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		80.0~82.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

【표 7.4.11】기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고		
			2021년 정밀안전점검		2023년 성능평가				
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면, 가로보	27.0	~	29.8	27.2	~	28.1	■ 강도저하 없음
		거더	40.4	~	49.4	41.7	~	49.6	
	하부구조	교대	26.5	~	27.8	26.3	~	27.5	
		교각	27.9	~	29.2	28.2	~	29.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.0~46.0		a	67.0~71.0		a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		95.0~97.0		a	80.0~82.0		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.

7.5 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.

7.5.1 상태안전성능 평가

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

가. 상태안전성능평가 결과

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

【표 7.5.1】 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	PSC BEAM	a	a	a	a	b	b	c	a	b	q
S2	P1	PSC BEAM	a	a	a	a	a	b	—	a	b	q
S3	P2	PSC BEAM	c	b	a	a	a	b	—	b	b	q
S4	P3	PSC BEAM	b	b	a	a	b	b	b	b	b	q
S5	P4	PSC BEAM	a	a	a	b	a	b	—	b	b	q
	A2	PSC BEAM							c	a	b	q
평균			0.180	0.140	0.100	0.120	0.140	0.200	0.333	0.150	0.200	—
가중치			15	25	4	4	3	2	7	15	25	—
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.035	0.004	0.005	0.004	0.004	0.023	0.023	0.050	—
											0.175	
											B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.175) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태안전성능평가 결과

【표 7.5.2】 시설물 전체 상태안전성능평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태안전 성능평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
신계교	0.175	B	175	4	700	1.000	0.175
합계(Σ)			175	4	700	1	0.175
1. 평가지수 =							0.175
2. 상태안전성능평가결과 =							B

다. 공중이 이용하는 부위 상태안전성능평가

① 추락방지시설

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

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

② 도로포장

포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 “b” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 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 파손, 들뜸이 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 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

7.5.2 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 : $35.317 + 35.332 = 70.649$ m
- 폭 원 : 24.470 m
- 교량등급 : 1등교
- 설계하중 : DB-24, DL-24
- 사 각 : 35°

