

5. 서문4교(서울방향)

- 5.1 시설물 개요
- 5.2 자료수집 및 분석
- 5.3 현장조사
- 5.4 콘크리트 내구성조사
- 5.5 상태평가
- 5.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 5.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 5.8 종합결론

5. 서문4교(서울방향)

5.1 시설물의 개요

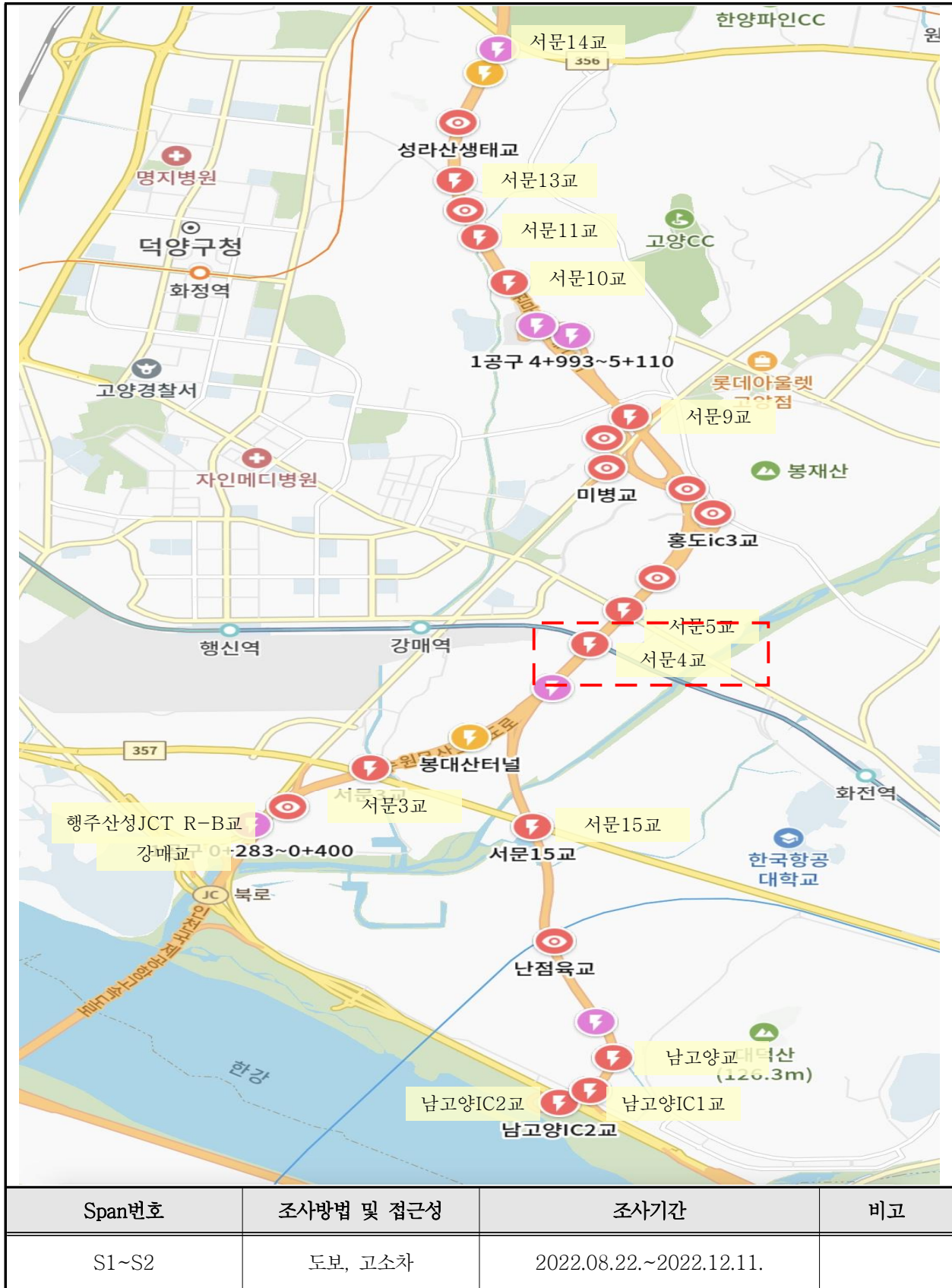
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4에 위치한 교량으로 총 연장 128.0m, 폭 15.9m로 시공되어 있다.

5.1.1 일반사항

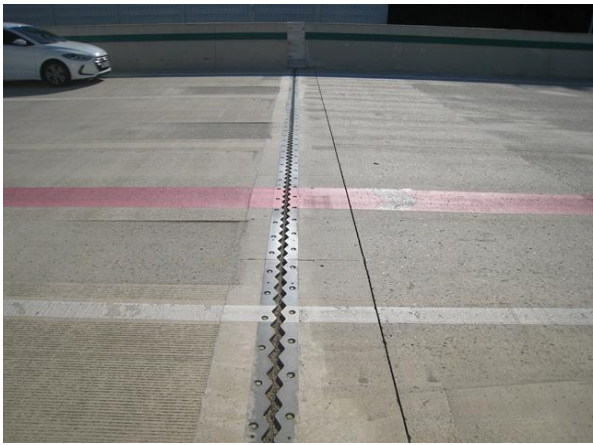
【표 5.1.1】 서문4교(서울방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용	
시설물번호		BR2020-0000229	관리번호		-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	준공년월일		2020. 11. 06	
시점이정		본선구간 0.150km	노 선 명		고속국도 17호선	
제원	연장	L=128.0m (58+70=128.0m)				
	폭	B=15.9m, 3차로				
구조 형식	상부	Steel Box	기초 형식	교 대	A1 : 강관말뚝기초 A2 : 직접기초	
	하부	교대: 역T형, 교각: π 형		교 각	직접기초	
교량받침		면진받침	신축이음		뉴모노셀조인트	
교차시설물		-	통과높이		9.0m	
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설(주)	설 계 자		(주)다산컨설팅트	
감 리 자		(주)동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사	
						
