

15. 서문14교

15.1 시설물 개요

15.2 자료수집 및 분석

15.3 현장조사

15.4 콘크리트 내구성조사

15.5 상태평가

15.6 종합평가 및 안전등급 지정

15.7 보수·보강 및 유지관리 방안

15.8 종합결론

15. 서문14교

15.1 시설물의 개요

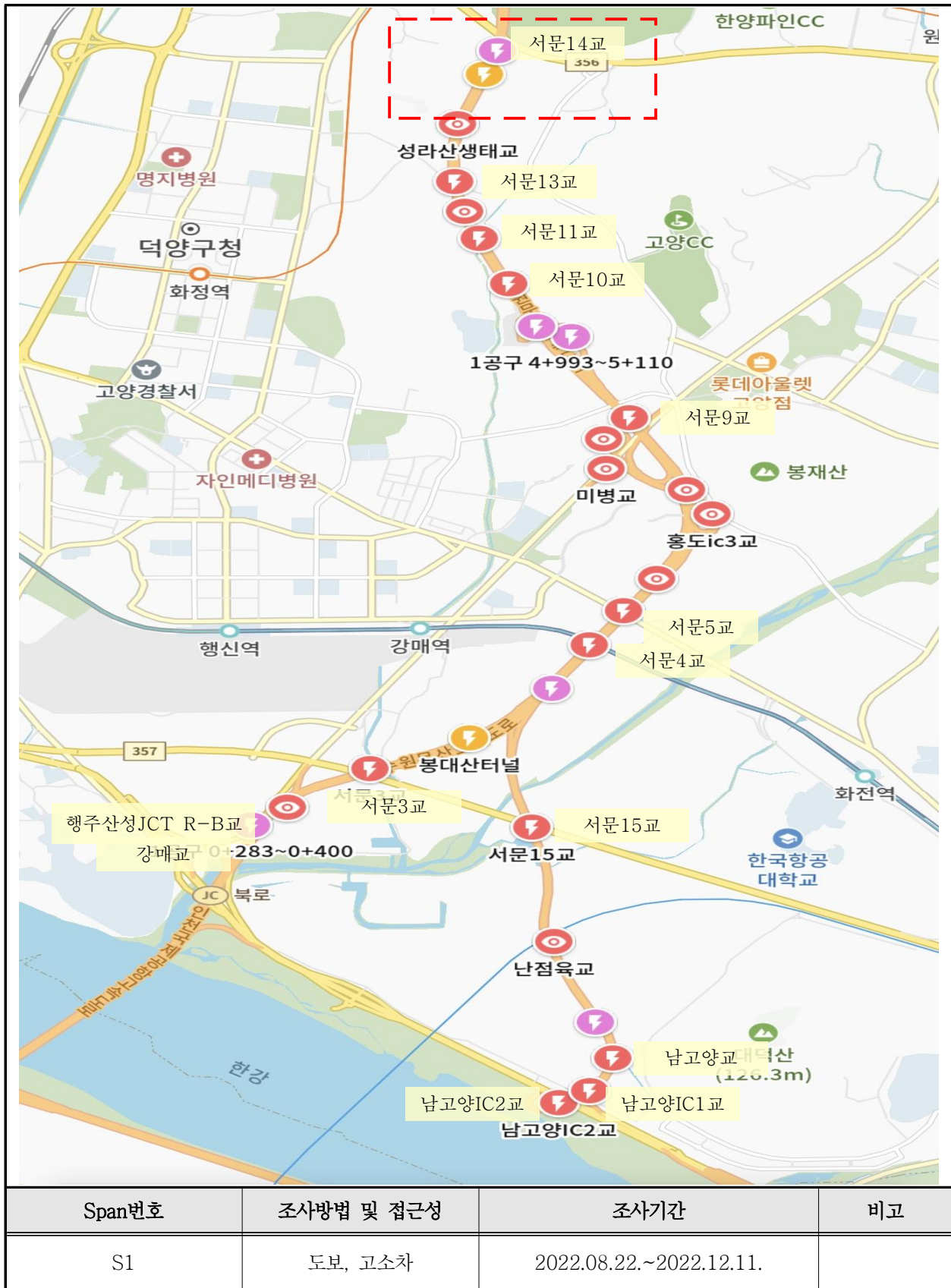
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 70.0m, 폭 32.0m로 시공되어 있다.

15.1.1 일반사항

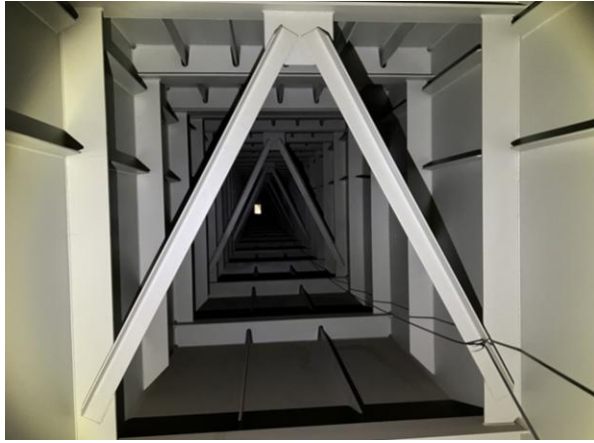
【표 15.1.1】 서문14교 일반사항

구 분		내 용		구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000240		관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)		준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-		노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=70.0m(1경간)				
	폭	B=32.0m, 6차로				
구조 형식	상부	Steel Box	기초 형식	교 대	A1 : 직접기초 A2 : 강관말뚝기초	
	하부	교대: 역T형				
교량받침		포트받침		신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		-		통과높이	-	
부착시설내용		-		설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설(주)		설 계 자	(주)다산컨설턴트	
감 리 자		(주)동일기술공사		관리주체	서울문산고속도로주식회사	
						
측면 전경				상부 전경		

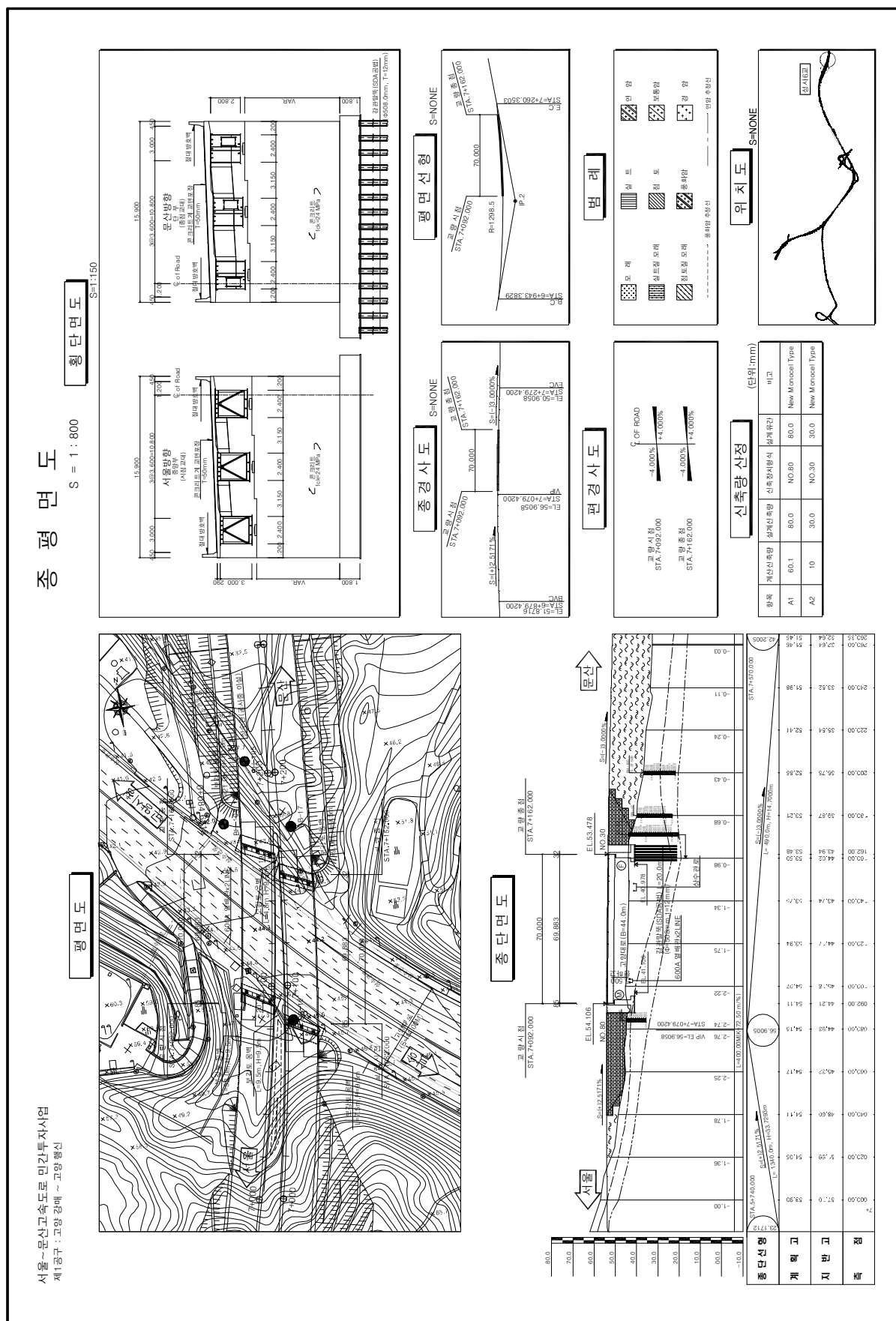
15.1.2 위치도 및 전경사진



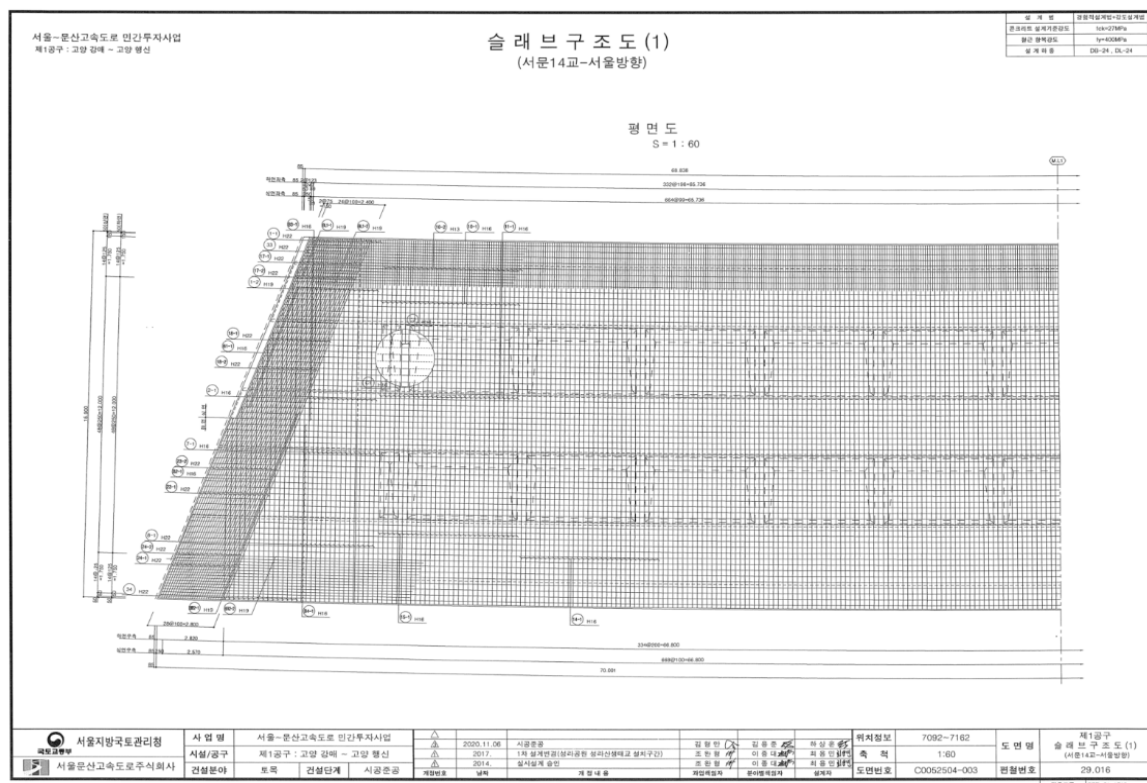
【그림 15.1.1】 위치도

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더외부 전경	거더내부 전경
	
바닥판하면 전경	교대 전경

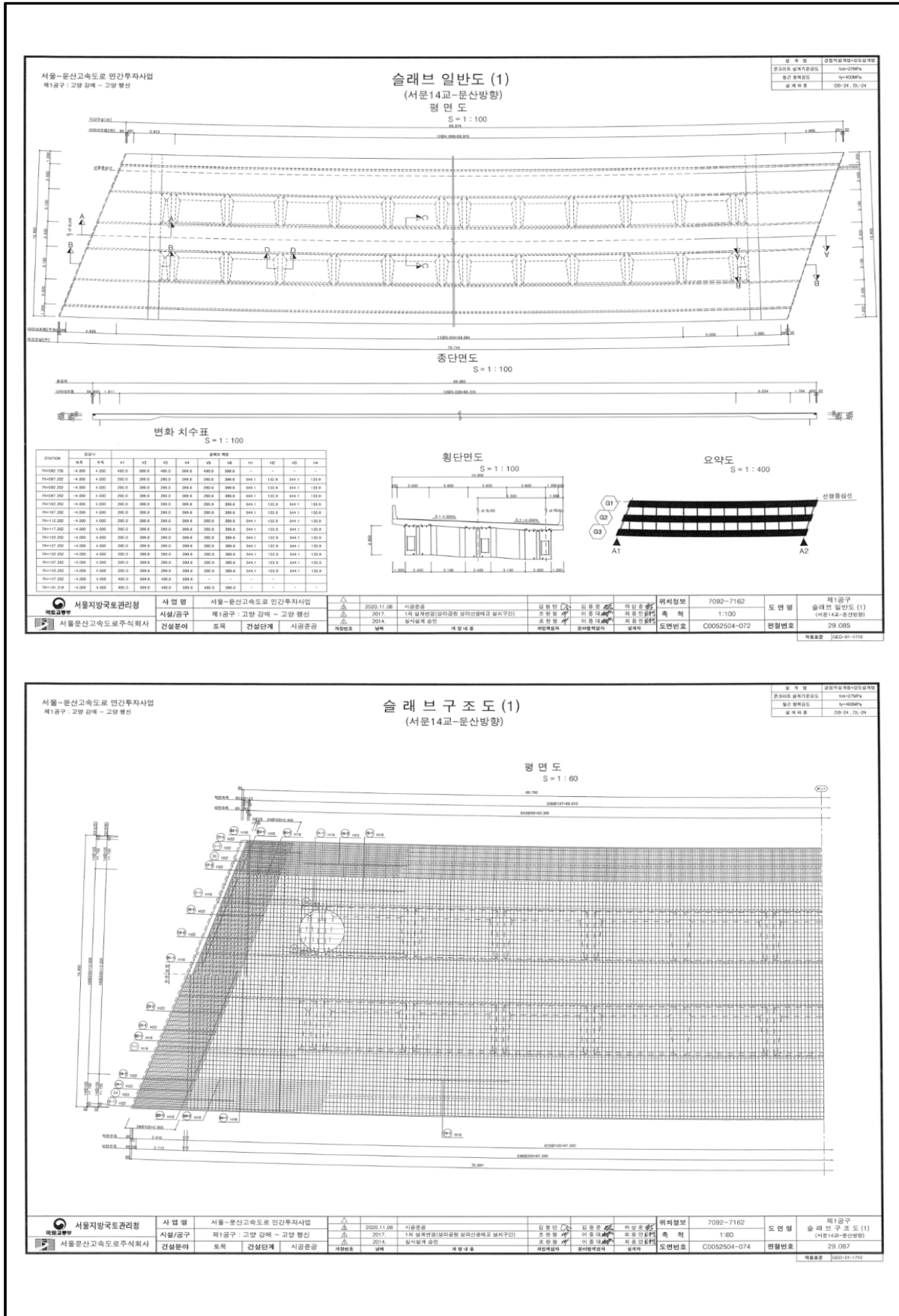
【그림 15.1.2】 부재별 현황



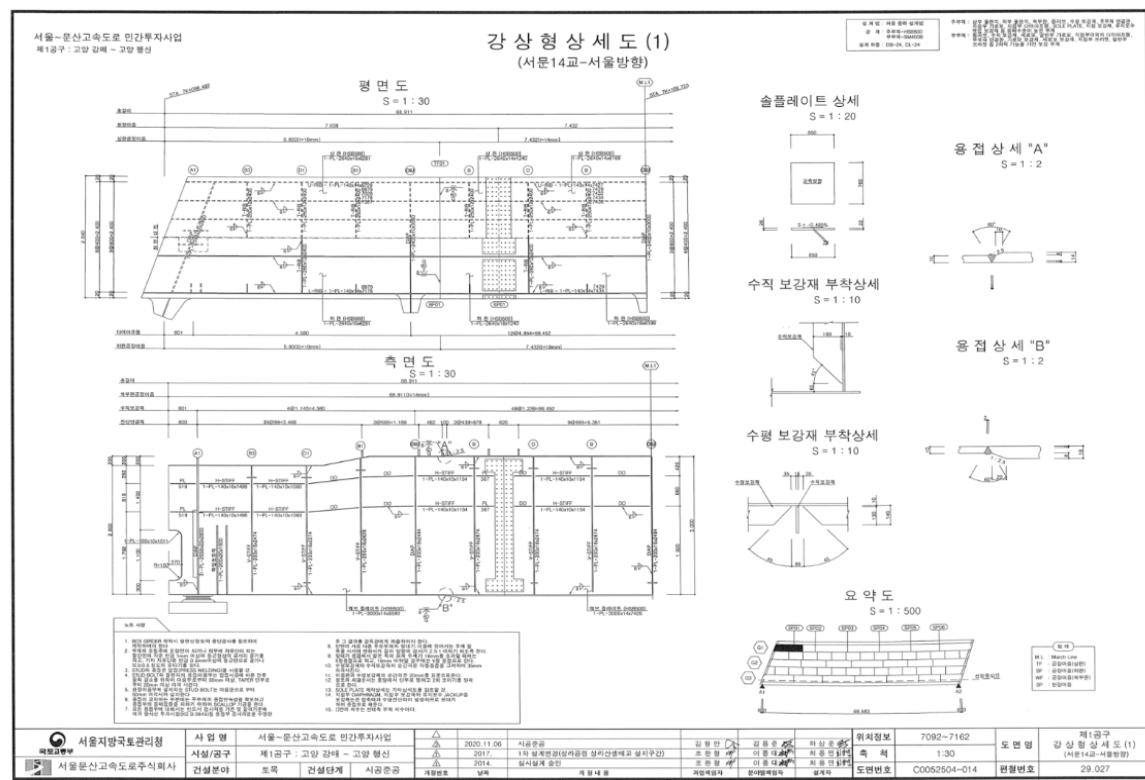
【그림 15.1.4】 평면 및 종단면도(문산방향)



