

14. 서문13교

- 14.1 시설물 개요
- 14.2 자료수집 및 분석
- 14.3 현장조사
- 14.4 콘크리트 내구성조사
- 14.5 상태평가
- 14.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 14.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 14.8 종합결론

14. 서문13교

14.1 시설물의 개요

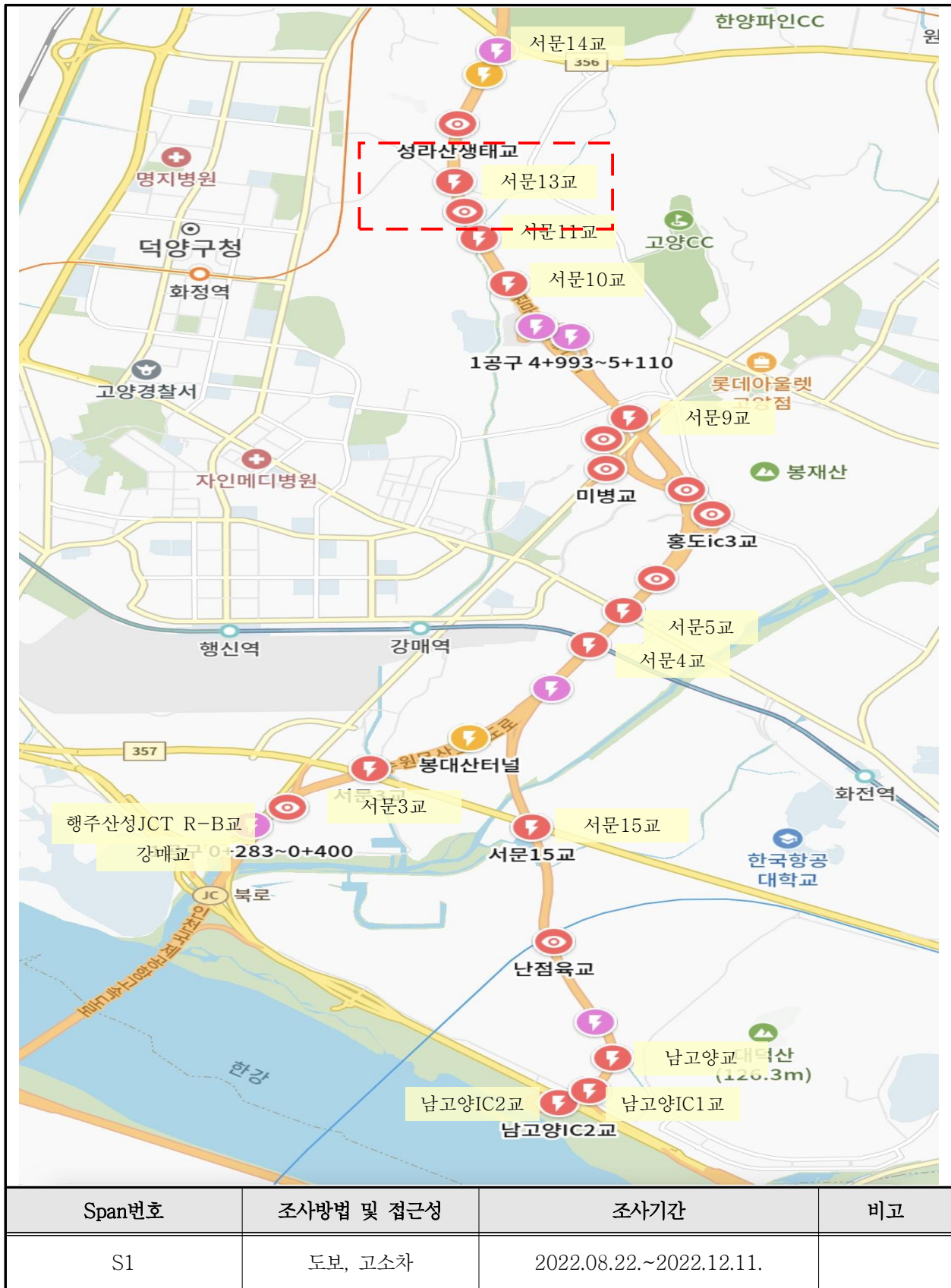
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 32.0m로 시공되어 있다.

14.1.1 일반사항

【표 14.1.1】 서문13교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000239	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=50.8m(1경간)			
	폭	B=32.0m, 6차로			
구조 형식	상부	Bicon	기초 형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		탄성고무받침	신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		-	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자	㈜다산컨설팅트	
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	
					
측면 전경			상부 전경		

14.1.2 위치도 및 전경사진

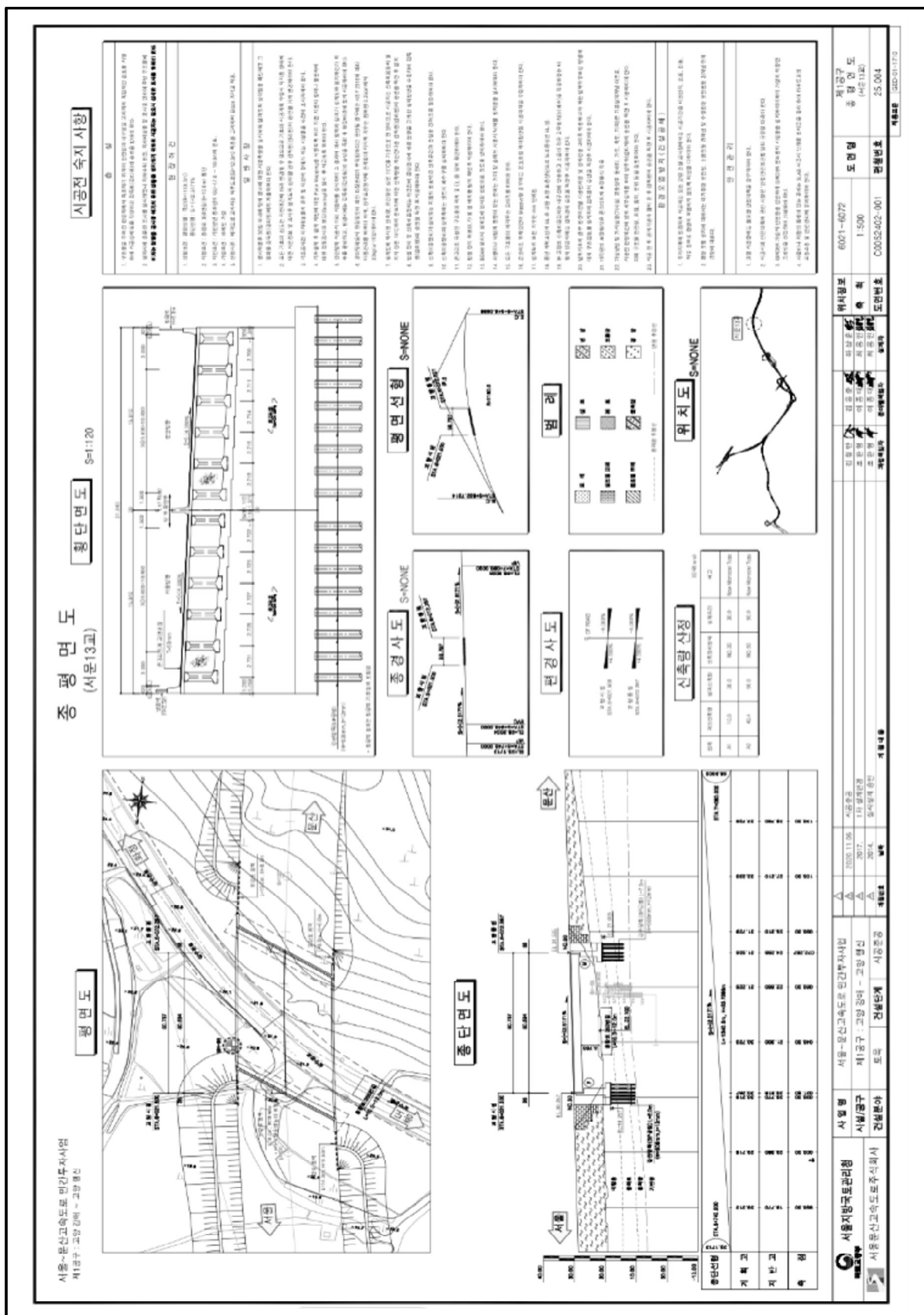


【그림 14.1.1】 위치도

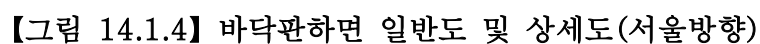
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

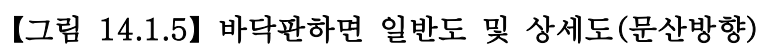
【그림 14.1.2】 부재별 현황

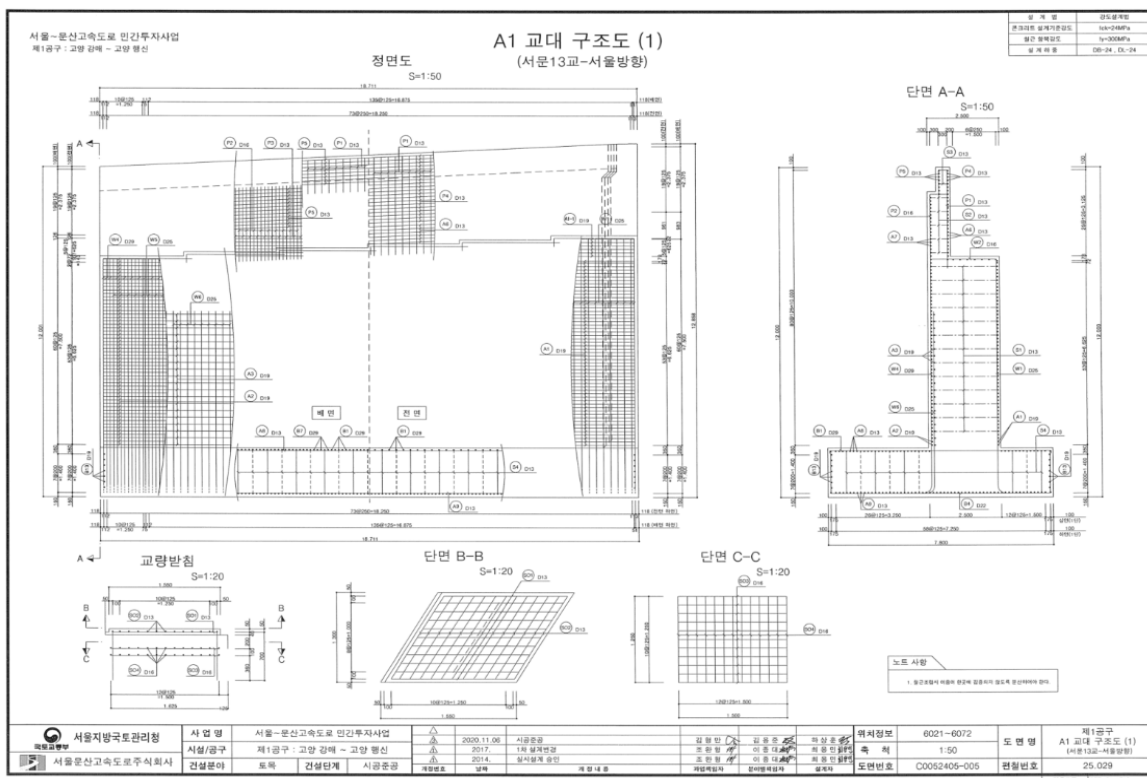
14.1.3 시설물 일반도



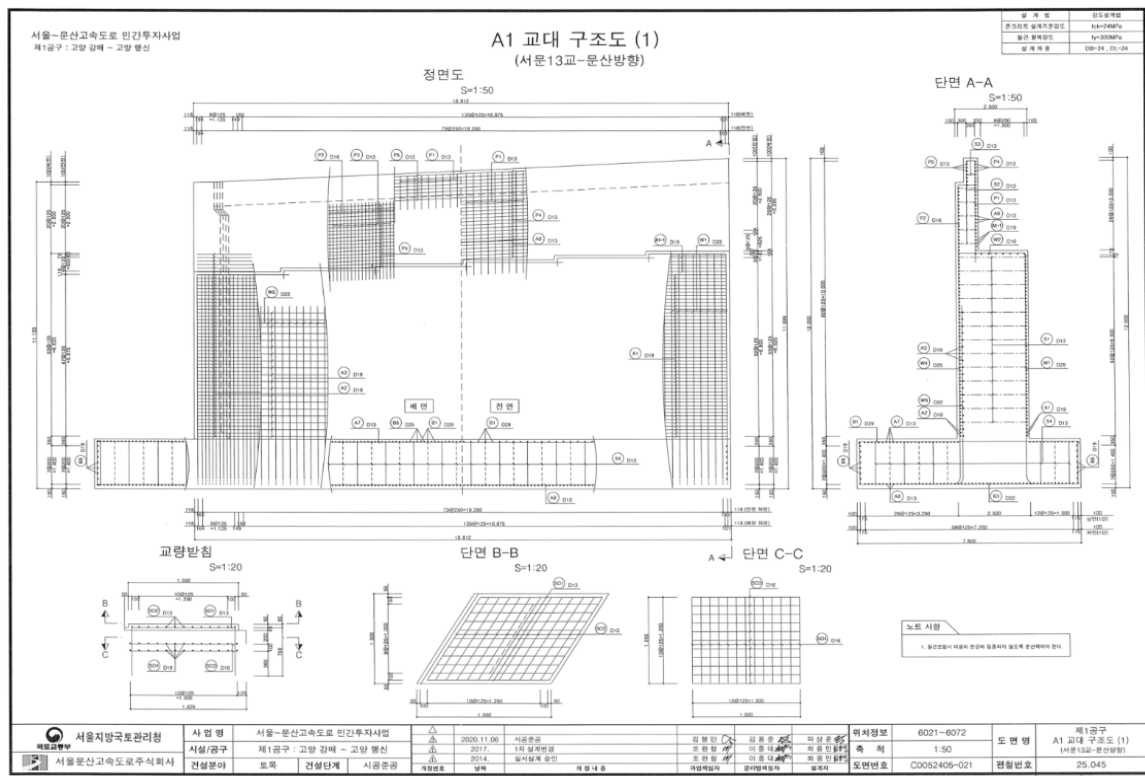
【그림 14.1.3】 평면 및 종단면도



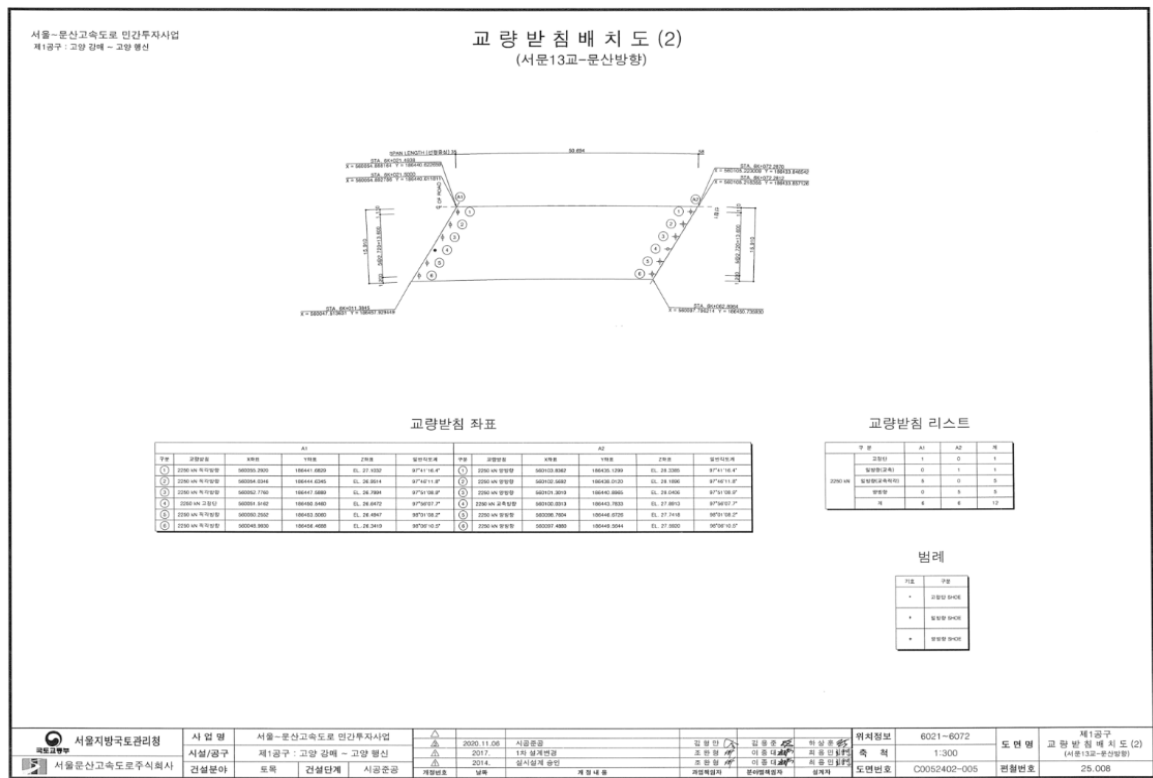
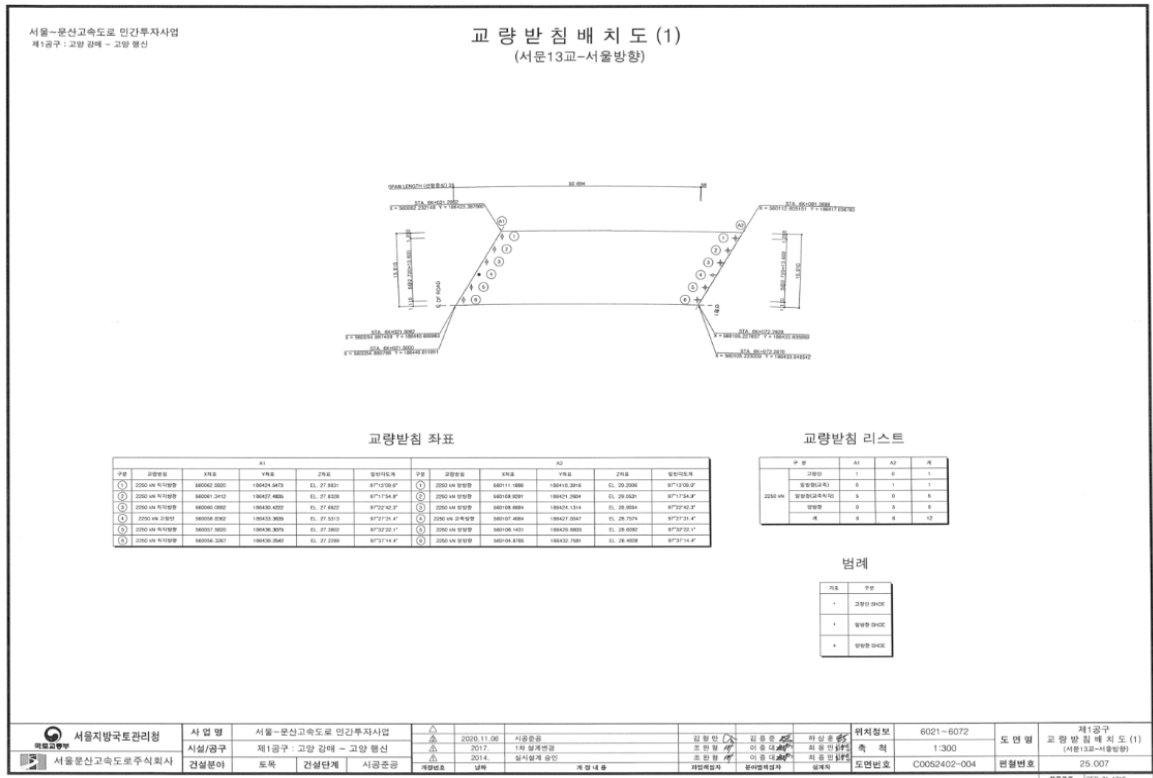