측면 전경			상부 전경			

5.1.2 위치도 및 전경사진

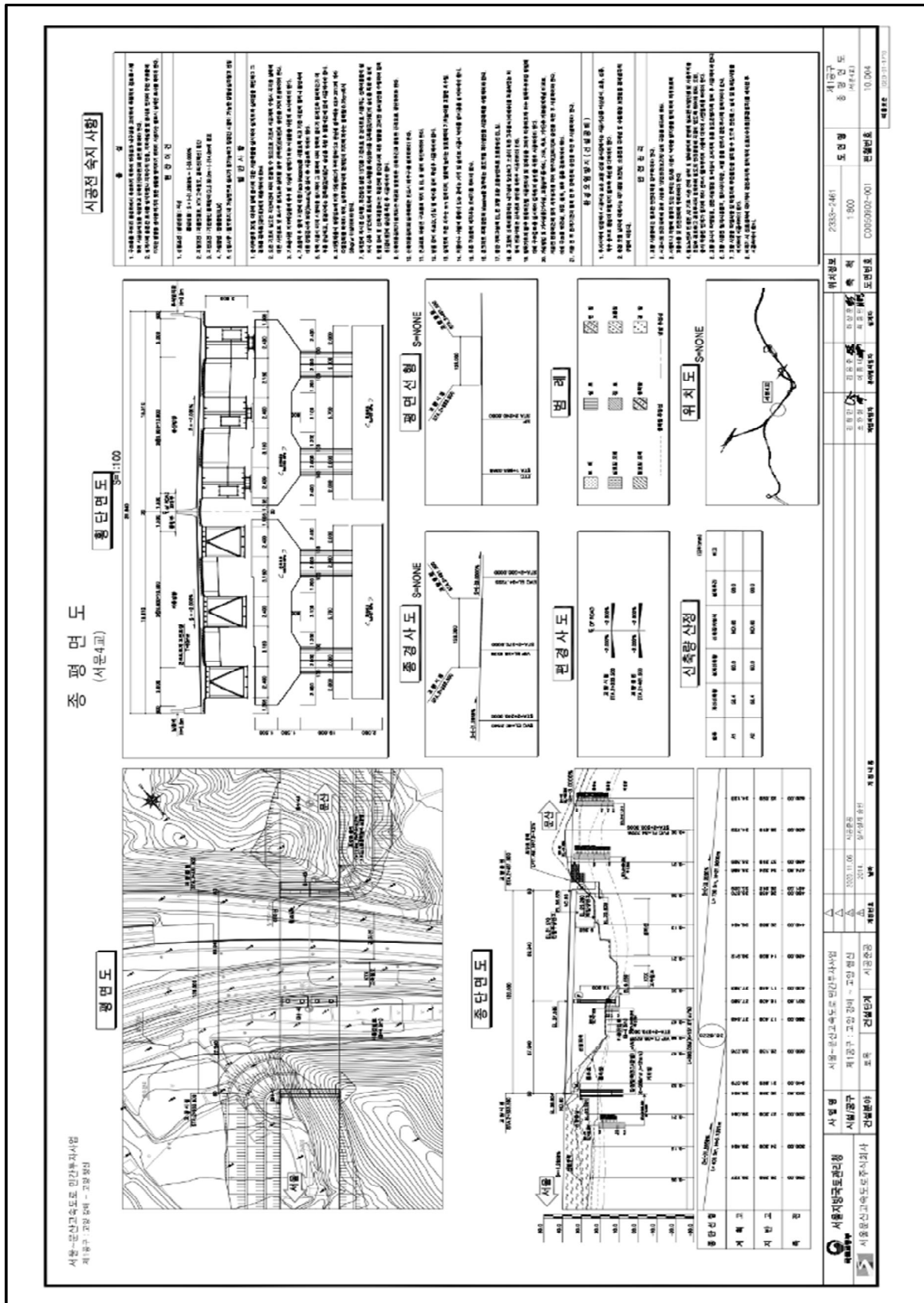


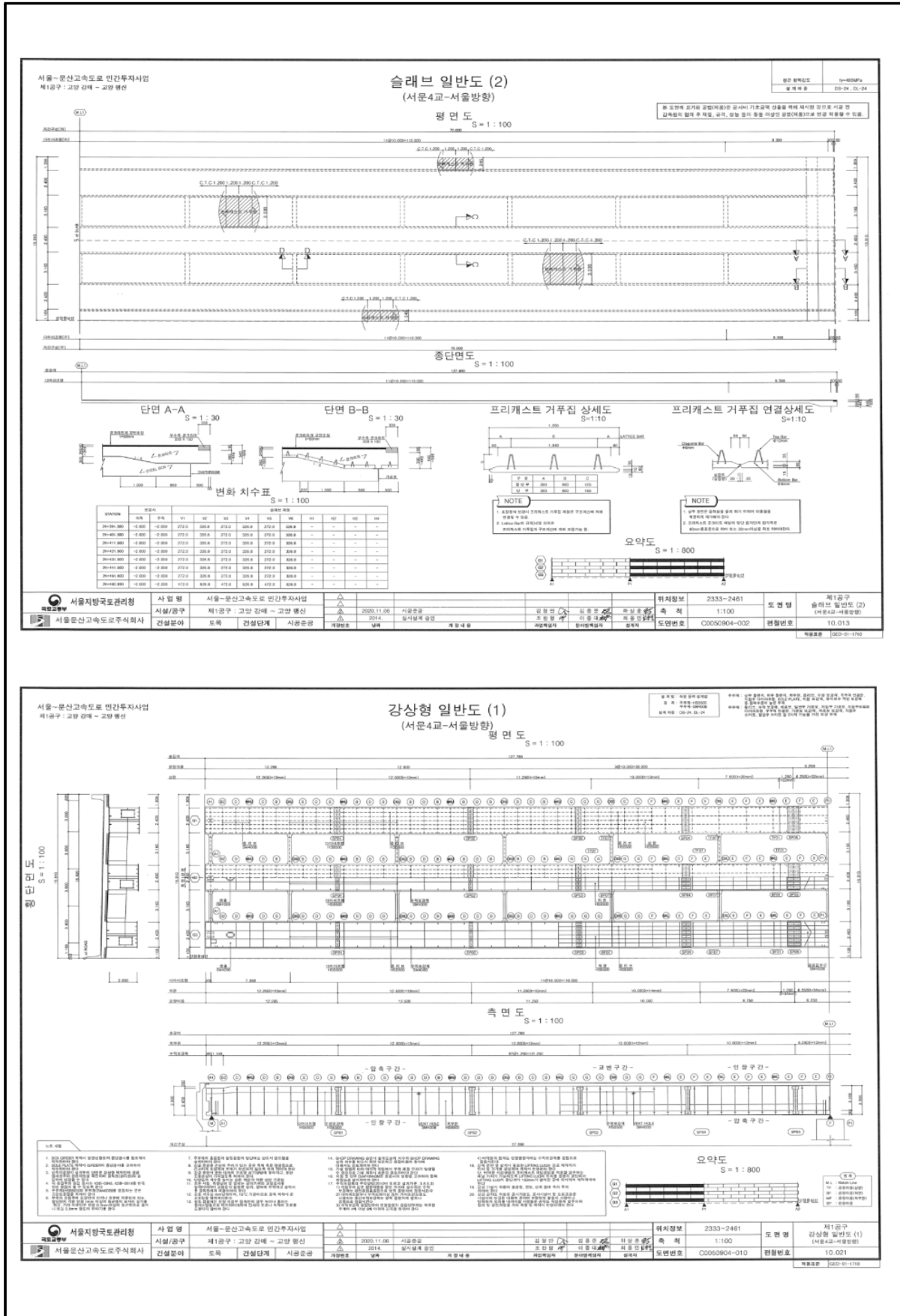
【그림 5.1.1】 위치도

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

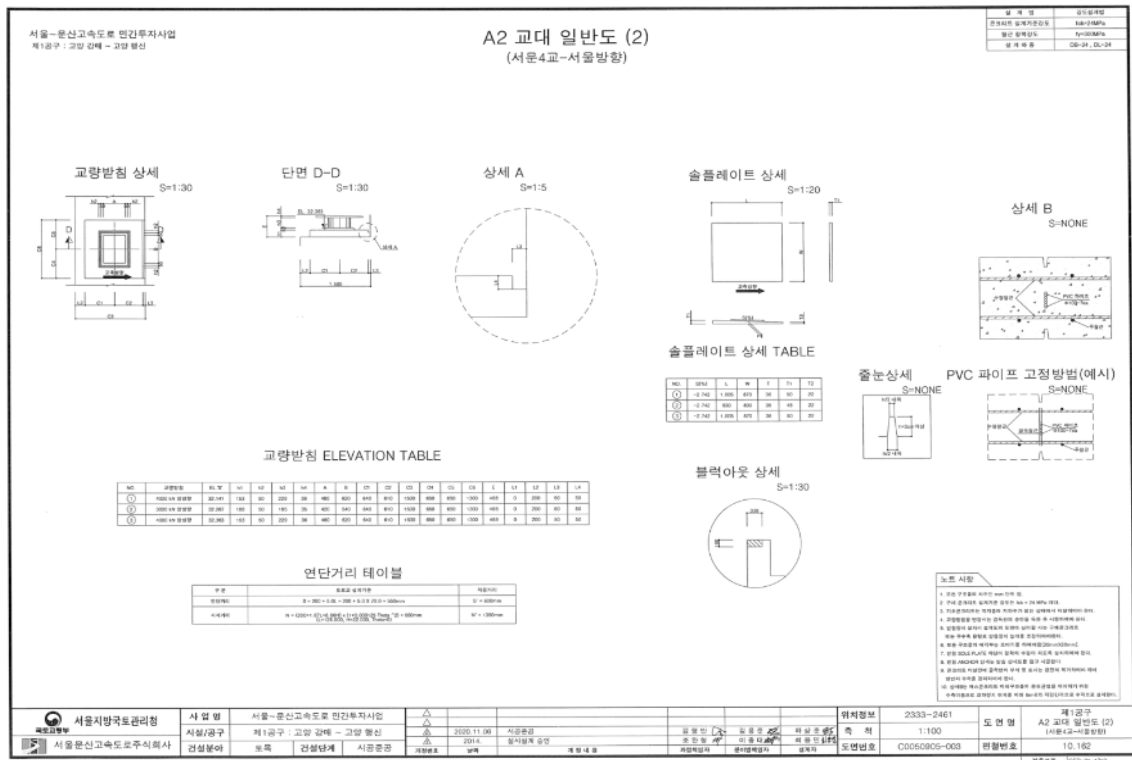
【그림 5.1.2】 부재별 현황

5.1.3 시설물 일반도

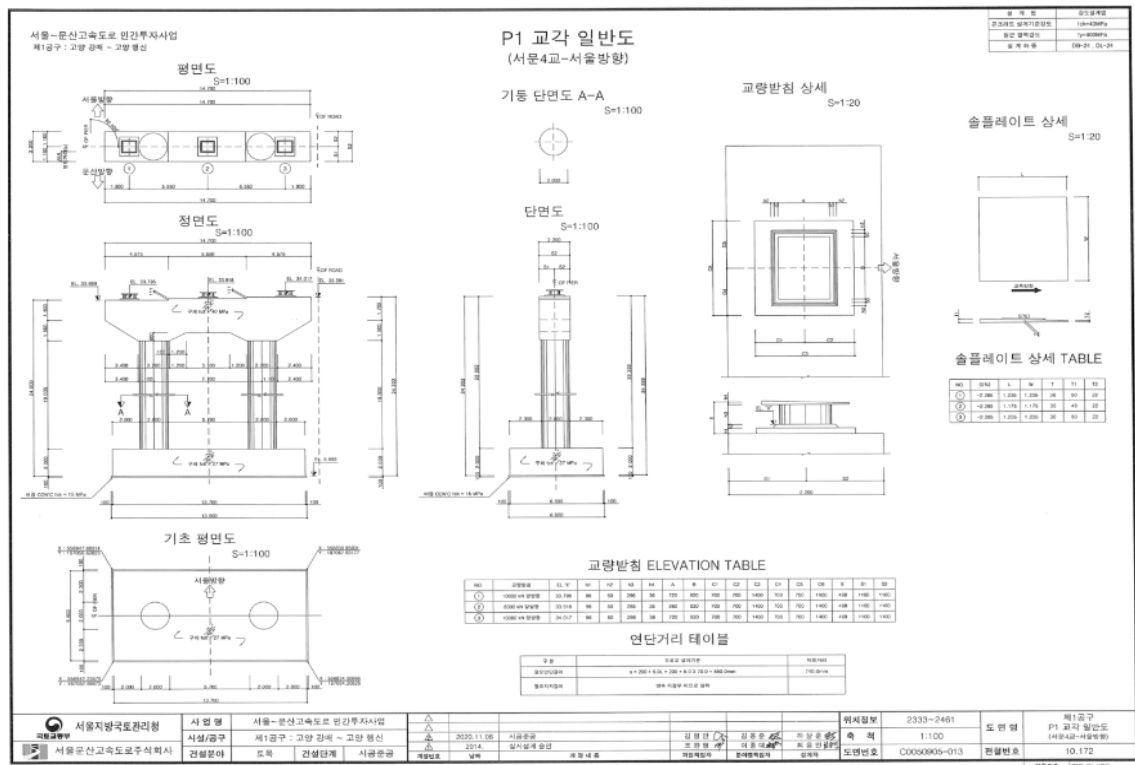




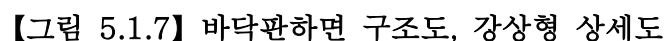
【그림 5.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도