(2) 검토조건

○ SLAB 콘크리트

- ① 설계기준강도 : 27.0 MPa
- ② 항복힘압축응력 : 11 MPa
- ③ 탄성계수 : $E_c = 2.55E+04$ MPa

○ 철근

- ① 극한강도 : 400.0 MPa
- ② 탄성계수 : $E_c = 2.00E+05$ MPa

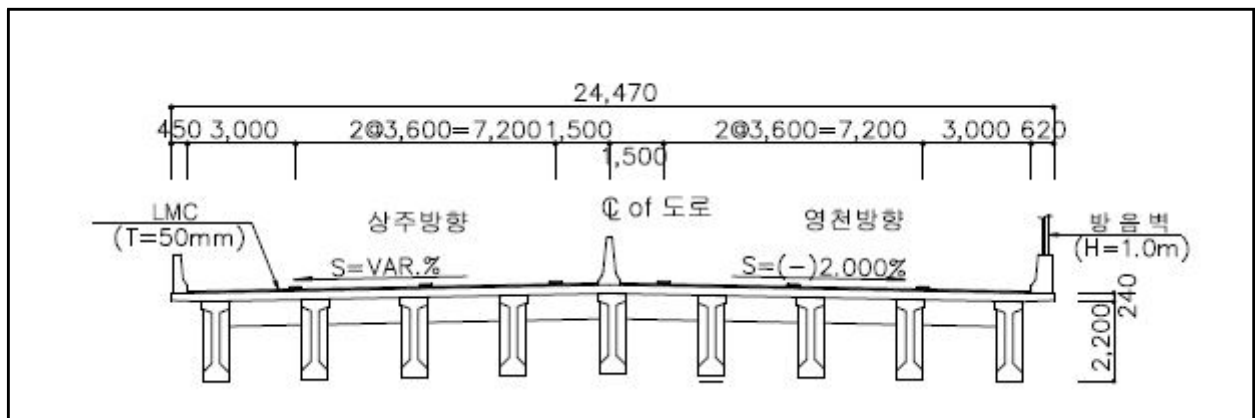
○ P.S.C Beam

- ① 설계기준강도 : 40.0 MPa
- ② 항복힘압축응력 : 16.0 MPa
- ③ 탄성계수 : 293415.0 MPa

○ 철근

- ① 극한강도 : 300.0 MPa
- ② 탄성계수 : $E_c = 2.00E+05$ MPa

(3) 검토단면



(4) 고정하중

구 분	콘크리트	강 재	포 장
단위중량(kN/m ³)	25.00	78.50	23.50

(5) 구조계산 결과요약

■ 허용응력 검토 결과(외측거더)

구 분		프리스트레스 도입직후(MPa)			설계하중 작용시(MPa)		
		작용	허용	안전율	작용	허용	안전율
PSCI	상 연	1.355	15.40	11.365	12.283	16.0	1.303
	하 연	15.079	15.40	1.021	-1.683	-3.16	1.878
	바닥판	-	-	-	4.374	10.80	2.469

■ 허용응력 검토 결과(내측거더)

구 분		프리스트레스 도입직후(MPa)			설계하중 작용시(MPa)		
		작용	허용	안전율	작용	허용	안전율
PSCI	상 연	1.355	15.40	11.365	11.026	16.0	1.451
	하 연	15.079	15.40	1.021	0.958	16.0	16.701
	바닥판	-	-	-	2.520	10.80	4.286

■ 강도설계법에 의한 검토

구 분	외측 거더(kNm)	내측 거더(kNm)	비 고
계수 모멘트(Mu)	16,944.216	14,458.540	
설계 휨강도(ϕM_n)	20,794.59	19,828.76	
안전율(S.F)	1.227	1.371	

나. 구조안전성능평가 결과

1) 내하력평가

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

2) 허용응력설계법에 의한 평가방법

① 내하율(Rating Factor)

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

여기서, RF : 내하율

f_a : 재료의 허용응력

f_d : 고정하중에 의한 응력

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

② 내하력(Load Carrying Capacity)

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

여기서, P : 기본내하력

Pr : 설계활하중(LS-22)

■ 허용응력설계법에 의한 P.S.C BEAM의 내하율 평가결과

구 분		허용응력 (MPa)	유효프리스트레스 (MPa)	고정하중응력 (MPa)	활하중응력 (MPa)	R.F
외측거더	상 연	16.0	-5.807	16.464	1.625	3.288
	하 연	-3.16	19.582	-17.462	-3.804	1.388
	바닥판	10.80	-	2.156	2.217	3.899
내측거더	상 연	16.0	-5.681	15.010	1.697	3.931
	하 연	-3.16	19.160	-4.696	-4.115	4.283
	바닥판	10.80	-	0.189	2.331	4.552

■ 허용응력설계법에 의한 기본 내하력 평가결과

구 분		내하율	설계하중	기본내하력	비 고
외측거더	상 연	3.228	24	77.472	
	하 연	1.388	24	33.312	MIN.
	바닥판	3.899	24	93.576	
내측거더	상 연	3.931	24	94.344	
	하 연	4.283	24	102.792	
	바닥판	4.552	24	109.248	

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 평가결과

위 치	ϕM_n (kN · m)	M_d (kN · m)	M_{1+i} (kN · m)	내하율	기본내하력	비 고
켄틸레버부(우)	57.850	7.699	10.706	2.078	DB-49.9	

4) 공용내하력 검토 결과

본 교량에 대한 구조해석 및 재하시험에 의해 분석된 PnP 거더의 공용내하력과 바닥판의 기본 내하력은 설계하중 DB(DL)-24 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 다음은 내하력평가 결과를 보여준다.