【그림 14.1.6】 교대 일반도 및 구조도(서울방향)



서문13교- 10



【그림 14.1.8】 교량반침 배치도(서울방향, 문산방향)

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

◎ 제안자별 경험식

단위중량 및 포아송비

산정방법	→수질, 기온사태 등을 이용하여 단위강수량과 포화수율을 산정 $K = \frac{K_0(Y - Y_0)}{1 + (Y - Y_0)^2}$ 여기서, $Y = \log \text{Ed}(g/cm^2) - 2.25(0.35)$	→수질, 기온사태 등을 이용하여 단위강수량과 포화수율을 산정 $K = -0.17 \cdot \ln(PMR) + 0.9$
참조치		

분류적 정보	구분
*Elasticity (1000)	$\alpha_{11} = -0.051 + 0.0001(-3.346 \times 10^{-5} R^2)$ $\alpha_{12} = -0.086 + 0.780 R^2$ $\alpha_{22} = -0.0031 R^2$

• Truman (1950)	• $\phi_{100} =$
-----------------	------------------

• G. J. (1993)	$\bullet C_m = 2 \cdot e^{0.80 \cdot \Delta MP} \text{ (MPa)}$ $\bullet \phi_m = 0.25(\Delta MP^2) + 27.5$
----------------	---

인원계수

*Hirschman (1978) p. 2

연구자, 연도	반응 속도식	의의 사항
Bernicki (1970)	$E_m = 25 \text{ RM} - 100 (\text{GPa})$; $\text{RM} > 57$	* RM = 57에 대하여 Bernicki와 Sarafin & Poroka 현황에서의 교정용 기준으로 적용
Gerasim & Poroka (1983)	$E_m = 10 \log 100 - 100 (\text{GPa})$; $\text{RM} \leq 57$	
김교현 (1993)	$E_m = 3 \log \text{RM}^2 (\text{GPa})$ - 28.67 + 0.000001에서 지수상 상에 더 결과로써 보정용 제표	
Aydon (1997)	$E_m = 0.0397 \text{ RM}^{3.19} (\text{GPa})$	

연구자, 연월	연구 내용	비고
•Broniawski (1971)	$E_u = 21MR^2 - 100(GPa)$; $RMR > 57$	▶ 기존 RMR-57에 따라 Berezanetskiy, Sorokin & Poreksa 방법에서 교정값 기준으로 적용
•Gerasim & Ponomir (1983)	$E_u = 19 \cdot RMR - 100(MPa)$; $RMR \leq 57$	
•김희철 (1993)	$E_u = 30 \cdot RMR^2$ (용암암질) 저수상 수산 열광암질 보정값 제외 - RMR^2	
•Aydin (1997)	$E_u = 0.0387 RMR^{1.58}$ (GPa)	
•Mohammad (1987)	$E_u = 0.582 RMR + 0.1835 (GPa)$	

국토교통부

제4원 성과분석 및 설계지반정수

◎ 변형주소

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

	기초	개척지	사업결과	비고
I등급	18,000	55,300~60,300	-	18,000
II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
IV등급	1,000	3,100~4,400	599~999	1,000
V등급	500	600~1,000	-	500

*정착률 = (개발지 면적 / 기초지 면적) × 100
 *개발지 : 개발제한구역 해제지역, 도시계획시설 변경지역, 준도시계획시설, 농촌주택지구, 택지지구, 용역지

5. 물안전에 철저지 못함경우 : 가정용
·일반인에게는 주로 물안전에 따라 생활하는 차이에 이러한 물안전의 원인으로 일반의 원인으로서는 달리 대량
·발생한 물안전의 원점, 기원(Origin), 유원(Origin material), 원상(Prevalence) 등을 지적 하우
·물안전정책은 안전을 추구하여 대한 물리적 안전성 및 안전성, 제조자책임의 물안전 책임 및
·기술안전으로 물을 보다 안전하게 대한 물리적 안전, 안전성, 제조자책임의 물안전 책임 및

○ 이터 암석에 대한 기본

단 계	기본가설(G_1)	단 계	기본가설(G_2)
국 제 연	32	파 울 (조지아)	31~36
민 주 연	31~38	미 국 연	30~40
대 회 연	35	대 회 연	31
대 회 연	33	사 회 연	28~35
대 회 연	27~31	대 회 연	27
대 회 연 (대 회 연)	29~39	대 회 연	32~34

최강남 (서점집)

특강분야 (세션별)	29~30	분 단	25~30
(7) 다른 것은 임의적으로 들은 양자형태에 대해 지적하여 받은 것임			
○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & J.W.Bray			
주 기	시 주	지표치(MPa)	비 고
정확하다 가장	정 수 정 수 정 수	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0	-

	합계

[illegible]

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 농작지반특성

[illegible]

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요 : •문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

부 입	투수계수(cm/s)	토 질	투수계수(cm/s)	입반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하	SC	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^2$
GP	1.0×10^{-2} 이하	ML	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$			
GM	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	CL	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GC	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	OL	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$			
SW	1.0×10^{-2} 이하	MH	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-3}$
SP	1.0×10^{-2} 이하	CH	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$			
SM	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	OH	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	균열 간격이 넓음	불투수성 일반	1.0×10^{-8} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분	문헌자료	시험결과	비 고
퇴적층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—	5.4×10^{-4}
	점토	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-8}$	1.2×10^{-7}
	모래	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	5.9×10^{-3}
중화토	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$1.96 \times 10^{-4} \sim 3.08 \times 10^{-4}$	2.4×10^{-4}
중회암	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-6} \sim 4.76 \times 10^{-6}$	3.9×10^{-6}
경 암	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$	1.9×10^{-6}
I등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	—	5.0×10^{-7}
II등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	—	5.4×10^{-6}
III등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$	1.9×10^{-6}
IV등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-6} \sim 4.76 \times 10^{-6}$	3.9×10^{-6}
V등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—	6.4×10^{-5}

89

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	원형 계수 (MPa)	포아송비 (v)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	—	—
	암 리면	20.0	0.0	35.0	—	—
배설층	자갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33
	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50
퇴적층	모래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35
	자갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32
중화토	17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
중회암	20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 비닐구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	원형 계수 (MPa)	포아송비 (v)	k(cm/s)
I 등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II 등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III 등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-6}
IV 등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V 등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 불연속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

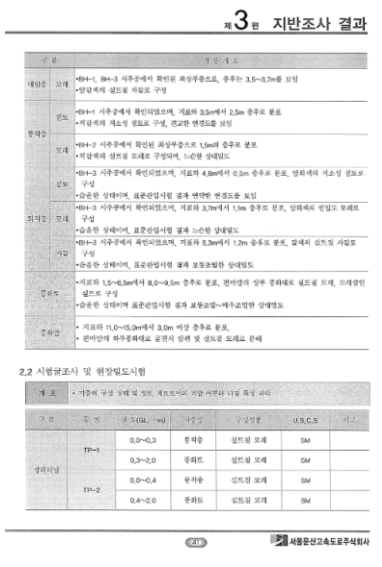
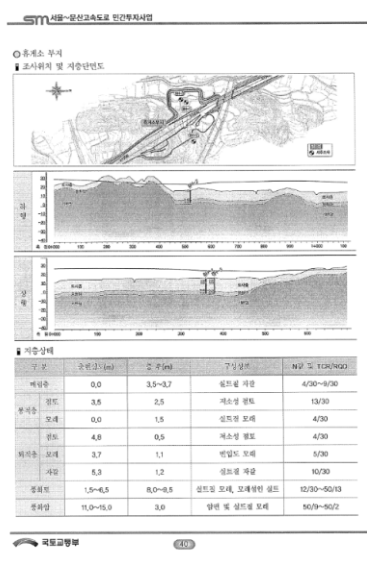
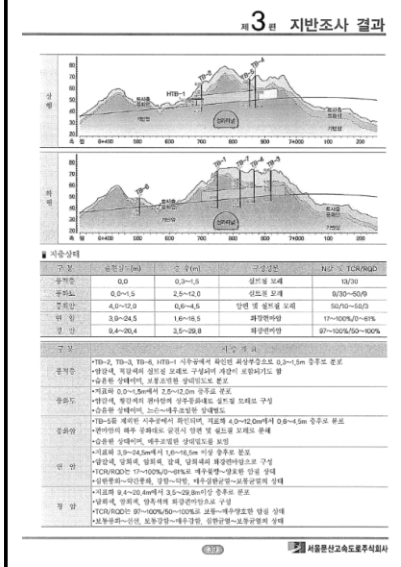
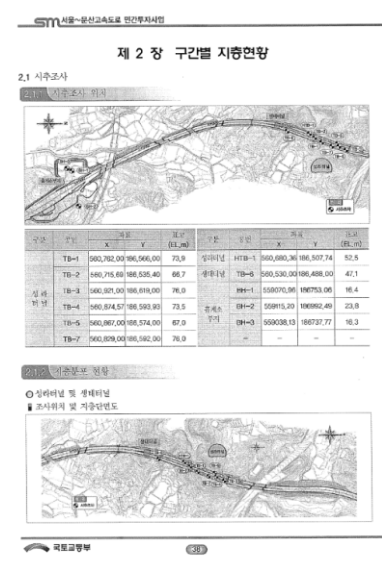
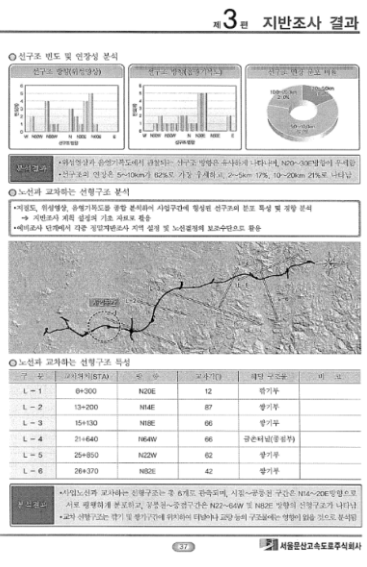
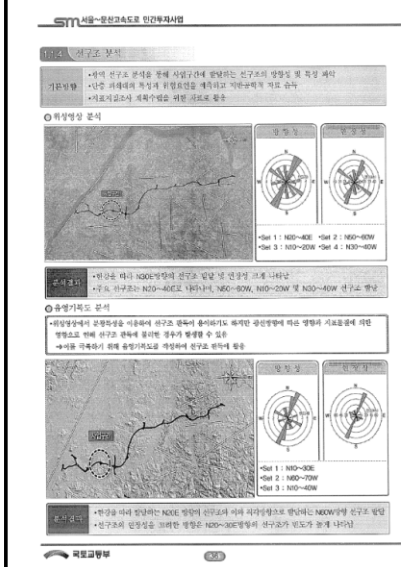
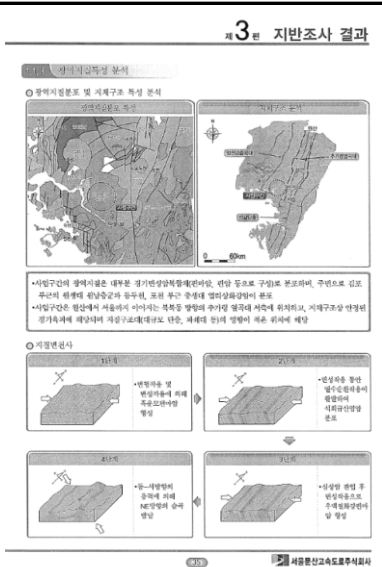
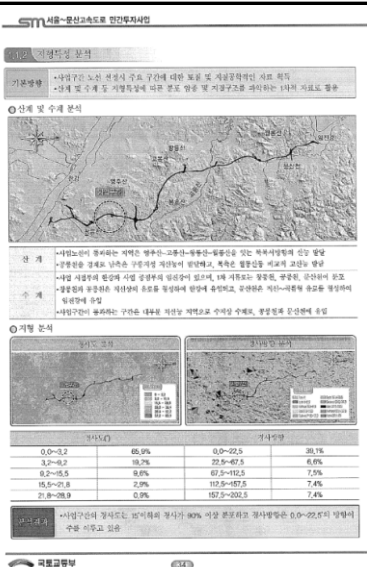
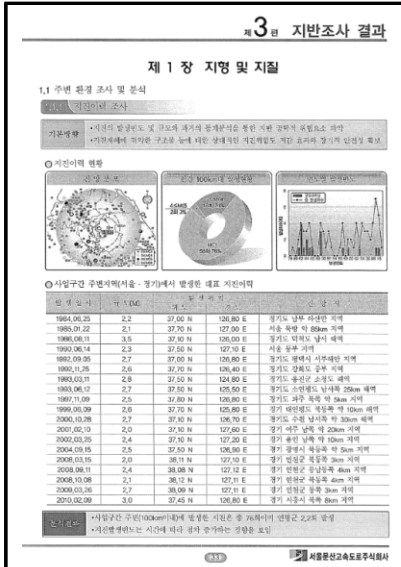
2.7.4 기타 설계지반정수

구 분	V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_u (MPa)	E_u (MPa)	K_u (MPa)	ν_u
배설층	488	180	62	164	181	0.33
	원토	645	200	68	190	0.40
	모래	480	170	52	140	0.35
퇴적층	자갈	514	190	69	181	0.32
	중화토	952	392	268	713	0.33
중회암	1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암	1,834	954	2,184	5,504	3,622	0.26
경 암	2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부

90

나. 지반 및 지질 조사보고서



SM 서울-부산고속도로 민간투자사업

○ 현장조사 결과

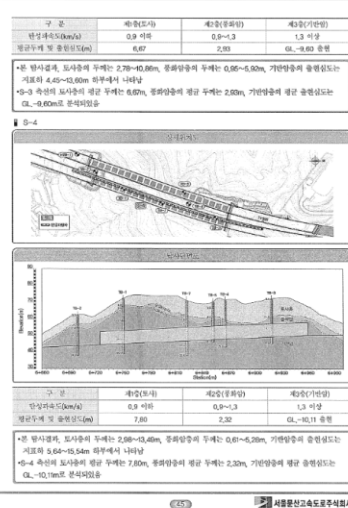
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분

2.3 표관면조사

구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분

국토교통부

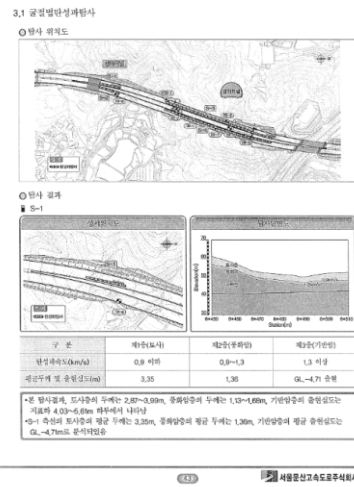
3. 지반조사 결과



국토교통부

3. 지반조사 결과

제 3 장 물리탐사



국토교통부

SM 서울-부산고속도로 민간투자사업

○ 현장조사 결과

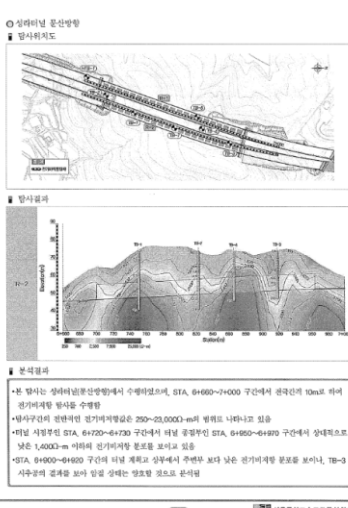
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분

2.3 표관면조사

구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분

국토교통부

3. 지반조사 결과

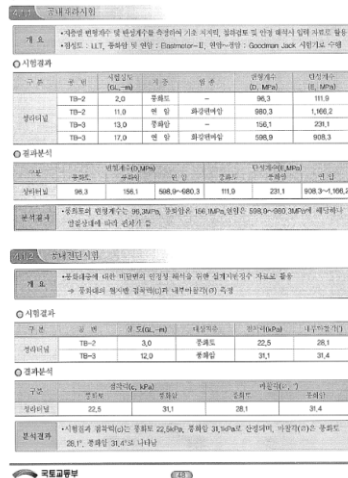


국토교통부

SM 서울-부산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

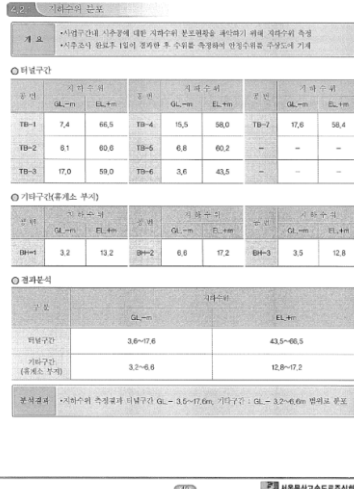
4.1 강도 및 변형특성 분석



국토교통부

3. 지반조사 결과

4.2 수리 및 투수특성 분석



국토교통부

SM 서울-부산고속도로 민간투자사업

○ 현장조사 결과

구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분

2.3 표관면조사

구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분

국토교통부

제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면 특성 분석

4.3.1 불연속면 특성

- 주요 사항
- 단면과 차폐 및 불연속면이 분포 및 발달상태(방향, 경사, 용량)를 지반 불연속면 특성 파악
 - 불연속면 분포 및 발달 상태에 따른 붕괴 지반의 지반 특성, 붕괴의 지반 특성에 대한 해석

4.3.2 지반조사 결과

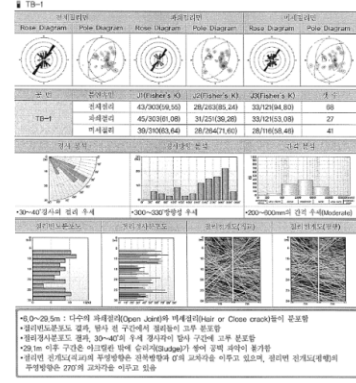


Figure 4.3.2: Geotechnical investigation results. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-1, TB-2, and TB-3.