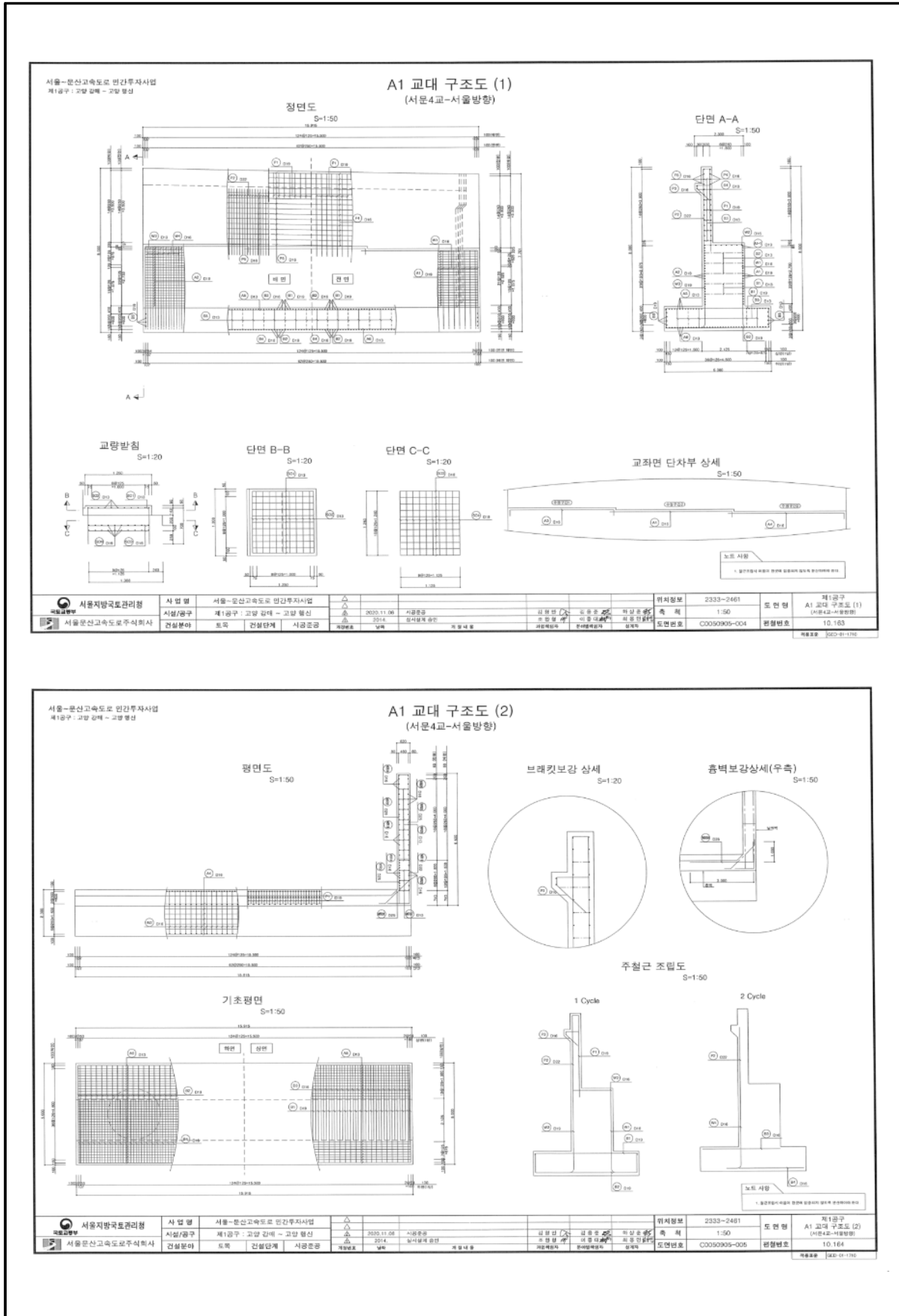


서문4교(서울방향) - 8

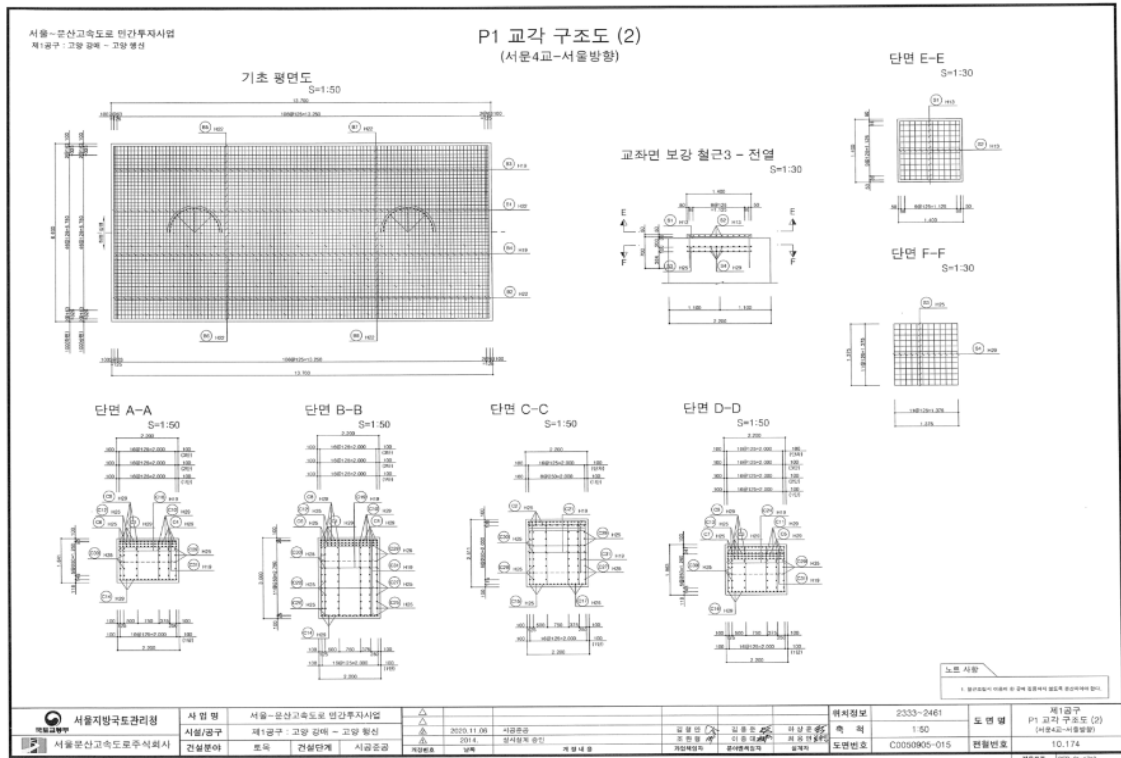


【그림 5.1.6】 교대 및 교각 일반도





【그림 5.1.8】 교대 구조도



【그림 5.1.9】 교각 구조도

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요 : •문헌 및 기존사리에 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	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	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	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$			
SM	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	OH	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균열 간격이 있으며	불투수성 일반	1.0×10^{-8} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분	문헌자료	시험결과	비 고
퇴적층			
	메입층	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—
	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	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	—
	중화토	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$1.96 \times 10^{-4} \sim 3.08 \times 10^{-4}$
연 압			
	중화암	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	4.53×10^{-5}
	연 압	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-6} \sim 4.76 \times 10^{-6}$
	경 압	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$
I등급			
	I등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	—
	II등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	—
	III등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-6} \sim 2.49 \times 10^{-6}$
IV등급			
	IV등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-6} \sim 4.76 \times 10^{-6}$
	V등급	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—
	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	내외장강 (kN/m)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	연장계수 (MPa)	포아송비 (v)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	—	—
	암 리면	20.0	0.0	35.0	—	—
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33
	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50
퇴적층	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32
중화토	중화토	17.5	22.0	28.0	45.0	0.33
	중화암	20.0	30.0	31.0	150.0	0.30

2.7.2 타일구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	내외장강 (kN/m)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	연장계수 (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^{-6}

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
매립층	488	180	62	164	181	0.33
	원토	645	200	68	190	0.40
	모래	480	170	52	140	0.35
	자갈	514	190	69	181	0.32
중화토	952	382	268	713	699	0.33
	중화암	1,144	544	582	1,539	0.30
연 압	1,834	954	2,184	5,504	3,622	0.26
	경 압	2,246	1,235	3,813	9,456	0.24

국토교통부

90

3. 지반조사 결과

3.1 굴절탄성계수조사

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 표준점수시험

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

3.3 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

4.1 강도 및 변형특성 분석

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

제 3 장 물리탐사

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

4.2 수리 및 투수특성 분석

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

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설계조건

1) 교량제원

- (1) 교량명 : 서문4교-서울방향
- (2) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교량형식 : Steel 박스거더교
- (4) 교량연장 : 58,000 + 70,000 = 128,000 m
- (5) 교량폭원 : B = 15,910 mm
- (6) Girder 제원 : B = 2,400 mm H = 2,800 mm
- (7) 사각(Skew) : 90.000 °
- (8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ mm
- (9) 설계속도 : 100.000 km/h
- (10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강재

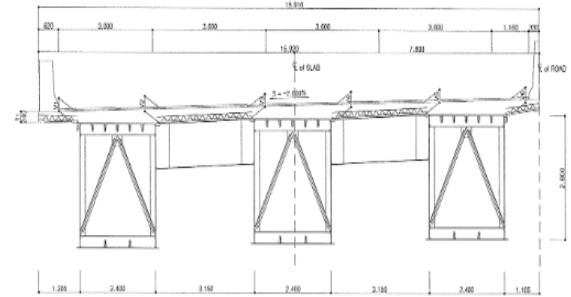
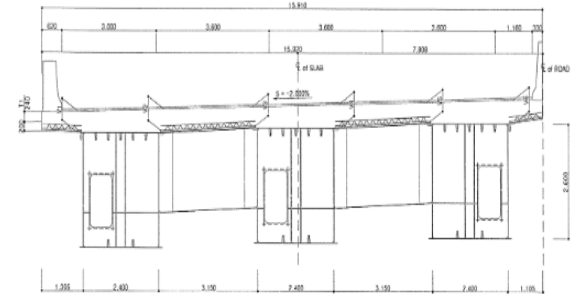
주부재	SM490B(상판, 하판, 복판, 상부중리보, 하부중리보, 수평보강재, 지점부 다이어그램, 지점보강재, 솔플레이프)
부부재	SM490B(지점부의 다이어그램, 수직보강재, 형리브, 세로보, 밑받침 기로보, 지점부 기로보)
강재 탄성계수 (E _s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

② 허용응력 (MPa) (단도설계 3.3.2.1)

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

단도 종류	판두께 (mm)	SS 400 SM 400 SMA 400	SM 490	SM 490Y SM 520 SMA 490	SM 570 SMA 570	HSB500	HSB600	HSB800
④ 휨 압축응력	40 이하	140	190	215	270			
	40 초과 75 이하			200 (215)	260 (270)	230	270	380
	75 초과 100 이하	130	175 (190)	195 (215)	250 (270)			
전단응력	40 이하	80	110	125	155			
	40 초과 75 이하			115 (125)	150 (155)	135	155	220
	75 초과 100 이하	75	100 (110)	115 (125)	145 (155)			
지압응력 (강판과 강판 사이)	40 이하	210	285	325	405			
	40 초과 75 이하			300 (325)	390 (405)	345	405	570
	75 초과 100 이하	195	265 (285)	295 (325)	375 (405)			

2. 단면가칭



구조계산 CHECK LIST

4. 단면별 동력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	용역검토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	71.135	299.000	24	0.K	-38.575	230.000	17	0.K
단면 2	67.595	136.400	50	0.K	-137.379	230.000	60	0.K
단면 3	-67.720	230.000	29	0.K	115.586	225.203	51	0.K
단면 4	-206.209	230.000	90	0.K	196.781	230.000	86	0.K
단면 5	-205.100	230.000	89	0.K	195.285	230.000	85	0.K
단면 6	167.100	264.500	63	0.K	-196.020	230.000	85	0.K
단면 7	102.572	171.067	60	0.K	-179.629	230.000	78	0.K
단면 8	53.365	299.000	18	0.K	-15.067	264.500	6	0.K
SP 1	59.527	136.400	44	0.K	-116.681	230.000	51	0.K
SP 2	60.174	136.400	44	0.K	-129.034	230.000	56	0.K
SP 3	45.169	299.000	15	0.K	-42.037	230.000	18	0.K
SP 4	-134.666	230.000	59	0.K	171.239	225.203	76	0.K
SP 5	-161.984	230.000	70	0.K	157.236	230.000	68	0.K
SP 6	-157.933	230.000	69	0.K	153.908	230.000	67	0.K
SP 7	-85.279	230.000	37	0.K	125.933	263.171	48	0.K
SP 8	90.933	299.000	30	0.K	-95.622	230.000	42	0.K
SP 9	153.154	264.500	58	0.K	-183.032	230.000	80	0.K
SP 10	163.282	264.500	62	0.K	-187.337	230.000	81	0.K
SP 11	143.264	299.000	48	0.K	-145.659	230.000	63	0.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상면	비율	하면	비율	판정
단면 1	42.662	135.000	32	0.K	0.156	13	0.128	11	0.K
단면 2	9.743	135.000	7	0.K	0.251	21	0.362	30	0.K
단면 3	43.024	135.000	32	0.K	0.188	16	0.365	30	0.K
단면 4	65.192	135.000	48	0.K	1.037	86	0.965	80	0.K
단면 5	82.549	135.000	61	0.K	1.169	97	1.095	91	0.K
단면 6	11.634	135.000	9	0.K	0.407	34	0.734	61	0.K
단면 7	31.613	135.000	23	0.K	0.414	35	0.665	55	0.K
단면 8	61.584	135.000	46	0.K	0.240	20	0.211	18	0.K
SP 1	21.936	135.000	16	0.K	0.217	18	0.284	24	0.K
SP 2	14.942	135.000	11	0.K	0.207	17	0.327	27	0.K
SP 3	32.001	135.000	24	0.K	0.079	7	0.090	7	0.K
SP 4	50.687	135.000	38	0.K	0.484	40	0.719	60	0.K
SP 5	67.571	135.000	50	0.K	0.747	62	0.718	60	0.K
SP 6	76.376	135.000	57	0.K	0.792	66	0.768	64	0.K
SP 7	59.773	135.000	44	0.K	0.334	28	0.425	35	0.K
SP 8	39.044	135.000	29	0.K	0.176	15	0.256	21	0.K
SP 9	17.199	135.000	13	0.K	0.352	29	0.650	54	0.K
SP 10	18.160	135.000	13	0.K	0.399	33	0.682	57	0.K
SP 11	38.017	135.000	28	0.K	0.309	26	0.480	40	0.K

< Girder - 2 >

구분	통행역강도 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	71.420	299.000	24	O.K	-37.529	230.000	16	O.K
단면 2	68.038	136.400	50	O.K	-133.985	230.000	58	O.K
단면 3	-69.853	230.000	30	O.K	118.850	225.203	53	O.K
단면 4	-196.208	230.000	85	O.K	193.004	230.000	84	O.K
단면 5	-192.145	230.000	84	O.K	189.027	230.000	82	O.K
단면 6	165.866	294.500	53	O.K	-194.134	230.000	84	O.K
단면 7	103.067	171.067	60	O.K	-176.049	230.000	77	O.K
단면 8	53.990	299.000	18	O.K	-15.219	264.500	6	O.K
SP 1	60.021	136.400	44	O.K	-112.662	230.000	49	O.K
SP 2	60.614	136.400	44	O.K	-125.811	230.000	55	O.K
SP 3	44.370	299.000	15	O.K	-30.980	230.000	17	O.K
SP 4	-134.499	230.000	58	O.K	173.221	225.203	77	O.K
SP 5	-153.118	230.000	67	O.K	176.732	264.500	67	O.K
SP 6	-149.026	230.000	65	O.K	173.555	264.500	66	O.K
SP 7	-85.105	230.000	37	O.K	127.600	203.171	48	O.K
SP 8	90.180	299.000	30	O.K	-93.173	230.000	41	O.K
SP 9	151.988	264.500	57	O.K	-181.104	230.000	79	O.K
SP 10	161.909	264.500	61	O.K	-185.189	230.000	81	O.K
SP 11	82.166	171.067	48	O.K	-141.921	230.000	62	O.K

구분	전단응력강도 (100 %)						합성응력강도					
	복 부 판											
	작용응력	허용응력	비율	판정	상면	비율	하면	비율	판정	상면	비율	판정
단면 1	39.888	135.000	30	O.K	0.144	12	0.114	9	O.K			
단면 2	9.549	135.000	7	O.K	0.254	21	0.345	29	O.K			
단면 3	41.677	135.000	31	O.K	0.188	16	0.374	31	O.K			
단면 4	57.894	135.000	43	O.K	0.912	76	0.888	74	O.K			
단면 5	73.542	135.000	54	O.K	0.595	83	0.972	81	O.K			
단면 6	12.827	135.000	10	O.K	0.402	34	0.721	60	O.K			
단면 7	31.752	135.000	24	O.K	0.418	35	0.641	53	O.K			
단면 8	58.275	135.000	43	O.K	0.219	18	0.190	16	O.K			
단면 9	21.931	135.000	16	O.K	0.220	18	0.296	22	O.K			
SP 2	15.516	135.000	11	O.K	0.211	18	0.312	26	O.K			
SP 3	32.152	135.000	24	O.K	0.079	7	0.085	7	O.K			
SP 4	48.165	135.000	36	O.K	0.469	39	0.719	60	O.K			
SP 5	60.026	135.000	44	O.K	0.641	53	0.644	54	O.K			
SP 6	68.104	135.000	50	O.K	0.674	56	0.685	57	O.K			
SP 7	56.932	135.000	42	O.K	0.315	26	0.413	34	O.K			
SP 8	39.087	135.000	29	O.K	0.175	15	0.248	21	O.K			
SP 9	18.637	135.000	14	O.K	0.349	29	0.639	53	O.K			
SP 10	18.811	135.000	14	O.K	0.394	33	0.668	56	O.K			
SP 11	37.487	135.000	28	O.K	0.308	26	0.458	38	O.K			