① 응답보정계수 검토결과

위 치	하중 경우	해석처짐	실측처짐	해석 충격계수	실측 충격계수	응답 보정계수
G5	L.C 2	0.874	0.869	0.203	0.156	1.047

② 공용내하력 산정결과

구 분		R.F	기본내하력	Ks	공용내하력	비 고
신계교	PSC 거더	1.388	DB- 33.312	1.047	DB- 34.878	DB-24 이상

7.5.3 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	
신계교	0.175	b	0.129	a	
안전성능등급	상태안전성능평가와 구조안전성능평가를 종합하여 분석한 결과 최저평가지수인 0.175로 평가 되었으며 평가등급은 B등급으로 산정되었다.				

7.6 내구성능 평가

7.6.1 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.

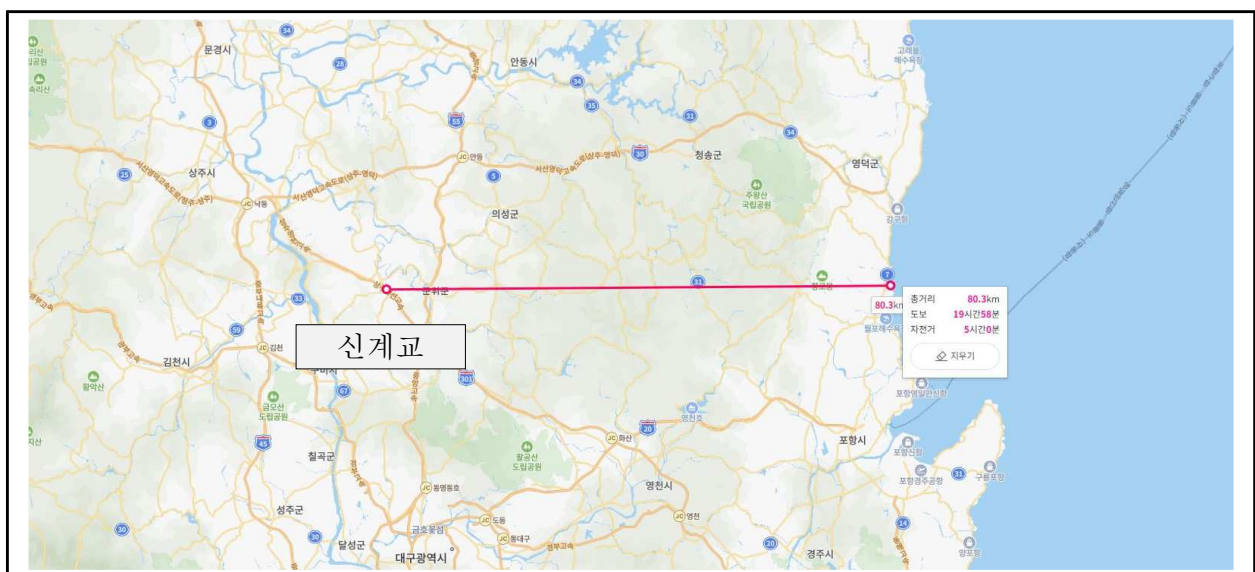
7.6.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 염해환경 평가

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 대구광역시 군위군 소보면 신계리에 위치하며, 동해안으로부터 약 80.3km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

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



【그림 7.6.1】 위치도

【표 7.6.1】 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과

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

2) 제설제 염해환경

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

【표 7.6.2】 제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

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

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

나. 동해환경 평가

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

- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재일 경우

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

- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재일 경우

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

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

【표 7.6.3】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

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

【표 7.6.4】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

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

다. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

【표 7.6.5】 염화물 함유량 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물 함유량	바닥판	S4	0.477	0.439	0.424	b

【표 7.6.6】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근
염화물 확산계수	바닥판	S4	—	3.182	3.182

【표 7.6.7】 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	S4	30년 초과	a

【표 7.6.8】 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	S4	b	a	a

2) 탄산화 깊이

【표 7.6.9】 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	바닥판	S1	5.0	2.04	30년 초과	a	a
		S3	6.0	2.45	30년 초과	a	a
	교각	P2	7.0	2.86	30년 초과	a	a
		P4	6.0	2.45	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 7.6.10】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	상부	바닥판	S1	102.2	—	a	0.10	a
			S3	102.7	—	a		
		거더	S2-G1	113.8	—	a		
			S4-G2	114.4	—	a		
		가로보	S3	102.5	—	a		
	하부	교대	A1	112.1	—	a	0.11	a
		교각	P1	105.3	—	a		
			P2	105.1	—	a		
			P4	107.2	—	a		
			P4 (비건전)	99.4	0.93	b		

