

13. 서문11교

- 13.1 시설물 개요
- 13.2 자료수집 및 분석
- 13.3 현장조사
- 13.4 콘크리트 내구성조사
- 13.5 상태평가
- 13.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 13.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 13.8 종합결론

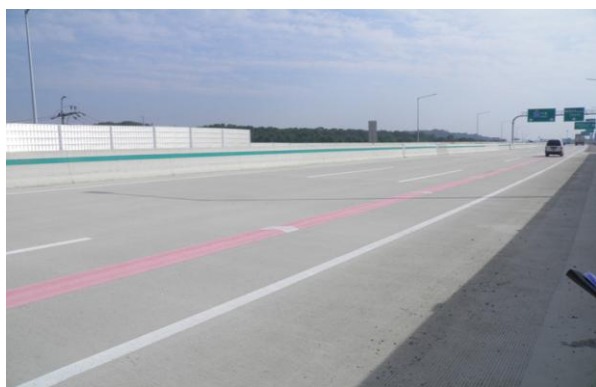
13. 서문11교

13.1 시설물의 개요

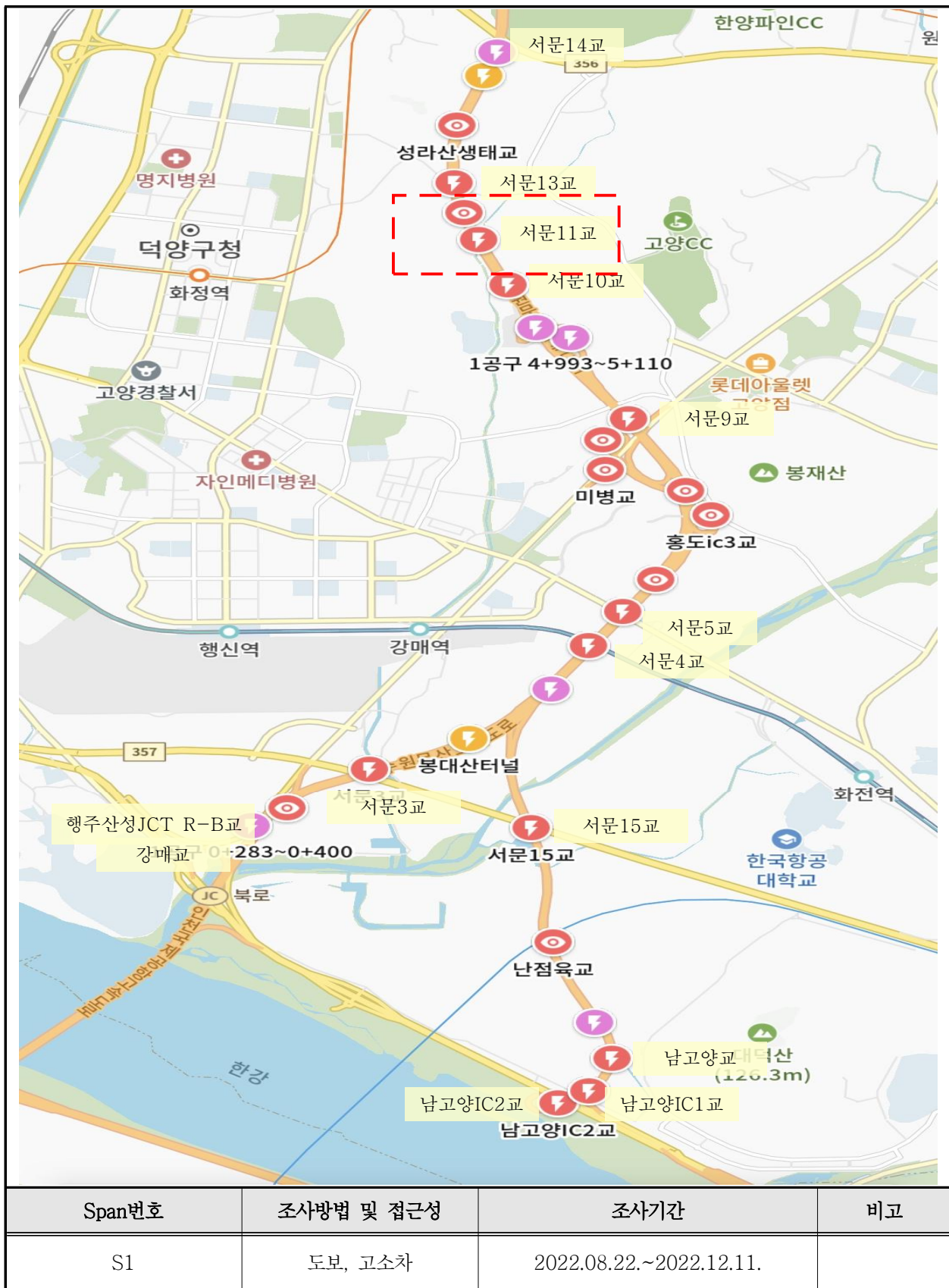
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 70.0m, 폭 32.0m로 시공되어 있다.

13.1.1 일반사항

【표 13.1.1】 서문11교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2020-0000238		관리번호		-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)		준공년월일		2020. 11. 06	
시점이정		-		노 선 명		고속국도 17호선	
제원	연장	L=70.0m(문산방향 : 70m, 서울방향 55m)					
	폭	B=32.0m, 6차로					
구조 형식	상부	Steel Box	기초 형식	교 대	강관말뚝기초		
	하부	교대: 역T형					
교량받침		포트받침		신축이음		뉴모노셀조인트	
교차시설물		-		통과높이		-	
부착시설내용		-		설계하중		DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설(주)		설 계 자		(주)다산컨설턴트	
감 리 자		(주)동일기술공사		관리주체		서울문산고속도로주식회사	
							
측면 전경				상부 전경			

13.1.2 위치도 및 전경사진

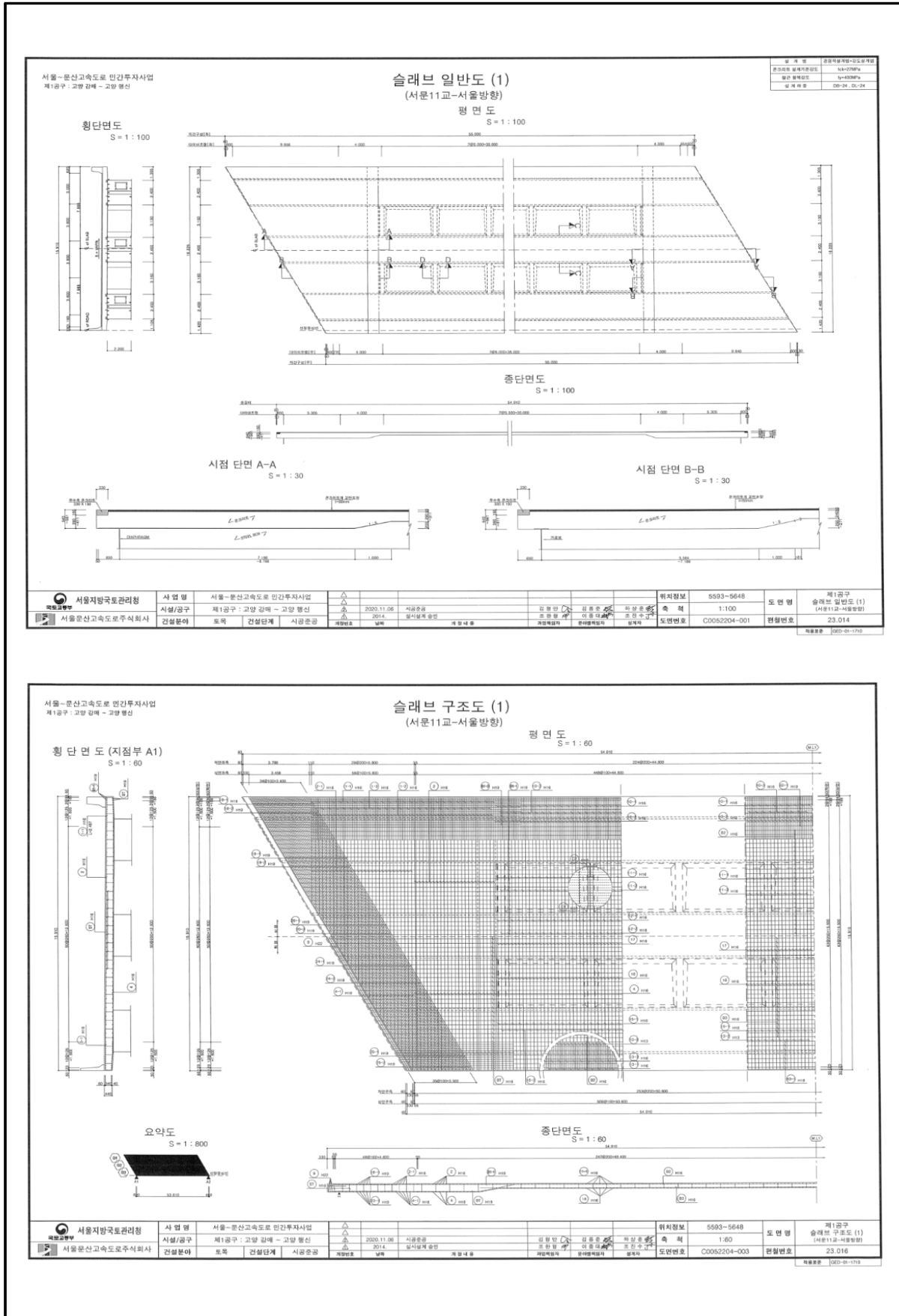


【그림 13.1.1】 위치도

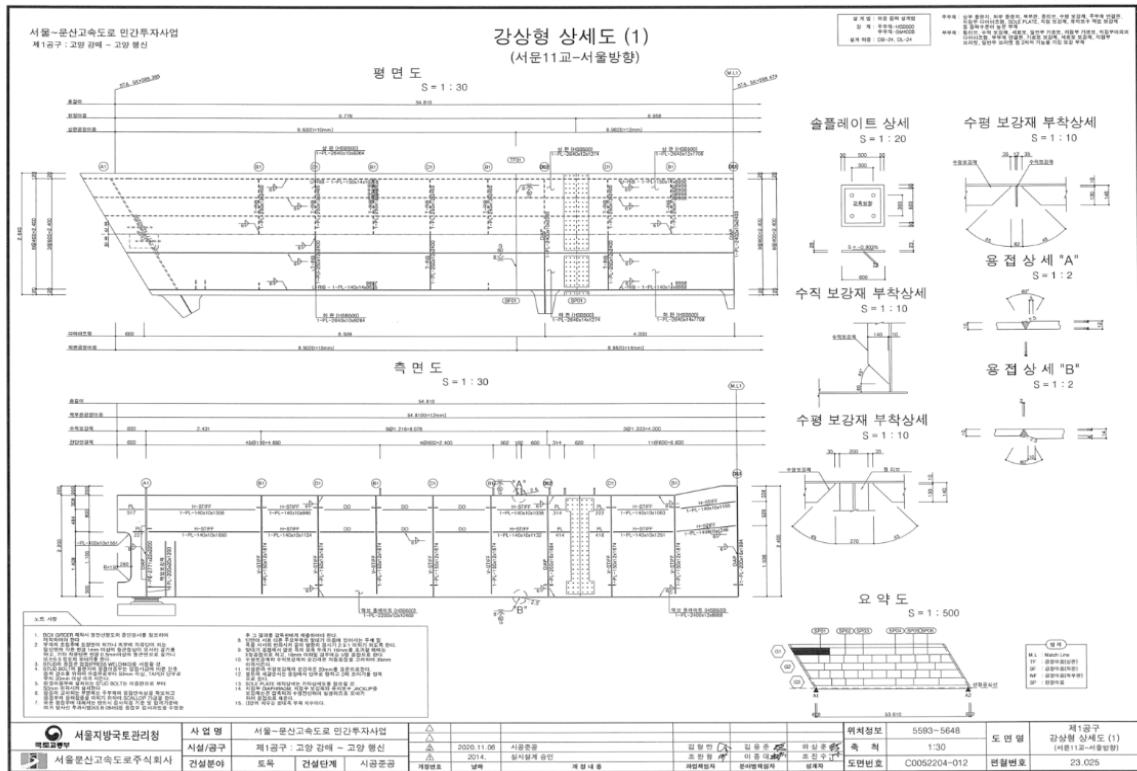
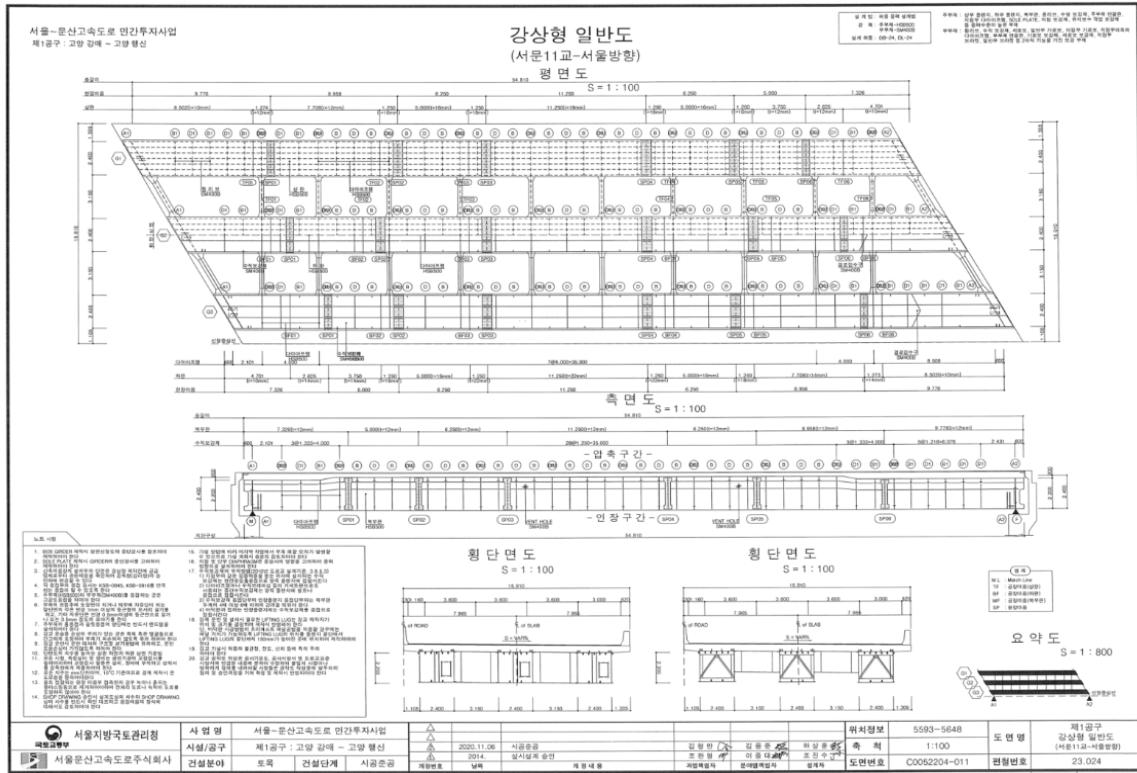
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

