

6. 서문4교(문산방향)

- 6.1 시설물 개요
- 6.2 자료수집 및 분석
- 6.3 현장조사
- 6.4 콘크리트 내구성조사
- 6.5 상태평가
- 6.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 6.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 6.8 종합결론

6. 서문4교(문산방향)

6.1 시설물의 개요

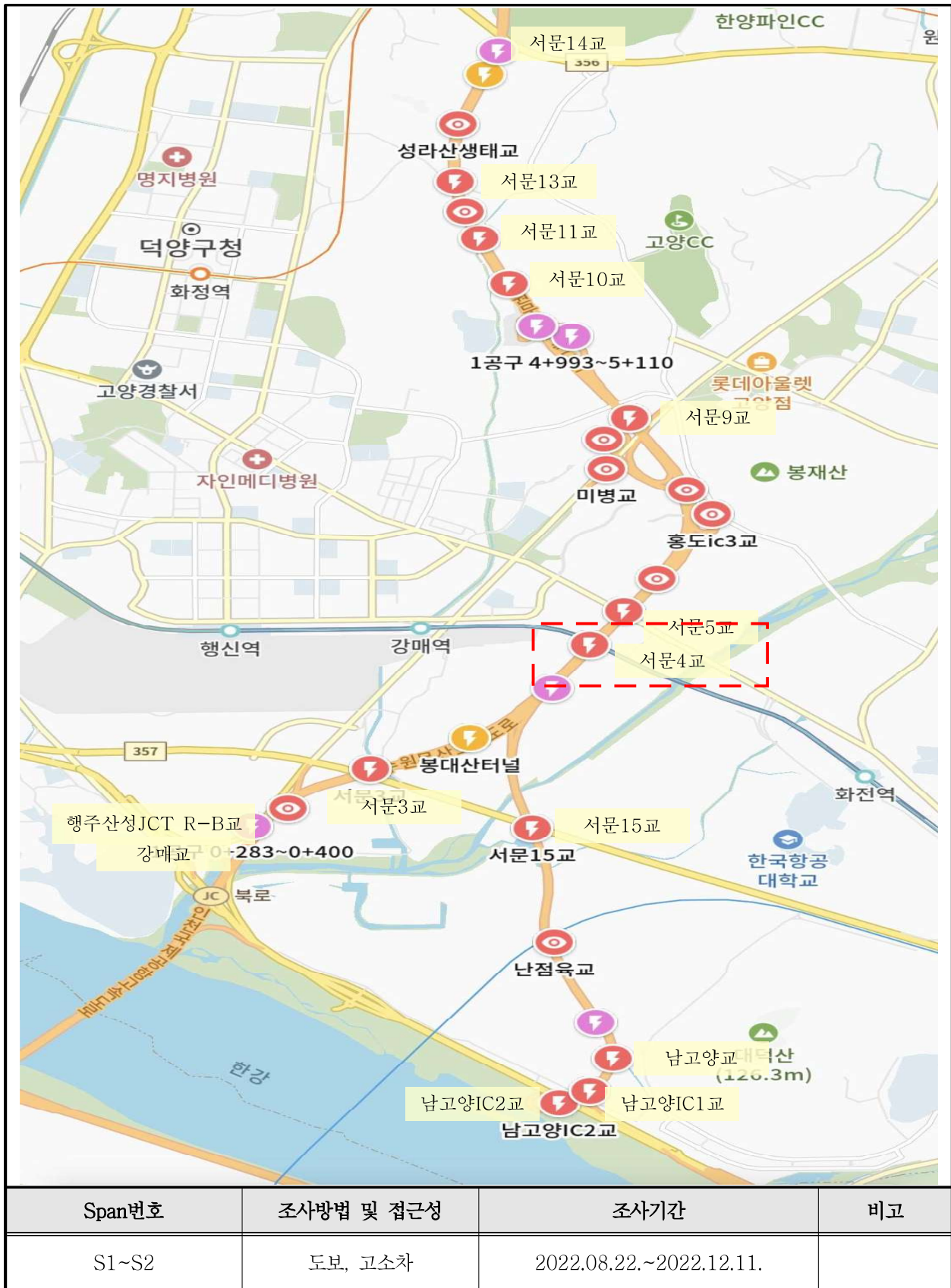
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4에 위치한 교량으로 총 연장 128.0m, 폭 15.9m로 시공되어 있다.

6.1.1 일반사항

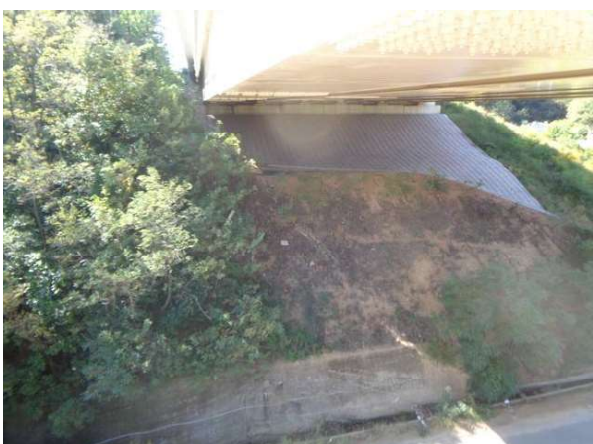
【표 6.1.1】 서문4교(문산방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-000302	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)다산컨설팅	
감 리 자		(주)동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	
					
측면 전경			상부 전경		

6.1.2 위치도 및 전경사진

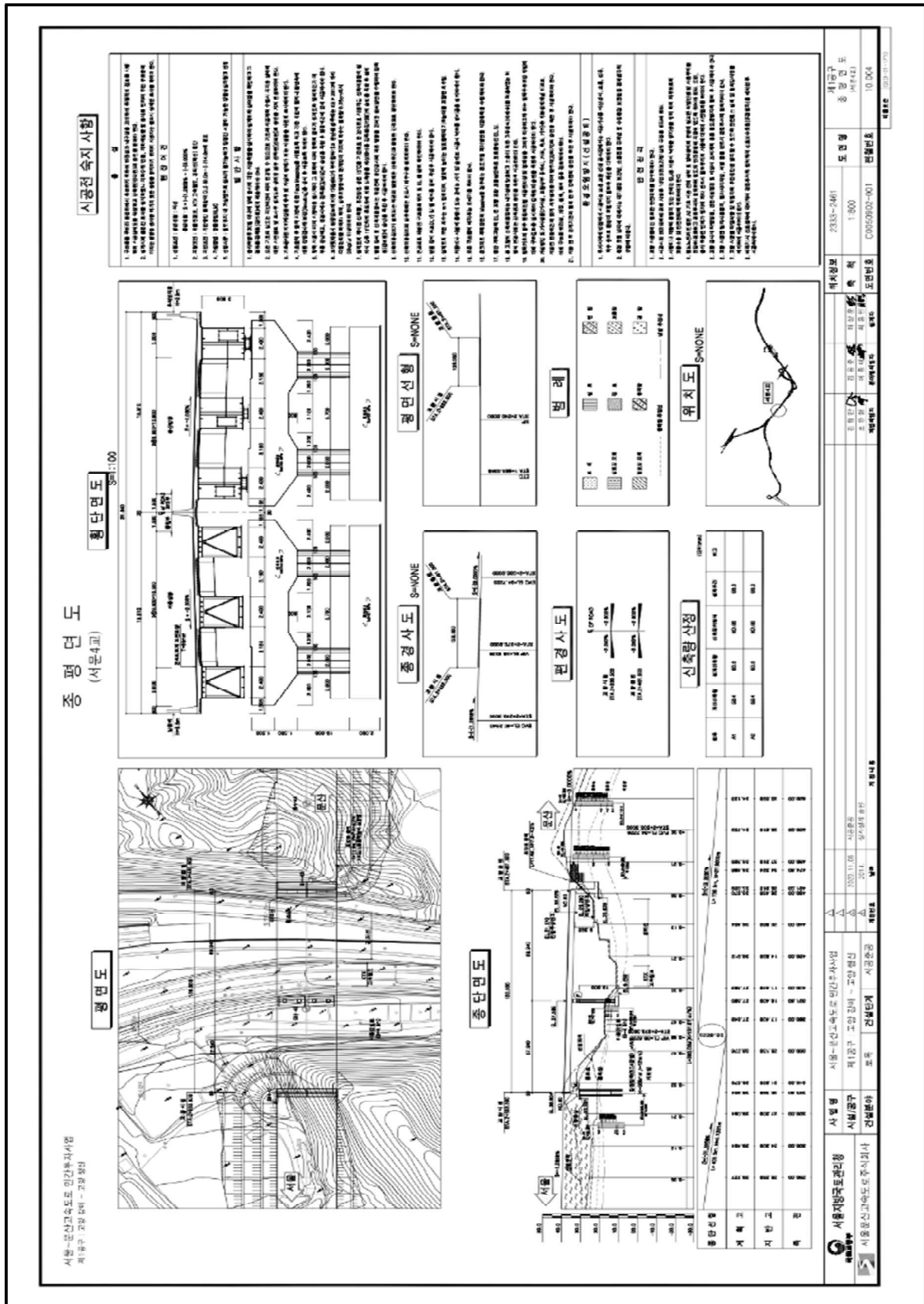


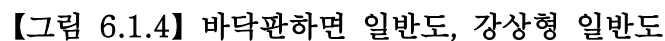
【그림 6.1.1】 위치도

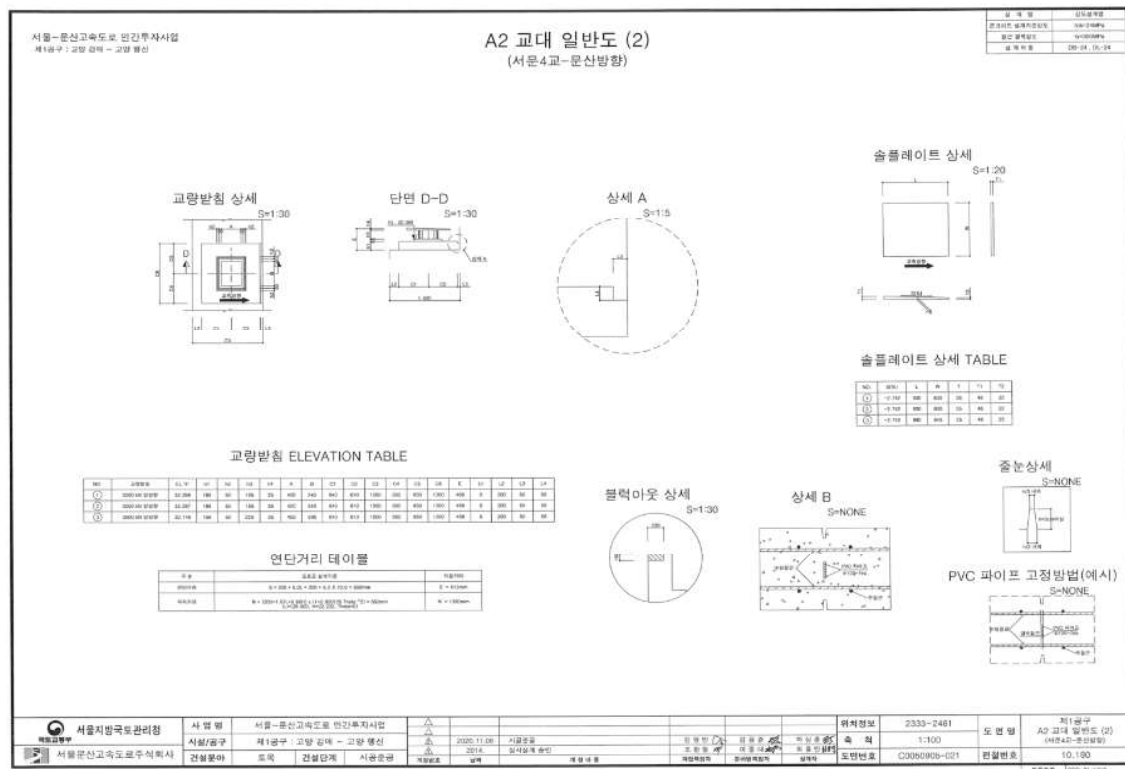
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 6.1.2】 부재별 현황

