

9. 서문9교(서울방향)

- 9.1 시설물 개요
- 9.2 자료수집 및 분석
- 9.3 현장조사
- 9.4 콘크리트 내구성조사
- 9.5 상태평가
- 9.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 9.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 9.8 종합결론

9. 서문9교(서울방향)

9.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 345.0m, 폭 16.4m로 시공되어 있다.

9.1.1 일반사항

【표 9.1.1】 서문9교(서울방향) 일반사항

구 분		내 용		구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000231		관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)		준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		본선구간 1.890km		노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=345.0m (45+75+45+4@45=345.0m)				
	폭	B=16.4m, 3차로				
구조 형식	상부	IPC거더 + Steel Box		기초 형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π 형			교 각	P1 : 강관말뚝기초 P2~P6 : 복합말뚝기초
교량받침		면진받침		신축이음	강평거조인트	
교차시설물		-		통과높이	5.0m	
부착시설내용		-		설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설(주)		관리주체	(주)다산컨설팅트	
감 리 자		(주)동일기술공사		관리주체	서울문산고속도로주식회사	
						
측면 전경				상부 전경		

9.1.2 위치도 및 전경사진

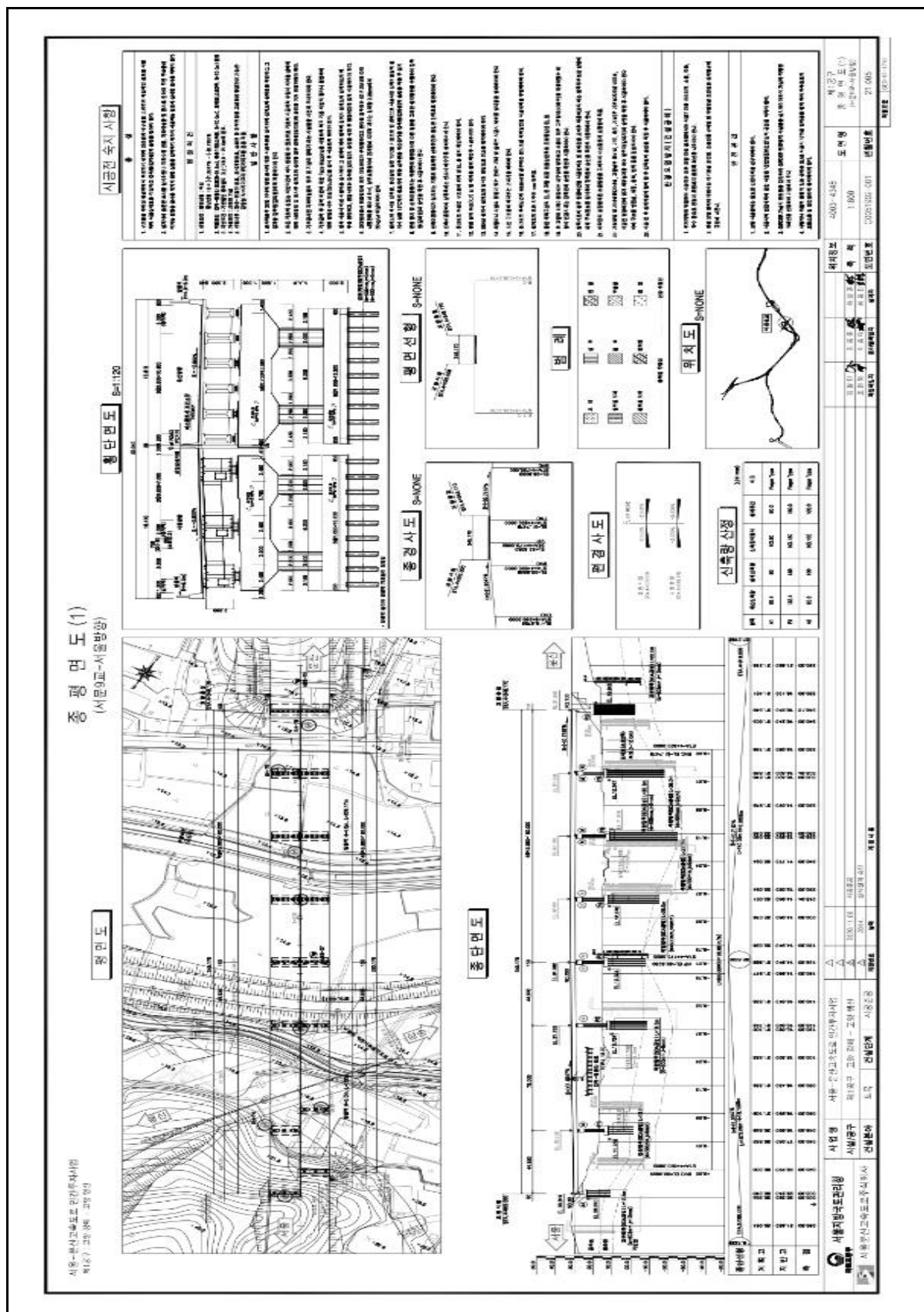


【그림 9.1.1】 위치도

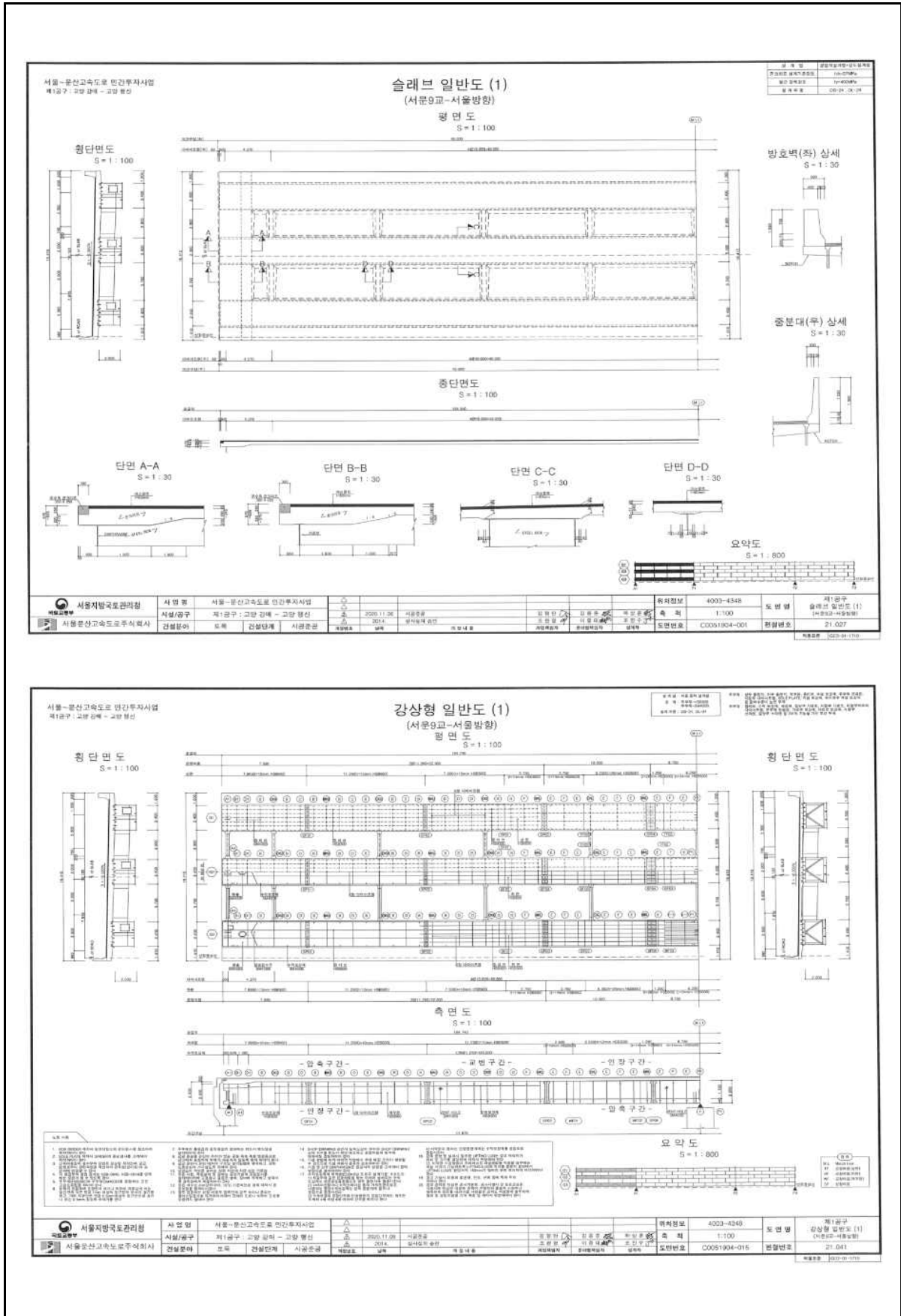
교면포장 전경	신축이음 전경
거더 전경	바닥판하면 전경
교대 전경	교각 전경

【그림 9.1.2】 부재별 현황

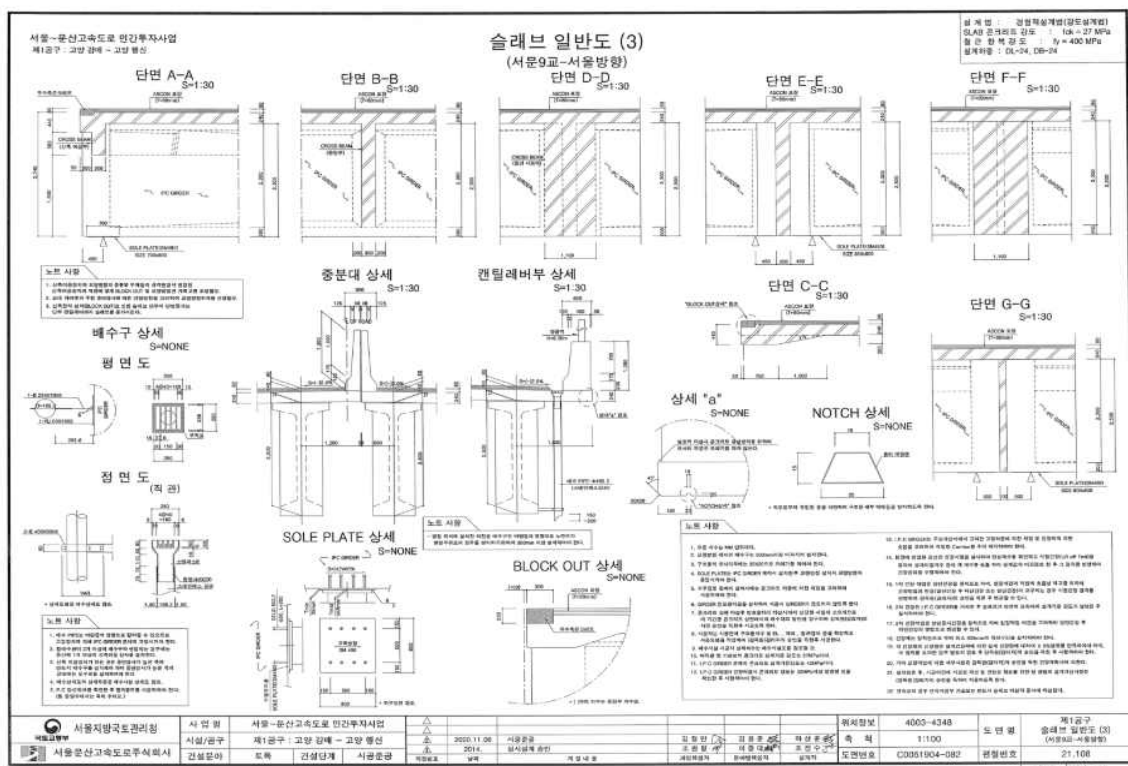
9.1.3 시설물 일반도



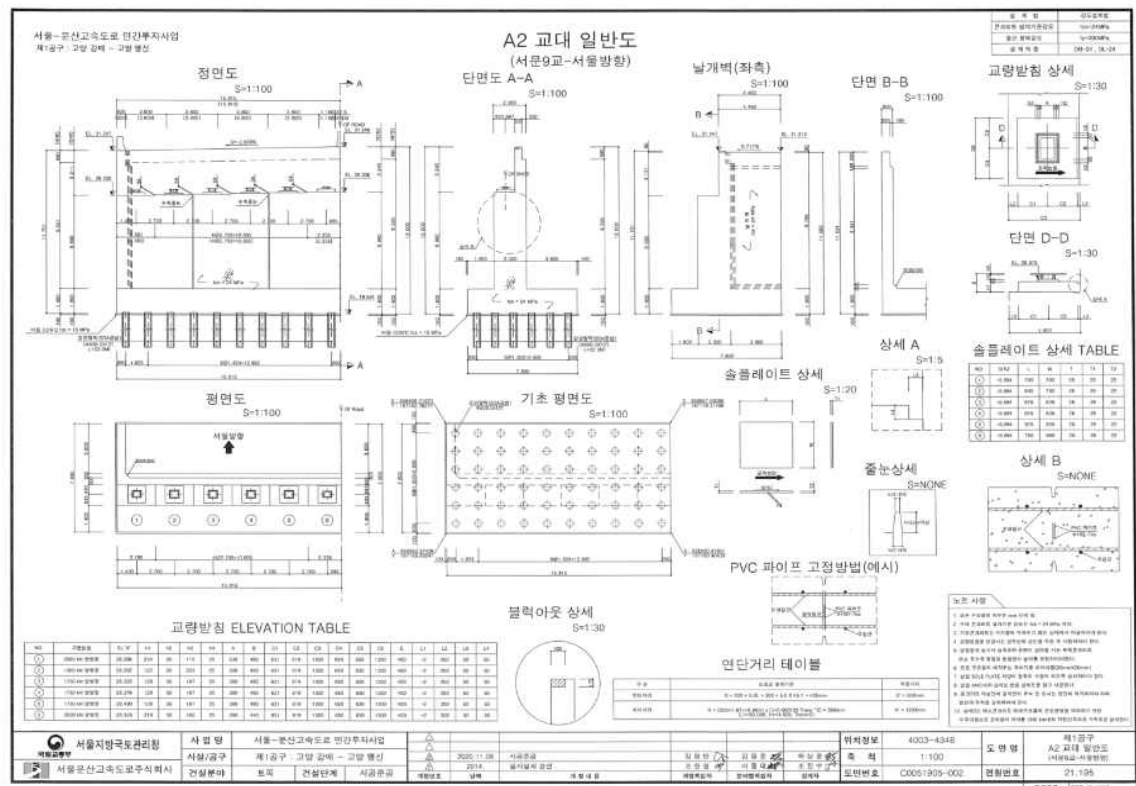
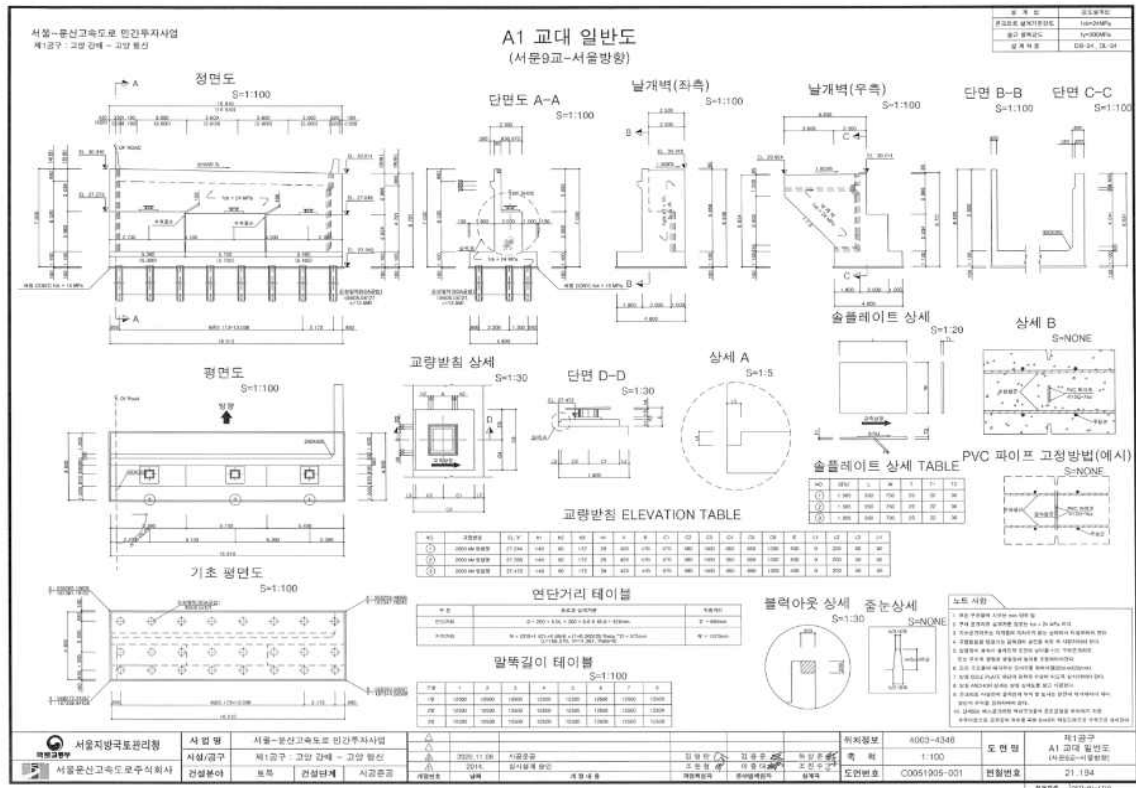
【그림 9.1.3】 평면 및 종단면도