【그림 13.1.2】 부재별 현황

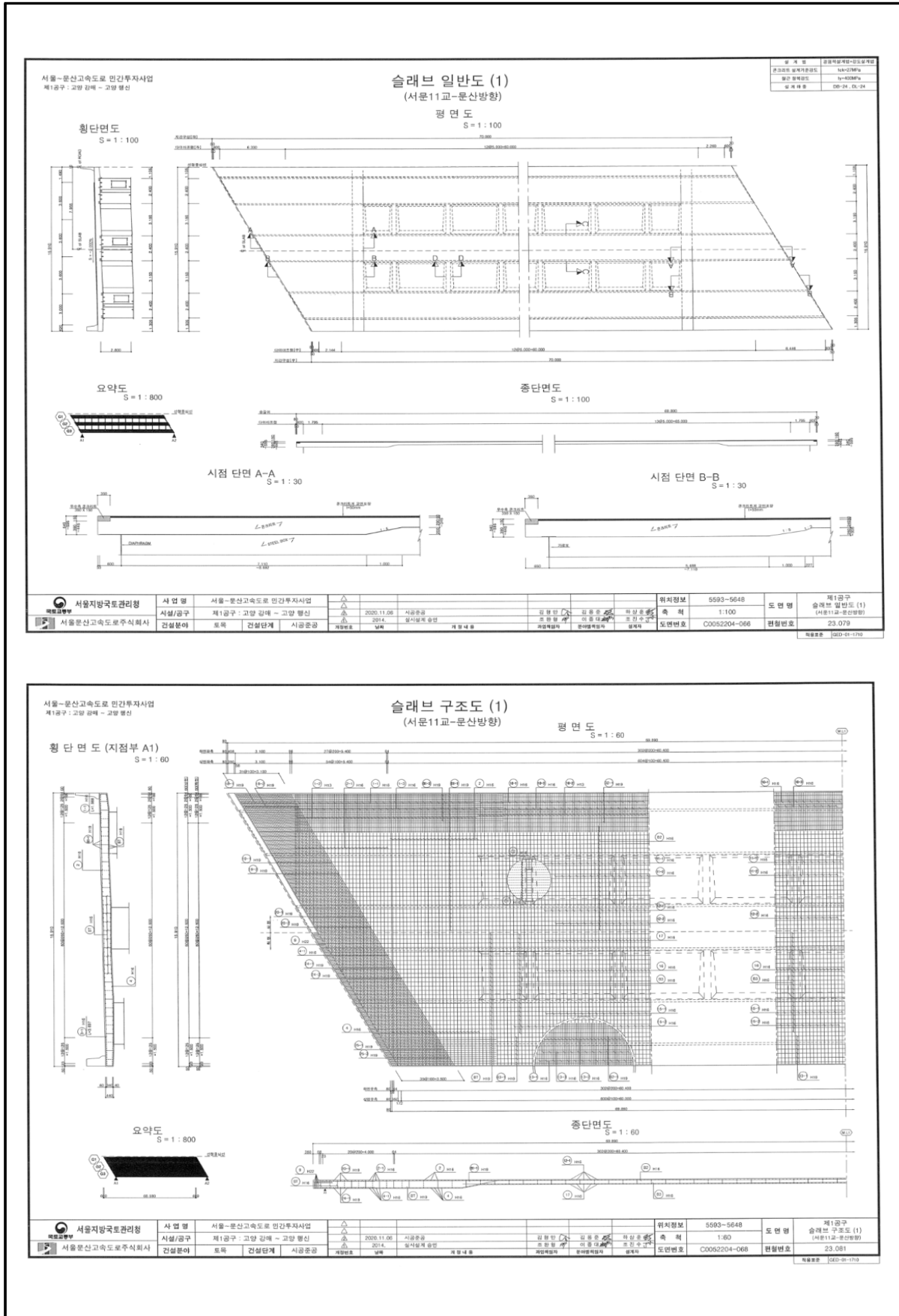




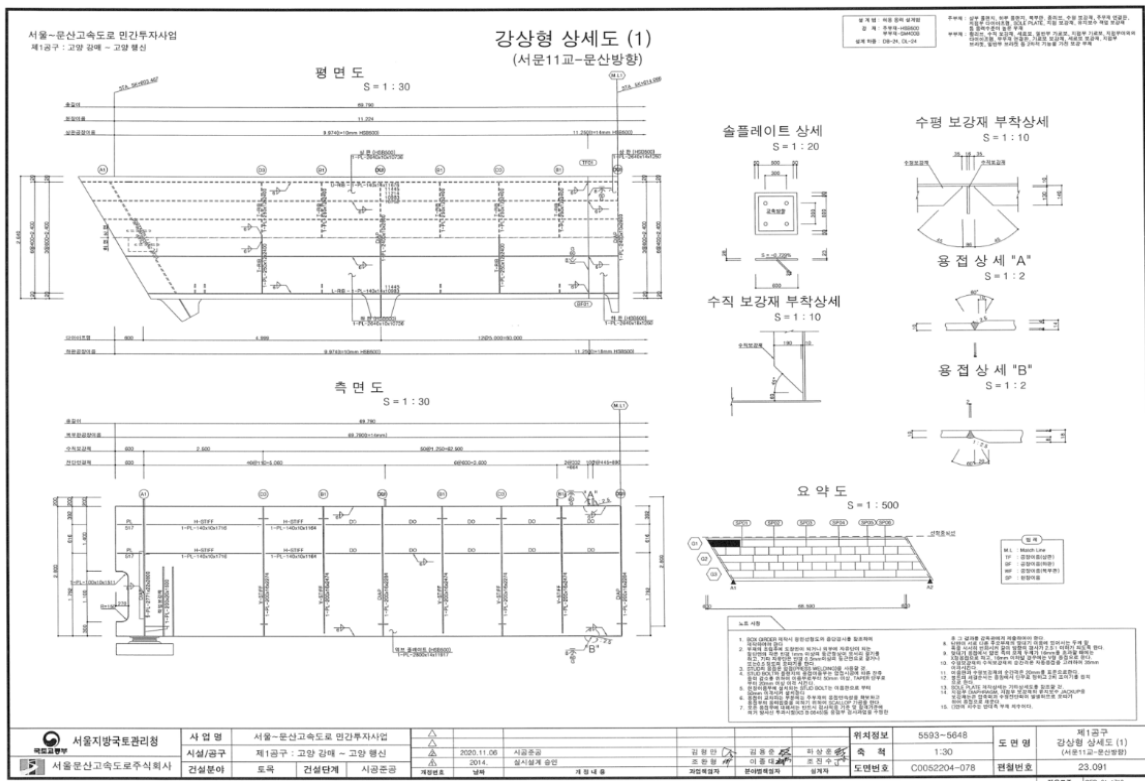
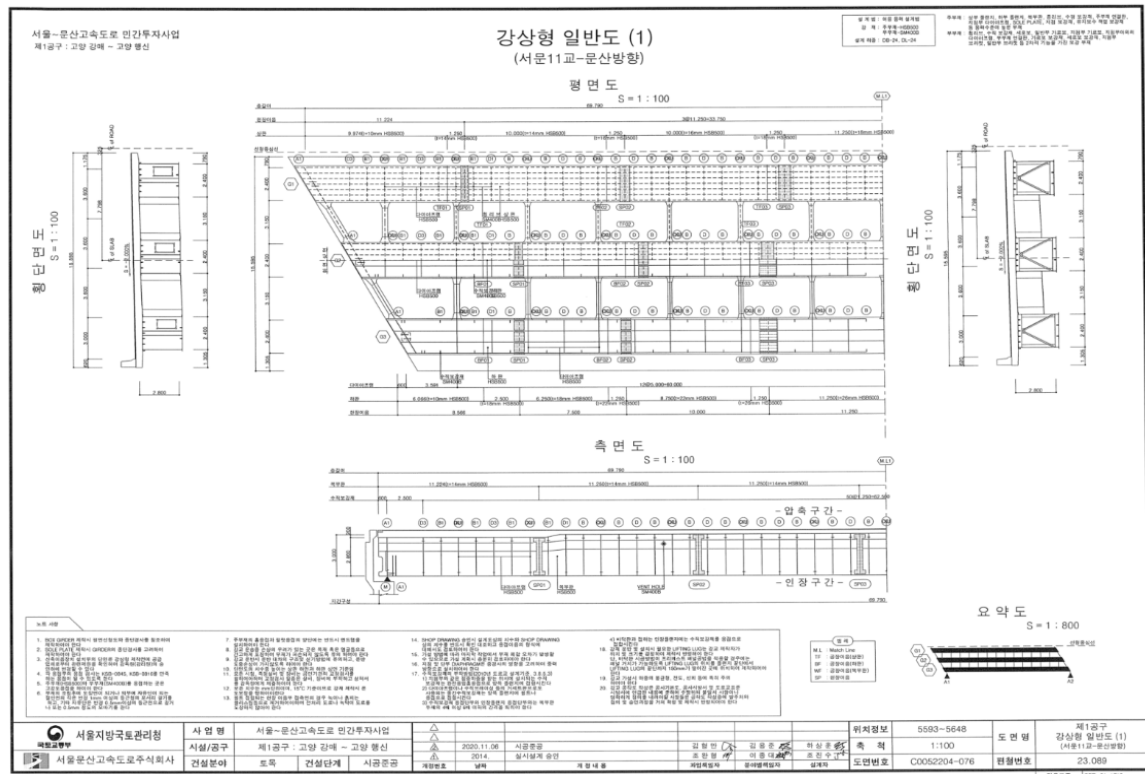
【그림 13.1.5】 바닥판하면 일반도 및 상세도(서울방향)



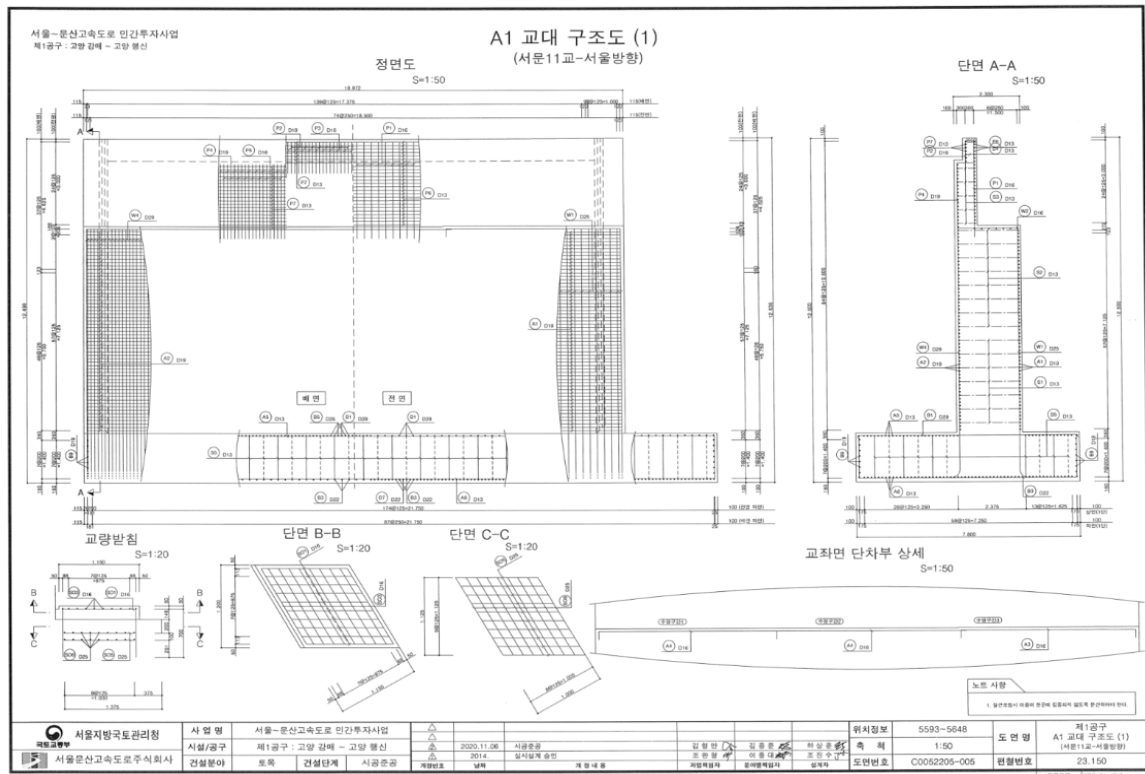
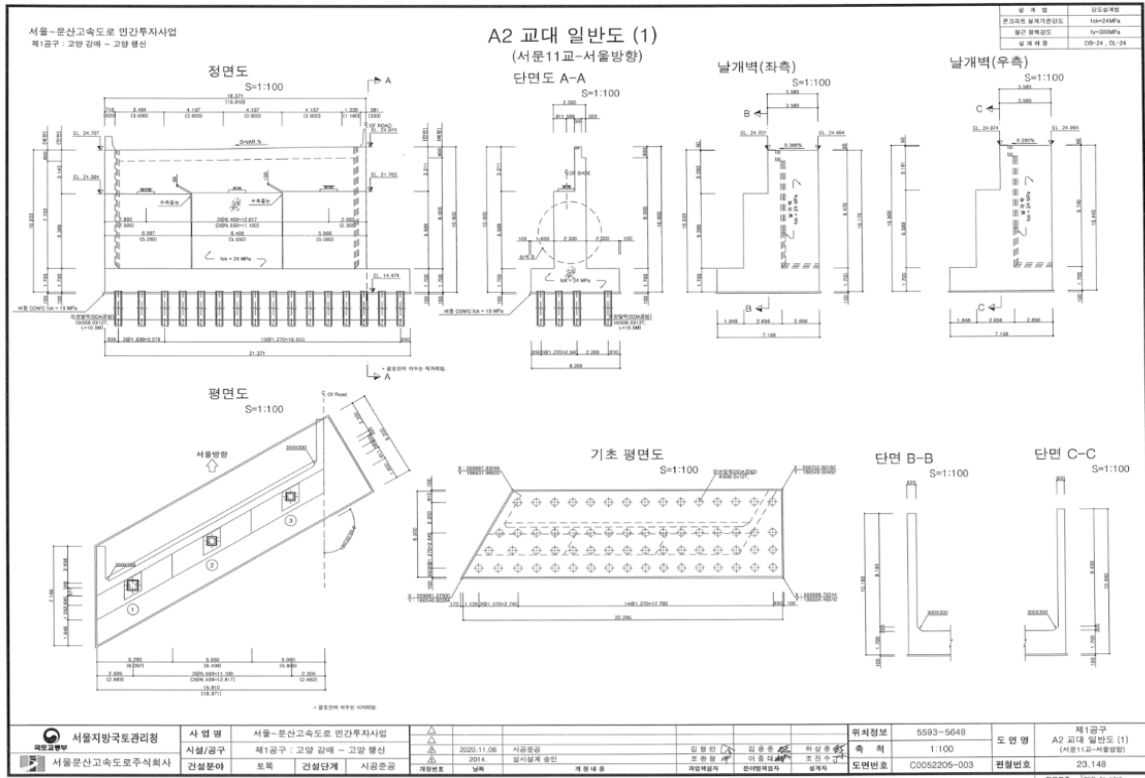
【그림 13.1.6】 강상형 일반도 및 상세도(서울방향)



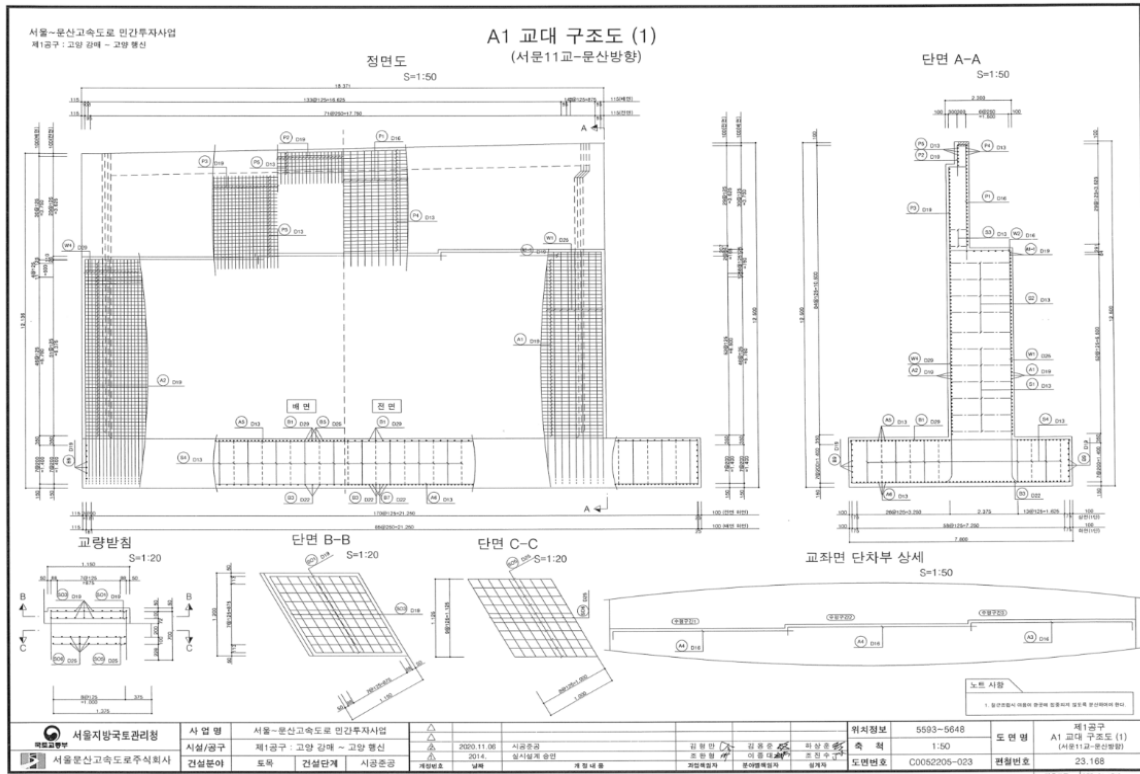
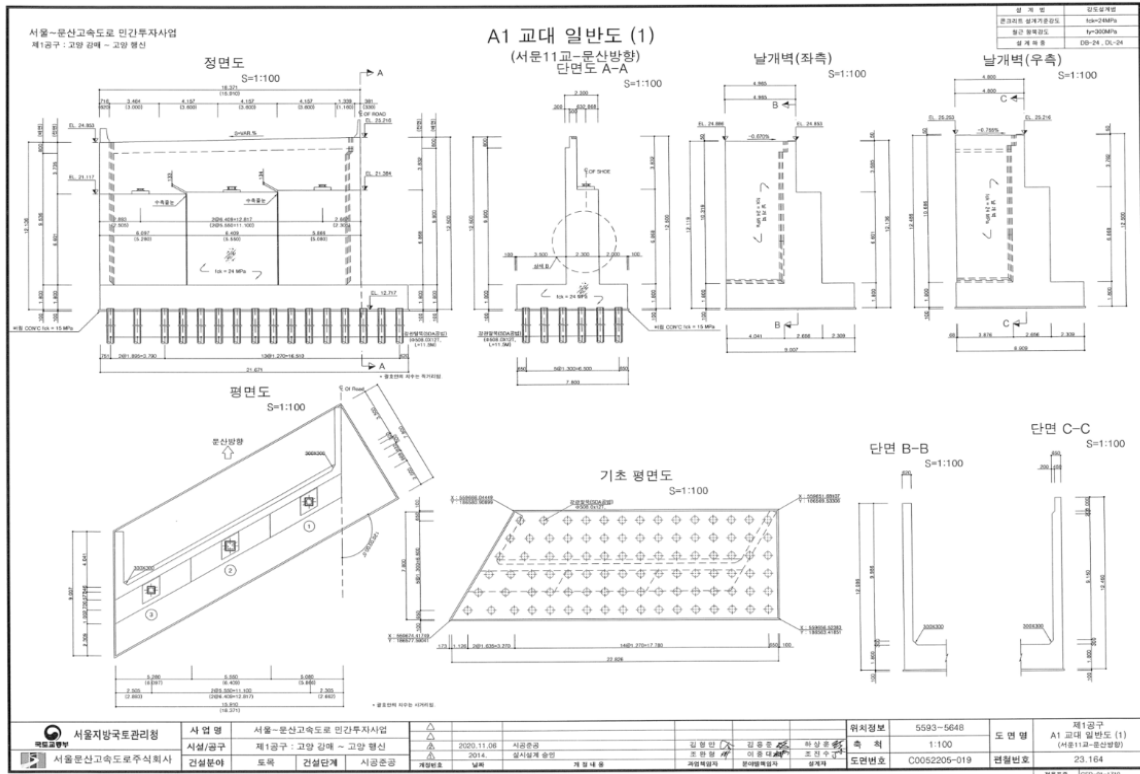
【그림 13.1.7】 바닥판하면 일반도 및 상세도(문산방향)



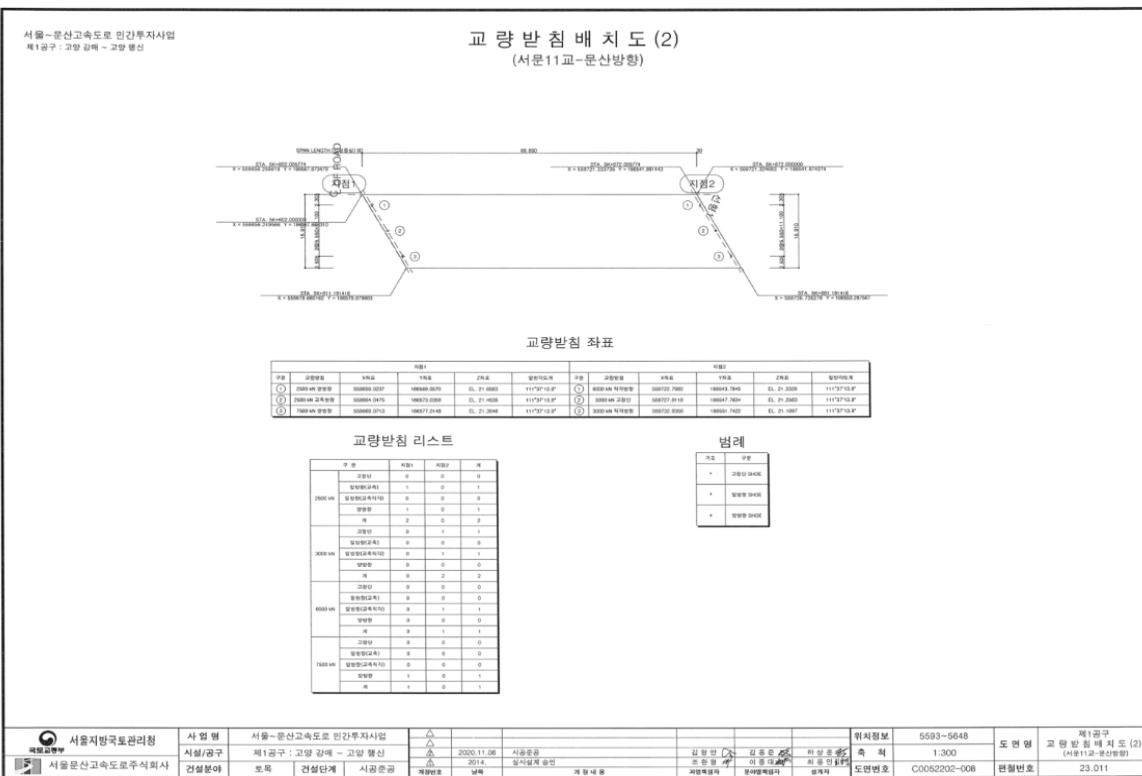
【그림 13.1.8】 강상형 일반도 및 상세도(문산방향)



【그림 13.1.9】 교대 일반도 및 구조도(서울방향)



【그림 13.1.10】 교대 일반도 및 구조도(문산방향)



서문11교- 14

서문11교- 15

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

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

○ 문헌자료

부 분	투수계수(cm/s)	토 권	투수계수(cm/s)	일반의 상태	특 정	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	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
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			
	모래	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—
	점토	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	—
	모래	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—
퇴적층			
	모래	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—
	점토	1.0×10^{-2} 이하	—
	점토	1.0×10^{-2} 이하	—
중화도	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$1.96 \times 10^{-4} \sim 3.08 \times 10^{-4}$	2.4×10^{-4}
중화암	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	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
	점토	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
중화도	중화도	17.5	22.0	28.0	45.0	0.33
	중화암	20.0	30.0	31.0	150.0	0.30