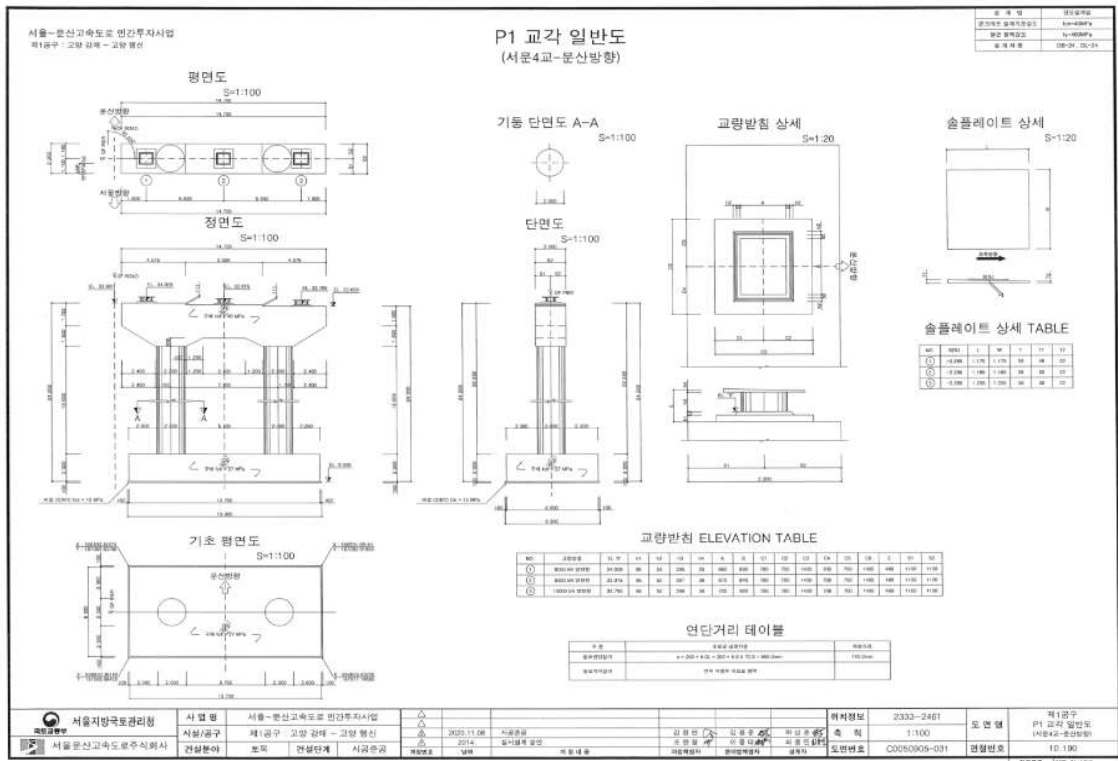
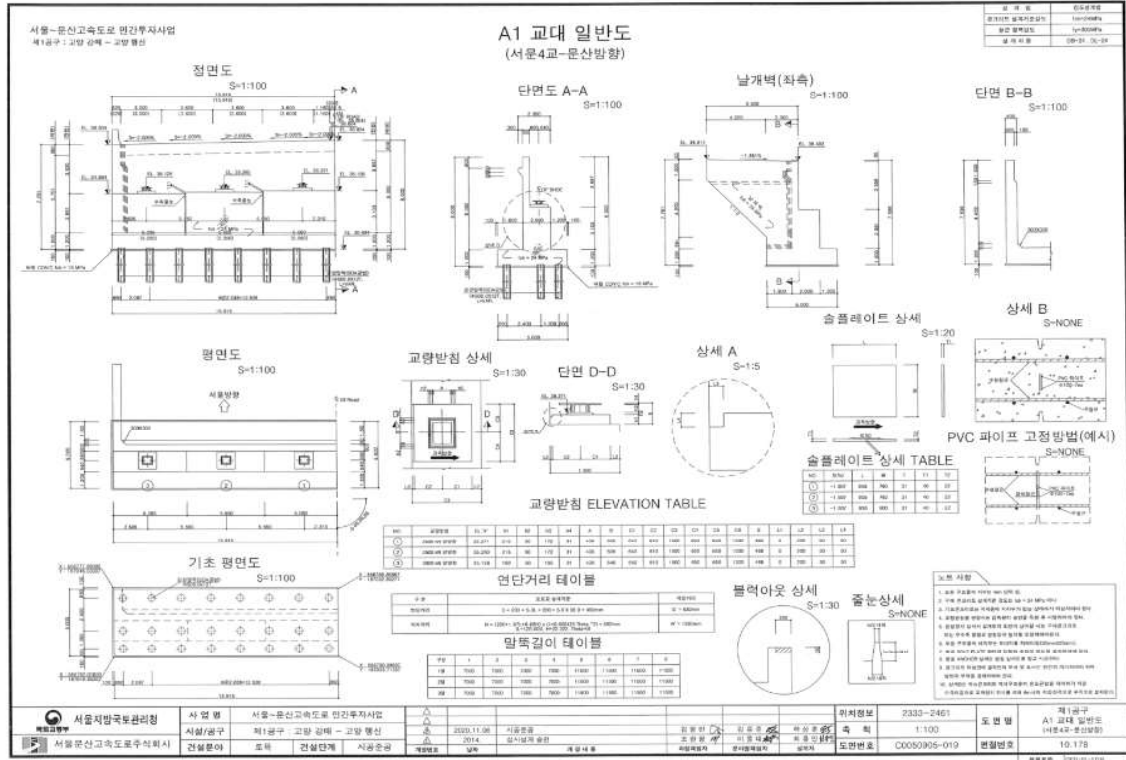
6.1.3 시설물 일반도



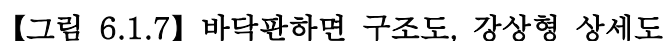


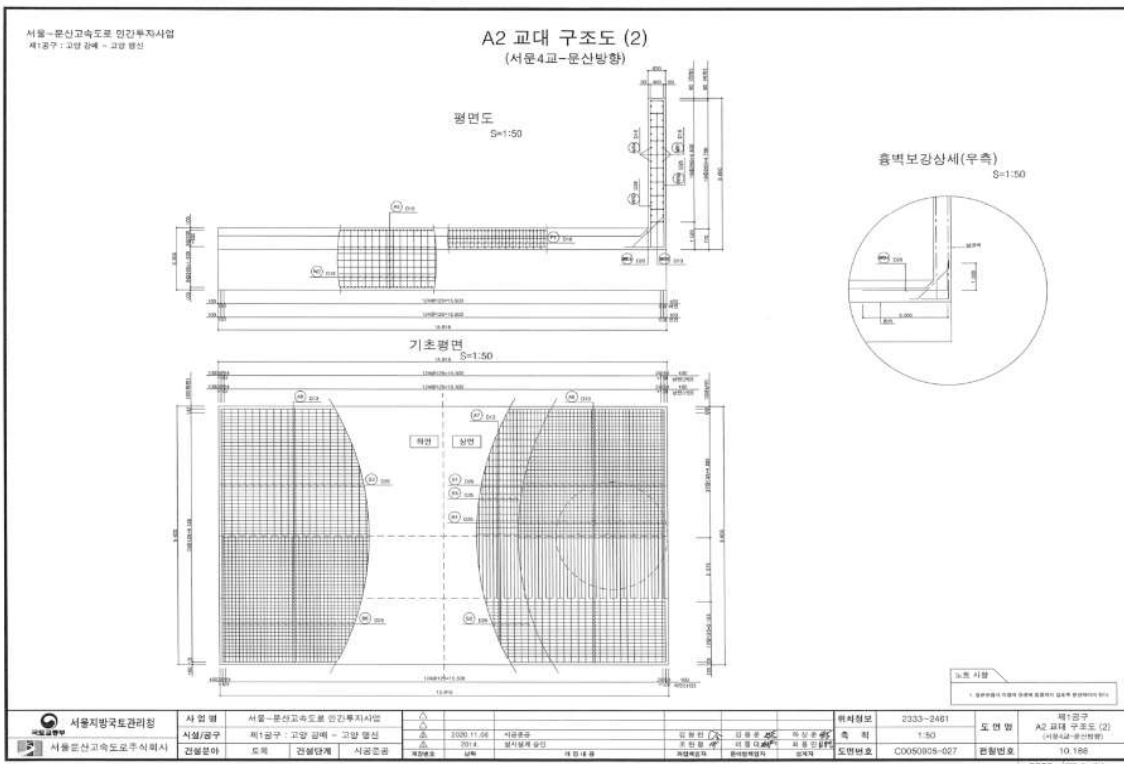
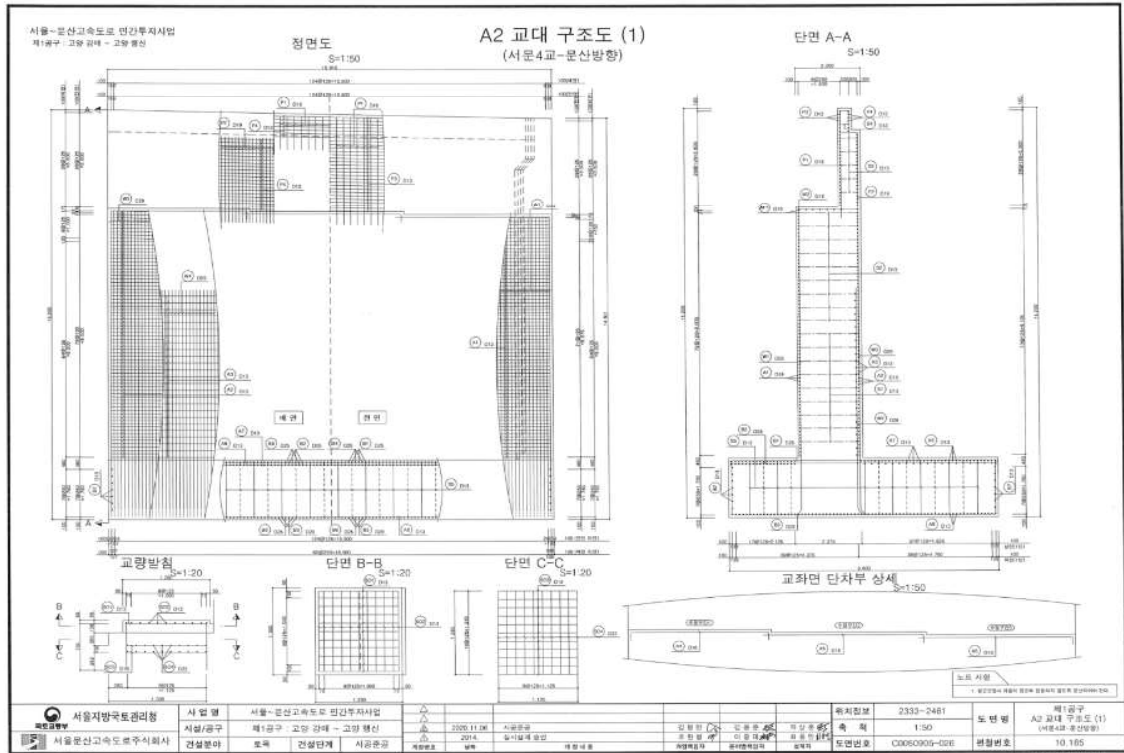