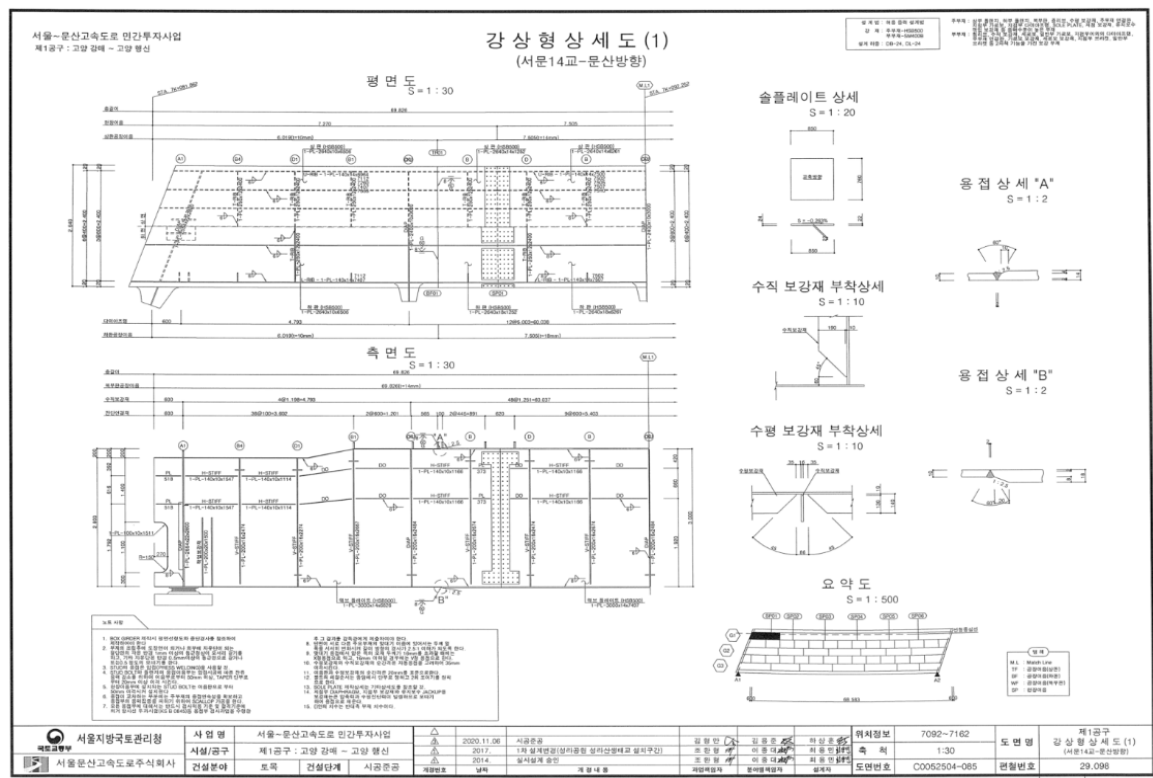
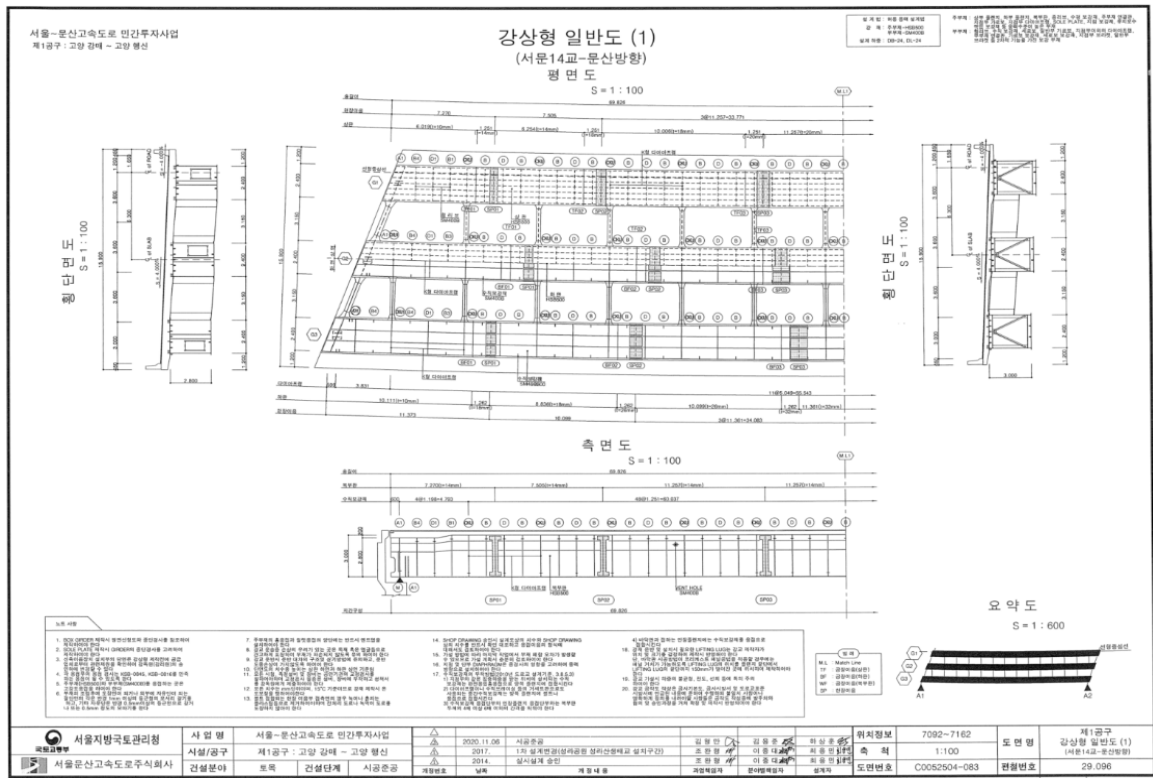
【그림 15.1.5】 바닥판하면 일반도 및 상세도(서울방향)



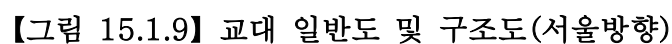
【그림 15.1.6】 바닥판하면 일반도 및 상세도(문산방향)

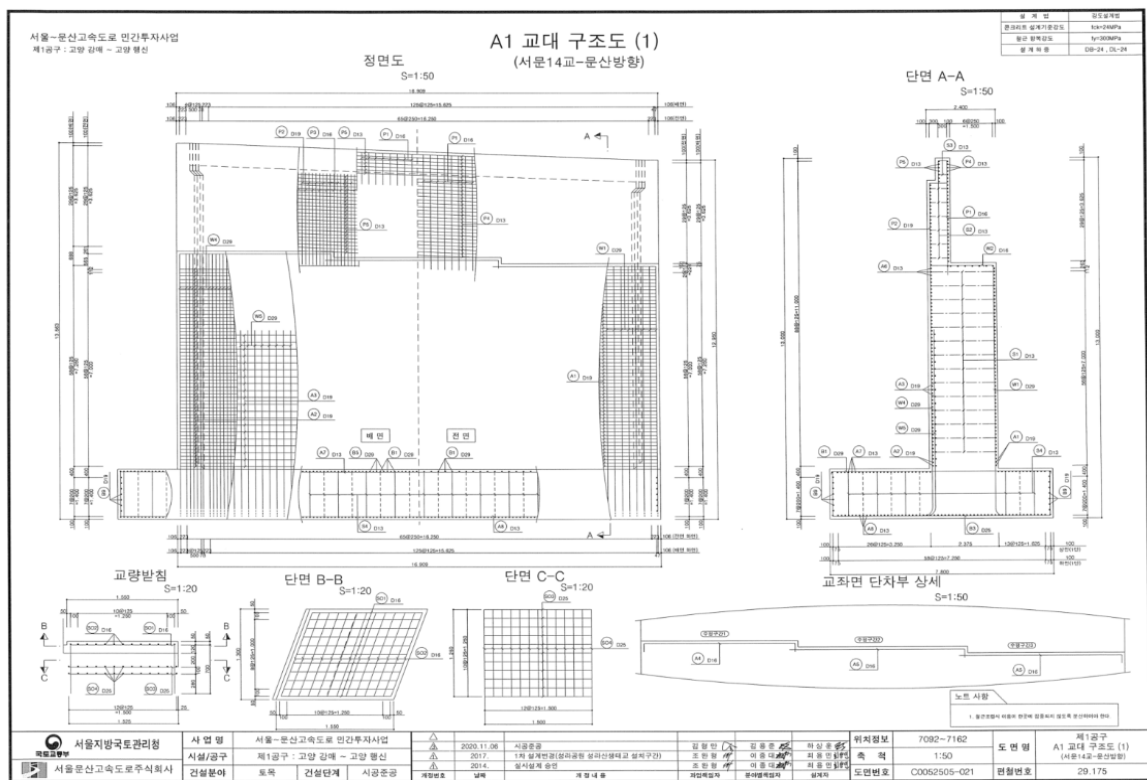


【그림 15.1.7】 강상형 일반도 및 상세도(서울방향)

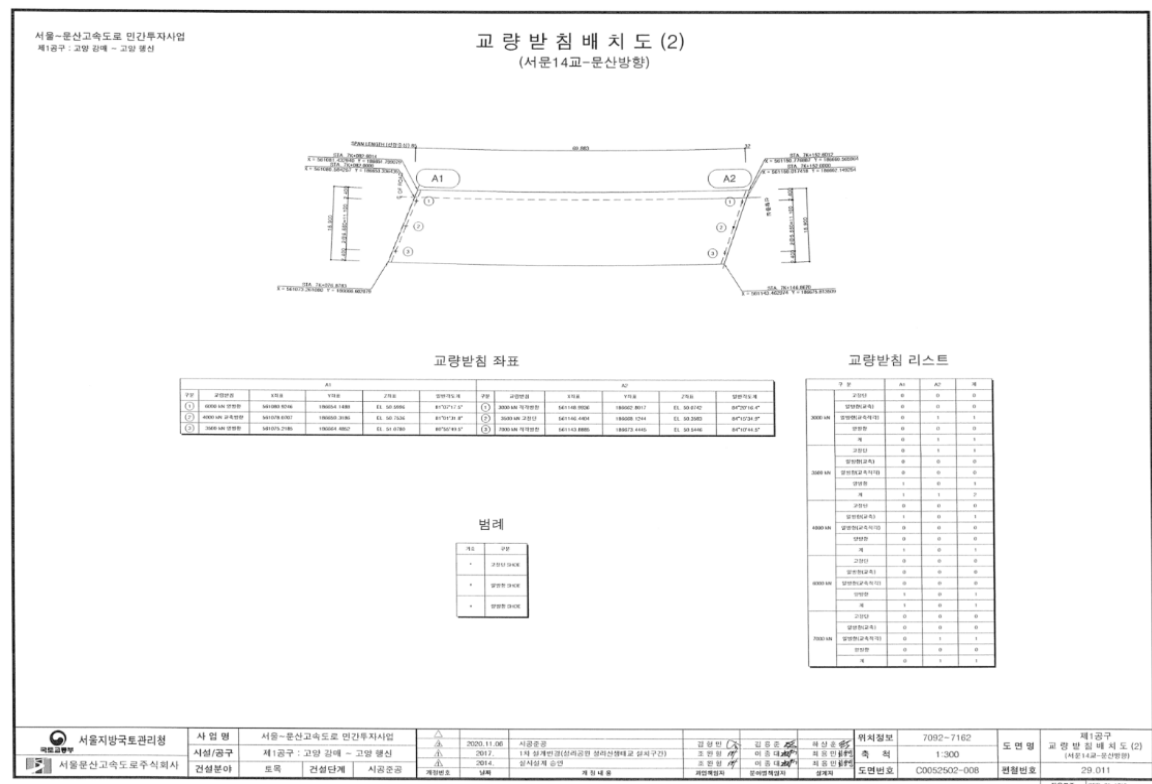
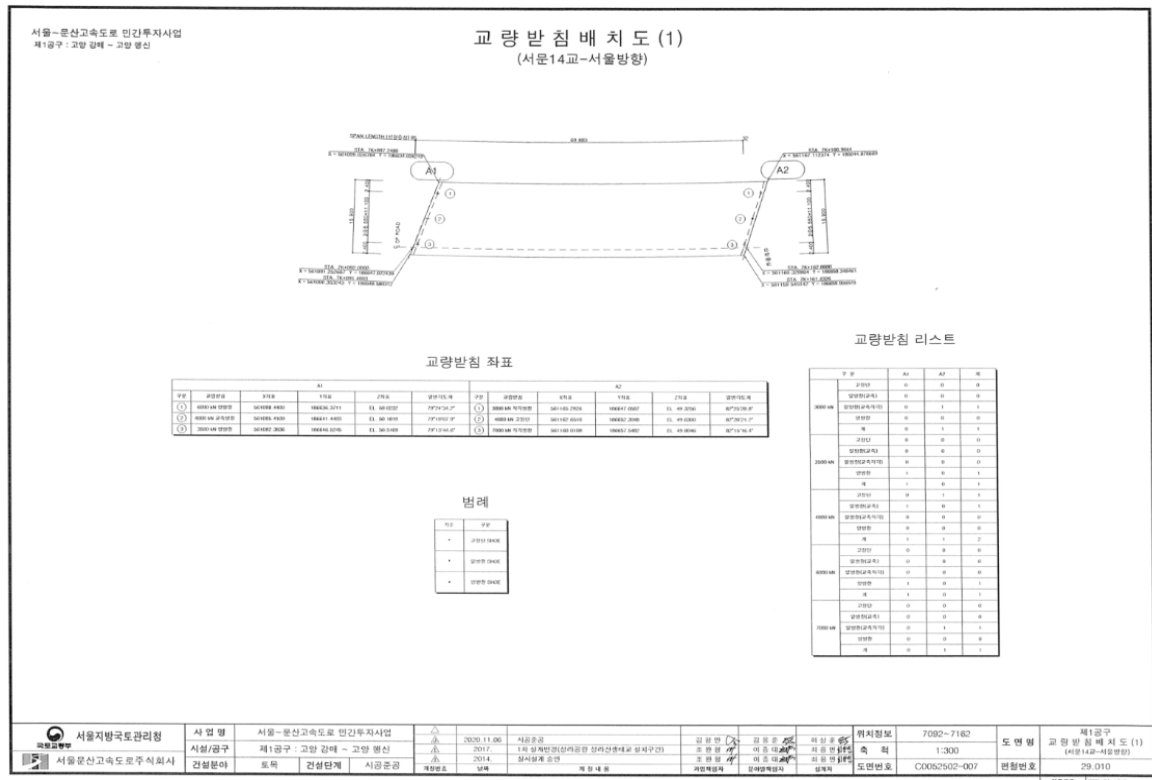


【그림 15.1.8】 강상형 일반도 및 상세도(문산방향)





서문14교- 13



【그림 15.1.11】 교량받침 배치도(서울방향, 문산방향)

서문14교- 15

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.4.2 경험식에 의한 검토

◎ 제안자별 경험식

단위광합 및 포아율비	
r	r
단위광합	단위광합
단위적	단위적

정적 및 내부하중	가 계 수
*Bartkowski (1986)	$\alpha_{eq} = -0.091 + 0.0081 \times -3.346 \times 10^{-5} \text{ mm}^2$ $\beta_{eq} = -0.086 + 0.79018 \text{ mm}^2 - 0.0031 \text{ mm}^2$
*Tsuwano (1987)	$\alpha_{eq} = 0.25 \text{ g}^{0.667} \text{ (kPa)}$ $\beta_{eq} = 0.58481 + 5$
*QJ46 (1993)	$\alpha_{eq} = 2 \text{ g}^{0.667} \text{ mm}^2 \text{ (kPa)}$ $\beta_{eq} = 0.25694 \text{ mm}^2 + 27.5$

A coordinate plane showing a line with a positive slope. The line passes through the y-intercept (0, 1) and the point (1, 3). The equation of the line is $y = 2x + 1$.