2.7.2 비닐구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량(kN/m ³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	원형 계수(MPa)	포아송비(v)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-6}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	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 _c (m/s)	V _s (m/s)	G _u (MPa)	E _u (MPa)	K _u (MPa)	v _u
배설층	488	180	62	164	181	0.33
	원도	645	200	68	190	0.40
	모래	480	170	52	140	0.35
퇴적층	자갈	514	190	69	181	0.32
	중화도	952	392	268	713	0.33
중화암	중화암	1,144	544	592	1,539	0.30
	연 암	1,834	954	2,184	5,504	0.26
경 암	2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부

90

3. 지반조사 결과

3.1 굴절면적계량

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

3.2 표관현시점

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

3. 지반조사 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
구분	구분	구분	구분	구분	구분

3. 지반조사 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
구분	구분	구분	구분	구분	구분

3. 지반조사 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
구분	구분	구분	구분	구분	구분

3. 지반조사 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
구분	구분	구분	구분	구분	구분

3. 지반조사 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
구분	구분	구분	구분	구분	구분

3. 지반조사 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
구분	구분	구분	구분	구분	구분

3. 지반조사 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
구분	구분	구분	구분	구분	구분

3. 지반조사 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
구분	구분	구분	구분	구분	구분

제 3 편 지반조사 결과

전 세경리본

공 번	
-----	--

1D-2		계측치 1D-1		계측치 1D-2	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram
유니	21905078.80	21905078.80	21905078.80	21905078.80	21905078.80
순방향	38/220277.545	2480505.43	2480505.43	2480505.43	2480505.43
TD-2	38/220277.545	43/21905078.80	43/21905078.80	43/21905078.80	43/21905078.80
역방향	38/220268.01	22/21905078.80	22/21905078.80	22/21905078.80	22/21905078.80
	38/220268.01	22/21905078.80	22/21905078.80	22/21905078.80	22/21905078.80
계측치 1D-1				계측치 1D-2	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	
330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래		330~40도 방향의 결핵 유래	

종류	종교수명	1700년~1830년	1830년~1860년	1860년~1930년	계수
TB-3	전체종류	38/40(95.0%)	47/100(47.0%)	56/100(56.0%)	28
	파쇄종류	41/100(41.0%)	56/100(56.0%)	33/40(82.5%)	11
	매서종류	41/100(41.0%)	31/48(64.6%)	-	17

종교수명

파쇄종류의 종교수명

매서종류의 종교수명

종교수명 분포도

종교수명 (파쇄종류)

종교수명 (매서종류)

종교수명 (파쇄종류)

종교수명 (매서종류)

※ 18-30, 30-42, 42-60의 파쇄종류(Open circle)와 매서종류(Solid circle or Close circle)의 종교수명
 ※ 파쇄종류의 종교수명, 파쇄종류의 종교수명 18-30, 30-42, 42-60의 파쇄종류의 종교수명
 ※ 파쇄종류의 종교수명, 파쇄종류의 종교수명 18-30, 30-42, 42-60의 파쇄종류의 종교수명
 ※ 파쇄종류의 종교수명, 파쇄종류의 종교수명 18-30, 30-42, 42-60의 파쇄종류의 종교수명
 ※ 파쇄종류의 종교수명, 파쇄종류의 종교수명 18-30, 30-42, 42-60의 파쇄종류의 종교수명

 서울문산고속도로주식회사

3 3월 지반조사 결과

4.4 동북쪽 벽 분석

2.2.1 지반의단면과조사

참고

이동형 지반조사(3D)를 이용하여 지반 동적특성(지반강도, 지반수직
변형률)과 지반 동적특성을 측정하여 구조물주변에 적용할 수 있음

○시험조건

1TB-2

구분	깊이 (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	수직강도 (kPa)	수평강도 (MPa)	수직변형률 (%)	수평변형률 (%)
부위1	0.3~7.0	989	375	0.400	2.78E+02	2.78E+02	1.25E+03
부위2	7.0~9.9	1,103	591	0.303	5.53E+02	5.53E+02	1.77E+03
부위3	9.9~12.7	1,881	860	0.394	2.28E+02	9.05E+02	5.33E+03
평균	12.7~24.3	2,303	1,277	0.284	2.96E+02	1.07E+04	8.23E+03

1TB-3

구분	깊이 (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	수직강도 (kPa)	수평강도 (MPa)	수직변형률 (%)	수평변형률 (%)
부위1	0.4~11.0	884	438	0.397	3.95E+02	0.23E+02	1.47E+03
부위2	11.0~15.5	1,185	527	0.345	6.89E+02	1.54E+03	1.98E+03
부위3	15.5~19.1	1,786	897	0.296	2.04E+02	5.97E+02	4.84E+03
평균	19.1~27.0	2,188	1,192	0.283	3.63E+02	9.23E+02	7.18E+03

○관측결과와 지반분류

구분	지반강도 (kPa)	지반수직변형률 (%)	지반수평변형률 (%)	지반분류
1TB-2	0.1~1.0	1.0~24.0	66.7	7B1
1TB-3	0.1~1.0	1.0~27.0	76.0	6B4

○지반분류는 지반조사결과를 바탕으로 분류구분서 지반 분류에 해당되는
지반특성 측정결과를 (예, 7.0~9.9, 15.5m)에 관측결과를 30~400kPa, 0.01~0.03%, 0.01~0.03%로
한정 90~600kPa, 0.01~0.03%, 0.01~0.03%로 분류하며
예, 1.0~3.0m 지반특성 결과 1.98~789kPa, 0.29~0.39% 지반특성 지반분류는 6B4로
해당하며, 19.1~27.0m 지반특성 지반분류는 6B4로

3월 지반조사구조물조사결과

SENSENET-2020-2021년 연구개발사업

4.5 순회도 평가서

4.5.1 기본정보

개요

「순회도」란 평행하여 설치된 교관관망망에서 한 관망각도에서 타 관망각도로 이동할 시에 발생하는 관망각도 변화에 관하여 총선(회전) 속도, 회전 시 기준 위치를 가리킴

○ 설치자료

구분	방위 (°)	기준 위도 (°)	기준 경도 (°)	비고	Aberration Limit(μ)	관망각도 범위(°)	관망속도 회전(°/0.055s)	USCS		
주간 구분	TH-1	2.0	평행회로	15.5	2.61	N P	82.7	34.5	- SM	
	TH-4	4.0	평행회로	13.5	2.63	N P	88.7	36.6	26.2	- SM
	TH-10	8.0	평행회로	5.5	2.65	N P	88.6	34.2	17.1	- SM
	TH-16	12.0	평행회로	0.0	2.67	N P	86.6	37.9	33.3	- SM
야간 구분	TH-2	2.0	평행회로	13.2	2.60	N P	85.5	39.1	23.6	- SM
	TH-8	8.0	평행회로	18.7	2.63	N P	88.0	40.0	45.7	SM
	TH-17	7.0	평행회로	5.5	2.65	N P	88.2	40.6	46.0	- SM
	TH-20	2.0	평행회로	4.9	2.68	N P	86.6	42.4	50.5	- SM
TH-21	2.0	평행회로	15.5	2.69	N P	88.1	72.7	17.1	- SM	
	TH-22	2.0	평행회로	13.2	2.69	N P	73.9	66.1	20.0	- SM
기타 구분	PH-1	4.0	평행회로	27.5	2.67	AB	100.0	100.0	85.9	10.0 CL
	PH-2	3.0	평행회로	26.4	2.64	33.3	100.0	100.0	79.6	15.6 ML
	PH-3	3.0	평행회로	26.4	2.64	33.3	100.0	100.0	87.9	24.4 CL
	PH-4	3.0	평행회로	26.4	2.66	33.6	100.0	100.0	87.9	24.4 CL

주석자료

① 설치자료란 : 관망각도 M, SM, 관망속도 C, SM, 회전 속도 C, SM을 가리킴
② 회전 속도 : 0.055(360/3600) 단위, 2.00~2.00, 2.00(0.055) 단위, 0.00~0.00

5. 순회도 평가서(CR서신)

개요

「평행회로」란 평행하여 설치된 관망망에서 한 관망각도에서 타 관망각도로 이동할 시에 발생하는 관망각도 변화에 관하여 회전 속도, 회전 시 기준 위치를 가리킴

○ 설치자료

구분	방위 (°)	기준 위도 (°)	A1(°/s)		B1(°/s)		USCS	
			회전속도 C(°/s)	회전속도 C(°/s)	회전속도 C(°/s)	회전속도 C(°/s)		
방위 구분	TH-1	1.0	평행회로	17.45	16.7	16.28	14.3	12.8 SM
	TH-2	1.0	평행회로	17.37	17.0	16.40	16.0	12.0 SM

주석자료

① 설치자료란 : 회전속도 A1(회전속도 17.45(°/s)~17.37(°/s)), B1(회전속도 17.45(°/s)~16.40(°/s)) 단위
② 회전 속도 : 0.0~0.0(회전속도 12.0(°/s)) 단위, 회전 속도

◎ 자충설 결과분석

기초검정 결과분석

구분	전산	실측	차이	비율	평가
max(%)	4.3~10.3	0.5	6.1~11.5	10.0	
av. (MPa)	40.4~100.1	90.0	57.9~108.5	85.3	

•시험실 내부 온도습도차별, 결구도차와 결구형 입자분포차별 미검출 결과 일관성은 av. 100%의 결과로 분석되며, 기구 80%를 적용한 결구 값은 전산에서 40.4~100.1MPa, 전산에서 57.9~108.5MPa로 분석됨

○ 2차검정 결과분석 내용 검토

○ 시험결과 및 적용률 검토

시험소	시험종류	기종	비율인	Tb=7	기종별 결과
아산	콘크리트/모래	3.0#이상	2.68	2.62	
부산(주)	콘크리트/모래	2.0#이상	0.06	0.27	
인천(주)	콘크리트/모래	2.0#이상	1.62	3.43	
대전(주)	콘크리트	42#이상			
대전(주)	모래를 사용하지않음	420#이상	10.9	31.6	

•본산상 조차의 적용률 결구, 전산, 결구 및 모래를 기준에 대하여 분석하는 것으로 나타남
 •Tb=7 시험결과, 모래를 사용하지 않은 기종이 미검출이 부합함으로 시험시 반영·이용여부에 함

다. 구조계산서

1. 설계조건

1) 교량제원

- (1) 교량명 : 서문11교 서울방향
- (2) 교량종류 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교량형식 : Steel 박스기둥교
- (4) 교량연장 : 55,000 = 55,000 m
- (5) 교량폭 : B = 15,910 mm
- (6) Girder 제원 : B = 2,400 mm H = 2,400 mm
- (7) 사각(Skew) : 120,000 °
- (8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ mm
- (9) 설계속도 : 100,000 km/h
- (10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강재

• 사용재료

주부재	HS8500(상판, 하판, 복부판, 상부중리브, 하부중리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 스퍼레이트)
부부재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 플리브, 세로보, 일반부 가로보, 지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용응력 (MPa)

(☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력종류	판두께(mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 400	SM 490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270			
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)	230	270	380
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

② 충격계수

• 1 차간

$$I = 15 / (40 + L) = 0.160 < 0.300 \therefore I = 0.160$$

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 비탄탄의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

- 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

(5) 온도변화에 대한 영향

- 비탄탄의 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 적선변화 한다고 가정한다.

- 다음에 제시된 총동력은 난간의 경우 비탄탄의 설계에만 사용하며, 이 총동력만을 사용하여 차광 방호 울타리의 자세를 설계하는 것은 곤란하다.

수평력 (kN/m)	차광 높이	수직력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상	
3.750	2.500	난간 상단부 1.000

- 다음에 제시된 총동력은 벽식 강성 방호 울타리의 경우 비탄탄의 설계에만 사용하며, 이 총동력만을 사용하여 차광 방호 울타리 자세를 설계하는 것은 곤란하다.

- ① 수평 총동력 H는 노면상 1.0m 높이에 고착을 하며 1.0m마다 작용하한 다음 식에 의하여 구한다.

$$H = \left(\frac{V}{60}\right)^2 \times 7.5 + 2.5 \text{ (kN/m)}$$

- ② 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/m씩 수평하중을 제한다.

(다만, 곡률반지름 R≤200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평총동력은 계산된 값의 2배로 한다)

(6) 현상하중

- 교량의 곡선부는 모든 설계차도에 제하된 DB하중의 백분율로서 표현되는 현상하중에 의해 설계한다.

$$CF = 0.79 \frac{V^2}{R} (\%)$$

CF : 현상하중으로서 총력을 포함하지 않은 활하중의 백분율
V : 설계속도 (km/h)
R : 곡선반경(m)

- 곡선부 교량에서 자동차에 의한 현상하중은 위 식과 같이 총력을 포함하지 않은 활하중에 대한 백분율로 표현되는데, 이때의 활하중이한 최대하중 효과가 발생하도록 설계 차로 위에 한대씩 제하된 DB하중을 말한다.

③ 비탄탄 콘크리트(☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	27,804.0 MPa
전단 탄성계수 (G_c)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (ν)	7.0
비탄탄 콘크리트와 강재 주거터와의 온도차	10,000 °C
비탄탄 콘크리트와 강재의 신장률계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ϵ_d)	0.000270
상대습도	70.0 %
CREEP 계수 (ϕ_2)	$\phi_2 = 2\phi_1$: 2

④ 비탄탄 철근

철근 설계 항복강도 (f_{yk})	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하중조건

- (1) 교량하중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

- ① 철근 콘크리트 : 25,000 kN/m²
- ② 부근 콘크리트 : 23,500 kN/m²
- ③ 강재 : 78,500 kN/m²
- ④ 포장 콘크리트 : 23,500 kN/m²

(2) 활하중

(☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

$$N_L = 14,960 \text{ m}, N = 4 \text{ 차로}$$

$$W = 14,960 / 4 = 3,740 \text{ m} > 3,600 \text{ m}$$

∴ 설계 차로폭 3,600m보다 4차로 연속으로 제하

- ② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

• DB-24 하중

- 전륜하중 : $P_f = 24,000 \text{ kN}$
- 후륜하중 : $P_r = 96,000 \text{ kN}$

• DL-24 하중

- 차로당 등분포 하중 : $W_L = 12,700 \text{ kN/m}$
- 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m = 108,000 \text{ kN}$
- 전단력 계산시 집중하중 : $P_s = 156,000 \text{ kN}$

3) 설계방법

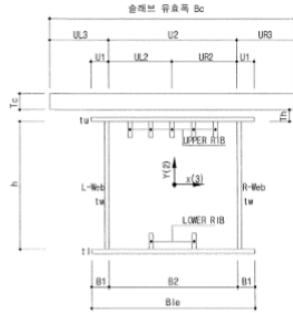
- (1) 바닥판 : 강도설계법 + 경형적설계법
- (2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참고문헌

- (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) 강도교로 상세부 설계지침 (2006)

4.6 단면 검토(정모멘트)

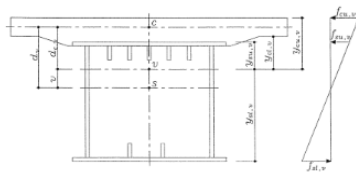
[63 : 단면 - 1] : 절점 26 로 부터 이격거리 3.673 m
1) 단면가장 및 설계조건



주부재 강종: NS2500	
Bc = 5,395.0 mm	
U1 = 120.0 mm	
U2 = 1,200.0 mm	
U3 = 1,200.0 mm	
상부 플랜지 유효폭 B _{ue} = 2,640.0 mm	
하부 플랜지 유효폭 B _{le} = 2,640.0 mm	
B1 = 120.0 mm	
B2 = 2,400.0 mm	
Tc = 440.0 mm	
Th = 50.0 mm	
h = 2,200.0 mm	
Θ ₁ = 0.000 °	
Θ ₂ = 0.000 °	

구분	단위	입력 Data
E _c : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E _s : 콘크리트 탄성계수	MPa	27,804.0
e _y : 바닥판 콘크리트의 전조수축에 의한 휨중수축률	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선형팽창계수	-	0.000012
φ ₂ : 전조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강재 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
ΔI : 강재 콘크리트의 온도차	°C	10.0
M _u : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	9,114.038
M _{sw} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,348.996
M _w : 종하중에 의한 모멘트	kN·m	29.617
M _u : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	3,061.593
V _u : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1,457.169
V _{sw} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-400.775
V _w : 종하중에 의한 전단력	kN	-10.540
V _u : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-610.082
M _{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	3,639.719
M _{sw} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	737.188
M _w : 종하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	175.933
M _{st} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	1,630.588

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간 및 방호벽자중 + PAVEMENT자중



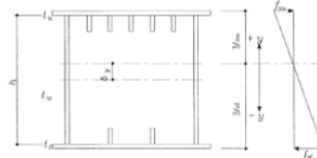
(2) 합성 후

- 바닥판 콘크리트 환산단면적
 $A_{cst} = A_{c1} / n = 2,373,800.0 / 7.0 = 339,114.3 \text{ mm}^2$
- 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트
 $I_{cst} = I_{c1} / n = 38,297,306,666.7 / 7.0 = 5,471E+09 \text{ mm}^4$
- 합성 단면적
 $A_u = A_c + A_{cst} = 120,020.0 + 339,114.3 = 459,134.3 \text{ mm}^2$
- 강재도심에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리
 $d_u = y_{su} - t_u + T_h + T_c / 2 = 1,054.0 - 10.0 + 50.0 + 440.0 / 2 = 1,314.0 \text{ mm}$
- 합성 단면의 도심속 이동량
 $v = A_{cst} \times d_u / A_u = 339,114.3 \times 1,314.0 / 459,134.3 = 970.5 \text{ mm}$
- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
 $d_{c,u} = d_u - v = 1,314.0 - 970.5 = 343.5 \text{ mm}$
- 합성단면의 단면2차 모멘트
 $I_u = I_c + A_c \cdot v^2 + I_{cst} + A_{cst} \cdot d_{c,u}^2 = 100,606,134,467.6 + 120,020.0 \times 970.5^2 + 5,471,043,809.5 + 339,114.3 \times 343.5^2 = 2,591E+11 \text{ mm}^4$
- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리
 $y_{su,v} = y_{su} - v = 1,054.0 - 970.5 = 83.5 \text{ mm}$
 $y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,166.0 - 970.5 = -2,136.5 \text{ mm}$
- 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리
 $y_{cu,v} = d_{c,u} + T_c / 2 = 343.5 + 440.0 / 2 = 563.5 \text{ mm}$
 $y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c = 563.5 - 440.0 = 123.5 \text{ mm}$
- 응력 검토
 $f_{su,v} = M_{u,v} \cdot y_{su,v} / I_u = 2,348,996 \times 83.5 / 259,125,966,176.4 = 0.757 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{u,v} \cdot y_{sl,v} / I_u = 2,348,996 \times -2,136.5 / 259,125,966,176.4 = -19,368 \text{ MPa}$
 $f_{cu,v} = M_{u,v} \cdot y_{cu,v} / I_u = 2,348,996 \times 563.5 / (259,125,966,176.4 \times 7.0) = 0.730 \text{ MPa}$
 $f_{cl,v} = M_{u,v} \cdot y_{cl,v} / I_u = 2,348,996 \times 123.5 / (259,125,966,176.4 \times 7.0) = 0.160 \text{ MPa}$
- 전단응력 검토
 $V_u = 400.775 / 52,800.0 + 737.188 / (2 \times 5,406,325.7 \times 12.0) = 13.272 \text{ MPa}$