서문4교(문산방향) - 8

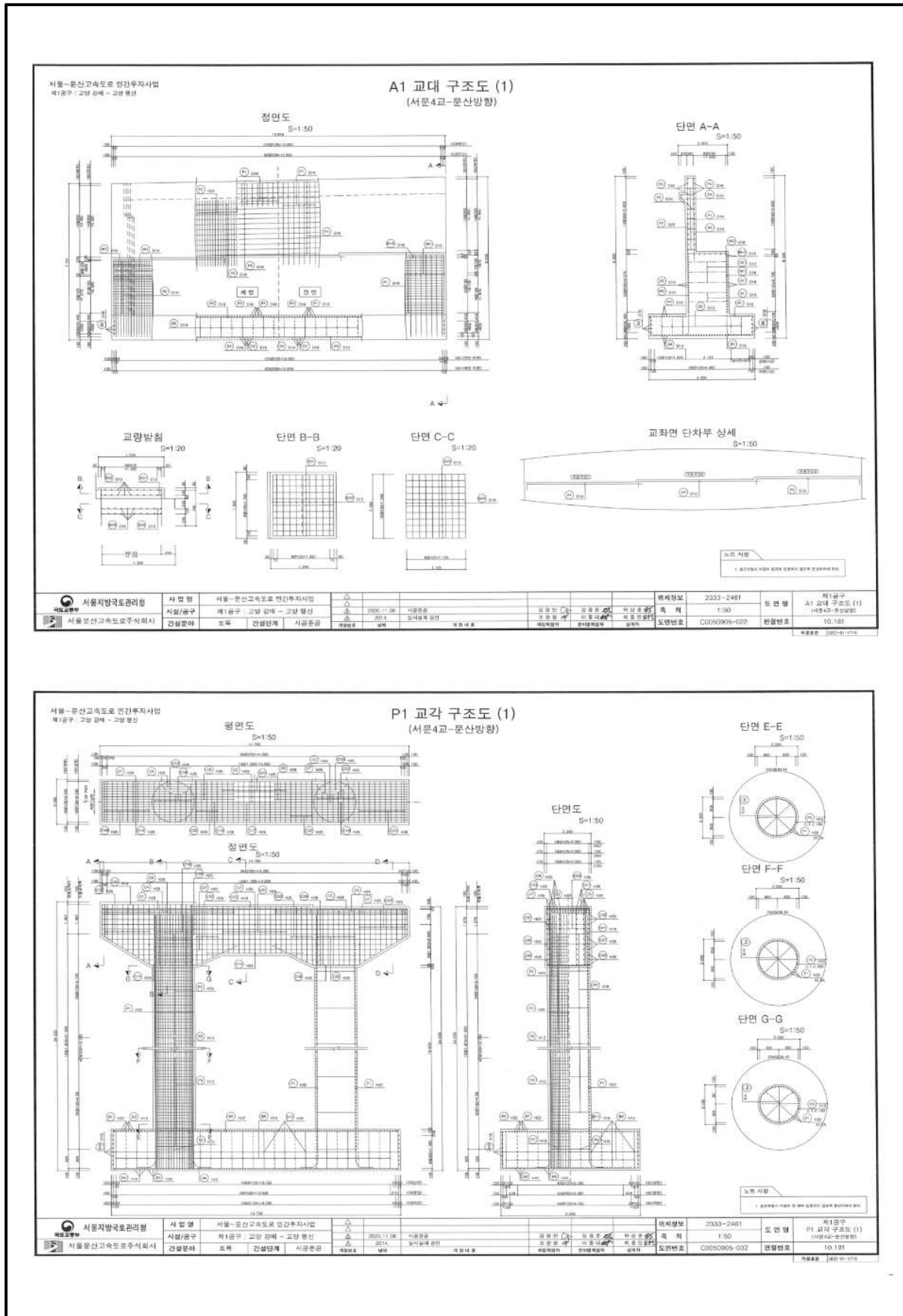


【그림 6.1.6】 교대 및 교각 일반도





【그림 6.1.8】 교대 구조도



【그림 6.1.9】 교각 구조도

서문4교(문산방향) - 13

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

계	요
•	문원 및 기존사선에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문원자료

구	원	투수계수(cm/s)	토	질	투수계수(cm/s)	관	의	성	투수계수(cm/s)
GW		1.0×10^{-2} 이하	SC		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	관	의	성	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GP		1.0×10^{-2} 이하	ML		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	관	의	성	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GM		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	CL		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	관	의	성	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
GC		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	OL		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	관	의	성	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
SW		1.0×10^{-2} 이하	MH		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	관	의	성	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
SP		1.0×10^{-2} 이하	CH		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	관	의	성	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
SM		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	OH		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	관	의	성	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-2}$

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구	원	투수계수(cm/s)	관	의	성
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—	—	5.4×10^{-4}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	—	—	1.2×10^{-2}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—	—	6.6×10^{-4}
배	관	1.0×10^{-2} 이하	—	—	5.9×10^{-3}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$1.96 \times 10^{-4} \sim 3.08 \times 10^{-4}$	—	2.4×10^{-4}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	4.53×10^{-5}	—	4.5×10^{-6}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-4} \sim 4.76 \times 10^{-4}$	—	3.9×10^{-6}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	$1.28 \times 10^{-4} \sim 2.49 \times 10^{-4}$	—	1.9×10^{-6}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	—	—	5.0×10^{-7}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	—	—	5.4×10^{-6}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	$1.28 \times 10^{-4} \sim 2.49 \times 10^{-4}$	—	1.9×10^{-6}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-4} \sim 4.76 \times 10^{-4}$	—	3.9×10^{-6}
배	관	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—	—	6.4×10^{-3}

89

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위

2.7.2 파일구간 암반등급별 설계지반정수

구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위

2.7.3 불연속체 설계지반정수

구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위

2.7.4 기타 설계지반정수

구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위
배	관	단	위	단	위	단	위	단	위

국토교통부

90

제3편 지반조사 결과

제 3 장 물리탐사

구 분	제1종(토사)	제2종(무사)	제3종(기존층)
단일차속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균부기 및 굴절도(m)	3.35	1.36	0L~4.71 순환

*본 표사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 중회암층의 두께는 1.13~1.68m, 기암층의 출현되는 지표와 4.03~6.68m 하부에서 나타난다.
 *○는 축사의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 중회암층의 평균 두께는 1.36m, 기암층의 평균 출현되는 지점과 4.71m 이하이다.



제3편 지반조사 결과

구분	제습(토사)	제습(광물질)	제습(기연질)
단상기속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균 두께 및 율령치(m)	7.80	2.32	GL~10.11 율령

*본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.96~13.49m, 중회암층의 두께는 0.61~5.28m, 기연암층의 율령치는 지표하 5.64~55.54m 범위에서 나타난다

*GL-4 육상선의 탐관 두께는 7.80m, 탐관 두께는 2.32m, 기연암층의 탐관 율령치는 GL-10,11m로 분석되었음



제3편 지반조사 결과

4.2 수리 및 투수특성 분석

[illegible]

◎ 기타구간(휴게소 부지)

◎ 결과분석

1



제3편 지반조사 결과

- 토 매지는 상리(토질분할)상태에서 수평이었으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전경각이 10m로 하여 전경(지평)을 필두로 수평
- 탐사구간의 전경면의 전경비(지평)는 250~23,000m로, 백령도 나타나고 있음
- 해면 수심부분인 STA. 6+720~6+730 구간에서 비로 중립부분인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400~500 m 이하의 전경(지평) 분포를 보이고 있음
- STA. 6+000~6+620 구간에서 뒤의 지평(지평)에 상부에서 나타난 낮은 전경(지평) 분포를 보이나, TB-3 시추구간의 결과로서 TB에 도달 전에는 지평(지평)이 일정



제 4 장

결과치	22.5	31.1	28.1	31.4
분석결과	• 시험결과 결과치(c)는 공회전 22.54PA, 부하인 31.15Pa로 산정되며, 가열기(m)는 공회전 28.1, 부하인 31.4로 나타남			



SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

• 조사구

424 12345

42. 수삼식현

TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 압	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 압	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

○ 결과분석



다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설계 조건

1) 교량 제원

- (1) 교량 명 : 서문4교-문산방향
- (2) 교량 등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교량 형식 : Steel 박스거더교
- (4) 교량 연장 : 58,000 + 70,000 = 128,000 m
- (5) 교량 폭원 : B = 15.565 m
- (6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.800 m
- (7) 사 각(Skew) : 90.000 °
- (8) 곡률반경(R) : 선형종심 = ∞ m
- (9) 설계 속도 : 100.000 km/h
- (10) 사용재료 및 물리치 특성치

① 강재

• 사용재료

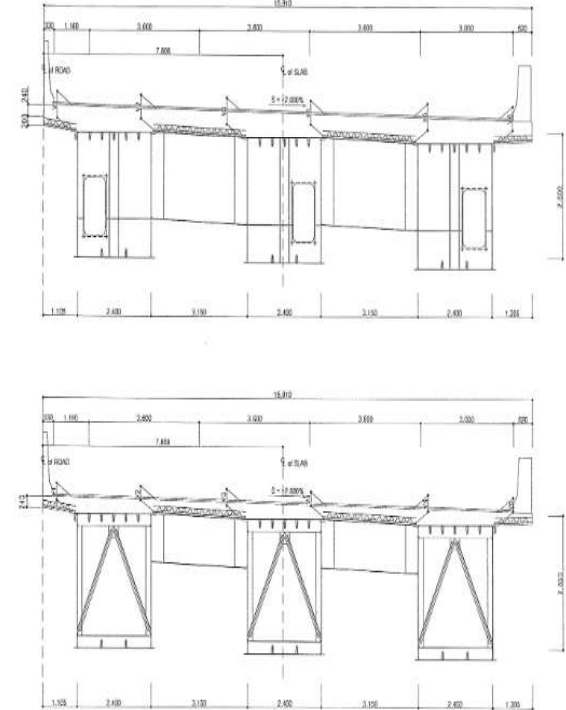
주부재	SM490B(상면, 하면, 복부판, 상부중리브, 하부중리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 스푼레이프)
부부재	SM400B(지점부와 다이아프램, 수직보강재, 윗리브, 세로보, 윗판부 가로보, 지점부 가로보)
강재 인장계수 (σ _t)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용응력 (MPa)

(☞ 도설 제 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm)		강종													
		SS 400		SM 400		SM 400Y		SM 570		H36000		H36000		H36000	
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270										
	40 초과 75 이하			200 (215)	260 (270)										
	75 초과 100 이하			195 (215)	250 (270)										