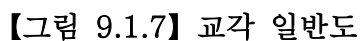
【그림 9.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도

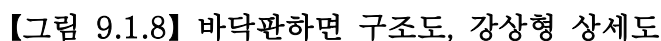


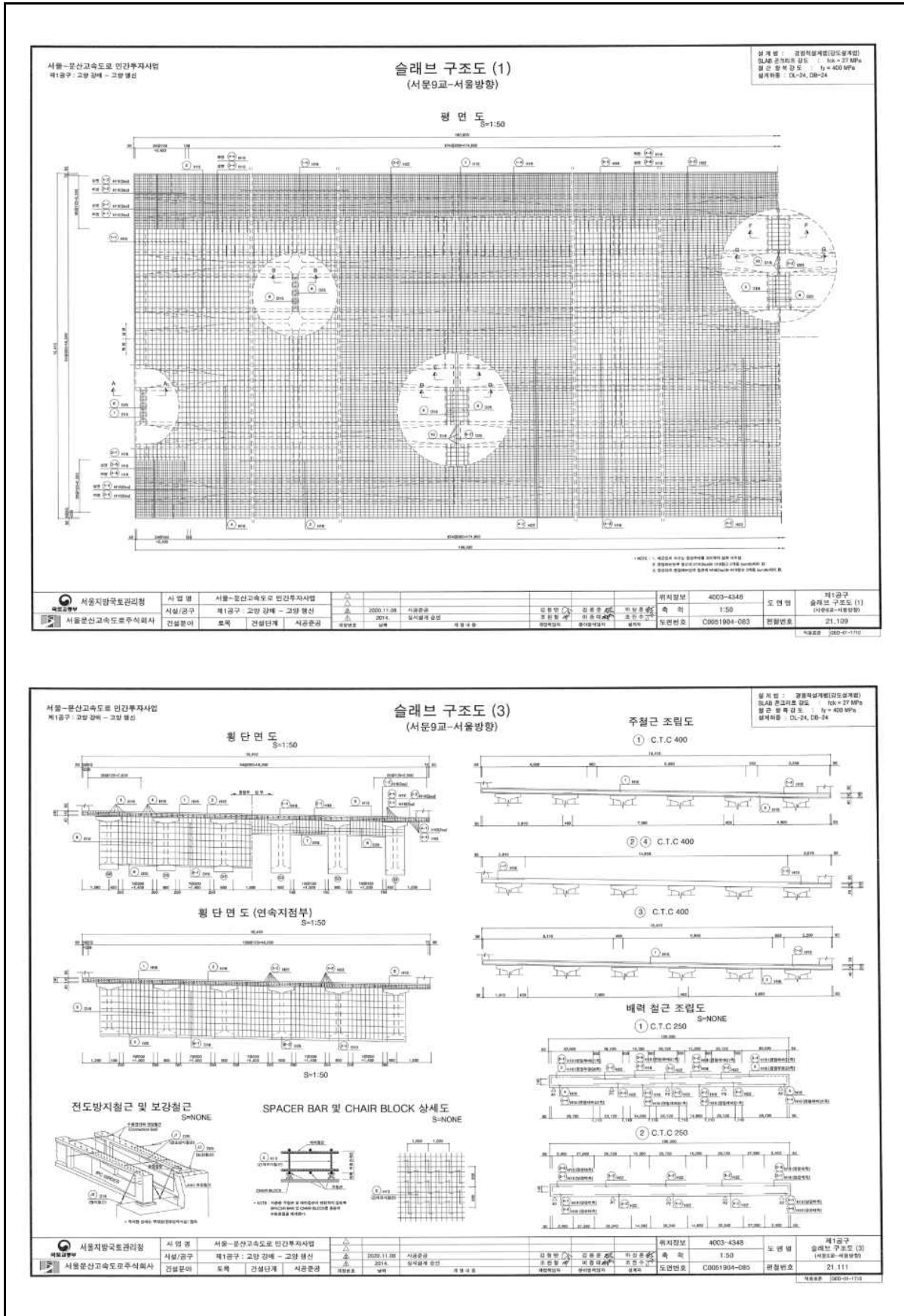
서문9교(서울방향) - 8



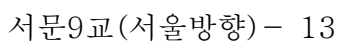
【그림 9.1.6】 교대 일반도

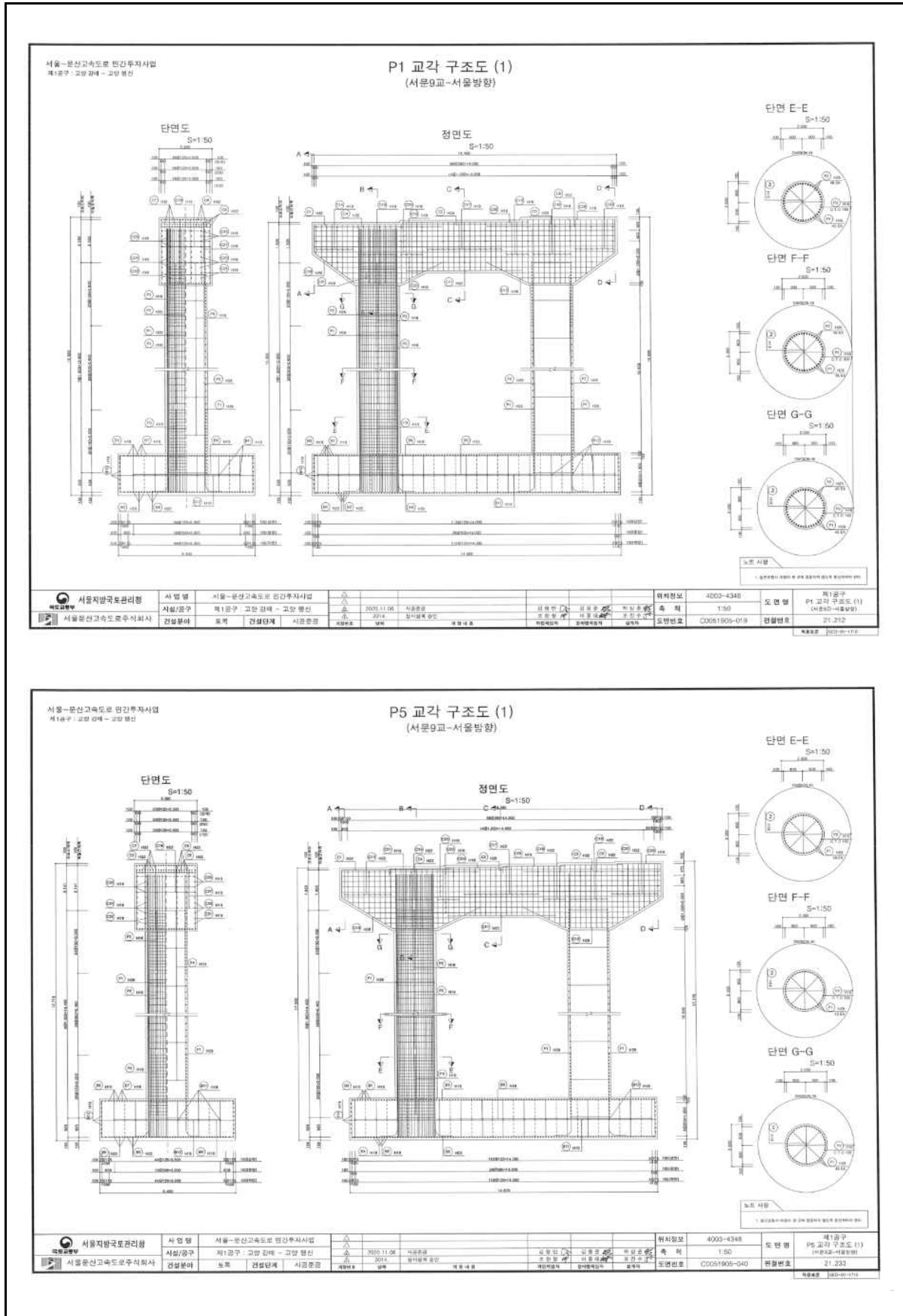






【그림 9.1.9】 바닥판하면 구조도





【그림 9.1.11】 교각 구조도

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수인 지반특성 분석

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

○ 문헌자료

구분	투수계수(cm/s)	토질	투수계수(cm/s)	관찰된 상태	특정	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하	SC	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균질 간극이 매우 좁은 상태	높은 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-3}$
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	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	균질 간극이 보충된 상태	보통 투수성 일반	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
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	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	균질 간극이 매우 넓은 상태	와산 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	$1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	OH	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	균질 간극이 유효해	물투수성 일반	1.0×10^{-2} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구분	토질	시험결과	비고
배입층		$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	—
	점토	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-8}$	—
	모래	$1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	—
통화도		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$1.96 \times 10^{-6} \sim 3.08 \times 10^{-4}$
통화암		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	4.53×10^{-5}
연암		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-4} \sim 4.76 \times 10^{-6}$
경암		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-4} \sim 2.49 \times 10^{-6}$
I등급		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	—
II등급		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	—
III등급		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.28 \times 10^{-4} \sim 2.49 \times 10^{-6}$
IV등급		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	$3.06 \times 10^{-4} \sim 4.76 \times 10^{-6}$
V등급		$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-2}$	—

89

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구분	단위중량(kN/m^3)	공회력(kPa)	내부마찰각($^\circ$)	단층계수(MPa)	포아송비(ν)	$\kappa(\text{cm/s})$
배입층	토사	18.0	15.0	28.0	—	—
	암비벽	20.0	0.0	35.0	—	—
배입층	자갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33
	점토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50
퇴적층	모래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35
	자갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32
통화도	통화암	17.5	22.0	28.0	45.0	0.33
	통화암	20.0	30.0	31.0	150.0	0.30

2.7.2 타일구간 암반등급별 설계지반정수

구분	단위중량(kN/m^3)	공회력(kPa)	내부마찰각($^\circ$)	단층계수(MPa)	포아송비(ν)	$\kappa(\text{cm/s})$
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-4}
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 불연속계 설계지반정수

구분	단위중량(kN/m^3)	공회력(kPa)	내부마찰각($^\circ$)
연암	—	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구분	V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_u (MPa)	E_u (MPa)	K_u (MPa)	ν_u
배입층	488	180	62	164	161	0.33
	645	200	68	190	317	0.40
	480	170	52	140	156	0.35
퇴적층	514	190	69	181	168	0.32
	952	392	268	713	699	0.33
통화도	1,144	544	582	1,539	1,262	0.30
연암	1,834	954	2,184	5,504	3,622	0.26
경암	2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부

90

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설계조건

1) 교량제원

- (1) 교량명 : 서문9교
- (2) 교량종류 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교량형식 : Steel 박스거더교
- (4) 교량연장 : 45,000 + 75,000 + 45,070 = 165,070 m
- (5) 교량폭원 : B = 15,910 mm
- (6) Girder 제원 : B = 2,400 mm H = 2,200 mm
- (7) 사각(Skew) : 90.000 °
- (8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ mm
- (9) 설계속도 : 100.000 km/h
- (10) 사용재료 및 물리치 특성치

① 강재

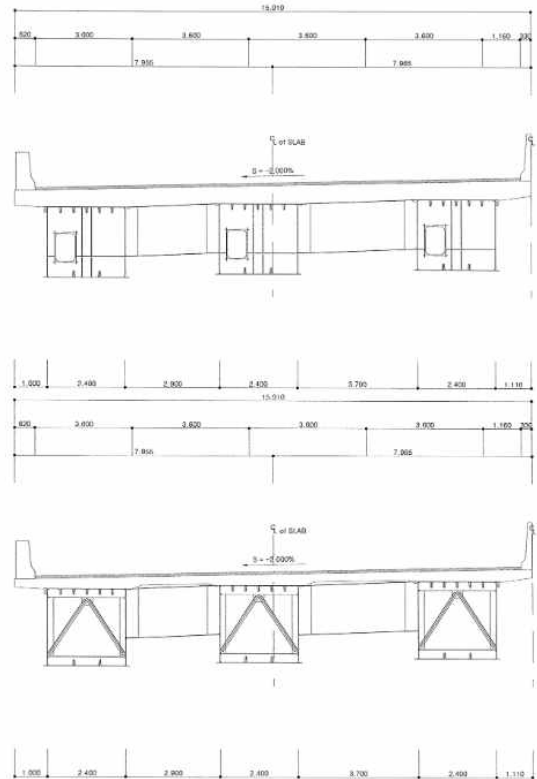
• 사용재료

주부재	HSB500(상판, 하판, 복판, 상부중리브, 하부중리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬랩레이브)
부부재	SM400B(지점부와 다이아프램, 수직보강재, 킬리브, 세로보, 일반부 가로보, 지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용응력 (MPa)

		(단도설계 3.3.2.1)							
종류	판두께(mm)	강종							
		SS 400 SM 400 SMA 400	SM 400 SM 460	SM 490Y SM 520 SMA 490	SM 570 SMA 570	HSB500	HSB600	HSB600	
특정항 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270				
	40 초과 75 이하			200 (215)	260 (270)				
	75 초과 100 이하	130	175 (190)	195 (215)	250 (270)	230	270	380	

2. 단면가장



구조계산 CHECK LIST

4. 단면별 응력검토결과

작동응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	합 응력 검토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작동응력	허용응력	비율	판정	작동응력	허용응력	비율	판정
단면 1	71.014	299.000	24	O.K	-44.749	230.000	19	O.K
단면 2	92.593	299.000	31	O.K	-94.446	230.000	41	O.K
단면 3	76.377	299.000	26	O.K	-73.048	230.000	32	O.K
단면 4	-157.848	230.000	69	O.K	155.453	230.000	68	O.K
단면 5	-205.214	230.000	89	O.K	198.705	230.000	86	O.K
단면 6	89.906	299.000	30	O.K	-103.240	230.000	45	O.K
단면 7	144.010	264.500	54	O.K	-199.140	230.000	87	O.K
단면 8	118.384	171.057	69	O.K	-207.849	230.000	90	O.K
SP 1	87.130	299.000	29	O.K	-80.929	230.000	35	O.K
SP 2	73.640	299.000	25	O.K	-70.521	230.000	31	O.K
SP 3	-95.368	230.000	41	O.K	130.328	225.203	58	O.K
SP 4	-174.401	230.000	76	O.K	169.817	230.000	74	O.K
SP 5	-163.978	230.000	71	O.K	161.883	230.000	70	O.K
SP 6	-34.389	264.500	13	O.K	80.035	246.560	32	O.K
SP 7	105.602	299.000	36	O.K	-127.790	230.000	56	O.K
SP 8	140.664	264.500	53	O.K	-194.443	230.000	85	O.K
SP 9	140.664	264.500	53	O.K	-194.443	230.000	85	O.K
SP 10	106.602	299.000	36	O.K	-127.791	230.000	56	O.K
SP 11	-34.390	264.500	13	O.K	80.037	246.560	32	O.K
SP 12	-163.970	230.000	71	O.K	161.877	230.000	70	O.K
SP 13	-174.418	230.000	76	O.K	169.831	230.000	74	O.K
SP 14	-95.376	230.000	41	O.K	130.335	225.203	58	O.K
SP 15	73.643	299.000	25	O.K	-70.516	230.000	31	O.K
SP 16	87.128	299.000	29	O.K	-80.928	230.000	35	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)					합 상 응 력 검 토				
	복 부 판									
	작 용 응 력	허 용 응 력	비 율	판 정	상 면	비 율	하 면	비 율	판 정	
단면 1	44.784	135.000	33	O.K	0.166	14	0.148	12	O.K	
단면 2	17.458	135.000	13	O.K	0.113	9	0.185	15	O.K	
단면 3	21.389	135.000	16	O.K	0.090	8	0.126	10	O.K	
단면 4	65.564	135.000	49	O.K	0.707	59	0.693	58	O.K	
단면 5	81.285	135.000	60	O.K	1.159	97	1.109	92	O.K	
단면 6	52.200	135.000	39	O.K	0.240	20	0.351	29	O.K	
단면 7	22.339	135.000	17	O.K	0.324	27	0.777	65	O.K	
단면 8	18.100	135.000	13	O.K	0.497	41	0.835	70	O.K	
SP 1	27.667	135.000	20	O.K	0.127	11	0.166	14	O.K	
SP 2	22.535	135.000	17	O.K	0.089	7	0.122	10	O.K	
SP 3	52.947	135.000	39	O.K	0.326	27	0.489	41	O.K	
SP 4	58.880	135.000	44	O.K	0.765	64	0.735	61	O.K	
SP 5	71.682	135.000	53	O.K	0.790	66	0.777	65	O.K	
SP 6	73.653	135.000	55	O.K	0.315	26	0.403	34	O.K	
SP 7	49.085	135.000	36	O.K	0.259	22	0.441	37	O.K	
SP 8	25.376	135.000	19	O.K	0.318	27	0.750	63	O.K	
SP 9	25.364	135.000	19	O.K	0.318	27	0.750	63	O.K	
SP 10	49.083	135.000	36	O.K	0.259	22	0.441	37	O.K	
SP 11	73.651	135.000	55	O.K	0.315	26	0.403	34	O.K	
SP 12	71.685	135.000	53	O.K	0.790	66	0.777	65	O.K	
SP 13	58.896	135.000	44	O.K	0.765	64	0.736	61	O.K	
SP 14	52.949	135.000	39	O.K	0.326	27	0.489	41	O.K	
SP 15	22.537	135.000	17	O.K	0.089	7	0.122	10	O.K	
SP 16	27.674	135.000	20	O.K	0.127	11	0.166	14	O.K	