SM-서울-물산고속도로 민간투자사업

4.4 동적특성 분석

4.4.1 동적특성 분석

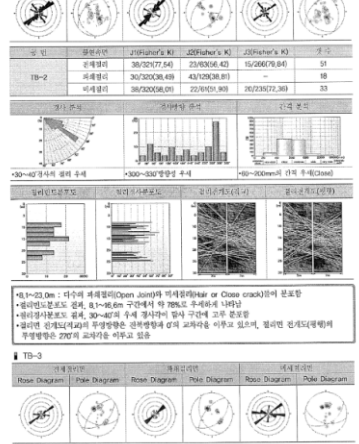


Figure 4.4.1: Dynamic characteristics analysis. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-2 and TB-3.

제3편 지반조사 결과

4.5 상세조사 결과

4.5.1 상세조사 결과

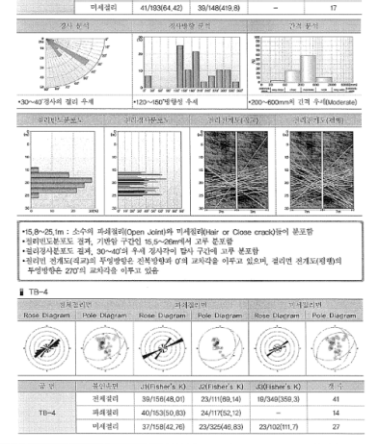


Figure 4.5.1: Detailed investigation results. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-3 and TB-4.

SM-서울-물산고속도로 민간투자사업

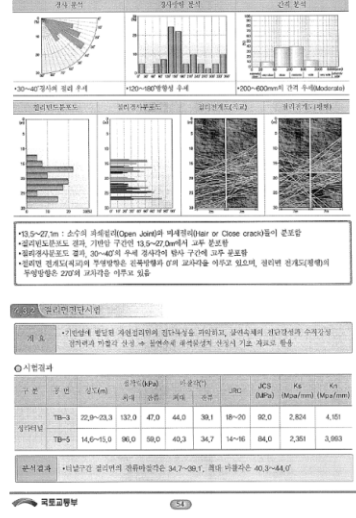


Figure 4.5.2: Geotechnical investigation results. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-1, TB-2, and TB-3.

SM-서울-물산고속도로 민간투자사업

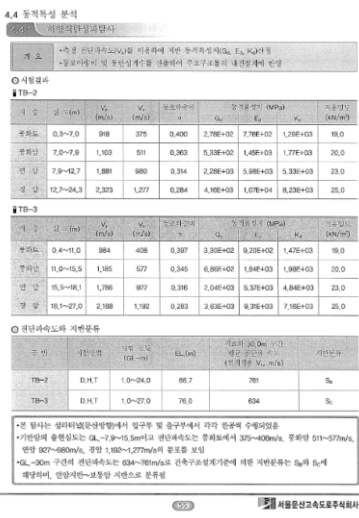


Figure 4.5.3: Geotechnical investigation results. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-2 and TB-3.

SM-서울-물산고속도로 민간투자사업

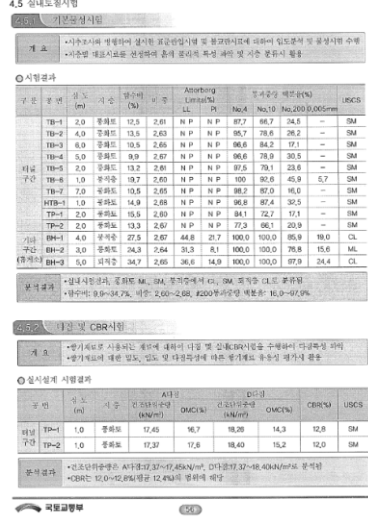


Figure 4.5.4: Geotechnical investigation results. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-3 and TB-4.

제3편 지반조사 결과

4.6 상세조사 결과

4.6.1 상세조사 결과

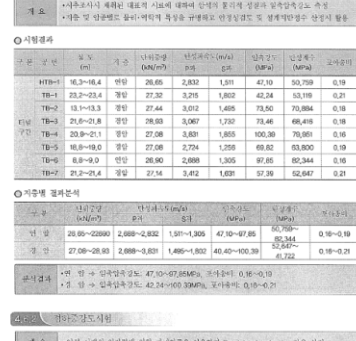


Figure 4.6.1: Detailed investigation results. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-1, TB-2, and TB-3.

SM-서울-물산고속도로 민간투자사업

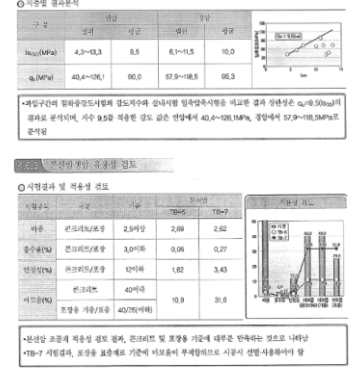


Figure 4.6.2: Geotechnical investigation results. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-2 and TB-3.

SM-서울-물산고속도로 민간투자사업



Figure 4.6.3: Geotechnical investigation results. Includes Rose Diagrams, Pole Diagrams, and Rose Diagrams for TB-3 and TB-4.

다. 구조계산서

2. 설계조건

- 교량명 : 성산교, 서울방향
- 교량형식 : Bloom 교
- 교량등급 : 1등급 적용

2.1 기본제원

- (1) 슬래브 전장 : 50.781 m
- (2) 거더 전장 : 49.900 m
- (3) 설계지간 : 49.000 m
- (4) 교량 폭원 : 15.910 m
- (5) 횡단면도 : 슬래브 일반도 참조
- (6) 종단면도 : 슬래브 일반도 참조

2.2 주요재료

2.2.1 바닥판

- (1) 콘크리트
 - $F_{ck} = 27 \text{ MPa}$
 - $E_{cks} = 8,500 \times (f_{ck} + 8)^{1/3} = 26702 \text{ MPa}$ (※ $\alpha_1 = 4$)
- (2) 철근(SD400)
 - $F_{yk} = 400 \text{ MPa}$
 - $E_{sb} = 2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$

2.2.2 Bloom 거더

- (1) 콘크리트(사용 파종 시)
 - 설계기준강도 : $F_{ck} = 40 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_{ck} = 8,500 \times (f_{ck} + 8)^{1/3} = 30008 \text{ MPa}$ (※ $\alpha_1 = 4$)
- (2) 콘크리트(PS강재 간장 시)
 - 설계기준강도 : $F_{ck} = 0.8 \times f_{ck} = 32 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_{ci} = 8,500 \times (f_{ck} + 8)^{1/3} = 28066 \text{ MPa}$ (※ $\alpha_1 = 4$)
- (3) 철근(SD300)
 - 항복강도 : $F_{yk} = 300 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_{bs} = 2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$
- (4) PS 강연선(KS D 7002 SSMC 76, 저밀력세이션 강재)
 - 직경 : $\phi_{pt} = 15.2 \text{ mm}$
 - 단면적 : $A_{pt} = 139.7 \text{ mm}^2$
 - 극한강도 : $F_{put} = 1900 \text{ MPa}$
 - 항복강도 : $F_{pyt} = 1600 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_{pt} = 2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$
- (5) PS 강봉(KS D 3505, 저밀력세이션 강재)
 - 직경 : $\phi_{pc} = 40 \text{ mm}$
 - 단면적 : $A_{pc} = 1257 \text{ mm}^2$
 - 극한강도 : $F_{puc} = 1050 \text{ MPa}$
 - 항복강도 : $F_{pyc} = 950 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_{pc} = 2.00 \times 10^5 \text{ MPa}$
- (6) 위스규격

구분	단위	강연선	강봉
PS강재 계수	개/mm	7 10 11 13 16 19 40	
위스관 내경	mm	65 75 75 85 85 100 50	
위스관 외경	mm	70 80 80 90 90 105 55	
곡률아탈계수(μ)	/rad	0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 -	
파상아탈계수(κ)	/s	0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.008	

2.2.3 탄성계수비

- (1) 거더콘크리트와 PS 강봉의 탄성계수비(n_c) = $E_{pc} / E_{ck} = 20000 / 30008 = 6.665$
- (2) 거더콘크리트와 PS 강연선의 탄성계수비(n_l) = $E_{pt} / E_{ck} = 20000 / 30008 = 6.665$
- (3) 거더콘크리트와 바닥판콘크리트의 탄성계수비(n_s) = $E_{cks} / E_{ck} = 26702 / 30008 = 0.890$

2.3 허용응력

2.3.1 바닥판 콘크리트

- 허용압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 10.8 \text{ MPa}$
- 허용인장응력 : $0.5 \sqrt{f_{ck}} = 2.60 \text{ MPa}$ (무착한 철근을 갖는 부재)

2.3.2 거더 콘크리트

- (1) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력
 - 허용압축응력 : $0.60 \times f_{ci} = 19.2 \text{ MPa}$
 - 허용인장응력 : 1.41 MPa $0.25 \times \sqrt{f_{ci}}$
- (2) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력
 - 허용압축응력 : $0.45 \times f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$
 - 허용인장응력 : $0.5 \times \sqrt{f_{ck}} = 3.16 \text{ MPa}$
- (3) 균열응력 : $0.63 \times \sqrt{f_{tk}} = 3.98 \text{ MPa}$
- (4) 정착부의 지압응력
 - 긴장재 정착 직후 : $f_{cr} = 0.7 \times f_{ci} \times \sqrt{(A_b'/A_b - 0.2)} \leq 1.10 \times f_{ci}$
 - 프리스트레스 손실 발생 후 : $f_{cr} = 0.5 \times f_{ck} \times \sqrt{(A_b'/A_b)} \leq 0.90 \times f_{ck}$

2.3.3 PS 강연선

- (1) 긴장시 최대응력 : $\text{MIN}(0.94 \times f_{pyt}, 0.8 \times f_{put}) = 1504 \text{ MPa}$
- (2) 정착 후 정착부에서의 허용응력 : $\text{MIN}(0.74 \times f_{put}, 0.82 \times f_{pyt}) = 1312 \text{ MPa}$
- (3) 사용하중 상태에서의 허용응력 : $\text{MIN}(0.74 \times f_{put}, 0.82 \times f_{pyt}) = 1312 \text{ MPa}$

2.3.4 PS 강봉

- (1) 긴장시 최대응력 : $\text{MIN}(0.94 \times f_{pyc}, 0.8 \times f_{puc}) = 840 \text{ MPa}$
- (2) 정착 후 정착부에서의 허용응력 : $\text{MIN}(0.74 \times f_{put}, 0.82 \times f_{pyt}) = 777 \text{ MPa}$
- (3) 사용하중 상태에서의 허용응력 : $\text{MIN}(0.74 \times f_{put}, 0.82 \times f_{pyt}) = 777 \text{ MPa}$

2.4 설계하중

2.4.1 고정하중(단위중량)

- (1) 철근콘크리트 : 25000 N/m^3
- (2) 프리스트레스 콘크리트 : 25000 N/m^3
- (3) PS강연선 : 11.01 N/m
- (4) PS강봉 : 102.1 N/m
- (5) L.M.C 보장 : 23500 N/m^3

2.4.2 활하중

- (1) 적용하중 : 1등급 적용
- (2) 승객계수
 - $i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 49) = 0.169 \leq 0.300$
- (3) 군중하중 : 바닥판 설계 시 : 5000 N/m^2
거더 설계 시 : 3500 N/m^2

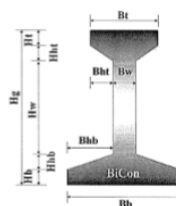
2.5 활하중에 대한 허용치점

$$L / 800 = 0.0613 \text{ m}$$

3. 단면가설

3.1 단면제원

- (1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm
- (2) 거더 단면

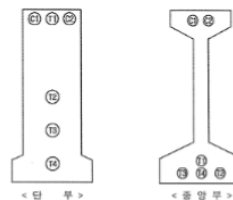


Hg	2500 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hbt	150 mm
Hbb	200 mm
Hw	1750 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bht	300 mm
Bbb	450 mm

- (3) 중간가르보수 : 1 EA
- (4) 단부볼록크기 : 700 mm

3.2 PS 강연선 및 PS강봉 배치

- (1) 단면 배치



	PS 강봉					PS 강연선				
	C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5			
직경, 가닥수	40mm	40mm	7EA	10EA	10EA	10EA	10EA			
위스관 외경	55mm	55mm	70mm	90mm	90mm	90mm	90mm			
표기간장	-625mm	-625mm	1250mm	3190mm	3190mm	3190mm	3190mm			
단부	Y	-105mm	105mm	0mm	0mm	0mm	0mm			
좌표	Z	2475mm	2475mm	2475mm	1750mm	1250mm	750mm	250mm		
중양부	Y	-105mm	105mm	0mm	-150mm	150mm	-300mm	300mm		
좌표	Z	2475mm	2475mm	115mm	125mm	125mm	125mm	125mm		

※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

11. 용력검토

11.1 G1거더 용력산출

1) G1거더 중앙부 용력검토

▷ 유효율 : 0.835

하중 단계	바닥판		거더		PS 강재		비고
	상면	하면	상면	하면	강봉	강선	
1 fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2 fps	-	-	-11.451	27.418	408.799	-1185.713	
계	-	-	2.353	16.848	408.799	-1185.713	
용력 검토	-	-	-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
	-	-	0.K	0.K	0.K	0.K	
3 fbl	-	-	8.072	-5.808	49.354	-34.297	
4 fal	1.415	1.128	1.268	-2.229	7.333	-13.567	
4-1 fal	1.402	1.118	1.257	-2.200	7.268	-13.567	통하중고려
5 fll	2.597	2.071	2.327	-4.074	13.456	-25.121	
6 fsh	0.101	0.042	0.047	-0.671	0.085	4.246	
7 fcr	0.398	0.166	0.196	-2.647	0.333	16.738	
8 frgb	-0.034	-0.031	-0.035	0.003	-0.219	0.008	
9 frgs	0.043	0.018	0.020	-0.287	0.036	1.815	
계	4.520	3.394	14.230	1.143	479.177	-1236.012	
용력 검토	10.800	-2.598	16.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	
계	4.507	3.384	14.228	1.164	479.112	-1235.800	통하중고려
용력 검토	13.500	-3.248	22.500	-3.953	±971.25	±1640.00	비정형적하중
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	25%

(+) : 압축, (-) : 인장

2) PS 강재 강성률 용력검토

구 분	C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수 (EA)			7	16	16	16	16
P _{cr} (kN)	-513.860	-513.860	998.814	2767.107	2513.846	2636.477	±2760.307
A _p (mm ²)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps (MPa)	-408.799	-408.799	1028.750	1246.804	1132.771	1188.030	±1243.830
용력 검토	±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K

11.3 G2거더 용력산출

1) G2거더 중앙부 용력검토

▷ 유효율 : 0.825

하중 단계	바닥판		거더		PS 강재		비고
	상면	하면	상면	하면	강봉	강선	
1 fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2 fps	-	-	-11.451	27.418	408.799	-1185.713	
계	-	-	2.353	16.848	408.799	-1185.713	
용력 검토	-	-	-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
	-	-	0.K	0.K	0.K	0.K	
3 fbl	-	-	8.895	-4.961	42.157	-29.296	
4 fal	0.716	0.578	0.649	-1.030	3.760	-6.331	
4-1 fal	0.882	0.720	0.809	-1.283	4.720	-7.684	통하중고려
5 fll	1.709	1.380	1.551	-2.400	9.049	-15.118	
6 fsh	0.123	0.060	0.068	-0.692	0.208	4.371	
7 fcr	0.527	0.259	0.291	-2.970	0.803	18.759	
8 frgb	-0.038	-0.033	-0.037	0.002	-0.232	0.003	
9 frgs	0.050	0.025	0.028	-0.284	0.085	1.793	
계	3.089	2.269	11.798	4.453	464.749	-1211.532	
용력 검토	10.800	-2.598	16.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	
계	3.265	2.411	11.858	4.200	465.680	-1213.065	통하중고려
용력 검토	13.500	-3.248	22.500	-3.953	±971.25	±1640.00	비정형적하중
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	25%

(+) : 압축, (-) : 인장

2) 내측거더 강성 용력검토(사용하중 상태)

구 분	C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수 (EA)			7	16	16	16	16
P _{cr} (kN)	-513.860	-513.860	998.814	2767.107	2513.846	2636.477	±2760.307
A _p (mm ²)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps (MPa)	-408.799	-408.799	1028.750	1246.804	1132.771	1188.030	±1243.830
용력 검토	±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K