■ 원형계수

• *Microsaur* (1978) $E_{50} = 20\text{MB}$

Gerstner & Peters (1980)	$E_m = 10 (100 - 1000) \sqrt{\sigma(\text{GPa})}$; $RMR \leq 57$	
• 김태환 (1983)	$E_m = 30 \sqrt{RMR} \sqrt{\sigma(\text{GPa})}$ - RMR^* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 조정을 제외	
• Aydan (1987)	$E_m = 0.0397 RMR^{1.25} \sqrt{\sigma(\text{MPa})}$	
• Mohammad (1987)	$E_m = 0.582 RMR + 0.183 \sqrt{\sigma(\text{GPa})}$	
Biernacki & Sarraf & Perera 암반의 E 값을 기준으로 적용		

국립중앙도서관

제4원 성과분석 및 설계지반정수

● 组织准备

연월일	
-----	--

구분		기초자료	간접지출	간접지출(%)	시정당	시총
지방군구	1 등급	18,000	55,300~93,300	—	18,000	—
	2 등급	13,000~15,000	24,000~28,300	—	13,000	—
	3 등급	4,000~6,000	11,800~13,100	—	4,000	—
	4 등급	1,000	3,100~4,400	588~680	—	—
	5 등급	—	600~1,000	—	—	1,000

※ 간접지출은 생활자의 편의가 크므로 시정당의 계급상 50% 계수치로서의 필요성을 인식하고 있음

5 불연속적 설계지반질 산정

▶일반시험은 주로 불연속면을 따라 지층에서 지는 데 의한 이러한 불연속적인 전단강도는 일반의 전단강도에는 많이 해당하지 않는 불연속적 항인, 거칠기(Roughness), 추방력(Driving material), 영구성(Persistence) 등에 의해 좌우됨

▶지표지반(지층)을 대한 전단강도(전단) 및 압사강도, 지표지반(지층)의 불연속적 특성 및 지층단면자료 등을 토대 검토하여 일반 전단면에 대한 전단강도 산정

2.6.1 불연속적

○ 여러 암석에 대한 기본마찰

본 연구		기타 연구	
구분	본 연구(N_1)	구분	기타 연구(N_2)
각 집 안	32	가정 1(조민 7)	39~36
부 모 일	31~38	가 2	33~40
학 생 일	35	부 1	31
학 생 일	30	사 1	29~35
학 생 일	27~31	대 1	27
관아 (관아 1)	23~29	대 2	27~31
관아 (사 1)	29~35	관 1	25~30

© Rock Slope Engineering.

구분	단위	1997년	1998년	비고
정착되어 없는 농민	만 가/개 양리	정 부 40.0 ~ 50.0 정 부 30.0 ~ 40.0 정 부 45.0 ~ 50.0 정 부 35.0 ~ 40.0 정 부 35.0 ~ 45.0 정 부 30.0 ~ 35.0	50.0 ~ 60.0 40.0 ~ 50.0 50.0 ~ 60.0 40.0 ~ 50.0 50.0 ~ 60.0 40.0 ~ 50.0	-
정착되어 있는 농민	만 가/개 양리	정 부 35.0 ~ 45.0 정 부 30.0 ~ 40.0 정 부 45.0 ~ 50.0 정 부 35.0 ~ 40.0 정 부 35.0 ~ 45.0 정 부 30.0 ~ 35.0	45.0 ~ 55.0 35.0 ~ 45.0 55.0 ~ 65.0 45.0 ~ 55.0 55.0 ~ 65.0 45.0 ~ 55.0	(화강권, 원주권, 연안) (강원, 충청, 경북) (충청권, 전북권, 서산) (경북권, 경북권, 서산)

연평균 최저값	25.0 ~ 35.0	1.0 ~ 20.4	(사양, 직탄, 백탄, 석탄)
---------	-------------	------------	------------------

인간루자사업

[illegible]

2.6 기타 전제지반정수 선정

[illegible]

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

구분	정착(1)의 경우	정착(2)의 경우	정착(3)의 경우
	$V_1(m, n)$	$V_2(m, n)$	$V_3(m, n)$
배치수	-	-	$144k - 224l$
전도	-	-	190
최대값	-	-	200
최소값	-	-	170
회전	-	-	190
결정치	$989 - 984$	$325 - 608$	$252 - 372$
중복률	$1,103 - 1,185$	$511 - 577$	$276 - 404$
연 일	$1,789 - 1,881$	$827 - 980$	-
구분	$2,169 - 2,323$	$1,192 - 1,277$	$1,226$

i	V_p	V_1	C_d	$\frac{C_d}{V_1}$	$\frac{C_d}{V_1}$	$\frac{C_d}{V_1}$
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
13	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
14	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
16	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
17	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
18	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
19	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
21	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
22	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
23	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
24	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
26	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
27	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
28	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
30	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
31	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
32	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
33	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
34	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
35	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
36	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
37	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
38	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
39	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
40	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
41	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
42	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
43	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
44	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
45	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
46	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
47	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
48	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
49	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
50	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
51	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
52	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
53	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
54	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
55	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
56	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
57	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
58	1.0	1.0	1.0	1.0	1.	

	(n/4)
비집중	498

	종교	645
대부분	무교	490

영역	95	200	68	180	317	0.40
외국환	480	170	52	140	156	0.35
기타	554	190	69	181	168	0.32
정외	952	382	268	713	689	0.33
총합	1,144	544	582	1,539	1,282	0.30
인원	1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경	2,246	1,235	3,893	9,456	6,062	0.24

※내국선 및 외국선선정인원은 대외 수송수단인 DHT 선박의 정선인원을 준용하여 적용

 国家医学图书馆

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

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

○ 문헌자료

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

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

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

89

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분	내외경장 (kN/m ²)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	원형 계수 (MPa)	포아송비 (v)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	—	—
	암 리면	20.0	0.0	35.0	—	—
배설층	자갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33
	점토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50
퇴적층	모래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35
	자갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32
중화토	중화토	17.5	22.0	28.0	45.0	0.33
	중화암	20.0	30.0	31.0	150.0	0.30

2.7.2 비닐구간 암반등급별 설계지반정수

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

2.7.3 불연속체 설계지반정수

구 분	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)
암 리면	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분	V_c (m/s)	V_s (m/s)	G_u (MPa)	E_u (MPa)	K_u (MPa)	ν_u
배설층	488	180	62	164	181	0.33
	원도	645	200	68	190	0.40
	모래	480	170	52	140	0.35
	자갈	514	190	69	181	0.32
중화토	952	392	268	713	699	0.33
중화암	1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암	1,834	954	2,184	5,504	3,622	0.26
경 암	2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부

90

제 3 편 지반조사 결과

전 세경리원

공	번	별
---	---	---

1D-2		계측치 1D-1		계측치 1D-2	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram
유니	2190578.83	2190578.83	2190578.83	2190578.83	2190578.83
산점도	38/220277.545	248358.43	248358.43	248358.43	248358.43
TD-2	38/220277.545	43/2190578.83	43/2190578.83	43/2190578.83	43/2190578.83
노출면	38/220277.545	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83
노출면	38/220277.545	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83
계측치 1D-1				계측치 1D-2	
유니	2190578.83	2190578.83	2190578.83	2190578.83	2190578.83
산점도	38/220277.545	248358.43	248358.43	248358.43	248358.43
TD-2	38/220277.545	43/2190578.83	43/2190578.83	43/2190578.83	43/2190578.83
노출면	38/220277.545	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83
노출면	38/220277.545	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83
계측치 1D-1				계측치 1D-2	
유니	2190578.83	2190578.83	2190578.83	2190578.83	2190578.83
산점도	38/220277.545	248358.43	248358.43	248358.43	248358.43
TD-2	38/220277.545	43/2190578.83	43/2190578.83	43/2190578.83	43/2190578.83
노출면	38/220277.545	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83
노출면	38/220277.545	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83	22/2190578.83

[illegible] 서울문산고속도로주식회사

[illegible][illegible]

○지출별 결과분석

○ **지속점 결과분석**

구분	신원	신원	신원	신원	신원
$\log_{10}(N_{50})$	43.1~43.3	9.5	8.1~11.5	10.0	
$\log_{10}(N_{90})$	42.9~430.1	90.0	57.9~118.5	95.3	

→ 새마을집단: 철강중간도입업체 집도자료와 신대기업 철강중간수치만을 비교하고 새만남은 $\log_{10}(N_{50})$ 의 자료로 분석하여, 지수 85를 적용한 지수 값은 신대기업이 40.2~40.8, 100%, 새만남이 57.9~118.5, 100%로 분석됨

○ **지속점 결과분석: 지수별 결과**

지수별 결과	구분	$\log_{10}$	신원	신원
신원	신원(신원)신원	2.914	2.89	2.87
신원(신원)	신원(신원)신원	3.014	0.96	0.22
신원(신원)	신원(신원)신원	42.914	1.62	3.43
신원(신원)	신원(신원)신원	43.014		
신원(신원)	신원(신원)신원	43.114	10.0	31.8

→ 신대기업: 신원(신원) 지수별 결과, 신원(신원) 및 신원(신원) 지수에 대해 신대기업은 것으로 나타났다
→ 신원(신원), 신원(신원) 지수에 대해 신대기업은 신원(신원) 지수에 신원(신원)이 높

다. 구조계산서

한 장 명	서울-문산간 고속도로		발 주 자	서울지방국토관리청	
교 량 명	서문14교		교량 제형	연 장	70,000 = 70,000 m
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)			폭 원	15,900 m
교량형식	Steel 박스기다교			사 각	70.00 °
바 닥 판 설 계					
구 분	검토위치	검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	판 정 안전율 비고
최 소 계 검	좌측 편도레버	강도설계법	261.2 mm	290.0 mm	0.K !! 111.0%
	우측 편도레버	강도설계법	261.2 mm	290.0 mm	0.K !! 111.0%
	중양부	거더 경합직설계법	220.0 mm	290.0 mm	0.K !! 131.8%
	가로보	경합직설계법	220.0 mm	240.0 mm	0.K !! 108.6%
바 닥 판 설 계					
단 면 설 계	좌측 편도레버 (강도)	검토항목	계수M, 필요질량	공칭M, 사용질량	판 정 안전율 비고
		모멘트 검토	97.9 kN·m	119.4 kN·m	0.K !! 122.0%
		휨질량 검토	1,317.1 mm²	1,626.5 mm²	0.K !! H166200+H136200
		배력질량 검토	882.5 mm²	1,146.0 mm²	0.K !! H166250
	우측 편도레버 (강도)	단부보강주철근	2,634.2 mm²	3,368.0 mm²	0.K !! H226200+H166200
		단부보강배력질량	1,784.9 mm²	2,292.0 mm²	0.K !! H166125
		모멘트 검토	97.9 kN·m	119.4 kN·m	0.K !! 122.0%
		휨질량 검토	1,317.1 mm²	1,626.5 mm²	0.K !! H166200+H136200
	중양부 (강도)	배력질량 검토	882.5 mm²	1,146.0 mm²	0.K !! H166250
		단부보강주철근	2,634.2 mm²	3,368.0 mm²	0.K !! H226200+H166200
		단부보강배력질량	1,784.9 mm²	2,292.0 mm²	0.K !! H166125
		모멘트 검토	73.4 kN·m	81.5 kN·m	0.K !! 111.0%
		휨질량 검토	891.1 mm²	993.0 kN·m	0.K !! H166400+H166400
		배력질량 검토	597.0 mm²	794.4 mm²	0.K !! H166250
		단부보강주철근	1,782.2 mm²	1,986.0 mm²	0.K !! H166200+H166200
		단부보강배력질량	1,194.0 mm²	1,588.8 mm²	0.K !! H166125
	가로보 (강도)	모멘트 검토	89.7 kN·m	120.5 kN·m	0.K !! 134.3%
		휨질량 검토	1,405.7 mm²	1,935.5 mm²	0.K !! H226400+H226400
		배력질량 검토	941.8 mm²	1,146.0 mm²	0.K !! H166250
		단부보강주철근	2,811.3 mm²	3,871.0 mm²	0.K !! H226200+H226200
		단부보강배력질량	1,883.6 mm²	2,202.0 mm²	0.K !! H166125
		주철근하변질량	960.0 mm²	993.0 mm²	0.K !! H166400+H166400
		주철근상변질량	720.0 mm²	993.0 mm²	0.K !! H166400+H166400
		배력질량하변질량	720.0 mm²	794.4 mm²	0.K !! H166250
거더 및 가로보 (중합)	배력질량상변질량	720.0 mm²	794.4 mm²	0.K !! H166250	
	단부보강주철근	1,920.0 mm²	1,986.0 mm²	0.K !! H166200+H166200	
	단부보강배력질량	1,440.0 mm²	1,588.8 mm²	0.K !! H166125	
	구 분	검토위치	검토항목	작용관용도	허용관용도
사용성검토	좌측 편도레버	관용도검토	100.0 mm	424.7 mm	0.K !! 424.7%
	우측 편도레버	관용도검토	100.0 mm	424.7 mm	0.K !! 424.7%
	중양부	거더 관용도검토	200.0 mm	403.5 mm	0.K !! 201.7%
	가로보	관용도검토	200.0 mm	493.8 mm	0.K !! 246.9%

② 바닥판 콘크리트 (☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	27,804.0 MPa
전단 탄성계수 (G_v)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (μ)	7.0
배력한 콘크리트와 강재 주거더의 온도차	10,000 °C
배력한 콘크리트와 강재의 신장률계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ϵ_d)	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
CREEP 계수 (ϕ_2)	$\phi_2 = 2\phi_1 : 2$

③ 바닥 질량	
질량 설계 항복강도 (f_y)	400.0 MPa
질량 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하 중 조 건

(1) 교 량 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

① 활관 콘크리트	: 25,000 kN/m³
② 무관 콘크리트	: 23,500 kN/m³
③ 강 재	: 78,500 kN/m³
④ 포장 콘크리트	: 23,500 kN/m³

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

$$N_k = 15,000 \text{ m}, N = 4 \text{ 차선}$$

$$W = 15,000 / 4 = 3,750 \text{ m} > 3,600 \text{ m}$$

∴ 설계 차로폭 3.600m보다 4차로 연속으로 제하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

- DB-24 하중
 - 전륜하중 : $P_f = 24,000 \text{ kN}$
 - 후륜하중 : $P_r = 96,000 \text{ kN}$
- DL-24 하중
 - 차로당 등분포 하중 : $W_L = 12,700 \text{ kN/m}$
 - 모멘트 계산시 집중하중 : $P_{im} = 108,000 \text{ kN}$
 - 전단력 계산시 집중하중 : $P_v = 156,000 \text{ kN}$

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 서문14교
- (2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교 량 형 식 : Steel 박스기다교
- (4) 교 량 연 장 : 70,000 = 70,000 m
- (5) 교 량 폭 원 : $B = 15,900 \text{ m}$
- (6) Girder 제원 : $B = 2,400 \text{ m}$ $H = 3,000 \text{ m}$
- (7) 사 각(Skew) : 70,000 °
- (8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중양 = ∞ m 우측 = ∞ m
- (9) 설 계 속 도 : 100,000 km/h
- (10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 장 제

• 사 용 제 료

주 주 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부중리브, 하부중리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점부강재, 지점부 가로보슬물레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 중리브, 세로보, 일반부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께 (mm)	강 준	SS 400 SM 400 SMA400 SM 490 SM 520 SMA570 HSB500 HSB600 HSB800						
		40 이하	140	190	215	270		
측방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 초과 75 이하		175 (190)	200 (215)	260 (270)	230	270	380
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

(8) 원 심 하 중

• 교량의 곡선부는 모든 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 표현되는 원심하중에 의해 설계한다.

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

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

- 곡선부 교량에서 자동차에 의한 원심하중은 위 식과 같이 응력을 포함하지 않는 활하중에 대한 백분율로 표현하는데, 이때의 활하중이란 최대하중 효과가 발생되도록 설계 차로 위에 한대씩 재하된 DB하중을 말함.

