

10. 서문9교(문산방향)

- 10.1 시설물 개요
- 10.2 자료수집 및 분석
- 10.3 현장조사
- 10.4 콘크리트 내구성조사
- 10.5 상태평가
- 10.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 10.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 10.8 종합결론

10. 서문9교(문산방향)

10.1 시설물의 개요

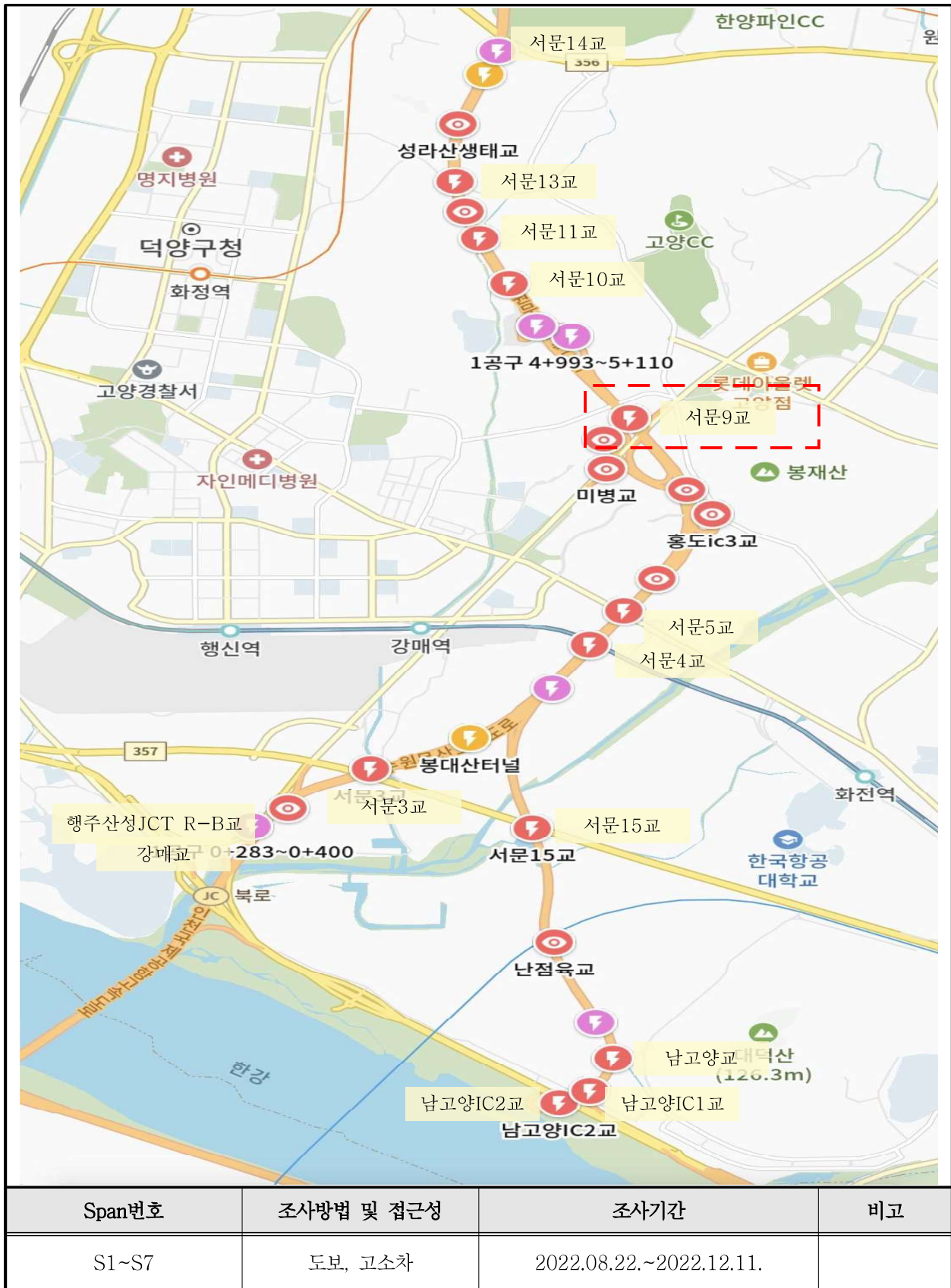
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77에 위치한 교량으로 총 연장 330.0m, 폭 15.6m로 시공되어 있다.

10.1.1 일반사항

【표 10.1.1】 서문9교(문산방향) 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=330.0m (45+60+45+4@45=330.0m)					
	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		강평거쥔인트	
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			

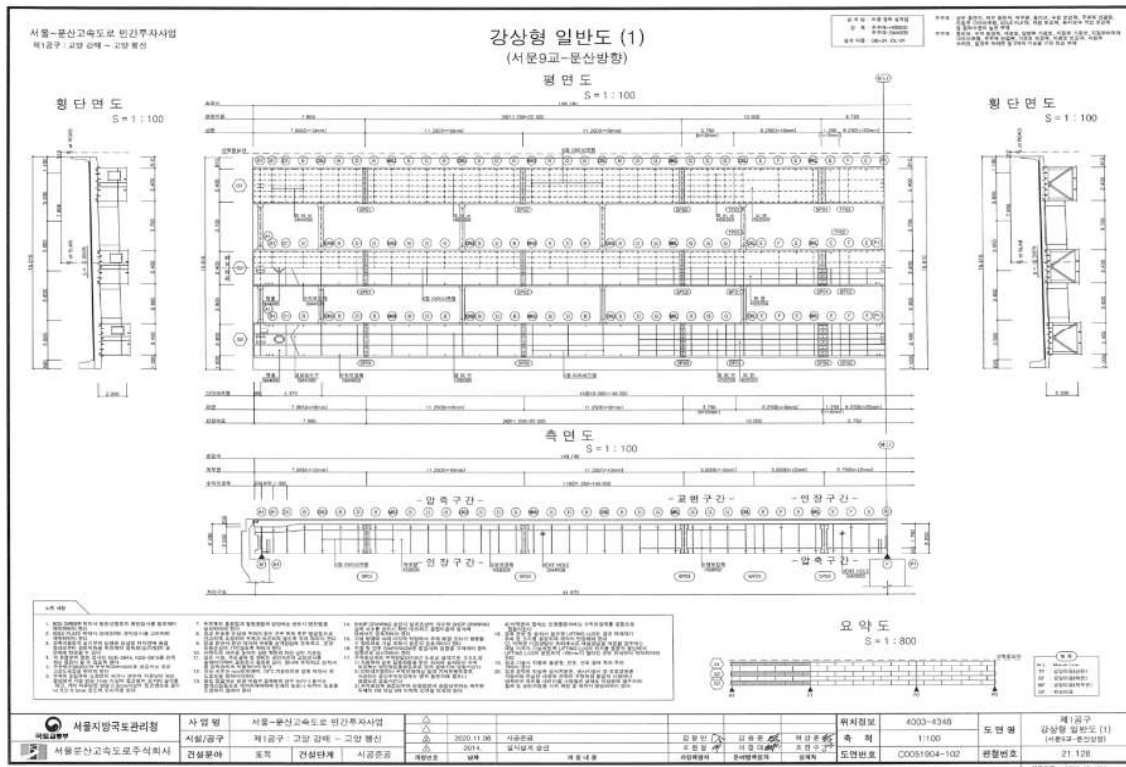
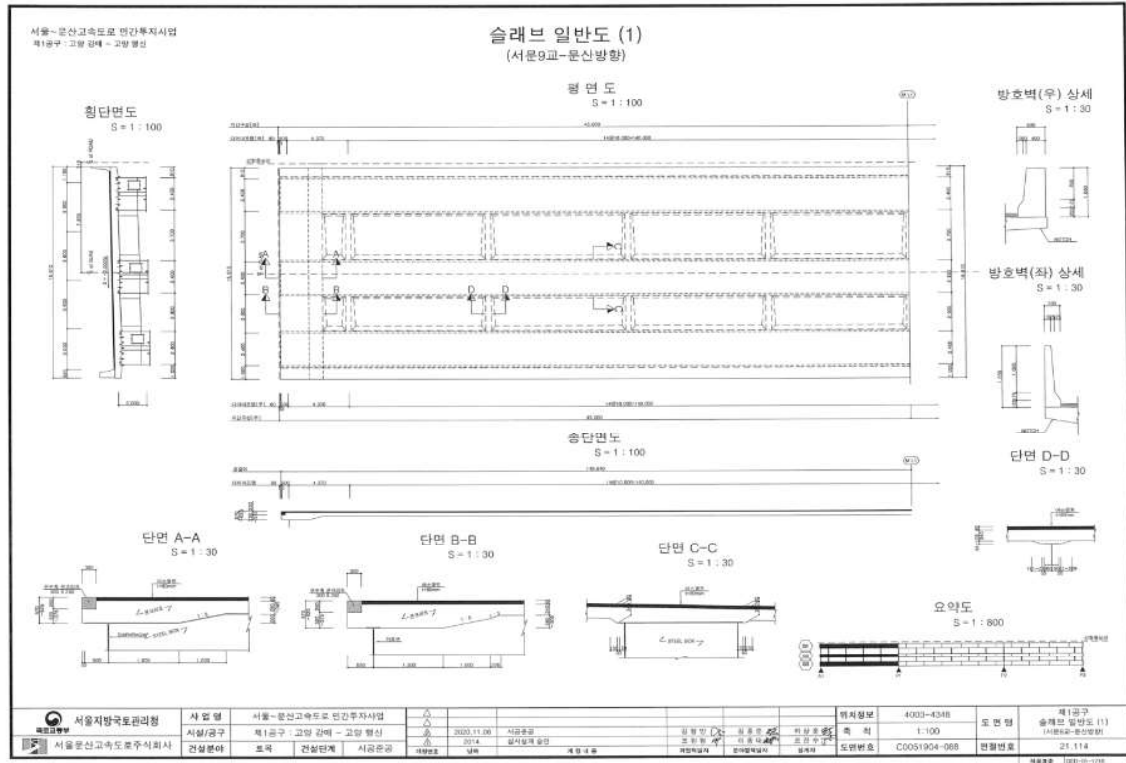
10.1.2 위치도 및 전경사진