11.2 G2-G5거더 용력산출

1) G2-G5거더 중앙부 용력검토

▷ 유효율 : 0.835

하중 단계	바닥판		거더		PS 강재		비고
	상면	하면	상면	하면	강봉	강선	
1 fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2 fps	-	-	-11.451	27.418	408.799	-1185.713	
계	-	-	2.353	16.848	408.799	-1185.713	
용력 검토	-	-	-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
	-	-	0.K	0.K	0.K	0.K	
3 fbl	-	-	8.493	-6.110	51.925	-36.064	
4 fal	1.262	1.007	1.131	-1.979	6.543	-12.199	
4-1 fal	1.314	1.048	1.178	-2.060	6.812	-12.701	통하중고려
5 fll	2.094	1.671	1.877	-3.283	10.857	-20.242	
6 fsh	0.101	0.042	0.047	-0.672	0.086	4.247	
7 fcr	0.398	0.166	0.187	-2.642	0.337	16.707	
8 frgb	-0.034	-0.031	-0.035	0.003	-0.220	0.008	
9 frgs	0.043	0.018	0.020	-0.287	0.037	1.818	
계	3.866	2.873	14.074	1.878	478.364	-1231.458	
용력 검토	10.800	-2.598	16.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	
계	3.917	2.914	14.121	1.797	478.633	-1231.980	통하중고려
용력 검토	13.500	-3.248	22.500	-3.953	±971.25	±1640.00	비정형적하중
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	25%

(+) : 압축, (-) : 인장

2) 내측거더 강성 용력검토(사용하중 상태)

구 분	C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수 (EA)			7	16	16	16	16
P _{cr} (kN)	-513.860	-513.860	998.814	2767.107	2513.846	2636.477	±2760.307
A _p (mm ²)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps (MPa)	-408.799	-408.799	1028.750	1246.804	1132.771	1188.030	±1243.830
용력 검토	±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K

12. 차질 검토

12.1 하중 단계별 차질

▷ 최대차질(δ) = 하중에 의한 차질 + 프리스트레스에 의한 차질

$$\delta = \frac{5 \times M \times L^3}{48 \times E \times I}$$

여기서, M : 경간 중앙부 최대 휨 모멘트 (= P × e)

L : 자간

E : 거더의 탄성계수

I : 단면 2차 모멘트(거더중앙부)

P : 프리스트레스 힘 (도입 또는 유효 프리스트레스 kgf)

e : (지점부에서 편심거리, +하향)

(1) G1 거더 차질

하 중	휨모멘트 M (kN · m)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (mm ⁴)	차 질 δ (mm)
거더 자체	8215.50	30008	0.8763	78.14
합성전 고정하중	5184.40	30008	0.9711	44.49
합성후 고정하중	2664.00	30008	1.9857	11.18
프리스트레스 도입직후	-13100.76	30008	0.8763	-124.60
프리스트레스 손실	2341.83	30008	1.9857	9.83
활하중	4888.70	30008	1.9857	20.52

(2) G2-G5 거더 차질

하 중	휨모멘트 M (kN · m)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (mm ⁴)	차 질 δ (mm)
거더 자체	8215.50	30008	0.8763	78.14
합성전 고정하중	5454.50	30008	0.9711	46.81
합성후 고정하중	2373.70	30008	1.9846	9.97
프리스트레스 도입직후	-13100.76	30008	0.8763	-124.60
프리스트레스 손실	2341.83	30008	1.9857	9.83
활하중	3938.60	30008	1.9857	16.53

(3) G6 거더 차질

하 중	휨모멘트 M (kN · m)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (mm ⁴)	차 질 δ (mm)
거더 자체	8215.50	30008	0.8763	78.14
합성전 고정하중	4425.40	30008	0.9711	38.01
합성후 고정하중	1212.80	30008	1.8777	5.38
프리스트레스 도입직후	-13100.76	30008	0.8763	-124.60
프리스트레스 손실	2341.83	30008	1.9857	9.83
활하중	2896.10	30008	1.9857	12.16

12.2 크리프에 의한 처짐

(1) 바닥판 타설전 Bicon 거더 크리프 계수 (ϕ_s , $t' = 30$ 일, $t = 90$ 일, $RH = 70\%$)

$$\begin{aligned}\phi_s(t-t') &= \phi_s \times \beta_s(t-t') \\ \phi_s &= \phi_{ss} \times \beta_s(t_{ss}) \times \beta_s(t') \\ \phi_{ss} &= 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt{t} h = 1.47 \\ \text{여기서, } h &= 2 \times Ac \times EA / u \times EA \\ &= (2 \times \text{거더단면적(mm}^2) \times \text{거더갯수}) / (\text{거더단면둘레(mm)} \times \text{거더갯수}) \\ &= 259.443 \text{ mm} \\ \beta_s(t_{ss}) &= 16.8 / \sqrt{t_{ss}} = 2.425 \\ \text{여기서, } t_{ss} &= t_{ss} + 8 = 48 \\ \beta_s(t') &= 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (30)^{0.2} \} = 0.48 \\ \beta_s(t-t') &= \{ (t-t') / \{ \beta_s + (t-t') \} \}^{0.3} = 0.48 \\ \text{여기서, } \beta_s &= 1.5 [1 + (0.012 RH)^{18}] h + 25 = 656 \text{ 일} < 1500 \text{ 일} \\ \phi_s &= \phi_{ss} \times \beta_s(t_{ss}) \times \beta_s(t') \\ &= 1.47 \times 2.425 \times 0.482 = 1.718 \\ \therefore \phi_s(t, t') &= \phi_s \times \beta_s(t-t') \\ &= 1.718 \times 0.48 = 0.825\end{aligned}$$

(2) 바닥판 타설후 Bicon 거더 크리프 계수 (ϕ_s , $t' = 90$ 일, $t = 10000$ 일, $RH = 70\%$)

$$\begin{aligned}\phi_s(t-t') &= \phi_s \times \beta_s(t-t') \\ \phi_s &= \phi_{ss} \times \beta_s(t_{ss}) \times \beta_s(t') \\ \phi_{ss} &= 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt{t} h = 1.22 \\ \text{여기서, } h &= 2 \times Ac \times EA / u \times EA \\ &= (2 \times \text{거더단면적(mm}^2) \times \text{거더갯수}) / (\text{거더단면둘레(mm)} \times \text{거더갯수}) \\ &= 259.443 \\ \beta_s(t_{ss}) &= 16.8 / \sqrt{t_{ss}} = 2.425 \\ \text{여기서, } t_{ss} &= t_{ss} + 8 = 48 \\ \beta_s(t') &= 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (90)^{0.2} \} = 0.39 \\ \beta_s(t-t') &= \{ (t-t') / \{ \beta_s + (t-t') \} \}^{0.3} = 0.98 \\ \text{여기서, } \beta_s &= 1.5 [1 + (0.012 RH)^{18}] h + 25 = 656 \text{ 일} < 1500 \text{ 일} \\ \phi_s &= \phi_{ss} \times \beta_s(t_{ss}) \times \beta_s(t') \\ &= 1.22 \times 2.425 \times 0.391 = 1.157 \\ \therefore \phi_s(t, t') &= \phi_s \times \beta_s(t-t') \\ &= 1.157 \times 0.98 = 1.134\end{aligned}$$

13. 활강도파 검토

13.1 거더

1) 극한모멘트 (Factored Moment)

$$Mu = 1.3 MD + 2.15 ML = 3130375.0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

2) 단면 재형

$$\begin{aligned}b &= 2720.0 \text{ mm} \quad (\text{압축 유효재 폭}) \\ d_p &= 2716.0 \text{ mm} \\ A_{p1} &= 0.009648 \text{ m}^2 = 9648 \text{ mm}^2 \quad (\text{강선선 용면적}) \\ A_{p2} &= 0.002514 \text{ m}^2 = 2514 \text{ mm}^2 \quad (\text{강봉 용면적}) \\ f_{ck} &= 27 \text{ MPa} \quad (\text{슬래브 콘크리트 강도}) \\ f_{cd} &= 40 \text{ MPa} \quad (\text{빔 콘크리트 강도}) \\ f_{pyt} &= 1900 \text{ MPa} \quad (\text{극한인장강도}) \\ f_{pyt} &= 1600 \text{ MPa} \quad (\text{항복강도}) \\ f_{psc} &= 1050 \text{ MPa} \quad (\text{극한변형강도}) \\ f_{psc} &= 950 \text{ MPa} \quad (\text{항복강도})\end{aligned}$$

3) 계수 산정

$$\begin{aligned}r_{p1} &= 0.28 \quad [0.40\text{-응력저가계, } 0.28\text{-지점력제이선강재, } 0.55\text{-강봉}] \\ \beta_1 &= 0.85 - [0.007 \times (f_{cd} - 28)] = 0.857 \\ \rho_{p1} &= A_p / (b \times d_p) = 0.001333 \\ r_{p2} &= 0.55 \quad [0.40\text{-응력저가계, } 0.28\text{-지점력제이선강재, } 0.55\text{-강봉}] \\ \beta_2 &= 0.85 - [0.007 \times (f_{cd} - 28)] = 0.857 \\ \rho_{p2} &= A_p / (b \times d_p) = 0.000340\end{aligned}$$

4) PG강재의 응력계산(f_{ps}) (도로교설계기준, 2010, p.4-127)

$$\begin{aligned}&\times \text{슬라브 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우} \\ f_{ps} &= f_{pyt} \times [1 - (r_{p1}/\beta_1) \times \rho_{p1} \times (f_{pyt}/f_{cd})] = 1841.8 \text{ MPa}\end{aligned}$$

5) 액식단면 검토

$$\begin{aligned}s &= (A_p \times f_{ps}) / (0.85 \times f_{cd} \times b) = 290.5 \text{ mm} \\ \text{슬래브 두께} &: 240.0 \text{ mm} < 290.5 \text{ mm} \text{ ----- 플랜지단면}\end{aligned}$$

6) 최대 PG 강재율 검토

$$\begin{aligned}\text{강재비율}(\rho_p) &= \rho_p \times f_{ps} / f_{cd} = 0.091 \\ \rho_p &(< 0.091) < 0.36 \times \beta_1 (< 0.309) \text{ ----- } 0.K\end{aligned}$$

7) 극한 저항 모멘트 검토

$$\begin{aligned}\phi \cdot M_n &= \phi [A_{ps} \times f_{ps} \times d_p \times (1 - 0.59 \times A_{ps} \times f_{ps} / (b_o \times d_p \times f_{cd})) \\ &\quad + 0.85 \times f_{cd} (b - b_o) \times t \times (d_p - 0.5 t)] = 38358.01 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ \phi \cdot M_n &(< 38358.008) > M_u (< 31393.775) \text{ ----- } 0.K \\ \text{균열 모멘트 검토} \\ 1.2 \cdot M_{cr} &= Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{f_{cd}} + f_{bo} - f_d) = -33637.811 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ f_{pe} &= 22.898 \text{ MPa} \\ f_d &= M_{eff} / Z_{bo} = -10.571 \text{ MPa} \\ Z_{bo} &= I_{cr} / y_{bo} = -0.777 \text{ m}^3 \\ 1.2 \cdot M_{cr} &(< -33637.811 < \phi \cdot M_n (< 38358.008) \text{ ----- } 0.K\end{aligned}$$

(3) G1 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{s1} &= \phi_s \times (\delta_{ss} + \delta_{ps}) \quad (\phi_s = 0.825) \\ &= 0.825 \times (78.14 + -124.60) = -38.33 \text{ mm}\end{aligned}$$

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{s2} &= \phi_s \times (\delta_{ss} + \delta_{s1} + \delta_{ps}) \quad (\phi_s = 1.134) \\ &= 1.134 \times (78.14 + 44.49 + 11.18 + -114.77) \\ &= 21.59 \text{ mm}\end{aligned}$$

(4) G2-G5 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{s1} &= \phi_s \times (\delta_{ss} + \delta_{ps}) \quad (\phi_s = 0.825) \\ &= 0.825 \times (78.14 + -124.60) = -38.33 \text{ mm}\end{aligned}$$

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{s2} &= \phi_s \times (\delta_{ss} + \delta_{s1} + \delta_{ps}) \quad (\phi_s = 1.134) \\ &= 1.134 \times (78.14 + 46.81 + 9.97 + -114.77) \\ &= 22.85 \text{ mm}\end{aligned}$$

12.3 처짐의 합계

(단위: mm)				
구 분	G1 거더	G2-G5 거더	G6 거더	비 고
프리스트레스 도입직후	-46.46	-46.46	-46.46	$\delta_{ss} + \delta_{ps}$
바닥판 타설 전	-64.80	-64.80	-64.80	
바닥판 타설 후	-40.30	-37.98	-40.70	$\delta_{ss} + \delta_{s1} + \delta_{ps} + \delta_{s2}$
교정하중 작용시	2.30	4.55	-9.98	$\delta_{ss} + \delta_{s1} + \delta_{ps} + \delta_{ps} + \delta_{s1} + \delta_{s2}$
활하중에 의한 처짐량	20.52	16.53	12.16	

12.4 활하중에 의한 처짐 검토

$$\Delta \text{ 허용처짐}(\delta_v) = L / 800 = 49 / 800 = 61.25 \text{ mm}$$

(1) G1 거더

$$\delta_v = 20.52 < \delta_a = 61.25 \text{ ----- } 0.K$$

(2) G2-G5 거더

$$\delta_v = 16.53 < \delta_a = 61.25 \text{ ----- } 0.K$$

(3) G6 거더

$$\delta_v = 12.16 < \delta_a = 61.25 \text{ ----- } 0.K$$

14. 전단 검토

14.1 수직 전단 검토

14.1.1 G1 거더

▷ 전단력이 가장 크게 발생하는 지점부에서 검토

외측거더 지점부 단면력

구 분	V(kN)	M(kN · m)
자 중	725.88	5.54
활상전	411.97	1.66
활상후	263.19	26.19
활하중	443.75	29.01

2) 전단강도 V_{cw} (복부 전단강도)

$$\begin{aligned}V_{cw} &= (0.29 \times \sqrt{f_{cd}} + 0.3 \times f_{pc}) \times b_w \times d + V = 10340031 \text{ N} = 10349.03 \text{ kN} \\ f_{pc} &= P_{e1} / A_c = 9943964 / 1010953 = 9.836 \text{ MPa} \\ V_p &= P_{e2} \times \sin \theta \quad (V_p: \text{수직분력}) = 8916243 \times 0.2677 = 2386808.99 \text{ N} \\ \therefore V_c &= \min [V_{c1}, V_{cw}] = 10349.0 \text{ kN}\end{aligned}$$

3) $aV_c = 0.80 \times 10349.0 = 8279.2 \text{ kN}$

$$1/2 aV_c = 4139.613 \text{ kN}$$

$$\therefore V_u < 1/2 aV_c, \text{ 전단 설계 불필요}$$

4) 최소 전단결근 검토

전단 결근 간격 $s = 200 \text{ mm}$ (0.75H (=1950mm) 또는 600mm보다 커서는 안된다.)

$$A_{min} = 0.0625 \times \sqrt{f_{cd}} \times b_w \times s / f_y = 210.819 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 210.819 \text{ mm}^2 > 0.35 \times b_w \times s / f_y = 186.667 \text{ mm}^2 \text{ ----- } 0.K$$

$$A_{all} = \max(A_v, A_{min}) = 210.819 \text{ mm}^2$$

$$A_{use} = D16 \times 2 EA = 397.2 \text{ mm}^2 \text{ ----- } 0.K$$

4) 전단 결근 검토

전단 결근 간격 $s = 200 \text{ mm}$ (0.75H (=1950mm) 또는 600mm보다 커서는 안된다.)

$$A_v = (V_u - \phi V_c) S / (\phi f_y d) = (2775.4 - 8279.2) \times 200 / (0.80 \times 300 \times 2080.00) = -2,205.05 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 0.35 \times b_w \times s / f_y = 186.67 \text{ mm}^2$$

$$A_{all} = \max(A_v, A_{min}) = 186.67 \text{ mm}^2$$

$$A_{use} = D16 \times 2 EA = 397.2 \text{ mm}^2 \text{ ----- } 0.K$$

■ 결과 요약

■ 유속 안전검토 및 유속검토

구분	항목	허용값	발생값	비고
방상시	허용지하력(kN/EA)	842.000	810.608	0.K
	허용인발력(kN/EA)	265.270	-	0.K
	활중력(MPa)	140.000	127.644	0.K
	전단응력(MPa)	80.000	13.859	0.K
	수평변위(mm)	15.000	13.751	0.K
지진시	허용지하력(kN/EA)	1263.000	1160.183	0.K
	허용인발력(kN/EA)	397.905	-217.795	0.K
	활중력(MPa)	210.000	155.161	0.K
	전단응력(MPa)	120.000	20.550	0.K
	수평변위(mm)	15.000	11.490	0.K

■ 단면 설계

단면위치	길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm ²)	사용철근량 Mu (kN·m)	중립축 Mu (kN·m)	안전도	비고		
관면지반	1800	150	2347.982	3096.8	977.577	1284.997	1.314	0.K	
후면지반	1800	100	4339.14	5139.2	1845.714	2178.322	1.18	0.K	
벽체 (H=11.058)	2500	100	4809.615	6623.2	2862.58	3919.465	1.369	0.K	
출벽	800	100	922.124	1301.2	163.005	229.09	1.405	0.K	
무축남계벽	A(T=800 mm)	800	80	2664.053	4053.6	475.813	713.432	1.499	0.K
	좌부(T=620)	620	80	1261.133	4053.6	170.676	527.371	3.08	0.K
	B(T=800 mm)	800	80	2349.422	4053.6	421.004	713.432	1.695	0.K
	C(T=800 mm)	800	80	3303.652	4053.6	588.086	713.432	1.217	0.K

■ 사용성 검토

구분	인장응력(f _s)	허용응력(f _{sa})	불균일응력(S _q)	최대응력(S _q)	비고	
관면지반	128.648	150	125	264.638	0.K	
후면지반	139.109	150	125	352.353	0.K	
벽체 (H=11.058)	85.279	150	125	709.687	0.K	
출벽	134.035	150	125	357.534	0.K	
무축남계벽	A(T=800 mm)	101.834	150	125	604.568	0.K
	좌부(T=620)	48.019	150	125	1311.976	0.K
	B(T=800 mm)	90.529	150	125	695.913	0.K
	C(T=800 mm)	126.179	150	125	455.361	0.K