< Girder - 2 >

구분	측정 항목 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작동응력	허용응력	비율	판정	작동응력	허용응력	비율	판정
단면 1	72.863	299.000	24	0.K	-44.296	230.000	19	0.K
단면 2	90.205	299.000	30	0.K	-92.297	230.000	40	0.K
단면 3	77.120	299.000	26	0.K	-71.834	230.000	31	0.K
단면 4	-153.603	230.000	67	0.K	156.653	230.000	68	0.K
단면 5	-196.624	230.000	85	0.K	194.941	230.000	85	0.K
단면 6	91.171	299.000	30	0.K	-103.133	230.000	45	0.K
단면 7	143.695	264.500	54	0.K	-200.126	230.000	87	0.K
단면 8	118.939	171.067	70	0.K	-208.901	230.000	91	0.K
SP 1	87.913	299.000	29	0.K	-78.148	230.000	34	0.K
SP 2	74.432	299.000	25	0.K	-69.322	230.000	30	0.K
SP 3	-96.557	230.000	42	0.K	138.235	225.203	61	0.K
SP 4	-168.818	230.000	73	0.K	170.430	230.000	74	0.K
SP 5	-159.942	299.000	69	0.K	162.550	230.000	71	0.K
SP 6	-36.102	264.500	14	0.K	87.441	246.560	35	0.K
SP 7	107.774	299.000	36	0.K	-127.989	230.000	56	0.K
SP 8	140.287	264.500	53	0.K	-195.391	230.000	85	0.K
SP 9	140.288	264.500	53	0.K	-195.390	230.000	85	0.K
SP 10	107.772	299.000	36	0.K	-127.985	230.000	56	0.K
SP 11	-36.105	264.500	14	0.K	87.443	246.560	35	0.K
SP 12	-159.951	230.000	69	0.K	162.557	230.000	71	0.K
SP 13	-168.819	230.000	73	0.K	170.432	230.000	74	0.K
SP 14	-96.563	230.000	42	0.K	138.240	225.203	61	0.K
SP 15	74.430	299.000	25	0.K	-69.318	230.000	30	0.K
SP 16	87.912	299.000	29	0.K	-78.147	230.000	34	0.K

구분	전단 응력 검토 (100 %)				합성 응력 검토				
	복 부 판				상면	비율	하면	비율	판정
	작동응력	허용응력	비율	판정					
단면 1	43.116	135.000	32	0.K	0.161	13	0.139	12	0.K
단면 2	25.827	135.000	19	0.K	0.128	11	0.198	16	0.K
단면 3	23.112	135.000	17	0.K	0.096	8	0.127	11	0.K
단면 4	62.375	135.000	46	0.K	0.659	55	0.677	56	0.K
단면 5	78.657	135.000	57	0.K	1.053	88	1.041	87	0.K
단면 6	53.712	135.000	40	0.K	0.251	21	0.359	30	0.K
단면 7	24.249	135.000	18	0.K	0.327	27	0.789	66	0.K
단면 8	21.386	135.000	16	0.K	0.509	42	0.850	71	0.K
SP 1	29.577	135.000	22	0.K	0.134	11	0.163	14	0.K
SP 2	24.148	135.000	18	0.K	0.094	8	0.123	10	0.K
SP 3	52.886	135.000	39	0.K	0.330	27	0.530	44	0.K
SP 4	56.075	135.000	42	0.K	0.711	59	0.722	60	0.K
SP 5	67.209	135.000	50	0.K	0.725	60	0.747	62	0.K
SP 6	73.931	135.000	55	0.K	0.319	27	0.426	35	0.K
SP 7	50.910	135.000	38	0.K	0.272	23	0.452	38	0.K
SP 8	27.263	135.000	20	0.K	0.322	27	0.762	64	0.K
SP 9	27.242	135.000	20	0.K	0.322	27	0.762	64	0.K
SP 10	50.891	135.000	38	0.K	0.272	23	0.452	38	0.K
SP 11	73.928	135.000	55	0.K	0.319	27	0.426	35	0.K
SP 12	67.235	135.000	50	0.K	0.726	60	0.748	62	0.K
SP 13	56.082	135.000	42	0.K	0.711	59	0.722	60	0.K
SP 14	52.889	135.000	39	0.K	0.330	27	0.530	44	0.K
SP 15	24.153	135.000	18	0.K	0.094	8	0.123	10	0.K
SP 16	29.584	135.000	22	0.K	0.134	11	0.163	14	0.K

< Girder - 3 >

구분	측정 항목 검토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작동응력	허용응력	비율	판정	작동응력	허용응력	비율	판정
단면 1	72.317	299.000	24	0.K	-45.330	230.000	20	0.K
단면 2	90.506	299.000	30	0.K	-94.722	230.000	41	0.K
단면 3	77.308	299.000	26	0.K	-73.450	230.000	32	0.K
단면 4	-155.687	230.000	68	0.K	157.924	230.000	69	0.K
단면 5	-201.906	230.000	88	0.K	198.447	230.000	86	0.K
단면 6	90.969	299.000	30	0.K	-103.829	230.000	45	0.K
단면 7	143.818	264.500	54	0.K	-199.312	230.000	87	0.K
단면 8	119.750	171.067	70	0.K	-208.112	230.000	90	0.K
SP 1	88.186	299.000	29	0.K	-81.716	230.000	36	0.K
SP 2	74.597	299.000	25	0.K	-70.893	230.000	31	0.K
SP 3	-95.789	230.000	42	0.K	135.464	225.203	60	0.K
SP 4	-171.821	230.000	75	0.K	172.376	230.000	75	0.K
SP 5	-161.725	230.000	70	0.K	164.719	230.000	72	0.K
SP 6	-95.554	264.500	13	0.K	85.328	246.560	35	0.K
SP 7	107.570	299.000	36	0.K	-128.267	230.000	56	0.K
SP 8	140.506	264.500	53	0.K	-194.619	230.000	85	0.K
SP 9	140.505	264.500	53	0.K	-194.618	230.000	85	0.K
SP 10	107.568	299.000	36	0.K	-128.266	230.000	56	0.K
SP 11	-95.560	264.500	13	0.K	85.331	246.560	35	0.K
SP 12	-161.725	230.000	70	0.K	164.717	230.000	72	0.K
SP 13	-171.828	230.000	75	0.K	172.384	230.000	75	0.K
SP 14	-95.795	230.000	42	0.K	135.472	225.203	60	0.K
SP 15	74.596	299.000	25	0.K	-70.893	230.000	31	0.K
SP 16	88.185	299.000	29	0.K	-81.718	230.000	36	0.K

구분	전단 응력 검토 (100 %)				합성 응력 검토				
	복 부 판				상면	비율	하면	비율	판정
	작동응력	허용응력	비율	판정					
단면 1	38.784	135.000	29	0.K	0.141	12	0.121	10	0.K
단면 2	20.327	135.000	15	0.K	0.114	10	0.192	16	0.K
단면 3	22.007	135.000	16	0.K	0.093	8	0.129	11	0.K
단면 4	62.171	135.000	46	0.K	0.670	56	0.684	57	0.K
단면 5	72.845	135.000	54	0.K	1.062	88	1.036	86	0.K
단면 6	47.114	135.000	35	0.K	0.214	18	0.325	27	0.K
단면 7	21.942	135.000	16	0.K	0.322	27	0.777	65	0.K
단면 8	17.822	135.000	13	0.K	0.507	42	0.836	70	0.K
SP 1	23.991	135.000	18	0.K	0.118	10	0.158	13	0.K
SP 2	23.289	135.000	17	0.K	0.092	8	0.125	10	0.K
SP 3	49.293	135.000	37	0.K	0.307	26	0.495	41	0.K
SP 4	55.592	135.000	41	0.K	0.728	61	0.731	61	0.K
SP 5	64.826	135.000	48	0.K	0.725	60	0.743	62	0.K
SP 6	66.071	135.000	49	0.K	0.268	21	0.359	30	0.K
SP 7	44.791	135.000	33	0.K	0.240	20	0.421	35	0.K
SP 8	24.298	135.000	18	0.K	0.315	26	0.748	62	0.K
SP 9	24.284	135.000	18	0.K	0.315	26	0.748	62	0.K
SP 10	44.779	135.000	33	0.K	0.239	20	0.421	35	0.K
SP 11	66.067	135.000	49	0.K	0.258	21	0.359	30	0.K
SP 12	64.833	135.000	48	0.K	0.725	60	0.744	62	0.K
SP 13	55.617	135.000	41	0.K	0.728	61	0.731	61	0.K
SP 14	49.295	135.000	37	0.K	0.307	26	0.495	41	0.K
SP 15	23.288	135.000	17	0.K	0.092	8	0.125	10	0.K
SP 16	23.807	135.000	18	0.K	0.118	10	0.158	13	0.K

1. 설계조건

- 1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
 1.2 경 간 : 45,000 mm + 45,000 mm
 1.3 폭 원 : 15,910 mm
 1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
 1.5 거터 길이 : 44,800 mm + 44,800 mm
 1.6 자간 길이 : 43,950 mm + 43,950 mm
 1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) : 2,500 kgf/m³
 콘크리트(무근) : 2,350 kgf/m³
 아스콘 포장 : 2,300 kgf/m³

1.8 재료의 물리상수 및 허용응력

1) 슬래브

- (1) 콘크리트 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
 $E_{c2} = 0.077 \times \alpha_c^{1.5} \times \sqrt{f_{cu}} = 29,000 \text{ MPa}$
 (2) 철근 (SD400) : $f_y = 400 \text{ MPa}$
 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

2) I.P.C GIRDER

- (1) 콘크리트 : $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
 $E_{c1} = 0.077 \times \alpha_c^{1.5} \times \sqrt{f_{cu}} = 32,000 \text{ MPa}$
 (2) 철근 (SD300) : $f_y = 300 \text{ MPa}$
 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 항복응력

- ① 허용 철 압축응력 ($f_{ci}' = 0.8 \times f_{ck} = 32 \text{ MPa}$)
 $- f_{ci} = 0.6 \times f_{ci}' = 19.2 \text{ MPa}$
 ② 허용 철 인장 응력
 $- \text{부착된 철근이 없는 인장 구역} : 0.25 \times \sqrt{f_{ci}'} = 1.41 \text{ MPa}$

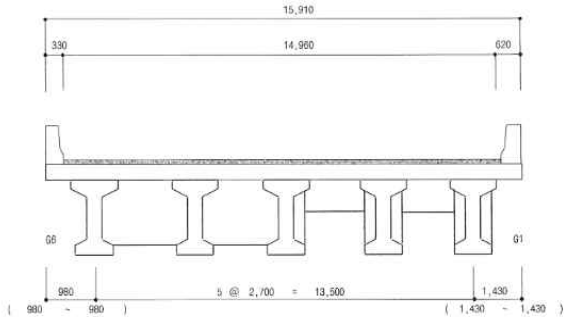
(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서 의 허용응력

- ① 허용 철 압축응력
 $- f_{cag} = 0.45 \times f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$
 $- \text{압축연단응력(유효프리스트레스+전제하중)}$
 $f_{cag} = 0.60 \times f_{ck} = 24.0 \text{ MPa}$

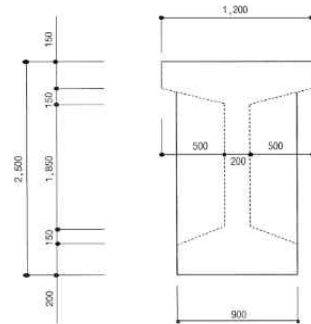
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 기정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER

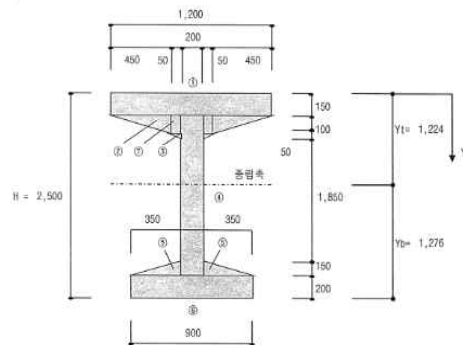


3. 주 BEAM 설계(Incrementally Prestressed Concrete Beam)

3.1 단면제형

3.1.1 총 단면

<중량부 단면>



지간 중앙 단면

단면	단면적(A)	거리상면-도심까지의 거리(Y)	AY	AY ²	단면2차모멘트(Icp)
①	180,000	75	13,500,000	1,012,500,000	337,500,000
②	45,000	183	8,235,000	1,507,005,000	25,000,000
③	2,500	267	667,500	178,222,500	347,222
④	430,000	1,225	526,750,000	645,288,750,000	165,630,363,333
⑤	52,500	2,250	118,125,000	265,781,250,000	65,625,000
⑥	180,000	2,400	432,000,000	1,036,800,000,000	600,000,000
⑦	10,000	200	2,000,000	400,000,000	6,333,333
합계	900,000		1,101,277,500	1,950,947,727,500	166,676,388,888

- 프리캐스트 거터 상단에서 도심까지의 거리 : $Y_1 = 1,224 \text{ mm}$
 - 프리캐스트 거터 하단에서 도심까지의 거리 : $Y_2 = 1,276 \text{ mm}$
 - 거터상면에 대한 단면 2차 모멘트(Iic) : $I = \sum I_{cp} + \sum A \cdot Y^2 = 2,117,624,116,388 \text{ mm}^4$
 - 도심축에 대한 단면 2차 모멘트 : $I = \sum I_{cp} - \sum A \cdot Y_1^2 = 769,265,716,388 \text{ mm}^4$

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◆ 결과 요약

○ 권중1교-서울방향

■ 단면 풀 설계

단 면 위 치	Req. A _s (mm ²)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피복 d'(mm)	사용철근량 (Use A _s) (mm ²)	M _u (kN-m)	φ M _u (kN-m)	비 고
컨틸레버 (방음벽(61측))	2,429	1,000	180	60	H19 @ 200 = 1,433 H19 @ 200 = 1,433	131.18	163.16	0.K
컨틸레버 (중문대(66측))	715	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	42.25	57.90	0.K
중간슬래브 (상면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	동 방 배 근		0.K
중간슬래브 (하면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	동 방 배 근		0.K
슬래브단부	540	1,000	290	60	H16 @ 250 = 794	39.50	76.46	0.K
컨틸레버단부 (방음벽(61측))	4,656	1,000	180	60	H19 @ 100 = 2,985 H19 @ 100 = 2,985	98.64	301.97	0.K
컨틸레버단부 (중문대(66측))	1,430	1,000	180	60	H16 @ 100 = 1,986	6.21	109.73	0.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치	필요철근량 (mm ²)	사용철근량 (Use A _s) (mm ²)	비 고
컨틸레버 방음벽(61측)	1,627	H19 @ 125 = 2,292	0.K
중문대(66측)	480	H16 @ 250 = 794	0.K
중 간 슬 래 브	720	H16 @ 250 = 794	0.K
컨틸레버단부(방음벽(61측))	3,255	H19 @ 125 = 2,292 H19 @ 125 = 2,292	0.K
컨틸레버단부(중문대(66측))	958	H16 @ 125 = 1,589	0.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분	인장응력(f _t)	철근간격 (S)	허용간격 (S _a)	비 고
관 찰 레 비	116	100,000	544,041	0.K
방음벽(61측)	34	200,000	1842,105	0.K
중문대(66측)				
슬 래 브 단 부	66	250,000	734,266	0.K

1. 설계 조건

1) 일반 사항

- (1) 구조 형식 : 역T형 교대
- (2) 상부 형식 : STEEL BOX
- (3) 교량 등급 : 1등급
- (4) 교대 폭 : B = 16.510 M
- (5) 교대 총높이 : H = 7.000 M
- (6) 기초 형식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 90.000°

2) 하중

- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뿔재움재의 단위중량 : $\gamma_{sl} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ [토사] [도로교 설계기준 제3조 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^3$
- (4) 과 재 하중 : $q_l = 10.000 \text{ kN/m}$
- (5) 상부 고정하중 반력 : $R_d = 159.768 \text{ kN/m}$
- (6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 94.894 \text{ kN/m}$
- (7) 교량변형 마찰계수 : $f_s = 0.050$

3) 지반 조건

- (1) 뿔재움재의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$
- (2) 기초지반의 N치 : $N = 30.000$
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 36.213^\circ$ ($\phi_2 = 15 + \sqrt{N}$)
- (4) 기초지반의 점착력 : $C = 0.000 \text{ kN/m}^2$
- (5) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.448$: $TAN(\phi_2 + \phi_2)$: 흙과 콘크리트
- (6) 지반 거동 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 $\times$ 지반구역계수
 - 내진 등급 : 1등급 : 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지반 구역 : 1 구역 : 지반구역 계수 : 0.110

4) 사용 재료 강도

- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.000 \text{ MPa}$
- 인장계수 : $E_c = 27849.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : $f_y = 300.000 \text{ MPa}$
- 인장계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