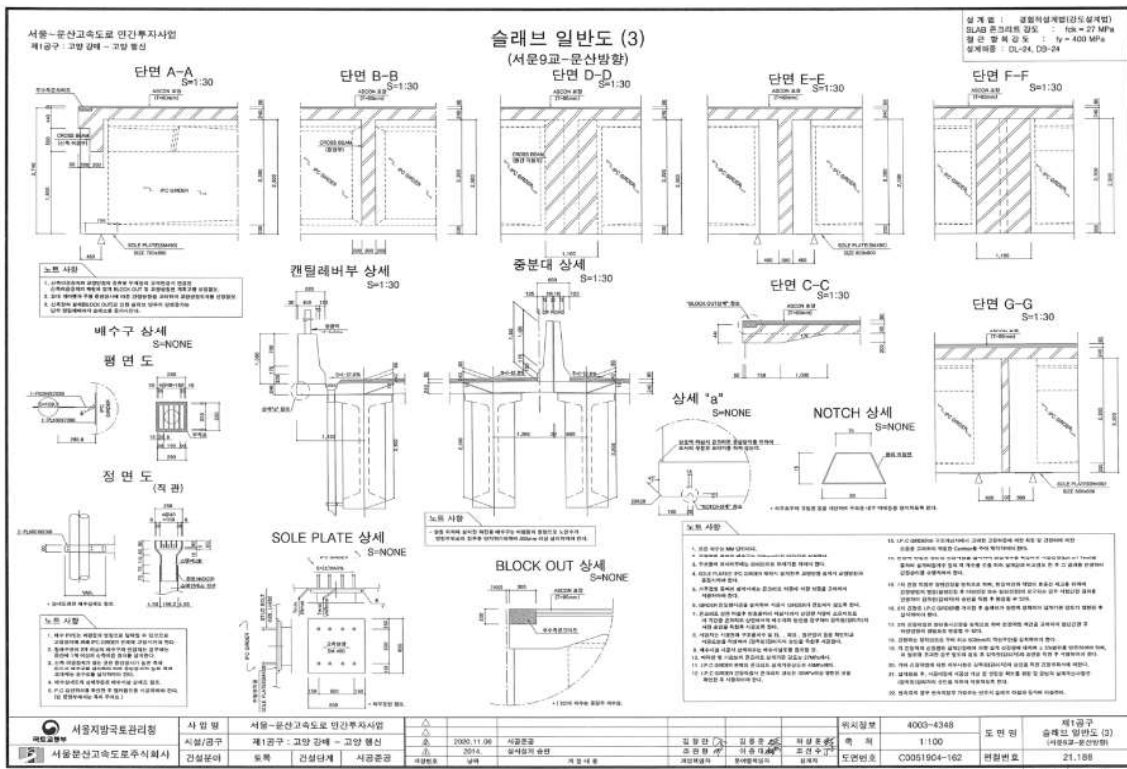
【그림 10.1.1】 위치도

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

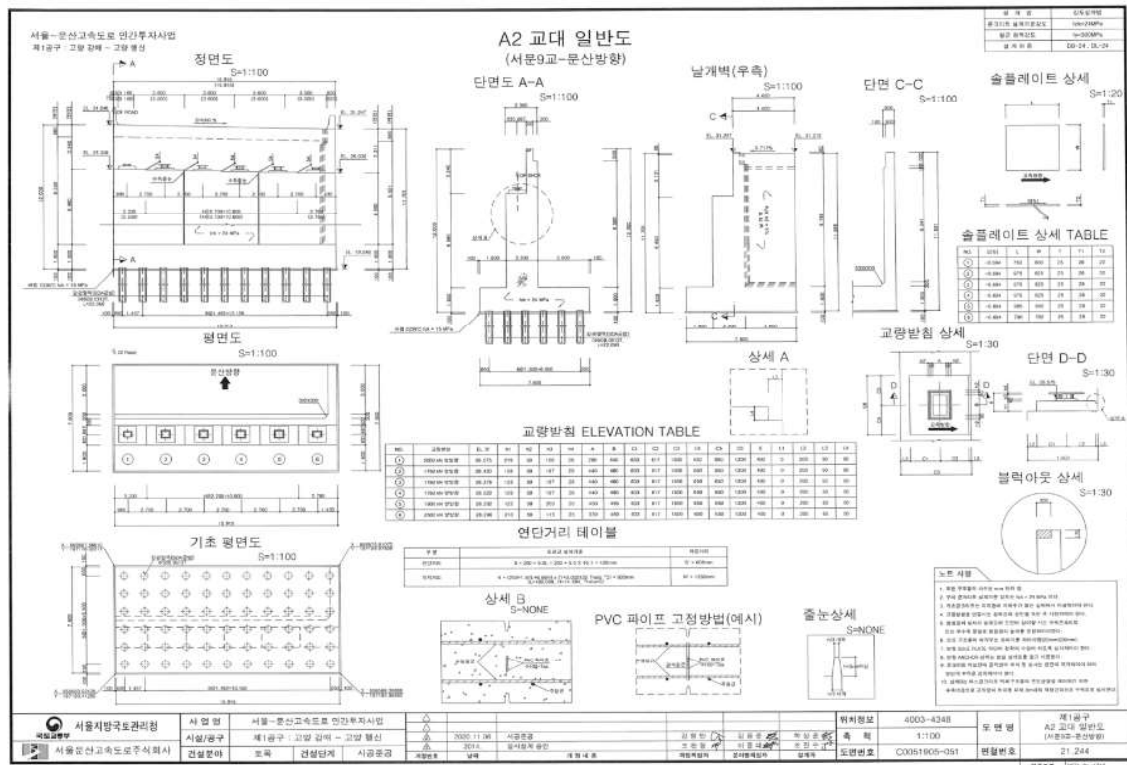
【그림 10.1.2】 부재별 현황



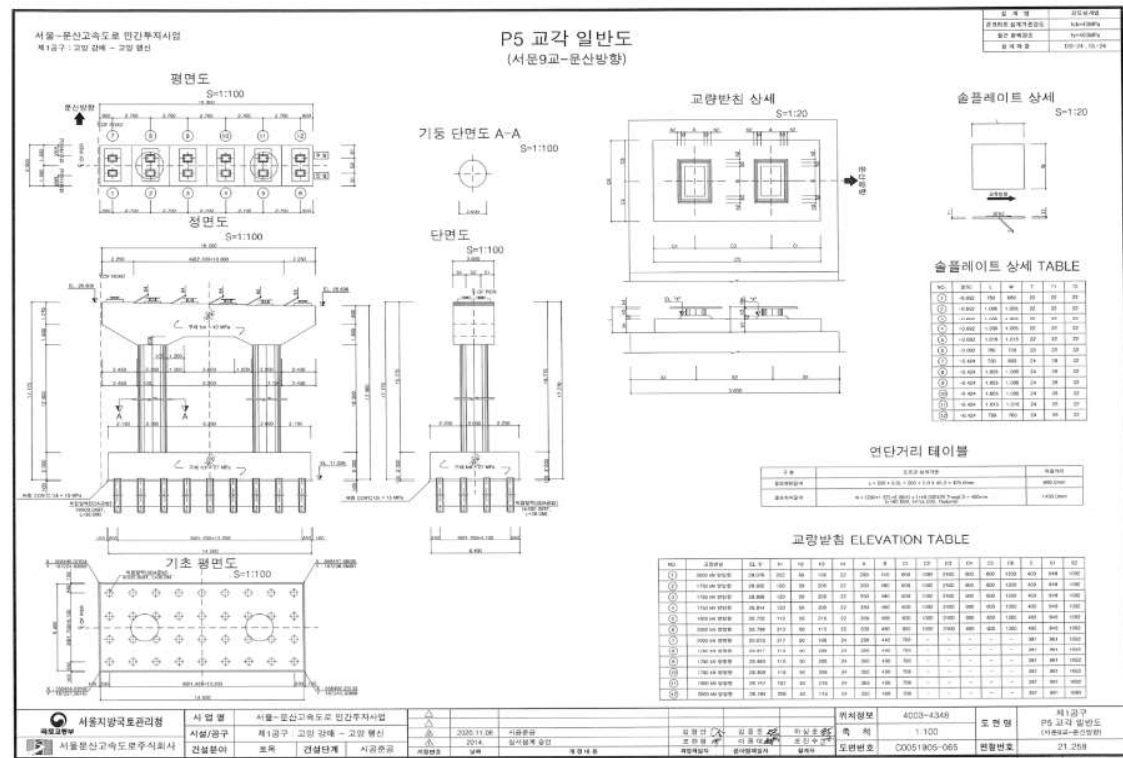
【그림 10.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도