1. 설계 조건

1) 일반 사항

- (1) 구조 형식 : 역T형 교대
- (2) 상부 형식 : IPC GIRDER
- (3) 교량 등급 : 1 등급
- (4) 교대 총 폭 : B = 18.711 m
- (5) 교대 총 높이에 : H = 12.858 m
- (6) 기초 형식 : 말뚝기초
- (7) 설계 : 58.000 °

2) 하중

- (1) 활중하중의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 활중하중의 단위중량 : $\gamma_{s1} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ (토사) [도로설계요령 제3편 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^3$
- (4) 과 재 하 중 : $q_l = 10.000 \text{ kN/m}$
- (5) 상부 고정하중 반력 : $R_d = 442.224 \text{ kN/m}$
- (6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 102.434 \text{ kN/m}$
- (7) 교량방형 미합계수 : $f_g = 0.150$

3) 지반 조건

- (1) 암반층과의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$
- (2) 기초지반의 마찰 : $N = 6.000$
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 24.487^\circ$ ($\phi_2 = 15 + \sqrt{15N}$)
- (4) 기초지반의 점착력 : $C = 6.000 \text{ kN/m}^2$
- (5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.293$; $TAN(\frac{\phi}{2} + \phi_2)$: 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$; 위험도계수 $\times$ 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사용재료 강도

- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.000 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 27849.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도($S_{0.2000}$) : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
- 탄성계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$

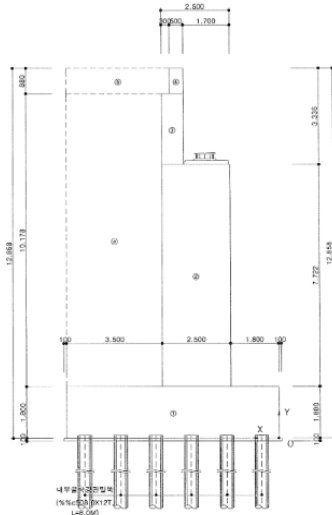
5) 설계 방법

- (1) 안정성 검토 : 허용응력 설계법
- (2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

6) 참고 문헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2009)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도기준 설계부 설계지침 (2006)

2. 단면 가정



※ 교량방형 반력 집계표 (단위: kN)

구분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1491.352	1402.822	1377.028	1361.234	1303.801	1278.197	8274.434
활하중	176.154	258.213	331.527	378.676	333.988	378.088	1916.646

※ 지진하중 집계표 (단위: kN)

구분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	229.668	216.035	212.062	209.63	210.025	196.842	1274.263
직각방향	229.668	216.035	212.062	209.63	210.025	196.842	1274.263

$H = R \times A \times S$ R : 교량방형의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)

교축직각방향 $H = R \times A \times S$, R : 교량방형의 고정하중 반력

교축방향 $H = R \times A \times S$, R : 교량방형의 고정하중 반력

7. 사용성 검토

1) 출벽 설계

- ① 용허중에 의한 부재력
- $P_v = 114.60 \times K_a$
- $= 114.60 \times 0.251$
- $= 28.765 \text{ kN}$
- $M_p = 114.60 \times K_a \times (H - 0.36)$
- $= 114.60 \times 0.251 \times (3.336 - 0.36)$
- $= 85.605 \text{ kN.m}$
- ② 토압에 의한 부재력
- $P_h = 1/2 \times K_a \times r \times H^2 \times \cos \delta$
- $= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 3.336^2 \times \cos 11.067^\circ$
- $= 27.358 \text{ kN}$
- $M_o = 1/3 \times H \times P_h$
- $= 1/3 \times 3.336 \times 27.358$
- $= 30.422 \text{ kN.m}$
- ③ 설계 단면력 산정
- $V_s = 28.765 + 27.358$
- $= 56.122 \text{ kN}$
- $M_s = 85.605 + 30.422$
- $= 116.028 \text{ kN.m}$

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : $H = 11.058 \text{ m}$ 『하중계산 참조』

구분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			불상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	41.793	4.459	-	1.000	41.793	186.341
2. 배면토압(방상시)	300.598	3.686	1.000	-	300.598	1108.037
3. 배면토압(지진시)	383.980	5.529	-	1.000	383.980	2123.089
4. 토체중 상재하중	27.183	5.529	1.000	-	27.183	150.299
5. 상부관성력	66.103	8.122	-	1.000	66.103	553.150

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출

: 검토위치($H = 1.800 \text{ m}$)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.

$H_o = \sum (H_{20} - H_{20}) = 41.793 \text{ kN}$

$M_o = \sum (H_{20} \times (y_{20} - 1.800)) - H_{20} \times (y_{20} - 1.800)) = 186.341 \text{ kN.m}$

$y = M_o / H_o = 186.341 / 41.793 = 4.459$

② 설계 단면력 산정

구분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비고
설계단면력	327.781	1258.336	

3) 기초 설계

① 하중조합

구분	구분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	1778.140	482.908	8447.621	2144.474
COMB 2	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5+7+8)	1778.140	482.908	8447.621	2144.474
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	1673.126	647.988	7778.895	4065.537
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	2322.798	482.908	9925.823	2144.474
COMB 5	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5+7+8)	2322.798	482.908	9925.823	2144.474
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+11)	2115.350	716.091	8979.090	4741.273

참) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6 : 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다점기계(로울러)를 건설기계의 하중을 뜻함.

① 말뚝도심에서의 작용하중 계산

$$\Sigma M = \Sigma Mr - \Sigma Mo$$

$$e = \text{말뚝도심} (-3.900) - \Sigma M / \Sigma V : \text{말뚝도심의 계산은 '4. 안정검토' 참조}$$

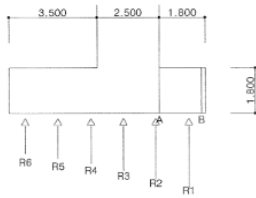
$$M_0 = V \times e$$

- 하중조합별 작용력

구분	구분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	33270.778	9035.692	0.355	11811.126
COMB 2	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5)	33270.778	9035.692	0.355	11811.126
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	31306.861	12124.503	1.681	52625.152
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	43461.873	9035.692	0.55	23904.03
COMB 5	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5)	43461.873	9035.692	0.55	23904.03
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+11)	36580.314	13398.779	1.897	75083.855

각 작용력은 교대의 전폭(18.711 m)를 고려한 결과값임.

② 전면차관(앞굴)의 단면력 계산



$$R1 = Ru1 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R2 = Ru2 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R3 = Ru3 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R4 = Ru4 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R5 = Ru5 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R6 = Ru6 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

구분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4	Ru5	Ru6
COMB 1	597.210	510.790	424.370	357.230	309.380	261.530
COMB 2	597.210	510.790	424.370	357.230	309.380	261.530
COMB 3	680.460	677.350	474.240	290.070	124.850	-40.380
COMB 4	810.610	687.360	564.100	459.540	373.670	287.790
COMB 5	810.610	687.360	564.100	459.540	373.670	287.790
COMB 6	1160.180	884.590	608.990	353.320	117.580	-118.160

- 기초자중에 의한 단면력

$$V_b = 1.800 \times 0.150 \times 25.000 = 6.750 \text{ kN}$$

$$M_a = 1.800 \times 1.800 \times 25.000 \times 1.800 / 2 = 72.900 \text{ kN.m}$$

- 말뚝반력에 의한 단면력

$$V_b = 0.00$$

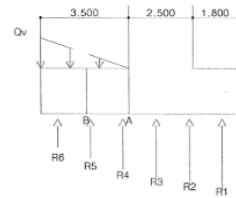
$$M_a = R1 \times 1.150$$

- 설계단면력 산정

구분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	0.000	513.875	6.750	440.975
COMB 2	0.000	513.875	6.750	440.975
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	0.000	697.496	6.750	624.596
COMB 5	0.000	697.496	6.750	624.596
COMB 6	-	-	-	-

참) 사면성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

③ 후면차관(뒷굴)의 단면력 계산



$$R1 = Ru1 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R2 = Ru2 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R3 = Ru3 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R4 = Ru4 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R5 = Ru5 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

$$R6 = Ru6 \times 14\text{본} / 18.711 \text{ (kN/m)}$$

4) 사용성 검토

① 전면차관

① 용력 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 624.596 \times 1000000 / [3096.800 \times (1650.000 - 246.662/3)]$$

$$= 128.648 \text{ MPa}$$

$$x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$$

$$= -7 \times 3096.800 / 1000.0 + 7 \times 3096.800 / 1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 1650.0 / (7 \times 3096.800)}$$

$$= 246.662 \text{ mm}$$

사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 150.0 mm)

1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

② 철근의 최대 종심간격

$$C_c = 150.00 - 22/2 = 139.00 \text{ mm}$$

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

$$S_{min} : 375 \times (Kcr / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 128.65) - 2.5 \times 139.00 = 264.64 \text{ mm}$$

$$300 \times (Kcr / f_s) = 300 \times (210 / 128.65) = 489.71 \text{ mm}$$

Sa는 작은 값인 264.64 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq Sa (= 264.64 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K$$

② 후면차관

① 용력 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 1140.136 \times 1000000 / [5139.200 \times (1700.000 - 315.604/3)]$$

$$= 139.109 \text{ MPa}$$

$$x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$$

$$= -7 \times 5139.200 / 1000.0 + 7 \times 5139.200 / 1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 1700.0 / (7 \times 5139.200)}$$

$$= 315.604 \text{ mm}$$

사용철근량 = 5139.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)

1단 : D28 - 8.0 EA (= 5139.2 mm²)

② 철근의 최대 종심간격

$$C_c = 100.00 - 29/2 = 85.50 \text{ mm}$$

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

$$S_{min} : 375 \times (Kcr / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 139.11) - 2.5 \times 85.50 = 352.35 \text{ mm}$$

$$300 \times (Kcr / f_s) = 300 \times (210 / 139.11) = 452.88 \text{ mm}$$

Sa는 작은 값인 352.35 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq Sa (= 352.35 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K$$

③ 벽체 (H=11.058)

① 용력 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 1258.336 \times 1000000 / [6623.200 \times (2369.398 - 424.649/3)]$$

$$= 85.279 \text{ MPa}$$

$$x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$$

$$= -7 \times 6623.200 / 1000.0 + 7 \times 6623.200 / 1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 2369.4 / (7 \times 6623.200)}$$

$$= 424.649 \text{ mm}$$

사용철근량 = 6623.2 mm² (철근도심 : 130.6 mm)

1단 : D20 - 4.0 EA, D25 - 4.0 EA (= 4596.4 mm²)

2단 : D25 - 4.0 EA (= 2026.8 mm²)

② 철근의 최대 종심간격

$$C_c = 100.00 - 29/2 = 85.50 \text{ mm}$$

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

$$S_{min} : 375 \times (Kcr / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 85.28) - 2.5 \times 85.50 = 709.69 \text{ mm}$$

$$300 \times (Kcr / f_s) = 300 \times (210 / 85.28) = 738.75 \text{ mm}$$

Sa는 작은 값인 709.69 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq Sa (= 709.69 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K$$

④ 용벽

① 용력 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 116.028 \times 1000000 / [1301.200 \times (700.000 - 104.182/3)]$$

$$= 134.035 \text{ MPa}$$

$$x = -nA_s/b + nA_s/b \sqrt{1 + 2bd/(nA_s)}$$

$$= -7 \times 1301.200 / 1000.0 + 7 \times 1301.200 / 1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 700.0 / (7 \times 1301.200)}$$

$$= 104.182 \text{ mm}$$

사용철근량 = 1301.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)

1단 : D16 - 4.0 EA, D13 - 4.0 EA (= 1301.2 mm²)

② 철근의 최대 종심간격

$$C_c = 100.00 - 16/2 = 92.00 \text{ mm}$$

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

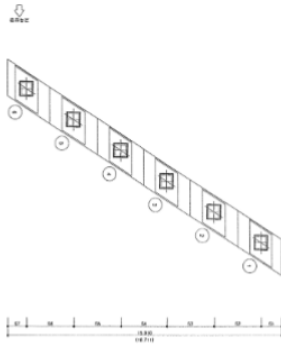
$$S_{min} : 375 \times (Kcr / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 134.03) - 2.5 \times 92.00 = 357.53 \text{ mm}$$

$$300 \times (Kcr / f_s) = 300 \times (210 / 134.03) = 470.03 \text{ mm}$$

Sa는 작은 값인 357.53 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq Sa (= 357.53 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K$$

10. 교좌부 검토



1) 발침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 $S = 200 + 5.0L$
 $S = 200 + 5.0 \times 50.787 = 453.935 \text{ mm}$

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	발침 거리		연단거리	비 고
		교축방향	직각방향		
1	453.935	650.000	600.000	482.041	0.K
2	453.935	650.000	600.000	481.910	0.K
3	453.935	650.000	600.000	481.778	0.K
4	453.935	600.000	650.000	490.477	0.K
5	453.935	650.000	600.000	480.516	0.K
6	453.935	650.000	600.000	480.385	0.K

2) 최소 발침지지 길이 검토

① 최소 발침지지 길이

- 사각이 58.0° 이므로 발침선과 교축직각방향의 사이각은 32.00°
 $N = (200 + 1.67 \times L + 6.66 \times H) \times (1 + 0.000125 \times \theta^2) \text{ mm}$
 $= (200 + 1.67 \times 50.787 + 6.66 \times 0.000) \times (1 + 0.000125 \times 32.00^2)$
 $= 321.271 \text{ mm}$

5) 교량방형 하면 보강 : 교량방형 1

① 교량방형에 작용하는 하중

- 연직하중 : 최대반력
 $P = 1956.852 \text{ kN}$

- 교축방향 수평하중 : 한성지진력, 온도변화의 영향
 $Hx1 = 0 \text{ kN}$: 고정단 발침이므로 온도변화의 영향은 고려하지 않는다
 $Hx2 = 287.085 / 1.33 = 215.854 \text{ kN}$
 $\Rightarrow$ 수평력은 $Hx1, Hx2$ 중 큰 값인 215.854 kN을 적용한다.

- 교축직각방향 수평하중 : 한성지진력, 풍하중의 영향
 $Hy1 = 0 \text{ kN}$: 고정단 발침이므로 풍하중은 적용되지 않는다.
 $Hy2 = 287.085 / 1.33 = 215.854 \text{ kN}$
 $\Rightarrow$ 수평력은 $Hy1, Hy2$ 중 큰 값인 215.854 kN을 적용한다.

② 연직하중에 대한 보강

$b1x = 650.000 \text{ mm}$ $b1y = 600.000 \text{ mm}$
 $b2x = 914.000 \text{ mm}$ $b2y = 1201.600 \text{ mm}$
 $b1x = 2 \times b2x = 1828.000 \text{ mm} < 5 \times b1x = 3250.000 \text{ mm}$
 $b1y = 2 \times b2y = 2403.200 \text{ mm} < 5 \times b1y = 3000.000 \text{ mm}$
 $Asx1 = 1/4 \times (1 - b1x/b2x) \times P / f_{sa}$
 $= 1/4 \times (1 - 650.000/1828.000) \times 1956.852 \times 10^3 / 150.000$
 $= 2101.725 \text{ mm}^2$
 $Asy1 = 1/4 \times (1 - b1y/b2y) \times P / f_{sa}$
 $= 1/4 \times (1 - 600.000/2403.200) \times 1956.852 \times 10^3 / 150.000$
 $= 2447.151 \text{ mm}^2$

③ 수평하중에 대한 보강

$Asx2 = Hx / f_{sa}$
 $= 215.854 \times 10^3 / 150.000$
 $= 1439.024 \text{ mm}^2$
 $Asy2 = Hy / f_{sa}$
 $= 215.854 \times 10^3 / 150.000$
 $= 1439.024 \text{ mm}^2$

④ 철근 보강 범위

- 교축직각방향 철근보강 범위

$Bxo = b1x + b2y = 650.000 + 1201.600 = 1851.600 \text{ mm}$
 여기서, 교좌중심에서의 연단거리 914.000 mm가 $Bxo/2 = 925.800 \text{ mm}$ 보다 작으므로 보강필요
 $Bxo = b2x + (b1x + b2y)/2 = 914.000 + (650.000+1201.600)/2 = 1839.800 \text{ mm}$

- 교축방향 철근보강 범위

$Byo = b1y + b2x = 600.000 + 914.000 = 1514.000 \text{ mm}$

② 실제 발침지지 길이

$N1 = 2005 - 35 - 50 = 1920 \text{ mm} \geq 321 \text{ mm} \therefore 0.K$

3) 교량발침 수직력, 수평력 검토

구 분	수직력			수평력		
	하중값	상부반력	비 고	하중값	한성지진력	비 고
SHOE 1	2250.000	1956.852	0.K	345.000	287.085	0.K
SHOE 2	2250.000	1837.705	0.K	345.000	270.043	0.K
SHOE 3	2250.000	1769.572	0.K	345.000	265.078	0.K
SHOE 4	2250.000	1751.415	0.K	345.000	262.038	0.K
SHOE 5	2250.000	1798.768	0.K	345.000	262.532	0.K
SHOE 6	2250.000	1721.854	0.K	345.000	246.053	0.K

- 한성지진력은 응답수정계수 ($R = 0.8$)를 고려한 값이며 내진장치 불필요

4) 교량방형 보강 철근 검토

① 교량방형에 작용하는 하중

구 분	수직력	교축방향		직각방향		비 고
		하중값	상부반력	하중값	상부반력	
1	1956.852	215.854	215.854	1514.000	1839.800	
2	1837.705	203.040	203.040	1514.000	1915.050	
3	1769.572	199.307	199.307	1514.000	1916.250	
4	1751.415	197.021	197.021	1504.000	1891.875	
5	1798.768	197.382	197.382	1513.000	1916.475	
6	1721.854	185.002	185.002	1513.000	1801.000	

한성지진력은 응답수정계수 ($R = 0.8$)를 고려한 값

② 교량방형 하면 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	3540.749	4309.200	0.K	3886.175	5163.600	0.K
2	3327.357	4309.200	0.K	3737.470	5163.600	0.K
3	3229.291	4309.200	0.K	3624.778	5163.600	0.K
4	3274.362	4309.200	0.K	3532.749	5163.600	0.K
5	3246.718	4309.200	0.K	3651.097	5163.600	0.K
6	3081.559	4309.200	0.K	3355.123	5163.600	0.K

③ 교량방형 콘크리트 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	1439.024	6081.600	0.K	1439.024	6081.600	0.K
2	1353.600	6081.600	0.K	1353.600	6081.600	0.K
3	1328.711	6081.600	0.K	1328.711	6081.600	0.K
4	1313.471	6081.600	0.K	1313.471	6081.600	0.K
5	1315.948	6081.600	0.K	1315.948	6081.600	0.K
6	1233.348	6081.600	0.K	1233.348	6081.600	0.K

⑤ 철근량 선정

- 교축직각방향

$Asy = Asy1 + Asy2 = 2447.151 + 1439.024 = 3886.175 \text{ mm}^2$
 $Bxo = 1839.800 \text{ mm}$ 범위내에서 D16 - 26 EA
 $As = 198.600 \times 26 = 5163.600 \text{ mm}^2 \therefore 0.K$

- 교축방향

$Asx = Asx1 + Asx2 = 2101.725 + 1439.024 = 3540.749 \text{ mm}^2$
 $Byo = 1514.000 \text{ mm}$ 범위내에서 D16 - 22 EA
 $As = 198.600 \times 22 = 4369.200 \text{ mm}^2 \therefore 0.K$

6) 교량방형 콘크리트 보강 : 교량방형 1

① 교축직각방향

$As2 = Hy / f_{sa} = 215.854 \times 10^3 / 150.000 = 1439.024 \text{ mm}^2$
 사용철근 : D13 - 26 EA + D13 - 22 EA
 $As = 126.700 \times 26 + 126.700 \times 22 = 6081.600 \text{ mm}^2 \therefore 0.K$

② 교축방향

$As1 = Hx / f_{sa} = 215.854 \times 10^3 / 150.000 = 1439.024 \text{ mm}^2$
 사용철근 : D13 - 26 EA + D13 - 22 EA
 $As = 126.700 \times 26 + 126.700 \times 22 = 6081.600 \text{ mm}^2 \therefore 0.K$

14.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 14.2.1】 서문13교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문13교의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재 망상균열 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문13교의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 파손, 접속부 이격, 신축이음 후타재 망상균열, 교대 신축이음 하부 누수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 접속도로 파손, 접속도로 후타재 접속부 이격 신축이음 후타재 망상균열, 신축이음 하부 누수	양호

14.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

14.2.4 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 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 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 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

14.2.5 시설물 보수 이력

【표 14.2.2】 서문13교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	—	—	—	—	—	—

14.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 14.2.3】 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.			