X(3)축 방향 단면 계면

구분	구분	A ₁ (mm ²)	Y ₁ (mm)	A ₂ ·Y ₁ (mm ³)	A ₂ ·Y ₁ ² (mm ⁴)	I _{xx} (mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,105.0	2.917E+07	3.224E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	1,025.0	1.079E+07	1.103E+10	1.969E+07
L- WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R- WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	2 - 140.0 × 14.0	3,920.0	-1,030.0	-4.038E+06	4.150E+09	6.403E+05
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	-1,105.0	-2.917E+07	3.224E+10	2.200E+05
합계 단면 합계		120,020.0	-	6.725E+06	7.969E+10	2.132E+10
RC- SLAB	1 - 5,395.0 × 440.0	2,373,800.0	1,370.0	3.252E+09	4.455E+12	3.830E+10
SLAB 단면 합계		2,373,800.0	-	3.252E+09	4.455E+12	3.830E+10

2) 응력 검토



(1) 합성 전

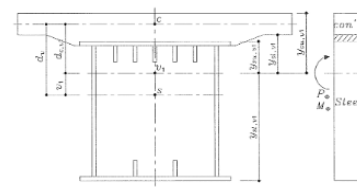
- 도심속 이동량
 $\delta_y = \sum A_i Y_i / \sum A_i = 6,724,900.0 / 120,020.0 = 56.031 \text{ mm}$
- 도심속에서 상·하부 플랜지 연단거리
 $y_{su} = h / 2 + t_u - \delta_y = 2,200.0 / 2 + 10.0 - 56.031 = 1,053.969 \text{ mm}$
 $y_{sl} = -(h / 2 + t_l + \delta_y) = -(2,200.0 / 2 + 10.0 + 56.031) = -1,166.031 \text{ mm}$
- 강재의 단면2차 모멘트
 $I_s = \sum I_{si} + \sum A_i \delta_y^2 = 21,322,530,166.7 + 79,660,410,500.0 - 120,020.0 \times 56.031^2 = 1.009E+11 \text{ mm}^4$
- 플랜지 응력 검토
 $f_{su} = M_u \cdot y_{su} / I_s = 9,114.038 \times 1,054.0 / 100,606,134,467.6 = 95.480 \text{ MPa}$
 $f_{sl} = M_u \cdot y_{sl} / I_s = 9,114.038 \times -1,166.0 / 100,606,134,467.6 = -105.632 \text{ MPa}$
- 부재의 전단응력 검토
 $F = 5.331E+06 \text{ mm}^2$
 $u = V_u / A_u + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 1,457.169 / 52,800.0 + 3,639.719 / (2 \times 5,330,520.0 \times 12.0) = 56.048 \text{ MPa}$

(3) 활 하 중

- 응력 검토
 $f_{su,v} = M_{u,v} \cdot y_{su,v} / I_u = 29,617 \times 83.5 / 259,125,966,176.4 = 0.993 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{u,v} \cdot y_{sl,v} / I_u = 29,617 \times -2,136.5 / 259,125,966,176.4 = -25.408 \text{ MPa}$
 $f_{cu,v} = M_{u,v} \cdot y_{cu,v} / I_u = 29,617 \times 563.5 / (259,125,966,176.4 \times 7.0) = 0.957 \text{ MPa}$
 $f_{cl,v} = M_{u,v} \cdot y_{cl,v} / I_u = 29,617 \times 123.5 / (259,125,966,176.4 \times 7.0) = 0.210 \text{ MPa}$
- 전단응력 검토
 $u = V_u / A_u + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 610.082 / 52,800.0 + 1,630.588 / (2 \times 5,406,325.7 \times 12.0) = 24.122 \text{ MPa}$

(4) 종 하 중 [활하중 비제하시의 종하중에 의한 응력값으로 활하중 제하시에는 계산된 값의 1/2를 적용]

- 응력 검토
 $f_{su,v} = M_{u,v} \cdot y_{su,v} / I_u = 29,617 \times 83.5 / 259,125,966,176.4 = 0.010 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{u,v} \cdot y_{sl,v} / I_u = 29,617 \times -2,136.5 / 259,125,966,176.4 = -0.244 \text{ MPa}$
 $f_{cu,v} = M_{u,v} \cdot y_{cu,v} / I_u = 29,617 \times 563.5 / (259,125,966,176.4 \times 7.0) = 0.009 \text{ MPa}$
 $f_{cl,v} = M_{u,v} \cdot y_{cl,v} / I_u = 29,617 \times 123.5 / (259,125,966,176.4 \times 7.0) = 0.002 \text{ MPa}$
- 전단응력 검토
 $u = V_u / A_u + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) = 10.540 / 52,800.0 + 175.933 / (2 \times 5,406,325.7 \times 12.0) = 1.556 \text{ MPa}$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향 (※ 도.설.제 3.9.2.6)

- 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 ϕ_t 를 2.0을 표준으로 한다.
 $\phi_t = 2.0$
 $k = 1.000$ ※ 2차 부정정률로 인한 영향 고려
 $n_1 = n_1 \cdot (1 + \phi_t / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$
 $A_{s1} = A_s + A_{c1} / n_1 = 120,020.0 + 2,373,800.0 / 14.0 = 2.806E+05 \text{ mm}^2$
 $v_1 = (A_{c1} / n_1) \times d_u / A_{s1} = (2,373,800.0 / 14.0) \times 1,314.0 / 289,577.1 = 769.4 \text{ mm}$
 $d_{c,v1} = d_u - v_1 = 1,314.0 - 769.4 = 544.6 \text{ mm}$
 $I_{s1} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_{c1} / n_1 + A_{c1} / n_1 \cdot d_{c,v1}^2)$

$$= (100,606,134,467.6 + 120,020.0 \times 769.4^2) + (38,297,306,666.7 / 14.0 + 2,373,800.0 / 14.0 \times 544.6^2) = 2.247E+11 \text{ mm}^4$$

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{c,u,v} = y_{cn} - v_1 = 1,054.0 - 769.4 = 284.6 \text{ mm}$$

$$y_{d,u,v} = y_{dn} - v_1 = -1,166.0 - 769.4 = -1,935.4 \text{ mm}$$

• 합성단면 도심에서 바닥 콘크리트 연단거리

$$y_{c,u,v} = d_{c,u,v} + T_c / 2 = 544.6 + 440.0 / 2 = 764.6 \text{ mm}$$

$$y_{d,u,v} = y_{c,u,v} - T_c = 764.6 - 440.0 = 324.6 \text{ mm}$$

• 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥 콘크리트에 작용하는 압축력

$$N_c = M_{dc} \cdot d_{c,n} / A_{c1} (n \cdot I_g)$$

$$= 2,349.0 \times 343.5 \times 2,373,800.0 / (7.0 \times 259,125,966,176.4) = 1.056E+06 \text{ N}$$

• 강재보와 결합으로 인해 바닥면에 생기는 압축력

$$P_s = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1,055,884.2 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.056E+06 \text{ N}$$

• P_s 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_s = P_s \times d_{c,u,v} = 1,055,884.2 \times 544.6 = 5.750E+08 \text{ N-mm}$$

• 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{cs} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥 상·하변 응력

$$f_{c,u,v} = M_{dc} \cdot y_{c,u,v} / I_g = 2,349,996 \times 563.5 / (259,125,966,176.4 \times 7.0) = 0.730 \text{ MPa}$$

$$f_{d,u,v} = M_{dc} \cdot y_{d,u,v} / I_g = 2,349,996 \times 123.5 / (259,125,966,176.4 \times 7.0) = 0.160 \text{ MPa}$$

• 바닥 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{c,u,v} = 1/n_1 (P_s / A_{cs} + k \cdot M_s \cdot y_{c,u,v} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot f_{c,u,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,055,884.2 / 289,577.1 + 1.000 \times 575,030,141.1 \times 764.6 / 224,673,653,121.6) - 13,902.0 \times 0.730 \times 2.0 / 27,804.0 = -0.329 \text{ MPa}$$

$$f_{d,u,v} = 1/n_1 (P_s / A_{cs} + k \cdot M_s \cdot y_{d,u,v} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot f_{d,u,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,055,884.2 / 289,577.1 + 1.000 \times 575,030,141.1 \times 324.6 / 224,673,653,121.6) - 13,902.0 \times 0.160 \times 2.0 / 27,804.0 = 0.160 \text{ MPa}$$

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{c,u,v} = P_s / A_{cs} + k \cdot M_s \cdot y_{c,u,v} / I_{cs}$$

$$= 1,055,884.2 / 289,577.1 + 1.000 \times 575,030,141.1 \times 284.6 / 224,673,653,121.6 = 4.375 \text{ MPa}$$

$$f_{d,u,v} = P_s / A_{cs} + k \cdot M_s \cdot y_{d,u,v} / I_{cs}$$

$$= 1,055,884.2 / 289,577.1 + 1.000 \times 575,030,141.1 \times -1,935.4 / 224,673,653,121.6 = -1.307 \text{ MPa}$$

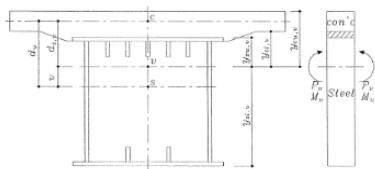
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{c,u,v} = P_{s2} / A_{cs} + k \cdot M_{s2} \cdot y_{c,u,v} / I_{cs}$$

$$= 6,256,658.6 / 233,058.1 + 1.000 \times 4,233,668,422.3 \times 416.7 / 202,934,006,677.2 = 35.539 \text{ MPa}$$

$$f_{d,u,v} = P_{s2} / A_{cs} + k \cdot M_{s2} \cdot y_{d,u,v} / I_{cs}$$

$$= 6,256,658.6 / 233,058.1 + 1.000 \times 4,233,668,422.3 \times -1,803.3 / 202,934,006,677.2 = -10.776 \text{ MPa}$$



(7) 바닥 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (☞ 도.설.책 3.9.2.7)

• 바닥 콘크리트와 강재 보주거와의 온도차는 10℃ 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거 및 바닥 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥 콘크리트의 강재의 신장계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

• 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.00012 \times 10.0 = 0.000120$$

• 바닥 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{cs} = E_c \cdot \epsilon_t \cdot A_{cs} / n = 205,000.0 \times 0.000120 \times 2,373,800.0 / 7.0 = 8.342E+06 \text{ N}$$

• P_{cs} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{cs} = P_{cs} \times d_{c,u,v} = 8,342,211.4 \times 343.5 = 2.865E+09 \text{ N-mm}$$

• 바닥 콘크리트의 응력변화량

$$f_{c,u,v} = 1/n_1 (P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{c,u,v} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (8,342,211.4 / 459,134.3 + 1.000 \times 2,865,365,621.2 \times 563.5 / 259,125,966,176.4) - 27,804.0 \times 0.000120 = 0.149 \text{ MPa}$$

• $f_{d,u,v} = 1/n_1 (P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{d,u,v} / I_{cs}) - E_{cs} \cdot \epsilon_t$

$$= (1/7.0) \times (8,342,211.4 / 459,134.3 + 1.000 \times 2,865,365,621.2 \times 123.5 / 259,125,966,176.4) - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.546 \text{ MPa}$$

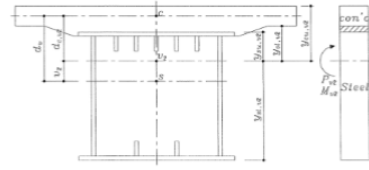
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{c,u,v} = P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{c,u,v} / I_{cs}$$

$$= 8,342,211.4 / 459,134.3 + 1.000 \times 2,865,365,621.2 \times 83.5 / 259,125,966,176.4 = 19.093 \text{ MPa}$$

• $f_{d,u,v} = P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{d,u,v} / I_{cs}$

$$= 8,342,211.4 / 459,134.3 + 1.000 \times 2,865,365,621.2 \times -2,136.5 / 259,125,966,176.4 = -5.456 \text{ MPa}$$



(6) 바닥 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.책 3.9.2.8)

• 바닥 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 27×10^{-4} , 크리프계수 Φ_2 는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$ 을 표준으로 한다.

• $\Phi_2 = 4.0$

$$n_2 = n_1 \cdot (1 + \Phi_2 / 2) = 7.0 \times (1 + 4.0 / 2) = 21.000$$

• $A_{c2} = A_c + A_{cs} / n_2 = 120,020.0 + 2,373,800.0 / 21.0 = 2.331E+05 \text{ mm}^2$

$$y_{c2} = (A_{cs} / n_2) \times d_{c,u,v} / A_{c2} = (2,373,800.0 / 21.0) \times 1,314.0 / 233,058.1 = 637.3 \text{ mm}$$

• $d_{c,u,v} = d_{cn} - v_2 = 1,314.0 - 637.3 = 676.7 \text{ mm}$

$$I_{c2} = (I_c + A_{cs} \cdot y_{c2}^2) + (I_{cs} / n_2 + A_{cs} / n_2 \cdot d_{c,u,v}^2)$$

$$= (100,606,134,467.6 + 120,020.0 \times 637.3^2) + (38,297,306,666.7 / 21.0 + 2,373,800.0 / 21.0 \times 676.7^2) = 2.029E+11 \text{ mm}^4$$

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{c,u,v} = y_{cn} - v_2 = 1,054.0 - 637.3 = 416.7 \text{ mm}$$

• $y_{d,u,v} = y_{dn} - v_2 = -1,166.0 - 637.3 = -1,803.3 \text{ mm}$

• 합성단면 도심에서 바닥 콘크리트 연단거리

$$y_{c,u,v} = d_{c,u,v} + T_c / 2 = 676.7 + 440.0 / 2 = 806.7 \text{ mm}$$

• $y_{d,u,v} = y_{c,u,v} - T_c = 806.7 - 440.0 = 466.7 \text{ mm}$

• 바닥 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{cs} = E_c \cdot \epsilon_s \cdot A_{cs} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 2,373,800.0 / 21.0 = 6.257E+06 \text{ N}$$

• P_{cs} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{cs} = P_{cs} \times d_{c,u,v} = 6,256,658.6 \times 806.7 = 4.234E+09 \text{ N-mm}$$

• 바닥 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$$E_{cs} = E_c / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

• 바닥 콘크리트의 응력변화량

$$f_{c,u,v} = 1/n_2 (P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{c,u,v} / I_{c2}) - E_{cs} \cdot \epsilon_s$$

$$= (1/21.0) \times (6,256,658.6 / 233,058.1 + 1.000 \times 4,233,668,422.3 \times 806.7 / 202,934,006,677.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -0.467 \text{ MPa}$$

• $f_{d,u,v} = 1/n_2 (P_{cs} / A_{cs} + k \cdot M_{cs} \cdot y_{d,u,v} / I_{c2}) - E_{cs} \cdot \epsilon_s$

$$= (1/21.0) \times (6,256,658.6 / 233,058.1 + 1.000 \times 4,233,668,422.3 \times 806.7 / 202,934,006,677.2) - 9,761.9 \times 0.000270 = -0.904 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

• 동하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_u + V_{us} + V_{us}) / A_w + M_{u1} / (2 \cdot F \cdot l_w) + (M_{u1} + M_{u2}) / (2 \cdot F \cdot l_w)$$

$$= 2,468,026 / 52,800.0 + 3,639,719 / 127,932,480.0 + 2,367,776 / 129,751,817.1 = 93.442 \text{ MPa}$$

• $u = 93.4 \text{ MPa} \leq u_s = 135.0 \text{ MPa} \dots \dots 0.K !!$

• 동하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$$u = (V_u + V_{us} + V_{us}) / A_w + M_{u1} / (2 \cdot F \cdot l_w) + (M_{u1} + M_{u2}) / (2 \cdot F \cdot l_w)$$

$$= 1,868,484 / 52,800.0 + 3,639,719 / 127,932,480.0 + 913,121 / 129,751,817.1 = 70.876 \text{ MPa}$$

• $u = 70.9 \text{ MPa} \leq 1.2 u_s = 162.0 \text{ MPa} \dots \dots 0.K !!$

• 활하중 재하시

$$u = (V_u + V_{us} + V_{us} / 2 + V_{us}) / A_w + M_{u1} / (2 \cdot F \cdot l_w) + (M_{u1} + M_{u2} / 2 + M_{u2}) / (2 \cdot F \cdot l_w)$$

$$= 2,473,296 / 52,800.0 + 3,639,719 / 127,932,480.0 + 2,455,742 / 129,751,817.1 = 94.219 \text{ MPa}$$

• $u = 94.2 \text{ MPa} \leq 1.25 u_s = 168.8 \text{ MPa} \dots \dots 0.K !!$

(9) 조합 응력의 검토 (☞ 도.설.책 3.4.2.3)

• $i = 0.65 (\Phi / n)^2 + 0.13 (\Phi / n) + 1.0 = 1.000$

여기서, Φ : 유효 구배 ($\Phi = (f_t - f_c) / f_t \approx 0.0$)
 f_t, f_c : 포화된 콘크리트의 압축 (단, $f_t \geq f_c$ 이며 압축응력일 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종비율에 의해서 구분되는 Panel의 수

• 인장 (하부) 플랜지의 허용응력 (HES600 사용) (☞ 도.설.책 3.3.2)

$$f_{ts} = 230.0 \text{ MPa}$$

• 압축 (상부) 플랜지의 허용응력 (HES600 사용) (☞ 도.설.책 3.4.2.3)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} < i \cdot n = 10 \text{ mm}$$

• $f_{ts} = 230.0 \text{ MPa}$

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq i \cdot n = 10 \text{ mm} < b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

• $f_{ts} = 230.0 - 5.2 \{b / (i \cdot n) - 22.0\} = 136.4 \text{ MPa}$

$$b / 90.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq i \cdot n = 10 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

• $f_{ts} = 220,000 \{ (i \cdot n) / b \}^2 = 137.5 \text{ MPa}$

$$f_{ts} = 230.0 \text{ MPa} \{ \text{합성부 압축플랜지가 콘크리트 바닥 등에 고정되어 있는 경우 및 비스평 단면, 조형 단면과 같이 취급하지 않아야 하는 경우} \}$$

• $\therefore f_{ts} = 230.0 \text{ MPa}$

• 필근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.책 3.9.3.1)

$$f_{cs} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

• $f_{cs} = 0.07 f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$ ($f_{cs} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

• 슬래브와 주거터에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.제 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하중 조합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상면	하면	상면	하면	상면	하면	상면	하면
1	-	-	-	-	95.480	-105.632	135.400	230.000
1+2+3	1.687	0.370	10.800	10.800	97.230	-150.408	230.000	230.000
1+2+3+5	1.358	0.530	10.800	10.800	101.605	-151.715	264.500	230.000
1+2+3+5+6	0.891	-0.374	10.800	1.890	137.143	-162.491	264.500	230.000
1+2+3+5+6+7	1.040	-0.920	12.420	2.174	156.236	-167.947	299.000	264.500
1+2+3+5+6+7	0.742	0.172	12.420	12.420	118.051	-157.035	299.000	264.500
1+2+4	0.739	0.162	12.960	12.960	96.247	-125.244	276.000	276.000
1+2+3+0.5×4	1.692	0.371	13.500	13.500	97.235	-150.530	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5	1.362	0.531	13.500	13.500	101.609	-151.837	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6	0.896	-0.373	13.500	2.363	137.148	-162.613	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.045	-0.919	14.580	2.552	156.240	-168.099	310.500	310.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.746	0.173	14.580	14.580	118.055	-157.157	310.500	310.500

주) 압축응력은 양(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설.제 3.8.2.4)

하중 조합	$(f/f_c)^2$		$(\sigma/\sigma_c)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.490	0.211	0.479	0.479	0.969	0.690	0.811	0.811
1+2+3	0.179	0.428	0.479	0.479	0.658	0.907	0.811	0.811
1+2+3+5	0.148	0.435	0.479	0.479	0.627	0.914	0.811	0.811
1+2+3+5+6	0.269	0.499	0.479	0.479	0.748	0.978	0.811	0.811
1+2+3+5+6+7	0.273	0.403	0.479	0.479	0.752	0.882	0.811	0.811
1+2+3+5+6+7	0.156	0.352	0.479	0.479	0.635	0.832	0.811	0.811
1+2+4	0.122	0.206	0.191	0.191	0.313	0.397	0.811	0.811
1+2+3+0.5×4	0.114	0.274	0.312	0.312	0.406	0.585	0.811	0.811
1+2+3+0.5×4+5	0.125	0.279	0.312	0.312	0.437	0.591	0.811	0.811
1+2+3+0.5×4+5+6	0.228	0.320	0.312	0.312	0.539	0.632	0.811	0.811
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.253	0.293	0.312	0.312	0.565	0.605	0.811	0.811
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.145	0.256	0.312	0.312	0.456	0.568	0.811	0.811