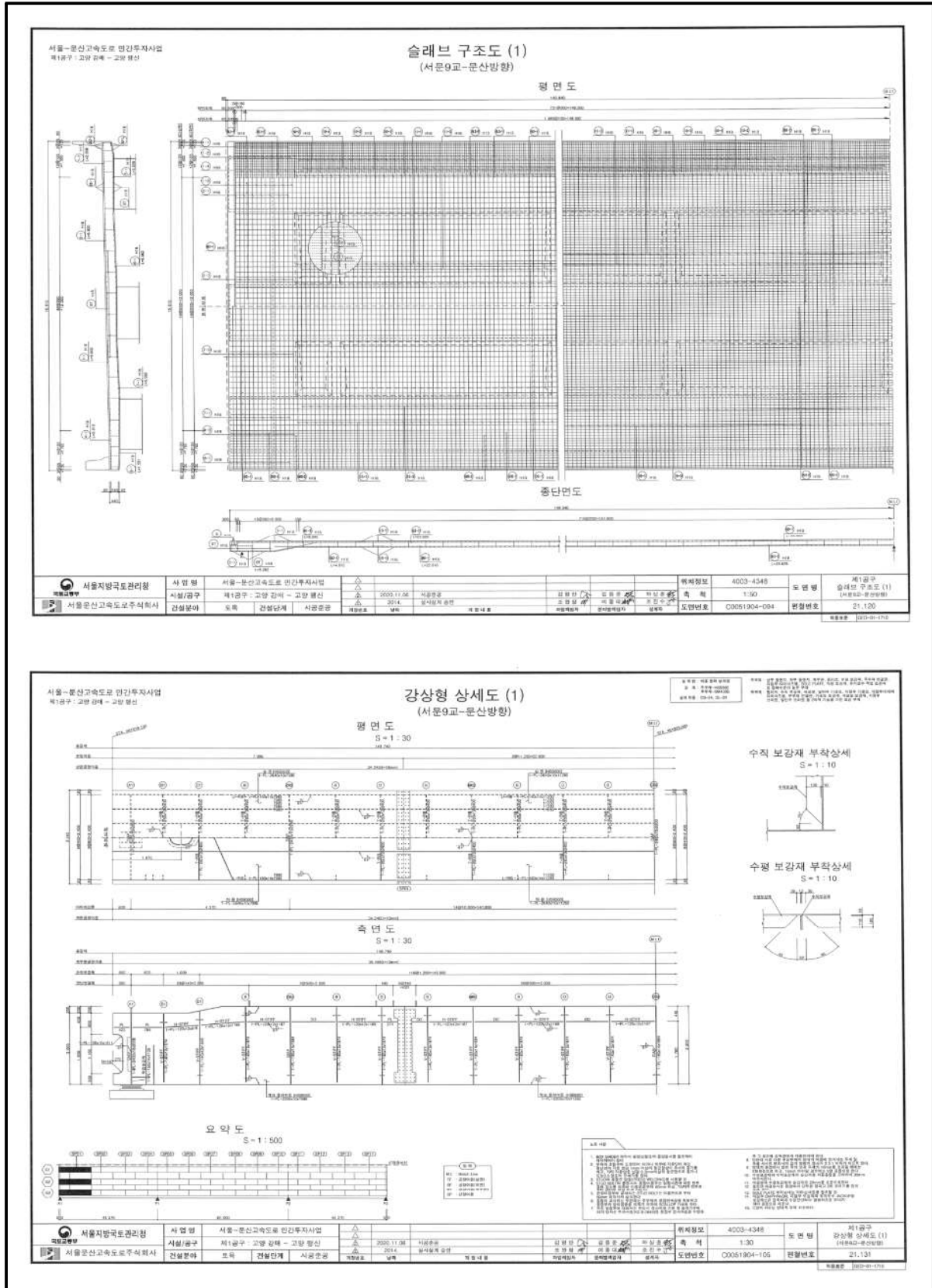
【그림 10.1.5】 바닥판하면 일반도



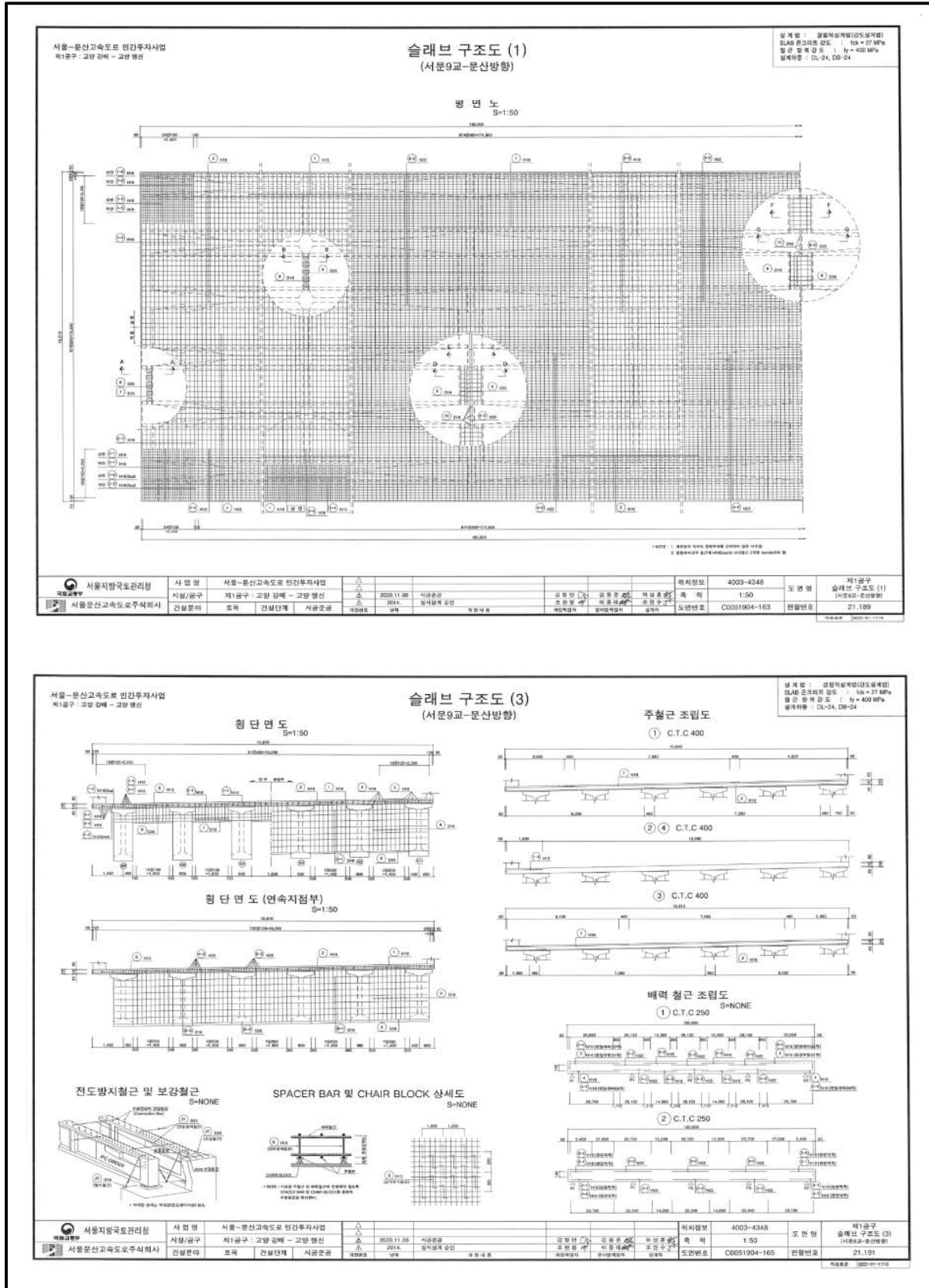
서문9교(문산방향) - 9



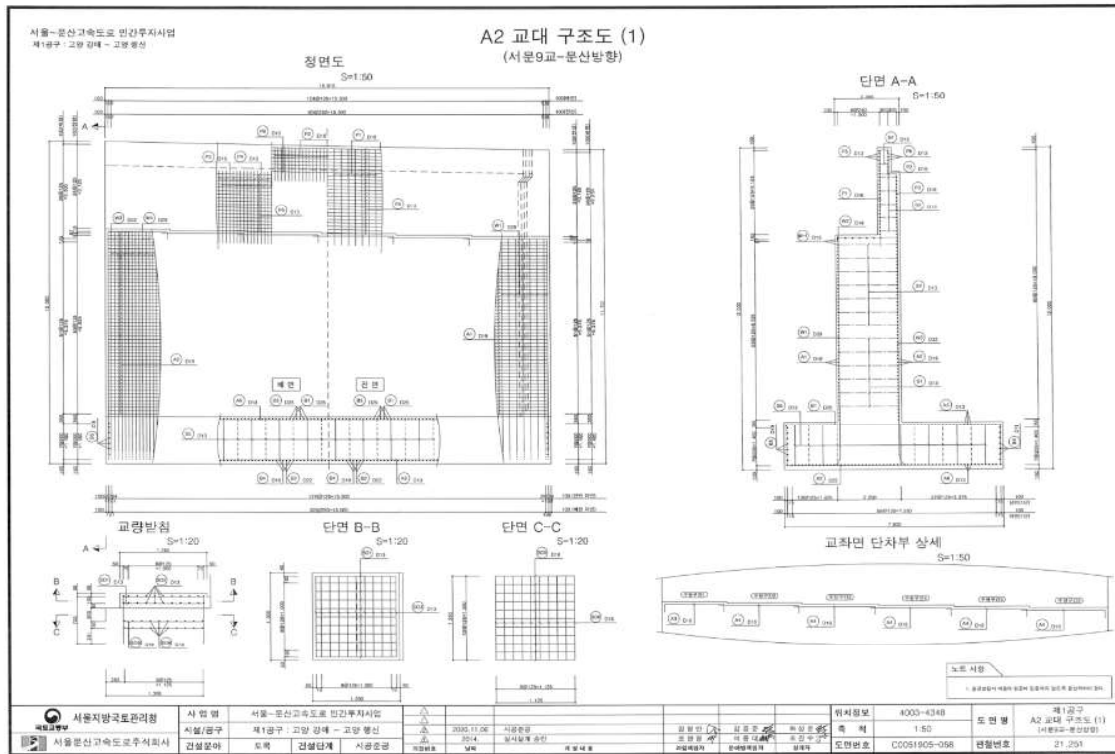
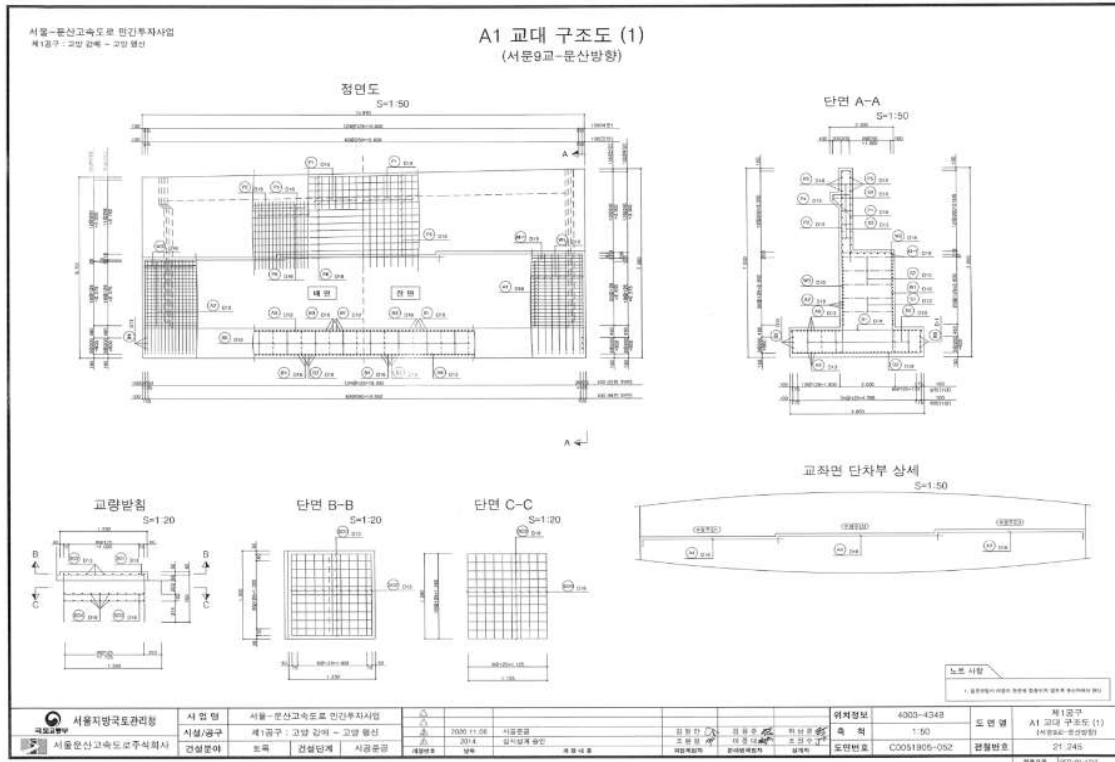
【그림 10.1.7】 교각 일반도



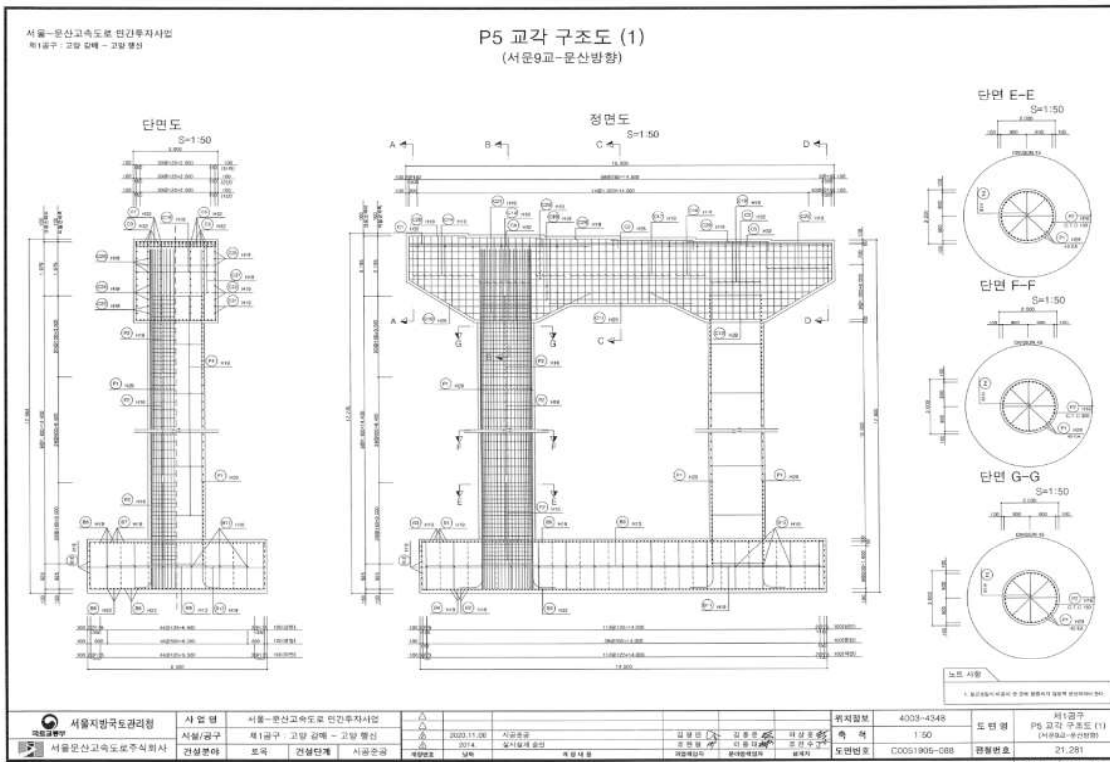
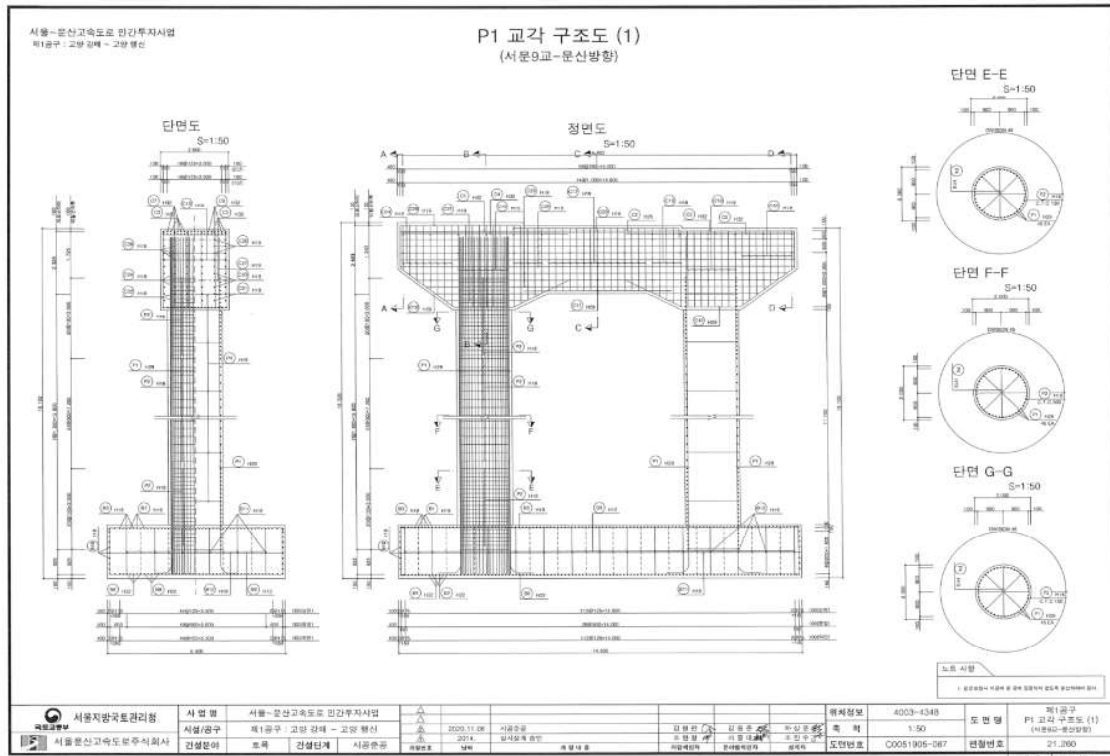
【그림 10.1.8】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



【그림 10.1.8】 바닥판하면 구조도



【그림 10.1.9】 교대 구조도



【그림 10.1.10】 교각 구조도

10.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

10.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질

제4권 성과분석 및 설계지반정수

제 2 장 설계지반정수 산정

[illegible]

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2 토사층의 설계지반경수 산정

[illegible]

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ Cohesionless soils(Pile Design and Construction Practice(M.J. Tomlinson, 1993))

Soil type, components & consistency		SA(N/m ²)	EA(N/m ²)	SC
Loose gravel with low sand content		18.0~19.0	8.0	38.0~39.0
Loose gravel with low sand content		19.0~20.0	9.0	39.0~40.0
Dense to very dense gravel with low sand content		19.0~21.0	9.0	36.0~40.0
Dense well-graded sandy gravel		20.0~23.0	10.0	38.0~39.0
Medium-sand well-graded sandy gravel		18.0~21.0	9.0	30.0~36.0
Dense well graded sandy gravel		20.0~23.0	9.0	36.0~40.0
Loose clayey sandy gravel		18.0~20.0	7.0	28.0~34.0
Dense clayey sandy gravel		18.0~21.0	10.0	30.0~35.0
Dense to very dense clayey sandy gravel		21.0~22.0	12.0	36.0~40.0
Loose coarse to fine sand		18.0~20.0	7.0	30.0~35.0
Dense to very dense coarse to fine sand		20.0~23.0	7.0	30.0~35.0
Dense to very dense coarse to fine sand		21.0~22.0	12.0	36.0~40.0
Loose fine and clay sand		18.0~17.0	7.0	26.0~30.0
Dense to very dense fine and clay sand		19.0~18.0	9.0	30.0~35.0
Dense to very dense fine and clay sand		19.0~20.0	10.0	35.0~40.0