3) 설 계 방 법

- (1) 바 닥 판 : 강도설계법 + 경합직설계법
- (2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

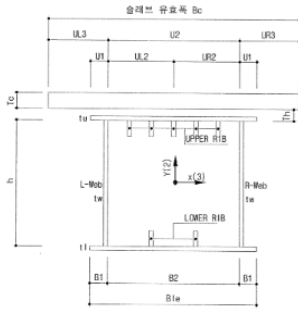
4) 참 고 문 헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2001)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4.6 단 면 검 (점도면)

[03 : 단면 - 1] : 절점 33 루부터 이격거리 4.039 m

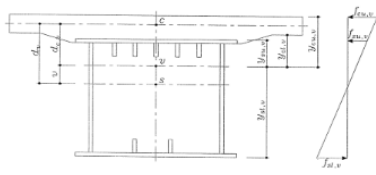
1) 단면가 및 설계조건



주부재 강종: HSS500	
Bc = 5,175.0 mm	
UL3 = 1,575.0 mm	
UR3 = 1,200.0 mm	
U1 = 120.0 mm	
UL2 = 1,200.0 mm	
UR2 = 1,200.0 mm	
상부 플랜지 유효폭	
Bue = 2,640.0 mm	
하부 플랜지 유효폭	
Ble = 2,640.0 mm	
B1 = 120.0 mm	
B2 = 2,400.0 mm	
Tc = 440.0 mm	
Th = 50.0 mm	
h = 2,800.0 mm	
Θ ₁ = 0.000 °	
Θ ₂ = 0.000 °	

구 분	단 위	입력 Data
E_c : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
α_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 팽창수축률	-	0.000270
α_s : 강재 및 콘크리트의 신장계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
η : 강재 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
ΔT : 강과 콘크리트의 온도차	°C	10.0
M_{d1} : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	12,000.100
M_{d2} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,850.710
M_{d3} : 풍하중에 의한 모멘트	kN·m	202.911
M_{d4} : (활하중+지진하중)에 의한 모멘트	kN·m	4,095.590
V_{d1} : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1,389.070
V_{d2} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-309.215
V_{d3} : 풍하중에 의한 전단력	kN	10.560
V_{d4} : (활하중+지진하중)에 의한 전단력	kN	-557.956
M_{d5} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-1,714.750
M_{d6} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-9.465
M_{d7} : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN·m	122.306
M_{d8} : (활하중+지진하중)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-1,087.850

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



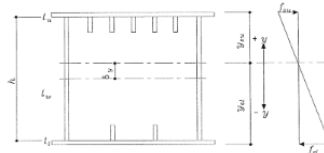
(2) 합 성 후

- 바닥판 콘크리트의 환산단면적
 $A_{cst} = A_c / \eta = 2,277,000.0 / 7.0 = 325,285.7 \text{ mm}^2$
- 바닥판 콘크리트의 환산단면 2차모멘트
 $I_{cst} = I_c / \eta = 35,735,600,000.0 / 7.0 = 5.248E+09 \text{ mm}^4$
- 합성 단면적
 $A_v = A_s + A_{cst} = 144,920.0 + 325,285.7 = 470,205.7 \text{ mm}^2$
- 강재도심에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리
 $d_v = y_{sv} - t_v + T_h + T_c / 2 = 1,356.0 - 10.0 + 50.0 + 440.0 / 2 = 1,616.0 \text{ mm}$
- 합성 단면의 도심속 이동량
 $v = A_{cst} \times d_v / A_v = 325,285.7 \times 1,616.0 / 470,205.7 = 1,118.0 \text{ mm}$
- 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
 $d_{c,v} = d_v - v = 1,616.0 - 1,118.0 = 498.0 \text{ mm}$
- 합성단면의 단면2차 모멘트
 $I_v = I_s + A_{cst} \cdot v^2 + I_{cst} + A_{cst} \cdot d_{c,v}^2 = 179,319,993,994.3 + 144,920.0 \times 1,118.0^2 + 5,247,942,857.1 + 325,285.7 \times 498.0^2 = 4.404E+11 \text{ mm}^4$
- 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리
 $y_{sv,v} = y_{sv} - v = 1,356.0 - 1,118.0 = 238.0 \text{ mm}$
 $y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,464.0 - 1,118.0 = -2,581.9 \text{ mm}$
- 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리
 $y_{sv,v} = d_{c,v} + T_c / 2 = 498.0 + 440.0 / 2 = 718.0 \text{ mm}$
 $y_{sl,v} = y_{sv,v} - T_c = 718.0 - 440.0 = 278.0 \text{ mm}$
- 응 력 검 토
 $f_{sv,v} = M_{d1} \cdot y_{sv,v} / I_v = 2,859.710 \times 238.0 / 440,390,885,095.1 = 1.525 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{d1} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,859.710 \times -2,581.9 / 440,390,885,095.1 = -16.541 \text{ MPa}$
 $f_{sv,v} = M_{d2} \cdot y_{sv,v} / (I_v \cdot \eta) = 2,859.710 \times 238.0 / (440,390,885,095.1 \times 7.0) = 0.657 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{d2} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot \eta) = 2,859.710 \times -2,581.9 / (440,390,885,095.1 \times 7.0) = -0.254 \text{ MPa}$
- 전단응력 검 토
 $F_v =$
 $u = V_{d1} A_w + M_{d1} (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 309.215 / 78,400.0 + 9.465 / (2 \times 6,859,210.0 \times 14.0) = 3.993 \text{ MPa}$

X(3) 축 방향 단면 제원

구 분	구 려	$A_s(\text{mm}^2)$	$y(\text{mm})$	$A_s \cdot y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot y^2(\text{mm}^4)$	$I_{cs}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,405.0	3.709E+07	5.211E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 140.0 × 14.0	9,800.0	1,330.0	1.303E+07	1.734E+10	1.601E+07
W - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-	-	-	2.561E+10
W - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-	-	-	2.561E+10
LOWER RIB	2 - 140.0 × 14.0	9,800.0	-1,330.0	-5.214E+06	6.934E+09	6.403E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	-1,405.0	-3.709E+07	5.211E+10	2.200E+05
강재 단면 합계		144,920.0	-	7.820E+06	1.285E+11	5.124E+10
RC SLAB	1 - 5,175.0 × 440.0	2,277,000.0	1,670.0	3.803E+09	6.350E+12	3.674E+10
SLAB 단면 합계		2,277,000.0	-	3.803E+09	6.350E+12	3.674E+10
Σ		$A_s = 144,920.0 \text{ mm}^2$		$A_{c1} = 2,277,000.0 \text{ mm}^2$		

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심속 이동량
 $\delta_y = \Sigma A_s y / \Sigma A_s = 7,820,400.0 / 144,920.0 = 53.964 \text{ mm}$
- 도심속에서 상·하부 플랜지 연단거리
 $y_{sv} = h / 2 + t_w - \delta_y = 2,800.0 / 2 + 10.0 - 53.964 = 1,356.036 \text{ mm}$
 $y_{sl} = -(h / 2 + t_w + \delta_y) = -(2,800.0 / 2 + 10.0 + 53.964) = -1,463.964 \text{ mm}$
- 강재의 단면2차 모멘트
 $I_s = \Sigma I_{cs} + \Sigma A_s y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 51,244,182,666.7 + 128,497,828,000.0 - 144,920.0 \times 53.964^2 = 1.793E+11 \text{ mm}^4$
- 플랜지 응력 검 토
 $f_{sv} = M_{d1} \cdot y_{sv} / I_s = 12,000.100 \times 1,356.0 / 179,319,993,994.3 = 90.746 \text{ MPa}$
 $f_{sl} = M_{d1} \cdot y_{sl} / I_s = 12,000.100 \times -1,464.0 / 179,319,993,994.3 = -97.068 \text{ MPa}$
- 부재의 전단응력 검 토
 $P =$
 $u = V_{d1} A_w + M_{d1} (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 1,389.070 / 78,400.0 + 1,714.750 / (2 \times 6,783,340.0 \times 14.0) = 25.746 \text{ MPa}$

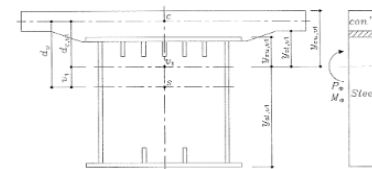
(3) 활 하 중

- 응 력 검 토
 $f_{sv,v} = M_{d1} \cdot y_{sv,v} / I_v = 4,095.590 \times 238.0 / 440,390,885,095.1 = 2.184 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{d1} \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,095.590 \times -2,581.9 / 440,390,885,095.1 = -23.680 \text{ MPa}$
 $f_{sv,v} = M_{d2} \cdot y_{sv,v} / (I_v \cdot \eta) = 4,095.590 \times 238.0 / (440,390,885,095.1 \times 7.0) = 0.941 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{d2} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot \eta) = 4,095.590 \times -2,581.9 / (440,390,885,095.1 \times 7.0) = -0.364 \text{ MPa}$
- 전단응력 검 토
 $u = V_{d1} A_w + M_{d1} (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 557.956 / 78,400.0 + 1,087.850 / (2 \times 6,859,210.0 \times 14.0) = 12.781 \text{ MPa}$

(4) 풍 하 중

[활하중 비제하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 제하시에는 계산된 값의 1/2를 적용]

- 응 력 검 토
 $f_{sv,v} = M_{d3} \cdot y_{sv,v} / I_v = 202.911 \times 238.0 / 440,390,885,095.1 = 0.108 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{d3} \cdot y_{sl,v} / I_v = 202.911 \times -2,581.9 / 440,390,885,095.1 = -1.174 \text{ MPa}$
 $f_{sv,v} = M_{d4} \cdot y_{sv,v} / (I_v \cdot \eta) = 202.911 \times 238.0 / (440,390,885,095.1 \times 7.0) = 0.047 \text{ MPa}$
 $f_{sl,v} = M_{d4} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot \eta) = 202.911 \times -2,581.9 / (440,390,885,095.1 \times 7.0) = -0.018 \text{ MPa}$
- 전단응력 검 토
 $u = V_{d3} A_w + M_{d3} (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 10.560 / 78,400.0 + 122.306 / (2 \times 6,859,210.0 \times 14.0) = 0.772 \text{ MPa}$



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향

(※ 도.설.책 3.9.2.6)

- 합성단면도심에서의 바닥판 콘크리트에 작용하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1 은 2.0을 표준으로 한다.
 $\Phi_1 = 2.0$
- $k = 1,000 \text{ mm}^2$ 2차 무성정력으로 인한 영향 고려
 $n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1 / 2) = 7.0 \times (1 + 2.0 / 2) = 14.000$
- $A_{s1} = A_s + A_{c1} n_1 = 144,920.0 + 2,277,000.0 / 14.0 = 3.076E+05 \text{ mm}^2$
- $v_1 = (A_{s1} n_1) \times d_v / A_{s1} = (2,277,000.0 / 14.0) \times 1,616.0 / 307,562.9 = 854.6 \text{ mm}$
- $d_{c,v1} = d_v - v_1 = 1,616.0 - 854.6 = 761.5 \text{ mm}$
- $I_{s1} = (I_s + A_{c1} \cdot v_1^2) + (I_{c1} n_1 + A_{c1} n_1 \cdot d_{c,v1}^2) + (179,319,993,994.3 + 144,920.0 \times 854.6^2) + (36,735,600,000.0 / 14.0 + 2,277,000.0 / 14.0 \times 761.5^2) = 3.821E+11 \text{ mm}^4$
- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리
 $y_{sv,v1} = y_{sv} - v_1 = 1,356.0 - 854.6 = 501.5 \text{ mm}$
 $y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1 = -1,464.0 - 854.6 = -2,318.5 \text{ mm}$

• 합성단면 도심에서 바닥 콘크리트 연단거리

$$y_{c,u,v} = d_{c,u,v} + T_c / 2 = 761.5 + 440.0 / 2 = 981.5 \text{ mm}$$

$$y_{d,u,v} = y_{c,u,v} - T_c = 981.5 - 440.0 = 541.5 \text{ mm}$$

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

$$N_c = M_{c0} \cdot d_{c,u,v} / A_{c1} (r_1 \cdot I_0) = 2,859.7 \times 498.1 \times 2,277,000.0 / (7.0 \times 446,390,885,095.1) = 1.038E+06 \text{ N}$$

• 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$$P_{c0} = N_c / 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1) = 1,037,918.5 \times 2 \times 2.0 / (2 + 2.0) = 1.038E+06 \text{ N}$$

• P_{c0} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{c0} = P_{c0} \times d_{c,u,v} = 1,037,918.5 \times 761.5 = 7.903E+08 \text{ N·mm}$$

• 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$$E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2) = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 \text{ MPa}$$

• 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하면 응력

$$f_{c,u,v} = M_{c0} \cdot y_{c,u,v} / I_0 (I_0 \cdot n) = 2,859,710 \times 718.1 / (446,390,885,095.1 \times 7.0) = 0.657 \text{ MPa}$$

$$f_{c,d,v} = M_{c0} \cdot y_{d,u,v} / I_0 (I_0 \cdot n) = 2,859,710 \times 278.1 / (446,390,885,095.1 \times 7.0) = 0.254 \text{ MPa}$$

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{c,u,v} = 1/n_1 \cdot (P_{c0} / A_{c1} + k \cdot M_{c0} \cdot y_{c,u,v} / I_{c1}) - E_{c1} \cdot f_{c,d,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,037,918.5 / 307,562.9 + 1.000 \times 790,330,647.8 \times 981.5 / 382,082,967,152.4) - 13,902.0 \times 0.657 \times 2.0 / 27,804.0 = -0.271 \text{ MPa}$$

$$f_{c,d,v} = 1/n_1 \cdot (P_{c0} / A_{c1} + k \cdot M_{c0} \cdot y_{d,u,v} / I_{c1}) - E_{c1} \cdot f_{c,u,v} \cdot \Phi_1 / E_c$$

$$= (1/14.0) \times (1,037,918.5 / 307,562.9 + 1.000 \times 790,330,647.8 \times 541.5 / 382,082,967,152.4) - 13,902.0 \times 0.254 \times 2.0 / 27,804.0 = 0.067 \text{ MPa}$$

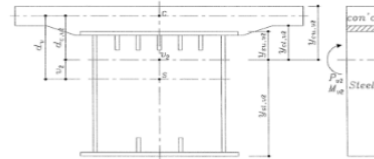
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{s,u,v} = P_{c0} / A_{s1} + k \cdot M_{c0} \cdot y_{s,u,v} / I_{s1}$$

$$= 1,037,918.5 / 307,562.9 + 1.000 \times 790,330,647.8 \times 501.5 / 382,082,967,152.4 = 4.412 \text{ MPa}$$

$$f_{s,d,v} = P_{c0} / A_{s1} + k \cdot M_{c0} \cdot y_{s,d,v} / I_{s1}$$

$$= 1,037,918.5 / 307,562.9 + 1.000 \times 790,330,647.8 \times -231.5 / 382,082,967,152.4 = -1.421 \text{ MPa}$$



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (※ 도.설.책 3.9.2.8)

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

$$\Phi_2 = 4.0$$

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

$$A_{c2} = A_{c1} + A_{c1} / n_2 = 144,920.0 + 2,277,000.0 / 21.0 = 2.533E+05 \text{ mm}^2$$

$$y_{c2} = (A_{c1} / n_2) \times d_{c1} / A_{c2} = (2,277,000.0 / 21.0) \times 1,616.0 / 253,348.6 = 691.6 \text{ mm}$$

$$d_{c2} = d_{c1} - y_{c2} = 1,616.0 - 691.6 = 924.4 \text{ mm}$$

$$I_{c2} = (I_{c1} + A_{c1} \cdot y_{c1}^2) + (I_{s1} / n_2 + A_{s1} / n_2 \cdot d_{c1}^2) = (179,319,993,994.3 + 144,920.0 \times 691.6^2) + (36,735,600,000.0 / 21.0 + 2,277,000.0 / 21.0 \times 924.4^2) = 3.430E+11 \text{ mm}^4$$

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{s,u,v} = y_{s1} - y_{c2} = 1,366.0 - 691.6 = 664.4 \text{ mm}$$

$$y_{s,d,v} = y_{s1} - y_{c2} = 1,464.0 - 691.6 = 772.4 \text{ mm}$$

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$$y_{c,u,v} = d_{c2} + T_c / 2 = 924.4 + 440.0 / 2 = 1,144.4 \text{ mm}$$

$$y_{c,d,v} = y_{c,u,v} - T_c = 1,144.4 - 440.0 = 704.4 \text{ mm}$$

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$$P_{c2} = E_c \cdot \epsilon_s \cdot A_{c2} / n_2 = 205,000.0 \times 0.000270 \times 2,277,000.0 / 21.0 = 6.002E+09 \text{ N}$$

• P_{c2} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{c2} = P_{c2} \times d_{c2} = 6,001,521.4 \times 1,144.4 = 5.548E+09 \text{ N·mm}$$

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량을 계산하기 위해

$$E_{c2} = E_c / n_2 = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 \text{ MPa}$$

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

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

$$= (1/21.0) \times (6,001,521.4 / 253,348.6 + 1.000 \times 5,547,820,161.6 \times 1,144.4 / 343,047,257,870.8) - 9,761.9 \times 0.000270 = -0.626 \text{ MPa}$$

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

$$= (1/21.0) \times (6,001,521.4 / 253,348.6 + 1.000 \times 5,547,820,161.6 \times 1,144.4 / 343,047,257,870.8) - 9,761.9 \times 0.000270 = -0.965 \text{ MPa}$$

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{s,u,v} = P_{c2} / A_{s2} + k \cdot M_{c2} \cdot y_{s,u,v} / I_{s2}$$

$$= 6,001,521.4 / 253,348.6 + 1.000 \times 5,547,820,161.6 \times 664.4 / 343,047,257,870.8 = 34.434 \text{ MPa}$$

$$f_{s,d,v} = P_{c2} / A_{s2} + k \cdot M_{c2} \cdot y_{s,d,v} / I_{s2}$$

$$= 6,001,521.4 / 253,348.6 + 1.000 \times 5,547,820,161.6 \times -215.6 / 343,047,257,870.8 = -11.172 \text{ MPa}$$

• 일차중 재하시

$$u = (V_u + V_{u0} + V_{u1} / 2 + V_{u2} / 2) / (A_{u0} + M_{u0} / (2 \cdot F \cdot l_{u0}) + (M_{u1} + M_{u2} / 2 + M_{u3} / 2) / (2 \cdot F \cdot l_{u0}))$$

$$= 2,261,521 / 78,400.0 + 1,714,750 / 189,933,520.0 + 1,158,468 / 192,057,880.0 = 43.906 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = 43.9 \text{ MPa} \leq 1.25 u_s = 162.8 \text{ MPa} \quad \dots \dots 0.K !!$$

(9) 조강 응력의 검토 (※ 도.설.책 3.4.2.3)

$$\xi = 0.85 (\Phi / n)^2 + 0.13 (\Phi / n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, Φ : 응력 구배 ($\Phi = (f_t - f_b) / f_t \approx 0.0$)

f_t, f_b : 보강된 콘크리트의 응력 (단, $f_t \geq f_b$ 이면 압축응력을 정(+)으로 한다.)