$(f/f_c)^2 + (\sigma/\sigma_c)^2 \leq 1.2 \dots\dots 0.811$

【 상 연 】
 $(\frac{95.480}{135.400})^2 + (\frac{93.442}{135.000})^2 = 0.490 + 0.479 = 0.969 \leq 1.2 \dots\dots 0.811$

【 하 연 】
 $(\frac{-162.491}{230.000})^2 + (\frac{93.442}{135.000})^2 = 0.459 + 0.479 = 0.978 \leq 1.2 \dots\dots 0.811$

결과 요약

■ 안전 점검 결과 및 동력검토

구 분		허용치	발생치	비 고
평상시	허용치 지각 (kN/E/A)	1596	626.107	0.8
	허용인발력 (kN/E/A)	276.372	-	0.8
	최대응력 (MPa)	140	113.159	0.8
	전단응력 (MPa)	80	12.09	0.8
	수평변위 (mm)	15	14.906	0.8
지진시	허용치 지각 (kN/E/A)	2379	799.657	0.8
	허용인발력 (kN/E/A)	414.559	-66.589	0.8
	최대응력 (MPa)	210	121.803	0.8
	전단응력 (MPa)	120	15.697	0.8
	수평변위 (mm)	15	10.905	0.8

■ 단면 형 설계

단면위치	깊이	dc	Req. As	사용골고량	Mu	ΦMu	안전도	비고	
	H(mm)	(mm)	(mm ²)	(mm ²)	(kN.m)	(kN.m)			
견연지반	1800	150	2546.84	3098.8	1059.42	1284.997	1.213	0.8	
후연지반	1800	100	4067.58	4596.4	1732.276	1922.926	1.127	0.8	
벽체 : H=10.735	2300	100	3807.07	5139.2	2108.589	2833.57	1.344	0.8	
총벽	800	100	1245.94	1940.4	219.49	339.302	1.545	0.8	
좌측널개벽	A(T=500 mm)	500	60	1418.72	2026.8	155.406	219.705	1.414	0.8
	B(T=500 mm)	500	60	1006.73	1548.4	111.055	169.235	1.524	0.8
	C(T=500 mm)	500	60	1406.8	2026.8	154.132	219.705	1.425	0.8
우측널개벽	A(T=620 mm)	620	80	3028.3	3096.8	339.802	408.448	1.022	0.8
	B(T=620 mm)	620	80	2581.13	3096.8	342.93	408.448	1.191	0.8
	C(T=620 mm)	620	80	3736.26	4053.6	488.309	527.371	1.08	0.8

■ 사용성 검토

구 분	인장응력(1σ)	허용응력(1σa)	슬림간격(S)	최대간격(Sg)	비 고	
전면지판	142.427	150	125	205.417	0.8	
후면지판	145.592	150	125	327.143	0.8	
벽체 : H=10.735	108.14	150	125	514.475	0.8	
총벽	84.245	150	125	708.523	0.8	
좌측널개벽	A(T=500 mm)	108.632	150	250	579.942	0.8
	B(T=500 mm)	101.075	150	250	623.301	0.8
	C(T=500 mm)	108.184	150	250	582.342	0.8
우측널개벽	A(T=620 mm)	149.508	150	125	354.228	0.8
	B(T=620 mm)	128.834	150	125	436.751	0.8
	C(T=620 mm)	141.838	150	125	386.46	0.8

(11) 판의 최소두께 검토

- 압축(상부) 플랜지 (☞ 도.설.제 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)
 $t_{min} = \text{자유둘줄}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 10.0 \text{ mm} \dots\dots 0.811$
 $t_{min} = b/(44 \times n) = 2,400.0 / (44 \times 1.0 \times 6) = 9.1 \leq t_{use} = 10.0 \text{ mm} \dots\dots 0.811$
 (합성형 스티드 설치시) $t_{min} = 10.0 \geq t_{use} = 10.0 \text{ mm} \dots\dots 0.811$
- 인장(하부) 플랜지 (☞ 도.설.제 3.8.3.1, 3.8.3.2)
 $t_{min} = \text{자유둘줄}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 10.0 \text{ mm} \dots\dots 0.811$
- 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (☞ 도.설.제 3.8.4.1)
 $t_{min} = b/(281 \times 1.200) = 2,200.0 / (281 \times 1.200) = 6.5 \leq t_{use} = 12.0 \text{ mm} \dots\dots 0.811$
 여기서, $\sqrt{f_{su}/f_c} = \sqrt{(230.0 / 95.480)} = 1.55 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200$ 적용

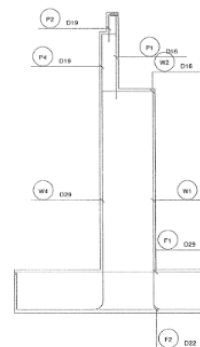
(12) 항복에 대한 안전도 검토

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥 콘크리트와 강재 주거터와의 온도차에 의한 열변형 등 가장 불리한 조합에 대하여 검토하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력 f_{cu} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

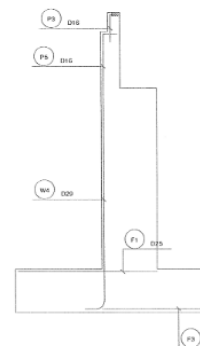
하중 조합	Concrete					Steel				
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별		
	상 인	하 인	상 인		하 인					
-	-	-	-	-	124.124	-137.322	380.000	0.811		
1+2+3	3.007	0.659	16.200	0.811	127.243	-217.127	380.000	0.811		
1+2+3+7	3.156	1.205	16.200	0.811	146.335	-222.583	380.000	0.811		
1+2+3+5	2.677	0.819	16.200	0.811	131.617	-218.435	380.000	0.811		
1+2+3+5+6	2.211	-0.085	16.200	0.811	167.156	-229.210	380.000	0.811		
1+2+3+5+6+7	2.360	-0.631	16.200	0.811	186.248	-234.666	380.000	0.811		
1+2+3+5+6+7	2.061	0.461	16.200	0.811	148.063	-223.754	380.000	0.811		
1+2+4	0.958	0.210	16.200	0.811	125.118	-162.744	380.000	0.811		
1+2+3+0.5×4	3.011	0.660	16.200	0.811	127.247	-217.249	380.000	0.811		
1+2+3+0.5×4+7	3.161	0.114	16.200	0.811	146.340	-222.705	380.000	0.811		
1+2+3+0.5×4+5	2.882	0.820	16.200	0.811	131.622	-218.567	380.000	0.811		
1+2+3+0.5×4+5+6	2.215	-0.084	16.200	0.811	167.161	-229.332	380.000	0.811		
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.365	-0.630	16.200	0.811	186.253	-234.788	380.000	0.811		
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.066	0.462	16.200	0.811	148.068	-223.877	380.000	0.811		

■ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)



- ② Cycle (CTC = 250)



1. 설계 조건

1) 일반 사항

- (1) 구조 형식 : 역T형 교대
(2) 상부 형식 : STEEL BOX
(3) 교량 등급 : 1 등교
(4) 교대 총 폭 : B = 19.972 M
(5) 교대 높이가 : H = 12.535 M
(6) 기초 형식 : 말뚝기초
(7) SLEW : 120.000°

2) 하중

- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 토체중재의 단위중량 : $\gamma_{s1} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ (토사) [도로설계요령 제3권 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 : $R_d = 347.931 \text{ kN/m}$
(6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 102.585 \text{ kN/m}$
(7) 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.050$

3) 지반 조건

- (1) 토체중재의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$
(2) 기초지반의 N치 : $N = 6.000$
(3) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 24.487^\circ$ { $\phi_2 = 15 + \sqrt{15N}$ }
(4) 기초지반의 응축력 : $C = 0.000 \text{ kN/m}^2$
(5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.290$; $\tan(\frac{3}{4} \cdot \phi_2)$: 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$; 위험도 계수 $\times$ 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사용 재료 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(SD300) : $f_y = 300.000 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

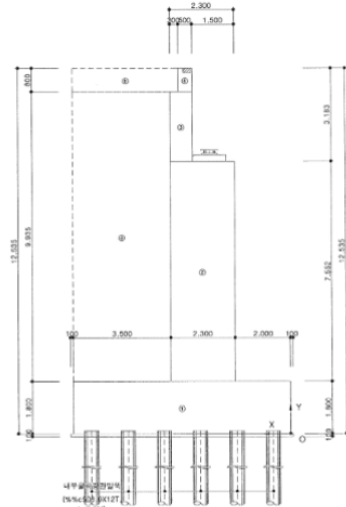
5) 설계 방법

- (1) 안전 설계 : 허용응력 설계법
(2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

6) 참고 문헌

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

2. 단면 가정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위: kN)

구분	1	2	3	계
고정하중	1427.210	1381.940	3791.688	6600.844
활하중	320.168	710.659	915.383	1946.210

※ 지반하중 집계표 (단위: kN)

구분	1	2	3	계
교각방향	0.000	0.000	0.000	0.000
지각방향	0.000	1016.530	0.000	1016.530

$$H = R \times A \times S \quad R: \text{교량받침의 고정하중 반력}, A: \text{가속도계수}(=0.154), S: \text{지반계수}(=1.000)$$

$$\text{교각지각방향 } H = \sum R_a \times A \times S \quad \sum R_a: \text{교대의 전체 고정하중 반력}$$

교각방향은 가동단이므로 수평력이 없음.

4. 안정 검토

1) 하중집계 및 조합

① 작용하중 집계표: 「하중계산 참조」

구분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
1. 교대구체(평상시)	842.909	-	3.512	3.988	2960.156	-
2. 교대구체(지진시)	842.909	64.904	3.512	3.988	2960.156	258.909
3. 토체중재(평상시)	756.254	-	6.038	7.199	4566.217	-
4. 토체중재(지진시)	756.254	58.232	6.038	7.199	4566.217	419.215
5. 배면토압(평상시)	-	425.816	-	4.178	-	1779.209
6. 배면토압(지진시)	-	493.381	-	6.268	-	3092.279
7. 토체중 상재하중	38.000	33.970	5.900	6.268	224.200	212.908
8. 상부 고정하중반력	347.931	-	2.885	-	1003.781	-
9. 상부 활하중반력	102.585	-	2.885	-	295.958	-
10. 교량받침마찰력	-	15.066	-	9.752	-	146.927
11. 상부관성력	-	-	-	9.752	-	-

② 하중조합

구분	구분	V(kN)	H(kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	1637.163	459.786	7750.573	1982.117
COMB 2	고정하중+활하중+토압+윈도하중(1+3+5+7)	1637.163	459.786	7750.573	1982.117
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+윈도하중(2+4+6)	1599.163	616.517	7526.373	3770.303
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)+H9	2087.679	459.786	9050.312	1982.117
COMB 5	고정하중+활하중+토압+윈도하중(1+3+5+7)+H9	2087.679	474.852	9050.312	2139.044
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+윈도하중(2+4+6)+H9	1947.094	616.517	8530.154	3770.303

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비제하시(가설시) : 상부하중 제하시
가설시의 활하중은 다중기(레올라)등 견설기계의 하중을 뜻함.

2) 전도에 대한 안전

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

3) 활동에 대한 안전

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

4) 지지력에 대한 안전

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

5) 말뚝도심에서의 작용하중 산정

① 말뚝도심의 작용하중 계산

$$\sum M = \sum M_r - \sum M_o$$

$$e = \text{말뚝도심} (= 3.792) - \sum M / \sum V$$

$$M_o = V \times e$$

※ 말뚝도심의 계산

구분	거리(m)	분수	거리 x 분수	도심(m)
1 열	0.650	17,000	11,050	-
2 열	1.950	17,000	33,150	-
3 열	3.250	16,000	52,000	-
4 열	4.550	16,000	72,800	-
5 열	5.850	15,000	87,750	-
6 열	7.150	15,000	107,250	-
계	-	96,000	364,000	3.792

② 하중조합별 작용력

구분	구분	V(kN)	H(kN)	e(m)	M _o (kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	31060.256	8723.060	0.274	8510.510
COMB 2	고정하중+활하중+토압+윈도하중(1+3)	31060.256	8723.060	0.274	8510.510
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+윈도하중(2+4)	30339.320	11696.561	1.443	43779.639
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)+H9	36807.446	8723.060	0.411	16278.680
COMB 5	고정하중+활하중+토압+윈도하중(1+3)+H9	36807.446	9008.892	0.481	19051.182
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+윈도하중(2+4)+H9	36940.267	11696.561	1.347	49758.540

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비제하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 제하시

각 작용력은 교대의 전체 18.972 m를 고려한 결과값임.

■ 확대기초 두께에 대한 경제 검토 : [도로교 설계기준 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 경제로서 취급되는 두께를 가지야함을 원칙으로 한다.
- 확대기초에 대한 경제로서의 취급여부는 지반반력 및 압축반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음과 같은 만족할 때 경제로 취급할 수 있다.

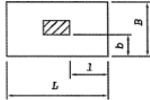
$$\beta \lambda \leq 1.0$$

$$\beta = \sqrt{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h}} (m^{-1})$$

k : kv - 직립기초인 경우, kp - 압축기초인 경우
 kp : 환산지반반력계수 (kN/m³)
 = 184969.536 x 96 / (18.972 x 7.800) = 119996.866 kN/m³
 L : 확대기초의 길이 (= 18.972 m)
 B : 확대기초의 폭 (= 7.800 m)
 n_{eq} : 압축의 개수 (= 96 본)
 E : 확대기초의 탄성계수 (= 27849000.000 kN/m²)
 h : 확대기초의 평균두께 (= 1.800 m)
 λ : 확대기초의 환산 돌출길이 (m)

$$\beta \lambda = \sqrt{\frac{3 \times 119996.866}{(27849000.000 \times 1.800^3)}} = 0.217 (m^{-1})$$

- * 독립확대기초 및 벽확대기초의 경우
 $\lambda = \max(1, b)$
 $\lambda = \max(0.000, 3.500) = 3.500$
 다만, 벽확대기초이면 $\lambda = 0$
 $b \geq B/2$ 이면 $b = B/2 = 3.900$, 뒷단기준으로 검토



$$\beta \lambda = 0.217 \times 3.500 = 0.759 \leq 1.0, \therefore O.K$$

7. 사용성 검토

1) 총력 설계

① 총하중하의 의한 부재력

$$\begin{aligned} P_v &= 114.60 \times K_a \\ &= 114.60 \times 0.251 \\ &= 28.765 \text{ kN} \\ M_b &= 114.60 \times K_a \times (H - 0.36) \\ &= 114.60 \times 0.251 \times (3.183 - 0.36) \\ &= 81.198 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

② 도압에 의한 부재력

$$\begin{aligned} P_h &= 1/2 \times K_a \times r \times H^2 \times \cos \delta \\ &= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 3.183^2 \times \cos 11.667 \\ &= 24.902 \text{ kN} \\ M_b &= 1/3 \times H \times P_h \\ &= 1/3 \times 3.183 \times 24.902 \\ &= 26.420 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

③ 설계 단면력 산정

$$\begin{aligned} V_b &= 28.765 + 24.902 \\ &= 53.667 \text{ kN} \\ M_b &= 81.198 + 26.420 \\ &= 107.618 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

2) 벽체 설계

① 적용하중 설계표 : H = 10.735 m 「하중계산 참조」

구분	수평력	각상거리	하중계수		전단력	모멘트
			활상시	지정시		
1. 교대구체	37.877	4.391	-	1.000	37.877	166.307
2. 배면도압(활상시)	283.280	3.578	1.000	-	283.280	1013.675
3. 배면도압(지정시)	361.858	5.368	-	1.000	361.858	1942.283
4. 뒷단압 상재하중	26.388	5.368	1.000	-	26.388	141.638
5. 구덩반경내 하중	15.066	7.952	1.000	-	15.066	119.808
6. 상부하중	-	-	-	1.000	-	-

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출

$$\begin{aligned} &: \text{경도역치}(H = 1.800 \text{ m}) \text{를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.} \\ H_b &= \sum (H_i - H_0) = 37.877 \text{ kN} \\ M_b &= \sum (H_i \times (y_i - 1.800) - H_0 \times (y_0 - 1.800)) = 166.307 \text{ kN.m} \\ y &= M_b / H_b = 166.307 / 37.877 = 4.391 \end{aligned}$$

② 설계 단면력 산정

구분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비고
설계단면력	309.668	1155.314	

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)	1700.316	459.786	8169.488	1992.117
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중 (1+3+5+7+9)	1700.316	459.786	8169.488	1992.117
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중 (2+4+6)	1569.163	616.517	7526.373	3770.304
COMB 4	고정하중+활하중+토압 (1+3+5+7+8+9+10)	2150.832	459.786	9469.226	1992.117
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중 (1+3+5+7+9)	2150.832	474.852	9469.226	2139.043
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중 (2+4+6)	1947.094	616.517	8530.154	3770.304

註) COMB 1, 2, 3 : COMB 4, 5, 6 : 상부하중 배제해서(가설시) : 상부하중 재해서
 가설시의 활하중은 다중기계(로울러)를 건설기계의 하중을 뺀,

① 압축도심에서의 작용하중 계산

$$\Sigma M = \Sigma M_r - \Sigma M_o$$

$$e = \text{압축도심}(-3.792) = -\Sigma M / \Sigma V : \text{압축도심의 계산은 「4. 연결검토」 참조}$$

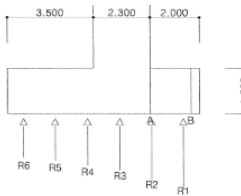
$$M_c = V \times e$$

- 하중조합별 작용력

구분	구분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압 (1+3+5+7+8)	32258.395	8723.060	0.159	5129.085
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중 (1+3+5+7+9)	32258.395	8723.060	0.159	5129.085
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중 (2+4+6)	30339.320	11696.561	1.443	43779.639
COMB 4	고정하중+활하중+토압 (1+3+5+7+8+9+10)	40805.585	8723.060	0.315	12853.759
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중 (1+3+5+7+9)	40805.585	9008.892	0.384	15609.345
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중 (2+4+6)	36940.267	11696.561	1.347	49758.540

註) COMB 1, 2, 3 : 상부하중 배제해서(가설시), COMB 4, 5, 6 : 상부하중 재해서
 각 작용력은 교대의 전폭(18.972 m)를 고려한 결과값임.