2. 단면가점



구조계산 CHECK LIST

4. 단면별 용력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	합 용력 검토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	66.641	299.000	23	O.K	-35.218	230.000	15	O.K
단면 2	65.261	196.400	48	O.K	-124.079	230.000	54	O.K
단면 3	-66.340	230.000	29	O.K	110.042	225.203	49	O.K
단면 4	-183.225	230.000	80	O.K	182.329	230.000	79	O.K
단면 5	-179.596	230.000	78	O.K	178.893	230.000	78	O.K
단면 6	157.049	264.500	59	O.K	-179.830	230.000	78	O.K
단면 7	99.301	171.067	58	O.K	-163.519	230.000	71	O.K
단면 8	52.030	299.000	17	O.K	-14.734	264.500	6	O.K
SP 1	57.352	196.400	42	O.K	-104.719	230.000	46	O.K
SP 2	58.058	196.400	43	O.K	-116.452	230.000	51	O.K
SP 3	41.587	299.000	14	O.K	-37.260	230.000	16	O.K
SP 4	-125.671	230.000	55	O.K	161.080	225.203	72	O.K
SP 5	-142.723	230.000	62	O.K	144.918	230.000	63	O.K
SP 6	-139.945	230.000	60	O.K	141.794	230.000	62	O.K
SP 7	-79.033	230.000	34	O.K	117.997	263.171	45	O.K
SP 8	85.240	299.000	29	O.K	-87.213	230.000	38	O.K
SP 9	143.959	264.500	54	O.K	-167.801	230.000	73	O.K
SP 10	153.203	264.500	58	O.K	-171.508	230.000	75	O.K
SP 11	79.114	171.067	46	O.K	-132.321	230.000	58	O.K

구분	전 단면 용력 검토 (100 %)				합 성 용력 검토					
	복 부 판									
	작용응력	허용응력	비율	판정	상면	비율	하면	비율	판정	
단면 1	34.333	135.000	25	O.K	0.117	10	0.088	7	O.K	
단면 2	9.045	135.000	7	O.K	0.233	19	0.296	25	O.K	
단면 3	36.464	135.000	27	O.K	0.156	13	0.312	26	O.K	
단면 4	52.666	135.000	39	O.K	0.787	66	0.781	65	O.K	
단면 5	67.026	135.000	50	O.K	0.856	71	0.851	71	O.K	
단면 6	9.849	135.000	7	O.K	0.358	30	0.617	51	O.K	
단면 7	26.773	135.000	20	O.K	0.376	31	0.545	45	O.K	
단면 8	50.700	135.000	38	O.K	0.171	14	0.144	12	O.K	
SP 1	17.989	135.000	13	O.K	0.195	16	0.225	19	O.K	
SP 2	13.343	135.000	10	O.K	0.191	16	0.266	22	O.K	
SP 3	27.966	135.000	21	O.K	0.062	5	0.069	6	O.K	
SP 4	42.199	135.000	31	O.K	0.396	33	0.609	51	O.K	
SP 5	54.503	135.000	40	O.K	0.548	46	0.560	47	O.K	
SP 6	62.115	135.000	46	O.K	0.577	48	0.592	49	O.K	
SP 7	50.196	135.000	37	O.K	0.256	21	0.330	28	O.K	
SP 8	34.087	135.000	25	O.K	0.145	12	0.208	17	O.K	
SP 9	16.109	135.000	12	O.K	0.310	26	0.547	46	O.K	
SP 10	15.349	135.000	11	O.K	0.348	29	0.570	47	O.K	
SP 11	31.527	135.000	23	O.K	0.268	22	0.386	32	O.K	

< Girder - 2 >

구분	활동역강도 (100 %)							
	상부 활동역				하부 활동역			
	작동응력	허용응력	비율	판정	작동응력	허용응력	비율	판정
단면 1	70.945	299.000	24	O.K	-36.632	230.000	16	O.K
단면 2	66.217	136.400	49	O.K	-128.660	230.000	56	O.K
단면 3	-65.937	230.000	29	O.K	116.345	225.203	52	O.K
단면 4	-187.924	230.000	82	O.K	216.982	264.500	82	O.K
단면 5	-185.231	230.000	81	O.K	184.880	230.000	80	O.K
단면 6	159.403	264.500	60	O.K	-184.931	230.000	80	O.K
단면 7	100.505	171.067	59	O.K	-168.298	230.000	73	O.K
단면 8	53.990	299.000	18	O.K	-15.219	264.500	6	O.K
SP 1	58.573	136.400	43	O.K	-108.478	230.000	47	O.K
SP 2	58.986	136.400	43	O.K	-121.133	230.000	53	O.K
SP 3	44.588	299.000	15	O.K	-39.534	230.000	17	O.K
SP 4	-126.871	230.000	55	O.K	168.710	225.203	75	O.K
SP 5	-146.000	230.000	64	O.K	172.964	264.500	65	O.K
SP 6	-143.000	230.000	62	O.K	169.945	264.500	64	O.K
SP 7	-80.123	230.000	35	O.K	124.666	263.171	47	O.K
SP 8	88.159	299.000	29	O.K	-90.214	230.000	39	O.K
SP 9	148.295	264.500	56	O.K	-172.800	230.000	75	O.K
SP 10	155.637	264.500	58	O.K	-176.416	230.000	77	O.K
SP 11	80.109	171.067	47	O.K	-135.918	230.000	59	O.K

< Girder - 3 >

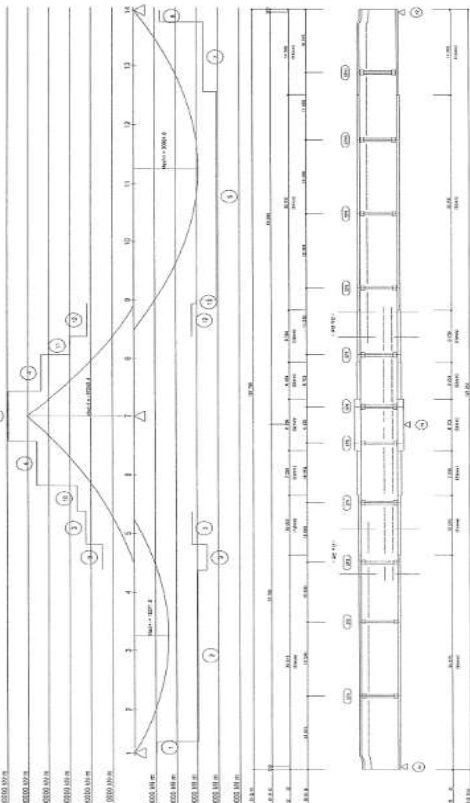
구분	활동역강도 (100 %)							
	상부 활동역				하부 활동역			
	작동응력	허용응력	비율	판정	작동응력	허용응력	비율	판정
단면 1	70.830	299.000	24	O.K	-37.966	230.000	17	O.K
단면 2	66.613	136.400	49	O.K	-134.611	230.000	59	O.K
단면 3	-64.834	230.000	28	O.K	113.694	225.203	50	O.K
단면 4	-200.569	230.000	87	O.K	183.513	230.000	84	O.K
단면 5	-200.153	230.000	87	O.K	191.459	230.000	83	O.K
단면 6	182.323	264.500	61	O.K	-189.364	230.000	82	O.K
단면 7	100.687	171.067	59	O.K	-173.802	230.000	76	O.K
단면 8	53.305	299.000	18	O.K	-15.007	264.500	6	O.K
SP 1	58.689	136.400	43	O.K	-114.152	230.000	50	O.K
SP 2	59.397	136.400	44	O.K	-126.691	230.000	55	O.K
SP 3	45.919	299.000	15	O.K	-43.188	230.000	19	O.K
SP 4	-129.825	230.000	56	O.K	168.340	225.203	75	O.K
SP 5	-157.675	230.000	69	O.K	154.655	260.600	67	O.K
SP 6	-153.672	230.000	67	O.K	151.479	230.000	66	O.K
SP 7	-82.607	230.000	36	O.K	124.299	263.171	47	O.K
SP 8	89.546	299.000	30	O.K	-93.530	230.000	41	O.K
SP 9	149.616	264.500	56	O.K	-177.152	230.000	77	O.K
SP 10	158.624	264.500	60	O.K	-180.938	230.000	79	O.K
SP 11	80.284	171.067	47	O.K	-141.023	230.000	61	O.K

구분	전단응력강도 (100 %)					압축응력강도				
	좌측단					우측단				
	작동응력	허용응력	비율	판정	상한	작동응력	허용응력	비율	판정	
단면 1	40.856	135.000	30	O.K	0.148	12	0.117	10	O.K	
단면 2	9.639	135.000	7	O.K	0.241	20	0.318	27	O.K	
단면 3	41.641	135.000	31	O.K	0.177	15	0.362	30	O.K	
단면 4	58.011	135.000	43	O.K	0.862	71	0.858	71	O.K	
단면 5	73.691	135.000	55	O.K	0.946	79	0.944	79	O.K	
단면 6	13.404	135.000	10	O.K	0.373	31	0.656	56	O.K	
단면 7	32.748	135.000	24	O.K	0.404	34	0.594	50	O.K	
단면 8	59.395	135.000	44	O.K	0.726	19	0.197	16	O.K	
SP 1	22.573	135.000	17	O.K	0.212	18	0.250	21	O.K	
SP 2	15.125	135.000	11	O.K	0.200	17	0.290	24	O.K	
SP 3	31.911	135.000	24	O.K	0.078	7	0.085	7	O.K	
SP 4	47.909	135.000	35	O.K	0.430	36	0.687	57	O.K	
SP 5	60.059	135.000	44	O.K	0.606	50	0.626	52	O.K	
SP 6	69.445	135.000	51	O.K	0.644	54	0.670	56	O.K	
SP 7	57.087	135.000	42	O.K	0.300	25	0.403	34	O.K	
SP 8	39.321	135.000	29	O.K	0.172	14	0.238	20	O.K	
SP 9	18.588	135.000	14	O.K	0.375	27	0.593	49	O.K	
SP 10	19.196	135.000	14	O.K	0.366	31	0.600	51	O.K	
SP 11	39.270	135.000	29	O.K	0.200	20	0.426	36	O.K	