ξ : 응력구배계수

n : 플랜지에 의해서 구분되는 Panel의 수

• 인장 (하부) 플랜지의 허용응력 (HBS500 사용) (※ 도.설.책 3.3.2)

$$f_{t0} = 230.0 \text{ MPa}$$

• 압축 (상부) 플랜지의 허용응력 (HBS500 사용) (※ 도.설.책 3.4.2.3)

$$b / l \geq 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} > l_{u0} = 10 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{c0} = 230.0 \text{ MPa}$$

$$b / l \geq 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq l_{u0} = 10 \text{ mm} < b / l \geq 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{c0} = 230.0 - 5.2 (b / l_{u0} \cdot i \cdot n - 22.0) = 136.4 \text{ MPa}$$

$$b / l \geq 90.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq l_{u0} = 10 \text{ mm} \geq b / l \geq 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{c0} = 230.000 \cdot ((l_{u0} \cdot i \cdot n) / l_0)^2 = 137.5 \text{ MPa}$$

$$f_{c0} = 230.0 \text{ MPa}$$

(※ 합성주 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 막스컬 단면, X형 단면과 같이 휨좌굴이 일어나기 어려운 경우)

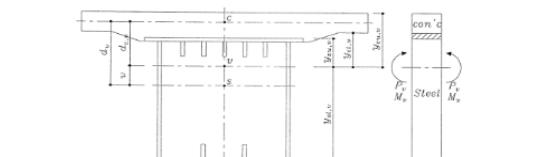
• 철근 콘크리트의 허용응력 (※ 도.설.책 3.9.3.1)

$$f_{c0} = 0.40 f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$f_{s0} = 0.07 f_{sk} = 1.890 \text{ MPa}$$

• 슬래브와 주강대에 작용응력 및 허용응력 (※ 도.설.책 3.9.3.1, 2.2.2.2)

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (※ 도.설.책 3.9.2.7)

• 바닥판 콘크리트와 강재 주강대의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주강대 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α 는 12×10^{-6} 으로 한다.

• 온도 변형률

$$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t = 0.000012 \times 10.0 = 0.000120$$

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$$P_{c1} = E_c \cdot \epsilon_t \cdot A_{c1} / n_1 = 205,000.0 \times 0.000120 \times 2,277,000.0 / 7.0 = 8.002E+06 \text{ N}$$

• P_{c1} 에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$$M_{c1} = P_{c1} \times d_{c1} = 8,002,028.6 \times 498.1 = 3.990E+09 \text{ N·mm}$$

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$$f_{c,u,v} = 1/n_1 \cdot (P_{c1} / A_{c1} + k \cdot M_{c1} \cdot y_{c,u,v} / I_{c1}) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (8,002,028.6 / 470,205.7 + 1.000 \times 3,985,581,260.2 \times 718.1 / 446,390,885,095.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = 0.011 \text{ MPa}$$

$$f_{c,d,v} = 1/n_1 \cdot (P_{c1} / A_{c1} + k \cdot M_{c1} \cdot y_{c,d,v} / I_{c1}) - E_c \cdot \epsilon_t$$

$$= (1/7.0) \times (8,002,028.6 / 470,205.7 + 1.000 \times 3,985,581,260.2 \times 278.1 / 446,390,885,095.1) - 27,804.0 \times 0.000120 = -0.551 \text{ MPa}$$

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$$f_{s,u,v} = P_{c1} / A_{s1} + k \cdot M_{c1} \cdot y_{s,u,v} / I_{s1}$$

$$= 8,002,028.6 / 470,205.7 + 1.000 \times 3,985,581,260.2 \times 238.1 / 446,390,885,095.1 = 19.144 \text{ MPa}$$

$$f_{s,d,v} = P_{c1} / A_{s1} + k \cdot M_{c1} \cdot y_{s,d,v} / I_{s1}$$

$$= 8,002,028.6 / 470,205.7 + 1.000 \times 3,985,581,260.2 \times -251.9 / 446,390,885,095.1 = -6.034 \text{ MPa}$$

(8) 전단 및 비틀림

• 용하중 재제하시의 전단응력

$$u = (V_u + V_{u0} + V_{u1} / 2 + V_{u2} / 2) / (A_{u0} + M_{u0} / (2 \cdot F \cdot l_{u0}) + (M_{u1} + M_{u2} / 2 + M_{u3} / 2) / (2 \cdot F \cdot l_{u0}))$$

$$= 2,261,521 / 78,400.0 + 1,714,750 / 189,933,520.0 + 1,158,468 / 192,057,880.0 = 31.511 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = 31.5 \text{ MPa} \leq 1.2 u_s = 162.0 \text{ MPa} \quad \dots \dots 0.K !!$$

• 용하중 재제하시의 전단응력

• 일차중 재제하시

$$u = (V_u + V_{u0} + V_{u1} / 2 + V_{u2} / 2) / (A_{u0} + M_{u0} / (2 \cdot F \cdot l_{u0}) + (M_{u1} + M_{u2} / 2 + M_{u3} / 2) / (2 \cdot F \cdot l_{u0}))$$

$$= 1,708,845 / 78,400.0 + 1,714,750 / 189,933,520.0 + 131,771 / 192,057,880.0 = 31.511 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = 31.5 \text{ MPa} \leq 1.2 u_s = 162.0 \text{ MPa} \quad \dots \dots 0.K !!$$

(10) 합성응력의 검토

(☞ 도.설 3.8.2.4)

하중조합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판별	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연	상연	하연
1	0.443	0.181	0.104	0.104	0.547	0.285	0.K	0.K
1+2+3	0.169	0.361	0.104	0.104	0.273	0.465	0.K	0.K
1+2+3+5	0.140	0.368	0.104	0.104	0.244	0.472	0.K	0.K
1+2+3+5+6	0.254	0.430	0.104	0.104	0.358	0.534	0.K	0.K
1+2+3+5+6+7	0.260	0.352	0.104	0.104	0.364	0.455	0.K	0.K
1+2+3+5+6+7	0.146	0.300	0.104	0.104	0.250	0.403	0.K	0.K
1+2+4	0.112	0.176	0.038	0.038	0.150	0.214	0.K	0.K
1+2+3+0.5×4	0.108	0.233	0.068	0.068	0.176	0.301	0.K	0.K
1+2+3+0.5×4+5	0.118	0.238	0.068	0.068	0.186	0.306	0.K	0.K
1+2+3+0.5×4+5+6	0.215	0.277	0.068	0.068	0.283	0.345	0.K	0.K
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.241	0.257	0.068	0.068	0.309	0.325	0.K	0.K
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.135	0.219	0.068	0.068	0.203	0.287	0.K	0.K

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \text{ } 0.K$$

[상 연]

$$\left(\frac{90.746}{136.400} \right)^2 + \left(\frac{43.520}{135.000} \right)^2 = 0.443 + 0.104 = 0.547 \leq 1.2 \text{ } 0.K$$

[하 연]

$$\left(\frac{180.791}{230.000} \right)^2 + \left(\frac{43.520}{135.000} \right)^2 = 0.430 + 0.104 = 0.534 \leq 1.2 \text{ } 0.K$$

(11) 반의 최소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지

(☞ 도.설 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유풀출폭}/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{req} = 10.0 \text{ mm } 0.K$$

$$t_{min} = b/(44+n) = 2,400.0/(44 \times 1.0 \times 6) = 9.1 \leq t_{req} = 10.0 \text{ mm } 0.K$$

$$(\text{합성형 스티트 설치시}) \quad t_{min} = 10.0 \geq t_{req} = 10.0 \text{ mm } 0.K$$

• 인장(하부) 플랜지

(☞ 도.설 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유풀출폭}/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{req} = 10.0 \text{ mm } 0.K$$

$$\text{• 복 부 판} \quad [\text{수평보강재 사용단수 2 단}] \quad (\text{☞ 도.설 3.8.4.1})$$

$$t_{min} = b/[(281 \times 1.200) + 2,800.0/(281 \times 1.200)] = 8.3 \leq t_{req} = 14.0 \text{ mm } 0.K$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{cu}/f_c)} = \sqrt{(230.0 / 90.746)} = 1.59 \geq 1.20 = 1.200 \text{ 적용}$$

(12) 활하중 대한 안전도 검사

(☞ 도.설 3.9.3.2)

- 활하중(승객을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 증 가량 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력인 f_{cu} 의 3/5를 넣어서는 안된다.

하중조합	Concrete		판별	Steel		판별
	상연	하연		상연	하연	
1	-	-	-	117.970	-127.359	0.K
1+2+3	2.878	1.114	0.K	124.649	-199.793	0.K
1+2+3+7	2.888	1.665	0.K	143.702	-205.827	0.K
1+2+3+5	2.607	1.181	0.K	129.061	-201.214	0.K
1+2+3+5+6	1.980	0.216	0.K	163.494	-212.386	0.K
1+2+3+5+6+7	1.991	-0.335	0.K	182.638	-218.421	0.K
1+2+3+0.5×4	1.970	0.766	0.K	144.350	-206.352	0.K
1+2+4	0.801	0.349	0.K	120.061	-150.035	0.K
1+2+3+0.5×4	2.901	1.123	0.K	124.703	-200.380	0.K
1+2+3+0.5×4+7	2.912	0.573	0.K	143.847	-206.414	0.K
1+2+3+0.5×4+5	2.630	1.190	0.K	129.115	-201.801	0.K
1+2+3+0.5×4+5+6	2.004	0.225	0.K	163.548	-212.973	0.K
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.014	-0.326	0.K	182.692	-219.007	0.K
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.993	0.775	0.K	144.405	-206.938	0.K

결과 요약

■ 안전검토 및 응력검토

구분	항목	허용값	발생값	비고
평상시	전도에 대한 안전	9790.132	2906.043	0.K
	활동에 대한 안전	1016.867	496.92	0.K
	지진력에 대한 안전	600	512.621	0.K
지진시	전도에 대한 안전	7801.007	4215.938	0.K
	활동에 대한 안전	994.067	662.36	0.K
	지진력에 대한 안전	900	620.785	0.K

■ 단면 특성

단면위치	깊이	dc	Req. As	사용철근량	fu	φMn	안전도	비고	
	H(mm)	(mm)	(mm ²)	(mm ²)	(kN/mm)	(kN.m)			
전면지반	1800	100	2509.95	3575.2	1114.405	1525.883	1.369	0.K	
후면지반	1800	100	3549.61	5139.2	1515.131	2178.322	1.438	0.K	
벽체 (H=11,250)	2400	100	5076.14	7166	2892.23	4054.861	1.402	0.K	
총벽	800	100	1214.06	1940.4	213.947	339.302	1.586	0.K	
좌측널계벽	A(T=600mm)	600	80	3030.56	4053.6	384.631	506.698	1.317	0.K
	좌부(T=450)	450	80	1177.62	4053.6	108.506	351.648	3.241	0.K
	B(T=600mm)	600	80	2628.24	3096.8	335.553	392.654	1.17	0.K
	C(T=600mm)	600	80	3575.9	4053.6	450.188	506.698	1.126	0.K
우측널계벽	A(T=600mm)	600	80	3031.39	4053.6	384.732	506.698	1.317	0.K
	좌부(T=450)	450	80	1365.13	4053.6	125.305	261.648	2.806	0.K
	B(T=600mm)	600	80	2620.85	3096.8	334.645	392.654	1.173	0.K
	C(T=600mm)	600	80	3692.94	5139.2	464.113	631.937	1.362	0.K

■ 사용선 검토

구분	인장응력(f _s)	허용응력(f _{sa})	철근간격(s)	최대간격(S ₀)	비고
전면지반	133.515	150	125	371.072	0.K
후면지반	102.399	150	125	555.297	0.K
벽체 (H=11,250)	122.327	150	125	430.014	0.K
총벽	117.218	150	125	445.574	0.K
좌측널계벽	A(T=600 mm)	115.905	150	510.686	0.K
	좌부(T=450)	45.129	150	1395.997	0.K
	B(T=600 mm)	131.312	150	427.219	0.K
	C(T=600 mm)	136.235	150	409.297	0.K
우측널계벽	A(T=600 mm)	115.608	150	512.432	0.K
	좌부(T=450)	52.214	150	1206.582	0.K
	B(T=600 mm)	130.706	150	429.998	0.K
	C(T=600 mm)	111.756	150	540.908	0.K

1. 설계 조건

1) 일반 사항

- (1) 구조 형식 : 역T형 교대
- (2) 상부 형식 : STEEL BOX
- (3) 교량 등급 : 1 등급
- (4) 교대 총 폭 : B = 16,931 mm
- (5) 교대 총 높이 : H = 13,050 mm
- (6) 기초 형식 : 직립기초
- (7) SKEW : 70.000°

2) 하중

- (1) 활하중콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 역하중콘크리트의 단위중량 : $\gamma_{st} = 20.000 \text{ kN/m}^3$ (토사) [도로교 설계기준 제3편 P360]
- (3) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000 \text{ kN/m}^3$
- (4) 교대 총 폭 : $q_1 = 10.000 \text{ kN/m}$
- (5) 상부 고정하중 반력 : $R_d = 496.741 \text{ kN/m}$
- (6) 상부 활하중 반력 : $R_l = 131.570 \text{ kN/m}$
- (7) 교량방화 마찰계수 : $f_s = 0.150$

3) 시방 조건

- (1) 역하중콘크리트의 내부마찰각 : $\phi_1 = 35.000^\circ$
- (2) 기초지반의 내지 : $\mu = 50.000$
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 42.386^\circ$ [$\phi_2 = 15 + \sqrt{15N}$]
- (4) 기초지반의 압축력 : $C = 0.000 \text{ kN/m}^2$
- (5) 기초지반의 최대 허용지지력 : $Q_a = 600.000 \text{ kN/m}^2$
- (6) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.600$; $\tan \phi_b = 0.60$, $C_b = 0$: 양과 콘크리트
- (7) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$; 위험도 계수 $\times$ 지진구역계수
 - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사용재료 강도

- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 24.000 \text{ MPa}$
- 단성계수 : $E_c = 27649.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(S33000) : $f_y = 300.000 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설계 방법

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

6) 참고 문헌

- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
- (3) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2000)
- (4) 도로교 설계기준 : 한국도로공사 (2002)

7. 사용성 검토

1) 총력 설계

① 콘크리트에 의한 부재력

$$P_v = 114.60 \times K_a = 114.60 \times 0.251 = 28.765 \text{ kN}$$

$$M_p = 114.60 \times K_a \times (H - 0.36) = 114.60 \times 0.251 \times (3.890 - 0.36) = 101.525 \text{ kN.m}$$

② 토압에 의한 부재력

$$P_h = 1/2 \times K_a \times r \times H^2 \times \cos \delta = 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 3.890^2 \times \cos 11.667 = 37.188 \text{ kN}$$

$$M_e = 1/3 \times H \times P_h = 1/3 \times 3.890 \times 37.188 = 48.214 \text{ kN.m}$$

③ 설계 단면력 산정

$$V_s = 28.765 + 37.188 = 65.952 \text{ kN}$$

$$M_s = 101.525 + 48.214 = 149.739 \text{ kN.m}$$

2) 역제 설계

① 작용하중 설계표 : H = 11.250 m 『하중계산 참조』

구분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	39.535	4.449	-	1.000	39.535	175.889
2. 배면토압(평상시)	311.135	3.750	1.000	-	311.135	1166.804
3. 배면토압(지진시)	397.439	5.625	-	1.000	397.439	2235.687
4. 뒷채움 상재하중	27.655	5.625	1.000	-	27.655	155.566
5. 교량받침대활력	70.018	7.761	1.000	-	70.018	543.406
6. 상부관성력	-	7.761	-	1.000	0.000	0.000

교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출

경도역치(H = 1.800 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.

$$H_0 = \sum (H_{2i} - H_{3i}) = 39.535 \text{ kN}$$

$$M_0 = \sum (H_{2i} \times (y_{2i} - 1.800) - H_{3i} \times (y_{3i} - 1.800)) = 175.889 \text{ kN.m}$$

$$y = M_0 / H_0 = 175.889 / 39.535 = 4.449$$

② 설계 단면력 산정

구분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비고
설계단면력	406.808	1865.776	

3) 기초 설계

① 하중조합

구분	구분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	1764.142	496.920	8485.315	2238.605
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)	1764.142	496.920	8485.315	2238.605
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	1656.779	602.360	7801.007	4215.938
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)+H(10)	2392.453	496.920	10250.240	2238.605
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)	2392.453	566.938	10250.240	2908.043
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	2153.520	602.360	9196.352	4215.938

註) COMB 1, 2, 3 : COMB 4, 5, 6. 상부하중 반제하지(가설시) : 상부하중 제하지

가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)를 건설기계의 하중을 뜻함.