② 전단지반(활공)의 단면력 계산



$$\begin{aligned} R1 &= R_{u1} \times 17 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R2 &= R_{u2} \times 17 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R3 &= R_{u3} \times 16 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R4 &= R_{u4} \times 16 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R5 &= R_{u5} \times 15 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R6 &= R_{u6} \times 15 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

구분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4	Ru5	Ru6
COMB 1	466.350	407.260	348.170	309.870	286.440	263.000
COMB 2	466.350	407.260	348.170	309.870	286.440	263.000
COMB 3	692.680	536.830	380.970	245.710	125.150	4.590
COMB 4	605.380	525.600	445.820	386.430	341.600	296.770
COMB 5	626.110	537.750	449.390	381.970	329.510	277.050
COMB 6	799.660	627.990	456.320	304.860	167.840	30.810

- 기초자중에 의한 단면력

$$\begin{aligned} V_b &= 1.800 \times 0.350 \times 25.000 \\ &= 15.750 \text{ kN} \\ M_b &= 1.800 \times 2.000 \times 25.000 \times 2.000 / 2 \\ &= 90.000 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- 압축반력에 의한 단면력

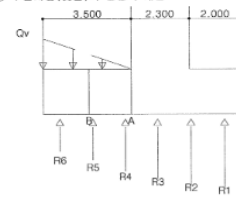
$$\begin{aligned} V_b &= 0.00 \\ M_b &= R1 \times 1.350 + R2 \times 0.050 \end{aligned}$$

- 설계단면력 산정

구분	압축반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	0.000	582.388	15.750	492.388
COMB 2	0.000	582.388	15.750	492.388
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	0.000	755.874	15.750	665.874
COMB 5	0.000	781.495	15.750	691.495
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

③ 후면지반(활공)의 단면력 계산



$$\begin{aligned} R1 &= R_{u1} \times 17 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R2 &= R_{u2} \times 17 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R3 &= R_{u3} \times 16 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R4 &= R_{u4} \times 16 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R5 &= R_{u5} \times 15 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \\ R6 &= R_{u6} \times 15 \text{ 본} / 18.972 (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

구 분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4	Ru5	Ru6
COMB 1	380.180	356.750	333.310	299.070	229.980	170.890
COMB 2	380.180	356.750	333.310	299.070	229.980	170.890
COMB 3	607.360	486.830	366.270	225.120	69.270	-86.580
COMB 4	520.910	476.080	431.260	366.040	286.260	206.480
COMB 5	539.360	486.900	434.440	361.040	272.680	184.320
COMB 6	715.940	578.910	441.890	284.660	112.990	-58.680

- 기초지중에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 뒷채움 토사에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 상재하중에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 토압의 수직분력에 의한 단면력 : 평상시 - 「단면설계」 참조

- 말뚝반력에 의한 단면력

$$V_b = R_5 : R_5 \text{의 반력에 대해서는 } 20.500\% \text{의 반력을 적용한다.}$$

$$M_b = R_4 \times 0.250 + R_5 \times 1.550 + R_6 \times 2.850$$

- 설계단면력 산정

구분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	172.340	727.865	367.511	1070.692
COMB 2	172.340	727.865	367.511	1070.692
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	209.589	893.262	330.262	905.295
COMB 5	189.870	825.631	349.981	972.926
COMB 6	-	-	-	-

참) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

$$\text{사용철근량} = 5139.2 \text{ mm}^2 \quad (\text{필근도심} : 100.0 \text{ mm})$$

$$1\text{단} : D29 - 8.0 \text{ EA} \quad (= 5139.2 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중심간격

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

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

$$S_{min} : 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 108.14) - 2.5 \times 85.50 = 514.48 \text{ mm}$$

$$300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 108.14) = 582.58 \text{ mm}$$

Sa는 작은 값인 514.48 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 514.48 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K$$

(4) 종벽

① 종벽 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 107.618 \times 1000000 / [1940.400 \times (700.000 - 124.983/3)]$$

$$= 84.245 \text{ MPa}$$

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

$$= -7 \times 1940.400/1000.0 + 7 \times 1940.400/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 700.0 / (7 \times 1940.400)}$$

$$= 124.983 \text{ mm}$$

$$\text{사용철근량} = 1940.4 \text{ mm}^2 \quad (\text{필근도심} : 100.0 \text{ mm})$$

$$1\text{단} : D19 - 4.0 \text{ EA}, D16 - 4.0 \text{ EA} \quad (= 1940.4 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중심간격

$$C_c = 100.00 - 19/2 = 90.50 \text{ mm}$$

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

$$S_{min} : 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 84.25) - 2.5 \times 90.50 = 708.52 \text{ mm}$$

$$300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 84.25) = 747.82 \text{ mm}$$

Sa는 작은 값인 708.52 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 708.52 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K$$

4) 사용성 검토

(1) 전연지반

① 종벽 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 691.495 \times 1000000 / [3096.800 \times (1650.000 - 246.662/3)]$$

$$= 142.427 \text{ MPa}$$

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

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

$$= 246.662 \text{ mm}$$

$$\text{사용철근량} = 3096.8 \text{ mm}^2 \quad (\text{필근도심} : 150.0 \text{ mm})$$

$$1\text{단} : D22 - 8.0 \text{ EA} \quad (= 3096.8 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중심간격

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

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

$$S_{min} : 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 142.43) - 2.5 \times 139.00 = 205.42 \text{ mm}$$

$$300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 142.43) = 442.33 \text{ mm}$$

Sa는 작은 값인 205.42 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 205.42 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K$$

(2) 후연지반

① 종벽 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 1070.692 \times 1000000 / [4596.400 \times (1700.000 - 300.135/3)]$$

$$= 145.592 \text{ MPa}$$

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

$$= -7 \times 4596.400/1000.0 + 7 \times 4596.400/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 1700.0 / (7 \times 4596.400)}$$

$$= 300.135 \text{ mm}$$

$$\text{사용철근량} = 4596.4 \text{ mm}^2 \quad (\text{필근도심} : 100.0 \text{ mm})$$

$$1\text{단} : D29 - 4.0 \text{ EA}, D25 - 4.0 \text{ EA} \quad (= 4596.4 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중심간격

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

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

$$S_{min} : 375 \times (K_{cr} / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 145.59) - 2.5 \times 85.50 = 327.14 \text{ mm}$$

$$300 \times (K_{cr} / f_s) = 300 \times (210 / 145.59) = 432.71 \text{ mm}$$

Sa는 작은 값인 327.14 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 327.14 \text{ mm}) \quad \therefore 0.K$$

(3) 벽체 : H=10.735

① 종벽 산정

$$f_s = M / [A_s \times (d - x/3)] = 1155.314 \times 1000000 / [5139.200 \times (2200.000 - 363.502/3)]$$

$$= 106.140 \text{ MPa}$$

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

$$= -7 \times 5139.200/1000.0 + 7 \times 5139.200/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 2200.0 / (7 \times 5139.200)}$$

$$= 363.502 \text{ mm}$$

13.2.2 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 13.2.1】 서문11교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문11교의 주요손상으로는 교면포장 접속도로 파손, 방호벽 접속부 파손, 신축이음 후타재 망상균열, 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기 건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로 기 발생된 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문11교의 주요손상으로는 교면포장 접속도로 파손, 접속부 이격, 방호벽 접속부 파손, 균열, 신축이음 후타재 망상균열, 균열, 바닥판하면 균열(0.3mm이상), 교대 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기 건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로 기 발생된 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 접속도로 파손, 접속도로 후타재 접속부 이격 바닥판 하면 균열(0.3mm이상) 방호벽 접속부 파손, 균열(0.3mm미만) 신축이음 후타재 망상균열, 균열(0.3mm 미만), 신축이음 하부 누수	양호

13.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

13.2.4 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	○ 금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 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.	

13.2.5 시설물 보수 이력

【표 13.2.2】 서문11교 보수이력사항

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

13.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 13.2.3】 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.			

13.3 현장조사

13.3.1 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~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업전경		작업전경	
			
연단거리 측정		비파괴시험	

【사진 13.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

13.3.2 서울방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문11교(서울방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=55.0m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



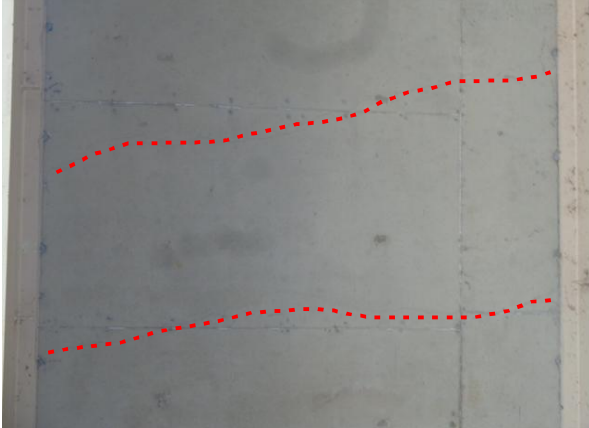
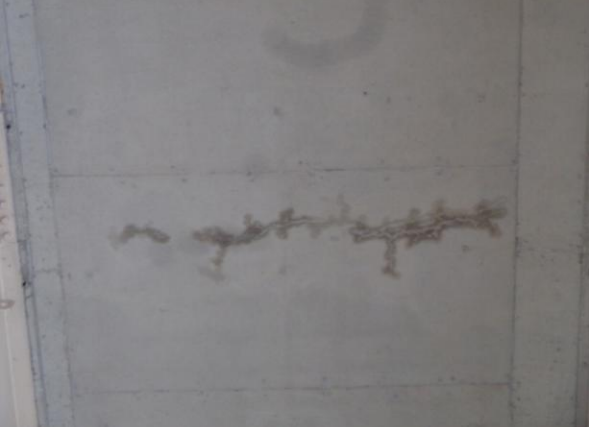
【사진 13.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	1.50	1	4.00	2	0.40	1
합계	1.50	1	4.00	2	0.40	1

	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm이상)	바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)
	
바닥판 하면 S1 균열부백태(2.0×0.2)	바닥판 하면 S1 균열부백태(2.0×0.2)

【사진 13.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만, 이상), 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



【사진 13.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 13.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	—	—
합계		—	—

【표 13.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	—	—
합계		—	—

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 13.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부 및 내부는 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 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 13.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 13.3.7】 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

- 서문11교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 13.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 박락, 누수흔적이 조사되었다.

【표 13.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	박락 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	
A1	0.04	2	10.00	2
A2	—	—	—	—
합계	0.04	2	10.00	2

	
A2 날개벽 우측 박락(0.1×0.2 ×2EA)	A2 날개벽 우측 박락(0.1×0.2 ×2EA)
	
A2 누수흔적(1.0×5.0 ×2EA)	A2 상태 양호

【사진 13.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

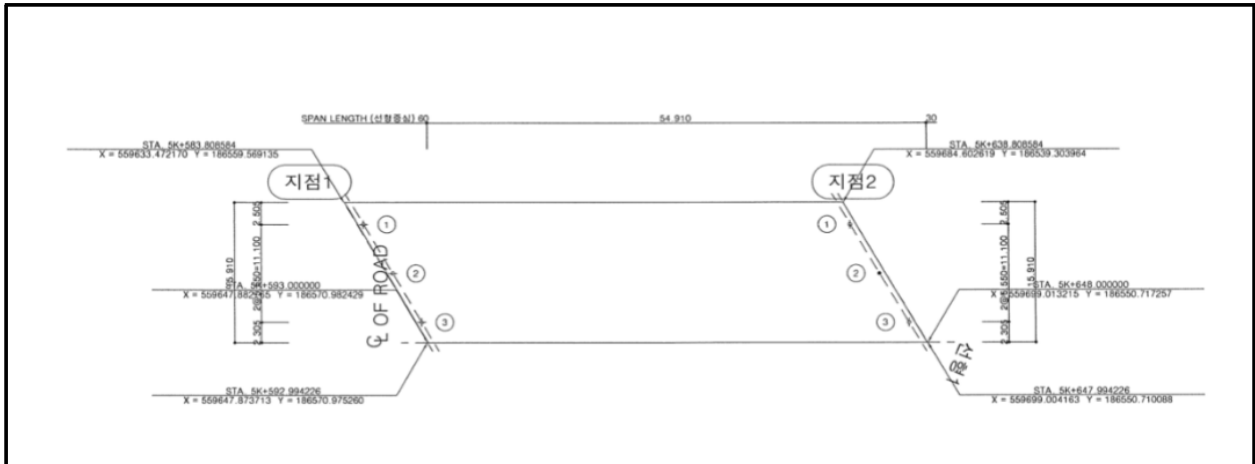
4) 검토의견

- 교대에 조사된 박락, 누수흔적은 시공미흡, 다짐불량, 외부충격, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 단면보수, 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문11교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 13.3.1】 교량받침 배치도



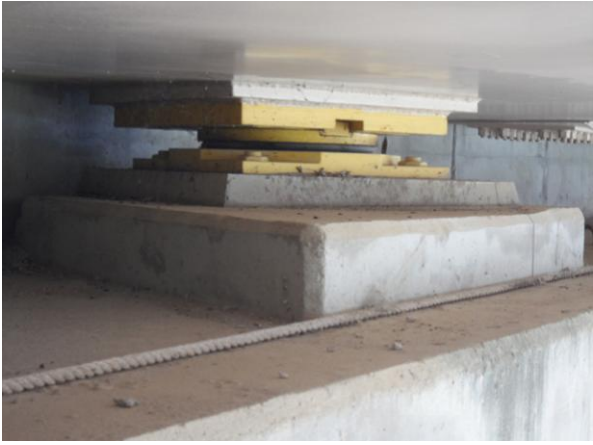
【사진 13.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 13.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	여유량 부족 (개소)	
A1	3.00	3
A2	—	—
합계	3.00	3

	
A1-Sh2 상태 양호	A1-Sh3 상태 양호
	
A2-Sh1 상태 양호	A2-Sh2 상태 양호

【사진 13.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

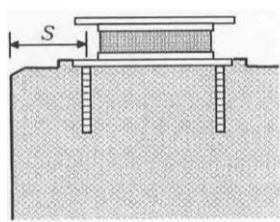
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

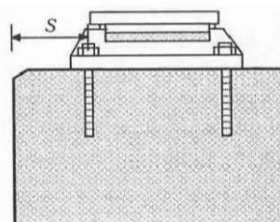
- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

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.



(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 13.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 13.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

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

【표 13.3.7】연단거리 측정 결과

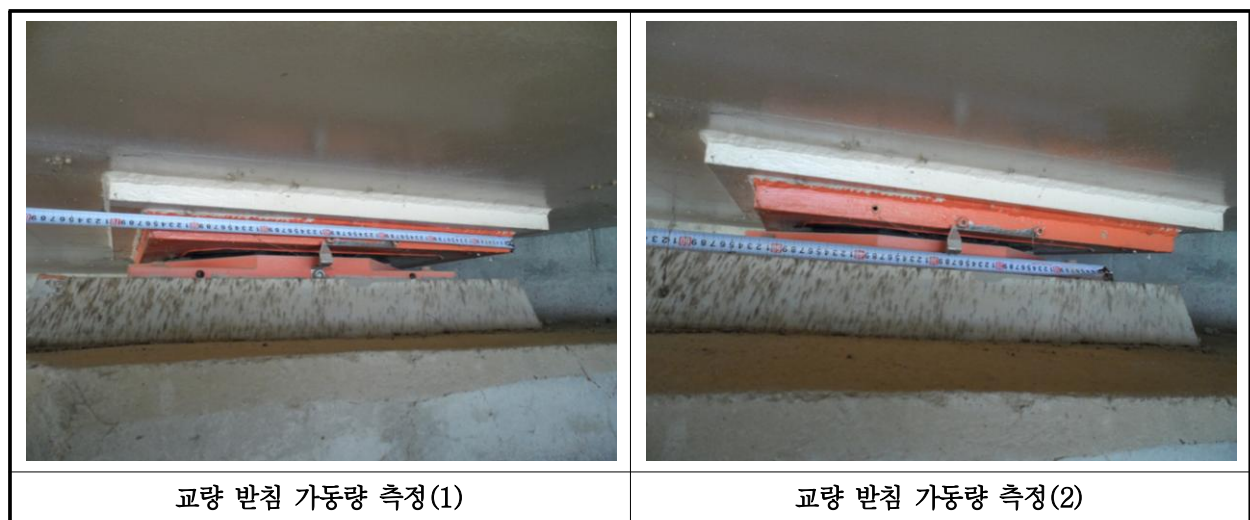
구 분	설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	475	560	560	570	O.K
A2	475	670	670	680	O.K

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.



【사진 13.3.13】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 13.3.8】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.8	15.2	0.000012	55.0	29.6	10.0	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.8 $^{\circ}C$ (조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (한랭지방)							

【표 13.3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	70(A1)	120	-20	29.6	10.0	±50	N.G
	SH2	70(A1)	120	-20			±50	N.G
	SH3	70(A1)	120	-20			±50	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

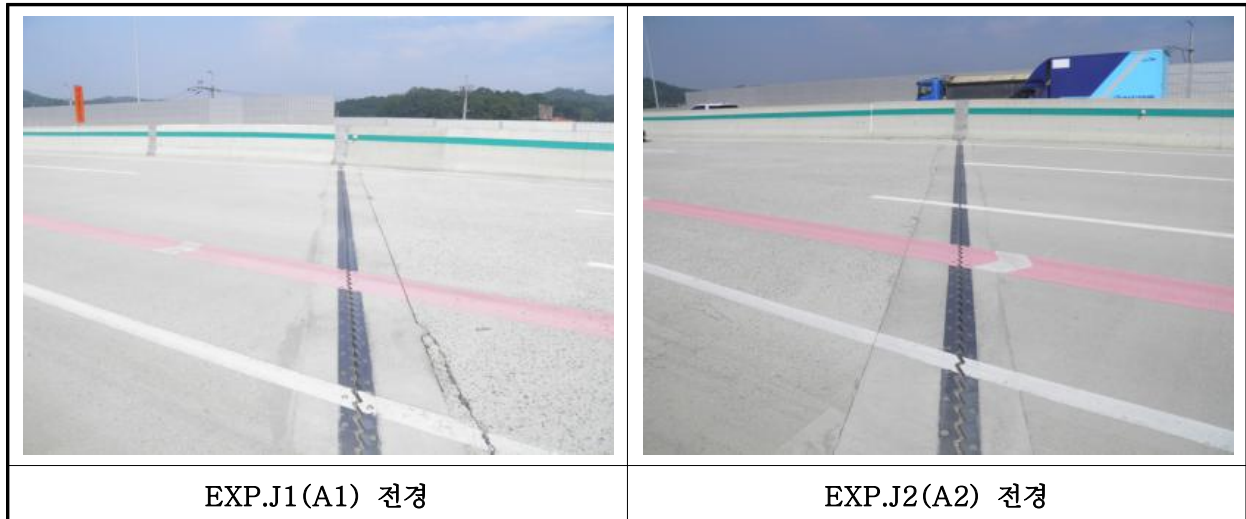
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

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



【사진 13.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 망상균열 (m ² /개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	8.40	2	0.50	1
A2 (EXP J2)	8.40	2	—	—
합계	16.80	4	0.50	1

	
A1 후타재 망상균열 (0.4 × 12.0)	A2 후타재 망상균열 (0.4 × 12.0)
	
A1 하부 누수	A2 본체 상태 양호

【사진 13.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

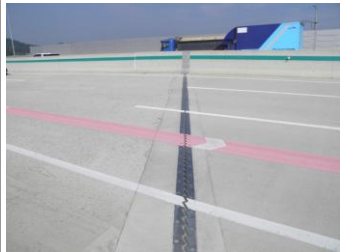
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 망상균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 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(−20℃ ~ 40℃(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 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 10. 12. 기온 적용: 13.5℃(일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃-13.5℃ = 26.5℃ ΔT(수축시) : -20.0℃-(13.5℃) = 33.5℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)				 	
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	
	강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	
	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	

【사진 13.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 13.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	33.5	26.5	0.000012	55.0	22.1	17.5	25	30	20	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 13.5 $^{\circ}C$ (조사일 : 2022년 10월 12일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (한랭지방)										

【표 13.3.12】 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) ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②) (③-②)	
A1	신축이음	22.1	17.5	25	60	12.90	7.50	O.K
	바닥판			30	-	-	12.5	O.K
	거더			20	-	-	2.5	O.K
A2		고정단						
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

- 서문11교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어 있다.