▶ 국내 표준치 (수출용치)

구분	γ (kN/m ³)	E (kN/m ²)	SC	단위극한 전단력 (kPa)	단위극한 인장력 (kPa)
한 국 산	17.0 ~ 20.0	1,000 ~ 1,000.0	25 ~ 30	100.0 ~ 40.0	0.5
외 국 산	20.0 ~ 22.0	1,000 ~ 1,000.0	35 ~ 38	100.0 ~ 20.0	0.3 ~ 0.4

▶ 국토교통부 (국토교통과학기술진흥원, 2008)

▶ 국내 단위극한 전단력 (kPa) ▶ 국내 단위극한 인장력 (kPa)

구분	구분	구분	구분	구분	구분
자연지반	고립물	18.0	20.0	50 ~ 100	10.0
	사양물	7.0	18.0	30 ~ 50	18.0
	점토	18.0	18.0	10 ~ 15	17.0
	점토	18.0	18.0	10 ~ 15	17.0
인공지반	점토	18.0	18.0	10 ~ 15	17.0
	점토	18.0	18.0	10 ~ 15	17.0

▶ 국토교통부 (국토교통과학기술진흥원, 2008)

SM 서울~부산고속도로 민간투자사업

2) 경험식에 의한 강도계수 산정(N값 이용)

[illegible]

4

[illegible]

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2.3 전정계수 및 포아송비 산정

비판 판정 지표		Björk, V. De Borja (2004)		Angeles, E. Bormio (1995)	
구분	구분	Shropshire (Foundation Engineering) 단위점 (점)	점수 (점)	점수 (점)	점수 (점)
노출 표면적	노출 표면적	10.0-14.0	0.20-0.40	10.0-20.0	0.20-0.35
노출 표면적	노출 표면적	12.0-27.8	0.25-0.40	-	-
노출 표면적	노출 표면적	34.5-102.0	0.30-0.40	50.0-118.0	0.30-0.40
노출 표면적	노출 표면적	10.0-17.2	0.20-0.40	5.0-10.0	0.10-0.30
노출 표면적	노출 표면적	41.0-107.0	-	2.0-20.0	-
노출 표면적	노출 표면적	20.7-64.0	0.20-0.30	65.0-150.0	0.40-0.50
노출 표면적	노출 표면적	-	-	50.0-100.0	-
노출 표면적	노출 표면적	69.0-172.0	0.15-0.35	50.0-100.0	-
노출 표면적	노출 표면적	-	-	100-200	-
노출 면적에 대한 노출 면적의 평균 (노출 면적, 1995)					
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	15 ~ 60	0.10-0.3	-	-
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	2 ~ 25	0.30-0.35	-	-
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	10 ~ 20	-	-	-
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	29 ~ 30	-	-	0.25
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	10 ~ 20	-	-	-
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	30 ~ 60	0.10-0.35	-	-
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	80 ~ 80	-	-	-
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	30 ~ 60	-	-	-
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	80 ~ 100	-	-	0.30-0.4
노출 면적 (mm)	노출 면적 (mm)	100 ~ 200	-	-	-

제 4 편 성과분석 및 설계지반정수

○N값을 이용한 변형계수(MPa)

[illegible]

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

6) 변형계수 및 포아송비 산정 결과

[illegible]

제 4 편 성과분석 및 설계지반정수

■ 다경토사의 평균 전단강도 Huang(1998)

[illegible]

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

단위중량 및 포화수	Tschiya (1984)	국립전 (1993)
산정방법	•수열의, 기준치와 등을 이용하여 단위중량과 포화수비를 산정 $\ln(W/W_0) = \frac{12.04 \times (1.28/14.3) \times 10}{25} = 0.2$ $W = 0.2 \times (1.28/10) = 0.0256$ $\text{여기서 } W = \ln(100/\text{cm}^3) - 2.25/0.35$	• $\alpha = -0.17$ $\ln(W/W_0) = 0.9$
산정식		

정적학 및 내부자극	가 계 계 열
• Baranowski (1986)	$\ast C_{10} = -0.051 + 0.00391 \times -3.348 \times 10^{-4} \text{ MPa}^2$ $\ast C_{10} = -0.086 + 0.789 \text{ MPa} - 0.0031 \text{ MPa}^2$
• Triaman (1986)	$\ast C_{10} = 0.05 \exp(-0.001 \text{ MPa})$ $\ast C_{10} = 0.59 \text{ MPa} + 5$
• 김 (4인) (1993)	$\ast C_{10} = 2 \exp(-0.0007 \text{ MPa})$ $\ast C_{10} = 0.25(0.6 \text{ MPa})^2 + 27.5$

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 $y = 2x + 1$.

*Eisenigowski (1978) $E_n = 2\text{PMR}-11$

•Birkowski (1972)	$E_m = 21MR - 0.00(GPa)$; $RMR > 57$	
•Gerafini & Pereira (1983)	$E_m = 10 \cdot 10^{RMR - 0.001(GPa)}$; $RMR \leq 57$	
•Gotoh (1980)	$E_m = 3 \cdot e^{0.001RMR(GPa)}$ - RMR^* : ϕ -value에서 지반수 상태 및 결핵량당 보정을 제외	
•Aydin (1987)	$E_m = 0.0097 RMR^{1.59} (MPa)$	

•Mohammed (1997): $E_{\text{a}} = 0.56 \text{ kJ mol}^{-1} + 0.36 \text{ kJ mol}^{-1} (\text{OPe})$

제 4 권 성과분석 및 설계지반정수

◎ 媒體通會

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
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

	기초	연간	시간 결과	비고
1 등급	18,000	55,300~63,300	-	18,000
중급급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
하급급	4,900~6,000	11,900~13,100	-	4,900
저급급	1,000	3,100~4,400	599~999	1,000
무급급	500	600~1,000	=	500

* 연봉제 도입 : 연봉제 도입 시, 기본급, 인건급, 퇴직금, 상여금, 기타 수당 지급, 휴가수당, 출퇴근차량 수당, 주택수당

[illegible]

○ 여러 항목에 대한 기본이론

일본의 대외 무역액 (단위: 천만 달러)		일본의 대외 무역액 (단위: 천만 달러)	
종류	수액	종류	수액
수출액	32	수출액 (조각품)	31~36
수입액	31~38	수입액 (조각품)	33~40
수출액	35	수출액 (조각품)	31
수입액	30	수출액 (조각품)	25~35
수출액 (조각품)	23~29	수출액 (조각품)	27
수입액 (조각품)	29~35	수출액 (조각품)	27~31
수출액 (조각품)	29~35	수출액 (조각품)	25~30

주: 일본은 일본무역위원회에 의해 설립되어 일본 무역위원회에 의해 설립되었다.

92 JOURNAL OF BRIDGE ENGINEERING / NOVEMBER/DECEMBER 1997

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
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

연구지역 경기도 용인	방사 /재해 관리	인 구 면 적 인 구 밀 도	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0		
연구지역 경기도 용인	방사 /재해 관리	인 구 면 적 인 구 밀 도	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0		
연구지역 경기도 용인	방사 /재해 관리	인 구 면 적 인 구 밀 도	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0		

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동해 지반특성 분석

개요

- 다중식단정복합식을 통한 지중변 안정복합도를 분석
- 식원결핍은 계산된 농지농산지를 상간분석 및 경합사과 비교-분류하여 적용할 신질

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

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

○ 문원자료

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

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

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

89

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위

2.7.2 파일구간 암반등급별 설계지반정수

구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위

2.7.3 불연속체 설계지반정수

구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위

2.7.4 기타 설계지반정수

구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위
구	원	단	위	단	위	단	위	단	위

국토교통부

90

제 3 편 지반조사 결과

72	
----	--

TABLE 2
continued

19-3		백색역광		41/70364.403	240/1640.408	—	17
각인 위치		상면 위치		기대 위치			
							
30~40°경도의 결구 수		30~40°경도의 결구 수		30~60°경도의 결구 수			
표면 (10°분포)		표면 (10°분포)		표면 (10°분포)			
							
• 400~500 μm 수직의 미세입자 (silica)와 비정질탄화물 (amorphous carbon)이 분포함 • 입자모양도 일정, 30~40°의 주경 각이 95~98°에서 2차 분포함 • 입자외곽면도 일정, 30~40°의 주경 각이 95° 이하 구간이 3차 분포함 • 입자의 주경각 (α)에 따라 결정된 입체각의 2차 분포를 이루고 있으며, 결정된 입체각 (2θ)와 주경각을 270°의 피각을 이루고 있음							
■ TB-4							
백색역광		과색역광		기대역광			
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram		
							
교인	점진각	11/18154.803	23/11088.143	43/18154.803	기대		
TD - 4	분배율	39/115648.001	23/11088.143	18/344339.319			
	비배율	40/161031.050	24/117652.131				
	배율비	23/11564.820	23/32564.833	23/10271.71	27		

4.5 실내토질시험
4.5.1 기본물성

100

[illegible]

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설계조건

1) 교량제원

- (1) 교량명 : 서문9교
- (2) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교량형식 : Steel 박스거더교
- (4) 교량연장 : 45,000 + 60,000 + 45,070 = 150,070 m
- (5) 교량폭원 : B = 15.910 m
- (6) Girder 제원 : B = 2,400 mm H = 2,200 mm
- (7) 사각(Skew) : 90.000 °
- (8) 곡률반경(R) :
- (9) 설계속도 : 100.000 km/h
- (10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강재

• 사용재료

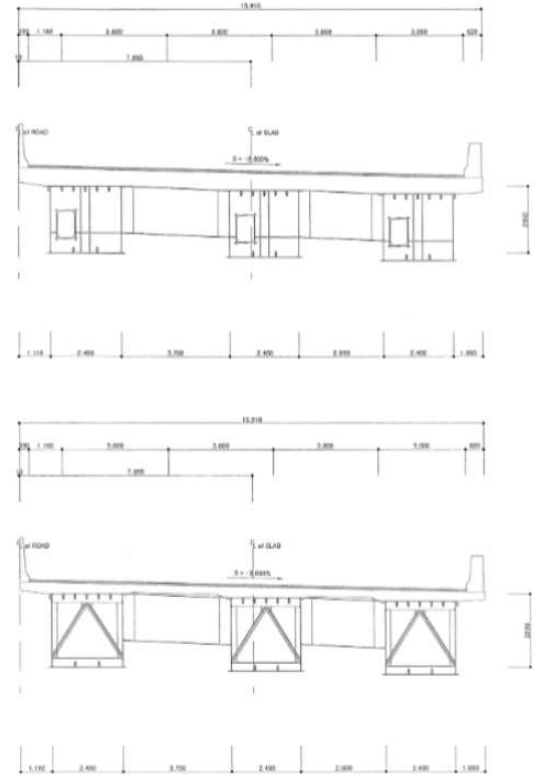
구분	재료명
주부재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부플러브, 하부플러브, 수평보강재, 지철부 다이어브럼, 지철보강재, 슬래브라이프)
부부재	SM400B(지침부와 다이어브럼, 수직보강재, 플러브, 세로보, 횡단부 거로보, 지침부 거로보)
강재 한계응력 (f_y)	205,000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000,000 MPa

• 허용응력 (MPa)

(여도설 제 3.3.2.1)

구분	강종	SS 400	SM 400	SM 400Y	SM 570	HSB500	HSB600	HSB800
응력종류	단축(%)	SS 400	SM 400	SM 400Y	SM 570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력	40 이하	140	190	215	270			
축방향 인장응력	40 초과 75 이하		175 (190)	200 (215)	260 (270)	230	270	380
축방향 인장응력	75 초과 100 이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가장