라. 콘크리트 내구성능 평가결과

【표 7.6.11】 대상교량 제원

교량형식		PSC Beam 거더교
경간장 및 경간수		5 @ 35m = 175.0m
교폭		24.5m
바닥판의 높이		5m이상
거더 갯수		9
2차 부재		L=2.74m, 교축방향 17.5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		40mm~100mm
공용연수		6년
위치	지역	대구광역시 군위군 소보면 신계리
	해안 이격거리	500m 초과

【표 7.6.12】 일반콘크리트 거더교 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹명	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 함유량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판(33)	b	a	a	b	0.2
	거더(35)	—	a	a	a	0.1
	2차부재(7)	—	—	a	a	0.1
하부	교대/교각(25)	—	a	a	a	0.1
		결함도지수	$(0.2 \times 33 + 0.1 \times 35 + 0.1 \times 7 + 0.1 \times 25) / 100 = 0.133$			
		등급	B			

【표 7.6.13】 열화환경지표의 평가

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

7.6.3 내구성능평가 결과

본 과업에서 실시한 내구성능평가 결과는 다음과 같다.

【표 7.6.14】 내구성능평가 결과

구분	결함도지수	평가등급	가중치	결함도지수×가중치
콘크리트 내구성능평가 결과	0.133	b	1.0	0.133
결함도점수				0.133
내구성능평가 결과				B

7.7 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.

7.7.1 사용성능지표 평가

가. 포장상태 평가

1) 고속도로 포장상태 지수(HPCI) 산정

과업대상의 포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 2.42~4.20로 평가되었다.

【표 7.7.1】 포장상태 평가결과

평가항목	노선명	방향	차로	조사연장(m)	HPCI	평가등급
포장상태	상주영천고속도로	상주	1	175.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	상주	2	175.0	2.42	d등급
	상주영천고속도로	영천	1	175.0	4.20	a등급
	상주영천고속도로	영천	2	175.0	4.20	a등급
평가결과	포장상태 조사 및 분석 보고서를 참고하여 HPCI를 분석한 결과, 3.0이하로 산정되어 불량한 d등급으로 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, 11.13~16.02mm/s, 7.3~7.6Hz로 나타났으며, 이는 Reiher-Meister의 허용곡선 상에서 A구간에 해당되어 e등급으로 평가된다.

4) 점검시설

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

【표 7.7.2】 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 전구간에 설치되어 있고, 모두 양호한 상태로 판단되며 b등급으로 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 7.7.3】 교통량의 성능평가

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

7.7.2 사용성능평가 결과

【표 7.7.4】 사용성능평가 결과

구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	d	0.7
		조명시설	0.150	—	—
		진동사용성	0.202	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	b	0.2
	수요 및 용량	교통량	0.195	a	0.1
				결함도점수	0.436
				등급	C

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.7×0.247 (포장상태) + 1.0×0.202 (진동사용성) + 0.2×0.206 (점검시설의 유무) + 0.1×0.195 (교통수요) = 0.436

7.8 종합성능평가

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

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

【표 7.8.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	신계교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.175	b	0.68
내구성능 평가	0.133	b	0.19
사용성능 평가	0.436	c	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.175 \times 0.68 + 0.133 \times 0.19 + 0.436 \times 0.13 = 0.201$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.201 • 종합성능평가 결과 : B등급		

7.9 유지관리 전략제안

7.9.1 성능목표 등급 산정

【표 7.9.1】 성능목표 등급산정

일교통량	30,787 대/일
중차량 통행량	차선당 813대/일 (3,252 대/일)
대상교량의 차단 시 우회거리	21.0km
성능목표 등급	B($0.20 \leq X < 0.26$)