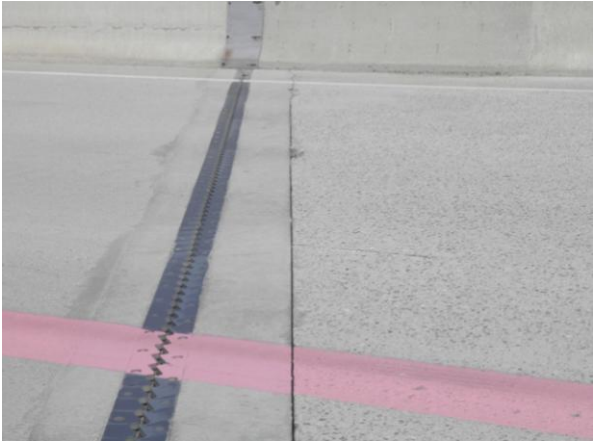
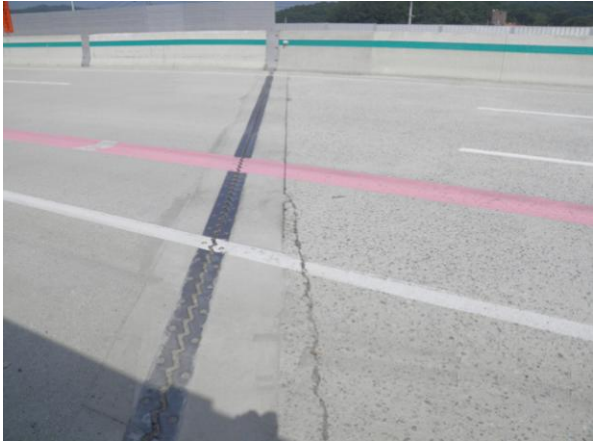
【사진 13.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 파손 (㎡/개소)	
S1	2.75	4
합계	2.75	4

	
S1(A1) 접속도로 파손(0.1 × 0.1 × 2EA)	S1(A1) 접속도로 파손(0.3 × 4.0)
	
S1(A2) 접속도로 파손(0.3 × 4.5)	S1 교면포장 상태 양호

【사진 13.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 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

- 서문11교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 13.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 13.3.20】 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 13.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 13.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
S1	24.00	24
합계	24.00	24

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

【사진 13.3.22】 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.

13.3.3 문산방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문11교(문산방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=70.0m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



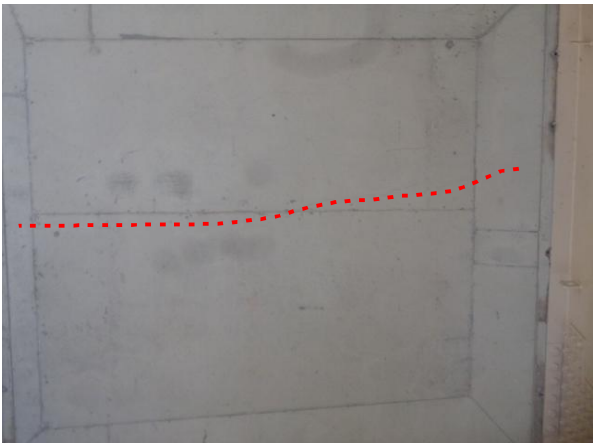
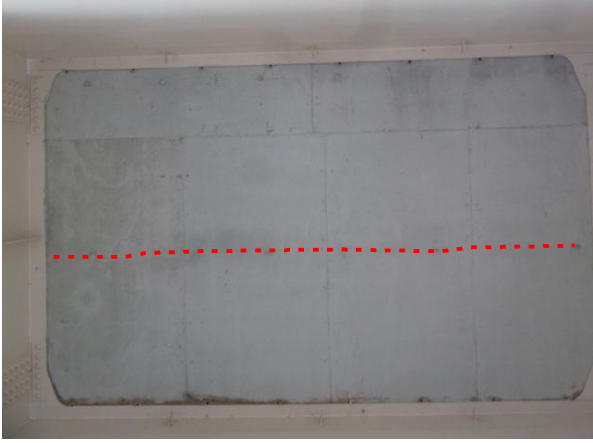
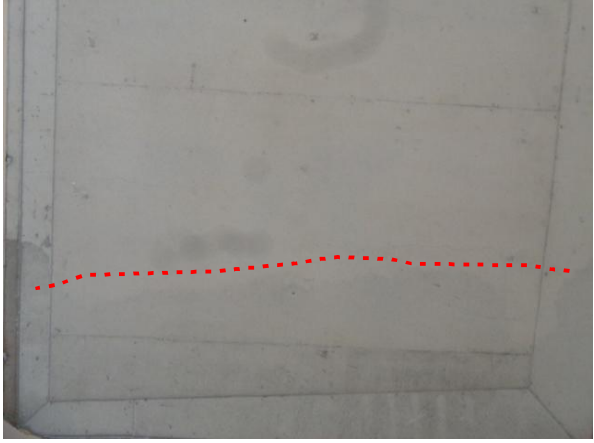
【사진 13.3.23】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.16】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
S1	48.60	15	40.00	4
합계	48.60	15	40.00	4

	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)	바닥판 하면 S1 망상균열(5.0×2.0)
	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)	바닥판 하면 상태양호

【사진 13.3.24】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

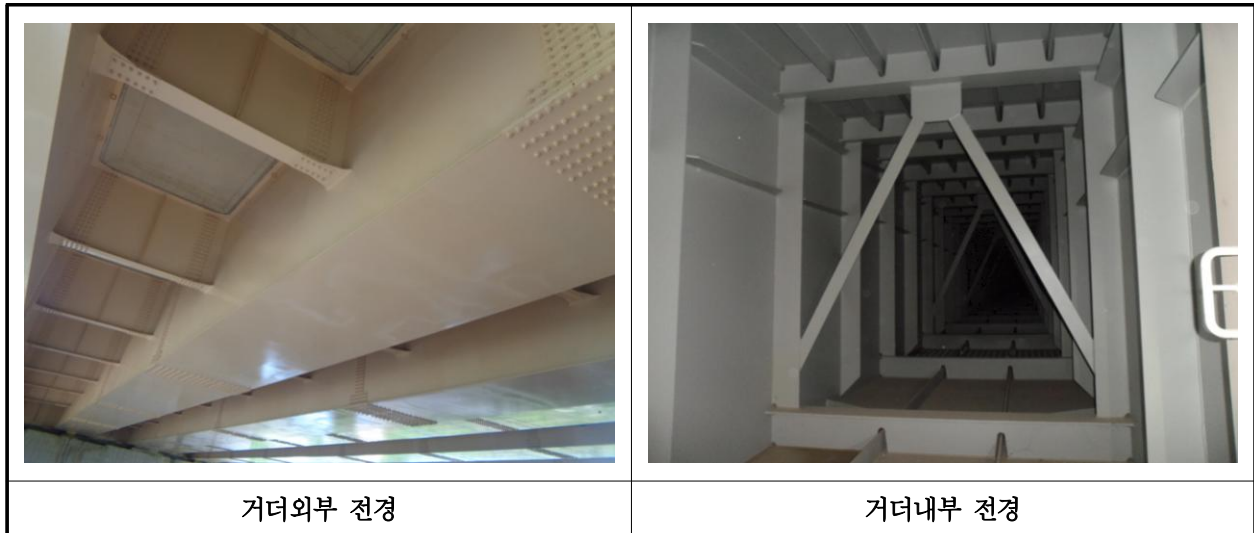
4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만), 망상균열은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



【사진 13.3.25】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부에 국부적인 도장긁힘이 조사되었으며, 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 13.3.17】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장긁힘 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	0.11	3
합계		0.11	3

【표 13.3.18】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	—	—
합계		—	—

	
S1-G1 도장균함(0.1×0.5 ×2EA)	S1-G1 도장균함(0.1×0.5 ×2EA)
	
S1-G1 도장균함(0.1×0.5 ×2EA)	S1-G1 도장균함(0.1×0.1)

【사진 13.3.26】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

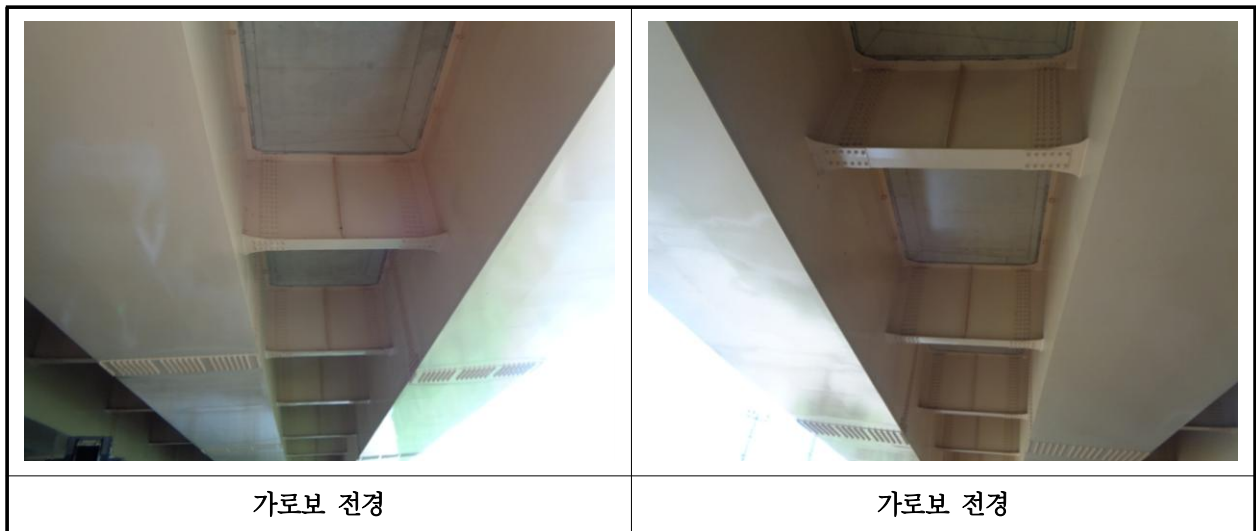
4) 검토의견

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 발생한 도장균함은 물리적 충격, 시공 미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위한 재도장을 실시하는 것이 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



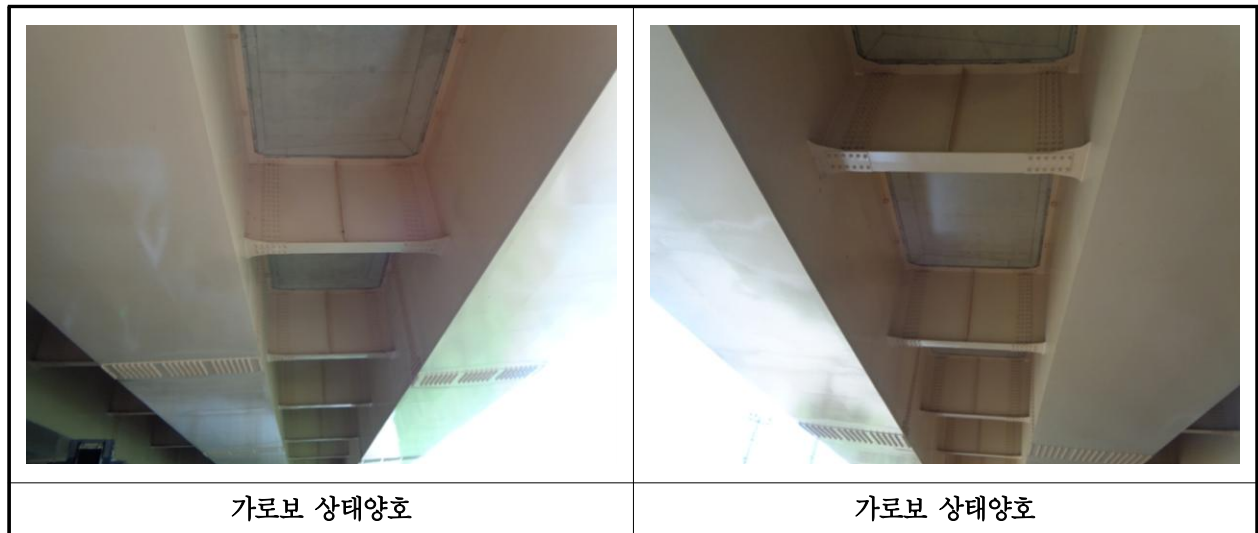
【사진 13.3.27】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.19】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—



【사진 13.3.28】 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

- 서문11교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 13.3.29】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 13.3.20】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
A2	—	—
합계	—	—



【사진 13.3.30】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

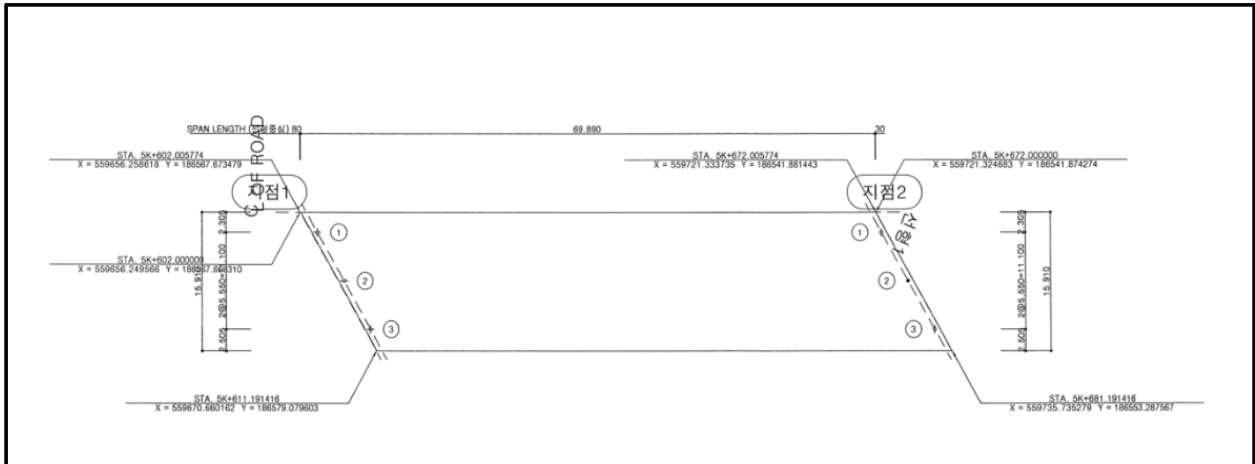
4) 검토의견

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

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문11교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 13.3.3】 교량받침 배치도



【사진 13.3.31】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 받침몰탈 박리가 조사되었다.

【표 13.3.21】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 박리 (㎡/개소)		여유량 부족 (개소)	
A1	—	—	3.00	3
A2	0.30	3	—	—
합계	0.30	3	3.00	3

	
A2-Sh2 받침몰탈 박리(0.2×0.5 ×3EA)	A2-Sh2 받침몰탈 박리(0.2×0.5 ×3EA)
	
A1-Sh2 상태 양호	A1-Sh3 상태 양호

【사진 13.3.32】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

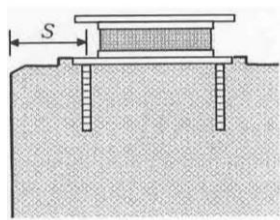
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

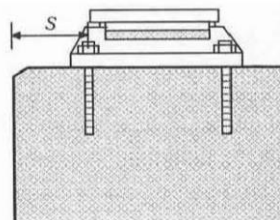
- 교량받침에 발생한 받침물탈 박리는 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침



(b) 강재받침

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

【그림 13.3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 13.3.33】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=70.0m) : $200 + 5 \times 70.0 = 550(\text{mm})$

【표 13.3.22】연단거리 측정 결과

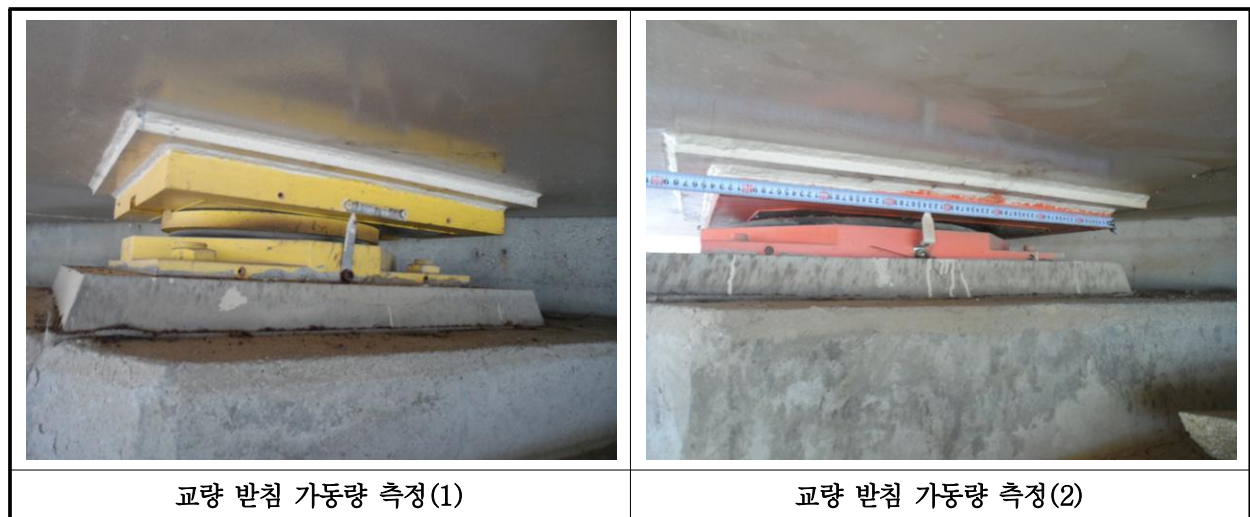
구 분	설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	550	580	580	580	O.K
A2	550	680	670	680	O.K

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.



【사진 13.3.34】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 13.3.23】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.8	15.2	0.000012	70.0	37.6	12.8	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 13.3.24】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	70(A1)	120	-20	37.6	12.8	±50	N.G
	SH2	70(A1)	120	-20			±50	N.G
	SH3	70(A1)	120	-20			±50	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

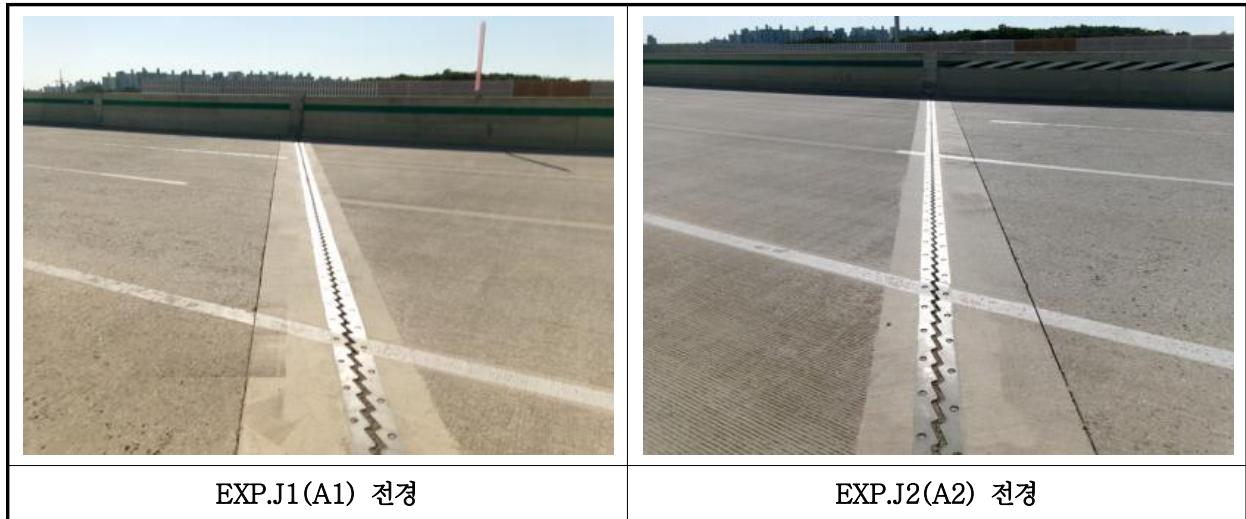
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

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



【사진 13.3.35】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.25】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	7.20	18	0.50	1
A2 (EXP J2)	7.20	18	—	—
합계	14.40	36	0.50	1

A1 하부 누수(L=0.5m)	A1 후타재 균열(Cw=0.3mm미만)
A2 후타재 균열(Cw=0.3mm미만)	A2 하부 상태 양호

【사진 13.3.36】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(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 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균) ΔT(신장시) : $40.0^{\circ}\text{C} - 9.4^{\circ}\text{C} = 30.6^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-20.0^{\circ}\text{C} - (9.4^{\circ}\text{C}) = 29.4^{\circ}\text{C}$ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α (/℃)	
	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	
	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	
						

【사진 13.3.37】 신축이음 유간 측정방법

【표 13.3.26】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	30.6	0.000012	70.0	24.7	25.7	47	90	28	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 13.5 $^{\circ}C$ (조사일 : 2022년 10월 12일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (한랭지방)										

【표 13.3.27】 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	신축이음	24.7	25.7	47	80	8.30	21.30	O.K
	바닥판			90	-	-	64.3	O.K
	거더			28	-	-	2.3	O.K
A2		고정단						
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

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



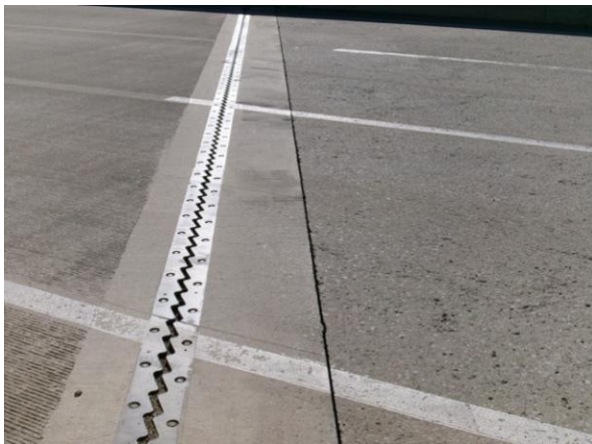
【사진 13.3.38】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과 망상균열, 접속부 이격이 조사되었다.