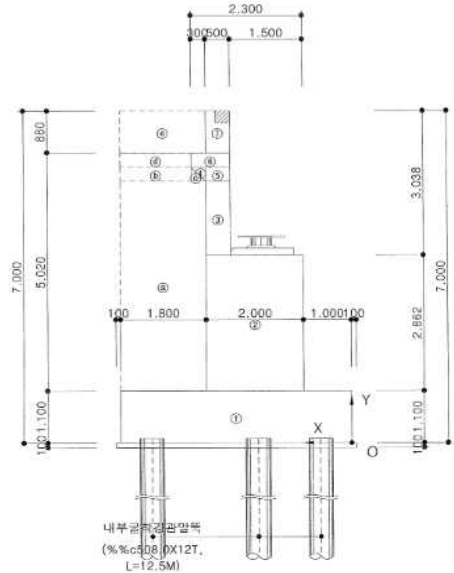
5) 설계 방법

- (1) 인 공 성 결 보 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 역한강도 설계법

6) 참고 문헌

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

2. 단면 가정



※ 교량방형 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
고정하중	1008.391	719.304	910.072	2637.766
활하중	326.672	692.280	547.540	1566.693

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
교축방향	342.640	136.240	144.286	423.166
좌우방향	167.440	167.609	167.563	502.612

결과 요약

■ 말뚝 안전검토 및 용역검토

	구 분	허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1196.989	683.765	0.K
	허용인발력(kN/EA)	448.473	-	0.K
	활동력(MPa)	140	99.922	0.K
	전단응력(MPa)	80	14.158	0.K
	수평변위(mm)	15	7.032	0.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1795.48	740.686	0.K
	허용인발력(kN/EA)	672.709	-	0.K
	활동력(MPa)	210	89.903	0.K
	전단응력(MPa)	120	17.935	0.K
	수평변위(mm)	15	5.019	0.K

■ 단면 휨 설계

단면위치	길이 (H)(mm)	dc (mm)	Req. As (mm ²)	사용철근량 (mm ²)	Mu (kN·m)	ΦMu (kN·m)	안전도	비고	
전면지점	1100	150	870.438	1940.4	161.571	463.002	2.866	0.K	
후면지점	1100	100	832.866	1940.4	211.08	487.742	2.311	0.K	
벽체 : H=5.900	2000	100	783.242	1586.8	378.33	765.041	2.022	0.K	
출벽	500	100	1400.38	2292	139.162	223.934	1.609	0.K	
좌측날개	A(T=400 mm)	400	60	417.919	794.4	35.906	67.691	1.885	0.K
	B(T=400 mm)	400	60	142.483	794.4	12.315	67.691	5.497	0.K
	C(T=400 mm)	400	60	147.642	794.4	12.76	67.691	5.305	0.K
	D(T=820 mm)	620	80	1165.07	2026.8	157.885	271.388	1.719	0.K
우측날개	A(T=800 mm)	800	80	2322.09	3096.8	416.226	560.591	1.323	0.K
	활부(T=820 mm)	620	80	1519.13	3096.8	204.857	409.448	1.994	0.K
	B(T=800 mm)	800	80	832.44	1586.8	151.537	286.971	1.894	0.K
	C(T=800 mm)	800	80	1746.14	3096.8	314.874	550.591	1.749	0.K

■ 사용성 검토

구 분	인장응력(f _t)	허용응력(f _{ts})	철근간격(S)	최대간격(S ₀)	비 고	
전면지판	59.45	150	125	973.383	0.K	
후면지판	83.952	150	125	985.119	0.K	
벽체 : H=5.900	81.322	150	125	738.259	0.K	
출벽	118.794	150	125	436.662	0.K	
좌측날개	A(T=400 mm)	75.258	150	250	837.115	0.K
	B(T=400 mm)	27.841	150	250	2279.234	0.K
	C(T=400 mm)	28.878	150	250	2196.834	0.K
	D(T=820 mm)	85.926	150	250	733.185	0.K
우측날개	A(T=800 mm)	110.714	150	125	538.792	0.K
	활부(T=820 mm)	73.246	150	125	860.113	0.K
	B(T=800 mm)	77.888	150	125	808.857	0.K
	C(T=800 mm)	85.138	150	125	739.977	0.K

결과 요약

■ 말뚝 안전검토 및 용역검토

	구 분	허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1201.78	877.754	0.K
	허용인발력(kN/EA)	288.503	-	0.K
	활동력(MPa)	133	129.469	0.K
	전단응력(MPa)	76	15.174	0.K
	수평변위(mm)	15	13.375	0.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1802.67	1097.641	0.K
	허용인발력(kN/EA)	432.755	-50.247	0.K
	활동력(MPa)	189.5	133.973	0.K
	전단응력(MPa)	114	20.255	0.K
	수평변위(mm)	15	10.06	0.K

■ 단면 휨 설계

단면위치	길이	dc	Req. As	사용철근량	Mu	ΦMu	안전도	비고	
	H(mm)	(mm)	(mm ²)	(mm ²)	(kN.m)	(kN.m)			
전면지점	1800	150	2172.37	2694.4	805.176	1120.057	1.237	0.K	
후면지점	1800	100	3006.51	4053.6	1539.035	1726.426	1.122	0.K	
벽체 : H=10.200	2300	100	3549.56	5746.4	1967.678	3161.816	1.607	0.K	
출벽	800	100	878.955	1940.4	155.094	339.302	2.188	0.K	
좌측날개	A(T=800 mm)	800	80	1893.28	3096.8	340.886	550.591	1.615	0.K
	활부(T=820 mm)	620	80	1002.59	3096.8	136.172	409.448	2.999	0.K
	B(T=800 mm)	800	80	1685.35	2292	304.105	410.961	1.351	0.K
	C(T=800 mm)	800	80	2294.14	3096.8	411.335	550.591	1.339	0.K

■ 사용성 검토

구 분	인장응력(f_t)	허용응력(f_{ts})	철근간격(S)	최대간격(S_0)	비 고	
전면지판	143.507	150	125	201.256	0.K	
후면지판	145.222	150	125	319.916	0.K	
벽체 : H=10.200	96.888	150	125	602.792	0.K	
출벽	86.678	150	125	682.284	0.K	
좌측날개	A(T=800 mm)	94.345	150	125	662.199	0.K
	활부(T=620 mm)	49.328	150	125	1277.176	0.K
	B(T=800 mm)	113.156	150	125	519.892	0.K
	C(T=800 mm)	114.554	150	125	514.948	0.K

3. 설계 조건

3.1 일반 사항

- 1) 구조 형식 : 다주식 교각
- 2) 상부 형식 : STEEL BOX
- 3) 교각 형식 : I 형교
- 4) 기초 형식 : 말뚝기초

3.2 하중

- 1) 활하중(콘크리트의 단위중량) : $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.3.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 제2편 P366]
- 3) 교량반침 허용계수 : $f_s = 0.05$

3.3 차관 조건

- 1) 기초지반의 N치 : $N = 30$
- 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 36.2^\circ$: $15^\circ \sim 45^\circ$
- 3) 기초지반의 공극비 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- 4) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.448$: $\tan(\phi_2)$: 점토, 콘크리트
- 5) 차관 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 $\times$ 차관구역계수
 - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 차관 구역 : I 구역 - 차관구역 계수 : 0.11

3.4 사용재료강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{dk} =$ 두부부 : 40 MPa
기중 : 40 MPa
기초 : 27 MPa
- 탄성계수 : $E_c =$ 두부부 : 31679.1 MPa
기중 : 31679.1 MPa
기초 : 20893.4 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : $f_y =$ 두부부 : 400 MPa
기중 : 400 MPa
기초 : 400 MPa
- 탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

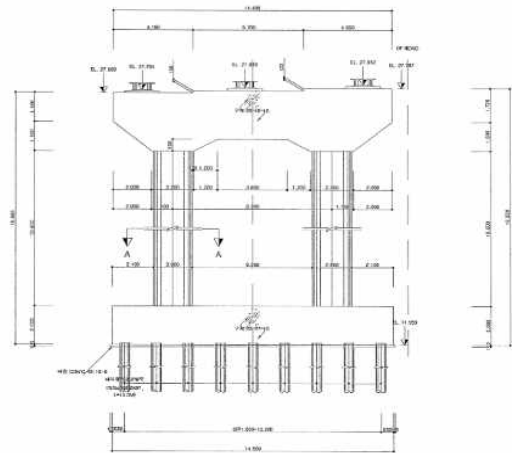
3.5 설계 방법

- 1) 연장 설계도 : 허용응력 설계법
- 2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

3.6 참고 문헌

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

4. 단면가점



2. 해석결과 요약

■ 일괄 안전성검토 및 용역결과

구분	항목	허용강	발생강	비고
교축방향	평상시	허용지하력(kN/EA)	1239.550	0.79.073 O.K
		허용인발력(kN/EA)	438.927	- O.K
		흙 압력(MPa)	140.000	100.356 O.K
		전단응력(MPa)	80.000	4.332 O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.006 O.K
	지진시	허용지하력(kN/EA)	1859.330	1422.822 O.K
		허용인발력(kN/EA)	658.300	-36.747 O.K
		흙 압력(MPa)	210.000	180.848 O.K
		전단응력(MPa)	120.000	13.082 O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.655 O.K
교축직각방향	평상시	허용지하력(kN/EA)	1239.550	1002.149 O.K
		허용인발력(kN/EA)	438.927	- O.K
		흙 압력(MPa)	140.000	117.239 O.K
		전단응력(MPa)	80.000	8.444 O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.131 O.K
	지진시	허용지하력(kN/EA)	1859.330	871.848 O.K
		허용인발력(kN/EA)	658.300	- O.K
		흙 압력(MPa)	210.000	121.559 O.K
		전단응력(MPa)	120.000	13.834 O.K
		수평변위(mm)	15.000	2.890 O.K

■ 단면 설계

단면위치	깊이 (mm)	외벽 (mm)	$Req./As$ (mm^2)	$Use./As$ (mm^2)	M_u (kN.m)	ϕM_u (kN.m)	안전도	비고
두부부	좌측내면보	3000.0	100.0	28500.000	30179.600	-	1.283	O.K
	우측내면보	3000.0	100.0	28500.000	30179.600	-	1.289	O.K
	좌측내면보상	2500.0	100.0	729.711	5247.600	585.089	4263.683	7.165 O.K
	우측내면보상	2500.0	100.0	785.506	5247.600	648.711	4263.683	6.573 O.K
	내부지간1좌	3000.0	100.0	11725.544	30179.600	11252.061	28515.386	2.534 O.K
	내부지간1중	2500.0	100.0	9993.469	13723.600	8095.162	11075.784	1.366 O.K
	내부지간1우	3228.0	100.0	15773.269	30179.600	16308.005	30854.908	1.892 O.K
	교량받침1	2825.0	100.0	203.768	30179.600	171.387	24607.487	143.929 O.K
	교량받침2	2506.0	100.0	7684.233	13723.600	6238.772	11075.784	1.775 O.K
	교량받침3	2853.0	100.0	209.204	30179.600	192.227	27007.009	140.405 O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	30383.651	45290.700	18922.075	28068.694	1.483 O.K
	교각-지결부	2000.0	150.0	10144.383	21957.900	6333.174	13568.302	2.146 O.K
	교각-중량부	2000.0	100.0	11663.508	14038.500	7471.646	6977.630	1.202 O.K

■ 기둥의 단면 설계

단면위치		P _{Use}	P _u (kN)	φP _n (kN)	안전도	비고
교축방향	축력최대	0.015	18975.568	69162.715	3.645	O.K
	모멘트최대	0.015	13234.124	32445.756	2.452	O.K
	단성설계	0.015	9696.062	10985.991	1.134	O.K
	편심최대	0.015	9201.759	26648.891	2.896	O.K
	축력최대	0.015	18975.568	69162.715	3.645	O.K
교축직각방향	모멘트최대	0.015	10121.219	29671.563	2.932	O.K
	단성설계	0.015	9696.062	39991.131	4.129	O.K
	편심최대	0.015	6945.029	18967.223	2.731	O.K
	축력최대	0.015	18975.568	69162.715	3.645	O.K
	모멘트최대	0.015	10120.828	19539.953	1.931	O.K
합성부재	단성설계	0.015	9696.062	10097.284	1.042	O.K
	편심최대	0.015	6944.638	12768.164	1.839	O.K
	모멘트최대	0.015	10121.219	22526.550	2.226	O.K
	편심최대	0.015	6945.029	14768.481	2.126	O.K
	축력최대	0.015	18975.568	69162.715	3.645	O.K

■ 사용성 검토

단면위치	인장응력(f_s)	허용응력(f_{sa})	슬라크간격(S)	최대간격(S_u)	비고
두부부	좌측내면보	69.162	180.000	131.579	910.907 O.K
	우측내면보	89.545	180.000	131.579	669.441 O.K
	좌측내면보수평	48.700	180.000	230.769	1293.642 O.K
	우측내면보수평	53.089	180.000	230.769	1198.712 O.K
	내부지간1좌측지결부	94.309	180.000	131.579	625.017 O.K
	내부지간1중량부	205.690	180.000	131.579	172.858 O.K
	내부지간1우측지결부	144.416	180.000	131.579	335.301 O.K
	교량받침1	19.866	180.000	131.579	3171.305 O.K
	교량받침2	153.118	180.000	131.579	304.310 O.K
	교량받침3	21.619	180.000	131.579	2867.443 O.K
기초	교축방향	159.396	180.000	123.932	146.554 O.K
	교각-지결부	146.333	180.000	130.612	194.406 O.K
	교각-중량부	210.074	180.000	130.612	148.617 O.K

3. 설계 조건

3.1 일반 사항

- 1) 구조 형식 : 다주식 교각
- 2) 상부 형식 : IPC GIRDER
- 3) 교량 등급 : 1 등급
- 4) 기초 형식 : 암석기초

3.2 하중

- 1) 활하중(단위중량) : $y_{c1} = 25 \text{ kN/m}^2$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : $y_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 제2편 P366]
- 3) 교량방위 마찰계수 : $f_s = 0.05$

3.3 지반 조건

- 1) 기초지반의 비파 : $N_c = 10$
 - 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 27.247^\circ$: $15 + \sqrt{15N}$
 - 3) 기초지반의 점착력 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
 - 4) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.328$: $TMN(\phi_2 + \phi_2)$: 최대 콘크리트
 - 5) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 $\times$ 지진구역계수
- 내진 등급 : 1 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : 1 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사용 재료 강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부분 : 40 MPa
기초 : 40 MPa
기초 : 27 MPa
- 탄성계수 : $E_c =$ 두부분 : 31879.1 MPa
기초 : 31879.1 MPa
기초 : 28893.4 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : $f_y =$ 두부분 : 400 MPa
기초 : 400 MPa
기초 : 400 MPa
- 탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설계 방법

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

3.6 참고 문헌

- 1) 도로교 설계기준 (2010)
- 2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- 3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- 4) 도로교 설계기준 (2008)
- 5) 도로교 설계기준 (2008)
- 6) 강구조 현상 (1995)
- 7) 강도도로 설계부 설계기준 (2008)

2. 해석결과 요약

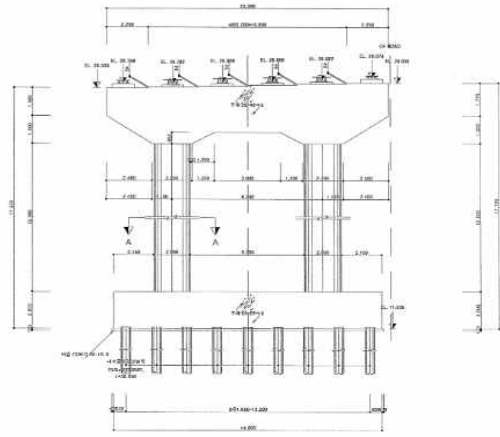
■ 골체 안전성검토 및 위험검토

구분	항목	허용값	발생값	비고
교량방향	평상시	허용지하력(kN/EA)	1470.500	767.548 O.K
		허용인발력(kN/EA)	372.929	- O.K
		활 하중(MPa)	140.000	73.974 O.K
		전단응력(MPa)	80.000	1.029 O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.273 O.K
	지진시	허용지하력(kN/EA)	2205.750	1213.932 O.K
		허용인발력(kN/EA)	559.394	- O.K
		활 하중(MPa)	210.000	171.291 O.K
		전단응력(MPa)	120.000	15.801 O.K
		수평변위(mm)	15.000	11.013 O.K
교축직각방향	평상시	허용지하력(kN/EA)	1470.500	919.784 O.K
		허용인발력(kN/EA)	372.929	- O.K
		활 하중(MPa)	140.000	124.798 O.K
		전단응력(MPa)	80.000	6.630 O.K
		수평변위(mm)	15.000	8.200 O.K
	지진시	허용지하력(kN/EA)	2205.750	882.448 O.K
		허용인발력(kN/EA)	559.394	- O.K
		활 하중(MPa)	210.000	152.628 O.K
		전단응력(MPa)	120.000	13.864 O.K
		수평변위(mm)	15.000	9.663 O.K

■ 기둥의 단면 설계

단면위치	P_{use}	$P_u(kN)$	$\phi P_n(kN)$	안전도	비고
교량방향	축력최대	0.009	17178.473	65740.908	3.827 O.K
	모멘트최대	0.009	11901.727	75132.466	6.313 O.K
	단성설계	0.009	9155.175	15100.381	1.649 O.K
	편심최대	0.009	8239.657	73157.614	8.879 O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	17178.473	65740.908	3.827 O.K
	모멘트최대	0.009	10131.993	31733.454	3.132 O.K
	단성설계	0.009	9155.175	23813.230	2.601 O.K
	편심최대	0.009	7094.794	19953.211	2.812 O.K
합성부재적	축력최대	0.009	17178.473	65740.908	3.827 O.K
	모멘트최대	0.009	10536.933	36604.849	3.474 O.K
	단성설계	0.009	9155.175	10561.187	1.154 O.K
	편심최대	0.009	6689.202	23554.742	3.521 O.K
	모멘트최대	0.009	10131.993	30427.783	3.003 O.K
	편심최대	0.009	7094.794	19219.422	2.709 O.K