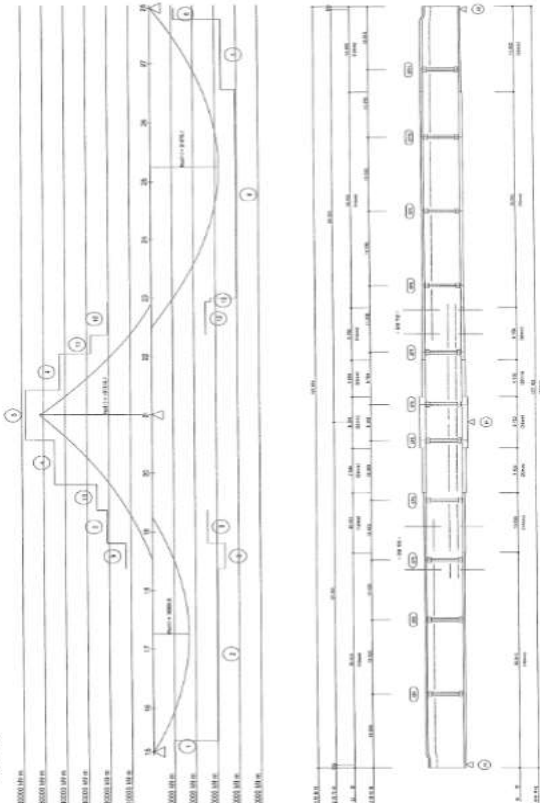
구분	전 단 응 력 강 도 (100 %)				합 성 응 력 강 도				
	백 부 본								
	작동응력	허용응력	비율	판정	상면	비율	좌면	비율	판정
단면 1	40.698	135.000	30	O.K	0.147	12	0.118	10	O.K
단면 2	9.202	135.000	7	O.K	0.243	20	0.347	29	O.K
단면 3	41.181	135.000	31	O.K	0.173	14	0.348	29	O.K
단면 4	62.714	135.000	46	O.K	0.976	81	0.904	77	O.K
단면 5	79.327	135.000	59	O.K	1.103	92	1.038	87	O.K
단면 6	11.364	135.000	8	O.K	0.384	32	0.685	57	O.K
단면 7	30.184	135.000	22	O.K	0.396	33	0.621	52	O.K
단면 8	58.737	135.000	44	O.K	0.221	18	0.193	16	O.K
SP 1	20.965	135.000	16	O.K	0.209	17	0.270	23	O.K
SP 2	14.391	135.000	11	O.K	0.201	17	0.316	26	O.K
SP 3	30.643	135.000	23	O.K	0.075	6	0.087	7	O.K
SP 4	49.586	135.000	36	O.K	0.440	37	0.600	57	O.K
SP 5	65.002	135.000	48	O.K	0.702	58	0.684	57	O.K
SP 6	73.393	135.000	54	O.K	0.743	62	0.729	61	O.K
SP 7	57.702	135.000	42	O.K	0.309	26	0.403	34	O.K
SP 8	37.482	135.000	28	O.K	0.167	14	0.242	20	O.K
SP 9	16.722	135.000	12	O.K	0.333	28	0.609	51	O.K
SP 10	17.494	135.000	13	O.K	0.376	31	0.635	53	O.K
SP 11	36.285	135.000	27	O.K	0.292	24	0.448	37	O.K

4.9 단면 요약도

< Girder 1 >



< Girder 2 >



1. 설계 조건

1) 일반 사항

- (1) 구조 형식 : Y형 교대
- (2) 상부 형식 : STEEL BOX
- (3) 교량 등급 : 1 등급
- (4) 교대 폭 : B = 15.915 m
- (5) 교대 높이가 : H = 8.000 m
- (6) 기초 형식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 90.000 °

2) 하중

- (1) 활하중의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 토체중의 단위중량 : $\gamma_{s1} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ (토사) [도로교 설계기준 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^3$
- (4) 흙 재하율 : $q_1 = 10.000 \text{ kN/m}^2$
- (5) 상부 교량하중 반력 : $R_d = 233.595 \text{ kN/m}$
- (6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 107.908 \text{ kN/m}$
- (7) 교량반경 대향계수 : $f_s = 0.050$

3) 지반 조건

- (1) 댐체중의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$
- (2) 기초지반의 마찰 : $\mu = 10.000$
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 27.247^\circ$ ($\phi_2 = 15 + \sqrt{15K}$)
- (4) 기초지반의 점착력 : $c = 0.000 \text{ kN/m}^2$
- (5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.328$; $TAN(\phi_2)$; 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$; 위험도계수 $\times$ 지진구역계수
 - 내진 등급 : 1 등급
 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : 1 구역
 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사용재료강도

- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.000 \text{ MPa}$
- (2) 강재의 항복강도 (S460) : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
- (3) 강재의 인장강도 (S460) : $f_y = 300.000 \text{ MPa}$
- (4) 강재의 인장강도 (S460) : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

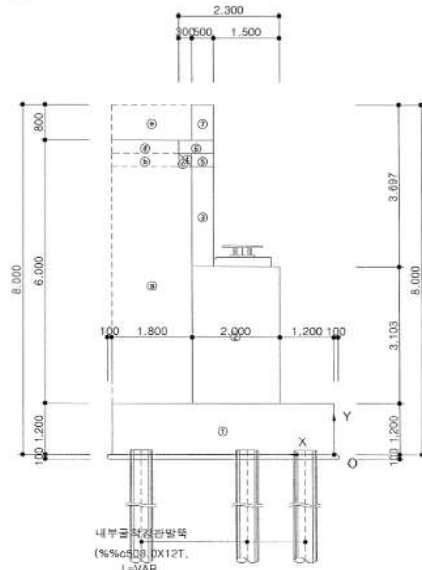
5) 설계 방법

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

6) 참고 문헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로교 편람 (2008)
- (5) 도로교 설계기준 (2009)
- (6) 강구조 편람 (1996)
- (7) 강도교 상하부 설계기준 (2006)

2. 단면 가 정



※ 교량반경 반력 집계표

구분	1	2	3	계
교량하중	1037.705	1059.796	1620.165	3717.667
활하중	430.467	856.499	430.392	1717.358

※ 지진하중 집계표

구분	1	2	3	계
교량하중	154.400	144.400	173.300	472.100
국한강도	165.200	165.300	191.900	522.400

■ 결과 요약

■ 말뚝 안전검토 및 용적검토

1) 말뚝길이 7.0m 적용

구분	하중	말뚝	비고
평상시	하중지하력 (kN/EA)	1596	720.957 O.K
	하중인발력 (kN/EA)	289.67	- O.K
	활동력 (MPa)	140	104.853 O.K
	전단응력 (MPa)	80	15.705 O.K
	수평변위 (mm)	15	5.806 O.K
지진시	하중지하력 (kN/EA)	2379	800.59 O.K
	하중인발력 (kN/EA)	434.505	- O.K
	활동력 (MPa)	210	97.964 O.K
	전단응력 (MPa)	120	19.638 O.K
	수평변위 (mm)	15	4.091 O.K

2) 말뚝길이 11.5m 적용

구분	하중	말뚝	비고
평상시	하중지하력 (kN/EA)	1596	716.126 O.K
	하중인발력 (kN/EA)	513.095	- O.K
	활동력 (MPa)	140	100.89 O.K
	전단응력 (MPa)	80	15.705 O.K
	수평변위 (mm)	15	5.806 O.K
지진시	하중지하력 (kN/EA)	2379	789.273 O.K
	하중인발력 (kN/EA)	769.643	- O.K
	활동력 (MPa)	210	93.325 O.K
	전단응력 (MPa)	120	19.638 O.K
	수평변위 (mm)	15	4.091 O.K

■ 단면 용적검토

1) 말뚝길이 7.0m 적용

단면위치	길이 (mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	μa	φμa	안전도	비고
편면지반	1200	150	1212.68	1940.4	321.938	512.482	1.582	O.K
후면지반	1200	100	991.063	1940.4	279.152	537.223	1.945	O.K
벽체 : H=8.800	2000	100	1274.38	1940.4	614.301	933.064	1.519	O.K
중복	500	100	2864.72	3096.8	278.814	297.892	1.076	O.K
D(T=620 mm)	620	80	1534.72	2569.6	206.915	341.454	1.65	O.K
A(T=800 mm)	800	80	2779.89	4053.6	495.897	713.432	1.439	O.K
좌부(T=620 mm)	620	80	2386.83	4053.6	317.985	527.371	1.658	O.K
B(T=800 mm)	800	80	1114.55	1588.8	202.302	286.971	1.419	O.K
C(T=800 mm)	800	80	1661.1	2292	299.804	410.961	1.371	O.K

2) 말뚝길이 11.5m 적용

단면위치	길이 (mm)	dc (mm)	Req. As (mm ²)	사용철근량 (mm ²)	μa	φμa	안전도	비고	
편면지반	1200	150	1201.64	1940.4	319.033	512.482	1.606	O.K	
	후면지반	1200	100	972.269	1940.4	270.949	537.223	1.983	O.K
	벽체 : H=8.800	2000	100	1283.76	1940.4	618.803	933.064	1.508	O.K
중복	500	100	2864.72	3096.8	276.814	297.892	1.076	O.K	
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1534.72	2569.6	206.915	341.454	1.65	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2779.89	4053.6	495.897	713.432	1.439	O.K
	좌부(T=620 mm)	620	80	2386.83	4053.6	317.985	527.371	1.658	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1114.55	1588.8	202.302	286.971	1.419	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1661.1	2292	299.804	410.961	1.371	O.K

■ 사용성 검토

1) 말뚝길이 7.0m 적용

구분	연장응력 (fa)	허용응력 (fas)	철근간격 (S)	최대간격 (Sd)	비고	
편면지반	104.635	150	125	401.364	O.K	
후면지반	76.144	150	125	807.977	O.K	
벽체 : H=8.800	100.378	150	125	558.283	O.K	
중복	122.333	150	125	421.236	O.K	
좌측널개벽	D(T=620 mm)	89.802	150	250	701.546	O.K
	A(T=800 mm)	102.365	150	125	600.555	O.K
	좌부(T=620 mm)	88.276	150	125	713.671	O.K
	B(T=800 mm)	104.232	150	125	575.527	O.K
	C(T=800 mm)	109.086	150	125	545.66	O.K

2) 말뚝길이 11.5m 적용

구분	연장응력 (fa)	허용응력 (fas)	철근간격 (S)	최대간격 (Sd)	비고	
편면지반	103.36	150	125	406.985	O.K	
후면지반	75.007	150	125	823.65	O.K	
벽체 : H=8.800	100.378	150	125	558.283	O.K	
중복	122.333	150	125	421.236	O.K	
우측널개벽	D(T=620 mm)	89.802	150	250	701.546	O.K
	A(T=800 mm)	102.365	150	125	600.555	O.K
	좌부(T=620 mm)	88.276	150	125	713.671	O.K
	B(T=800 mm)	104.232	150	125	575.527	O.K
	C(T=800 mm)	109.086	150	125	545.66	O.K

3. 설계 조건

3.1 일반 사항

- 1) 구조 형식 : 다주식 교각
- 2) 상부 형식 : STEEL BOX
- 3) 교량 등급 : 1 등급
- 4) 기초 형식 : 직립기초

3.2 하중

- 1) 불균일콘크리트의 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 지반 조건

- 1) 기초지반의 B지 : $N = 50$
- 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 42.366^\circ$: $15 + \sqrt{15N}$
- 3) 기초지반의 점착력 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- 4) 기초지반의 최대 허용지지력 : $Q_u = 800 \text{ kN/m}^2$
- 5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.6$: $\tan \phi_b = 0.60$, $C_b = 0$: 일과 콘크리트
- 6) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 x 지진구역계수
 - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사용재료강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부분 : 40 MPa
기중 : 40 MPa
기초 : 27 MPa
- 탄성계수 : $E_c =$ 두부분 : 31879 MPa
기중 : 31879 MPa
기초 : 28933 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : $f_y =$ 두부분 : 400 MPa
기중 : 400 MPa
기초 : 400 MPa
기중(전단철근) : 400 MPa
기초(전단철근) : 400 MPa
- 탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