7.9.2 성능평가 실시결과 검토·분석

안전성능평가 결과	내구성능평가 결과	사용성능평가 결과
- 상태안전성능 평가결과 → B등급(0.175) - 구조안전성능 평가결과 → A등급(0.129)	내구성능 평가결과 → B등급(0.133)	사용성능 평가결과 → C등급(0.436)
종합평가	B등급	
성능목표	B등급	
분석결과	- 성능평가 실시 결과, 안전성능 평가 B등급, 내구성능 평가 B등급, 사용성능평가 C등급으로 분석되어 최종 종합평가 등급은 B등급으로 판정되었다. - 이는 시설물의 성능평가 목표치인 B등급으로 “일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준” 인 것으로 분석되었다. - 발생된 손상 중 긴급보수를 요하는 손상은 발생하지 않았으며, 발생한 손상은 보수를 시행토록하고, 그 외 손상은 주기적인 점검을 통한 관리로 보수를 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	

7.9.3 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

가. 보수 개략공사비

【표 7.9.2】 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	0.2	m	—	—	하자
	균열(폭 0.3mm이상)	주입보수	0.50	0.8	m			하자
	박리, 들뜸	표면처리	1.82	2.7	m ²			하자
	백태	표면처리	0.24	0.4	m ²			하자
	파손 및 철근노출	단면보수명칭	0.78	1.2	m ²			하자
거더	인양홀 박리,박락	단면보수	0.08	0.1	m ²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	19.0	7.1	m	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	121.0	181.5	m ²			하자
	균열부 백태	표면처리	0.03	0.0	m ²	—	—	하자
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	48.00	18.0	m	—	—	하자
	박리	단면보수	0.15	0.2	m ²			하자
	누수흔적	표면처리	15.0	22.5	m ²	—	—	하자
	망상균열	표면처리	3.00	4.5	m ²	—	—	하자
교량받침	무수축물탈 균열	표면처리	2.70	1.0	m	54	54	3순위
	무수축물탈 들뜸,박락	단면보수	0.09	0.1	m ²	165	17	2순위
	스토퍼 간섭	유지관리	9.00	13.5	EA	—	—	4순위
	플레이트 부식	재도장	16.0	24.0	EA	40	960	2순위
신축이음	후타재 균열	표면처리	1.80	0.7	m	54	38	3순위
	후타재 열화	표면처리	1.95	2.9	m ²	54	157	3순위
	후타재 파손, 들뜸	단면보수	1.15	1.7	m ²	165	281	2순위
	차수판 파손	정비	1.00	1.5	EA	25	38	3순위
	하부 고무재손상	정비	25.00	37.5	m	25	938	3순위
교면포장	포장 균열	표면처리	20.00	7.5	m	54	405	3순위
	접속부 파손	단면보수	0.50	0.8	m ²	165	132	2순위
배수시설	배수구 그레이팅 파손	정비	1.00	1.5	EA	25	38	2순위
	배수관 연결부 누수	정비	1.00	1.5	EA	25	38	2순위
방호벽	균열(폭 0.3mm 미만)	표면처리	46.00	17.3	m	54	934	3순위
	균열부백태	표면처리	8.30	12.5	m ²	54	675	3순위
	재료분리	단면보수	0.60	0.9	m ²	165	149	2순위
	녹물	표면처리	0.02	0.1	m ²	54	5	3순위
	방음벽 파손	단면보수	1.00	1.5	EA	165	248	2순위
	접속부 파손	단면보수	0.30	0.5	m ²	165	83	2순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		1,946		3,244		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		973		1,622		
	합계	—		2,919		4,866		
개략공사비 총계(천원)		7,758						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