【표 13.3.28】 교면포장 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	495.00	1	26.00	2
합계	495.00	1	26.00	2

	
S1 망상균열(55.0×9.0)	S1 망상균열(55.0×9.0)
	
S1(A1) 접속부 이격(L=13.0m)	S1(A2) 접속부 이격(L=13.0m)

【사진 13.3.39】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장에 조사된 망상균열, 접속부 이격의 경우 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 표면보수(재포장), 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문11교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 13.3.40】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 13.3.29】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 13.3.41】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

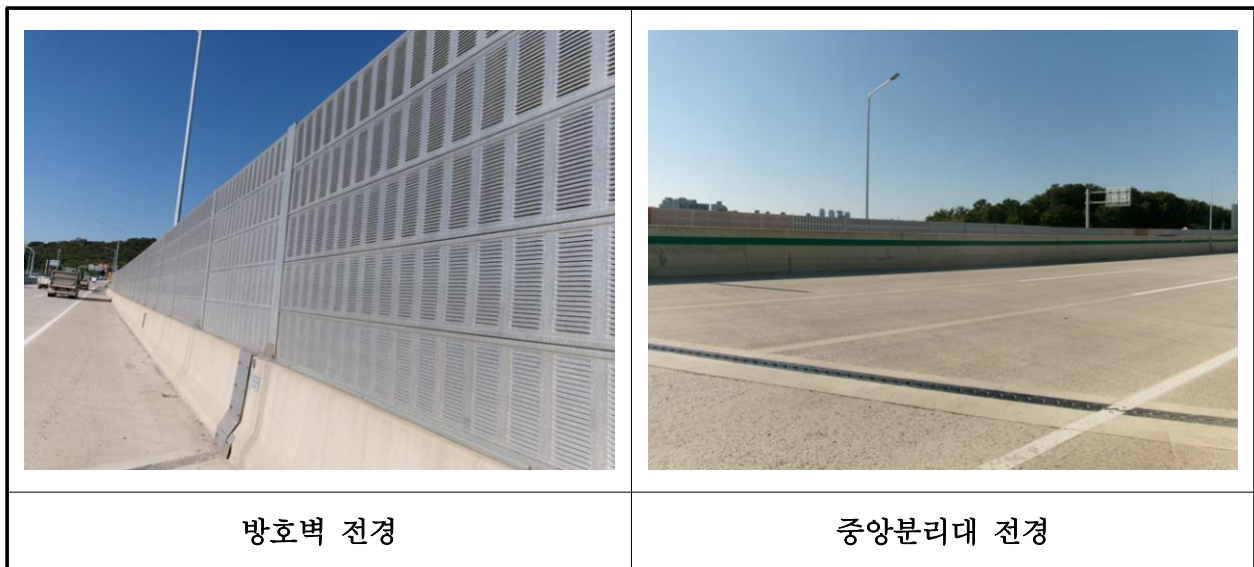
4) 검토의견

- 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 13.3.42】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 13.3.30】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
S1	1.0	1
합계	1.0	1

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

【사진 13.3.43】 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 “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.

13.3.4 현장조사 총괄표

【표 13.3.31】 손상내용 총괄표(서울방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열 (0.3mm미만)	m	1.50	1	
		균열 (0.3mm이상)	m	4.00	2	
		균열부백태	m ²	0.40	1	
거더	외부	상태양호	—	—	—	
	내부	상태양호	—	—	—	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		박락	m ²	0.04	2	
		누수흔적	m ²	10.00	2	
교량받침		여유량 부족	EA	3.00	3	
신축이음		후타재 망상균열	m ²	16.80	4	
		하부 누수	m	0.50	1	
교면포장		접속도로 파손	m ²	2.75	4	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		균열 (0.3mm미만)	m	24.00	24	

【표 13.3.32】 손상내용 총괄표(문산방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3mm미만)	m	48.60	15	
		균열(0.3mm이상)	m	48.60	15	
거더	외부	도장긋힘	m ²	0.11	3	
	내부	상태양호	—	—	—	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		상태양호	—	—	—	
교량받침		받침물탈 박리	m ²	0.30	3	
		여유량 부족	EA	3.00	3	
신축이음		후타재 균열	m	14.40	36	
		하부 누수	m	0.50	1	
교면포장		망상균열	m ²	495.00	1	
		접속부 이격	m	26.00	2	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	1.0	1	

13.3.5 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

13.4 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.

13.4.1 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 13.4.1】 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	방향별 각각
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

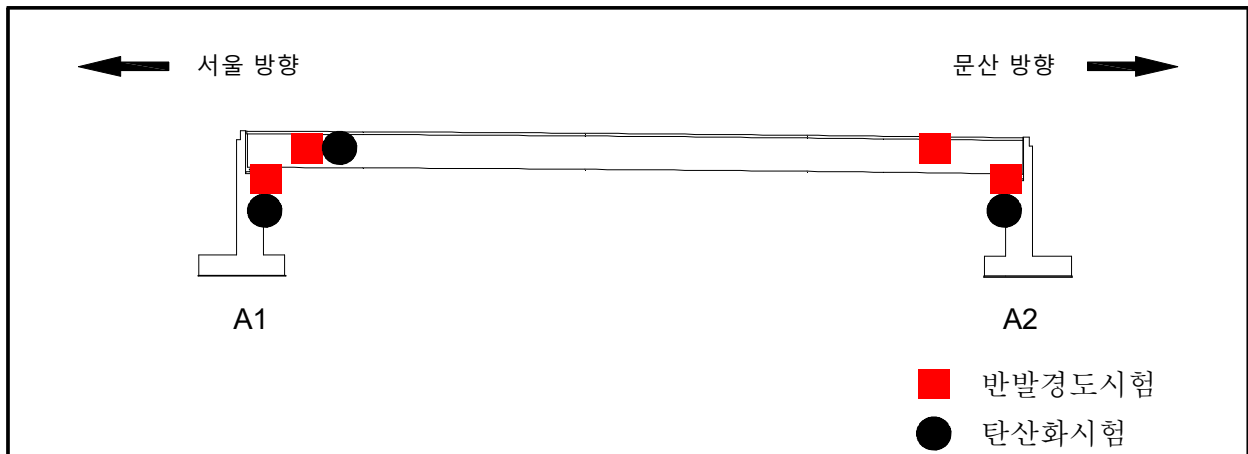
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

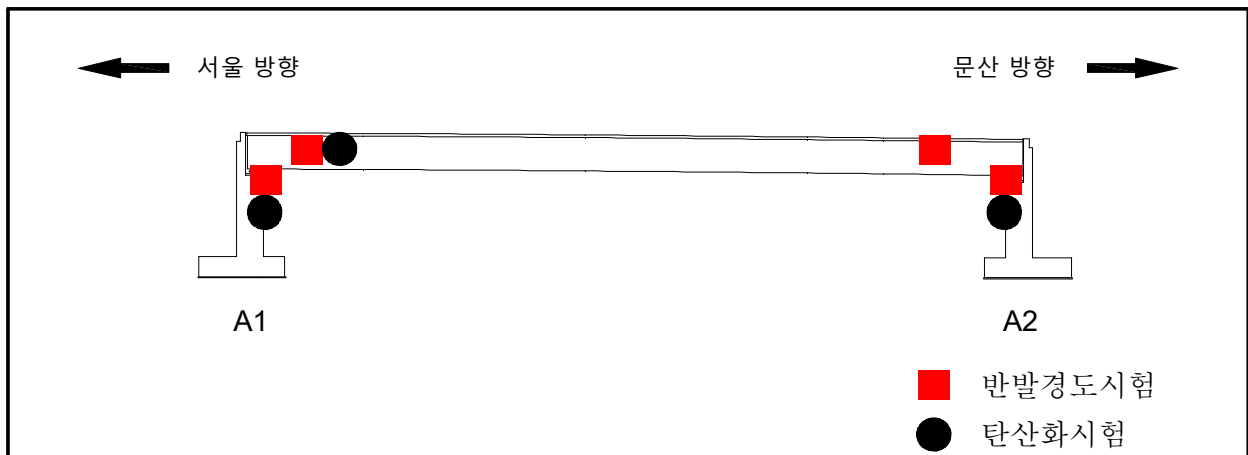


【사진 13.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 13.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울방향)



【그림 13.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산방향)

13.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

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

① 비파괴강도 시험결과

【표 13.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1(A1)	바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S1(A2)	바닥판	46.5	27.5	28.8			

【표 13.4.3】 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	43.5	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2	홍벽	44.5	25.8	27.9			

【표 13.4.4】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1(A1)	바닥판	46.7	27.7	28.9	0.67	27.0	
	S1(A2)	바닥판	46.4	27.4	28.8			

【표 13.4.5】 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	43.3	24.8	27.3	0.67	24.0	
	A2	홍벽	44.0	25.4	27.7			

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.8MPa, 하부구조 교대 24.9~27.9MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~28.9MPa, 하부구조 교대 24.8~27.7MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 13.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석(서울방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	101.2~106.8
하부구조	교대	24.9~27.9	24.0	103.8~116.1

【표 13.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석(문산방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.4~28.9	27.0	101.4~107.2
하부구조	교대	24.8~27.7	24.0	103.3~115.2

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 13.4.8】 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	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 홍벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	A2 홍벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

【표 13.4.9】 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 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.
- 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.

【표 13.4.10】탄산화 시험결과 분석(서울방향)

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

【표 13.4.11】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 13.4.12】 금회 점검 내구성조사 결과요약(서울방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.9	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성 저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 13.4.13】 금회 점검 내구성조사 결과요약(문산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.4~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.8~27.7	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

13.5 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.

13.5.1 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 13.5.1】 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	STB	c	a	a	a	a	b	c	a	b	q	a	a
	A2								c	a	a	q	—	a
평균			0.400	0.100	0.100	0.100	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	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.036	0.009	0.030	—	0.004	0.003
													0.193	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.193) < 0.260$

【표 13.5.2】 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	STB	b	b	a	d	a	b	b	a	a	q	a	a
	A2								b	c	a	q	-	a
평균			0.200	0.200	0.100	0.700	0.100	0.200	0.200	0.250	0.100	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.040	0.005	0.049	0.003	0.004	0.018	0.023	0.020	-	0.004	0.003
													0.205	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.205) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 13.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분		환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문11교	서울	0.193	B	55	2	110	0.440	0.085
	문산	0.205	B	70	2	140	0.560	0.115
합계(Σ)				125	4	250	1.000	0.199
1. 평가지수 =								0.199
2. 상태평가결과 =								B

13.5.2 기 점검 결과와의 비교

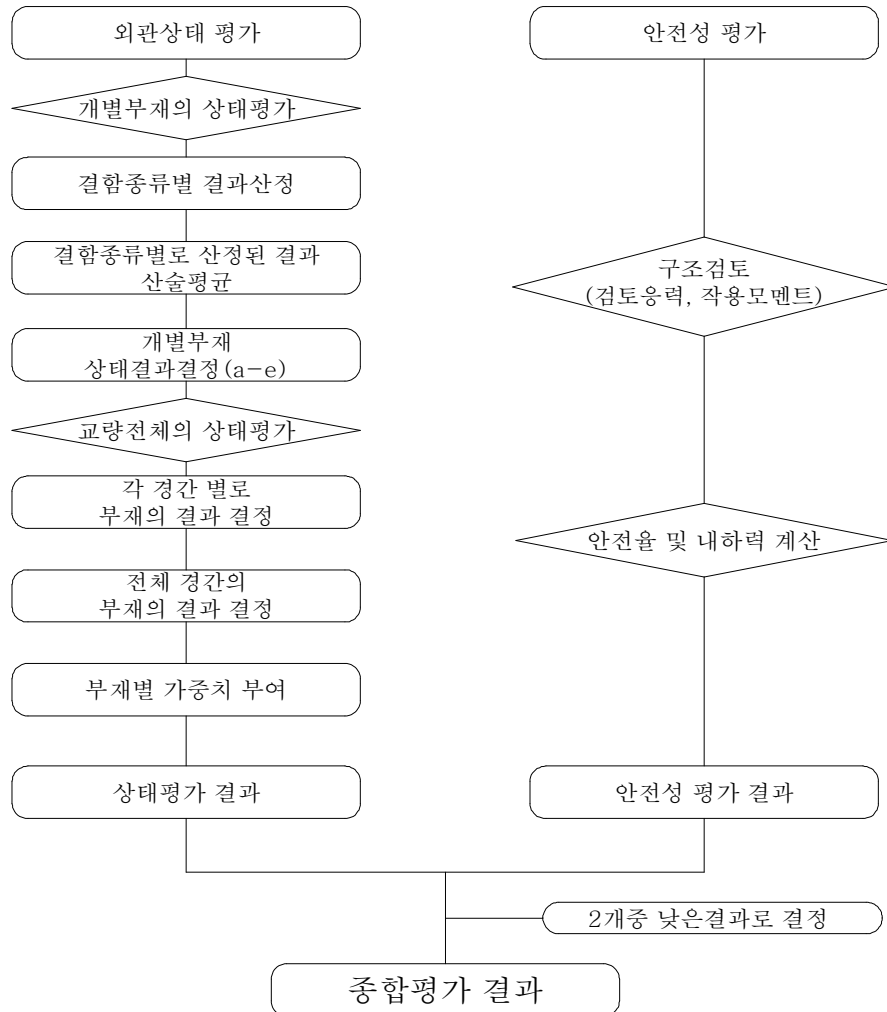
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

13.6 종합평가 및 안전등급 지정

13.6.1 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 13.6.1】 종합평가 결과 산정절차

13.6.2 종합평가 결과

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

【표 13.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문11교	0.199	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

13.6.3 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 13.6.2】 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

13.7 보수·보강 및 유지관리방안

13.7.1 보수·보강 방안

【표 13.7.1】 손상별 보수·보강 방안(서울방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3mm미만)	m	1.50	1	표면처리	하자
		균열(0.3mm이상)	m	4.00	2	주입보수	하자
		균열부백태	m ²	0.40	1	표면처리	하자
거더	외부	상태양호	—	—	—	—	—
	내부	상태양호	—	—	—	—	—
가로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		박락	m ²	0.04	2	단면보수	하자
		누수흔적	m ²	10.00	2	표면처리	하자
교량받침		여유량 부족	EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
신축이음		후타재 망상균열	m ²	16.80	4	표면처리	하자
		하부 누수	m	0.50	1	정비(재설치)	하자
교면포장		접속도로 파손	m ²	2.75	4	단면보수	하자
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	24.00	24	표면처리	하자

【표 13.7.2】 손상별 보수·보강 방안(문산방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3mm미만)	m	48.60	15	표면처리	하자
		균열(0.3mm이상)	m	48.60	15	주입보수	하자
거더	외부	도장긫힘	m ²	0.11	3	재도장	하자
	내부	상태양호	—	—	—	—	—
가로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		상태양호	—	—	—	—	—
교량받침		받침물탈 박리	m ²	0.30	3	단면보수	하자
		여유량 부족	EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
신축이음		후타재 균열	m	14.40	36	표면처리	하자
		하부 누수	m	0.50	1	정비(재설치)	하자
교면포장		망상균열	m ²	495.00	1	표면처리 (재포장)	하자
		접속부 이격	m	26.00	2	실링재 충전	하자
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	1.0	1	표면처리	하자

13.7.2 개략공사비

【표 13.7.3】 개략공사비(서울방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥면	균열(0.3mm미만)	표면처리	1.50	0.38	m²	—	—	하자
	균열(0.3mm이상)	주입보수	4.00	6.00	m	—	—	하자
	균열부백태	표면처리	0.40	0.60	m²	—	—	하자
교대	박락	단면보수	0.04	0.06	m²	—	—	하자
	누수흔적	표면처리	10.00	15.00	m²	—	—	하자
교량받침	여유량 부족	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	—	—	하자
신축이음	후타재 망상균열	표면처리	16.80	25.20	m²	—	—	하자
	하부 누수	정비(재설치)	0.50	0.75	m	—	—	하자
교면포장	접속도로 파손	단면보수	2.75	4.13	m²	—	—	하자
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	24.00	6.00	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 13.7.4】 개략공사비(문산방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥면	균열(0.3mm미만)	표면처리	48.60	12.15	m²	—	—	하자
	균열(0.3mm이상)	주입보수	48.60	72.90	m	—	—	하자
거더외부	도장긋힘	재도장	0.11	0.17	m²	—	—	하자
교량받침	받침물탈 박리	단면보수	0.30	0.45	m²	—	—	하자
	여유량 부족	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	—	—	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	14.40	3.60	m²	—	—	하자
	하부 누수	정비(재설치)	0.50	0.75	m	—	—	하자
교면포장	망상균열	표면처리	495.00	742.50	m²	—	—	하자
	접속부 이격	실링재 충전	26.00	39.00	m	—	—	하자
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	1.00	0.25	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.

13.7.3 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 13.7.5】 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 균열(0.3mm 이상) 및 균열부백태 - 진전 여부확인	② 교량받침 받침물탈 박리 - 진전 여부확인	
③ 교량받침 A1 가동여유량 부족 - 주기적인 계측 필요		④ 신축이음 A1 하부 누수 - 진전 여부확인

13.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 70.0m, 폭 32.0m의 STB 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

13.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(서울방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만, 이상), 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 조사된 박락, 누수흔적은 시공미흡, 다짐불량, 외부충격, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 단면보수, 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 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 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 망상균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 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

- 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 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 27.3~28.8MPa, 하부구조 교대 24.9~27.9MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 서울방향 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.

나. 현장조사 및 시험(영천방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만), 망상균열은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 발생한 도장긁힘은 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위한 재도장을 실시하는 것이 요구된다.

3) 가로보

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

4) 교대

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

5) 교량받침

- 교량받침에 발생한 받침몰탈 박리는 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차 부재의 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

- 교면포장에 조사된 망상균열, 접속부 이격의 경우 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 표면보수(재포장), 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)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

- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~28.9MPa, 하부구조 교대 24.8~27.7MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 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, 서문11교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.199인 “B”로 산정되었다.

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문11교에 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.

13.8.2 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.

13.8.3 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.