② 지반반력 산정

구분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN/m²)	Qmin(kN/m²)	X(m)
COMB 1	1764.142	6240.710	0.359	288.642	163.702	10.623
COMB 2	1764.142	6240.710	0.359	288.642	163.702	10.623
COMB 3	1656.779	3585.069	1.736	510.435	0.000	6.492
COMB 4	2392.453	8011.635	0.551	436.797	176.653	10.046
COMB 5	2392.453	7342.197	0.831	502.816	110.633	9.207
COMB 6	2153.520	4980.414	1.587	620.785	0.000	6.938

註) B : 기초의 폭원 (7.800m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 지면 밖 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{max} = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right), Q_{min} = \frac{V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$$

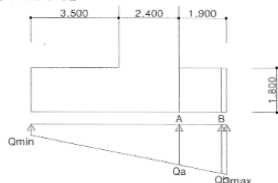
: 지반반력의 작용폭(x = 3*(B/2-e))이 B보다 큰 경우 → COMB 1, 2, 4, 5

- 하중의 작용위치가 지면 밖 외에 있는 경우 (삼각형 분포)

$$Q_{max} = \frac{2V}{Lx}$$

: 지반반력의 작용폭(x = 3*(B/2-e))이 B보다 작은 경우 → COMB 3, 6

③ 전연지판(일교)의 단면력 계산



- 기초지중에 의한 단면력

$$V_b = 1.800 \times 0.200 \times 25.000 = 9.000 \text{ kN}$$

$$M_a = 1.800 \times 1.900 \times 25.000 \times 1.900 / 2 = 81.225 \text{ kN.m}$$

- 지반반력에 의한 단면력

$$V_b = Q_b \times 0.200 + (Q_{max} - Q_b) / 2 \times 0.200$$

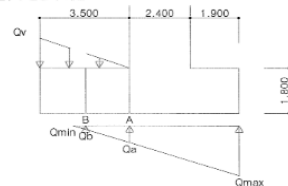
$$M_a = Q_a \times 1.900^2 / 2 + (Q_{max} - Q_a) / 2 \times 1.900^2 \times 2/3$$

④ 설계단면력 산정

구분	지반반력		지반반력에 의한 단면력		기초지중에 의한 단면력	
	Qmax(kN)	Qb(kN/m²)	Vb(kN/m²)	Ma(kN.m)	Vb(kN)	Ma(kN.m)
COMB 1	288.642	258.208	285.438	57.408	502.687	48.408
COMB 2	288.642	258.208	285.438	57.408	502.687	48.408
COMB 3	-	-	-	-	-	-
COMB 4	436.797	373.428	430.127	86.692	750.292	77.692
COMB 5	502.816	407.285	492.760	99.558	850.105	90.558
COMB 6	-	-	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(COMB 3, 6)은 고려하지 않는다.

⑤ 후연지판(뒷교)의 단면력 계산



- 기초지중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 뒷채움 토사에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 상재하중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 평상시 - 『단면설계』 참조

- 지반반력에 의한 단면력

1) 사다리꼴 분포 분포시 : COMB 1, 2, 4, 5

$$V_b = Q_{min} \times 1.800 + (Q_b - Q_{min}) / 2 \times 1.800$$

$$M_a = Q_{min} \times 3.500^2 / 2 + (Q_b - Q_{min}) / 2 \times 3.500^2 \times 2/3$$

ii) 상각형 반력 분포시 : COMB 3,6.

$$V_b = (Q_b - Q_{min}) / 2 \times (x - 6.000)$$

$$M_a = (Q_a - Q_{min}) / 2 \times (x - 4.300)^2 / 3$$

여기서, 반력의 작용폭 $x = 3(B/2 - e)$

- 계수단면역 산정

구분	지반반력			지반반력배의한 단면역			계수단면역	
	$Q_{min}(kN)$	$Q_a(kN/m^2)$	$Q_b(kN/m^2)$	$V_b(kN/m^2)$	$M_a(kN.m)$	$V_b(kN)$	$M_a(kN.m)$	
COMB 1	163.702	219.765	192.534	320.613	1117.137	236.403	759.047	
COMB 2	163.702	219.765	192.534	320.613	1117.137	236.403	759.047	
COMB 3	-	-	-	-	-	-	-	
COMB 4	176.653	293.384	236.686	372.005	1320.324	185.011	555.96	
COMB 5	110.633	286.613	201.137	280.593	1036.919	276.423	839.265	
COMB 6	-	-	-	-	-	-	-	

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(COMB 3,6)은 고려하지 않는다.

4) 사용성 검토

① 전연지반

① 응력 산정

$$f_s = M / [As \times (d - x/3)] = 788.880 \times 1000000 / [3575.200 \times (1700.000 - 267.747/3)]$$

$$= 133.515 \text{ MPa}$$

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

$$= -7 \times 3575.200/1000.0 + 7 \times 3575.200/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 1700.0/(7 \times 3575.200)}$$

$$= 267.747 \text{ mm}$$

$$\text{사용철근량} = 3575.2 \text{ mm}^2 \text{ (철근도심 : 100.0 mm)}$$

$$1\text{단} : 025 - 4.0 \text{ EA}, 022 - 4.0 \text{ EA} (= 3575.2 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중심간격

$$C_c = 100.00 - 25/2 = 87.50 \text{ mm}$$

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

$$S_{min} : 375 \times (Kcr / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 133.51) - 2.5 \times 87.50 = 371.07 \text{ mm}$$

$$300 \times (Kcr / f_s) = 300 \times (210 / 133.51) = 471.86 \text{ mm}$$

S_a 는 작은 값인 371.07 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 371.07 \text{ mm}) \therefore 0.K$$

② 후연지반

① 응력 산정

$$f_s = M / [As \times (d - x/3)] = 839.265 \times 1000000 / [5139.200 \times (1700.000 - 315.604/3)]$$

$$= 102.399 \text{ MPa}$$

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

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

$$= 315.604 \text{ mm}$$

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

$$1\text{단} : 029 - 8.0 \text{ EA} (= 5139.2 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중심간격

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

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

$$S_{min} : 375 \times (Kcr / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 102.40) - 2.5 \times 85.50 = 555.30 \text{ mm}$$

$$300 \times (Kcr / f_s) = 300 \times (210 / 102.40) = 615.24 \text{ mm}$$

S_a 는 작은 값인 555.30 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 555.30 \text{ mm}) \therefore 0.K$$

③ 벽체 (H=11.250)

① 응력 산정

$$f_s = M / [As \times (d - x/3)] = 1865.776 \times 1000000 / [7166.000 \times (2271.716 - 429.863/3)]$$

$$= 122.327 \text{ MPa}$$

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

$$= -7 \times 7166.000/1000.0 + 7 \times 7166.000/1000.0 \times \sqrt{1 + 2 \times 1000.0 \times 2271.7/(7 \times 7166.000)}$$

$$= 429.863 \text{ mm}$$

$$\text{사용철근량} = 7166.0 \text{ mm}^2 \text{ (철근도심 : 128.3 mm)}$$

$$1\text{단} : 029 - 8.0 \text{ EA} (= 5139.2 \text{ mm}^2)$$

$$2\text{단} : 025 - 4.0 \text{ EA} (= 2028.8 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중심간격

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

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

$$S_{min} : 375 \times (Kcr / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 122.33) - 2.5 \times 85.50 = 430.01 \text{ mm}$$

$$300 \times (Kcr / f_s) = 300 \times (210 / 122.33) = 515.01 \text{ mm}$$

S_a 는 작은 값인 430.01 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 430.01 \text{ mm}) \therefore 0.K$$

④ 음벽

① 응력 산정

$$f_s = M / [As \times (d - x/3)] = 149.739 \times 1000000 / [1940.400 \times (700.000 - 124.983/3)]$$

$$= 117.218 \text{ MPa}$$

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

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

$$= 124.983 \text{ mm}$$

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

$$1\text{단} : 019 - 4.0 \text{ EA}, 016 - 4.0 \text{ EA} (= 1940.4 \text{ mm}^2)$$

② 철근의 최대 중심간격

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

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

$$S_{min} : 375 \times (Kcr / f_s) - 2.5 \times C_c = 375 \times (210 / 117.22) - 2.5 \times 90.50 = 445.57 \text{ mm}$$

$$300 \times (Kcr / f_s) = 300 \times (210 / 117.22) = 537.46 \text{ mm}$$

S_a 는 작은 값인 445.57 mm를 적용

$$S = 1000.00 / 8.0 \text{ EA} = 125.00 \leq S_a (= 445.57 \text{ mm}) \therefore 0.K$$

15.2.2 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 15.2.1】 서문14교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문14교의 주요 손상현황으로는 신축이음 차수판 볼트 체결 불량에 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문14교의 주요 손상현황으로는 신축이음 차수판 볼트 체결 불량에 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 접속도로 후타재 접속부 이격 방호벽 접속부 단차 차수판 볼트 체결불량, 후타재 균열 (0.3mm미만), 신축이음 하부 누수	양호

15.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

15.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○ 관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○ 안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○ 점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○ 일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○ 금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○ 중대결함 : 없음 ○ 구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○ 점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

15.2.5 시설물 보수 이력

【표 15.2.2】 서문14교 보수이력사항

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

15.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 15.2.3】 내진설계 여부 확인

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

15.3 현장조사

15.3.1 개요

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

가. 장비사용 현황

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

【사진 15.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

15.3.2 서울방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문14교(서울방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=70.0m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



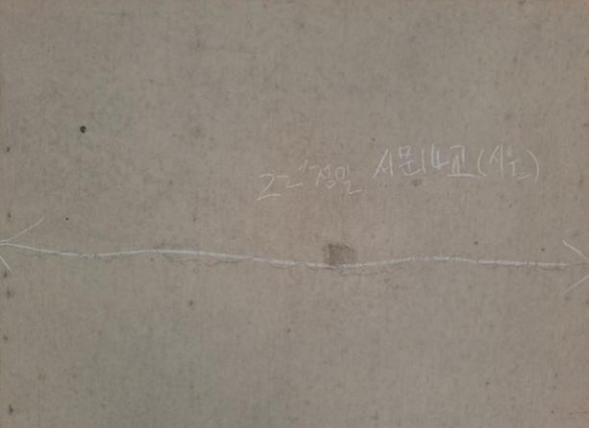
【사진 15.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 15.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
S1	4.50	1
합계	4.50	1

	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)	바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)
	
바닥판 하면 S1 상태 양호	바닥판 하면 S1 캔틸레버부 상태 양호

【사진 15.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

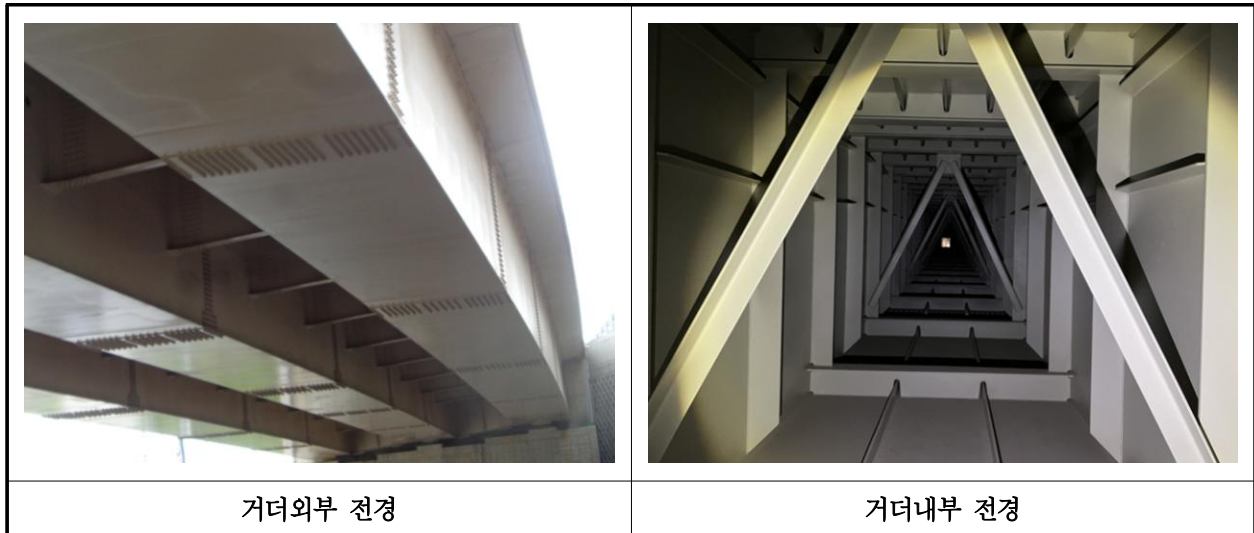
4) 검토의견

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

나. 거더

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 15.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	—	—
합계		—	—

【표 15.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	—	—
합계		—	—

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 15.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 15.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 15.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

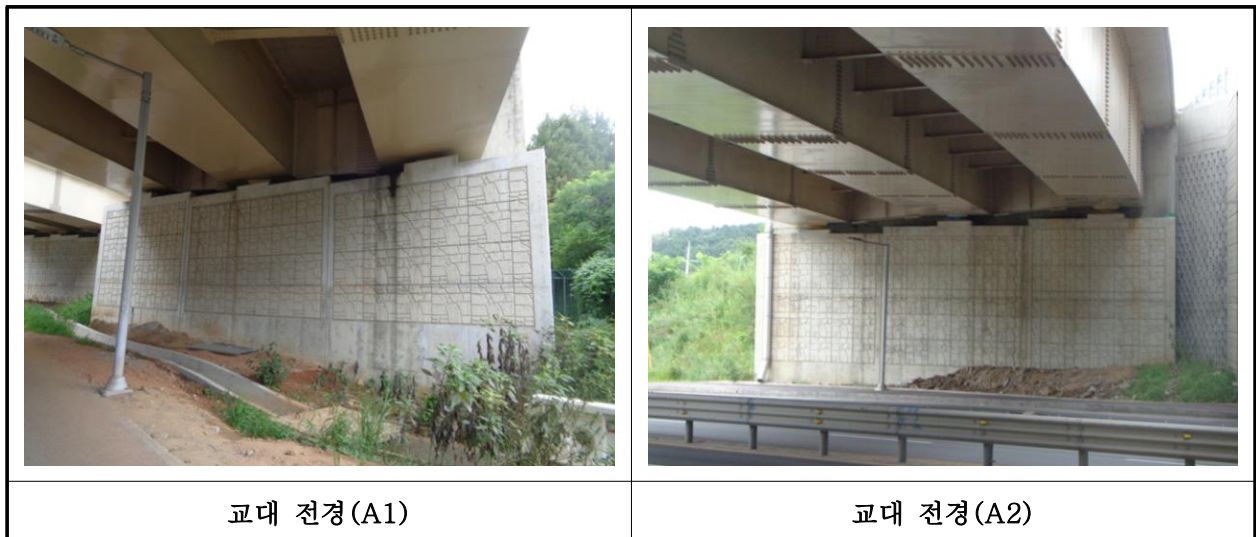
4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문14교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1은 직접기초, A2는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 균열(0.3mm미만), 상면 체수가 조사되었다.

【표 15.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	체수 (㎡/개소)	
A1	5.00	1
A2	—	—
합계	5.00	1

	
A1 구체 상면 체수(2.5×2.0)	A2 상태 양호

【사진 15.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

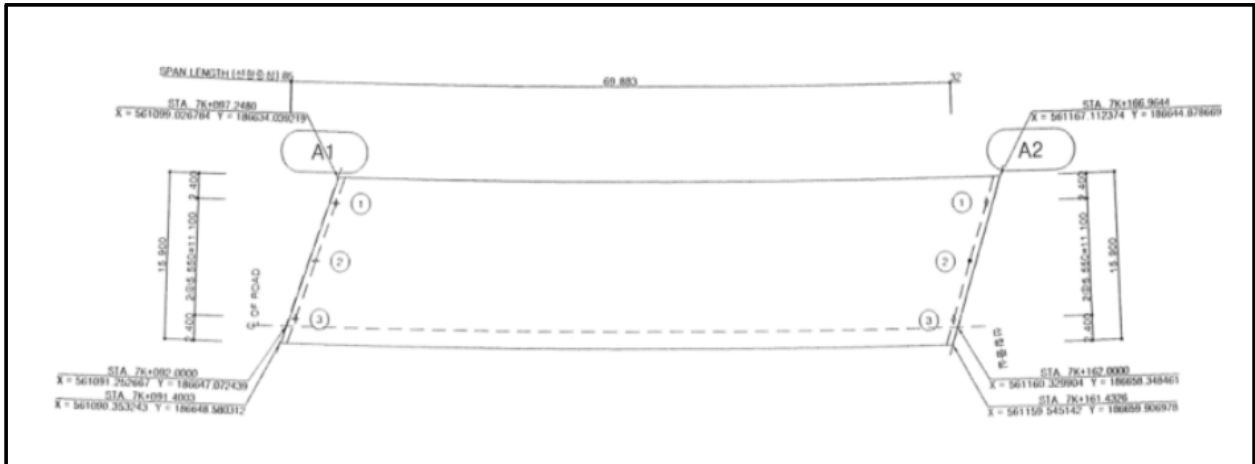
4) 검토의견

- 교대에 조사된 구체 상면 체수는 신축이음부 우수유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문14교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 15.3.1】 교량받침 배치도



【사진 15.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 15.3.6】 교량받침 현장조사 결과

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

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

【사진 15.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

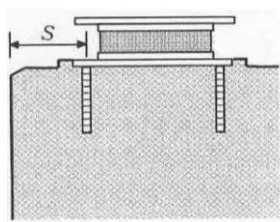
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

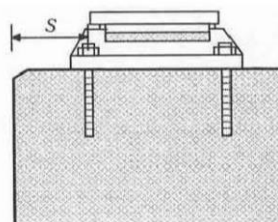
- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침



(b) 강재받침

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

【그림 15.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 15.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

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

【표 15.3.7】연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	550	670	670	670	O.K
A2	550	650	650	650	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 15.3.13】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 15.3.8】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선폽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.8	15.2	0.000012	70	37.6	12.8	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.8 $^{\circ}\text{C}$ (조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 40 $^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)							

【표 15.3.9】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	80(A1)	130	-30	37.6	12.8	±50	N.G
	SH2	80(A1)	130	-30			±50	N.G
	SH3	80(A1)	130	-30			±50	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

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

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

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



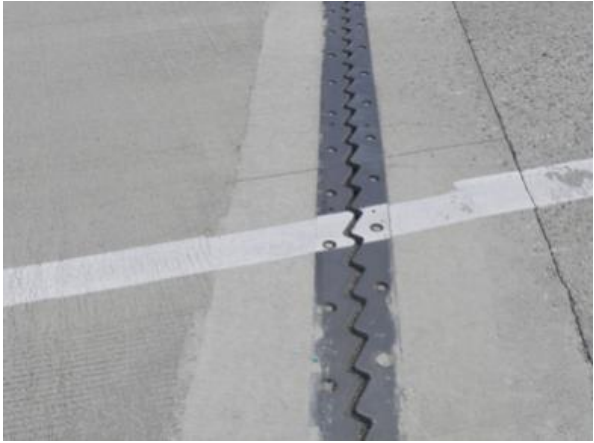
【사진 15.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 15.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3mm미만) (m/개소)		후타재 망상균열 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	12.00	24	3.60	1	1.00	1
A2 (EXP J2)	—	—	—	—	2.00	2
합계	12.00	24	3.60	1	3.00	3

	
A1 후타재 균열 (Cw=0.3mm미만)	A1 후타재 망상균열 (0.3 × 12.0)
	
A1 하부 누수 (L=1.0m)	A2 본체 상태 양호

【사진 15.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고	
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} - L : 신축보의 길이(mm)					
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 09. 30. 기온 적용: 20.7℃(일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃-20.7℃ = 19.3℃ ΔT(수축시) : -20.0℃-(20.7℃) = 40.7℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α (/℃)	
	강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	
	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	
						

【사진 15.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 15.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	40.7	19.3	0.000012	70.0	34.2	16.2	20	50	85	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 20.7 $^{\circ}C$ (조사일 : 2022년 09월 30일, 평균온도, 서울), (바닥판, 거더 측정일 : 08월 24일) 2) 검토온도 : -20 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (한랭지방)										

【표 15.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③) ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②) (③-②)	
A1	신축이음	34.2	16.2	20	80	25.80	3.80	O.K
	바닥판	37.6	12.8	50	－	－	37.2	O.K
	거더			85	－	－	72.2	O.K
A2		고정단						
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

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

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문14교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어 있다.