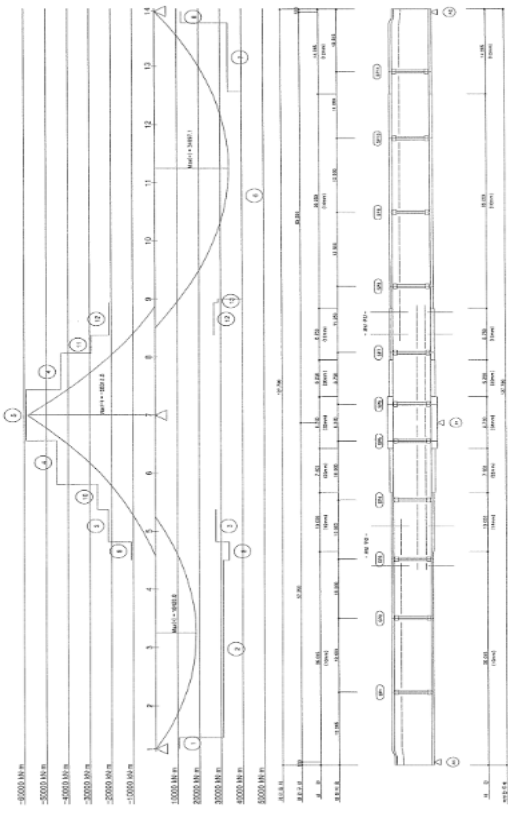
< Girder - 3 >

구분	통행역강도 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	71.385	299.000	24	O.K	-38.265	230.000	17	O.K
단면 2	68.439	136.400	50	O.K	-135.774	230.000	59	O.K
단면 3	-67.946	230.000	30	O.K	116.727	225.203	52	O.K
단면 4	-203.136	230.000	88	O.K	195.895	230.000	86	O.K
단면 5	-201.628	230.000	88	O.K	194.314	230.000	84	O.K
단면 6	166.437	264.500	63	O.K	-194.641	230.000	85	O.K
단면 7	103.411	171.067	60	O.K	-178.150	230.000	77	O.K
단면 8	53.637	299.000	18	O.K	-15.134	264.500	6	O.K
SP 1	60.319	136.400	44	O.K	-115.271	230.000	50	O.K
SP 2	61.014	136.400	45	O.K	-127.456	230.000	55	O.K
SP 3	45.263	299.000	15	O.K	-41.277	230.000	18	O.K
SP 4	-133.691	230.000	58	O.K	172.130	225.203	76	O.K
SP 5	-159.377	230.000	69	O.K	157.172	230.000	68	O.K
SP 6	-155.343	230.000	68	O.K	153.668	230.000	67	O.K
SP 7	-84.497	230.000	37	O.K	129.755	203.171	48	O.K
SP 8	90.910	299.000	30	O.K	-94.606	230.000	41	O.K
SP 9	152.582	264.500	58	O.K	-181.089	230.000	79	O.K
SP 10	162.613	264.500	61	O.K	-185.084	230.000	81	O.K
SP 11	82.496	171.067	48	O.K	-144.399	230.000	63	O.K

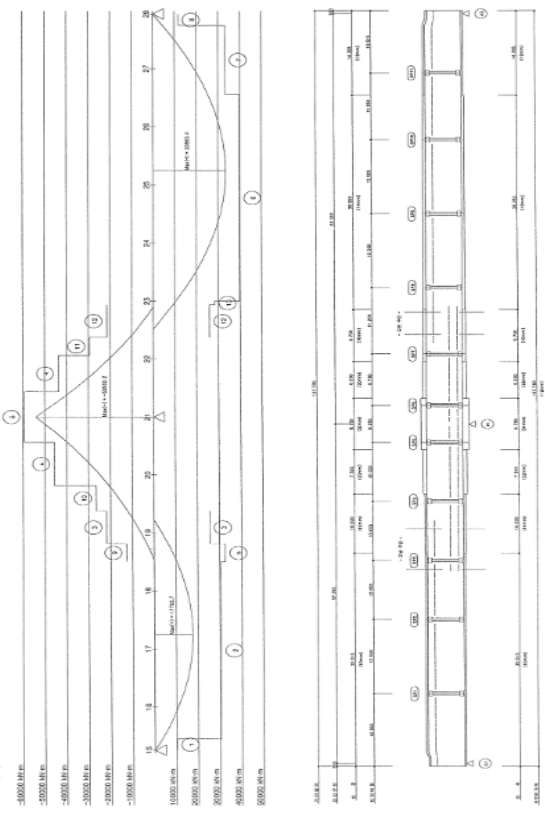
구분	전단응력강도 (100 %)						합성응력강도					
	복 부 판											
	작용응력	허용응력	비율	판정	상면	비율	하면	비율	판정	상면	비율	판정
단면 1	38.874	135.000	29	O.K	0.140	12	0.111	9	O.K			
단면 2	9.366	135.000	7	O.K	0.257	21	0.353	29	O.K			
단면 3	40.833	135.000	30	O.K	0.179	15	0.360	30	O.K			
단면 4	61.802	135.000	46	O.K	0.980	82	0.942	79	O.K			
단면 5	77.560	135.000	57	O.K	1.009	92	1.044	87	O.K			
단면 6	10.435	135.000	8	O.K	0.402	33	0.722	60	O.K			
단면 7	28.624	135.000	21	O.K	0.411	34	0.646	54	O.K			
단면 8	56.439	135.000	42	O.K	0.207	17	0.178	15	O.K			
SP 1	19.829	135.000	15	O.K	0.217	18	0.273	23	O.K			
SP 2	14.561	135.000	11	O.K	0.212	18	0.319	27	O.K			
SP 3	30.563	135.000	23	O.K	0.074	6	0.083	7	O.K			
SP 4	47.893	135.000	35	O.K	0.464	39	0.710	59	O.K			
SP 5	64.007	135.000	47	O.K	0.705	59	0.692	58	O.K			
SP 6	71.862	135.000	53	O.K	0.740	62	0.731	61	O.K			
SP 7	56.026	135.000	42	O.K	0.507	36	0.494	34	O.K			
SP 8	36.825	135.000	27	O.K	0.167	14	0.244	20	O.K			
SP 9	16.881	135.000	13	O.K	0.348	29	0.640	53	O.K			
SP 10	16.695	135.000	12	O.K	0.393	33	0.669	56	O.K			
SP 11	34.711	135.000	26	O.K	0.299	25	0.460	36	O.K			

4.9 단면 요약도

< 거대 1 >



< 거대 2 >



1. 설계 조건

1) 일반 사항

- (1) 구조 형식 : 역T형 교대
(2) 상부 형식 : STEEL BOX
(3) 교량 등급 : 1 등급
(4) 교대 총 폭 : B = 15.915 M
(5) 교대 높이는 : H = 8.000 M
(6) 기초 형식 : 말뚝기초
(7) D/EW : 90.000 "

2) 하중

- (1) 활근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 말뚝중량의 단위중량 : $\gamma_{sl} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ (말뚝) [도로교 설계기준 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^3$
(4) 과 재 하중 : $q_1 = 10.000 \text{ kN/m}^2$
(5) 상부 고정하중 반력 : $R_d = 253.000 \text{ kN/m}$
(6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 107.891 \text{ kN/m}$
(7) 교량단위 마찰계수 : $f_s = 0.050$

3) 지반 조건

- (1) 말뚝중량의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000 "$
(2) 기초지반의 N치 : $N = 10.000$
(3) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 27.247 " \{ \phi_2 = 15 + \sqrt{N} \}$
(4) 기초지반의 점착력 : $C = 0.000 \text{ kN/m}^2$
(5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.328$; $TAN(\phi_2 - \phi_1)$: 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) 사용 재료 강도

- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.000 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 28000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(S30300) : $f_y = 300.000 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

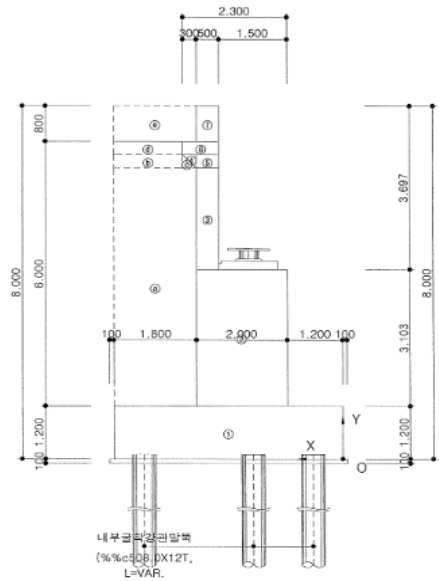
5) 설계 방법

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

6) 참고 문헌

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

2. 단면 가 정



※ 교량단위 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
고정하중	1676.315	773.457	1576.811	4026.583
활하중	430.658	855.829	430.595	1717.082

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
교축방향	175.100	143.500	175.500	494.100
직각방향	191.800	165.100	191.800	548.700

■ 결과 요약

■ 말뚝 인입검토 및 응력검토

1) 말뚝길이 23.0m 적용

구 분	하중값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586	724.419 O.K
	허용인발력(kN/EA)	659.222	- O.K
	응력(MPa)	133	95.975 O.K
	전단응력(MPa)	76	15.778 O.K
	수평변위(mm)	15	5.833 O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2379	788.267 O.K
	허용인발력(kN/EA)	988.833	- O.K
	응력(MPa)	199.5	94.495 O.K
	전단응력(MPa)	114	19.712 O.K
	수평변위(mm)	15	4.106 O.K

2) 말뚝길이 15.0m 적용

구 분	하중값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586	728.798 O.K
	허용인발력(kN/EA)	659.222	- O.K
	응력(MPa)	140	99.559 O.K
	전단응력(MPa)	80	15.778 O.K
	수평변위(mm)	15	5.833 O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2379	798.191 O.K
	허용인발력(kN/EA)	988.833	- O.K
	응력(MPa)	210	94.495 O.K
	전단응력(MPa)	120	19.712 O.K
	수평변위(mm)	15	4.106 O.K

■ 단면 합 설계

1) 말뚝길이 23.0m 적용

단면위치	깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm ²)	사정결근량 (mm ²)	Mu (kN.m)	φMu (kN.m)	안전도	비고	
전면지반	1200	150	1209.38	1940.4	321.07	512.482	1.596	O.K	
후면지반	1200	100	945.19	1940.4	263.451	537.223	2.039	O.K	
벽체 : H=6.800	2000	100	1283.76	1940.4	618.893	933.064	1.508	O.K	
총벽	500	100	2864.72	3006.8	276.814	297.892	1.076	O.K	
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1532.67	2569.6	206.644	341.454	1.652	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2782.85	4053.6	496.411	713.432	1.437	O.K
	좌부(T=620 mm)	620	80	2388.48	4053.6	318.197	527.371	1.657	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1108.57	1588.8	201.23	286.971	1.426	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1650.13	2292	297.858	410.961	1.38	O.K

2) 말뚝길이 15.0m 적용

	단면위치	깊이	dc	Req. As	사정결근량	Mu	φMu	안전도	비고
		H(mm)	(mm)	(mm ²)	(mm ²)	(kN.m)	(kN.m)		
우측날개벽	전면지반	1200	150	1219.29	1940.4	323.676	512.482	1.583	O.K
	후면지반	1200	100	961.746	1940.4	268.036	537.223	2.004	O.K
	벽체 : H=6.800	2000	100	1283.76	1940.4	618.893	933.064	1.508	O.K
	총벽	500	100	2864.72	3006.8	276.814	297.892	1.076	O.K
	D(T=620 mm)	620	80	1532.67	2569.6	206.644	341.454	1.652	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2782.85	4053.6	496.411	713.432	1.437	O.K
	좌부(T=620 mm)	620	80	2388.48	4053.6	318.197	527.371	1.657	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1108.57	1588.8	201.23	286.971	1.426	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1650.13	2292	297.858	410.961	1.38	O.K