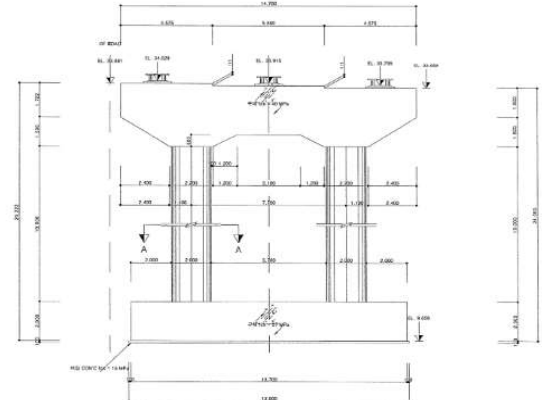
3.5 설계 방법

- 1) 안전 설계 방법 : 허용응력 설계법
- 2) 단면 설계 : 축하강도 설계법

3.6 참고 문헌

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

4. 단면 가정



2. 해석결과 요약

■ 안전성검토 및 능력검토

구분	항목	허용강	발생강	안전율	허용안전율	비고
교축방향	평상시	전도예대한 안전(kN.m)	102575.785	11181.009	9.17	2.00 O.K
	지진시	지진예대한 안전(kN.m)	18650.143	520.145	35.86	1.50 O.K
	지진시	지진예대한 안전(kN.m)	800.000	483.875	1.65	1.00 O.K
	지진시	지진예대한 안전(kN.m)	102575.785	18569.100	5.52	1.50 O.K
교축직각방향	평상시	전도예대한 안전(kN.m)	18650.143	1800.070	10.36	1.20 O.K
	지진시	지진예대한 안전(kN.m)	1200.000	530.454	2.26	1.00 O.K
	지진시	지진예대한 안전(kN.m)	212922.462	45166.683	4.71	2.00 O.K
	지진시	지진예대한 안전(kN.m)	18650.143	1537.032	12.13	1.50 O.K

■ 기중의 단면 설계

단면위치	Puse	Pu(kN)	φ Pr(kN)	안전도	비고
교축방향	축하최대	0.011	19233.224	66815.431	3.474 O.K
	모멘트최대	0.011	12803.399	35336.113	2.760 O.K
	탄성설계	0.011	10242.719	33746.741	3.295 O.K
	편심최대	0.011	9730.583	31132.560	3.199 O.K
교축직각방향	축하최대	0.011	19233.224	66815.431	3.474 O.K
	모멘트최대	0.011	8960.145	12420.249	1.387 O.K
	탄성설계	0.011	10242.719	14024.824	1.369 O.K
	편심최대	0.011	5887.329	7313.601	1.242 O.K
한성부재적	축하최대	0.011	19233.224	66815.431	3.474 O.K
	모멘트최대	0.011	8960.145	10538.021	1.176 O.K
	탄성설계	0.011	10242.719	13830.068	1.350 O.K
	편심최대	0.011	5887.403	6196.205	1.052 O.K

단면위치	Puse	Pu(kN)	φ Pr(kN)	안전도	비고
교축방향	축하최대	0.011	22308.939	66815.431	2.995 O.K
	모멘트최대	0.011	15825.962	41529.600	2.624 O.K
	탄성설계	0.011	12660.769	41958.011	3.314 O.K
	편심최대	0.011	12027.731	38424.371	3.195 O.K
교축직각방향	축하최대	0.011	22308.939	66815.431	2.995 O.K
	모멘트최대	0.011	20455.887	32050.711	1.567 O.K
	탄성설계	0.011	12660.769	20131.679	1.590 O.K
	편심최대	0.011	15084.126	28338.734	1.879 O.K
한성부재적	축하최대	0.011	22308.939	66815.431	2.995 O.K
	모멘트최대	0.011	19669.142	28413.889	1.445 O.K
	탄성설계	0.011	12660.769	20272.800	1.601 O.K
	편심최대	0.011	15870.912	24444.122	1.540 O.K

■ 단면 설계

단면위치	길이 (mm)	폭 (mm)	Req.As (mm ²)	Use.As (mm ²)	Mu(kN.m)	ΦMu(kN.m)	안전도	비 고	
교축내안보	3000.0	100.0	24706.657	30455.500	-	-	1.293	O.K	
	3000.0	100.0	28152.565	30455.500	-	-	1.082	O.K	
	2200.0	100.0	467.495	8514.300	333.646	6030.881	18.076	O.K	
	2200.0	100.0	503.782	8514.300	359.531	6030.881	16.774	O.K	
	내부지각1	3222.0	322.0	13064.269	30455.500	12873.836	25229.855	2.193	O.K
	내부지각1B	2511.0	100.0	5634.896	8613.900	4560.284	6993.705	1.524	O.K
	내부지각1A	3000.0	100.0	22480.662	30455.500	21009.187	28226.855	1.344	O.K
	교할면하2	2847.0	100.0	369.103	30455.500	342.806	2644.500	109.606	O.K
	교할면하2	2511.0	100.0	4311.008	8613.900	3517.009	6993.705	1.989	O.K
	교할면하3	2625.0	100.0	262.665	30455.500	217.181	24345.778	112.099	O.K
기단	교축-기단	2000.0	100.0	26750.517	37435.100	17105.070	23879.990	1.394	O.K
	교축-지점	2000.0	100.0	13680.518	18742.100	8753.594	12578.424	1.437	O.K
	교축-중점	2000.0	100.0	13271.378	18742.100	8494.240	12578.424	1.481	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 : 15.595 m

5.4 교각형식 : 元형교각

5.5 교각기초형식 : 적점기초

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, 지진력리교정)
(6) 응답수정계수 :
(7) 고유진 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 발진형식 : EQS 면진법

5.7 해석방법

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

5.8 해석모델

- (1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 절단단면 설정 : 지동절단 입면 및 추가사하단 절단면

9. 내진해석결과

9.1 발진 지진력

(UNIT:kN)

구분		R	교각발진		교지발진		Combo1		Combo2		발진하중 전단력	비경
			교축	교지	교축	교지	교축	교지	교축	교지		
A1	B1	0.8	143.0	3.4	57.6	163.8	200.3	65.7	125.6	206.1	220	OK
	B2	0.8	143.0	3.5	10.3	165.1	182.8	66.3	66.8	207.7	220	OK
	B3	0.8	112.0	2.7	51.2	143.5	159.2	57.2	106.0	180.4	230	OK
P1	B1	1.0	301.5	5.7	38.6	490.5	313.1	152.9	129.1	492.2	615	OK
	B2	1.0	290.3	6.3	11.3	521.6	293.6	162.8	98.3	523.5	615	OK
	B3	1.0	333.3	8.8	30.8	690.3	344.9	215.9	138.7	692.9	820	OK
A2	B1	0.8	112.0	2.6	43.0	163.0	156.1	64.4	95.7	204.7	230	OK
	B2	0.8	112.0	2.9	6.5	163.6	147.4	64.9	50.1	205.5	230	OK
	B3	0.8	168.0	4.2	50.1	244.1	228.8	96.8	125.7	306.7	330	OK

9.2 발진 변위

(UNIT:mm)

구분	R	교각발진		교지발진		Combo1		Combo2		발진하중 변위	반경
		교축	교지	교축	교지	교축	교지	교축	교지		
A1	B1	46.5	0.2	1.2	21.2	46.9	6.6	15.1	21.2	120	OK
	B2	47.0	0.2	0.1	21.3	47.0	6.6	14.2	21.3	120	OK
	B3	47.3	0.2	1.1	21.2	47.6	6.6	15.3	21.2	120	OK
P1	B1	1.3	0.0	0.8	31.5	1.5	9.5	1.2	31.5	90	OK
	B2	1.0	0.0	0.1	31.7	1.1	9.5	0.4	31.7	90	OK
	B3	0.8	0.0	0.7	31.4	1.0	9.4	0.9	31.4	90	OK
A2	B1	48.7	0.2	1.1	33.4	47.0	10.2	15.1	33.4	120	OK
	B2	47.1	0.2	0.1	33.5	47.1	10.2	14.2	33.5	120	OK
	B3	47.3	0.2	1.0	33.3	47.7	10.2	15.3	33.4	120	OK

9.3 교각 교량부 변위

(UNIT:mm)

구분	R	교각발진		교지발진		COM1		COM2		비고
		교축	교지	교축	교지	교축	교지	교축	교지	
P1		46.5	0.0	0.1	31.8	46.5	9.6	14.1	31.8	

9.4 교각하단 단면력
(Unit : Kt.m)

구분	R	교각발진						교지발진					
		교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력
P1	L	432.38	7.90	7687.88	34.73	22.65	1229.78	168.61	11926.65				
	R	464.01	7.60	7942.37	34.26	20.13	1241.04	171.84	11988.79				

9.5 교각상단 하중조합
(Unit : Kt.m)

구분	R	Combo1						Combo2					
		교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력
P1	L	439	377	7,740	3,613	152	1,232	2,478	11,937				
	R	470	380	7,964	3,625	159	1,243	2,555	11,979				

9.6 교각상단 단면력
(Unit : Kt.m)

구분	R	교각발진						교지발진					
		교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력
P1	L	394.03	8.62	1719.01	20.02	22.05	1026.36	127.80	10318.28				
	R	392.31	7.61	1690.93	25.50	20.46	1024.83	128.11	10559.15				

9.7 교각상단 하중조합
(Unit : Kt.m)

구분	R	Combo1						Combo2					
		교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력	교축단면력	교지단면력
P1	L	401	317	1,757	3,116	140	1,031	644	10,324				
	R	398	315	1,640	3,133	138	1,027	609	10,367				

6.2.2 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 6.2.1】 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

6.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

6.2.4 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.	

6.2.5 시설물 보수 이력

【표 6.2.2】 서문4교(문산방향) 보수이력사항

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

6.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 6.2.3】 내진설계 여부 확인

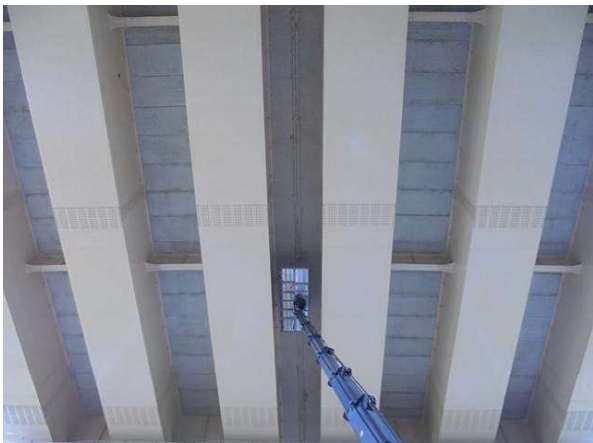
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

6.3 현장조사

6.3.1 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	
			
작업전경		비파괴시험	

【사진 6.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

6.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문4교(문산방향)는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=128.0m 폭 15.9m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.