14.3 현장조사

14.3.1 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, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업전경		작업전경	
			
유간측정 전경		비파괴시험	

【사진 14.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

14.3.2 서울방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문13교(서울방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.8m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



【사진 14.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3mm미만), 철근노출이 조사되었다.

【표 14.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		철근노출 (㎡/개소)	
S1	2.00	2	0.02	1
합계	2.00	2	0.02	1

	
바닥판 하면 S1 철근노출(0.1×0.2)	바닥판 하면 S1 철근노출(0.1×0.2)
	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)	바닥판 하면 S1 상태 양호

【사진 14.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

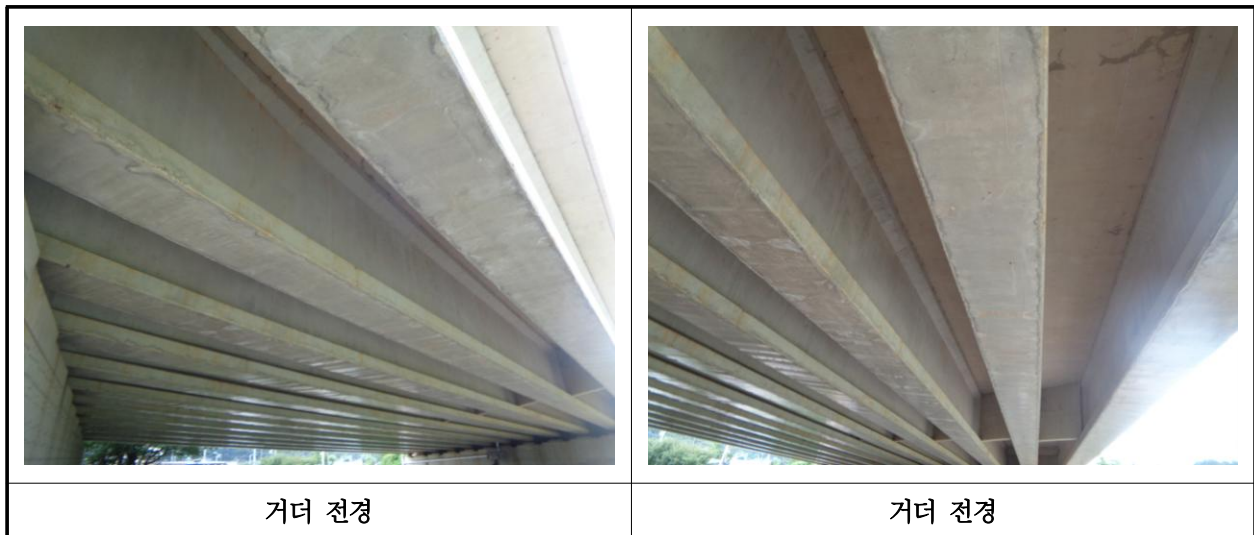
4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만), 철근노출은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Bicon 거더는 6열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



【사진 14.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 14.3.2】 거더 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	0.02	1
합계	0.02	1

	
거더 S1-G6 재료분리(0.2×0.1)	거더 상태 양호

【사진 14.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 14.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 14.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 14.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문13교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 14.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 14.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—



【사진 14.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

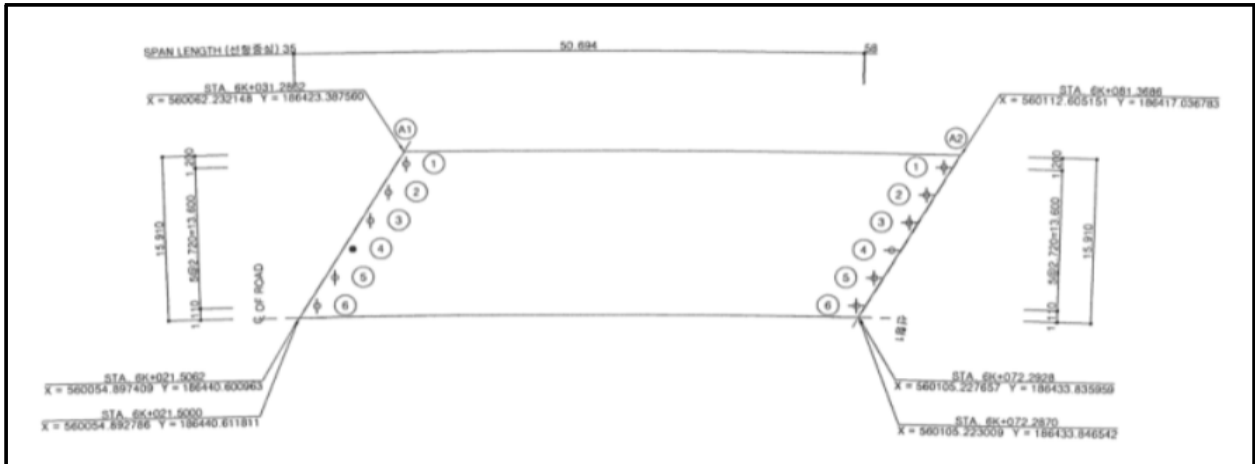
4) 검토의견

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

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문13교의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 14.3.1】 교량받침 배치도



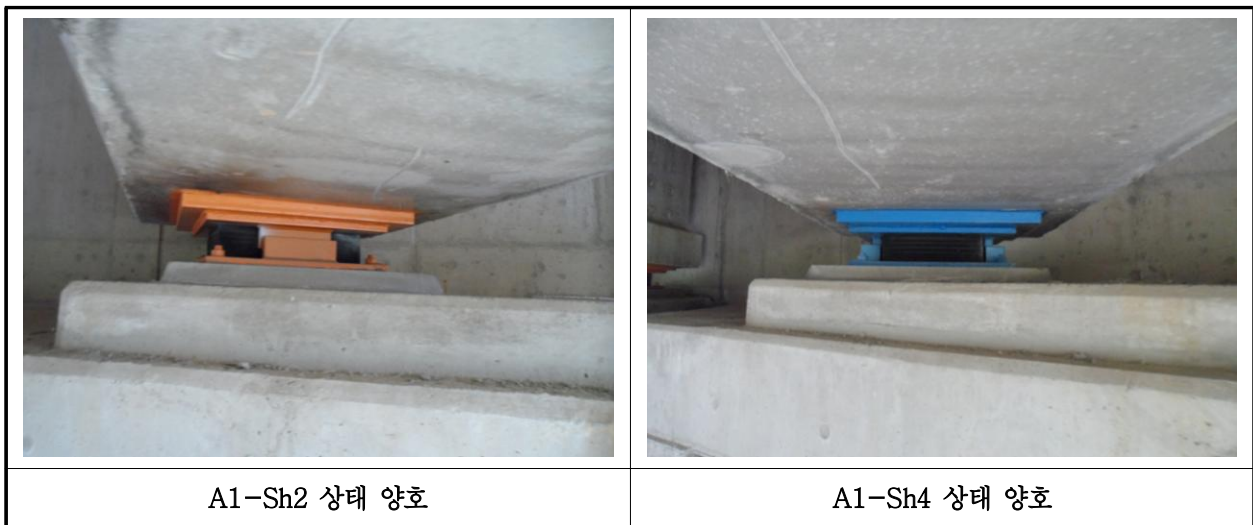
【사진 14.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 14.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—



【사진 14.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

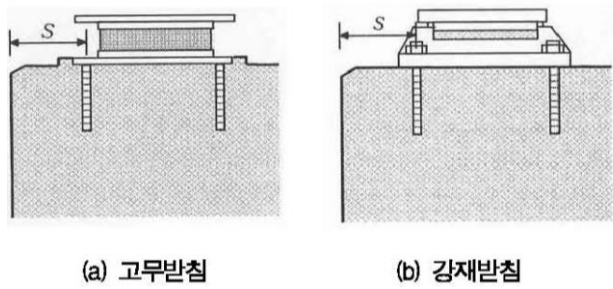
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

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



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

【그림 14.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 14.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.8m) : $200 + 5 \times 50.8 = 454(\text{mm})$

【표 14.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	454	540	550	550	O.K
A2	454	580	590	590	O.K

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정

【사진 14.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도($-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 14.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	11.9	38.1	0.00001	50.8	6.0	19.4	
1) 조사당시 온도 : -3.1°C (조사일 : 2022년 12월 05일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)							

【표 14.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1		고정단						
A2	SH1	5 (A2)	35	25	6.0	19.4	±30	O.K
	SH2	5 (A2)	35	25			±30	O.K
	SH3	5 (A2)	35	25			±30	O.K
	SH4	5 (A2)	35	25			±30	O.K
	SH5	5 (A2)	35	25			±30	O.K
	SH6	5 (A2)	35	25			±30	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K * 교량받침 허용변위에 대한 자료가 없어 탄성받침 고무재 높이의 0.3배를 적용하여 허용변위를 추정함.								

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 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.



【사진 14.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 하부 누수가 조사되었다.

【표 14.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	0.50	1
A2 (EXP J2)	0.50	1
합계	1.00	2

	
A1 하부 누수(L=0.5m)	A1 하부 누수(L=0.5m)
	
A1 차수판 상태 양호	A2 상태 양호

【사진 14.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 하부 누수의 경우 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))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 : 2022. 12. 05. 기온 적용: -3.1°C(일평균) ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - (-3.1)^{\circ}\text{C} = 38.1^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-15.0^{\circ}\text{C} - (-3.1)^{\circ}\text{C} = 11.9^{\circ}\text{C}$ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위($^{\circ}\text{C}$) <table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팅창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)</th></tr><tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>$-10 \sim +40$</td><td>$-20 \sim +40$</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>$-10 \sim +50$</td><td>$-20 \sim +40$</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>$-5 \sim +35$</td><td>$-15 \sim +35$</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>				교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)	강교	상로교	$-10 \sim +40$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	$-10 \sim +50$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		$-5 \sim +35$	$-15 \sim +35$	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α ($^{\circ}\text{C}$)																				
강교	상로교	$-10 \sim +40$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}																				
	하로교, 강바닥판교	$-10 \sim +50$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}																				
RC, PSC교		$-5 \sim +35$	$-15 \sim +35$	1.0×10^{-5}																				

【사진 14.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 14.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		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	11.9	38.1	0.00001	50.8	6.0	19.4	40	25	40	
1) 조사당시 온도 : -3.1°C (조사일 : 2022년 12월 05일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)										

【표 14.3.11】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③) ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②) (③-②)	
A1		고정단						
A2	신축이음	6.0	19.4	40	50	4.00	20.60	O.K
	바닥판			25	-	-	5.6	O.K
	거더			40	-	-	20.6	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문13교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어 있다.



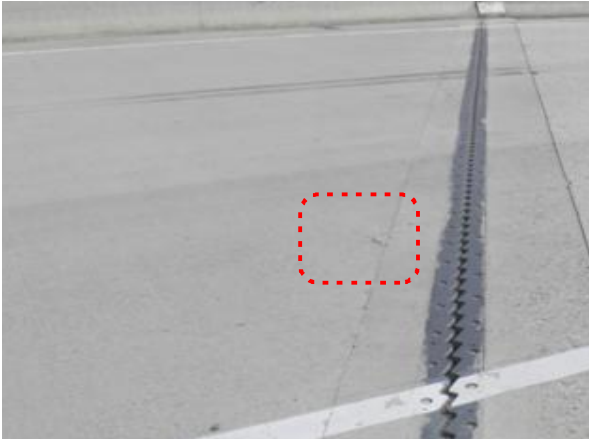
【사진 14.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과 본선은 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 포장 파손, 접속도로 파손이 조사되었다.

【표 14.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	포장 파손 (㎡/개소)		접속도로 파손 (㎡/개소)	
S1	0.04	1	0.25	5
합계	0.04	1	0.25	5

	
S1 포장 파손(0.2×0.2)	S1(A1) 접속도로 파손(0.1×0.5 ×5EA)

【사진 14.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

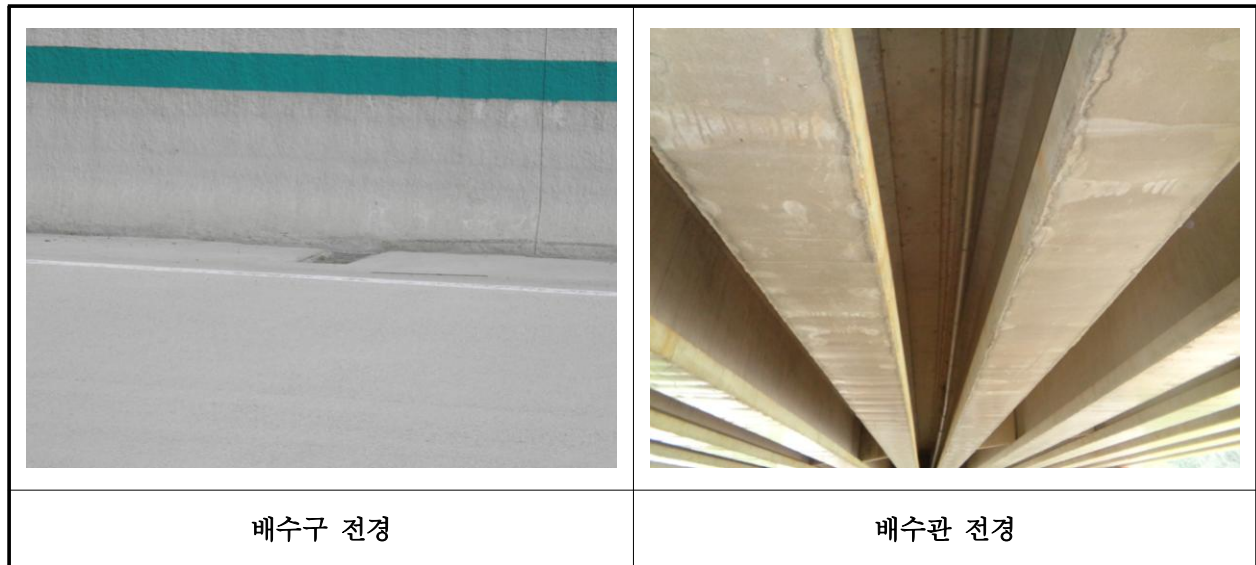
4) 검토의견

- 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 포장 파손, 접속도로 파손의 경우 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문13교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 14.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 14.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 14.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 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 구조이며, 방호벽 상면에 방음벽이 설치되어있다.



【사진 14.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 14.3.14】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
S1	3.00	2
합계	3.00	2

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3mm미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3mm미만)
	
방음벽 상태 양호	중앙분리대 상태 양호

【사진 14.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

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

1) 도로포장

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

2) 도로부 신축이음부

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

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

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

14.3.3 문산방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문13교(문산방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.8m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



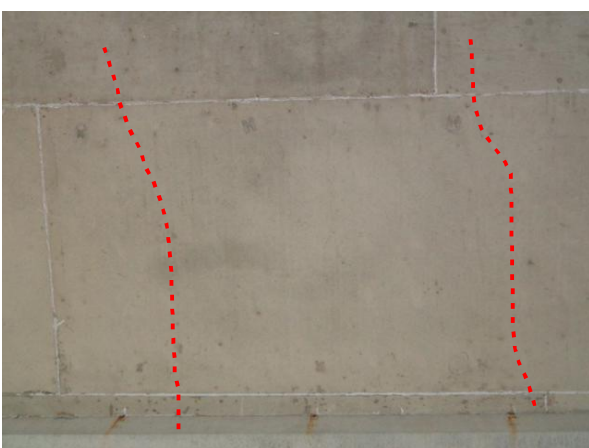
【사진 14.3.23】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3mm미만), 재료분리가 조사되었다.