구조계산 CHECK LIST

4. 단면별 분석결과표

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

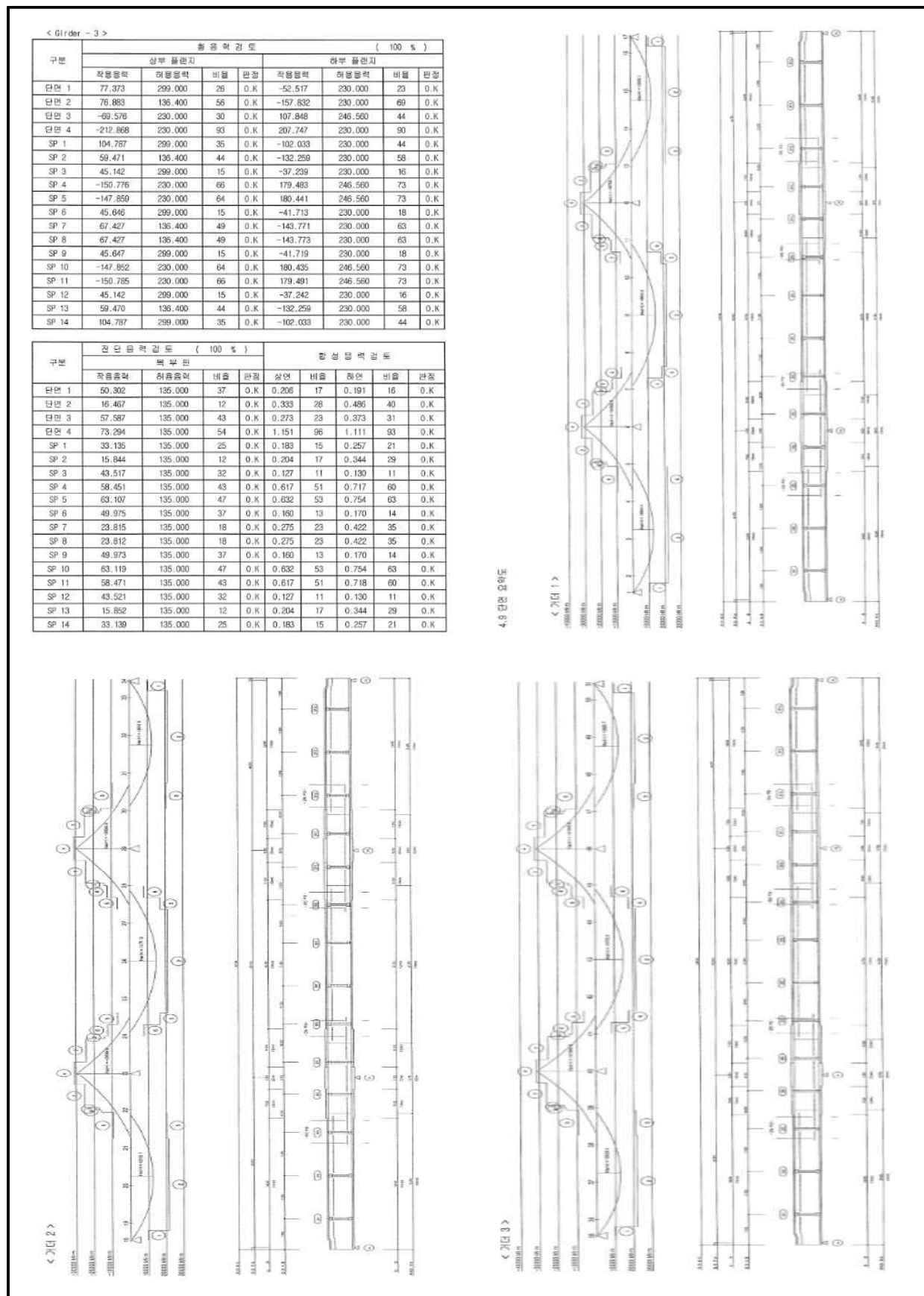
구분	허용응력 검토 (100%)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	78,702	299,000	26	O.K.	-53,349	230,000	23	O.K.
단면 2	78,340	136,400	57	O.K.	-158,563	230,000	69	O.K.
단면 3	-69,223	230,000	30	O.K.	112,698	246,560	46	O.K.
단면 4	-210,145	230,000	91	O.K.	212,733	230,000	92	O.K.
SP 1	105,981	299,000	35	O.K.	-103,383	230,000	45	O.K.
SP 2	61,287	136,400	45	O.K.	-133,376	230,000	58	O.K.
SP 3	46,948	299,000	16	O.K.	-38,762	230,000	17	O.K.
SP 4	-148,783	230,000	65	O.K.	185,187	246,560	75	O.K.
SP 5	-148,147	230,000	64	O.K.	186,590	246,560	76	O.K.
SP 6	47,543	299,000	16	O.K.	-43,540	230,000	19	O.K.
SP 7	68,135	136,400	51	O.K.	-144,640	230,000	63	O.K.
SP 8	68,134	136,400	51	O.K.	-144,642	230,000	63	O.K.
SP 9	47,543	299,000	16	O.K.	-43,555	230,000	19	O.K.
SP 10	-148,146	230,000	64	O.K.	186,558	246,560	76	O.K.
SP 11	-148,786	230,000	65	O.K.	185,191	246,560	75	O.K.
SP 12	46,950	299,000	16	O.K.	-38,771	230,000	17	O.K.
SP 13	61,287	136,400	45	O.K.	-133,378	230,000	58	O.K.
SP 14	105,981	299,000	35	O.K.	-103,383	230,000	45	O.K.

구분	전단응력 검토 (100 %)				휨성응력 검토				
	목 부 안		비율	판정	목 부 안		비율	판정	
작용응력	허용응력	작용응력			허용응력				
단면 1	45,486	135,000	34	O.K.	0.183	15	0.167	14	O.K.
단면 2	16,364	135,000	12	O.K.	0.345	29	0.490	41	O.K.
단면 3	55,348	135,000	41	O.K.	0.259	22	0.377	31	O.K.
단면 4	68,065	135,000	50	O.K.	1.089	91	1.110	92	O.K.
SP 1	29,862	135,000	22	O.K.	0.175	15	0.251	21	O.K.
SP 2	16,781	135,000	12	O.K.	0.217	18	0.352	29	O.K.
SP 3	41,242	135,000	31	O.K.	0.118	10	0.122	10	O.K.
SP 4	55,991	135,000	41	O.K.	0.590	49	0.736	61	O.K.
SP 5	59,050	135,000	44	O.K.	0.595	50	0.764	64	O.K.
SP 6	46,189	135,000	34	O.K.	0.142	12	0.153	13	O.K.
SP 7	23,007	135,000	17	O.K.	0.286	24	0.425	35	O.K.
SP 8	23,003	135,000	17	O.K.	0.286	24	0.425	35	O.K.
SP 9	46,189	135,000	34	O.K.	0.142	12	0.153	13	O.K.
SP 10	59,058	135,000	44	O.K.	0.595	50	0.764	64	O.K.
SP 11	56,003	135,000	41	O.K.	0.591	49	0.736	61	O.K.
SP 12	41,248	135,000	31	O.K.	0.118	10	0.122	10	O.K.
SP 13	16,785	135,000	12	O.K.	0.217	18	0.352	29	O.K.
SP 14	29,880	135,000	22	O.K.	0.175	15	0.251	21	O.K.

< Girder - 2 >

구분	휨성응력 검토 (100%)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	79,211	299,000	26	O.K.	-52,280	230,000	23	O.K.
단면 2	77,447	136,400	57	O.K.	-158,292	230,000	69	O.K.
단면 3	-69,456	230,000	30	O.K.	114,540	246,560	46	O.K.
단면 4	-202,352	230,000	88	O.K.	207,674	230,000	90	O.K.
SP 1	48,270	136,400	35	O.K.	-99,715	230,000	43	O.K.
SP 2	60,625	136,400	44	O.K.	-131,320	230,000	57	O.K.
SP 3	47,052	299,000	16	O.K.	-36,986	230,000	16	O.K.
SP 4	-144,455	230,000	63	O.K.	183,673	246,560	74	O.K.
SP 5	-141,613	230,000	62	O.K.	184,869	246,560	75	O.K.
SP 6	47,711	299,000	16	O.K.	-40,295	230,000	18	O.K.
SP 7	68,494	136,400	50	O.K.	-143,529	230,000	62	O.K.
SP 8	68,494	136,400	50	O.K.	-143,528	230,000	62	O.K.
SP 9	47,711	299,000	16	O.K.	-40,294	230,000	18	O.K.
SP 10	-141,618	230,000	62	O.K.	184,874	246,560	75	O.K.
SP 11	-144,455	230,000	63	O.K.	183,675	246,560	74	O.K.
SP 12	47,051	299,000	16	O.K.	-36,985	230,000	16	O.K.
SP 13	60,625	136,400	44	O.K.	-131,318	230,000	57	O.K.
SP 14	48,269	136,400	35	O.K.	-99,715	230,000	43	O.K.

구분	전단응력 검토 (100 %)				휨성응력 검토				
	허용부하								
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용	비율	허용	비율	판정
단면 1	49,534	135,000	37	O.K.	0.205	17	0.186	16	O.K.
단면 2	19,783	135,000	15	O.K.	0.344	29	0.495	41	O.K.
단면 3	54,563	135,000	40	O.K.	0.255	21	0.379	32	O.K.
단면 4	71,910	135,000	53	O.K.	1.058	88	1.099	92	O.K.
SP 1	35,595	135,000	26	O.K.	0.195	16	0.257	21	O.K.
SP 2	17,359	135,000	13	O.K.	0.214	18	0.343	29	O.K.
SP 3	44,545	135,000	33	O.K.	0.134	11	0.135	11	O.K.
SP 4	57,202	135,000	42	O.K.	0.574	48	0.734	61	O.K.
SP 5	61,855	135,000	46	O.K.	0.589	49	0.772	64	O.K.
SP 6	50,871	135,000	38	O.K.	0.167	14	0.173	14	O.K.
SP 7	26,680	135,000	20	O.K.	0.291	24	0.428	36	O.K.
SP 8	26,687	135,000	20	O.K.	0.291	24	0.428	36	O.K.
SP 9	50,865	135,000	38	O.K.	0.167	14	0.173	14	O.K.
SP 10	61,862	135,000	46	O.K.	0.589	49	0.772	64	O.K.
SP 11	57,218	135,000	42	O.K.	0.574	48	0.735	61	O.K.
SP 12	44,551	135,000	33	O.K.	0.134	11	0.135	11	O.K.
SP 13	17,354	135,000	13	O.K.	0.214	18	0.343	29	O.K.
SP 14	35,593	135,000	26	O.K.	0.195	16	0.257	21	O.K.



1. 설 계 조 건

- 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 거더 길이 : 44,800 mm + 44,800 mm
 1.6 지간 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 허용 응력

1) 슬래브

- (1) 콘 크 리 트 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
 $E_{c2} = 0.077 \times m_c^{1.5} \times \sqrt{f_{cu}} = 29,000 \text{ MPa}$
 (2) 철 근 (SD400) : $f_y = 400 \text{ MPa}$
 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

2) I.P.C GIRDER

- (1) 콘 크 리 트 : $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
 $E_{c1} = 0.077 \times m_c^{1.5} \times \sqrt{f_{cu}} = 32,000 \text{ MPa}$
 (2) 철 근 (SD300) : $f_y = 300 \text{ MPa}$
 $E_s = 200,000 \text{ MPa}$

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 항복응력

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

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력

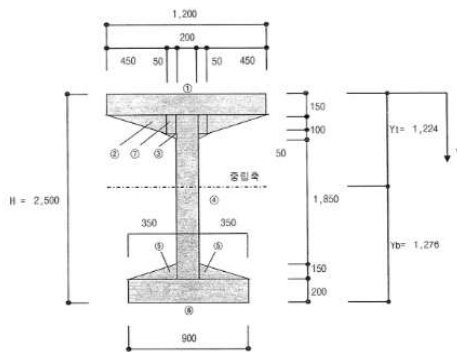
- ① 허용 휨 압축응력
 $- f_{caq} = 0.45 \times f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$
 $-$ 압축면단응력(유효프리스트레스+전체하중)
 $f_{caq} = 0.60 \times f_{ck} = 24.0 \text{ MPa}$

3. 주 BEAM 설계(Incrementally Prestressed Concrete Beam)

3.1 단면적

3.1.1 총 단면

<중량부 단면>



자간 중량 단면

(단위: mm)

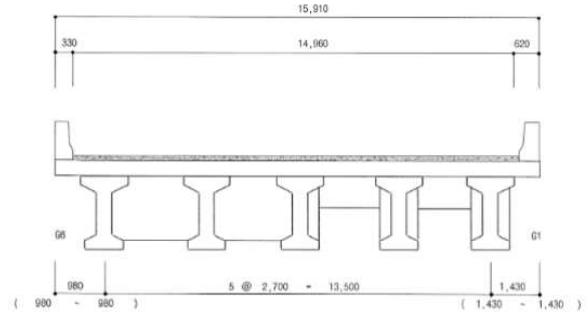
단면	단면적(A)	거리상면-도상까지의 거리(Y)	AY	AY²	단면2차모멘트(Ico)
①	180,000	75	13,500,000	1,012,500,000	337,500,000
②	45,000	183	8,235,000	1,507,005,000	25,000,000
③	2,500	267	667,500	176,222,500	347,222
④	430,000	1,225	526,750,000	645,268,750,000	165,639,583,333
⑤	52,500	2,250	118,125,000	265,781,250,000	65,625,000
⑥	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	8,333,333
합계	900,000		1,101,277,500	1,950,947,727,500	166,676,389,888

- 프리캐스트 거더 상단에서 도상까지의 거리 : $Y_1 = 1,224 \text{ mm}$
 - 프리캐스트 거더 하단에서 도상까지의 거리 : $Y_b = 1,276 \text{ mm}$
 - 거더상면에 대한 단면 2차 모멘트(Iic) : $I_i = \sum I_{co} + \sum A \cdot Y^2 = 2,117,624,116,388 \text{ mm}^4$
 - 도상축에 대한 단면 2차 모멘트 : $I = \sum I_i - \sum A \cdot Y_b^2 = 769,265,716,388 \text{ mm}^4$