【사진 15.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과 본선은 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 접속부 이격이 조사되었다.

【표 15.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	30.00	2
합계	30.00	2

	
S1 (A2) 접속부 이격(L=15.0m)	S1 (A2) 접속부 이격(L=15.0m)
	
S1 (A1) 접속부 이격(L=15.0m)	S1 교면포장 상태 양호

【사진 15.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 접속부 이격은 주행차량의 윤하중, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 실링재 충전 등의 보수 대책을 수립하는 것이 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문14교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 15.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 15.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 15.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

자. 방호벽

1) 부재의 개요

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



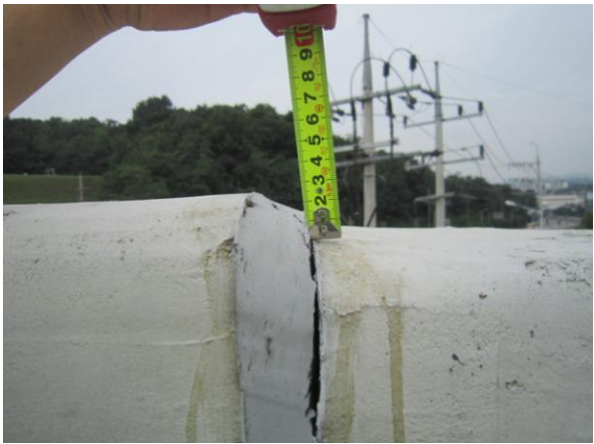
【사진 15.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 접속부 단차가 조사되었다.

【표 15.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	접속부 단차 (m/개소)	
S1	1.50	1
합계	1.50	1

	
S1 방호벽 단차(L=1.5m, T=2.5cm)	S1 방호벽 단차(L=1.5m, T=2.5cm)
	
방호벽 상태 양호	중앙분리대 상태 양호

【사진 15.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 접속부 단차는 시공미흡, 다짐불량, 잔류침하 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 차원에서 실링재 충전 등을 실시하는 것이 필요하고 지속적인 계측을 통한 유지관리가 요구된다.

차. 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

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

1) 도로포장

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

2) 도로부 신축이음부

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

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

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

15.3.3 문산방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문14교(문산방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=70.0m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.23】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 15.3.16】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
바닥판 하면 S1 상태 양호	바닥판 하면 S1 캔틸레버부 상태 양호

【사진 15.3.24】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

나. 거더

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.25】 거더 전경

2) 현장조사 결과

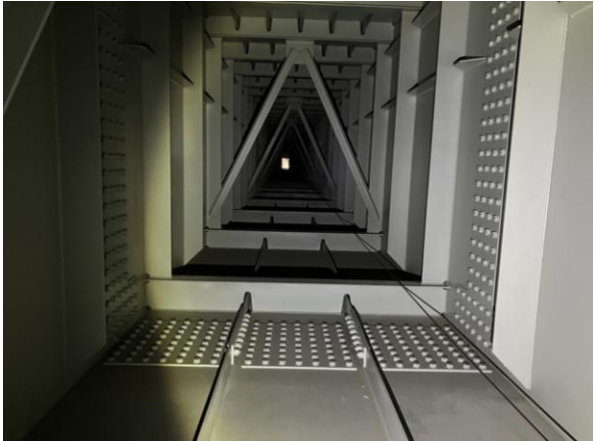
- 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부에 국부적인 도장긁힘이 조사되었으며, 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.17】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장긁힘 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	0.05	2
합계		0.05	2

【표 15.3.18】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	—	—
합계		—	—

	
S1-G1 도장긫힘 (0.1 × 0.2)	S1-G3 도장긫힘 (0.1 × 0.3)
	
거더내부 상태 양호	거더내부 상태 양호

【사진 15.3.26】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

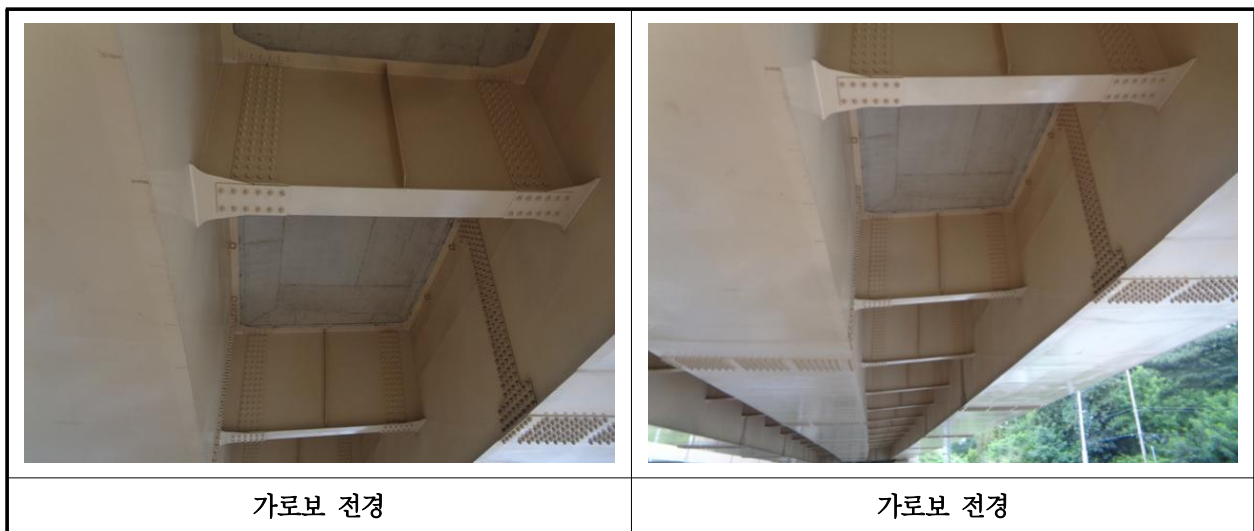
4) 검토의견

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

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.27】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 15.3.19】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 15.3.28】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

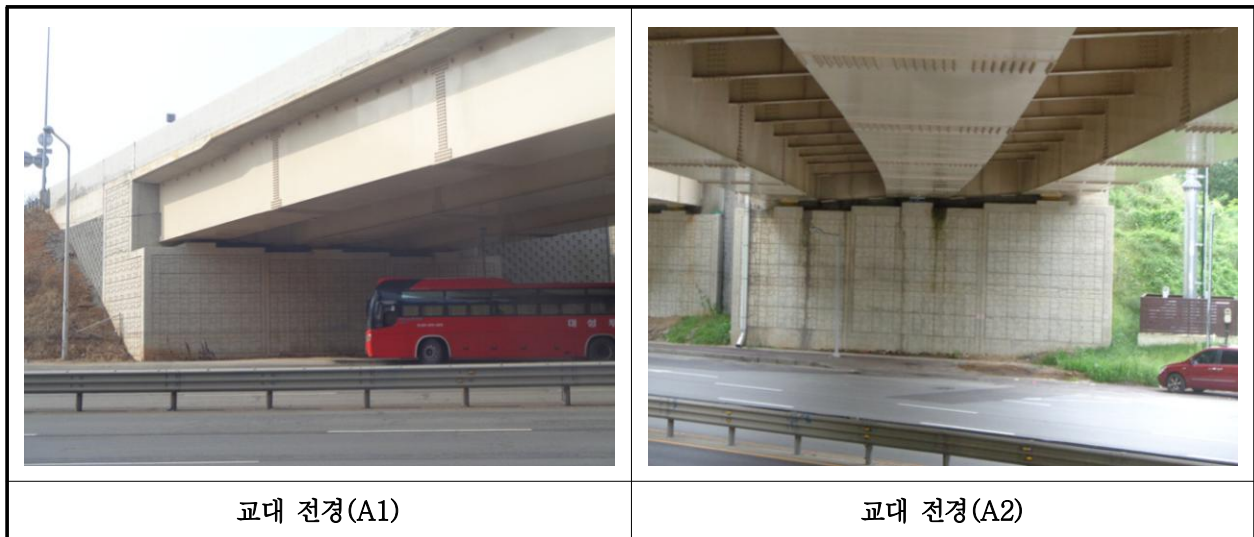
4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문14교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1은 직접기초, A2는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 15.3.29】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3mm미만)이 조사되었다.

【표 15.3.20】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	
A1	0.40	2
A2	—	—
합계	0.40	2

	
A1 구체 균열(Cw=0.3mm미만)	A2 상태 양호

【사진 15.3.30】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

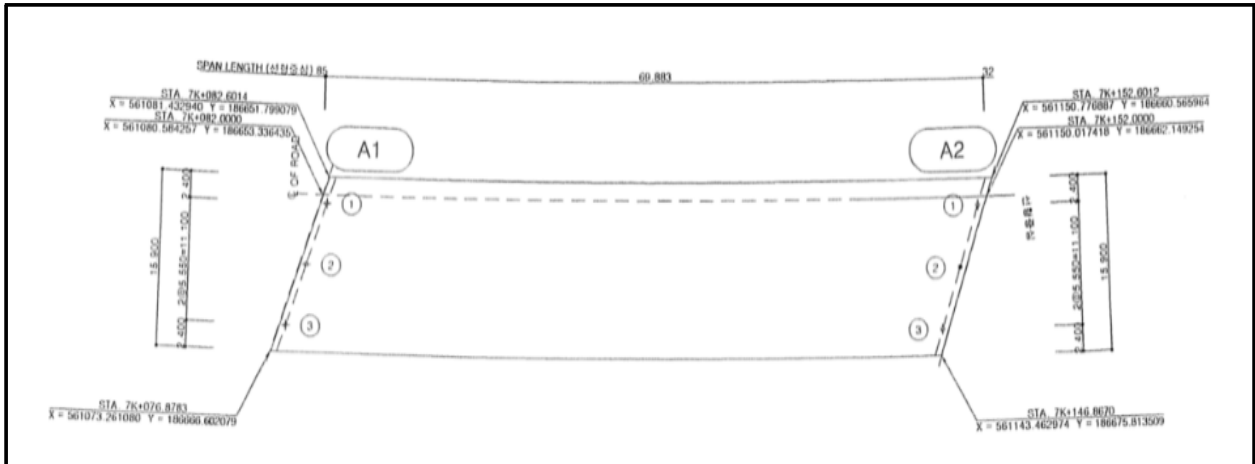
4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만)은 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문14교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 15.3.3】 교량받침 배치도



【사진 15.3.31】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 이동량 눈금자 미설치가 조사되었다.

【표 15.3.21】 교량받침 현장조사 결과

구분	이동량 눈금자 미설치 (개소)		여유량 부족 (개소)	
A1	2.00	2	3.00	3
A2	—	—	—	—
합계	2.00	2	3.00	3

	
A1-Sh1 이동량 눈금자 미설치	A1-Sh3 이동량 눈금자 미설치
	
A1-Sh2 상태 양호	A2-Sh3 상태 양호

【사진 15.3.32】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

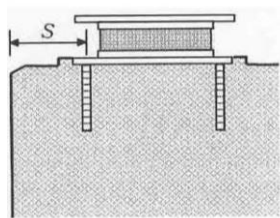
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

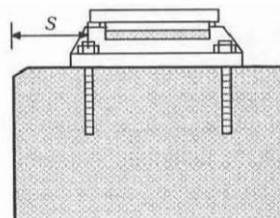
- 교량받침에 발생한 이동량 눈금자 미설치는 시공미흡 등에 의한 것으로 판단되며, 향후 원활한 점검 및 유지관리를 위해 정비(재설치)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침



(b) 강재받침

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

【그림 15.3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 15.3.33】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

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

【표 15.3.22】연단거리 측정 결과

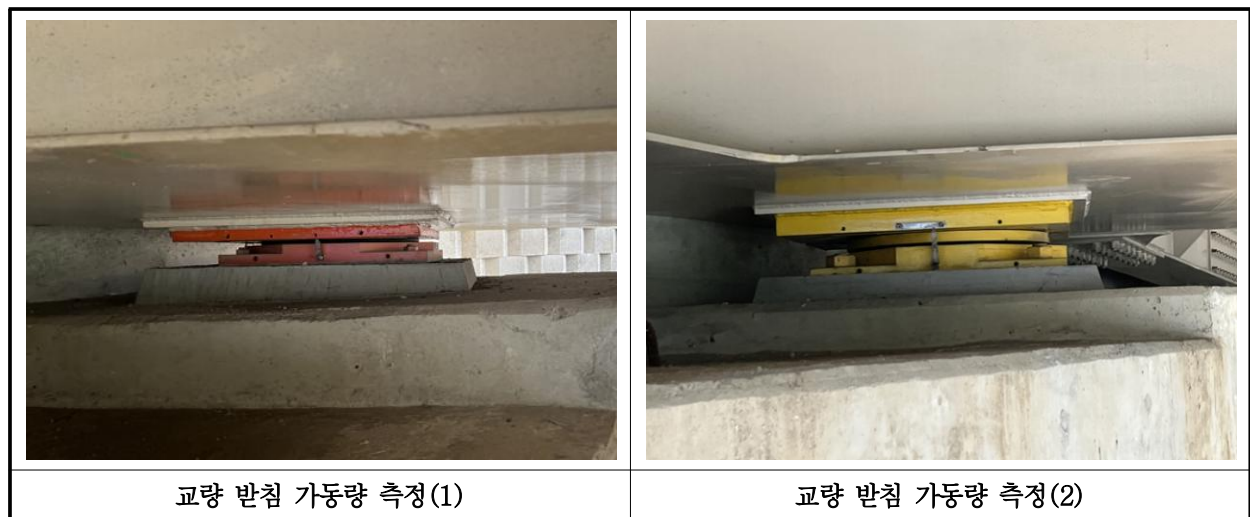
구 분	설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	550	640	640	640	O.K
A2	550	660	670	670	O.K

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 15.3.34】교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 15.3.23】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.8	15.2	0.000012	70	37.6	12.8	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.8 $^{\circ}\text{C}$ (조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 40 $^{\circ}\text{C}$ (한랭지방)							

【표 15.3.24】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	50(A1)	100	0	37.6	12.8	±50	N.G
	SH2	40(A1)	90	10			±50	N.G
	SH3	50(A1)	100	0			±50	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

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

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.35】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 후타재 균열, 파손, 하부 누수, 차수판 볼트 체결불량이 조사되었다.

【표 15.3.25】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (0.3mm미만) (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)		차수판 볼트 체결불량 (개소)	
A1 (EXP J1)	8.10	21	0.05	2	—	—	—	—
A2 (EXP J2)	6.50	16	—	—	2.00	2	1.00	1
합계	14.60	37	0.05	2	2.00	2	1.00	1

	
A1 후타재 균열 (Cw=0.3mm미만)	A1 후타재 파손 (0.1×0.4)
	
A2 하부 누수 (L=1.0m)	A2 차수판 볼트 체결불량

【사진 15.3.36】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손, 하부 누수, 차수판 볼트 체결불량의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고	
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} - L : 신축보의 길이(mm)					
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균) ΔT(신장시) : 40.0℃-9.4℃ = 30.6℃ ΔT(수축시) : -20.0℃-(9.4℃) = 29.4℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α (/℃)	
	강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	
	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	

【사진 15.3.37】 신축이음 유간 측정방법

【표 15.3.26】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	30.6	0.000012	70.0	24.7	25.7	53	50	0	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 9.4 $^{\circ}C$ (조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울), (바닥판, 거더 측정일 : 08월 24일) 2) 검토온도 : -20 $^{\circ}C$ ~ 40 $^{\circ}C$ (한랭지방)										

【표 15.3.27】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	24.7	25.7	53	80	2.30	27.30	O.K
	바닥판	37.6	12.8	50	-	-	37.2	O.K
	거더			0	-	-	-12.8	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음부 및 바닥판에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 거더 하면이 협착된 상태로 조사되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 거더 하면 협착부에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.38】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 15.3.28】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 파손 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	0.10	1	24.00	2
합계	0.10	1	24.00	2

	
S1(A1) 접속부 파손(0.2×0.5)	S1(A1) 접속부 이격(L=12.0m)
	
S1(A2) 접속부 이격(L=12.0m)	S1 본선 교면포장 상태 양호

【사진 15.3.39】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문14교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 15.3.40】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 15.3.29】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
합계	—	—

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 15.3.41】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

자. 방호벽

1) 부재의 개요

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



【사진 15.3.42】 방호벽 및 중양분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만), 균열부백태가 조사되었다.