【표 14.3.15】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
S1	5.00	5	0.06	1
합계	5.00	5	0.06	1

	
바닥판 하면 S1 재료분리(0.3×0.2)	바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)
	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)	바닥판 하면 캔틸레버부 전경

【사진 14.3.24】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

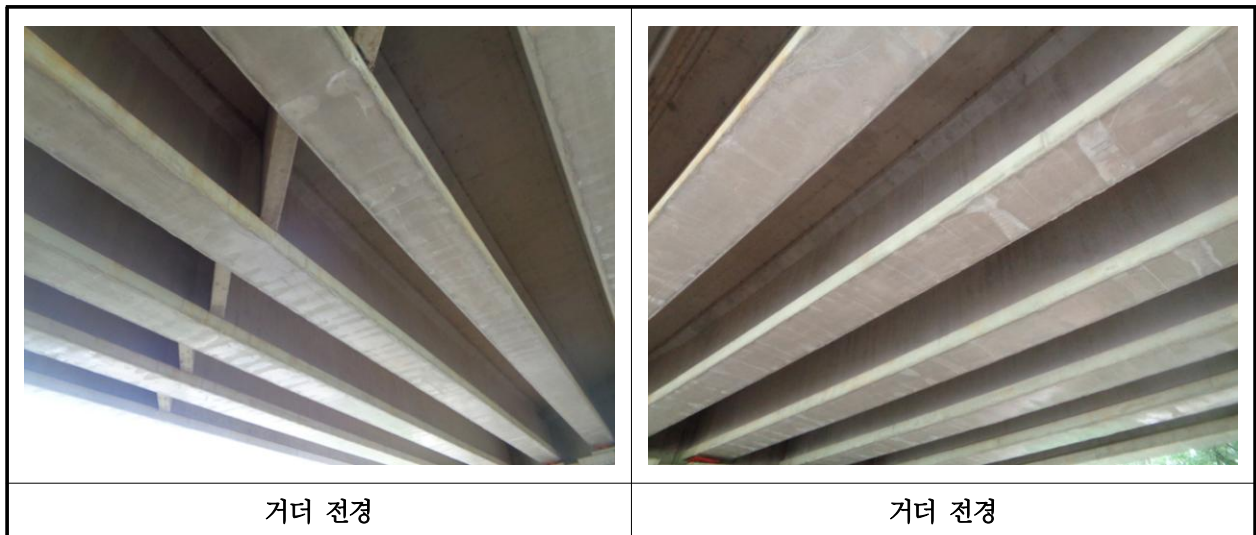
4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만), 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Bicon 거더는 6열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



【사진 14.3.25】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 14.3.16】 거더 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
거더 상태 양호	거더 상태 양호

【사진 14.3.26】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

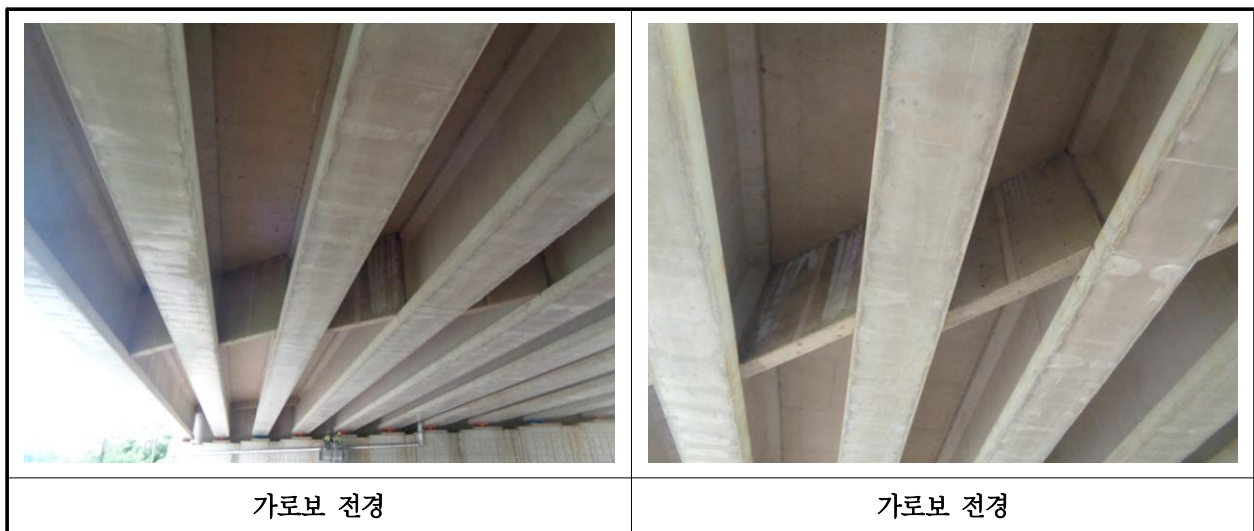
4) 검토의견

- 거더는 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 등의 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 14.3.27】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 14.3.17】 가로보 현장조사 결과

구분	재료분리 (m ² /개소)	
S1	0.20	1
합계	0.20	1

	
가로보 S1-G1~2 재료분리(0.4×0.5)	가로보 S1-G1~2 재료분리(0.4×0.5)

【사진 14.3.28】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

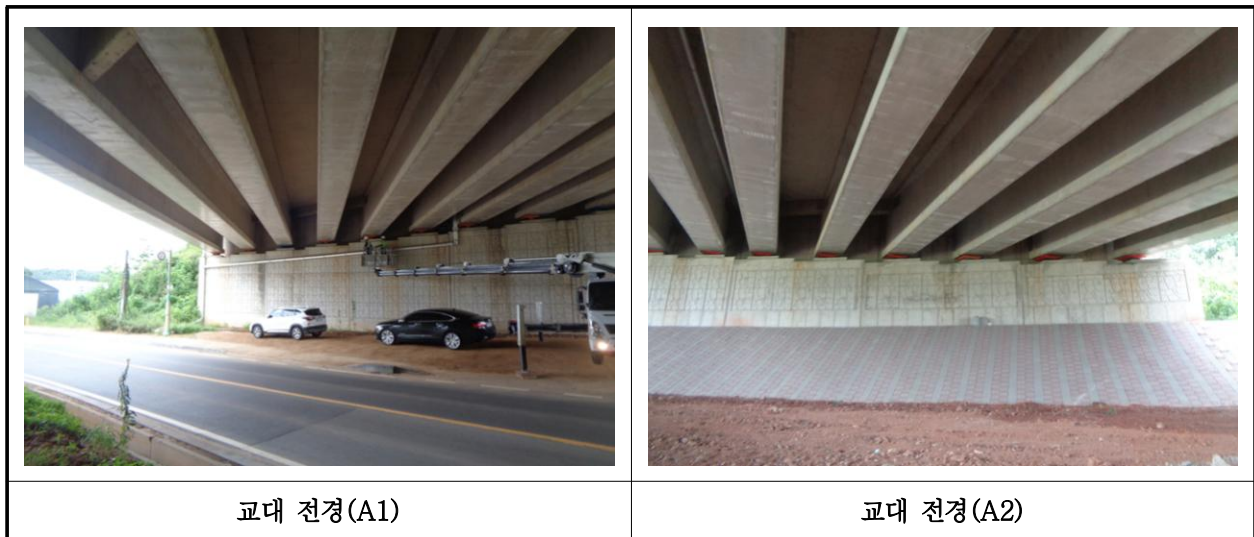
4) 검토의견

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문13교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



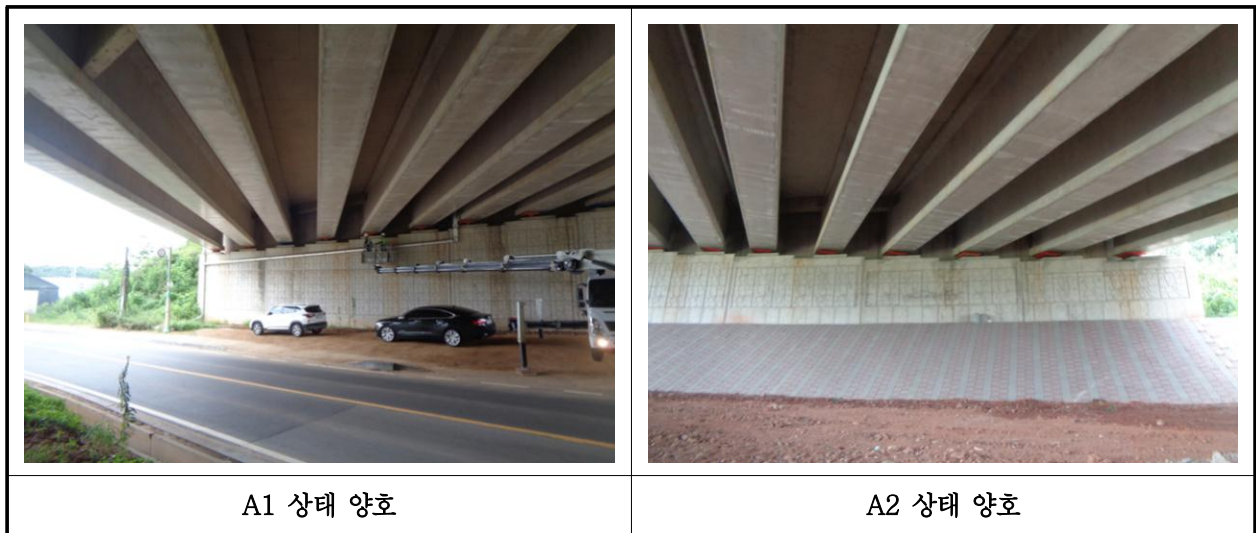
【사진 14.3.29】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 14.3.18】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—



【사진 14.3.30】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

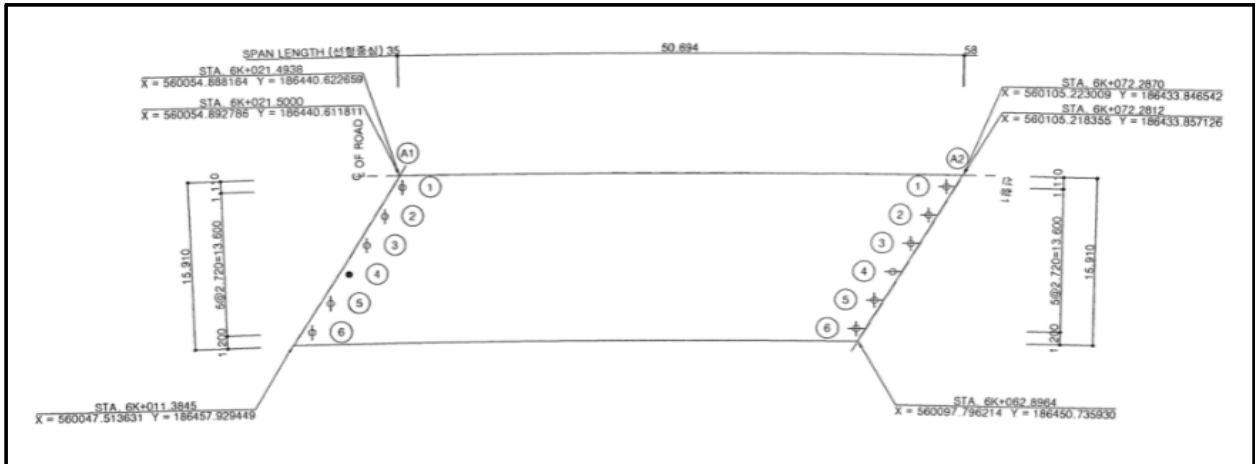
4) 검토의견

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

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문13교의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 14.3.3】 교량받침 배치도



【사진 14.3.31】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 14.3.19】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—

	
A1-Sh1 상태 양호	A1-Sh3 상태 양호
	
A2-Sh1 상태 양호	A2-Sh5 상태 양호

【사진 14.3.32】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

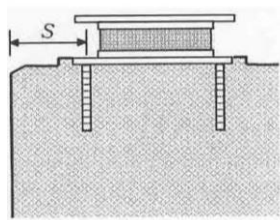
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

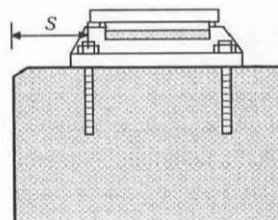
- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

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



(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 14.3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 14.3.33】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.8m) : $200 + 5 \times 50.8 = 454(\text{mm})$

【표 14.3.20】연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	454	550	550	550	O.K
A2	454	590	590	590	O.K

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정

【사진 14.3.34】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 14.3.21】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	11.9	38.1	0.00001	50.8	6.0	19.4	
1) 조사당시 온도 : -3.1°C (조사일 : 2022년 12월 05일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)							

【표 14.3.22】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1		고정단						
A2	SH1	10(A2)	40	20	6.0	19.4	±30	O.K
	SH2	10(A2)	40	20			±30	O.K
	SH3	10(A2)	40	20			±30	O.K
	SH4	10(A2)	40	20			±30	O.K
	SH5	10(A2)	40	20			±30	O.K
	SH6	10(A2)	40	20			±30	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K * 교량받침 허용변위에 대한 자료가 없어 탄성받침 고무재 높이의 0.3배를 적용하여 허용변위를 추정함.								

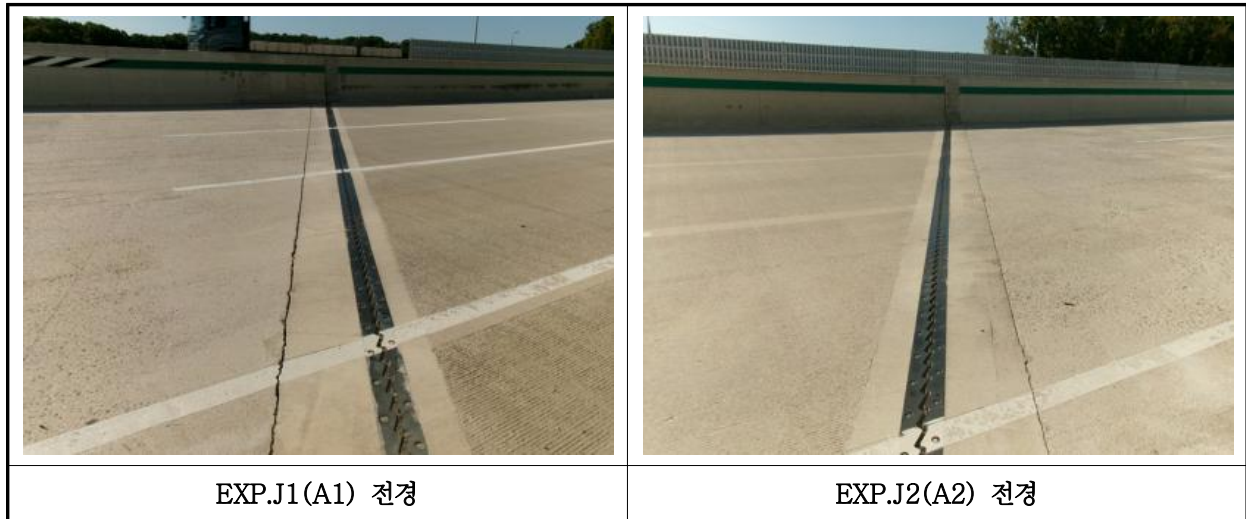
② 교량받침 이동량 검토의견

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

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.



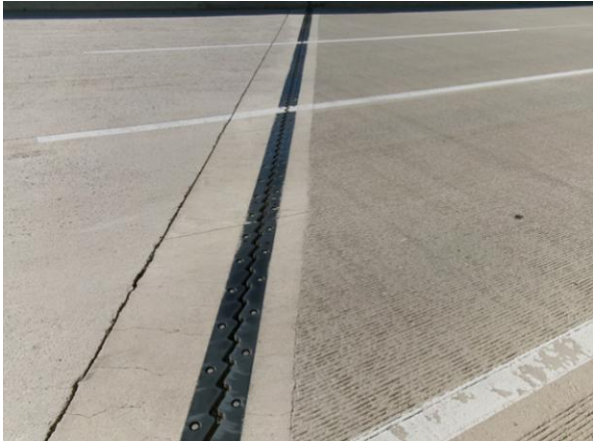
【사진 14.3.35】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수가 조사되었다.

【표 14.3.23】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3mm미만) (m/개소)		후타재 망상균열 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	5.70	19	3.60	1	0.50	1
A2 (EXP J2)	—	—	1.75	2	0.50	1
합계	5.70	19	5.35	3	1.00	2

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3mm미만)	A1 후타재 균열(Cw=0.3mm미만)
	
A1 하부 누수(L=0.5m)	A2 후타재 망상균열(0.3×2.5, 0.4×2.5)

【사진 14.3.36】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행 차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))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 : 2022. 12. 05. 기온 적용: -3.1°C(일평균) ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - (-3.1)^{\circ}\text{C} = 38.1^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-15.0^{\circ}\text{C} - (-3.1)^{\circ}\text{C} = 11.9^{\circ}\text{C}$ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위($^{\circ}\text{C}$)<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)</th></tr><tr><td rowspan="2">강 교</td><td>상로교</td><td>$-10 \sim +40$</td><td>$-20 \sim +40$</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>$-10 \sim +50$</td><td>$-20 \sim +40$</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>$-5 \sim +35$</td><td>$-15 \sim +35$</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)	강 교	상로교	$-10 \sim +40$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	$-10 \sim +50$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		$-5 \sim +35$	$-15 \sim +35$	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)																	
강 교	상로교	$-10 \sim +40$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}																	
	하로교, 강바닥판교	$-10 \sim +50$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}																	
RC, PSC교		$-5 \sim +35$	$-15 \sim +35$	1.0×10^{-5}																	

【사진 14.3.37】 신축이음 유간 측정방법

【표 14.3.24】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		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	11.9	38.1	0.00001	50.8	6.0	19.4	23	35	55	
1) 조사당시 온도 : -3.1°C (조사일 : 2022년 12월 05일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)										

【표 14.3.25】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1		고정단						
A2	신축이음	6.0	19.4	23	50	21.00	3.60	O.K
	바닥판			35	－	－	15.6	O.K
	거더			55	－	－	35.6	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 본교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



【사진 14.3.38】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과 접속도로 파손, 접속부 이격이 조사되었다.

【표 14.3.26】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 파손 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	0.25	1	26.00	2
합계	0.25	1	26.00	2

	
S1(A1) 접속도로 파손(0.5×0.5)	S1(A1) 접속부 이격(L=13.0m, T=0.5cm)
	
S1(A1) 접속부 이격(L=13.0m, T=0.5cm)	S1(A1) 접속부 이격(L=13.0m, T=0.5cm)

【사진 14.3.39】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 본선은 양호한 상태로 확인되었으나 조사된 접속도로 파손, 접속부 이격의 경우 다짐불량, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문13교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 14.3.40】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 14.3.27】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 14.3.41】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 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 구조이며, 방호벽 상면에 방음벽이 설치되어있다.