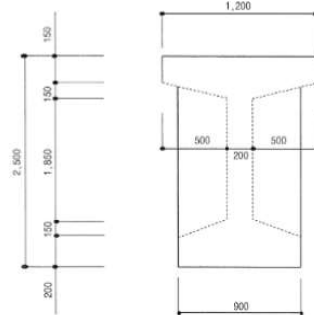
2. 바닥 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER



OUTPUT 결과 요약 및 설계조건

◆ 결과 요약

○ 서문9교-문산방향

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req. A_s (mm²)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피복 d'(mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm²)	M_u (kN-m)	ϕM_u (kN-m)	비 고
컨틸레버 (방음벽 G1축)	1,434	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	81.08	94.84	0.K
컨틸레버 (중분대 G6축)	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 양 해 근		0.K
중간슬래브 (하면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	동 양 해 근		0.K
슬래브단부	540	1,000	290	60	H16 @ 250 = 794	39.50	76.46	0.K
컨틸레버단부 (방음벽 G1축)	2,868	1,000	180	60	H16 @ 100 = 1,986 H16 @ 100 = 1,986	96.99	219.45	0.K
컨틸레버단부 (중분대 G6축)	1,430	1,000	180	60	H16 @ 100 = 1,986	6.21	109.73	0.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치	필요철근량 (mm²)	사용철근량 (Use A_s) (mm²)	비 고
컨틸레버 방음벽(G1축)	961	H16 @ 125 = 1,589	0.K
중분대(G6축)	490	H16 @ 250 = 794	0.K
중 간 슬 래 브	720	H16 @ 250 = 794	0.K
컨틸레버단부(방음벽G1축)	1,922	H16 @ 125 = 2,292	0.K
컨틸레버단부(중분대G6축)	958	H16 @ 125 = 1,589	0.K

■ 사용성 검토 요약표

■ 사용성 검토 요약					
구 분	단면응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (S_a)	비 고	
컨틸레버	방음벽(1차측)	147	100.000	404.261	0.K
	중분대(6차측)	34	200.000	1842.105	0.K
슬래브단부	86	250.000	734.266	0.K	

3. 설계 조건

3.1 일반 사항

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

3.2 하중

- 1) 활하중크리크의 단위중량 : $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 제2장 P360]
- 3) 교량방형 대물계수 : $f_s = 0.15$

3.3 지반 조건

- 1) 기초지반의 N치 : $N = 7$
- 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 25.247^\circ$: $15 + \sqrt{15N}$
- 3) 기초지반의 점착력 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- 4) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.303$: $\tan(\phi_2)$: 흙과 콘크리트
- 5) 자반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 $\times$ 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사용 재료 강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부보 : 40 MPa
기둥 : 40 MPa
기초 : 27 MPa
- 편심계수 : $E_c =$ 두부보 : 31879.1 MPa
기둥 : 31879.1 MPa
기초 : 25003.4 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : $f_y =$ 두부보 : 400 MPa
기둥 : 400 MPa
기초 : 400 MPa
- 편심계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

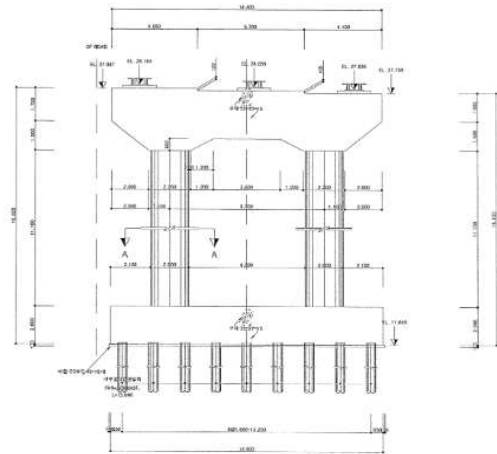
3.5 설계 방법

- 1) 한 층 설계법 : 허용응력 설계법
- 2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

3.6 참고 문헌

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

4. 단면 가정



2. 해석결과 요약

■ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구분	항목	허용값	발생값	비고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1218.268	851.466 O.K
		허용인발력(kN/EA)	489.167	- O.K
		흙 응력(MPa)	140.000	87.567 O.K
		전단응력(MPa)	80.000	3.649 O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.892 O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1827.402	1149.093 O.K
		허용인발력(kN/EA)	733.750	- O.K
		흙 응력(MPa)	210.000	138.080 O.K
		전단응력(MPa)	120.000	9.570 O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.288 O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1218.268	941.994 O.K
		허용인발력(kN/EA)	489.167	- O.K
		흙 응력(MPa)	140.000	111.876 O.K
		전단응력(MPa)	80.000	7.452 O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.864 O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1827.402	798.526 O.K
		허용인발력(kN/EA)	733.750	- O.K
		흙 응력(MPa)	210.000	105.537 O.K
		전단응력(MPa)	120.000	9.911 O.K
		수평변위(mm)	15.000	2.896 O.K

■ 단면 설계

단면위치	길이(mm)	피복(mm)	Req. As(mm²)	Use. As(mm²)	M _u (kN.m)	ΦM _u (kN.m)	안전도	비고
두부보	좌측내안보	3000.0	100.0	28500.000	30179.600	-	1.501	O.K
	우측내안보	3000.0	100.0	28500.000	30179.600	-	1.512	O.K
	좌측내안보4	2500.0	100.0	529.921	5534.100	432.229	4495.408	10.401 O.K
	우측내안보4	2500.0	100.0	540.956	5534.100	441.225	4495.408	10.188 O.K
	내부지간1좌	3228.0	100.0	8739.981	30179.600	10117.191	30854.908	3.050 O.K
	내부지간1우	2508.0	100.0	7695.649	12205.600	6247.970	9885.488	1.579 O.K
	내부지간1우	3000.0	100.0	14104.586	30179.600	13508.192	28515.386	2.111 O.K
	교량받침1	2853.0	100.0	209.204	30179.600	192.227	27007.009	140.495 O.K
	교량받침2	2506.0	100.0	4108.853	12205.600	3347.700	9885.488	2.947 O.K
	교량받침3	2625.0	100.0	203.708	30179.600	171.387	24667.487	143.909 O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	24161.594	45289.700	15078.345	28038.694	1.862 O.K
	교축-지평부	2000.0	150.0	10862.579	18967.900	6839.824	11764.244	1.720 O.K
	교축-종방향	2000.0	150.0	10788.456	18967.900	6719.674	11764.244	1.751 O.K

■ 기둥의 단면 설계

단면위치	P _{use}	P _u (kN)	ΦP _u (kN)	안전도	비고
교축방향	축력최대	0.009	16217.696	65740.908	4.054 O.K
	모멘트최대	0.009	11165.759	34401.965	3.081 O.K
	탄성최대	0.009	8299.084	9804.633	1.183 O.K
	편심최대	0.009	7874.630	23519.433	2.967 O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	16217.696	65740.908	4.054 O.K
	모멘트최대	0.009	7629.591	19430.516	2.547 O.K
	탄성최대	0.009	8299.084	36345.795	4.385 O.K
	편심최대	0.009	5142.865	10964.777	2.132 O.K
형상부재력	축력최대	0.009	16217.696	65740.908	4.054 O.K
	모멘트최대	0.009	7629.592	13505.826	1.770 O.K
	탄성최대	0.009	8299.084	8607.885	1.038 O.K
	편심최대	0.009	5143.256	7641.011	1.486 O.K
	모멘트최대	0.009	7629.591	15949.043	2.090 O.K
	편심최대	0.009	5142.865	8831.661	1.717 O.K

■ 사용성 검토

단면위치	인장응력(f _s)	허용응력(f _{sa})	필근간격(s)	최대간격(s _q)	비고
두부보	좌측내안보	57.127	180.000	131.579	1102.801 O.K
	우측내안보	77.802	180.000	131.579	802.190 O.K
	좌측내안보수평	33.567	180.000	214.286	1876.841 O.K
	우측내안보수평	34.266	180.000	214.286	1838.573 O.K
	내부지간1좌측지평부	76.387	180.000	131.579	820.934 O.K
	내부지간1우측지평부	177.760	180.000	131.579	229.264 O.K
	내부지간1우측지평부	129.505	180.000	131.579	398.085 O.K
	교량받침1	15.442	180.000	131.579	4079.874 O.K
	교량받침2	135.856	180.000	131.579	365.908 O.K
	교량받침3	20.947	180.000	131.579	3007.656 O.K
기초	교축방향	135.451	180.000	123.032	233.891 O.K
	교축-지평부	157.221	180.000	130.612	153.389 O.K
	교축-종방향	154.469	180.000	130.612	162.345 O.K

3. 설계 조건

3.1 일반 사항

- 1) 구조 형식 : 다주식 교각
- 2) 상부 형식 : IFC GIRDER
- 3) 교량 등급 : 1 등교
- 4) 기초 형식 : 말뚝기초

3.2 하중

- 1) 활하중의 단위중량 : $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 제2편 P366]
- 3) 교량방위 마찰계수 : $f_s = 0.15$

3.3 차관 조건

- 1) 기초지반의 N치 : $N = 7$
- 2) 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 25.247^\circ$: $15 + \sqrt{15N}$
- 3) 기초지반의 굴곡력 : $G = 0 \text{ kN/m}^2$
- 4) 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.303$: $\tan(\phi_2 - \phi_2)$: 흙과 콘크리트
- 5) 차관 가력도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 x 차관구역계수
 - 내진 등급 : 1 등급
 - 위험도 계수 : 1.4
 - 차관 구역 : 1 구역

3.4 사용 재료 강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부분 : 40 MPa
기초 : 40 MPa
기초 : 27 MPa
- 단성계수 : $E_c =$ 두부분 : 31879.1 MPa
기초 : 31879.1 MPa
기초 : 29693.4 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 : 극한강도 설계법

3.6 참고 문헌

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

2. 해석결과 요약

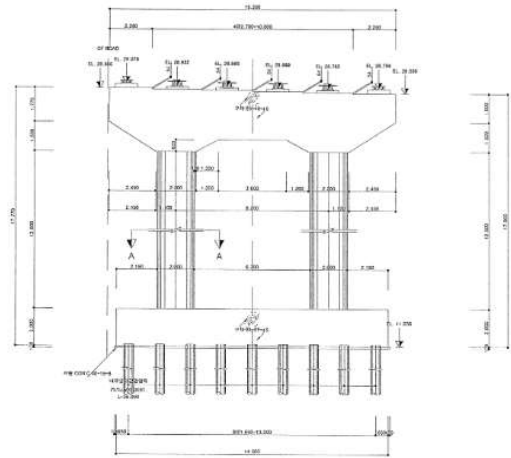
■ 말뚝 안전성검토 및 결과결과

구분	항목	허용강	발생강	비고
교축방향	평상시	허용지지력 (kN/EA)	1470.500	766.379 0.K
		허용인발력 (kN/EA)	1034.526	- 0.K
		활 하중 (MPa)	140.000	73.865 0.K
		전단응력 (MPa)	80.000	1.029 0.K
		수평변위 (mm)	15.000	1.273 0.K
	지진시	허용지지력 (kN/EA)	2205.750	1219.723 0.K
		허용인발력 (kN/EA)	1551.789	- 0.K
		활 하중 (MPa)	210.000	173.244 0.K
		전단응력 (MPa)	120.000	16.127 0.K
		수평변위 (mm)	15.000	11.240 0.K
교축직각방향	평상시	허용지지력 (kN/EA)	1470.500	913.543 0.K
		허용인발력 (kN/EA)	1034.526	- 0.K
		활 하중 (MPa)	140.000	124.378 0.K
		전단응력 (MPa)	80.000	6.642 0.K
		수평변위 (mm)	15.000	8.216 0.K
	지진시	허용지지력 (kN/EA)	2205.750	879.209 0.K
		허용인발력 (kN/EA)	1551.789	- 0.K
		활 하중 (MPa)	210.000	154.257 0.K
		전단응력 (MPa)	120.000	14.215 0.K
		수평변위 (mm)	15.000	9.908 0.K

■ 기둥의 단면 설계

단면위치	Puse	Pu(kN)	ΦPu(kN)	안전도	비고
교축방향	축력최대	0.009	17239.871	65740.908	3.813 0.K
	모멘트최대	0.009	13221.874	65740.908	4.972 0.K
	단성설계	0.009	9066.247	14715.188	1.623 0.K
	편심최대	0.009	8159.622	73295.887	8.983 0.K
	축력최대	0.009	17239.871	65740.908	3.813 0.K
교축직각방향	모멘트최대	0.009	10186.648	31641.512	3.106 0.K
	단성설계	0.009	9066.247	23151.401	2.554 0.K
	편심최대	0.009	7135.447	19910.307	2.790 0.K
	축력최대	0.009	17239.871	65740.908	3.813 0.K
	모멘트최대	0.009	10594.453	36424.109	3.438 0.K
합성부재적	단성설계	0.009	9066.247	10293.929	1.135 0.K
	편심최대	0.009	6728.294	23401.715	3.478 0.K
	모멘트최대	0.009	10186.648	30314.643	2.976 0.K
	편심최대	0.009	7135.447	19165.745	2.686 0.K