나. 성능을 고려한 보수 우선순위

【표 7.9.3】 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	0.20	-	-	균열(폭 0.3mm 미만)	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2
주입보수	0.50	0.80	0	0	균열(폭 0.3mm 이상)	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2
표면처리	1.82	2.70	0	0	박리, 들뜸	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2
표면처리	0.24	0.40	0	0	백태	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2
단면보수+방청	0.78	1.20	0	0	파손 및 철근노출	바닥판	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2
단면보수	0.08	0.10	-	-	인양홀 박리, 박락	거더	안전 성능	b	1.00	0.25	0.68	0.09	0.01530	1
표면처리	19.00	7.10	-	-	균열(폭 0.3mm 미만)	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	11
표면처리	121.00	181.50	0	0	누수흔적	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	11
표면처리	0.03	0.00	-	-	균열부 백태	교대	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	11
표면처리	48.00	18.00	-	-	균열(폭 0.3mm 미만)	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	11
단면보수	0.15	0.20	0	0	박리	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	11
표면처리	15.00	22.50	-	-	누수흔적	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	11
표면처리	3.00	4.50	-	-	망상균열	교각	안전 성능	b	1.00	0.13	0.68	0.09	0.00796	11
표면처리	2.70	1.00	54	54	무수축물탈 균열	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2
단면보수	0.09	0.10	165	17	무수축물탈 들뜸, 박락	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2
유지관리	9.00	13.50	-	-	스플리 간섭	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2

【표 7.9.3】 우선순위지수 산정(계속)

구분	손상 물량 (㎡)	보수 물량 (㎡)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI)	순 위
					손상 내용	부재 위치	성 능	등급	손 상	부 재	성 능	등급		
재도장	16.00	24.00	40	960	플레이트 부식	교량받침	안전 성능	b	1.00	0.15	0.68	0.09	0.00918	2
표면처리	1.80	0.70	54	38	후타재 균열	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	18
표면처리	1.95	2.90	54	157	후타재 열화	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	18
단면보수	1.15	1.70	165	281	후타재 파손, 들뜸	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	18
정비	1.00	1.50	25	38	차수관 파손	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	18
정비	25.00	37.50	25	938	하부 교무재손상	신축이음	안전 성능	b	1.00	0.07	0.68	0.09	0.00428	18
표면처리	20.00	7.50	54	405	포장 균열	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	23
단면보수	0.50	0.80	165	132	접속부 파손	교면포장	안전 성능	b	1.00	0.04	0.68	0.09	0.00245	23
정비	1.00	1.50	25	38	배수구 그 래팅 파손	배수시설	안전 성능	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	25
정비	1.00	1.50	25	38	배수관 연 결부 누수	배수시설	안전 성능	b	1.00	0.03	0.68	0.09	0.00184	25
표면처리	46.00	17.30	54	934	균열(폭 0. 3mm 미만)	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	27
표면처리	8.30	12.50	54	675	균열부백태	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	27
단면보수	0.60	0.90	165	149	재료분리	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	27
표면처리	0.02	0.10	54	5	녹물	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	27
단면보수	1.00	1.50	165	248	방음벽 파손	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	27
단면보수	0.30	0.50	165	83	접속부 파손	보호시설	안전 성능	b	1.00	0.02	0.68	0.09	0.00122	27

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 0.201로 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.

7.10 종합결론 및 건의사항

본 시설물은 대구광역시 군위군 소보면 신계리(상주영천고속도로 28.734~28.909km)에 위치한 교량으로서 총 연장 175.0m, 폭 24.5m, PSC BEAM 교량으로, 2017년도에 준공되어 약 6년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태안전성능평가 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.

7.10.1 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 발생한 박리, 들뜸, 철근부식, 백태의 경우 다짐불량, 시공미흡, 마감처리 불량, 장기공용에 의한 열화, 손상부 우수유입 등에 의한 손상으로 추정되면, 부재의 내구성 및 사용성 확보 차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- S1에 발생한 파손 및 철근노출의 경우 시공 미흡에 의한 바닥판 부분협착에 의한 손상으로 단면보수+방청 등의 보수 시 유간확보를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 바닥판에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

2) PSC Beam Girder

- 거더에 발생한 인양홀 박리, 박락은 시공시 거더 인양으로 인한 손상으로 일부 구간에서 국부적으로 발생하였다, 손상부는 부재의 사용성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 사료된다.