■ 사용성 검토

1) 말뚝길이 23.0m 적용

구 분		인장응력 (fs)	허용응력 (fsa)	활근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면지반		105.191	150	125	397.388	O.K
후면지반		73.365	150	125	847.157	O.K
벽체 : H=6.800		101.354	150	125	550.728	O.K
총벽		122.333	150	125	421.236	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	89.686	150	250	702.454	O.K
	A(T=800 mm)	102.474	150	125	599.735	O.K
	좌부(T=620 mm)	88.338	150	125	713.173	O.K
	B(T=800 mm)	103.681	150	125	579.54	O.K
	C(T=800 mm)	106.386	150	125	550.32	O.K

2) 말뚝길이 15.0m 적용

구 분	인장응력(f _s)	허용응력(f _{sa})	활근간격(S)	최대간격(S _g)	비 고	
전면지반	105.893	150	125	392.426	O.K	
후면지반	74.367	150	125	832.691	O.K	
벽체 : H=6.800	101.354	150	125	550.728	O.K	
총벽	122.333	150	125	421.236	O.K	
우측날개벽	D(T=620 mm)	89.686	150	250	702.454	O.K
	A(T=800 mm)	102.474	150	125	599.735	O.K
	좌부(T=620 mm)	89.338	150	125	713.173	O.K
	B(T=800 mm)	103.681	150	125	579.54	O.K
	C(T=800 mm)	106.386	150	125	550.32	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 원 반 사 항

- 1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
- 2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
- 3) 교 럽 형 식 : I 형교
- 4) 기 초 형 식 : 직립기초

3.2 하 중

- 1) 활하중크리크의 단위중량 : $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$.로교설계요령 제2편 P366]
- 3) 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.05$

3.3 지 반 조 건

- 1) 기초지반의 N치 : $N = 50$
- 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi = 42.306^\circ$: $15 + \sqrt{N}$
- 3) 기초지반의 점착력 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- 4) 기초지반의 최대 허용지지력 : $Q_u = 800 \text{ kN/m}^2$
- 5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.6$; $\tan\phi = 0.60$, $C_b = 0$: 활하중 크리크
- 6) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 $\times$ 지진구역계수
 - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : f_{ck} - 두부보 : 40 MPa
 기둥 : 40 MPa
 기초 : 27 MPa
 - 탄성계수 : E_c - 두부보 : 31879 MPa
 기둥 : 31879 MPa
 기초 : 26693 MPa
 [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : f_y - 두부보 : 400 MPa
 기둥 : 400 MPa
 기초 : 400 MPa
 기둥(관단철근) : 400 MPa
 기초(관단철근) : 400 MPa
 - 탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

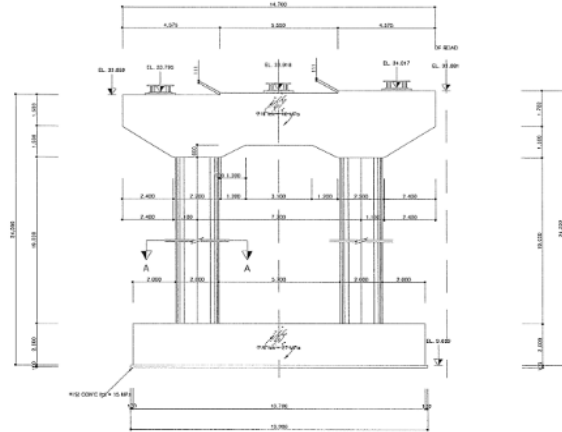
3.5 설 계 방 법

- 1) 안 정 성 결 과 : 허용응력 설계법
- 2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

- 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) 강도강도 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

■ 안전성검토 및 용역결과

		구 분				
		하중조건	발생강도	안전율	허용안전율	비 고
교목방향	평상시	전도예대한 안전(kN.m)	106846.661	11319.998	9.44	2.00 O.K
		활동예대한 안전(kN)	19426.666	528.930	36.73	1.50 O.K
	지진시	지진예대한 안전(kN/m²)	800.000	499.680	1.60	1.00 O.K
		활동예대한 안전(kN)	19426.666	19680.100	5.43	1.50 O.K
교목직각방향	평상시	전도예대한 안전(kN.m)	106846.661	19680.100	5.43	2.00 O.K
		활동예대한 안전(kN/m²)	1200.000	555.948	2.16	1.00 O.K
	지진시	지진예대한 안전(kN.m)	221767.767	34131.888	6.50	2.00 O.K
		활동예대한 안전(kN)	19426.666	1535.551	12.65	1.50 O.K

■ 기둥의 단면 설계

	단면위치	구 분				
		Pmax	Pu(kN)	φPu(kN)	안전율	비 고
교목방향	축적최대	0.011	21770.626	66815.431	3.069	O.K
	오랜트최대	0.011	15303.529	40228.691	2.629	O.K
	한상설계	0.011	12242.823	37911.383	3.097	O.K
	편심최대	0.011	11630.682	36939.765	3.176	O.K
교목직각방향	축적최대	0.011	21770.626	66815.431	3.069	O.K
	오랜트최대	0.011	11512.144	17337.574	1.506	O.K
	한상설계	0.011	12242.823	16751.714	1.371	O.K
	편심최대	0.011	7839.297	10745.134	1.371	O.K
합성부재역	축적최대	0.011	21770.626	66815.431	3.069	O.K
	오랜트최대	0.011	11512.071	14756.114	1.282	O.K
	한상설계	0.011	12242.823	17006.396	1.389	O.K
	편심최대	0.011	7839.224	9011.799	1.150	O.K

	단면위치	구 분				
		Pmax	Pu(kN)	φPu(kN)	안전율	비 고
교목방향	축적최대	0.011	21485.968	66815.431	3.110	O.K
	오랜트최대	0.011	14943.587	39460.396	2.641	O.K
	한상설계	0.011	11954.870	37193.431	3.111	O.K
	편심최대	0.011	11357.126	36060.660	3.175	O.K
교목직각방향	축적최대	0.011	21485.968	66815.431	3.110	O.K
	오랜트최대	0.011	19484.468	32134.533	1.649	O.K
	한상설계	0.011	11954.870	18748.330	1.568	O.K
	편심최대	0.011	14399.202	28089.340	1.951	O.K
합성부재역	축적최대	0.011	21485.968	66815.431	3.110	O.K
	오랜트최대	0.011	16735.045	28060.987	1.486	O.K
	한상설계	0.011	11954.870	18122.587	1.516	O.K
	편심최대	0.011	15148.584	23894.207	1.577	O.K

■ 단면 설계

단면위치	길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm ²)	Use.As (mm ²)	Mu(kN.m)	φMu(kN.m)	안전율	비 고	
보 부 재	좌측내민보	3000.0	100.0	28193.426	30455.500	-	-	1.080	O.K
	우측내민보	3000.0	100.0	27893.632	30455.500	-	-	1.095	O.K
	좌측내민보수	2200.0	100.0	529.252	8514.300	377.689	6030.881	15.967	O.K
	우측내민보수	2200.0	100.0	513.047	8514.300	366.140	6030.881	16.472	O.K
	내부지간1좌측	3000.0	100.0	16734.282	30455.500	15719.555	28228.855	1.796	O.K
	내부지간1중앙	2511.0	100.0	3293.733	8613.900	2690.142	6993.705	2.600	O.K
	내부지간1우측	3222.0	322.0	22383.198	30455.500	20910.988	28228.855	1.350	O.K
	교량받침1	2625.0	100.0	262.665	30455.500	217.181	24345.778	112.099	O.K
	교량받침2	2511.0	100.0	1897.404	4580.300	1552.105	3719.355	2.396	O.K
기 초	교량받침3	2847.0	100.0	209.193	30455.500	242.896	26644.560	109.696	O.K
	교목방향	2000.0	100.0	27926.839	37435.100	17872.063	23879.990	1.336	O.K
	교각-지점부	2000.0	100.0	10974.306	19742.100	7035.334	12578.424	1.788	O.K
	교각-중앙부	2000.0	100.0	13837.906	19742.100	8853.322	12578.424	1.421	O.K

■ 사용성 검토

	단면위치	인장응력 (fs)	허용응력 (fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
보/기둥	좌측내민보	94.213	180.000	129.412	622.125	O.K
	우측내민보	107.444	180.000	129.412	519.191	O.K
	좌측내민보수평	22.000	180.000	187.500	2863.584	O.K
	우측내민보수평	21.327	180.000	187.500	2953.985	O.K
	내부지간1좌측지점부	134.424	180.000	129.412	372.084	O.K
	내부지간1중앙부	107.853	180.000	129.412	511.411	O.K
	내부지간1우측지점부	194.263	180.000	129.412	191.628	O.K
	교량받침1	14.761	180.000	129.412	4268.037	O.K
	교량받침2	112.200	180.000	244.444	483.121	O.K
	교량받침3	18.210	180.000	129.412	3459.641	O.K
기초	교목방향	225.109	180.000	123.423	127.330	O.K
	교각-지점부	170.162	180.000	129.412	240.295	O.K
	교각-중앙부	167.975	180.000	129.412	246.321	O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : STEEL BOX 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 58,000 + 70,000 = 128,000 m

5.3 교 폭 : 16.225 m

5.4 교각형식 : π형교각

5.5 교각기초형식 : 직접기초

5.6 내진설계상수

- (1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2, 지진력리교량)
(6) 응답수정계수 :
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 발진형식 : EQS 면진발진

5.7 해석방법

- (1) 해석방법 선정 : 시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

- (1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 결과산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

9. 내진해석결과

9.1 발진 지진력

(UNIT:kN)

구분	R	교축방향		교차방향		Combo1		Combo2		반정하중 크단력	판정
		교축	교차	교축	교차	교축	교차	교축	교차		
A1	B1	0.8	112.0	1.0	49.8	146.0	158.7	55.9	104.3	182.8	230 OK
	B2	0.8	143.0	1.2	1.2	166.8	179.2	64.1	55.2	209.0	220 OK
	B3	0.8	112.0	1.0	50.3	145.9	158.9	56.0	104.9	182.8	230 OK
P1	B1	1.0	365.0	4.2	39.0	672.9	376.7	206.0	148.5	674.2	820 OK
	B2	1.0	278.8	1.9	4.0	479.2	280.0	145.7	87.6	479.8	560 OK
	B3	1.0	350.3	2.1	40.6	672.6	362.5	203.9	145.7	673.2	820 OK
A2	B1	0.8	161.0	1.2	44.4	227.2	217.9	86.7	115.9	284.4	300 OK
	B2	0.8	112.0	0.9	1.3	158.9	140.5	60.8	43.6	199.0	230 OK
	B3	0.8	161.0	1.2	44.5	227.1	218.0	86.6	116.0	284.3	300 OK

9.2 발진 변위

(UNIT:mm)

구분	R	교축방향		교차방향		Combo1		Combo2		반정하중 변위	판정
		교축	교차	교축	교차	교축	교차	교축	교차		
A1	B1	49.6	0.1	1.0	22.7	49.9	6.9	15.9	22.7	120	OK
	B2	49.6	0.1	0.0	22.8	49.6	6.9	14.9	22.8	120	OK
	B3	49.5	0.1	1.0	22.7	49.8	6.9	15.9	22.7	120	OK
P1	B1	0.9	0.0	0.6	28.8	1.1	8.7	0.8	28.8	90	OK
	B2	1.0	0.0	0.0	29.1	1.0	8.7	0.3	29.1	90	OK
	B3	0.8	0.0	0.6	28.8	1.0	8.6	0.8	28.8	90	OK
A2	B1	49.6	0.0	1.1	30.3	49.9	9.1	15.9	30.3	120	OK
	B2	49.6	0.0	0.0	30.5	49.6	9.2	14.9	30.5	120	OK
	B3	49.5	0.0	1.1	30.3	49.8	9.1	15.9	30.3	120	OK

9.3 교각 교량부 변위

(UNIT:mm)

구분	R	교축방향		교차방향		COM1		COM2		비고
		교축	교차	교축	교차	교축	교차	교축	교차	
P1		49.2	0.0	0.0	32.8	49.2	9.8	14.8	32.8	

9.4 교각상단 단면력

(Unit : Kt.m)

구분	R	교축방향				교차방향			
		교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력
P1	L	476.10	4.31	8362.27	18.90	20.95	1275.89	147.86	12325.66
	R	473.14	4.69	8337.50	20.59	22.62	1255.04	149.25	12242.72

9.5 교각상단 평균조합

(Unit : Kt.m)

구분	R	Combo1				Combo2			
		교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력
P1	L	482	367	8.407	3.717	164	1.277	2.657	12.331
	R	480	381	8.942	3.693	165	1.256	2.638	12.249

9.6 교각상단 단면력

(Unit : Kt.m)

구분	R	교축방향				교차방향			
		교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력
P1	L	415.33	3.81	1750.72	14.21	20.81	1086.03	113.98	10759.09
	R	418.47	4.89	1792.95	14.03	22.85	1079.77	113.67	10661.67

9.7 교각상단 평균조합

(Unit : Kt.m)

구분	R	Combo1				Combo2			
		교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력	교축단면력	교차단면력
P1	L	422	330	1.765	3.242	145	1.069	639	10.762
	R	425	329	1.827	3.213	148	1.061	652	10.666

5.2.2 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 5.2.1】 서문4교(서울방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

5.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

5.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 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.	