4. 단면 가 장



■ 단면 설계

단면위치	길이(mm)	파복(mm)	Req. A_s (mm ²)	Use. A_s (mm ²)	M_u (kN.m)	ϕM_n (kN.m)	안전도	비고
내부지	좌측내안보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	-	2.553 O.K
	우측내안보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	-	2.920 O.K
	좌측내안보	3000.0	100.0	169.893	5247.600	167.495	5155.775	30.782 O.K
	우측내안보	3000.0	100.0	169.893	5247.600	167.495	5155.775	30.782 O.K
	내부지간1호	3054.0	100.0	9008.648	36533.200	8928.451	35181.637	3.940 O.K
	내부지간1호	2508.0	100.0	6522.420	11654.100	5311.674	9450.899	1.779 O.K
	내부지간1호	3216.0	100.0	11610.031	36533.200	12012.899	37193.886	3.096 O.K
	교량받침1	2051.0	100.0	102.872	36533.200	66.494	22729.339	341.788 O.K
	교량받침3	2508.0	100.0	247.974	11654.100	202.980	9450.899	46.561 O.K
	교량받침4	2562.0	100.0	2936.487	36533.200	2402.406	29070.364	12.101 O.K
기초	교량받침5	2321.0	100.0	104.522	36533.200	77.145	26077.087	338.025 O.K
	교축방향	2000.0	150.0	26037.085	33520.500	16238.803	20854.791	1.280 O.K
	교각-지점부	2000.0	150.0	9967.175	18967.900	6223.360	11764.244	1.890 O.K
	교각-중요부	2000.0	100.0	10477.733	14038.500	6717.790	8977.630	1.336 O.K

■ 사용성 검토

단면위치	인장응력(f_s)	허용응력(f_{sn})	최근간격(S)	최대간격(S_q)	비고
내부지	좌측내안보	67.179	180.000	130.435	937.792 O.K
	우측내안보	63.512	180.000	130.435	991.945 O.K
	좌측내안보수평	11.314	180.000	230.769	5568.401 O.K
	우측내안보수평	11.314	180.000	230.769	5568.401 O.K
	내부지간1호축지점부	60.943	180.000	130.435	1033.745 O.K
	내부지간1호중요부	157.403	180.000	130.435	281.559 O.K
	내부지간1호지점부	88.258	180.000	130.435	882.270 O.K
	교량받침1	7.910	180.000	130.435	7964.776 O.K
	교량받침3	47.956	180.000	130.435	1313.702 O.K
	교량받침4	22.613	180.000	130.435	2786.020 O.K
기초	교량받침5	8.400	180.000	130.435	7500.085 O.K
	교축방향	160.692	180.000	123.932	138.817 O.K
	교각-지점부	152.939	180.000	130.612	167.423 O.K
	교각-중요부	187.221	180.000	130.612	194.375 O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : Var

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 45,000 + 60,000 + 45,000 + 4@45,000 = 330,000 m

5.3 교 폭 : Var

5.4 교각형식 : π형 교각

5.5 교각기초형식 : 말뚝기초

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 = 2 (지반종류 : 3, 지진력저감교량)
- (6) 용단수정계수 : 1
- (7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
- (8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
- (9) 방정형식 : EQS 변위반환

5.7 해석방법

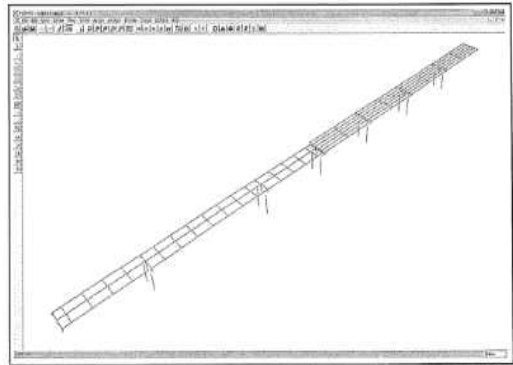
- (1) 해석방법 선정 : 시간이력해석법
- (2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

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

6. 설계단면 및 모델링

6.1 모델링



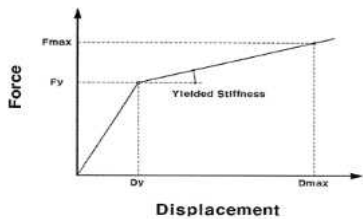
6.2 단면특성

- ① 상부구조 단면특성 : 원형단면 구조해석 참조
- ② 하부구조 단면특성 : 원형단면 구조해석 참조

6.3 작용하중(작용질량)

상부구조는 거더의 형상을 통하여 알 수 있는 단면적으로 프로그램에서 자동생성되도록 제작하고 그외의 고정하중반력과 2차고정하중들을 각각의 주행을 모델링한 프레임 요소에 단위길이 당의 하중과 질량으로 제하여 구조해석을 수행하였다. 하부구조는 콘크리트로 구성된 교각으로 각각의 단면적에 따라 프로그램내에서 지동으로 계산한 질량을 사용한다.

6.4 사용된 연진장치(EQS)의 특성



구분	1차강성 (K1,kN/m)	2차강성 (K2,kN/m)	유류강성 (Keff,kN/m)	항복점도(kN)
OMEQS 2000	중	163777.0	-	1300.0
	경	163777.0	984.0	3584.0
OMEQS 1750	중	196534.0	-	1560.0
	경	196534.0	1181.0	3131.0
OMEQS 1900	중	212915.0	-	1690.0
	경	212915.0	1280.0	3392.0
OMEQS 2500	중	212915.0	-	1690.0
	경	212915.0	1280.0	4660.0
EQS1750		196534.0	1181.0	3131.0
EQS1900		212915.0	1280.0	3392.0
EQS7000		291023.0	3789.0	7089.0
EQS7500		347717.0	4527.0	8470.0
EQS8000		629920.0	4921.0	12064.0
EQS9000		434645.0	5659.0	10588.0

6.5 방위배치

일반내진설계의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 방위가 배치 되는 경우가 일반적이다. 교축방향의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유롭기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단방위로 배치하게 되는데 이때에 교축방향의 모든 지진하중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대칭은 물론이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여야 한다. 따라서 연진설계를 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대칭을 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

9. 내진해석결과

9.1 방위 지진력

9.1 방위 지진력												(UNIT:kN)
구분	R	교축방향		교각방향		Combo1		Combo2		방위지진 전단력	판정	
		교축	교각	교축	교각	교축	교각	교축	교각			
A1	B1	0.8	130.0	16.3	42.1	162.5	178.3	81.4	101.4	209.3	230	OK
	B2	0.8	130.0	16.6	20.8	162.6	170.3	81.8	74.7	209.5	230	OK
	B3	0.8	130.0	16.7	47.6	162.6	180.4	81.8	108.3	209.5	230	OK
P1	B1	1.0	671.8	18.3	87.4	505.5	697.8	169.9	288.9	511.0	740	OK
	B2	1.0	764.8	29.8	68.0	640.7	785.2	222.0	297.5	649.7	850	OK
	B3	1.0	749.3	35.6	78.8	640.1	772.9	227.6	303.6	650.7	850	OK
P2	B1	1.0	615.0	27.9	72.2	537.2	636.7	189.1	256.7	545.6	740	OK
	B2	1.0	718.4	32.8	60.3	667.8	736.4	233.2	275.8	677.7	850	OK
	B3	1.0	697.8	34.7	75.7	666.9	720.6	234.7	285.1	677.3	850	OK
P3	B1	0.8	130.0	16.1	37.1	166.2	176.4	82.4	95.2	213.7	230	OK
	B2	0.8	130.0	14.2	21.4	166.3	170.5	80.1	75.5	213.2	230	OK
	B3	0.8	130.0	22.8	43.1	166.2	178.6	90.8	102.6	216.3	230	OK
P4	B1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	0.8	169.0	12.3	98.1	218.0	248.0	97.1	186.0	277.1	290	OK
	B3	0.8	156.0	11.3	35.7	201.3	208.4	89.7	103.1	255.9	270	OK
P5	B1	0.8	156.0	11.4	38.4	201.3	209.4	89.7	106.5	255.9	270	OK
	B2	0.8	156.0	11.3	91.7	201.3	229.4	89.7	173.2	255.8	270	OK
	B3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
P6	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	220.8	2.7	55.7	221.6	237.5	89.1	121.9	222.4	280	OK
	B3	1.0	203.9	2.5	18.6	204.6	209.5	83.9	79.8	205.3	250	OK
P7	B1	1.0	203.9	2.5	19.5	204.6	209.8	83.9	80.7	205.3	250	OK
	B2	1.0	204.0	2.5	52.7	204.6	219.8	83.9	113.9	205.3	250	OK
	B3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
P8	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	220.8	2.6	54.9	221.6	237.3	89.0	121.1	222.4	280	OK
	B3	1.0	203.9	2.4	18.4	204.6	209.4	83.7	79.6	205.3	250	OK
P9	B1	1.0	203.9	2.4	19.8	204.6	209.8	83.7	80.9	205.3	250	OK
	B2	1.0	204.0	2.4	52.2	204.6	219.6	83.7	113.4	205.3	250	OK
	B3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK

P5	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
	B2	1.0	223.9	10.1	26.9	221.0	232.0	76.4	94.1	224.0	280	OK
	B3	1.0	206.7	9.3	8.0	204.0	208.1	70.5	70.0	206.8	250	OK
	B4	1.0	206.8	9.3	9.8	204.0	209.7	70.5	71.8	206.8	250	OK
	B5	1.0	206.8	9.3	26.5	204.0	214.8	70.5	88.6	206.8	250	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
	B2	1.0	223.9	10.1	27.7	220.9	232.2	76.3	94.9	223.9	280	OK
	B3	1.0	206.7	9.3	8.5	203.9	209.3	70.5	70.5	206.7	250	OK
	B4	1.0	206.8	9.3	10.4	203.9	209.9	70.5	72.4	206.7	250	OK
	B5	1.0	206.8	9.3	27.4	203.9	215.0	70.5	89.5	206.7	250	OK
B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK		
P6	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
	B2	1.0	220.0	6.0	61.1	209.9	238.3	69.0	127.1	211.7	280	OK
	B3	1.0	203.1	5.5	20.4	193.9	209.2	63.7	81.4	195.6	250	OK
	B4	1.0	203.1	5.5	23.2	193.9	210.1	63.7	84.2	195.5	250	OK
	B5	1.0	203.2	5.5	60.8	193.7	221.4	63.6	121.8	195.4	250	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
	B2	1.0	220.0	6.5	64.9	209.7	239.4	69.4	130.9	211.6	280	OK
	B3	1.0	203.1	5.9	21.4	193.7	209.5	64.0	82.3	195.5	250	OK
	B4	1.0	203.1	5.9	24.6	193.7	210.5	64.0	85.6	195.4	250	OK
	B5	1.0	203.2	5.9	64.4	193.5	222.5	64.0	125.3	195.3	250	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
A2	B1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	
	B2	0.8	169.0	6.3	99.9	204.2	248.7	84.4	188.3	257.6	290	OK
	B3	0.8	156.0	5.8	33.7	188.6	207.7	77.9	100.7	237.9	270	OK
	B4	0.8	156.0	5.8	38.3	188.6	209.3	77.9	106.3	237.9	270	OK
	B5	0.8	156.0	5.8	95.1	188.6	230.7	77.9	177.3	237.9	270	OK
	B6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK	

9.2 발점 범위 (UNIT:mm)

구 분		교측방향		교각방향		Combo1		Combo2		발점거리 범위	기준점
		교측	교각	교측	교각	교측	교각	교측	교각		
A1	B1	103.5	1.3	1.0	30.7	103.8	10.5	32.0	31.0	150	OK
	B2	100.5	1.3	0.2	30.7	100.5	10.5	30.4	31.1	150	OK
	B3	99.6	1.3	0.7	30.7	99.8	10.5	30.6	31.0	150	OK
P1	B1	29.8	0.1	0.9	40.3	30.1	12.2	9.9	40.3	90	OK
	B2	26.6	0.1	0.2	40.4	26.7	12.3	8.1	40.5	90	OK
	B3	24.4	0.1	0.6	40.2	24.5	12.2	7.9	40.3	90	OK
P2	B1	9.8	0.1	0.7	52.2	10.0	15.7	3.6	52.2	90	OK
	B2	6.4	0.1	0.2	52.4	6.4	15.8	2.1	52.4	90	OK
	B3	3.7	0.1	0.5	52.1	3.6	15.7	1.6	52.1	90	OK
P3	B1	90.2	1.4	0.8	35.5	90.5	12.0	27.9	35.9	150	OK
	B2	87.3	1.4	0.3	35.6	87.4	12.0	26.5	36.0	150	OK
	B3	85.3	1.4	0.8	35.4	85.5	12.0	26.3	35.9	150	OK
	B1	37.7	0.1	2.5	64.9	38.5	19.6	13.8	64.9	150	OK
	B2	37.8	0.1	1.5	64.8	38.2	19.5	12.8	64.8	150	OK
	B3	37.8	0.1	0.5	64.8	38.0	19.6	11.8	64.9	150	OK
	B4	37.9	0.1	0.6	64.8	38.0	19.6	11.9	64.9	150	OK
	B5	37.9	0.1	1.6	64.8	38.3	19.5	12.9	64.8	150	OK
	B6	37.9	0.1	2.6	64.9	38.7	19.6	13.9	64.9	150	OK
	B1	67.5	0.1	1.8	54.7	68.0	16.5	22.0	54.7	150	OK
P4	B2	67.5	0.1	1.0	54.0	67.8	16.3	21.3	54.0	120	OK
	B3	67.6	0.1	0.3	54.1	67.7	16.3	20.6	54.1	120	OK
	B4	67.7	0.1	0.4	54.1	67.8	16.3	20.7	54.1	120	OK
	B5	67.8	0.1	1.1	54.1	68.1	16.3	21.5	54.1	120	OK
	B6	67.8	0.1	1.9	54.7	68.4	16.5	22.2	54.7	150	OK
	B1	67.5	0.0	1.8	54.6	68.0	16.4	22.0	54.6	150	OK
	B2	67.5	0.0	1.0	53.9	67.8	16.2	21.3	53.9	120	OK
	B3	67.6	0.0	0.3	53.9	67.7	16.2	20.6	54.0	120	OK
	B4	67.7	0.0	0.4	53.9	67.8	16.2	20.7	54.0	120	OK
	B5	67.7	0.0	1.1	53.9	68.1	16.2	21.5	54.0	120	OK
	B6	67.8	0.0	1.9	54.6	68.4	16.4	22.2	54.6	150	OK

P5	B1	65.4	0.0	1.6	48.5	65.8	14.6	21.2	48.5	150	OK
	B2	65.4	0.0	0.9	47.9	65.7	14.4	20.6	47.9	120	OK
	B3	65.5	0.0	0.3	47.9	65.6	14.4	19.9	47.9	120	OK
	B4	65.6	0.0	0.4	47.9	65.7	14.4	20.0	47.9	120	OK
	B5	65.7	0.0	1.0	47.9	66.0	14.4	20.7	47.9	120	OK
	B6	65.7	0.0	1.7	48.5	66.3	14.6	21.4	48.5	150	OK
	B1	65.4	0.0	1.6	48.3	65.8	14.5	21.2	48.3	150	OK
	B2	65.4	0.0	0.9	47.7	65.7	14.3	20.6	47.7	120	OK
	B3	65.5	0.0	0.3	47.7	65.6	14.4	20.0	47.8	120	OK
	B4	65.6	0.0	0.4	47.7	65.7	14.4	20.1	47.8	120	OK
	B5	65.7	0.0	1.0	47.7	66.0	14.4	20.7	47.8	120	OK
	B6	65.8	0.0	1.7	48.3	66.3	14.5	21.4	48.3	150	OK
P6	B1	67.4	0.0	2.5	42.1	68.2	12.7	22.8	42.1	150	OK
	B2	67.5	0.0	1.5	41.5	67.9	12.5	21.7	41.5	120	OK
	B3	67.6	0.0	0.4	41.6	67.7	12.5	20.7	41.6	120	OK
	B4	67.6	0.0	0.6	41.6	67.8	12.5	20.9	41.6	120	OK
	B5	67.7	0.0	1.6	41.6	68.2	12.5	21.9	41.6	120	OK
	B6	67.8	0.0	2.7	42.1	68.6	12.7	23.0	42.1	150	OK
	B1	67.4	0.1	2.5	41.9	68.2	12.6	22.8	41.9	150	OK
	B2	67.5	0.1	1.5	41.3	67.9	12.5	21.7	41.4	120	OK
	B3	67.5	0.1	0.4	41.4	67.7	12.5	20.7	41.4	120	OK
	B4	67.6	0.1	0.6	41.4	67.8	12.5	20.9	41.4	120	OK
	B5	67.7	0.1	1.6	41.4	68.2	12.5	21.9	41.4	120	OK
	B6	67.8	0.1	2.7	41.9	68.6	12.6	23.0	41.9	150	OK
A2	B1	84.5	0.1	2.9	49.9	85.4	15.1	28.3	49.9	150	OK
	B2	84.5	0.1	1.7	49.8	85.0	15.1	27.1	49.8	150	OK
	B3	84.5	0.1	0.5	49.8	84.6	15.1	25.9	49.9	150	OK
	B4	84.5	0.1	0.7	49.8	84.7	15.1	26.0	49.9	150	OK
	B5	84.5	0.1	1.9	49.8	85.1	15.1	27.2	49.9	150	OK
	B6	84.5	0.1	3.1	49.9	85.5	15.1	28.5	49.9	150	OK