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 균열 및 균열부 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 손상부 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 발생한 누수흔적 및 박리는 외부 우수유입에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

- 받침에서 발생한 무수축물탈 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 플레이트 부식은 외부 우수유입에 의한 공용중 열화로 부재의 사용성 확보차원의 재도장 등의 조치가 필요하다. 무수축물탈 박리, 박락, 들뜸의 경우 시공 미흡 및 외부 충격에 의한 손상으로 단면보수가 필요할 것으로 판단되며, 스톱퍼 간섭은 스톱퍼 간섭으로 인한 무수축물탈 파손 등의 징후가 없으므로, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산면지, 우수에 의한 갯길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재에 발생한 열화, 박리, 들뜸은 차량 통행하중 및 시공시 마감처리 불량으로 인한 손상으로 단면보수 등의 유지관리가 요구된다. 차수판 파손의 경우 정비가 필요하며, 금회 진전된

신축이음 하부 고무재 손상의 경우 현재 경미한 상태이나 누수로 부식, 콘크리트 열화 등의 2차 손상이 발생 할 수 있으므로, 손상의 진전시 하부 고무재 교체 등의 유지관리가 요구된다.

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음 유간 중 여유량이 가장 작은 신축이음 유간으로 검토하였고, 측정일 온도는 25.1℃(9월 18일)로써 이때 측정유간은 19.0~37.0mm 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 접속부에 중차량 통행, 장기공용에 의한 열화로 파손이 발생하였고, 본선은 일부 구간에서 건조수축, 공용중 열화에 의한 균열이 신규 확인되었다. 파손부는 주행성 확보 차원의 단면보수가 필요하며, 균열의 경우 현재 보수 보다는 손상의 진전 및 추가 손상 발생시 일괄 보수 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수관 연결부 누수의 경우, 시공 미흡에 의한 손상으로 정비 등의 유지관리가 필요하며, 배수구는 일부구간에서 그레이팅 파손이 조사되었으나, 전반적으로 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하며, 그레이팅 파손 구간은 교체 등의 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부백태, 녹물은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 발생된 재료분리의 경우 시공미 마감미흡에 의한 손상으로 단면보수 등의 조기차 필요하며, 중분대 녹물의 경우 표면처리 등의 조치가 요구된다. 금회 조사된 방음벽 파손은 외부 충격에 의한 손상으로 교체 등의 정비가 필요하며, 접속부 파손은 기존 균열의 손상명 변경으로 단면보수 등의 유지관리가 요구된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 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) 41.7~49.6MPa, 하부구조(교대) 26.3~27.5MPa, 하부구조(교각) 28.2~29.0MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판하면, 가로보: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 27.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 5.0~6.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 6.0~7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

7.10.2 성능평가 결과

【표 7.10.1】 종합성능평가 결과

시설물 종합성능 평가 결과 산정표			
시설물명	신계교		
평가구분	성능평가점수 (X_n)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	0.175	b	0.68
내구성능 평가	0.133	b	0.19
사용성능 평가	0.436	c	0.13
종합평가 결과	• 종합 성능평가지수(E) $= \sum(\text{성능별 결함도 점수}(E_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.175 \times 0.68 + 0.133 \times 0.19 + 0.436 \times 0.13 = 0.201$ • 종합 성능평가지수(E) : 0.201 • 종합성능평가 결과 : B등급		

7.10.3 종합결론

- 신계교는 약 6년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과 대체로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 바닥판 균열, 파손 및 철근노출, 교량받침 스토퍼 간섭, 플레이트 부식, 신축이음 후타재 파손 등의 손상은 공용기간 경과시 손상의 진전 및 2차 손상 발생 우려가 있으므로 구조물의 내구성 및 사용성 향상을 위한 적절한 조치를 취하는 것이 필요하다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, B등급(0.201)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.

7.10.4 사용제한의 필요성 여부

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

7.10.5 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 신축이음 후타재 파손, 교량받침의 스토퍼 간섭의 2차 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

7.10.6 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.