5.2.5 시설물 보수 이력

【표 5.2.2】 서문4교(서울방향) 보수이력사항

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

5.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 5.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

5.3 현장조사

5.3.1 개요

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

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업전경		작업전경	
			
비파괴시험		비파괴시험	

【사진 5.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

5.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문4교(서울방향)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=128.0m 폭 15.9m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.



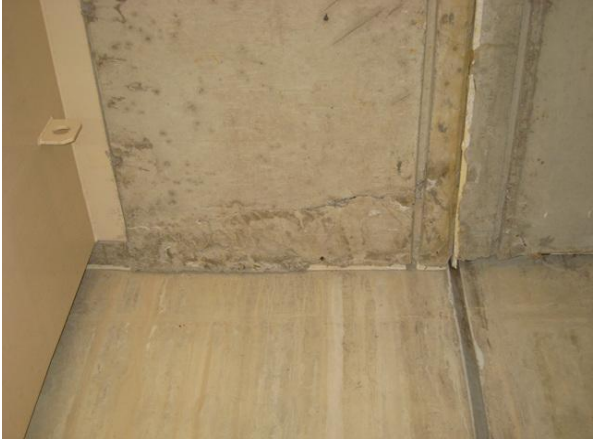
【사진 5.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 균열부 백태, 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 5.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—
S2	0.20	1	1.95	2
합계	0.20	1	1.95	2

	
S2 균열부백태(0.2m×1.0m) - 금회	S2 균열부백태(0.2m×1.0m) - 22년 상반기
	
S2 파손(1.5m×0.5m)	S2 파손(0.2m×6.0m)

【사진 5.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

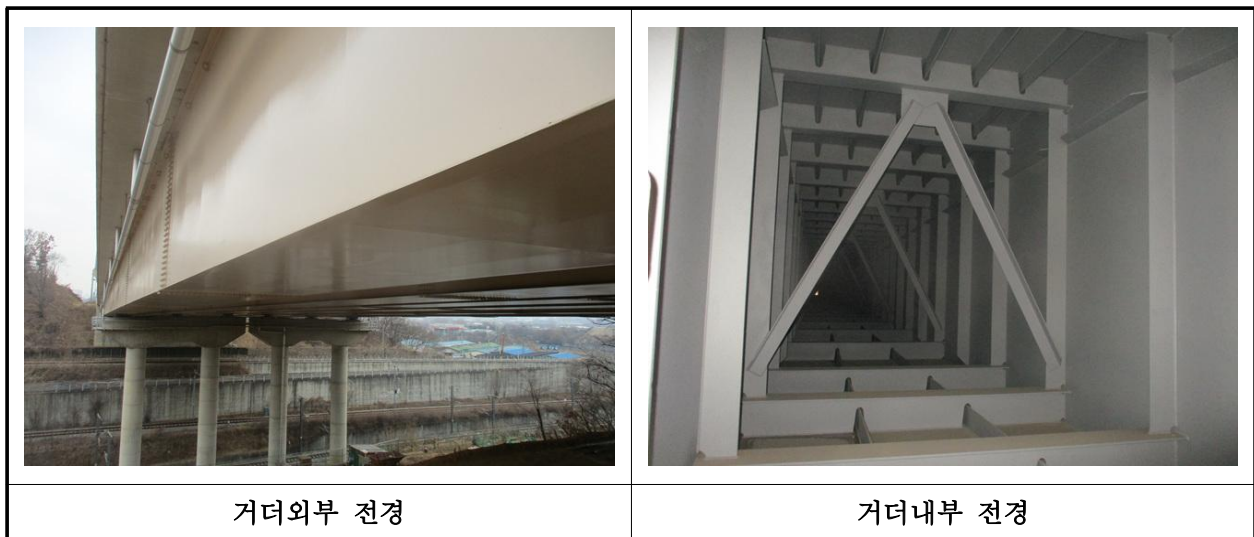
4) 검토의견

- 바닥판하면은 균열부 우수유입에 의한 균열부 백태, 시공시 외부 충격 및 마감 미흡에 의한 파손 등의 손상이 조사되었다. 손상부는 하자만료 전 하자보수 실시가 필요할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box 거더는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차로 현장조사를 실시하였다



【사진 5.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 것으로 조사되었다.

【표 5.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	—	—
	S2	—	—
합계		—	—

【표 5.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	—	—
	S2	—	—
합계		—	—

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 5.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

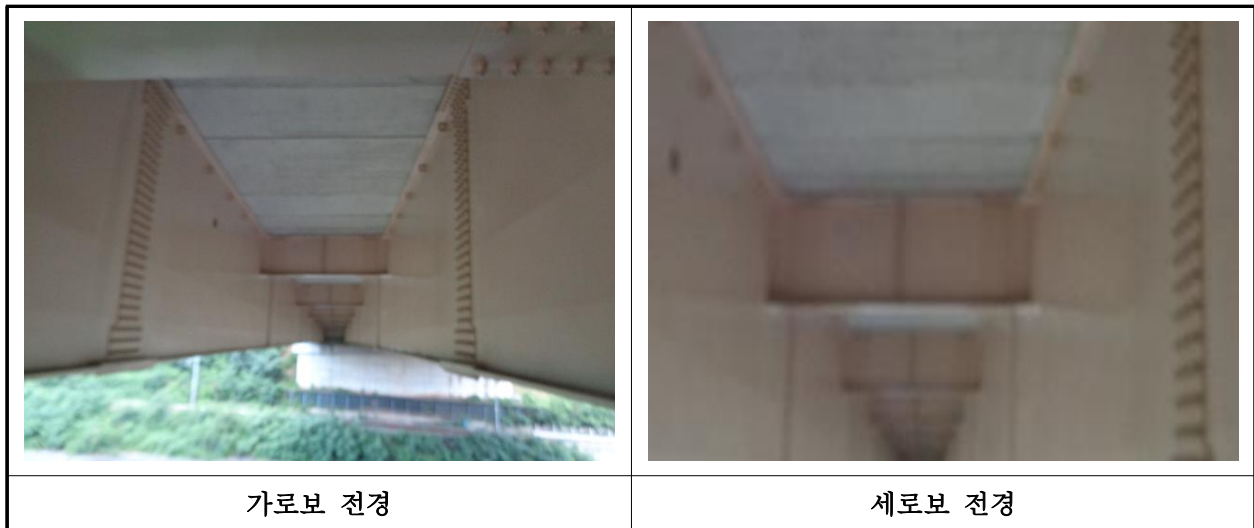
4) 검토의견

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보 (2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 5.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 5.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	—	—
	S2	—	—
합계		—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 5.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

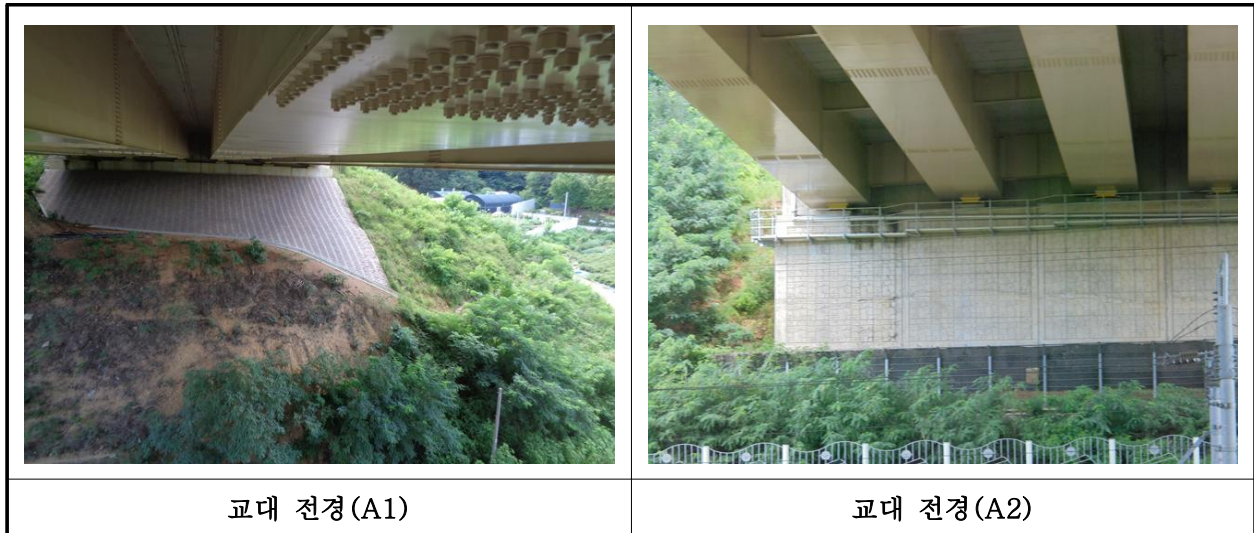
4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문4교(서울방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1 강관말뚝기초, A2 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 5.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 채수가 2개소 조사되었다.

【표 5.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	채수 (㎡/개소)	
A1	—	—
A2	8.00	2
합계	8.00	2

	
교대 상태양호 - 금회	교대 상태양호 - 22년 상반기
	
교대 상태양호	A1 체수(흔적) (2.0m×2.0m×2EA)

【사진 5.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

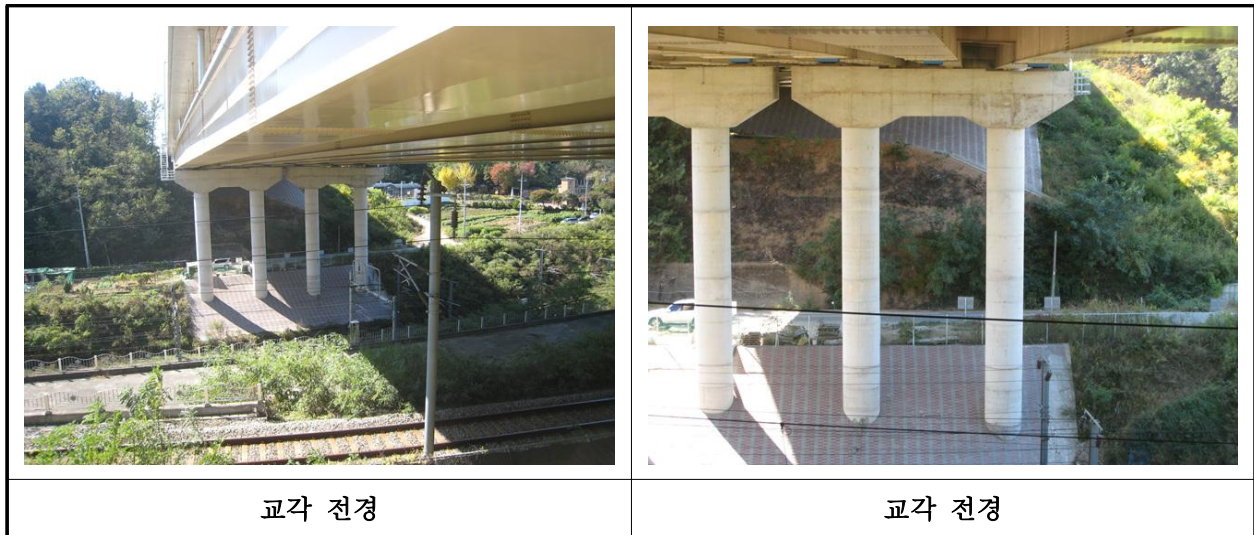
4) 검토의견

- 교대는 신축이음 하부 누수에 의한 체수가 2개소 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문4교(서울방향)의 교각은 π 형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각의 하부에 교차시설로 철도가 존재하여 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사만을 실시하였다.