9.3 교각 교행부 범위 (UNIT:mm)

구 분	교각방향		교각방향		COM1		COM2		비고
	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	
P1	85.2	0.2	0.2	15.8	85.2	4.9	25.7	15.9	
P2	96.9	0.2	0.2	23.8	97.0	7.3	29.2	23.9	
P3	65.5	0.1	0.1	18.2	65.5	5.6	19.6	18.2	
P4	25.6	0.1	0.1	22.5	25.7	6.8	7.8	22.5	
P5	27.9	0.1	0.0	29.2	29.0	8.8	8.4	29.2	
P6	23.1	0.0	0.1	18.9	23.2	5.7	7.0	19.0	

9.4 교각8단 단면적 (Unit : Km.m)

구분	교각방향				교각방향			
	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적
P1	L	1236.43	67.80	15838.53	161.95	49.29	1340.55	236.34
	R	1303.05	67.80	16139.93	161.95	68.03	1340.55	242.41
P2	L	1201.66	22.21	17808.00	123.61	35.18	1280.88	167.24
	R	1207.79	22.21	17835.76	123.61	44.04	1280.88	223.12
P3	L	932.49	22.76	12271.96	115.46	26.37	1198.02	142.22
	R	934.76	22.76	12284.57	115.46	25.49	1198.02	126.63
P4	L	1383.20	35.52	8333.04	82.18	23.24	1333.74	90.34
	R	1357.61	35.52	8408.45	82.18	22.72	1333.74	86.13
P5	L	1526.66	29.67	9542.52	88.87	7.13	1333.56	37.25
	R	1527.56	29.67	9547.44	88.87	8.38	1333.56	38.55
P6	L	1373.25	10.92	6313.81	39.00	37.76	1310.63	101.81
	R	1373.85	10.92	6366.31	38.00	39.94	1310.63	122.19

9.6 교각상단 단면적 (Unit : Km.m)

구분	교각방향				교각방향			
	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적
P1	L	1120.58	24.37	7161.12	141.29	17.33	1140.86	127.59
	R	1167.30	24.37	7046.26	141.29	16.61	1140.86	119.24
P2	L	1218.45	27.73	7653.85	112.33	13.60	1239.81	113.18
	R	1220.32	27.73	7612.67	112.33	16.04	1239.81	106.70
P3	L	845.34	16.91	5501.58	95.94	18.75	1128.03	120.17
	R	846.86	16.91	5486.14	95.94	19.50	1128.03	122.53
P4	L	1325.30	13.69	6705.68	57.66	19.90	1217.74	58.13
	R	1319.04	13.69	6719.56	57.66	16.05	1217.74	57.02
P5	L	1422.60	6.19	8499.52	43.80	11.79	1284.44	39.46
	R	1422.36	6.19	8502.94	43.80	11.79	1284.44	37.72
P6	L	1297.25	7.72	6475.78	30.21	30.03	1153.17	71.88
	R	1289.94	7.72	6477.43	30.21	31.69	1153.17	75.43

9.5 교각하단 하중조합 (Unit : Km.m)

구분	Combo1				Combo2			
	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적
P1	L	1251	470	15909	2267	420	1361	4986
	R	1323	470	16213	2267	459	1361	5084
P2	L	1213	406	17698	2598	399	1285	5450
	R	1221	406	17703	2598	405	1285	5514
P3	L	940	382	12315	2205	305	1205	3824
	R	942	382	12323	2205	305	1205	3814
P4	L	1370	456	8560	2382	432	1344	2650
	R	1364	456	8525	2383	430	1344	2639
P5	L	1529	430	9554	2634	465	1342	2900
	R	1530	430	9559	2634	467	1342	2903
P6	L	1380	404	8344	2187	451	1314	2596
	R	1386	404	8323	2187	452	1314	2608

9.7 교각상단 하중조합 (Unit : Km.m)

구분	Combo1				Combo2			
	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적	교각단면적
P1	L	1126	367	7199	2006	354	1148	2276
	R	1172	367	7084	2006	367	1148	2234
P2	L	1224	400	7868	2432	379	1248	2463
	R	1225	400	7845	2432	382	1248	2450
P3	L	851	355	5538	2029	272	1133	1771
	R	853	355	5533	2029	274	1133	1771
P4	L	1331	379	6723	2166	417	1222	2070
	R	1323	379	6737	2166	411	1222	2073
P5	L	1426	392	8511	2430	439	1285	2598
	R	1426	392	8514	2430	439	1285	2599
P6	L	1306	354	6407	1909	419	1155	2015
	R	1299	354	6500	1908	419	1155	2019

9.2.2 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 9.2.1】 서문9교(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

9.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

9.2.4 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.	

9.2.5 시설물 보수 이력

【표 9.2.2】 서문9교(서울방향) 보수이력사항

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

9.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 9.2.3】 내진설계 여부 확인

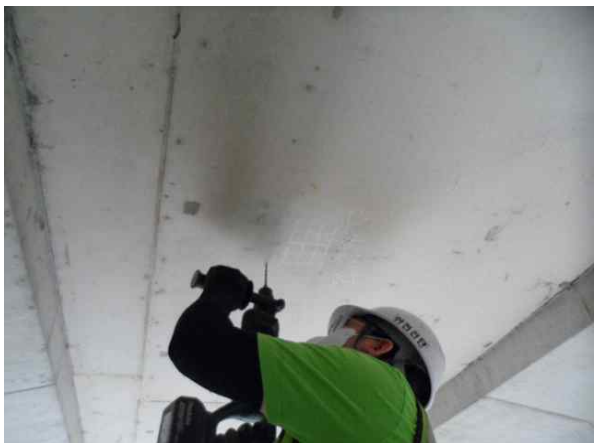
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

9.3 현장조사

9.3.1 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~S7	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업전경		작업전경	
			
작업전경		비파괴시험	

【사진 9.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

9.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향)는 총 7경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=345.0m 폭 16.4m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



【사진 9.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 폭 0.3mm미만 균열, 균열부 백태, 백태 등의 손상이 확인되었다.

【표 9.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—
S2	—	—	—	—	—	—
S3	72.00	4	—	—	—	—
S4	—	—	—	—	—	—
S5	—	—	1.15	2	0.50	2
S6	—	—	—	—	—	—
S7	75.00	5	—	—	—	—
합계	147.00	9	1.15	2	0.50	2

	
S1 망상균열 (3.0m×10.0m×2EA)	S5 균열부백태 (0.2m×1.0m)
	
S5 균열부백태 (0.2m×1.0m)	S5 균열부백태 (0.2m×1.5m)
	
S5 균열부백태 (0.2m×1.5m)	S5 백태 (0.3m×0.5m)

【사진 9.3.3】 바닥판하면 손상현황

	
S5 백태 (1.0m×1.0m)	S6 망상균열 (15.0m×10.0m×4EA)
	—
S6 망상균열 (15.0m×10.0m×4EA)	—

【사진 9.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 망상균열은 폭 0.3mm미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 균열부백 및 백태의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 습식 균열보수, 백태 보수 등의 표면처리가 필요할 것으로 사료되며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

나. STEEL BOX Girder + IPC Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열, IPC는 6열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다

	
STEEL BOX 거더외부 전경	STEEL BOX 거더내부 전경
	
IPC 거더 전경	IPC 거더 전경

【사진 9.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았다.

【표 9.3.2】 거더외부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 외부	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—

【표 9.3.3】 거더내부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 내부	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—

【표 9.3.4】 거더 현장조사 결과(IPC)

구분		상태양호	
거더	S4	—	—
	S5	—	—
	S6	—	—
	S7	—	—
합계		—	—

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더외부 상태양호	거더내부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 9.3.5】 거더 손상현황

	
거더 상태양호	거더 상태양호
	
거더 상태양호	거더 상태양호

【사진 9.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- S.T.B 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- S.T.B 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- IPC 거더는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 9.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 콘크리트 가로보 일부 구간에서 타설불량이 조사되었다

【표 9.3.5】 가로보 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
가로보	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—

【표 9.3.6】 가로보 현장조사 결과(IPC)

구분		타설불량 (㎡/개소)	
가로보	S4	—	—
	S5	—	—
	S6	0.01	1
	S7	—	—
합계		0.01	1

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	S6 타설불량(0.2m×0.4m)

【사진 9.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 가로보(S.T.B)는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 가로보(IPC)는 일부 구간에서 시공 미흡에 의한 타설불량이 확인되었고, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요하며 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 9.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm 미만 균열 및 망상균열 균열부 백태, 접속부 단차 등의 손상이 조사되었다.

【표 9.3.7】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)	
A1	—	—	0.30	1	2.00	1	—	—
A2	8.50	2	—	—	—	—	1.00	1
합계	8.50	2	0.30	1	2.00	1	1.00	1

	
A1 균열부백태 (0.2m×1.5m)	A1 균열부백태 (0.2m×1.5m)
	
A1 망상균열 (1.0m×2.0m)	A2 균열 (0.2mm/3.0m)
	
A2 균열 (0.2mm/5.5m)	A2 균열 (0.2mm/3.0m)

【사진 9.3.9】 교대 손상현황



【사진 9.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

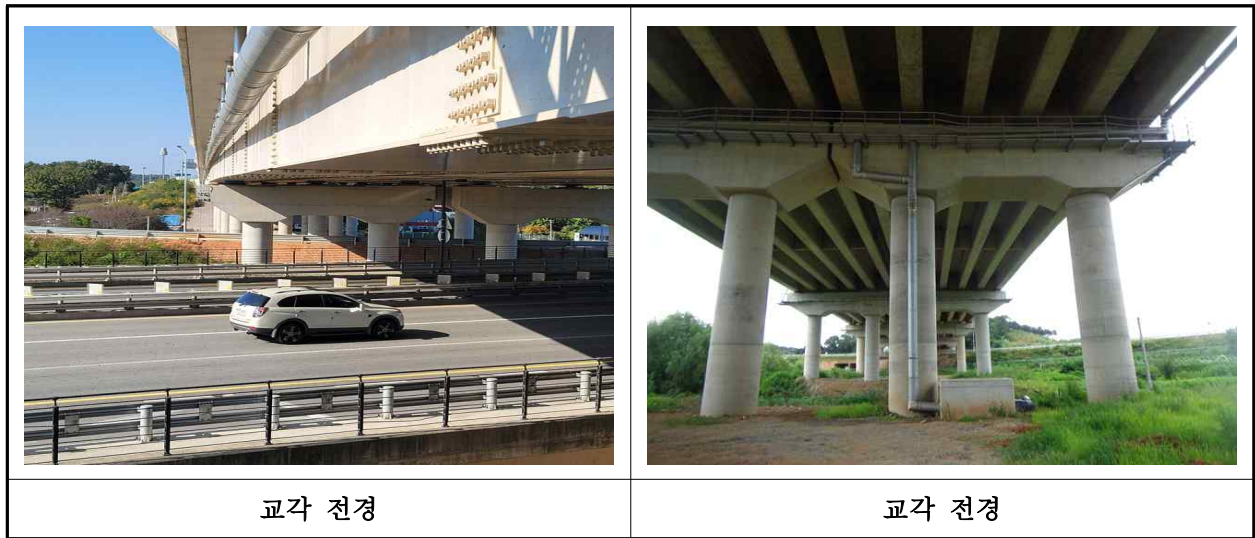
4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.3mm미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 균열부백태의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 습식 균열보수, 백태 보수 등의 표면처리가 필요할 것으로 사료되며, 침하의 경우 주기적인 점검을 통한 침하의 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향)의 교각은 π 형으로 구성되어 있으며, P1 강관말뚝기초, P2~P6 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 9.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm미만 균열이 확인되었다.

【표 9.3.8】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
P4	—	—
P5	12.00	8
P6	10.00	1
합계	22.00	9

	
P5 코핑부 균열 (0.2mm/1.0m×4EA)	P5 코핑부 균열 (0.2mm/2.0m×4EA)
	
P6 코핑부 균열 (0.2mm/10.0m)	P6 코핑부 균열 (0.2mm/10.0m)

【사진 9.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

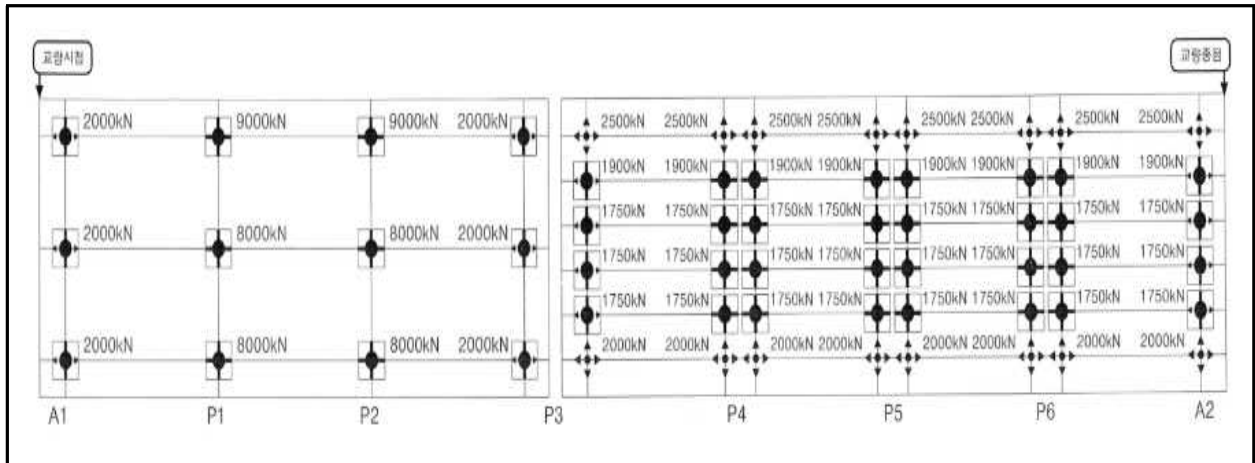
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향)의 받침은 면진받침으로 총 60기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 9.3.1】 교량받침 배치도



【사진 9.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 폭 0.3mm미만 받침몰탈 균열, 파손, 플레이트 부식, 고정핀 미세거 등의 손상이 확인되었다.

【표 9.3.9】 교량반침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)		받침몰탈 파손 (㎡/개소)		플레이트 부식 (m/개소)		고정핀 미제거 (개소/개소)	
A1	—	—	—	—	—	—	—	—
P1	4.80	12	—	—	—	—	—	—
P2	—	—	0.01	1	—	—	—	—
P3	0.40	2	—	—	1.00	1	—	—
P4	0.40	2	—	—	—	—	—	—
P5	4.40	22	0.01	1	—	—	—	—
P6	4.50	15	—	—	—	—	8.00	8
A2	—	—	—	—	—	—	—	—
합계	14.50	53	0.02	2	1.00	1	8.00	8

	
P1-Sh1 받침몰탈 균열 (0.2mm/0.4m×5EA)	P1-Sh2 받침몰탈 균열 (0.2mm/0.4m×3EA)
	
P1-Sh3 받침몰탈 균열 (0.2mm/0.4m×4EA)	P2-Sh1 받침몰탈 파손 (0.1m×0.1m)

【사진 9.3.13】 교량반침 손상현황

	
P3-Sh5 플레이트 부식(1EA)	P3-Sh8 받침물탈 균열 (0.2mm/0.2m×2EA)
	
P4-Sh8 받침물탈 균열 (0.2mm/0.2m×2EA)	P5-Sh1 받침물탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)
	
P5-Sh10 받침물탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)	P5-Sh11 받침물탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)

【사진 9.3.13】 교량받침 손상현황

	
P5-Sh12 받침몰탈 파손 (0.1m×0.1m)	P5-Sh2 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)
	
P5-Sh3 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)	P5-Sh4 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)
	
P5-Sh5 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)	P5-Sh6 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)

【사진 9.3.13】 교량받침 손상현황

	
P5-Sh7 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)	P5-Sh8 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)
	—
P5-Sh9 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)	—

【사진 9.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

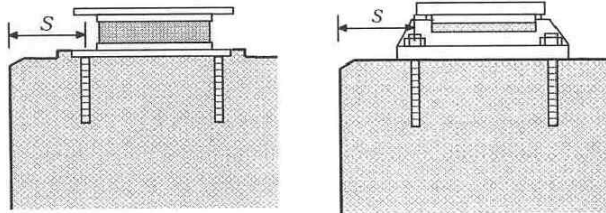
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 받침본체에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 몰탈 파손의 경우, 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이다. 플레이트 부식의 경우 외부 우수유입에 의한 손상이며, 고정핀 미제거의 경우 시공 마무리 미흡에 의한 손상으로 확인되었다. 받침에 발생한 손상은 하자 보수 완료전 표면처리, 단면보수, 채도장, 정비 등의 보수가 필요한 상태이며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 신규 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침

(b) 강재받침

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

【그림 9.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 9.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : $200 + 5 \times 45.0 = 575(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200 + 5 \times 75.0 = 425(\text{mm})$