【사진 14.3.42】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만, 이상), 접속부 균열 및 박리가 조사되었다.

【표 14.3.28】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		접속부 균열 (m/개소)		접속부 박리 (㎡/개소)	
S1	49.00	2	14.00	7	3.00	2	0.75	1
합계	49.00	2	14.00	7	3.00	2	0.75	1

	
S1 중분대 균열(Cw=0.3mm미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3mm이상)
	
S1(A2) 접속부 균열(Cw=0.3mm이상)	S1(A2) 접속부 박리(1.5×0.5)

【사진 14.3.43】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만, 미만), 접속부 균열, 박리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 주입보수, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

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

1) 도로포장

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

2) 도로부 신축이음부

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

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

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

14.3.4 현장조사 총괄표

【표 14.3.29】 손상내용 총괄표(서울방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	2.00	2	
	철근노출	m ²	0.02	1	
거더	재료분리	m ²	0.02	1	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	상태양호	—	—	—	
교량받침	상태양호	—	—	—	
신축이음	하부 누수	m	1.00	2	
교면포장	포장 파손	m ²	0.04	1	
	접속도로 파손	m ²	0.25	5	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	3.00	2	

【표 14.3.30】 손상내용 총괄표(문산방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	5.00	5	
	재료분리	m ²	0.06	1	
거더	상태양호	—	—	—	
가로보	재료분리	m ²	0.20	1	
교대	상태양호	—	—	—	
교량받침	상태양호	—	—	—	
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	5.70	19	
	후타재 망상균열	m ²	5.35	3	
	하부 누수	m	1.00	2	
교면포장	접속도로 파손	m ²	0.25	1	
	접속부 이격	m	26.00	2	
배수시설	상태양호	—	—	—	
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	49.00	2	
	균열(0.3mm이상)	m	14.00	7	
	접속부 균열	m	3.00	2	
	접속부 박리	m ²	0.75	1	

14.3.5 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

14.4 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(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

14.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 14.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

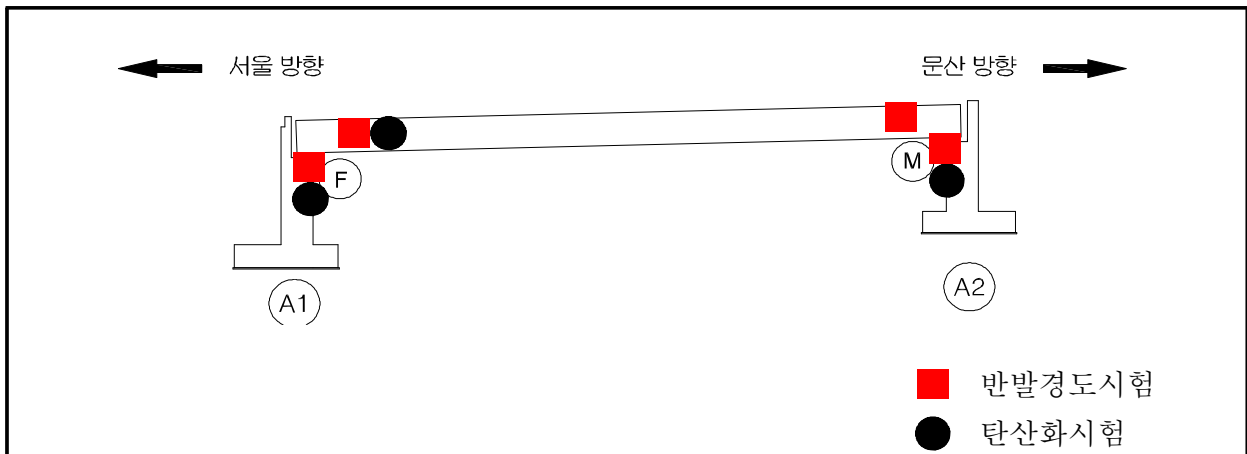
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

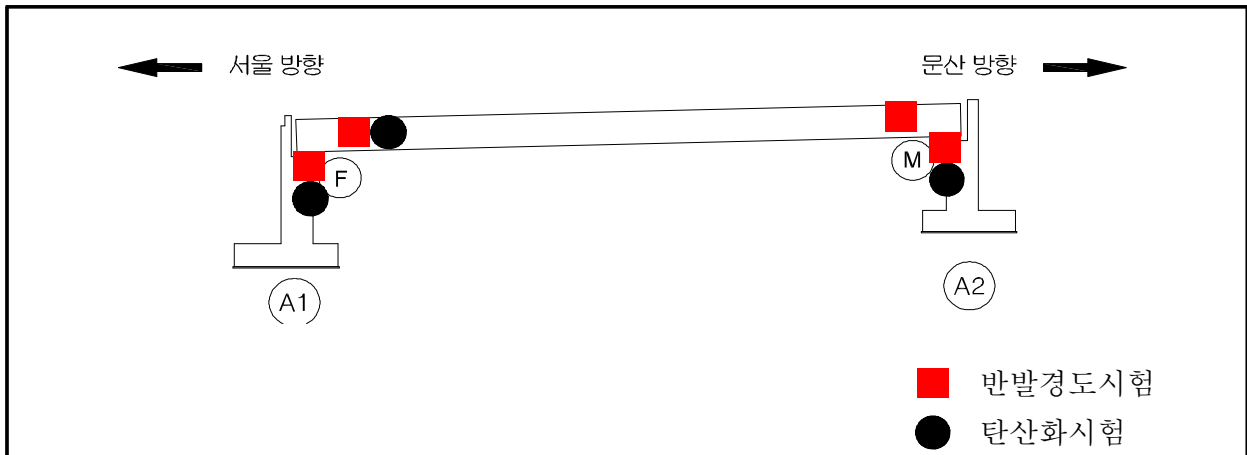


【사진 14.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 14.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울방향)



【그림 14.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산방향)

14.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 각 방향별로 상·하부구조에서 반발경도시험(각 2개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 14.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판, 서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.8	27.8	29.0	0.67	27.0	

【표 14.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더, 서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S1	거더	48.7	41.2	49.2	0.67	40.0	

【표 14.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	홍벽	43.3	24.8	27.3	0.67	24.0	
	A2	홍벽	43.5	24.9	27.4			

【표 14.4.5】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판, 문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.1	27.2	28.7	0.67	27.0	

【표 14.4.6】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더, 문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	거더	49.5	42.0	50.4	0.67	40.0	

【표 14.4.7】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	홍벽	43.6	25.0	27.5	0.67	24.0	
	A2	홍벽	43.1	24.6	27.2			

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.8~29.0MPa, 거더 41.2~49.2MPa, 하부구조 교대 24.8~27.4MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~28.7MPa, 거더 42.0~50.4MPa, 하부구조 교대 24.6~27.5MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0 MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 14.4.8】 비파괴강도 시험결과 분석(서울방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.8~29.0	27.0	102.8~107.4
	거더	41.2~49.2	40.0	103.1~123.1
하부구조	교대	24.8~27.4	24.0	103.3~114.2

【표 14.4.9】 비파괴강도 시험결과 분석(문산방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~28.7	27.0	100.6~106.1
	거더	42.0~50.4	40.0	105.0~126.0
하부구조	교대	24.6~27.5	24.0	102.6~114.4

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

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 14.4.10】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(서울방향)

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	1.5	40.0	38.5	1.06	100년이상	a
하부구조	A1 홍벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	A2 홍벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

【표 14.4.11】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(문산방향)

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 홍벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	A2 홍벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

- 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 14.4.12】탄산화 시험결과 분석(서울방향)

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	1.5	38.5	
하부구조	2.0	98.0	

【표 14.4.13】탄산화 시험결과 분석(문산방향)

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 14.4.14】 금회 점검 내구성조사 결과요약(서울방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.8~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.2~49.2	40.0	
	하부구조	교대	24.8~27.4	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 14.4.15】 금회 점검 내구성조사 결과요약(문산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	42.0~50.4	40.0	
	하부구조	교대	24.6~27.5	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

14.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사방도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

14.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

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

【표 14.5.1】 상태평가 결과표(서울방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	Bicon	c	b	a	b	a	b	c	a	b	q	a	a
	A2								c	a	a	q	-	a
평균			0.400	0.200	0.100	0.200	0.100	0.200	0.400	0.100	0.150	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.072	0.040	0.005	0.014	0.003	0.004	0.036	0.009	0.030	-	0.004	0.003
													0.220	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.220) < 0.260$

【표 14.5.2】 상태평가 결과표(문산방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	Bicon	b	a	b	a	a	c	c	a	a	q	a	a
	A2								c	a	a	q	—	a
평균			0.200	0.100	0.200	0.100	0.100	0.400	0.400	0.100	0.100	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.010	0.007	0.003	0.008	0.036	0.009	0.020	—	0.004	0.003
													0.156	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.156) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 14.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분		환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문13교	서울	0.220	B	50.8	2	102	0.500	0.110
	문산	0.156	B	50.8	2	102	0.500	0.078
합계(Σ)				101.6	4	203	1.000	0.188
1. 평가지수 =								0.188
2. 상태평가결과 =								B

14.5.2 기 점검 결과와의 비교

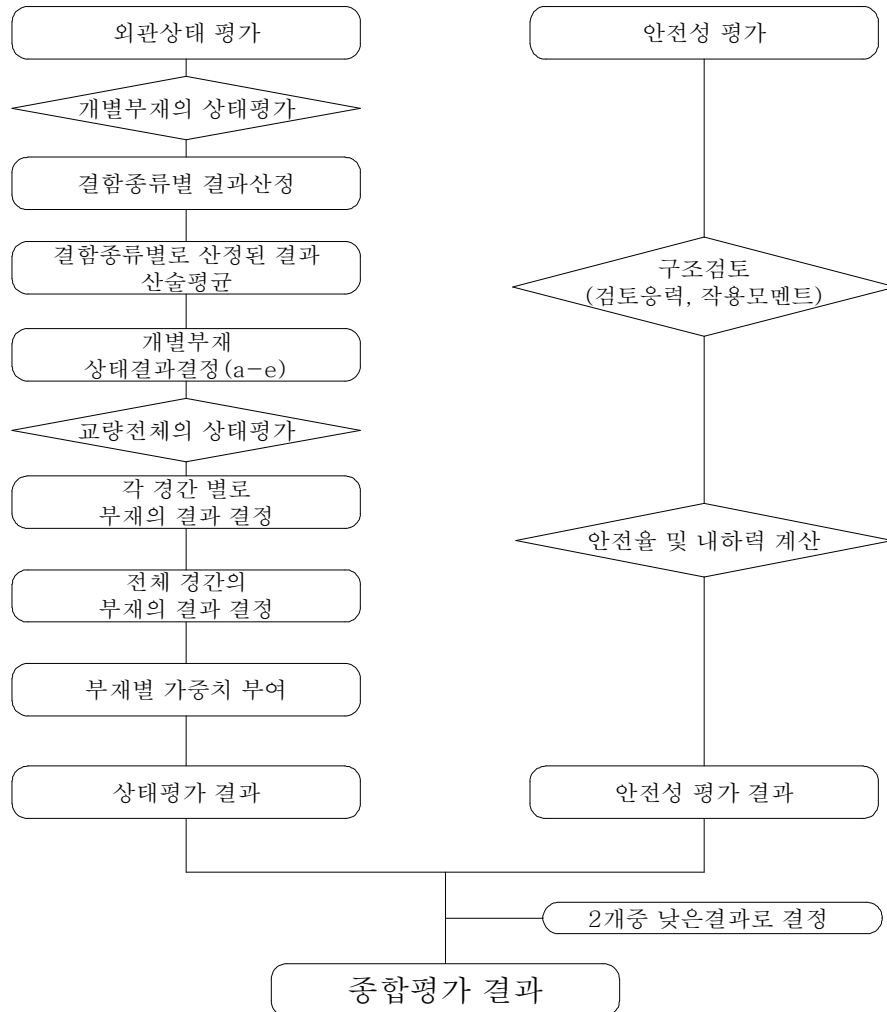
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

14.6 종합평가 및 안전등급 지정

14.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 14.6.1】 종합평가 결과 산정절차

14.6.2 종합평가 결과

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

【표 14.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문13교	0.188	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

14.6.3 안전등급 지정

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

【표 14.6.2】 안전등급 지정

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

14.7 보수·보강 및 유지관리방안

14.7.1 보수·보강 방안

【표 14.7.1】 손상별 보수·보강 방안(서울방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	2.00	2	표면처리	하자
	철근노출	m ²	0.02	1	단면보수(방청)	하자
거더	재료분리	m ²	0.02	1	단면보수	하자
가로보	상태양호	—	—	—	—	—
교대	상태양호	—	—	—	—	—
교량받침	상태양호	—	—	—	—	—
신축이음	하부 누수	m	1.00	2	정비(재설치)	하자
교면포장	포장 파손	m ²	0.04	1	단면보수	하자
	접속도로 파손	m ²	0.25	5	단면보수	하자
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	3.00	2	표면처리	하자

【표 14.7.2】 손상별 보수·보강 방안(문산방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	5.00	5	표면처리	하자
	재료분리	m ²	0.06	1	단면보수	하자
거더	상태양호	—	—	—	—	—
가로보	재료분리	m ²	0.20	1	단면보수	하자
교대	상태양호	—	—	—	—	—
교량받침	상태양호	—	—	—	—	—
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	m	5.70	19	표면처리	하자
	후타재 망상균열	m ²	5.35	3	표면처리	하자
	하부 누수	m	1.00	2	정비(재설치)	하자
교면포장	접속도로 파손	m ²	0.25	1	단면보수	하자
	접속부 이격	m	26.00	2	실링재 충전	하자
배수시설	상태양호	—	—	—	—	—
방호벽	균열(0.3mm미만)	m	49.00	2	표면처리	하자
	균열(0.3mm이상)	m	14.00	7	주입보수	하자
	접속부 균열	m	3.00	2	주입보수	하자
	접속부 박리	m ²	0.75	1	단면보수	하자

14.7.2 개략공사비

【표 14.7.3】 개략공사비(서울방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥면	균열(0.3mm미만)	표면처리	2.00	0.50	m²	—	—	하자
	철근노출	단면보수 (방청)	0.02	0.03	m²	—	—	하자
거더	재료분리	단면보수	0.02	0.03	m²	—	—	하자
신축이음	하부 누수	정비(재설치)	1.00	1.50	m	—	—	하자
교면포장	포장 파손	단면보수	0.04	0.06	m²	—	—	하자
	접속도로 파손	단면보수	0.25	0.38	m²	—	—	하자
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	3.00	0.75	m²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	—		—			—	
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—			—	
	합계	—		—			—	
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

【표 14.7.4】 개략공사비(문산방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥면	균열(0.3mm미만)	표면처리	5.00	1.25	m ²	—	—	하자
	재료분리	단면보수	0.06	0.09	m ²	—	—	하자
가로보	재료분리	단면보수	0.20	0.30	m ²	—	—	하자
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	표면처리	5.70	1.43	m ²	—	—	하자
	후타재 망상균열	표면처리	5.35	8.03	m ²	—	—	하자
	하부 누수	정비(재설치)	1.00	1.50	m	—	—	하자
교면포장	접속도로 파손	단면보수	0.25	0.38	m ²	—	—	하자
	접속부 이격	실링재 충전	26.00	39.00	m	—	—	하자
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	49.00	12.25	m ²	—	—	하자
	균열(0.3mm이상)	주입보수	14.00	21.00	m	—	—	하자
	접속부 균열	주입보수	3.00	4.50	m	—	—	하자
	접속부 박리	단면보수	0.75	1.13	m ²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

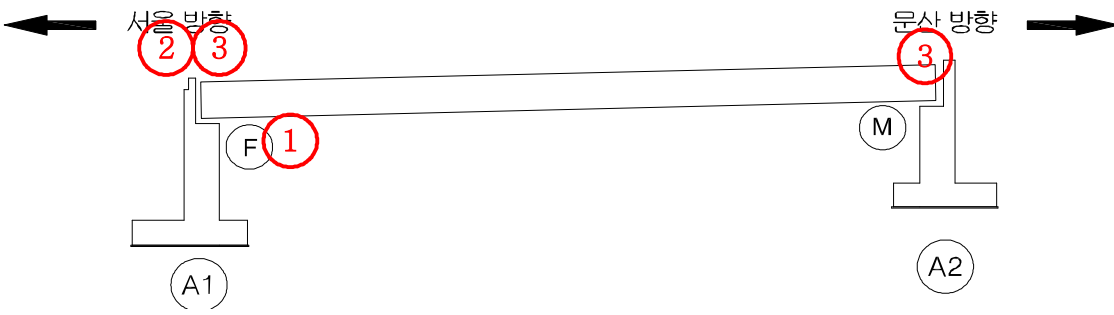
14.7.3 유지관리방안

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

【표 14.7.5】 중점유지관리 항목

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

◎ 부재별 중점점검 손상

		
① 바닥판 하면 철근노출 - 진전 여부확인	② 교면포장 접속도로 파손 - 진전 여부확인	③ 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
		

14.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 32.0m의 Bicon 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

14.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(서울방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만), 철근노출은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 대한 현장조사 결과 날개벽 파손이 조사되었으며, 이는 시공미흡, 다짐불량, 성토부옹벽의 밀림 등에 의한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수, 옹벽밀림에 대한 지속적인 계측 등이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

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

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 하부 누수의 경우 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 포장 파손, 접속도로 파손의 경우 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

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

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.8~29.0MPa, 거더 41.2~49.2MPa, 하부구조 교대 24.8~27.4MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0mm로 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

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만), 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

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

3) 가로보

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

4) 교대

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

5) 교량받침

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행 차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장의 본선은 양호한 상태로 확인되었으나 조사된 접속도로 파손, 접속부 이격의 경우 다짐불량, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

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

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만, 미만), 접속부 균열, 박리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 주입보수, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~28.7MPa, 거더 42.0~50.4MPa, 하부구조 교대 24.6~27.5MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0 MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문13교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.188인 “B”로 산정되었다.

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문13교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 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.

14.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

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

14.8.3 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.