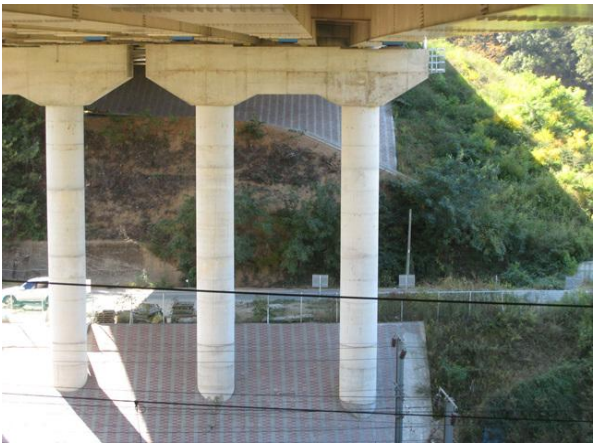
【사진 5.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 5.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	—	—
합계	—	—

	
교각 상태양호 - 금회	교각 상태양호 - 22년 상반기

【사진 5.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

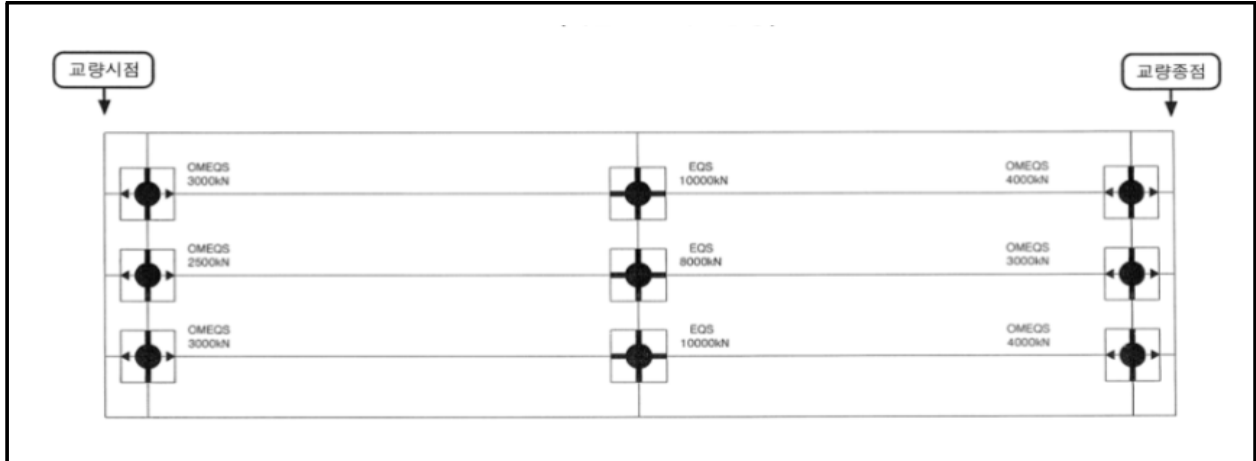
4) 검토의견

- 교각은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문4교(서울방향)의 받침은 면진받침(EQS받침)으로 총 9기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 5.3.1】 교량받침 배치도



【사진 5.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 일부 구간에서 받침 몰탈 균열이 조사되었다.

【표 5.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)	
A1	—	—
P1	4.80	24
A2	—	—
합계	4.80	24

	
P1-Sh1 무수축몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×8EA)	P1-Sh2 무수축몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×8EA)
	—
P1-Sh3 무수축몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×8EA)	—

【사진 5.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

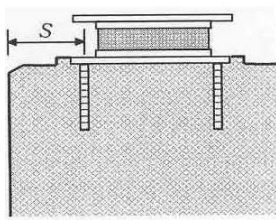
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

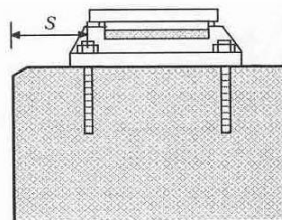
- 받침본체에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침



(b) 강재받침

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

【그림 5.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 5.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : $200 + 5 \times 70.0 = 550(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200 + 5 \times 58.0 = 490(\text{mm})$

【표 5.3.8】연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		490	630	630	630	O.K
P1	A1측	490	740	740	740	O.K
	A2측	550	740	740	740	O.K
A2		550	600	600	600	O.K

② 연단거리 검토의견

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

6) 교량받침 신축거동상태 검토

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



【사진 5.3.15】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 5.3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	30.5	29.5	0.000012	58.0	21.2	20.5	
P1	고정단						
A2	30.5	29.5	0.000012	70.0	25.6	24.8	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 5.3.10】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	80	200	40	21.2	20.5	±120	O.K
	SH2	60	180	60			±120	O.K
	SH3	40	160	80			±120	O.K
P1	고정단							
A2	SH1	50	170	70	25.6	24.8	±120	O.K
	SH2	50	170	70			±120	O.K
	SH3	75	195	45			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

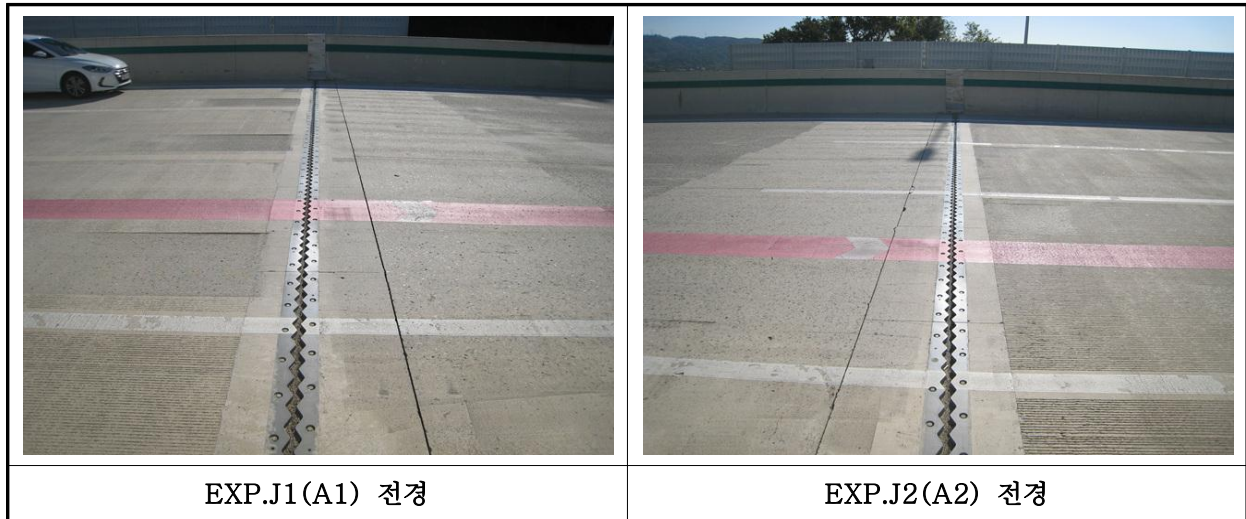
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2가 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.



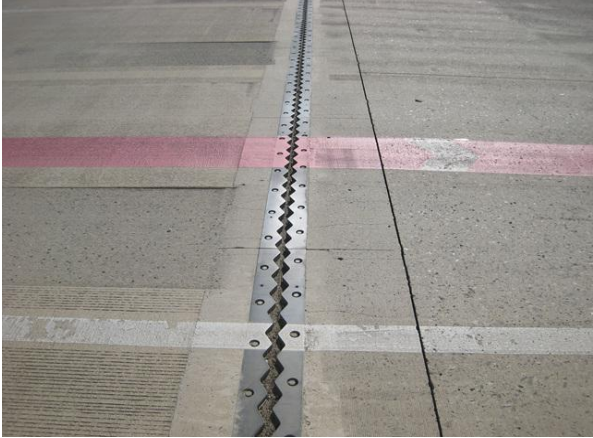
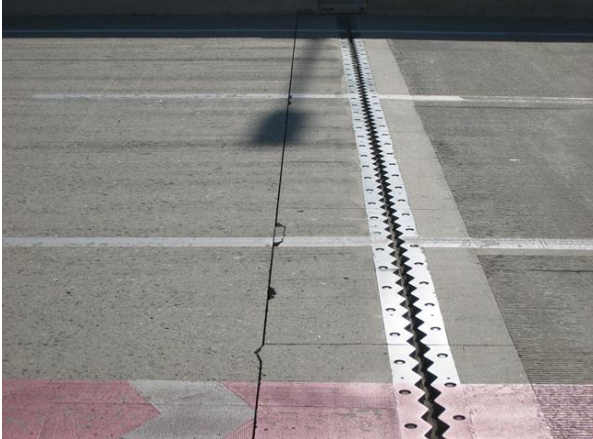
【사진 5.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3mm미만), 후타재 파손, 하부 누수 등의 손상이 확인되었다.

【표 5.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	8.80	22	—	—	1.00	2
A2 (EXP J2)	6.80	17	0.06	3	2.00	2
합계	15.60	39	0.06	3	3.00	4

	
A1 후타재 (0.2mm/0.4m×22EA)	A1 후타재 (0.2mm/0.4m×17EA)
	
A2 후타재 파손 (0.1m×0.2m×3EA)	A2 하부 누수 (1.0m×2EA)

【사진 5.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

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 신축량	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃-10.5℃ = 29.5℃ ΔT(수축시) : -20.0℃-(10.5℃) = 30.5℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 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 5.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 5.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	58.0	21.2	20.5	45.0	40.0	60.0	
A2	30.5	29.5	0.000012	70.0	25.6	24.8	50.0	35.0	85.0	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 5.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실효유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	21.2	20.5	45.0	150	83.8	24.5	O.K
	바닥판			40.0	-	-	19.5	O.K
	거더			60.0	-	-	39.5	O.K
A2	신축이음	25.6	24.8	50.0	150	74.4	25.2	O.K
	바닥판			35.0	-	-	10.2	O.K
	거더			85.0	-	-	60.2	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 평가 되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문4교(서울방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



【사진 5.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 신축이음 후타재 접속부 이격이 발생하였다.

【표 5.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	13.00	1
S2	13.00	1
합계	26.00	2

A1 접속부 이격(13.0m)	A1 접속부 이격(13.0m)
A2 접속부 이격(13.0m)	A2 접속부 이격(13.0m)

【사진 5.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 A1, A2측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 없는 것으로 조사되었다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문4교(서울방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 5.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수구 막힘이 2개소 확인되었다.

【표 5.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소/개소)	
S1	1.00	1
S2	1.00	1
합계	2.00	2

	
S1 배수구 막힘 (1EA)	S2 배수구 막힘 (1EA)

【사진 5.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적이 2개소 되었고, 손상의 진전시 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

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



【사진 5.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 균열부 백태가 확인되었다.