4. 단면 가정



■ 단면 설계

단면위치	길이 (m)	외벽 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	PhiMu(kN.m)	안전도	비고
두부분	좌측내면보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	2.544 0.K	
	우측내면보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	2.948 0.K	
	좌측내면보4	3000.0	100.0	96.166	5534.100	94.813	5436.205	57.336 0.K
	우측내면보4	3000.0	100.0	96.166	5534.100	94.813	5436.205	57.336 0.K
	내부지간1좌	3216.0	100.0	8679.471	36533.200	8997.606	37193.886	4.134 0.K
	내부지간1우	2562.0	100.0	6469.963	11654.100	5387.970	9664.869	1.794 0.K
	내부지간1우	3054.0	100.0	12100.363	36533.200	11849.802	35181.637	2.069 0.K
	교량받침1	2321.0	100.0	104.522	36533.200	77.145	26077.087	339.025 0.K
	교량받침9	2562.0	100.0	196.734	11654.100	164.656	9664.869	58.697 0.K
	교량받침10	2508.0	100.0	2858.258	36533.200	2286.076	28399.614	12.423 0.K
기초	교량받침6	2051.0	100.0	102.872	36533.200	66.484	22723.339	341.788 0.K
	교축방향	2000.0	150.0	26177.356	33520.500	16325.532	20854.791	1.280 0.K
	교축-지점부	2000.0	150.0	10025.941	18967.900	6250.780	11764.244	1.880 0.K
교축-중량부	2000.0	100.0	10459.031	14038.500	6705.860	8977.630	1.339 0.K	

■ 사용성 검토

단면위치	인장응력 (fs)	허용응력 (fsa)	철근간격 (S)	최대간격 (Su)	비고
두부분	좌측내면보	67.400	180.000	130.435	934.723 0.K
	우측내면보	62.933	180.000	130.435	1001.071 0.K
	좌측내면보수평	6.077	180.000	214.286	10366.605 0.K
	우측내면보수평	6.077	180.000	214.286	10366.605 0.K
	내부지간1교축방향	58.076	180.000	130.435	1084.780 0.K
	내부지간1중량부	156.101	180.000	130.435	285.732 0.K
	내부지간1우측지점부	92.074	180.000	130.435	645.294 0.K
	교량받침1	6.780	180.000	130.435	9291.410 0.K
	교량받침9	10.750	180.000	130.435	5860.411 0.K
	교량받침10	9.898	180.000	130.435	6365.111 0.K
기초	교량받침6	9.511	180.000	130.435	6623.566 0.K
	교축방향	160.396	180.000	123.932	139.716 0.K
	교축-지점부	151.732	180.000	130.612	171.509 0.K
교축-중량부	185.369	180.000	130.612	198.577 0.K	

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : Ver

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 45.000 + 60.000 + 45.000 + 4@45.000 = 330.000 m

5.3 교 폭 : Ver

5.4 교각형식 : Y형 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, 지진력리교량]
- (6) 횡단수정계수
- (7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
- (8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
- (9) 변형형식 : EQS 변형법

5.7 해석방법

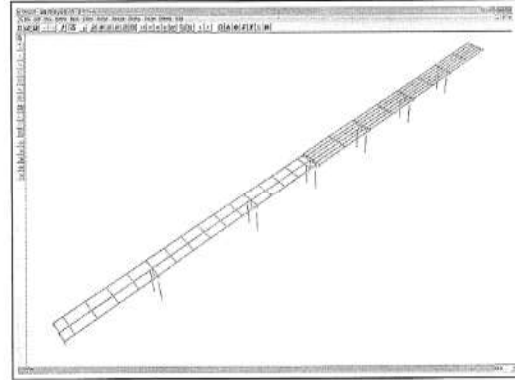
- (1) 해석방법 선정 : 시간이력해석법
- (2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

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

6. 설계단면 및 모델링

6.1 모델링



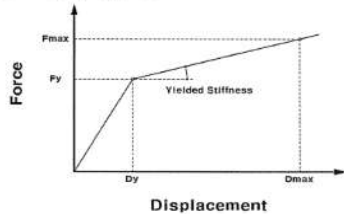
6.2 단면특성

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

6.3 작용하중(작용점)

상부구조는 거더의 형상을 통하여 알 수 있는 단면적으로 프로그램에서 자동생성되도록 재하하고 그외의 고정하중반력과 2차고정하중들을 각각의 주행을 모델링한 프레임 요소에 단위하중이 당의 하중과 질량으로 재하하여 구조해석을 수행하였다. 하부구조는 콘크리트로 구성된 교각으로 각각의 단면적에 따라 프로그램내에서 자동으로 계산된 질량을 사용한다.

6.4 사용된 변형장치(EQS)의 특성



구분	1차경성 (K1, kN/m)	2차경성 (K2, kN/m)	유요경성 (Keff, kN/m)	항복강도(kN)
OMEQS 2000	종 163777.0	-	1300.0	130.0
	횡 163777.0	984.0	3584.0	130.0
OMEQS 1750	종 196534.0	-	1560.0	156.0
	횡 196534.0	1181.0	3131.0	156.0
OMEQS 1900	종 212915.0	-	1690.0	169.0
	횡 212915.0	1280.0	3392.0	169.0
OMEQS 2500	종 212915.0	-	1690.0	169.0
	횡 212915.0	1280.0	4660.0	169.0
EQS1750	196534.0	1181.0	3131.0	156.0
EQS1900	212915.0	1280.0	3392.0	169.0
EQS7000	291023.0	3789.0	7089.0	231.0
EQS7500	347717.0	4527.0	8470.0	276.0
EQS8000	629920.0	4921.0	12064.0	500.0
EQS9000	434645.0	5659.0	10588.0	345.0

6.5 발침 배치

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

9. 내진해석결과

9.1 변형 지진력

구분		R	교각방향		교각방향		Combo1		Combo2		합계하중 전단력	판정
			교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각		
A1	81	0.8	169.0	3.4	39.1	189.3	225.9	74.9	112.3	236.6	260	OK
	82	0.8	169.0	3.1	13.5	188.3	216.3	74.5	80.3	236.6	260	OK
	83	0.8	169.0	3.4	42.4	189.3	227.1	74.9	116.4	236.6	260	OK
P1	81	1.0	521.6	3.4	28.2	470.3	530.0	144.5	184.8	471.3	590	OK
	82	1.0	445.1	2.2	8.1	394.6	447.8	129.5	141.6	395.2	500	OK
	83	1.0	533.3	3.7	30.7	470.3	542.6	144.8	190.7	471.4	590	OK
P2	81	1.0	522.6	3.6	22.1	487.7	529.3	149.9	178.9	488.8	590	OK
	82	1.0	446.4	2.7	8.7	409.2	449.0	125.4	142.6	410.0	500	OK
	83	1.0	535.6	3.6	18.3	487.7	541.1	149.9	178.9	488.8	590	OK
P3	81	0.8	169.0	3.7	31.3	189.3	223.0	78.9	102.5	249.2	260	OK
	82	0.8	169.0	3.5	11.3	188.5	215.5	78.8	77.5	249.4	260	OK
	83	0.8	169.0	3.2	38.4	189.3	225.6	78.3	111.4	249.0	260	OK
P4	81	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	82	0.8	156.0	2.8	79.7	201.5	224.9	79.0	158.1	252.9	270	OK
	83	0.8	156.0	2.8	31.5	201.5	206.8	79.1	97.8	253.0	270	OK
P5	81	0.8	156.0	2.8	27.9	201.5	205.5	79.1	93.3	253.0	270	OK
	82	0.8	169.0	3.0	84.0	218.3	242.8	85.7	168.4	274.0	290	OK
	83	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
P6	81	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	82	1.0	207.5	1.9	54.7	204.4	223.9	63.2	116.9	204.9	250	OK
	83	1.0	207.4	1.9	19.8	204.4	213.4	63.2	82.0	204.9	250	OK
P7	81	1.0	207.4	2.0	17.5	204.4	212.6	63.3	79.7	205.0	250	OK
	82	1.0	224.6	2.1	57.0	221.3	241.7	68.5	124.4	222.0	280	OK
	83	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
P8	81	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	82	1.0	207.5	1.6	54.0	204.4	223.7	62.9	116.2	204.9	250	OK
	83	1.0	207.4	1.6	19.6	204.4	213.3	62.9	81.8	204.9	250	OK
P9	81	1.0	207.4	1.6	17.2	204.4	212.6	62.9	79.5	204.9	250	OK
	82	1.0	224.6	1.7	56.3	221.4	241.5	68.2	123.7	221.9	280	OK

P5	B6	1.0	0.0	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	0.0	0	OK
	B2	1.0	210.3	1.1	25.9	203.4	218.1	62.1	89.0	203.7	250	OK
	B3	1.0	210.2	1.1	9.1	203.4	213.0	62.1	72.2	203.7	250	OK
	B4	1.0	210.2	1.1	7.9	203.4	212.5	62.1	70.9	203.7	250	OK
	B5	1.0	227.6	1.2	26.8	220.3	235.7	67.2	95.1	220.6	280	OK
	B6	1.0	0.0	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	0.0	0	OK
	B2	1.0	210.3	1.3	27.1	203.3	218.4	62.3	90.2	203.7	250	OK
	B3	1.0	210.2	1.3	9.5	203.3	213.1	62.3	72.6	203.7	250	OK
	B4	1.0	210.2	1.3	8.3	203.3	212.7	62.3	71.3	203.7	250	OK
	B5	1.0	227.6	1.4	28.1	220.2	236.1	67.5	96.4	220.6	280	OK
	B6	1.0	0.0	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	0.0	0	OK
	B2	1.0	207.3	3.1	56.9	193.7	224.4	61.2	119.2	194.6	250	OK
	B3	1.0	207.3	3.1	21.4	193.9	213.7	61.2	83.6	194.8	250	OK
P6	B4	1.0	207.3	3.1	20.7	193.9	213.5	61.2	82.9	194.8	250	OK
	B5	1.0	224.5	3.3	62.2	209.6	243.2	66.3	129.6	210.8	280	OK
	B6	1.0	0.0	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	0.0	0	OK
	B2	1.0	207.3	2.8	61.3	193.5	225.7	60.8	123.5	194.3	250	OK
	B3	1.0	207.3	2.8	23.0	193.6	214.2	60.8	85.1	194.5	250	OK
	B4	1.0	207.2	2.7	21.8	193.6	213.8	60.8	84.0	194.5	250	OK
	B5	1.0	224.5	2.9	65.8	209.6	244.2	65.8	133.1	210.4	280	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	0.8	156.0	2.3	102.1	188.9	233.3	73.7	186.1	237.0	270	OK
	B3	0.8	156.0	2.3	39.9	189.0	210.0	73.8	108.4	237.1	270	OK
	B4	0.8	156.0	2.4	38.4	189.0	206.4	73.8	106.5	237.1	270	OK
	B5	0.8	169.0	2.6	108.1	204.7	251.8	80.0	199.5	256.8	290	OK
	B6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK

9.2 발암 범위 (UNIT:mm)