【표 15.3.30】 방호벽 및 중양분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	3.00	3	0.70	11
합계	3.00	3	0.70	11

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3mm미만)	S1 중분대 균열부백태(0.1×0.5)
	
S1 중분대 균열부백태(0.1×1.0)	S1 중분대 균열부백태(0.1×1.0)

【사진 15.3.43】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만), 균열부백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수 유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 및 미관 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

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

1) 도로포장

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

2) 도로부 신축이음부

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

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

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

15.3.4 현장조사 총괄표

【표 15.3.31】 손상내용 총괄표(서울방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3mm미만)	m	4.50	1	
거더	외부	상태양호	—	—	—	
	내부	상태양호	—	—	—	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		채수	m ²	5.00	1	
교량받침		여유량 부족	EA	3.00	3	
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	12.00	24	
		후타재 망상균열	m ²	3.60	1	
		하부 누수	m	3.00	3	
교면포장		접속부 이격	m	30.00	2	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		접속부 단차	m	1.50	1	

【표 15.3.32】 손상내용 총괄표(문산방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	—	—	—	
거더	외부	도장긫힘	m ²	0.05	2	
	내부	상태양호	—	—	—	
가로보		상태양호	—	—	—	
교대		균열(0.3mm미만)	m	0.40	2	
교량받침		이동량 눈금자 미설치	EA	2.00	2	
		여유량 부족	EA	3.00	3	
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	14.60	37	
		후타재 파손	m ²	0.05	2	
		하부 누수	m	2.00	2	
		차수판 볼트 체결불량	EA	1.00	1	
교면포장		접속부 파손	m ²	0.10	1	
		접속부 이격	m	24.00	2	
배수시설		상태양호	—	—	—	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	3.00	3	
		균열부백태	m ²	0.70	11	

15.3.5 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

15.4 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.

15.4.1 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 15.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

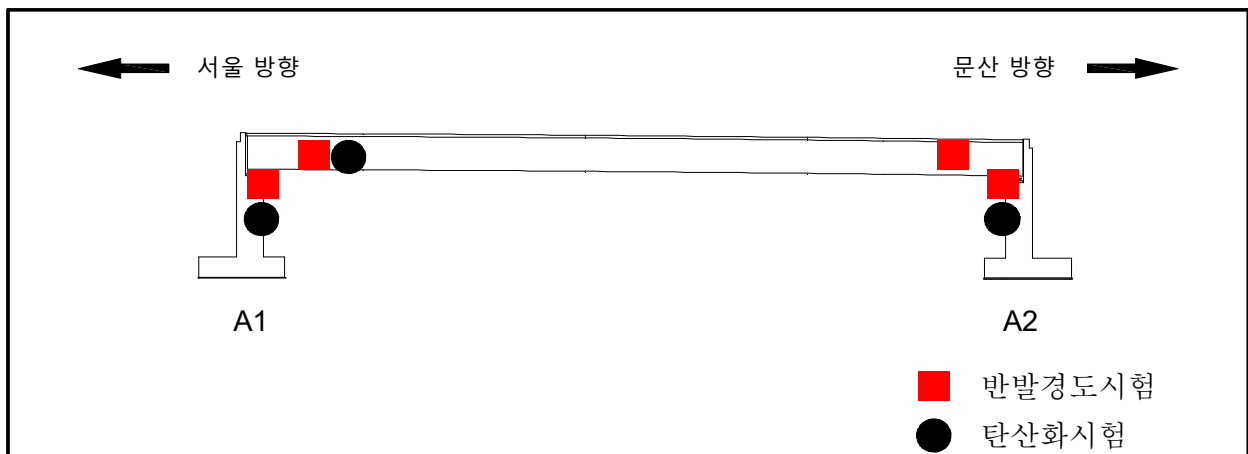
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

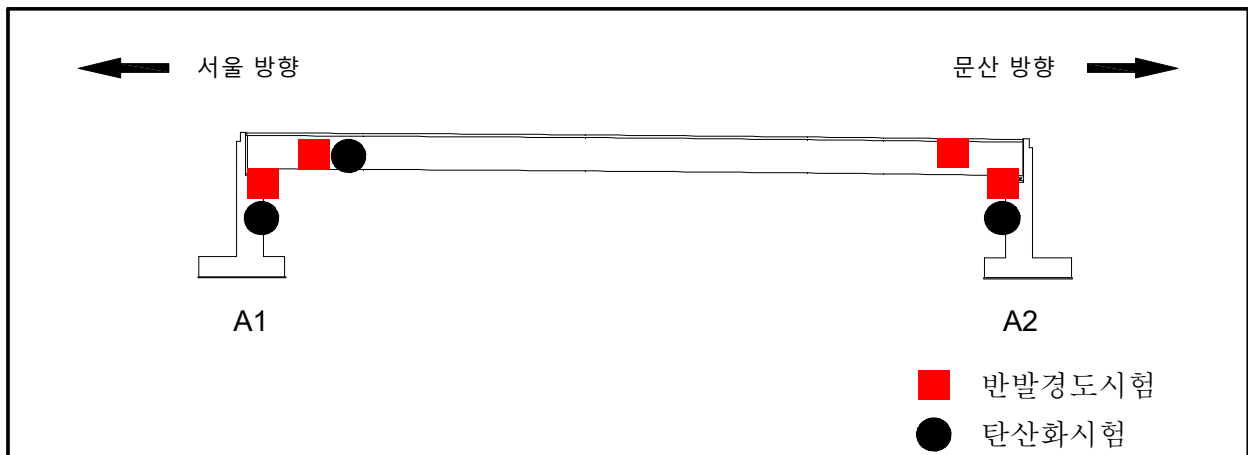


【사진 15.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 15.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울방향)



【그림 15.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산방향)

15.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

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

① 비파괴강도 시험결과

【표 15.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1(A1)	바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S1(A2)	바닥판	46.9	27.8	29.0			

【표 15.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	구체	43.5	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2	구체	43.7	25.1	27.5			

【표 15.4.4】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1(A1)	바닥판	46.6	27.6	28.9	0.67	27.0	
	S1(A2)	바닥판	46.3	27.3	28.8			

【표 15.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	구체	43.4	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2	구체	44.0	25.4	27.7			

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~29.0MPa, 하부구조 교대 24.9~27.5MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.9MPa, 하부구조 교대 24.9~27.7MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 15.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석(서울방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~29.0	27.0	101.3~107.6
하부구조	교대	24.9~27.5	24.0	103.8~114.6

【표 15.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석(문산방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	101.3~107.1
하부구조	교대	24.9~27.7	24.0	103.6~115.2

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 15.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(서울방향)

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

【표 15.4.9】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(문산방향)

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

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

【표 15.4.10】탄산화 시험결과 분석(서울방향)

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

【표 15.4.11】탄산화 시험결과 분석(문산방향)

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

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 15.4.12】 금회 점검 내구성조사 결과요약(서울방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.5	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 15.4.13】 금회 점검 내구성조사 결과요약(문산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.7	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

15.5 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.

15.5.1 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 15.5.1】 상태평가 결과표(서울방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	a	a	a	a	a	c	a	a	q	a	a
	A2								c	a	a	q	-	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.400	0.100	0.100	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.036	0.009	0.020	-	0.004	0.003
													0.145	
													B	

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

【표 15.5.2】 상태평가 결과표(문산방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	b	a	a	a	b	c	a	b	q	a	a
	A2								c	a	a	q	-	a
평균			0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	0.400	0.100	0.150	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.040	0.005	0.007	0.003	0.004	0.036	0.009	0.030	-	0.004	0.003
													0.159	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.159) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 15.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분		환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문14교	서울	0.145	B	70	2	140	0.500	0.073
	문산	0.159	B	70	2	140	0.500	0.080
합계(Σ)				140	4	280	1.000	0.152
1. 평가지수 =								0.152
2. 상태평가결과 =								B

15.5.2 기 점검 결과와의 비교

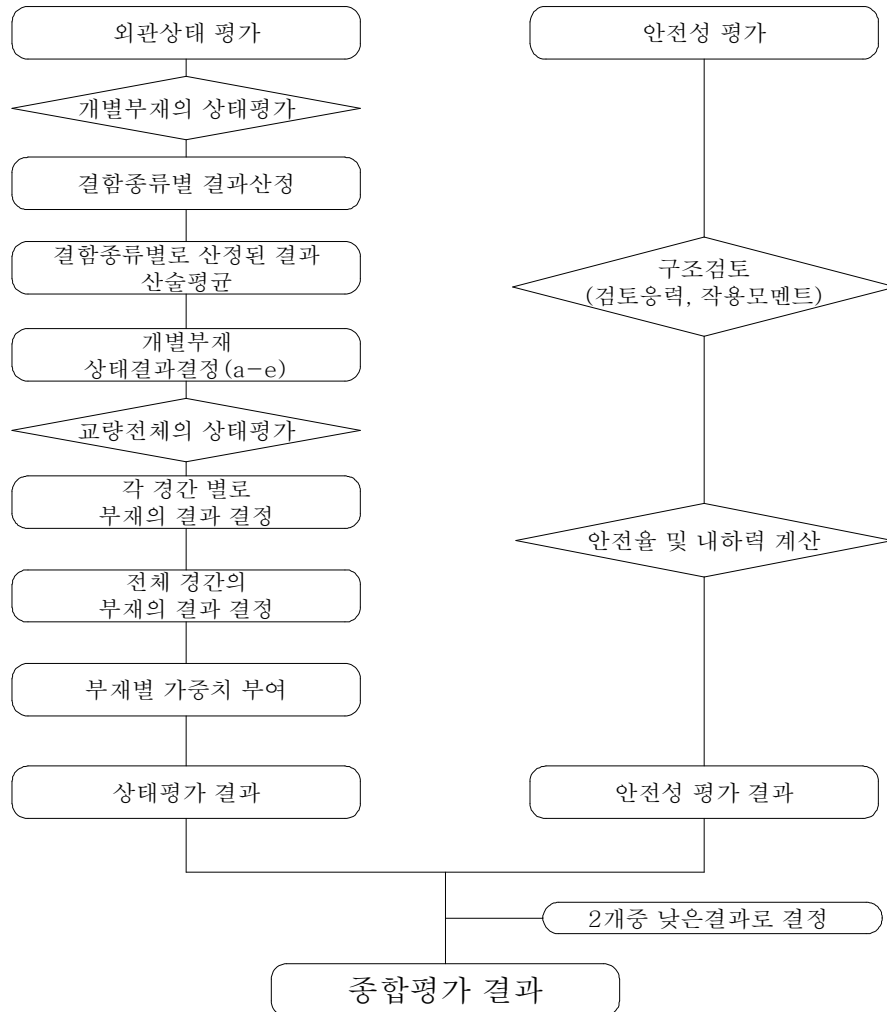
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

15.6 종합평가 및 안전등급 지정

15.6.1 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 15.6.1】 종합평가 결과 산정절차

15.6.2 종합평가 결과

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

【표 15.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문14교	0.152	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

15.6.3 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 15.6.2】 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

15.7 보수·보강 및 유지관리방안

15.7.1 보수·보강 방안

【표 15.7.1】 손상별 보수·보강 방안(서울방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3mm미만)	m	4.50	1	표면처리	하자
거더	외부	상태양호	—	—	—	—	—
	내부	상태양호	—	—	—	—	—
가로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		채수	m ²	5.00	1	정비 (신축이음부)	하자
교량받침		여유량 부족	EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)		m	12.00	24	표면처리	하자
	후타재 망상균열		m ²	3.60	1	표면처리	하자
	하부 누수		m	3.00	3	정비(재설치)	하자
교면포장		접속부 이격	m	30.00	2	실링재 충전	하자
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽		접속부 단차	m	1.50	1	실링재 충전	하자

【표 15.7.2】 손상별 보수·보강 방안(문산방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	—	—	—	—	—
거더	외부	도장긋힘	m ²	0.05	2	재도장	하자
	내부	상태양호	—	—	—	—	—
가로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		균열(0.3mm미만)	m	0.40	2	표면처리	하자
교량받침	이동량 눈금자 미설치		EA	2.00	2	정비(재설치)	하자
	여유량 부족		EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)		m	14.60	37	표면처리	하자
	후타재 파손		m ²	0.05	2	단면보수	하자
	하부 누수		m	2.00	2	정비(재설치)	하자
	차수판 볼트 체결불량		EA	1.00	1	정비	하자
교면포장	접속부 파손		m ²	0.10	1	단면보수	하자
	접속부 이격		m	24.00	2	실링재 충전	하자
배수시설		상태양호	—	—	—	—	—
방호벽	균열(0.3mm미만)		m	3.00	3	표면처리	하자
	균열부백태		m ²	0.70	11	표면처리	하자

15.7.2 개략공사비

【표 15.7.3】 개략공사비(서울방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바퀴하면	균열(0.3mm미만)	표면처리	4.50	1.13	m²	—	—	하자
교대	체수	정비	5.00	7.50	m²	—	—	하자
교량받침	여유량 부족	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	—	—	하자
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	표면처리	12.00	3.00	m²	—	—	하자
	후타재 망상균열	표면처리	3.60	5.40	m²	—	—	하자
	하부 누수	정비(재설치)	3.00	4.50	m	—	—	하자
교면포장	접속부 이격	실링재 충전	30.00	45.00	m	—	—	하자
방호벽	접속부 단차	실링재 충전	1.50	2.25	m	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

【표 15.7.4】 개략공사비(문산방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더외부	도장긫힘	재도장	0.05	0.08	m²	—	—	하자
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	0.40	0.10	m²	—	—	하자
교량받침	이동량 눈금자 미설치	정비(재설치)	2.00	2.00	EA	—	—	하자
	여유량 부족	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	—	—	하자
신축이음	후타재 균열(0.3mm미만)	표면처리	14.60	3.65	m²	—	—	하자
	후타재 파손	단면보수	0.05	0.08	m²	—	—	하자
	하부 누수	정비(재설치)	2.00	3.00	m	—	—	하자
	차수판 볼트 체결불량	정비	1.00	1.00	EA	—	—	하자
교면포장	접속부 파손	단면보수	0.10	0.15	m²	—	—	하자
	접속부 이격	실링재 충전	24.00	36.00	m	—	—	하자
방호벽	균열(0.3mm미만)	표면처리	3.00	0.75	m²	—	—	하자
	균열부백태	표면처리	0.70	1.05	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.

15.7.3 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 15.7.5】 중점유지관리 항목

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

◎ 부재별 중점점검 손상

① 신축이음 하부 누수 및 교대 구체 상면 체수 - 진전 여부확인		② 교면포장 접속부 이격 - 진전 여부확인
③ 교량받침 A1 가동여유량 부족 - 주기적인 계측 필요		④ 거더 A1 하면 가동여유량 부족 - 주기적인 계측 필요
Diagram illustrating the bridge structure and inspection points. The bridge is supported by two main girders, A1 and A2. Inspection points are marked with red circles: 1 and 2 are on the top surface of the girders, 3 is on the bottom surface of the girders, and 4 is on the bottom surface of the pier. Arrows indicate the direction of traffic: '서울 방향' (Seoul direction) pointing left and '문산 방향' (Munsan direction) pointing right.		

15.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 70.0m, 폭 32.0m의 STB 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공 자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

15.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(서울방향)

1) 바닥판 하면

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

2) 거더

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

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 조사된 구체 상면 채수는 신축이음부 우수유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교량받침

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

6) 신축이음장치

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

7) 교면포장

- 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 접속부 이격은 주행차량의 윤하중, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 실링재 충전 등의 보수 대책을 수립하는 것이 요구된다.

8) 배수시설

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

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 접속부 단차는 시공미흡, 다짐불량, 잔류침하 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 차원에서 실링재 충전 등을 실시하는 것이 필요하고 지속적인 계측을 통한 유지관리가 요구된다.

10) 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~29.0MPa, 하부구조 교대 24.9~27.5MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0mm, 하부구조 탄산화깊이는

2.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 현장조사 및 시험(문산방향)

1) 바닥판 하면

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

2) 거더

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

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 발생한 균열(0.3mm미만)은 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침에 발생한 이동량 눈금자 미설치는 시공미흡 등에 의한 것으로 판단되며, 향후 원활한 점검 및 유지관리를 위해 정비(재설치)를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손, 하부 누수, 차수판 볼트 체결불량의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음부 및 바닥판에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 거더 하면이 협착된 상태로 조사되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 거더 하면 협착부에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

7) 교면포장

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

8) 배수시설

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

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만), 균열부백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수 유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 및 미관 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

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

12) 내구성조사

- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.9MPa, 하부구조 교대 24.9~27.7MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문14교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.199인 “B”로 산정되었다.

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문14교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

15.8.2 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.

15.8.3 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.