【표 9.3.10】연단거리 측정 결과

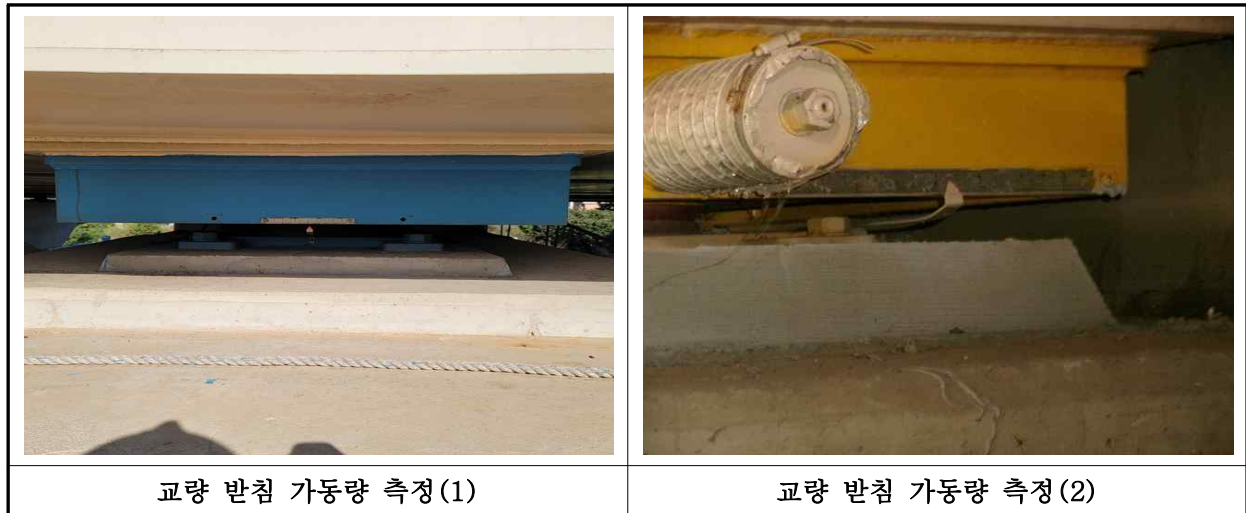
구 분		설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)						검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1		425.0	660	660	660				O.K
P1	A1측	425.0	900	900	900				O.K
	A2측	575.0	900	900	900				O.K
P2	A1측	575.0	900	900	900				O.K
	A2측	425.0	900	900	900				O.K
P3	A1측	425.0	590	590	590				O.K
	A2측	425.0	590	590	590	590	590	590	O.K
P4	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
P5	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
P6	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
A2		425.0	640	640	640	640	640	640	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 9.3.15】 교량받침 이동량 측정

- ① 설계기준온도($-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (한랭지방, 강교), $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 9.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 ($\Delta T, ^{\circ}\text{C}$)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	30.5	29.5	0.000012	82.5	31.1	30.1	
P1	30.5	29.5	0.000012	37.5	13.7	13.3	
P2	30.5	29.5	0.000012	37.5	13.7	13.3	
P3(A1)	30.5	29.5	0.000012	82.5	31.1	30.1	
P3(A2)	25.5	24.5	0.000001	90.0	23.0	22.1	
P4	25.5	24.5	0.000001	45.0	11.5	11.0	
P5	고정단						
P6	25.5	24.5	0.000001	45.0	11.5	11.0	
A2	25.5	24.5	0.000001	90.0	23.0	22.1	

1) 조사당시 온도 : 10.5°C (조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울)
 2) 검토온도 : $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (한랭지방, 강교), $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방, 콘크리트교)

【표 9.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	10	160	140	31.1	30.1	±150	O.K
	SH2	10	160	140			±150	O.K
	SH3	10	160	140			±150	O.K
P1	SH1	-4	86	94	13.7	13.3	±90	O.K
	SH2	-4	86	94			±90	O.K
	SH3	-4	86	94			±90	O.K
P2	SH1	10	100	80	13.7	13.3	±90	O.K
	SH2	10	100	80			±90	O.K
	SH3	10	100	80			±90	O.K
P3 (A1측)	SH1	15	165	135	31.1	30.1	±150	O.K
	SH2	15	165	135			±150	O.K
	SH3	15	165	135			±150	O.K
P3 (A2측)	SH1	-10	140	160	23.0	22.1	±150	O.K
	SH2	-10	140	160			±150	O.K
	SH3	-10	140	160			±150	O.K
	SH4	-10	140	160			±150	O.K
	SH5	-10	140	160			±150	O.K
	SH6	-10	140	160			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 9.3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P4	SH1	-10	110	130	11.5	11.0	±120	O.K
	SH2	-10	110	130			±120	O.K
	SH3	-10	110	130			±120	O.K
	SH4	-10	110	130			±120	O.K
	SH5	-10	110	130			±120	O.K
	SH6	-10	110	130			±120	O.K
	SH7	-10	110	130			±120	O.K
	SH8	-10	110	130			±120	O.K
	SH9	-10	110	130			±120	O.K
	SH10	-10	110	130			±120	O.K
	SH11	-10	110	130			±120	O.K
	SH12	-10	110	130			±120	O.K
P5								
P6	SH1	-20	100	140	11.5	11.0	±120	O.K
	SH2	-20	100	140			±120	O.K
	SH3	-20	100	140			±120	O.K
	SH4	-20	100	140			±120	O.K
	SH5	-20	100	140			±120	O.K
	SH6	-20	100	140			±120	O.K
	SH7	0	120	120			±120	O.K
	SH8	0	120	120			±120	O.K
	SH9	0	120	120			±120	O.K
	SH10	0	120	120			±120	O.K
	SH11	0	120	120			±120	O.K
	SH12	0	120	120			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 9.3.14】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A2	SH1	0	150	150	23.0	22.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
	SH4	0	150	150			±150	O.K
	SH5	0	150	150			±150	O.K
	SH6	0	150	150			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

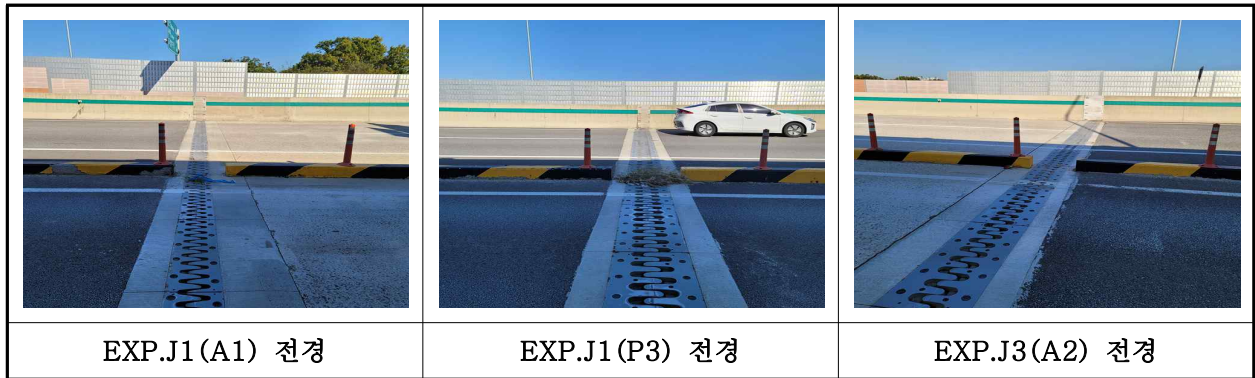
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3, A2 모두 강팽거조인트로 시공된 상태이다.



【사진 9.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3mm미만), 차수판 앵커탈락 등의 손상이 확인되었다.

【표 9.3.15】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		차수판 앵커탈락 (개소/개소)		이동량 부족 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	16.00	40	1.00	1	—	—
P3 (EXP J2)	—	—	2.00	2	—	—
A2 (EXP J3)	—	—	—	—	1.00	1
합계	16.00	40	3.00	3	1.00	1

	
A1 차수판 앵커탈락(1EA)	A1 후타재 균열 (0.2mm/0.3m×20EA)
	
A1 후타재 균열 (0.2mm/0.3m×20EA)	A1 후타재 균열 (0.2mm/0.5m×20EA)
	
A1 후타재 균열 (0.2mm/0.5m×20EA)	P3 차수판 앵커탈락(2EA)

【사진 9.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 차수판 앵커탈락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 표면처리, 정비 등의 보수가 필요할 것으로 판단되며, 신축이음부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

- ① 설계기준온도($-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (한랭지방, 강교), $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법	비고																			
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta Lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 여기서, ΔLt : 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°C(일평균) - 강교 ΔT(신장시) : $40.0^{\circ}\text{C} - 10.5^{\circ}\text{C} = 29.5^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-20.0^{\circ}\text{C} - (10.5^{\circ}\text{C}) = 30.5^{\circ}\text{C}$ - RC교 ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - 10.5^{\circ}\text{C} = 24.5^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-15.0^{\circ}\text{C} - (10.5^{\circ}\text{C}) = 25.5^{\circ}\text{C}$ ΔLt(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위($^{\circ}\text{C}$) <table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선폭창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)</th></tr><tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>$-10 \sim +40$</td><td>$-20 \sim +40$</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>$-10 \sim +50$</td><td>$-20 \sim +40$</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>$-5 \sim +35$</td><td>$-15 \sim +35$</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>	교량형식		보통지방	한랭지방	선폭창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)	강교	상로교	$-10 \sim +40$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	$-10 \sim +50$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		$-5 \sim +35$	$-15 \sim +35$	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선폭창계수 α ($/^{\circ}\text{C}$)																	
강교	상로교	$-10 \sim +40$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}																	
	하로교, 강바닥판교	$-10 \sim +50$	$-20 \sim +40$	1.2×10^{-5}																	
RC, PSC교		$-5 \sim +35$	$-15 \sim +35$	1.0×10^{-5}																	

【사진 9.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 9.3.16】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	82.5	30.2	29.2	58.0	70.0	110.0	
P3	30.5	29.5	0.000012	82.5	30.2	29.2	95.0	180.0	300.0	
	25.5	24.5	0.000001	90.0	23.0	22.1				
A2	25.5	24.5	0.000001	90.0	23.0	22.1	70.0	80.0	180.0	

1) 조사당시 온도 : 10.5°C(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울)
 2) 검토온도 : -20°C ~ 40°C(한랭지방, 강교), -15°C ~ 35°C(한랭지방, 콘크리트교)

【표 9.3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm)	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	30.2	29.2	58.0	80	-8.2	28.8	N.G
	바닥판			70.0	-	-	40.8	O.K
	거더			110.0	-	-	80.8	O.K
P3	신축이음	55.7	53.7	90.0	150	4.3	36.3	O.K
	바닥판			180.0	-	-	126.3	O.K
	거더			300.0	-	-	246.3	O.K
A2	신축이음	25.5	24.5	70.0	100	7.1	48.0	O.K
	바닥판			80.0	-	-	58.0	O.K
	거더			180.0	-	-	158.0	O.K

주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 측정을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.



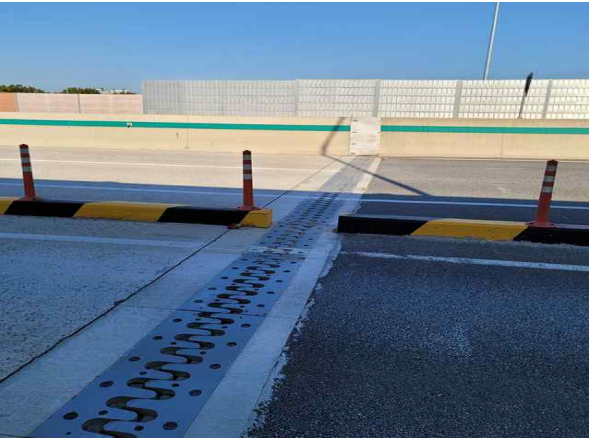
【사진 9.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 접속부 이격이 확인되었다.

【표 9.3.18】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	12.00	1
합계	12.00	1

	
S7 접속부 이격(12.0m)	S7 접속부 이격(12.0m)
	—
S7 접속부 이격(12.0m)	—

【사진 9.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교면포장은 접속부 이격이 조사되었고, 손상부는 접속부 침하, 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상이며, 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 9.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 9.3.19】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
합계	—	—

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

【사진 9.3.22】 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 정비 를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

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



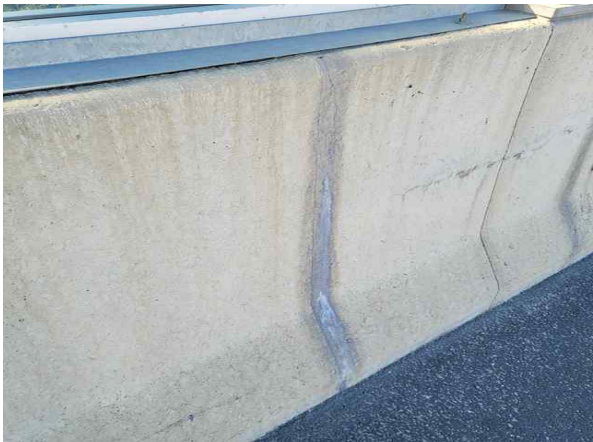
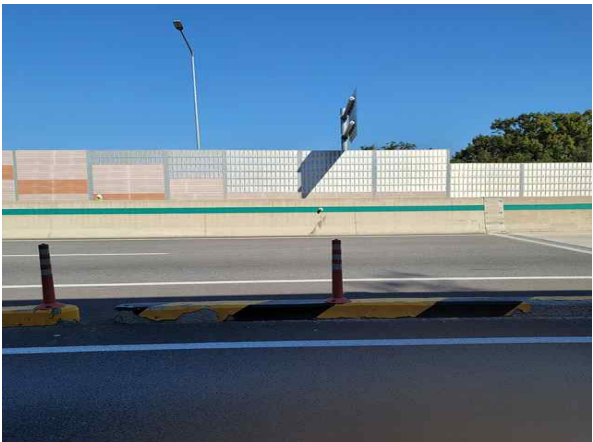
【사진 9.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm미만 균열 및 균열부 백태, 접속부 단차 및 이격 등의 손상이 확인되었다.

【표 9.3.20】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만 (m/개소))		균열부 백태 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	14.50	10	0.10	1	—	—	—	—
S2	36.00	24	—	—	—	—	—	—
S3	24.00	16	—	—	—	—	—	—
S4	40.50	27	—	—	—	—	—	—
S5	55.50	37	—	—	—	—	—	—
S6	19.50	13	0.30	1	—	—	—	—
S7	9.00	6	—	—	1.50	1	5.00	1
합계	199.0	133	0.40	2	1.50	1	5.00	1

	
S1 균열 (0.2mm/1.0m)	S1 균열 (0.2mm/1.5m×8EA)
	
S1 균열부 백태 (0.1m×1.0m)	S1 균열 (0.2mm/1.5m)
	
S2 균열 (0.2mm/1.5m×14EA)	S2 균열 (0.2mm/1.5m×10EA)

【사진 9.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

	
S3 균열 (0.2mm/1.5m×16EA)	S4 균열 (0.2mm/1.5m×17EA)
	
S5 균열 (0.2mm/1.5m×24EA)	S5 균열 (0.2mm/1.5m×13EA)
	
S6 균열 (0.2mm/1.5m×12EA)	S6 균열 (0.2mm/1.5m)

【사진 9.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

	
S6 균열부백태 (0.2m×1.5m)	S7 균열 (0.2mm/1.5m×6EA)
	
S7 접속부 단차(1.5m)	S7 접속부 단차(1.5m)

【사진 9.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 백태보수 등의 조치가 필요하며, 접속부 단차 및 이격의 경우, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.



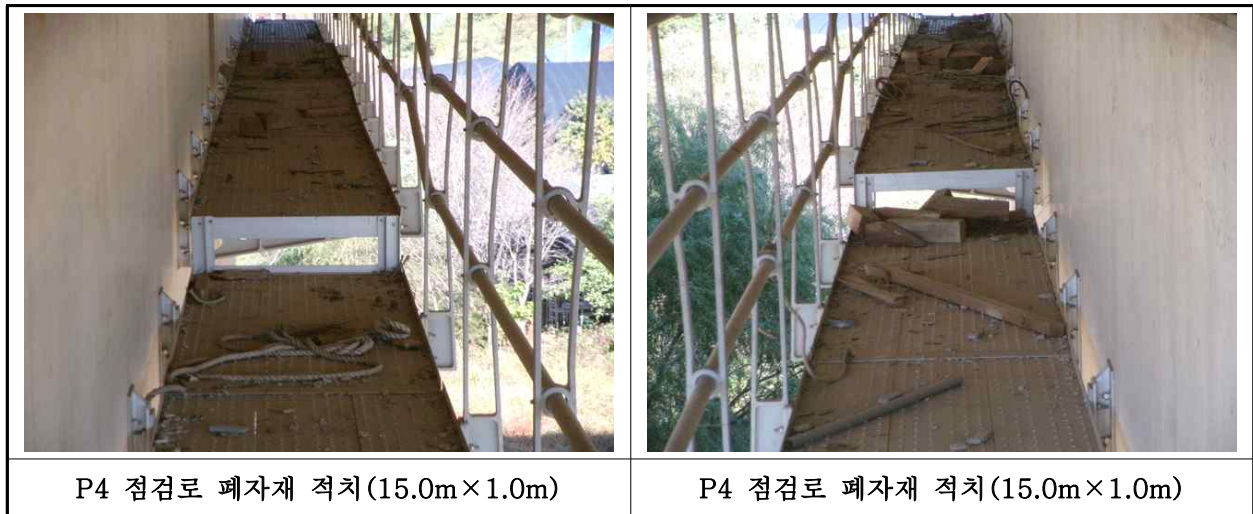
【사진 9.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 9.3.21】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	점검로 폐자재 적치 (㎡/개소)	
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
P4	30.00	2
P5	—	—
P6	—	—
합계	30.00	2



【사진 9.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으나, 일부 구간에 폐자재 적치가 확인 되었으며, 정비가 필요한 상태이다. 점검로의 경우 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.