【표 5.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
합계	—	—

	
방호벽 상태양호	방호벽 상태양호
	
중분대 상태양호	중분대 상태양호

【사진 5.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문4교(서울방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A2, P1에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



점검통로 전경

【사진 5.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 5.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	—	—
A2	—	—
합계	—	—

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 5.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

타. 공중이 이용하는 부위

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

1) 도로포장

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

2) 도로부 신축이음부

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

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

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

5.3.3 현장조사 총괄표

【표 5.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열부 백태	m ²	0.20	1	
		파손	m ²	1.95	2	
거더	외부	상태양호	—	—	—	
	내부	상태양호	—	—	—	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		채수	m ²	8.00	2	
교각		상태양호	—	—	—	
교량받침		받침 균열	m	4.80	24	
신축이음		후타재 균열	m	15.60	39	
		후타재 파손	m ²	0.06	3	
		하부 누수	m	3.00	4	
교면포장		접속부 이격	m	26.00	2	
배수시설		배수구 막힘	EA	2.00	2	
방호벽		상태양호	—	—	—	
점검시설		상태양호	—	—	—	

5.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

5.4 콘크리트 내구성 조사

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

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

5.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 5.4.1】 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	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		1	1	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

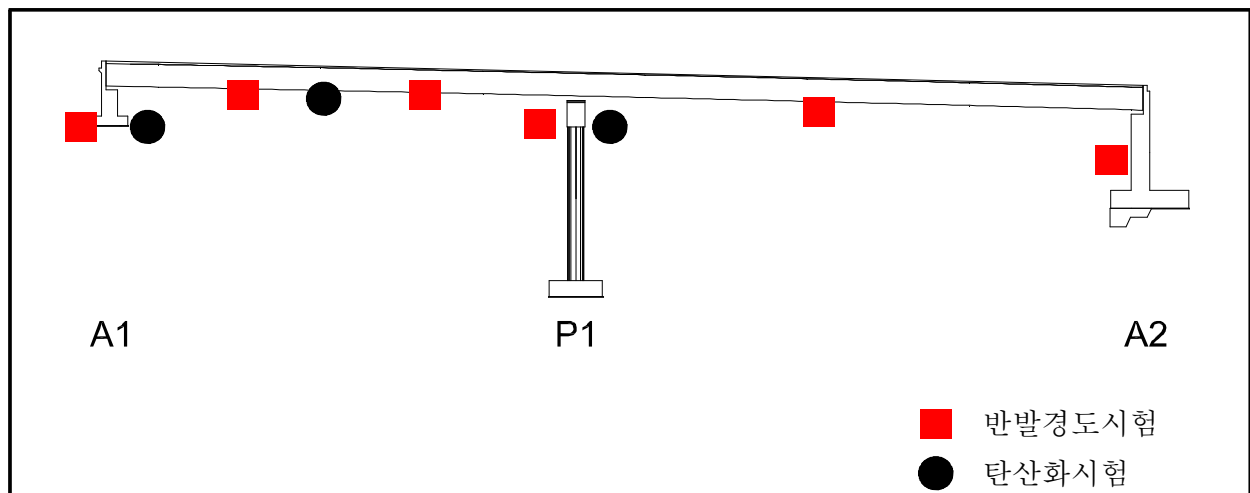
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 5.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 5.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

5.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)을 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 5.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.6	27.6	28.9	0.67	27.0	
	S1	바닥판	46.2	27.2	28.7			
	S2	바닥판	47.2	28.1	29.2			

【표 5.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	43.3	24.7	27.3	0.67	24.0	
	A2	교대	44.4	25.7	27.8			

【표 5.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	48.7	41.1	49.1	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~29.2MPa, 하부구조(교대) 24.7~27.8 MPa, 하부구조(교각) 41.1~49.1MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단 된다.

【표 5.4.5】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~29.2	27.0	100.7~108.1
하부구조	교대	24.7~27.8	24.0	102.9~115.8
	교각	41.1~49.1	40.0	102.8~122.8

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 5.4.6】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	4.0	40.0	36.0	2.83	100년이상	a
하부구조	A1 홍벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P1 코핑부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0mm, 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 5.4.7】탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비 고
상부구조	4.0	36.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 5.4.8】금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~29.2	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.7~27.8	24.0	
		교각	41.1~49.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.0	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.

5.5 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 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

5.5.1 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 5.5.1】 상태평가 결과표

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	a	a	a	a	c	a	c	a	a	q	a	a
S2	P1	STB	b	a	a	a	c	a	—	b	a	q	—	a
	A2								c	a	b	q	—	—
평균			0.150	0.100	0.100	0.100	0.400	0.100	0.400	0.133	0.133	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.020	0.005	0.007	0.012	0.002	0.036	0.012	0.027	—	0.004	0.003
													0.166	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.166) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 5.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
서문4교(서울방향)	0.166	B	128	3	384	1.000	0.166
합계(Σ)			128	3	384	1	0.166
1. 평가지수 =							0.166
2. 상태평가결과 =							B

5.5.2 기 점검 결과와의 비교

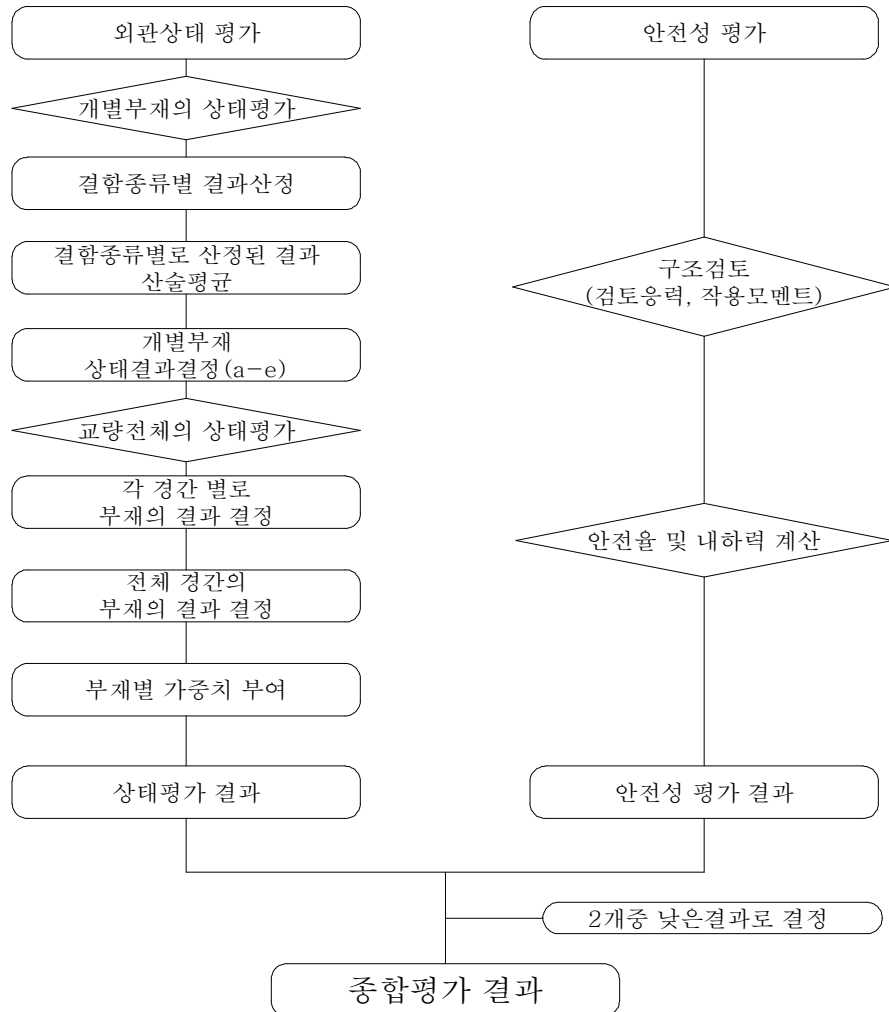
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

5.6 종합평가 및 안전등급 지정

5.6.1 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 5.6.1】 종합평가 결과 산정절차

5.6.2 종합평가 결과

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

【표 5.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문4교(서울방향)	0.166	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

5.6.3 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 5.6.2】 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

5.7 보수·보강 및 유지관리방안

5.7.1 보수·보강 방안

【표 5.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열부 백태	m ²	0.20	1	표면처리	하자
		파손	m ²	1.95	2	단면보수	하자
거더	외부	상태양호	—	—	—	—	—
	내부	상태양호	—	—	—	—	—
가로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		채수	m ²	8.00	2	표면처리	하자
교각		상태양호	—	—	—	—	—
교량받침		받침 몰탈균열	m	4.80	24	표면처리	하자
신축이음		후타재 균열	m	15.60	39	표면처리	하자
		후타재 파손	m ²	0.06	3	단면보수	하자
		하부 누수	m	3.00	4	교체	하자
교면포장		접속부 이격	m	26.00	2	실란트충진	하자
배수시설		배수구 막힘	EA	2.00	2	청소	3순위
방호벽		상태양호	—	—	—	—	—
점검시설		상태양호	—	—	—	—	—

5.7.2 개략공사비

【표 5.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바판하천	균열부 백태	표면처리	0.20	0.30	m²	—	—	하자
	파손	단면보수	1.95	2.93	m²	—	—	하자
교대	채수	표면처리	8.00	12.00	m²	—	—	하자
교량반침	반침 균열	표면처리	4.80	7.20	m	—	—	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	15.60	5.85	m	—	—	하자
	후타재 파손	단면보수	0.06	0.09	m²	—	—	하자
	하부 누수	교체	3.00	4.50	m	—	—	하자
교면포장	접속부 이격	실란트충진	26.00	39.00	m	—	—	하자
배수시설	배수구 막힘	청소	2.00	2.00	EA	30	60	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		60		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		30		
	합계	—		—		90		
개략공사비 총계(천원)		90						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

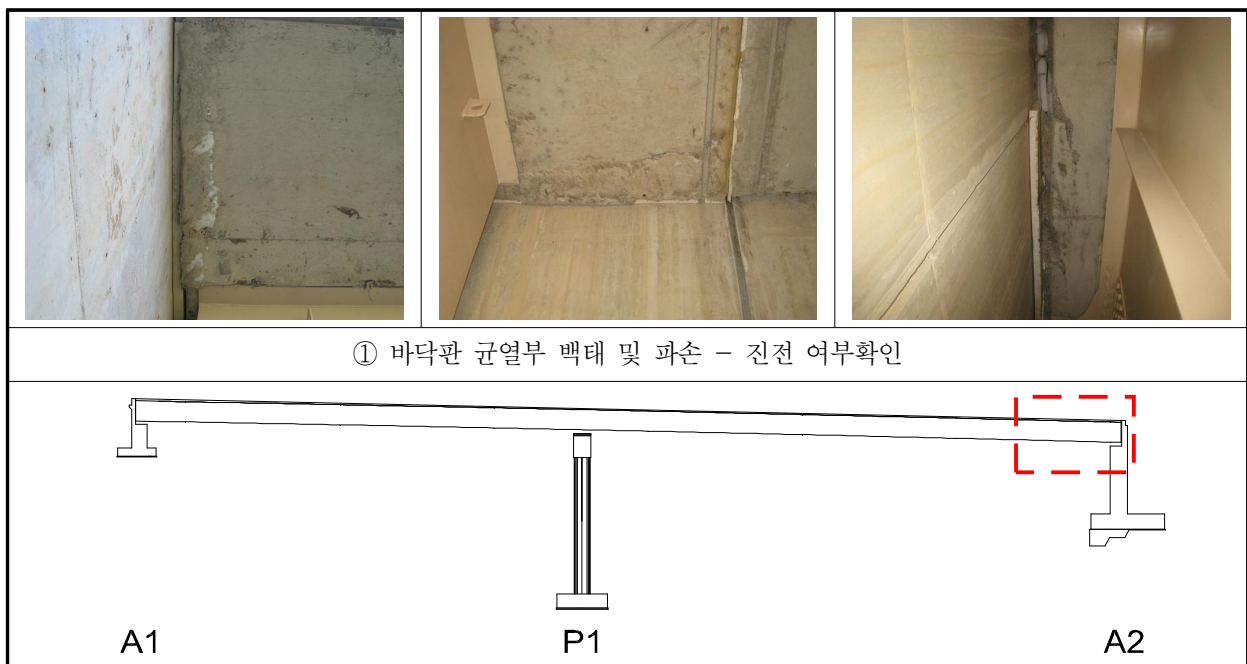
5.7.3 유지관리방안

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 5.7.3】 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



5.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4에 위치한 교량으로 총 연장 128.0m, 폭 15.9m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

5.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 균열부 우수유입에 의한 균열부 백태, 시공시 외부 충격 및 마감 미흡에 의한 파손 등의 손상이 조사되었다. 손상부는 하자만료 전 하자보수 실시가 필요할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 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

- 교대는 신축이음 하부 누수에 의한 체수가 2개소 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 A1, A2측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 없는 것으로 조사되었다.

9) 배수시설

- 배수구는 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적이 2개소 있었고, 손상의 진전시 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 난간 및 연석은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 교량 점검시설

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

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~29.2MPa, 하부구조(교대) 24.7~27.8 MPa, 하부구조(교각) 41.1~49.1MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문4교(서울방향)의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문4교(서울방향)에 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 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

5.8.2 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.

5.8.3 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.