【사진 6.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 6.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
합계	—	—

	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호
	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

【사진 6.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

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



【사진 6.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 6.3.2】 거더외부 현장조사 결과

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

【표 6.3.3】 거더내부 현장조사 결과

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

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 6.3.5】 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 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



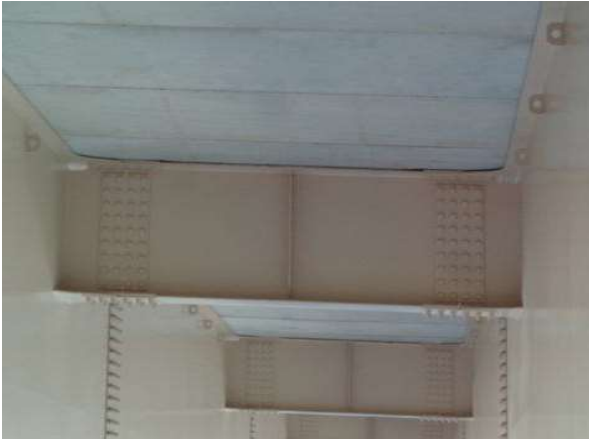
【사진 6.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 6.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	—	—
	S2	—	—
합계		—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 6.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

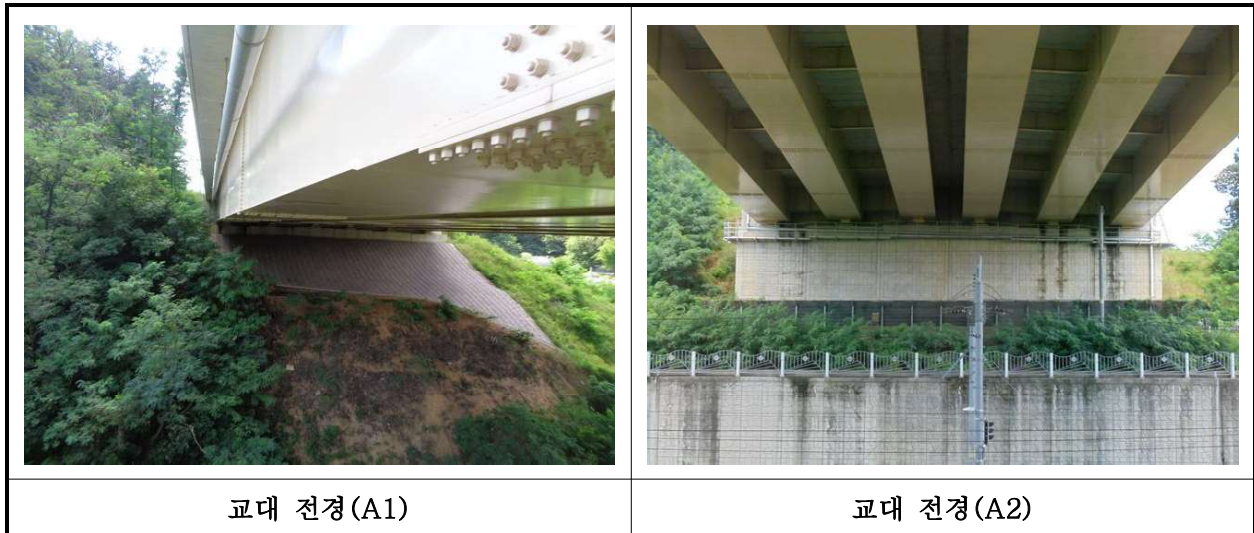
4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

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



【사진 6.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 실란트 파손, 콘크리트 파손, 체수 등의 손상이 확인 되었다.

【표 6.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	실란트파손 (m/개소)		파손 (㎡/개소)		체수 (㎡/개소)	
A1	6.00	1	0.04	1	—	—
A2	—	—	—	—	4.00	1
합계	6.00	1	0.04	1	4.00	1

	
A1 실란트 파손(6.0m) - 금회	A1 실란트 파손(6.0m) - 22년 상반기
	
A1 파손(0.2m×0.2m)	A2 체수(2.0m×2.0)

【사진 6.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 파손의 경우 시공중 외부충격에 의해 발생한 파손의 경우 단면보수가 필요하며, 공용중 열화에 의한 실란트 파손은 충진이 필요한 상태이다, 교대는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부에 대한 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문4교(문산방향)의 교각은 π 형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 6.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 6.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	—	—
합계	—	—

	
교각 상태양호	교각 상태양호
	
교각 상태양호	교각 상태양호 - 22년 상반기

【사진 6.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

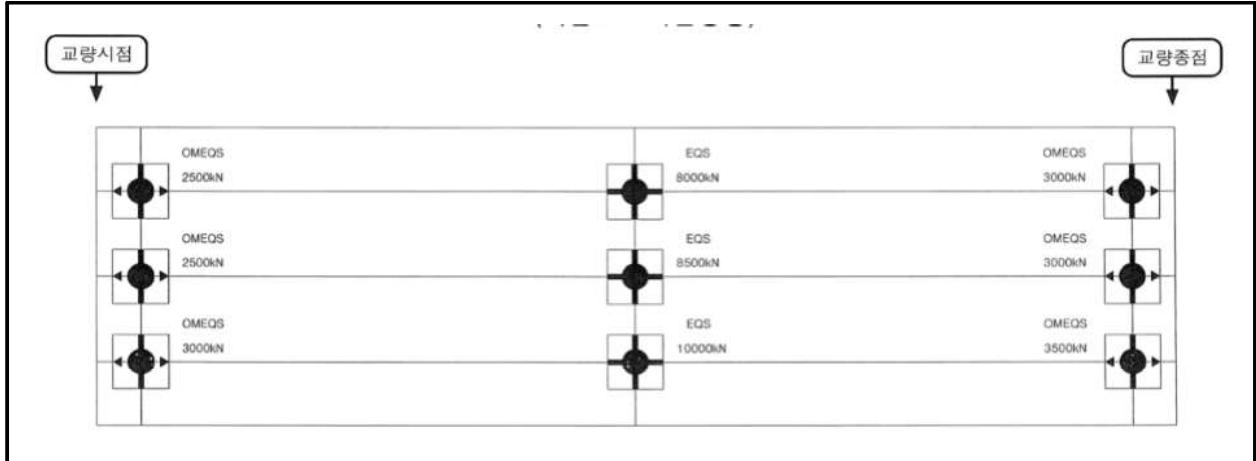
4) 검토의견

- 교각은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

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



【그림 6.3.1】 교량받침 배치도



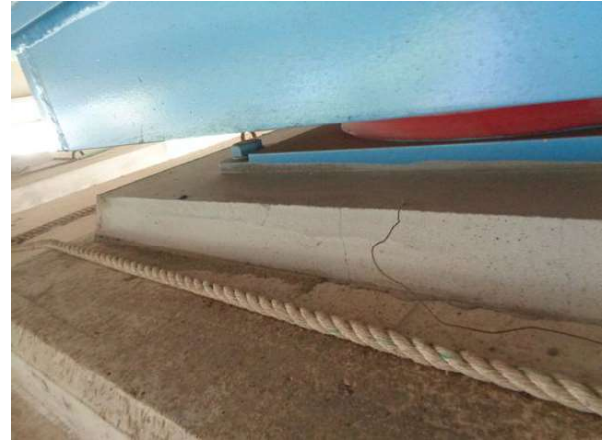
【사진 6.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 받침물탈 균열, 받침 콘크리트 파손이 확인되었다.

【표 6.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침물탈 균열 (m/개소)		받침콘크리트 파손 (㎡/개소)	
A1	—	—	0.06	1
P1	4.80	24	—	—
A2	—	—	—	—
합계	4.80	24	0.06	1

	
A1-Sh3 받침몰탈 파손 (0.1m×0.3m×2EA)	P1-Sh1 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×8EA)
	
P1-Sh2 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×8EA)	P1-Sh3 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×8EA)

【사진 6.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

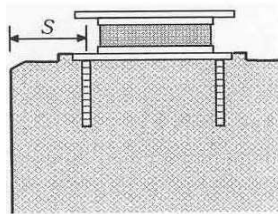
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

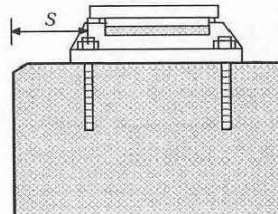
- 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 받침본체에서 발생된 받침콘크리트 파손의 경우, 시공시 외부충격 및 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 파손으로 추정된다. 손상부는 하자보수 등의 유지관리가 필요하며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침



(b) 강재받침

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

【그림 6.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 6.3.14】 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 6.3.8】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	610	610	610	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 6.3.15】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 6.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
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 6.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+40	160	80	21.2	20.5	±120	O.K
	SH2	+20	140	100			±120	O.K
	SH3	+20	140	100			±120	O.K
P1	고정단							
A2	SH1	+55	175	65	25.6	24.8	±120	O.K
	SH2	+60	180	60			±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, A2에 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.



【사진 6.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 들뜸 및 본체 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 6.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 들뜸 (㎡/개소)		하부 누수 (㎡/개소)	
A1 (EXP J1)	0.05	1	3.00	3
A2 (EXP J2)	—	—	2.00	2
합계	0.05	1	5.00	5

	
A1 후타재 들뜸 (0.5m×0.1m)	A1 하부 누수 (1.0m×3EA)
	—
A2 하부 누수 (1.0m×2EA)	—

【사진 6.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 들뜸의 경우, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 표면처리 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 6.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 6.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	58.0	21.2	20.5	55.0	70.0	125.0	
A2	30.5	29.5	0.000012	70.0	25.6	24.8	50.0	70.0	115.0	

1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 6.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 싹유간(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	55.0	150	73.8	34.5	O.K
	바닥판			70.0	-	-	49.5	O.K
	거더			125.0	-	-	104.5	O.K
A2	신축이음	25.6	24.8	50.0	150	74.4	25.2	O.K
	바닥판			70.0	-	-	45.2	O.K
	거더			115.0	-	-	90.2	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(문산방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



【사진 6.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장 접속부 망상균열이 조사되었다.

【표 6.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 망상균열 (㎡/개소)	
S1	16.00	1
S2	—	—
합계	16.00	1

	
S1 접속부 포장 망상균열(4.0m×4.0m)	S1 접속부 포장 망상균열(4.0m×4.0m)
	—
S1 접속부 포장 망상균열(4.0m×4.0m)	—

【사진 6.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 접속부 망상균열이 조사되었고, 손상부는 건조수축, 다짐불량, 중차량 통행 등에 의한 복합적인 손상이며, 갓길 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문4교(문산방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 6.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 6.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
합계	—	—

	
배수구 상태 양호 - 금회	배수구 상태 양호 - 22년 상반기
	
배수관 상태 양호 - 금회	배수관 상태 양호 - 22년 상반기

【사진 6.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 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 6.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 6.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
합계	—	—

	
방호벽 상태양호 - 금회	방호벽 상태양호 - 22년 상반기
	
중분대 상태양호 - 금회	중분대 상태양호 - 22년 상반기

【사진 6.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문4교(문산방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전면에 설치되어 있다.



【사진 6.3.25】 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 6.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	—	—
A2	—	—
합계	—	—



【사진 6.3.26】 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.

6.3.3 현장조사 총괄표

【표 6.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	—	—	—	
거더	외부	상태양호	—	—	—	
	내부	상태양호	—	—	—	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		실란트 파손	m	6.00	1	
		파손	m ²	0.04	1	
		채수	m ²	4.00	1	
교각		상태양호	—	—	—	
교량받침		받침몰탈 균열	m	4.80	24	
		받침콘크리트 파손	m ²	0.06	1	
신축이음		후타재 들뜸	m ²	0.05	1	
		하부 누수	m	5.00	5	
교면포장		접속부 망상균열	m ²	16.00	1	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		상태양호	—	—	—	
점검시설		상태양호	—	—	—	

6.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

6.4 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.