9.3.3 현장조사 총괄표

【표 9.3.22】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		망상균열	m ²	147.00	9	
		백태	m ²	1.15	2	
		균열부백태	m ²	0.50	2	
S.T.B	거더외부	상태양호	—	—	—	
	거더내부	상태양호	—	—	—	
	가로보	상태양호	—	—	—	
IPC	거더	상태양호	—	—	—	
	가로보	타설불량	m ²	0.01	1	
교대		균열(0.3mm미만)	m	8.50	2	
		균열부 백태	m ²	0.30	1	
		망상균열	m ²	2.00	1	
		접속부 단차	m ²	1.00	1	
교각		균열(0.3mm미만)	m	22.00	9	
교량받침		받침몰탈 균열	m	14.50	53	
		받침몰탈 파손	m ²	0.02	2	
		플레이트 부식	m	1.00	1	
		고정핀 미제거	EA	8.00	8	
신축이음		후타재 균열	m	16.00	40	
		차수판 앵커탈락	EA	3.00	3	
교면포장		접속부 이격	m	12.00	1	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	199.0	133	
		균열부 백태	m ²	0.40	2	
		접속부 단차	m	1.50	1	
		접속부 이격	m	5.00	1	
점검시설		폐자재 적치	m ²	30.00	2	

9.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

9.4 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.

9.4.1 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 9.4.1】 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	7	7	7	7	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

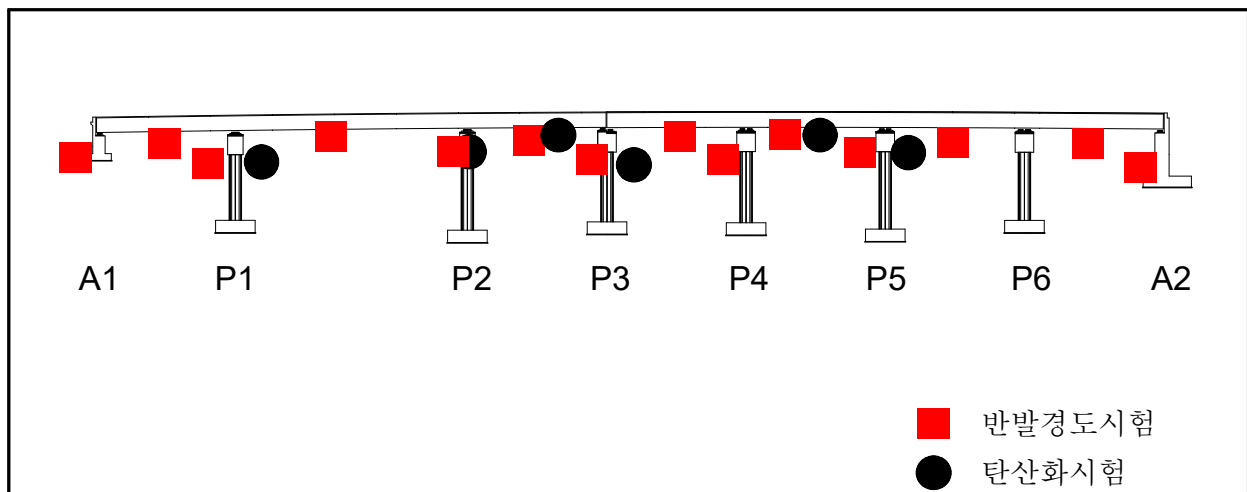
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 9.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 9.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

9.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 14개소)을 실시하였으며, 검토결과를 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 9.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.0	27.1	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S3	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S4	바닥판	47.1	28.0	29.1			
	S5	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S6	바닥판	46.3	27.3	28.7			
	S7	바닥판	45.9	27.0	28.6			

【표 9.4.3】 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	42.6	24.1	27.0	0.67	24.0	
	A2	교대	43.2	24.7	27.2			

【표 9.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	48.5	40.9	48.8	0.67	40.0	
	P2	교각	48.6	41.1	49.0			
	P3	교각	47.9	40.4	47.9			
	P4	교각	48.0	40.5	48.1			
	P5	교각	47.5	40.0	47.3			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.1MPa, 하부구조(교대) 24.1~27.2 MPa, 하부구조(교각) 40.0~49.0MPa 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 판단 된다.

【표 9.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	100.0 ~ 107.8
하부구조	교대	24.1~27.2	24.0	100.4 ~ 113.3
	교각	40.0~49.0	40.0	100.0 ~ 122.5

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 9.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S3 바닥판	1.0	40.0	39.0	0.71	100년이상	a
	S5 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
	P3 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P5 코핑부	1.0	100.0	99.0	0.71	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~4.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 9.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	1.0~4.0	36.0~39.0	
하부구조	1.0~3.0	97.0~99.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 9.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.2	24.0	
		교각	40.0~49.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.0~39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~99.0	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

9.5 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.

9.5.1 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 9.5.1】 상태평가 결과표(STB)

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	b	b	a	b	q	-	a
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	b	-	b	a	q	-	a
S3	P2	STB	b	a	a	a	a	b	-	b	a		a	-
평균			0.133	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.167	0.133	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.015	0.027	-	0.004	0.003
													0.130	
													A	

■ 결함도 범위 : $0.100 \leq \text{결함도지수}(0.130) < 0.130$

【표 9.5.2】 상태평가 결과표(Bicon)

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
S4	P3	IPC	a	a	a	a	a	b	a	b	a	q	—	a
S5	P4	IPC	b	a	a	a	a	b	—	b	a	q	a	a
S6	P5	IPC	a	a	b	a	a	b	—	b	b	q	—	—
S7	P6	IPC	b	a	a	a	a	b	—	b	b	q	—	—
	A2								c	a	b	q	—	—
평균			0.150	0.100	0.125	0.100	0.100	0.200	0.250	0.180	0.160	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.020	0.006	0.007	0.003	0.004	0.023	0.016	0.032	—	0.004	0.003
													0.145	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.145) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 9.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문9교 서울방향(STB)	0.130	A	165.0	3	495	0.478	0.062
서문9교 서울방향(Bicon)	0.145	B	180.0	3	540	0.522	0.076
합계(Σ)			345.0	6	1,035	1.000	0.138
1. 평가지수 =							0.138
2. 상태평가결과 =							B

9.5.2 기 점검 결과와의 비교

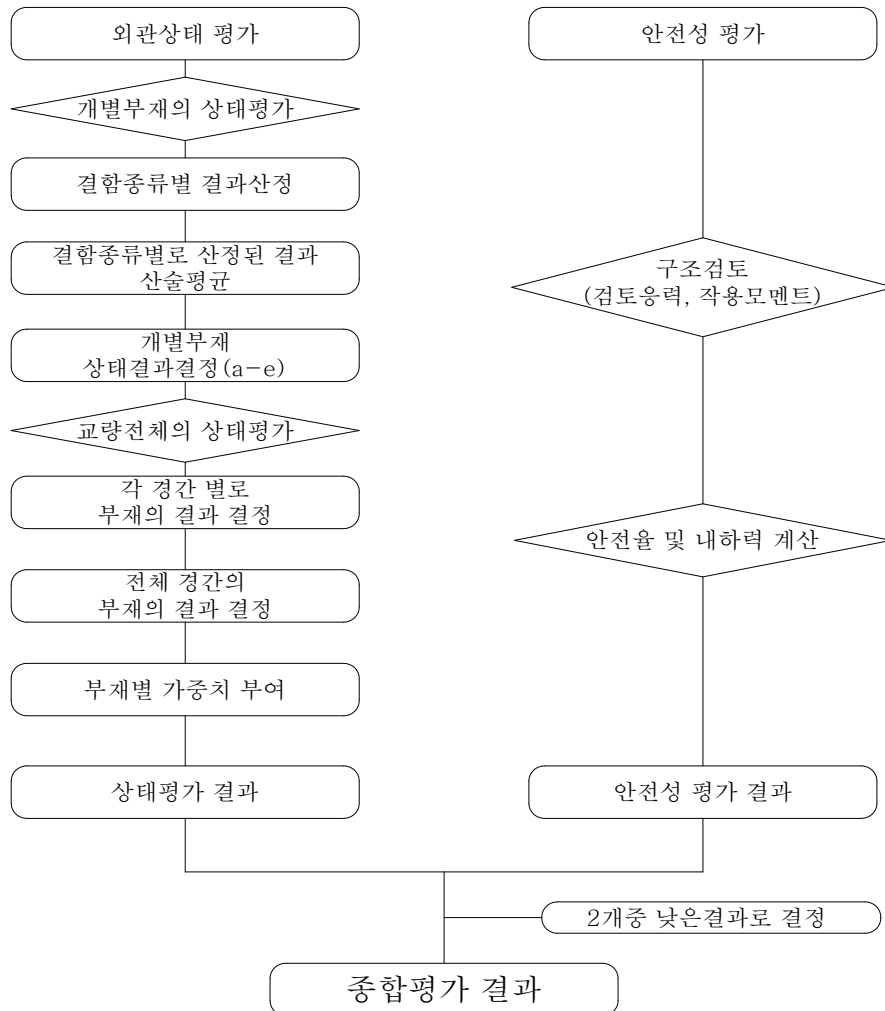
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

9.6 종합평가 및 안전등급 지정

9.6.1 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 9.6.1】 종합평가 결과 산정절차

9.6.2 종합평가 결과

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

【표 9.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
서문9교(서울방향)	0.138	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

9.6.3 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 9.6.2】 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

9.7 보수·보강 및 유지관리방안

9.7.1 보수·보강 방안

【표 9.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		망상균열	m ²	147.00	9	표면처리	하자
		백태	m ²	1.15	2	표면처리	하자
		균열부백태	m ²	0.50	2	표면처리	하자
S.T.B	거터외부	상태양호	—	—	—	—	—
	거터내부	상태양호	—	—	—	—	—
	가로보	상태양호	—	—	—	—	—
IPC	거터	상태양호	—	—	—	—	—
	가로보	타설불량	m ²	0.01	1	단면보수	하자
교대		균열 (0.3mm미만)	m	8.50	2	표면처리	하자
		균열부 백태	m ²	0.30	1	표면처리	하자
		망상균열	m ²	2.00	1	표면처리	하자
		접속부 단차	m ²	1.00	1	실란트충전	하자
교각		균열 (0.3mm미만)	m	22.00	9	표면처리	하자
교량받침		받침물탈 균열	m	14.50	53	표면처리	하자
		받침물탈 파손	m ²	0.02	2	단면보수	하자
		플레이트 부식	m	1.00	1	재도장	하자
		고정핀 미제거	EA	8.00	8	정비	하자
신축이음		후타재 균열	m	16.00	40	표면처리	하자
		차수판 앵커탈락	EA	3.00	3	정비	하자
교면포장		접속부 이격	m	12.00	1	실란트충전	하자
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽		균열 (0.3mm미만)	m	199.0	133	표면처리	하자
		균열부 백태	m ²	0.40	2	표면처리	하자
		접속부 단차	m	1.50	1	유지관리	—
		접속부 이격	m	5.00	1	실란트충전	하자
점검시설		폐자재 적치	m ²	30.00	2	정비	하자

9.7.2 개략공사비

【표 9.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		망상균열	표면처리	147.00	220.50	m²	—	—	하자
		백태	표면처리	1.15	1.73	m²	—	—	하자
		균열부백태	표면처리	0.50	0.75	m²	—	—	하자
IPC	가로보	타설불량	단면보수	0.01	0.02	m²	—	—	하자
교대		균열(0.3mm미만)	표면처리	8.50	3.19	m	—	—	하자
		균열부 백태	표면처리	0.30	0.45	m²	—	—	하자
		망상균열	표면처리	2.00	3.00	m²	—	—	하자
		접속부 단차	실란트충전	1.00	1.50	m²	—	—	하자
교각		균열(0.3mm미만)	표면처리	22.00	8.25	m	—	—	하자
교량받침		받침몰탈 균열	표면처리	14.50	5.44	m	—	—	하자
		받침몰탈 파손	단면보수	0.02	0.03	m²	—	—	하자
		플레이트 부식	재도장	1.00	1.50	m	—	—	하자
		고정핀 미제거	정비	8.00	12.00	EA	—	—	하자
신축이음		후타재 균열	표면처리	16.00	24.00	m	—	—	하자
		차수판 앵커탈락	정비	3.00	4.50	EA	—	—	하자
교면포장		접속부 이격	실란트충전	12.00	18.00	m	—	—	하자
방호벽		균열(0.3mm미만)	표면처리	199.0	74.63	m	—	—	하자
		균열부 백태	표면처리	0.40	0.60	m²	—	—	하자
		접속부 단차	유지관리	1.50	2.25	m	—	—	—
		접속부 이격	실란트충전	5.00	7.50	m	—	—	하자
점검시설		폐자재 적치	정비	30.00	45.00	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.

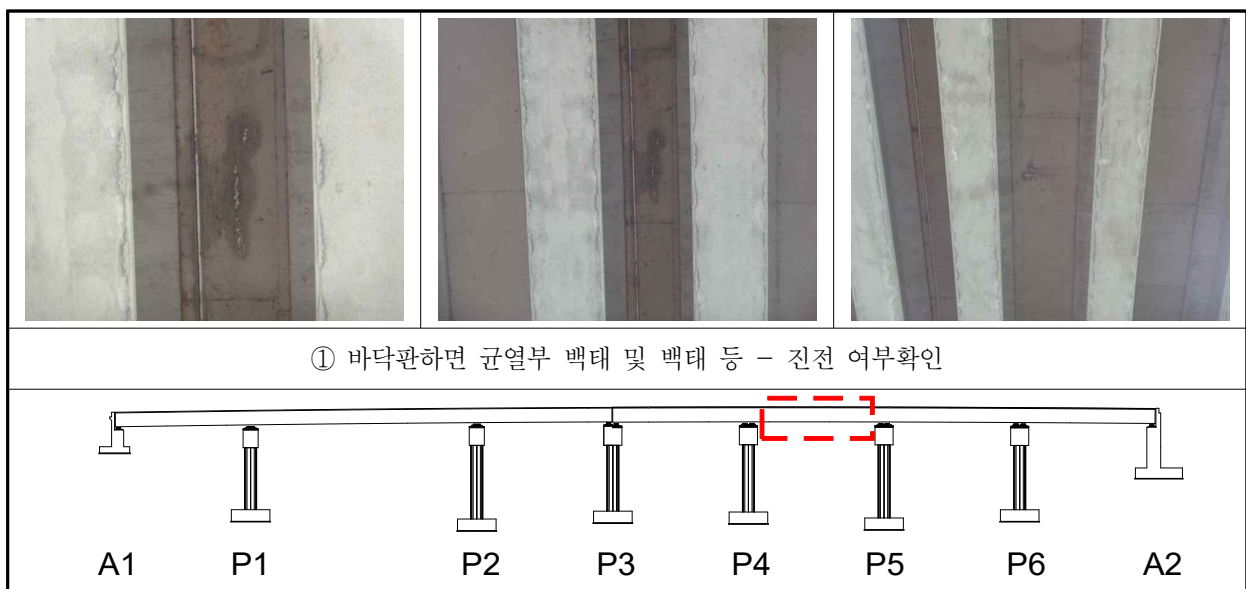
9.7.3 유지관리방안

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 9.7.3】 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



9.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 345.0m, 폭 16.4m의 Steel Box + IPC Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용 중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

9.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 망상균열은 폭 0.3mm미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 균열부백 및 백태의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 습식 균열보수, 백태 보수 등의 표면처리가 필요할 것으로 사료되며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

2) Steel Box Girder + IPC Girder

- S.T.B 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- S.T.B 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- IPC 거더는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

3) 가로보

- 가로보(S.T.B)는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 가로보(IPC)는 일부 구간에서 시공 미흡에 의한 타설불량이 확인되었고, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요하며 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.3mm미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 균열부백태의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 습식 균열보수, 백태 보수 등의 표면처리가 필요할 것으로 사료되며, 침하의 경우 주기적인 점검을 통한 침하의 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 몰탈 파손의 경우, 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이다. 플레이트 부식의 경우 외부 우수유입에 의한 손상이며, 고정핀 미제거의 경우 시공 마무리 미흡에 의한 손상으로 확인되었다. 받침에 발생한 손상은 하자 보수 완료전 표면처리, 단면보수, 채도장, 정비 등의 보수가 필요한 상태이며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 신규 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 차수판 앵커탈락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자보수 완료전 표면처리, 정비 등의 보수가 필요할 것으로 판단되며, 신축이음부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며,

이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

- 교면포장은 접속부 이격이 조사되었고, 손상부는 접속부 침하, 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상이며, 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

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

- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 백태보수 등의 조치가 필요하며, 접속부 단차 및 이격의 경우, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으나, 일부 구간에 폐자재 적치가 확인 되었으며, 정비가 필요한 상태이다. 점검로의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.1MPa, 하부구조(교대) 24.1~27.2 MPa, 하부구조(교각) 40.0~49.0MPa 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 1.0~4.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문9교(서울방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문9교(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.

9.8.2 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.

9.8.3 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.