6.4.1 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 6.4.1】 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

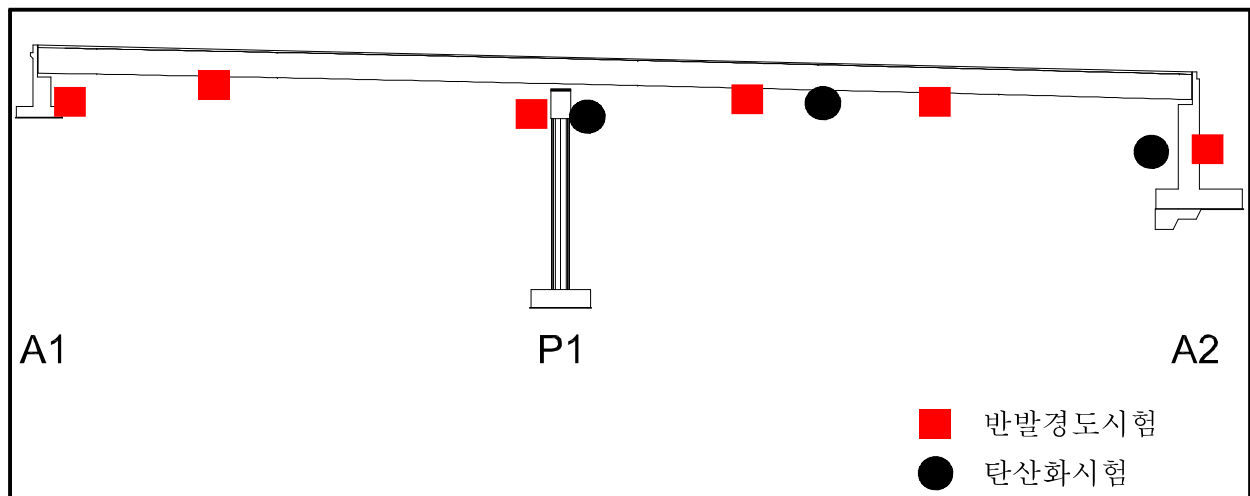
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 6.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 6.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

6.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

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

① 비파괴강도 시험결과

【표 6.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.2	27.2	28.7			
	S2	바닥판	46.5	27.5	28.9			

【표 6.4.3】 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	43.9	25.3	27.6	0.67	24.0	
	A2	교대	43.7	25.2	27.5			

【표 6.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	51.2	43.7	53.0	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.9MPa, 하부구조(교대) 25.2~27.6MPa, 하부구조(교각) 43.7~53.0MPa 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.

【표 6.4.5】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~28.9	27.0	100.7 ~ 107.0
하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	105.0 ~ 115.0
	교각	43.7~53.0	40.0	109.3 ~ 132.5

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 6.4.6】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	A2 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 3.0mm, 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 6.4.7】탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비 고
상부구조	3.0	37.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 6.4.8】금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	
		교각	43.7~53.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		37.0	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 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

6.5 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.

6.5.1 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 6.5.1】 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	a	a	c	b	b	q	—	—
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	a	—	b	a	q	a	a
	A2								c	a	b	q	—	a
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.400	0.167	0.167	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.036	0.015	0.033	—	0.004	0.003
													0.146	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.146) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 6.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
서문4교(문산방향)	0.146	B	128	3	384	1.000	0.146
합계(Σ)			128	3	384	1	0.146
1. 평가지수 =							0.146
2. 상태평가결과 =							B

6.5.2 기 점검 결과와의 비교

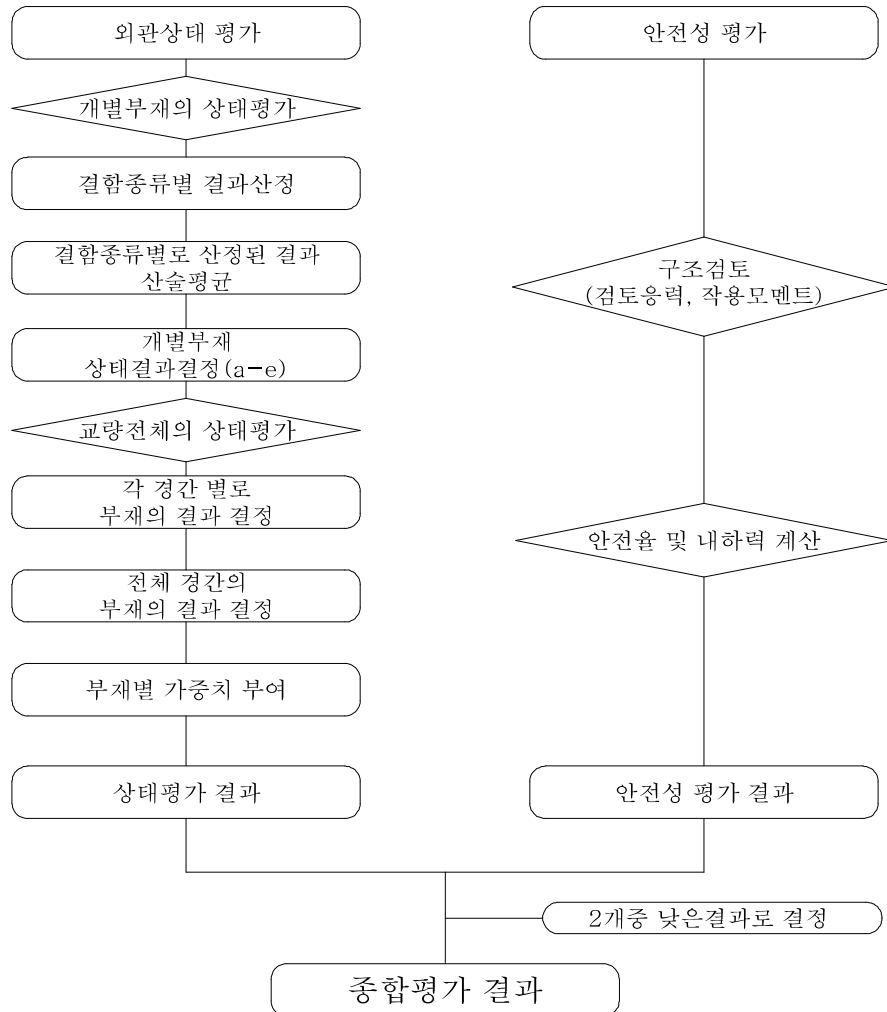
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

6.6 종합평가 및 안전등급 지정

6.6.1 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 6.6.1】 종합평가 결과 산정절차

6.6.2 종합평가 결과

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

【표 6.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문4교(문산방향)	0.146	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

6.6.3 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 6.6.2】 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

6.7 보수·보강 및 유지관리방안

6.7.1 보수·보강 방안

【표 6.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	—	—	—	—	—
거더	외부	상태양호	—	—	—	—	—
	내부	상태양호	—	—	—	—	—
가로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		실란트 파손	m	6.00	1	실란트충전	하자
		파손	m ²	0.04	1	단면보수	하자
		채수	m ²	4.00	1	주의관찰	하자
교각		상태양호	—	—	—	—	—
교량받침		받침몰탈 균열	m	4.80	24	표면처리	하자
		받침콘크리트 파손	m ²	0.06	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 들뜸	m ²	0.05	1	단면보수	하자
		하부 누수	m	5.00	5	교체	하자
교면포장		접속부 망상균열	m ²	16.00	1	아스콘팻칭	하자
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽		상태양호	—	—	—	—	—
점검시설		상태양호	—	—	—	—	—

6.7.2 개략공사비

【표 6.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	실란트 파손	실란트충전	6.00	9.00	m	—	—	하자
	파손	단면보수	0.04	0.06	m²	—	—	하자
	채수	주의관찰	4.00	6.00	m²	—	—	하자
교량받침	받침물탈 균열	표면처리	4.80	1.80	m	—	—	하자
	받침콘크리트 파손	단면보수	0.06	0.09	m²	—	—	하자
신축이음	후타재 들뜸	단면보수	0.05	0.08	m²	—	—	하자
	하부 누수	교체	5.00	7.50	m	—	—	하자
교면포장	접속부 망상균열	아스콘팻칭	16.00	24.00	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.

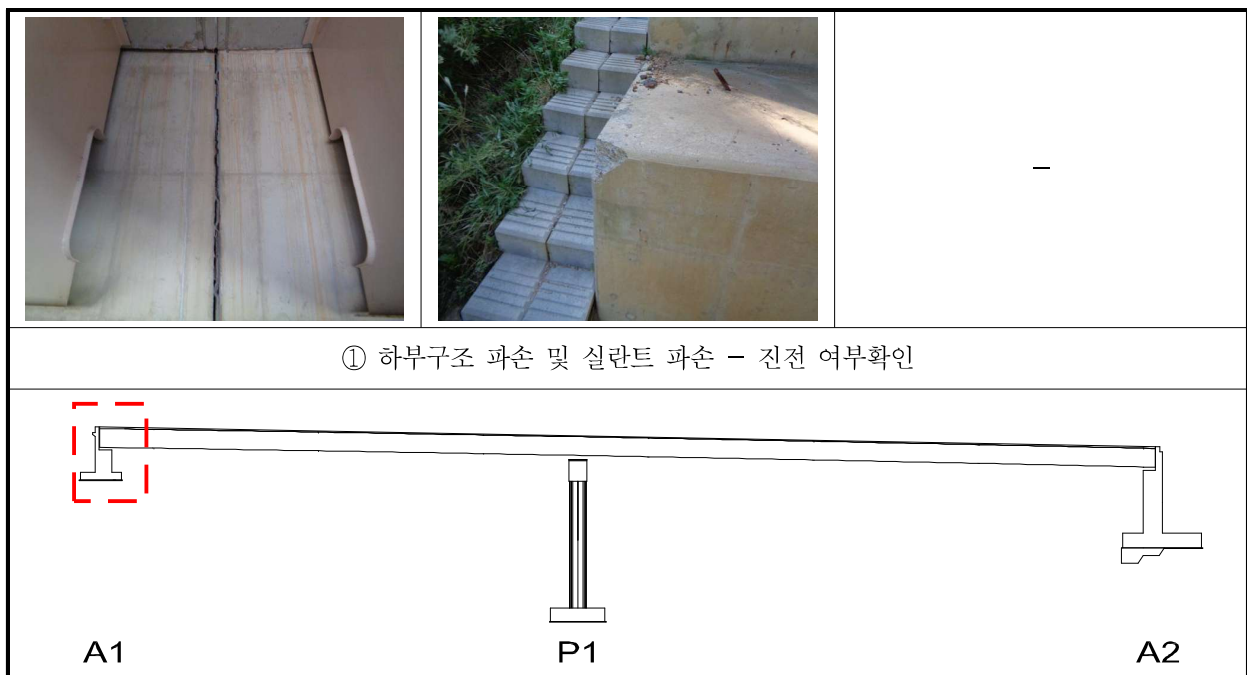
6.7.3 유지관리방안

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 6.7.3】 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



6.8 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.

6.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 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

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 파손의 경우 시공중 외부충격에 의해 발생한 파손의 경우 단면보수가 필요하며, 공용중 열화에 의한 실란트 파손은 충진이 필요한 상태이다, 교대는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부에 대한 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 교각

- 교각은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 받침본체에서 발생한 받침콘크리트 파손의 경우, 시공시 외부충격 및 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 파손으로 추정된다. 손상부는 하자보수 등의 유지관리가 필요하며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 들뜸의 경우, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 표면처리 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 접속부 망상균열이 조사되었고, 손상부는 건조수축, 다짐불량, 중차량 통행 등에 의한 복합적인 손상이며, 갓길 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

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

10) 방호벽

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 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 27.2~28.9MPa, 하부구조(교대) 25.2~27.6 MPa, 하부구조(교각) 43.7~53.0MPa 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 3.0mm, 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(문산방향)의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문4교(문산방향)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.

6.8.2 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.

6.8.3 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.