구 분		교축방향		교적방향		Combo1		Combo2		발암하중 변위	판정
		교축	교적	교축	교적	교축	교적	교축	교적		
A1	B1	100.0	0.3	0.8	18.0	100.2	5.7	30.7	18.1	150	OK
	B2	100.8	0.3	0.2	18.0	100.9	5.7	30.4	18.1	150	OK
	B3	100.5	0.3	0.8	18.0	100.8	5.7	31.0	18.1	150	OK
P1	B1	45.8	0.1	0.7	51.3	46.0	15.5	14.4	51.3	90	OK
	B2	47.7	0.1	0.2	51.6	47.8	15.6	14.5	51.6	90	OK
	B3	48.2	0.1	0.7	51.3	48.4	15.5	15.2	51.3	90	OK
P2	B1	42.4	0.1	0.6	66.5	42.6	20.0	13.3	66.5	90	OK
	B2	44.6	0.1	0.2	66.9	44.7	20.1	13.6	66.9	90	OK
	B3	45.0	0.1	0.6	66.5	45.2	20.0	14.1	66.5	90	OK
P3	B1	58.4	0.2	0.6	21.9	58.5	6.8	18.1	22.0	150	OK
	B2	60.6	0.2	0.2	22.0	60.6	6.8	18.3	22.1	150	OK
	B3	61.0	0.2	0.6	21.9	61.2	6.8	18.9	22.0	150	OK
	B1	48.5	0.0	2.8	69.2	49.3	20.8	17.4	69.2	150	OK
	B2	48.4	0.0	1.7	69.1	49.0	20.8	16.2	69.1	150	OK
	B3	48.4	0.0	0.6	69.1	48.6	20.8	15.1	69.1	150	OK
	B4	48.4	0.0	0.6	69.1	48.6	20.8	15.1	69.1	150	OK
	B5	48.4	0.0	1.7	69.1	48.9	20.8	16.2	69.1	150	OK
	B6	48.5	0.0	2.8	69.2	49.3	20.8	17.3	69.2	150	OK
	B1	72.2	0.0	2.0	57.9	72.8	17.4	23.7	57.9	150	OK
	B2	72.1	0.0	1.2	57.2	72.5	17.2	22.9	57.2	120	OK
	B3	72.1	0.0	0.4	57.2	72.2	17.2	22.0	57.2	120	OK
	B4	72.0	0.0	0.4	57.2	72.1	17.2	22.0	57.2	120	OK
	B5	71.9	0.0	1.2	57.2	72.3	17.2	22.8	57.2	120	OK
	B6	71.8	0.0	2.0	57.9	72.4	17.4	23.5	57.9	150	OK
	P4	B1	72.2	0.0	2.0	57.8	72.8	17.4	23.7	57.8	150
B2		72.1	0.0	1.2	57.1	72.5	17.2	22.8	57.1	120	OK
B3		72.1	0.0	0.4	57.1	72.2	17.2	22.0	57.1	120	OK
B4		72.0	0.0	0.4	57.1	72.1	17.2	22.0	57.1	120	OK
B5		71.9	0.0	1.2	57.1	72.3	17.2	22.8	57.1	120	OK
B6		71.8	0.0	2.0	57.8	72.4	17.4	23.5	57.8	150	OK
B1		72.2	0.0	2.0	57.8	72.8	17.4	23.7	57.8	150	OK
B2		72.1	0.0	1.2	57.1	72.5	17.2	22.8	57.1	120	OK

P5	B1	70.4	0.0	1.8	52.4	70.9	15.8	23.0	52.4	150	OK
	B2	70.3	0.0	1.1	51.8	70.6	15.6	22.2	51.8	120	OK
	B3	70.2	0.0	0.4	51.8	70.3	15.6	21.4	51.8	120	OK
	B4	70.0	0.0	0.3	51.8	70.2	15.6	21.4	51.8	120	OK
	B5	69.9	0.0	1.1	51.7	70.3	15.6	22.1	51.7	120	OK
	B6	69.8	0.0	1.8	52.4	70.4	15.8	22.8	52.4	150	OK
	B1	70.4	0.0	1.9	52.2	70.9	15.7	23.0	52.3	150	OK
	B2	70.3	0.0	1.1	51.7	70.6	15.5	22.2	51.7	120	OK
	B3	70.2	0.0	0.4	51.7	70.3	15.5	21.4	51.7	120	OK
	B4	70.0	0.0	0.4	51.7	70.2	15.5	21.4	51.7	120	OK
	B5	69.9	0.0	1.1	51.6	70.3	15.5	22.1	51.6	120	OK
	B6	69.8	0.0	1.8	52.2	70.4	15.7	22.8	52.3	150	OK
P6	B1	71.5	0.0	2.9	47.8	72.4	14.4	24.3	47.8	150	OK
	B2	71.4	0.0	1.7	47.2	71.9	14.2	23.2	47.2	120	OK
	B3	71.3	0.0	0.6	47.2	71.5	14.2	22.0	47.2	120	OK
	B4	71.3	0.0	0.5	47.2	71.4	14.2	21.9	47.2	120	OK
	B5	71.2	0.0	1.7	47.2	71.7	14.2	23.0	47.2	120	OK
	B6	71.1	0.0	2.8	47.8	72.0	14.4	24.2	47.8	150	OK
	B1	71.5	0.0	2.9	47.6	72.3	14.3	24.3	47.6	150	OK
	B2	71.4	0.0	1.8	47.1	71.9	14.2	23.2	47.1	120	OK
	B3	71.3	0.0	0.6	47.1	71.5	14.2	22.0	47.1	120	OK
	B4	71.2	0.0	0.6	47.1	71.4	14.2	21.9	47.1	120	OK
	B5	71.2	0.0	1.7	47.0	71.7	14.1	23.1	47.0	120	OK
	B6	71.1	0.0	2.9	47.6	72.0	14.3	24.2	47.6	150	OK
A2	B1	88.5	0.1	3.4	59.9	88.5	18.1	29.9	59.9	150	OK
	B2	88.5	0.1	2.0	59.8	89.1	18.1	28.6	59.9	150	OK
	B3	88.4	0.1	0.7	59.9	88.7	18.1	27.2	59.9	150	OK
	B4	88.4	0.1	0.7	59.9	88.6	18.1	27.2	59.9	150	OK
	B5	88.4	0.1	2.0	59.8	89.0	18.1	28.5	59.9	150	OK
	B6	88.5	0.1	3.3	59.9	89.5	18.1	29.9	59.9	150	OK

9.3 교각 교범부 범위 (UNIT:mm)

구 분	교축방향		교적방향		COM1		COM2		비고
	교축	교적	교축	교적	교축	교적	교축	교적	
P1	71.8	0.1	0.0	15.1	71.8	4.6	21.6	15.1	
P2	74.8	0.1	0.0	17.8	74.8	5.4	22.5	17.8	
P3	69.1	0.0	0.1	18.8	69.1	5.7	20.8	18.9	
P4	26.0	0.0	0.0	23.4	26.0	7.1	7.8	23.5	
P5	29.2	0.0	0.0	30.6	29.2	9.2	8.8	30.6	
P6	24.0	0.0	0.0	20.2	24.0	6.1	7.2	20.2	

9.4 교각하단 단면책 (Unit : Km.m)

구분	교각방향				교각방향			
	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책
P1	L	950.36	6.67	12026.01	25.18	17.14	972.77	81.68
	R	909.85	6.67	11792.10	25.18	31.50	972.77	106.72
P2	L	868.16	8.56	12597.06	26.31	26.08	996.18	112.27
	R	922.73	8.56	12312.41	26.31	25.60	996.18	117.34
P3	L	977.35	13.48	13047.67	39.85	32.25	1324.55	131.25
	R	962.48	13.48	12992.78	39.85	31.42	1324.55	130.73
P4	L	1383.53	9.42	8637.43	23.00	10.84	1345.91	33.25
	R	1391.52	9.42	8682.25	23.00	10.69	1345.91	31.25
P5	L	1557.98	16.74	9630.14	44.09	13.16	1370.76	36.18
	R	1558.31	16.74	9628.06	44.09	6.44	1370.76	23.34
P6	L	1403.87	7.40	9411.03	20.97	12.07	1299.90	40.57
	R	1410.92	7.40	9451.25	20.97	12.45	1299.90	42.85

9.6 교각상단 단면책 (Unit : Km.m)

구분	교각방향				교각방향			
	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책
P1	L	734.22	5.67	5067.30	27.28	4.72	882.73	59.04
	R	772.16	5.67	5165.52	27.28	4.72	882.73	41.48
P2	L	863.36	3.48	5346.92	22.98	6.43	928.80	59.21
	R	841.12	3.48	5465.49	22.98	6.31	928.80	57.46
P3	L	948.15	4.16	5916.07	23.53	18.65	1216.02	113.16
	R	943.02	4.16	5896.32	23.53	21.72	1216.02	118.23
P4	L	1344.82	4.05	6784.42	15.47	15.36	1222.69	46.57
	R	1353.04	4.05	6830.39	15.47	15.20	1222.69	40.75
P5	L	1418.49	5.98	8577.52	21.38	9.66	1256.70	28.25
	R	1417.85	5.98	8577.42	21.38	11.59	1256.70	31.83
P6	L	1270.88	6.95	6332.41	17.78	9.77	1181.34	33.17
	R	1279.20	6.95	6375.73	17.78	7.55	1181.34	29.27

9.5 교각하단 정중조립 (Unit : Km.m)

구분	Combo1				Combo2			
	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책
P1	L	964	298	12,053	1,641	305	975	3,690
	R	919	299	11,814	1,641	305	975	3,641
P2	L	996	307	12,631	1,776	323	999	3,881
	R	930	307	12,348	1,776	302	999	3,811
P3	L	992	411	13,087	2,333	324	1,339	4,046
	R	972	411	13,032	2,333	320	1,339	4,029
P4	L	1,387	413	8,847	2,357	426	1,349	2,624
	R	1,395	413	8,892	2,357	428	1,349	2,636
P5	L	1,562	428	9,841	2,611	481	1,316	2,905
	R	1,560	429	9,836	2,611	474	1,316	2,912
P6	L	1,407	397	8,423	2,172	433	1,302	2,564
	R	1,415	397	8,464	2,172	436	1,302	2,578

9.7 교각상단 하중조립 (Unit : Km.m)

구분	Combo1				Combo2			
	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책	교각단면책
P1	L	796	264	5,095	1,484	243	964	1,579
	R	774	264	5,178	1,484	236	964	1,561
P2	L	885	282	5,385	1,631	265	1,000	1,663
	R	843	282	5,483	1,631	259	1,000	1,657
P3	L	954	369	5,910	2,123	303	1,217	1,876
	R	950	369	5,932	2,123	305	1,217	1,867
P4	L	1,349	371	6,798	2,138	419	1,224	2,082
	R	1,338	371	6,843	2,138	421	1,224	2,090
P5	L	1,421	383	8,585	2,361	435	1,258	2,600
	R	1,421	383	8,587	2,361	437	1,258	2,605
P6	L	1,274	361	6,342	1,978	391	1,183	1,933
	R	1,281	361	6,385	1,978	391	1,183	1,942

10.2.2 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 10.2.1】 서문9교(문산방향) 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

10.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

10.2.4 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.	

10.2.5 시설물 보수 이력

【표 10.2.2】 서문9교(문산방향) 보수이력사항

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

10.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 10.2.3】 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.			

10.3 현장조사

10.3.1 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 10.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

10.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문9교(문산방향)는 총 7경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=330.0m 폭 15.6m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



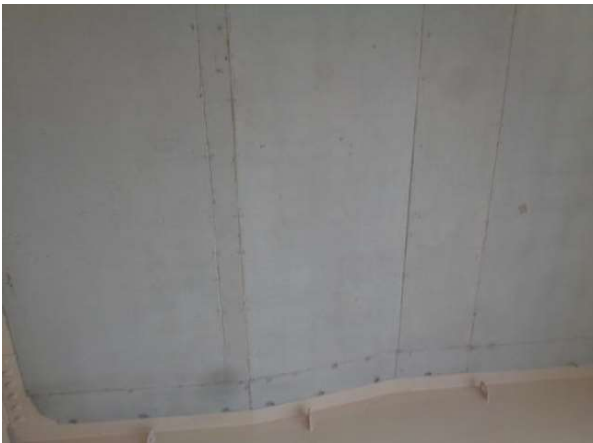
【사진 10.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 폭 0.3mm미만 망상균열이 조사되었다

【표 10.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
S1	24.00	2
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
합계	24.00	2

	
S1 망상균열 (3.0m×4.0m)	S1 망상균열 (3.0m×4.0m)
	
S1 망상균열 (3.0m×4.0m)	S1 망상균열 (3.0m×4.0m)

【사진 10.3.3】 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.

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 10.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 10.3.2】 거더외부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
S.T.B 거더 외부	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—

【표 10.3.3】 거더내부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
S.T.B 거더 내부	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—

【표 10.3.4】 거더 현장조사 결과(IPC)

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

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더외부 상태양호 - 22년 상반기	거더내부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 10.3.5】 거더 손상현황

	
거더 상태양호	거더 상태양호
	
거더 상태양호	거더 상태양호 - 22년 상반기

【사진 10.3.5】 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 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.6】 가로보 및 세로보 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	
S.T.B 가로보	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
합계		—	—

【표 9.3.6】 가로보 현장조사 결과(IPC)

구분		타설불량 (㎡/개소)	
IPC 가로보	S4	—	—
	S5	0.08	1
	S6	—	—
	S7	—	—
합계		0.08	1

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

【사진 10.3.7】 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(문산방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

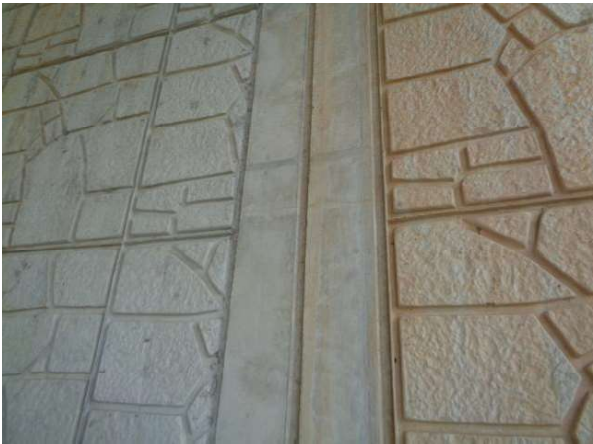
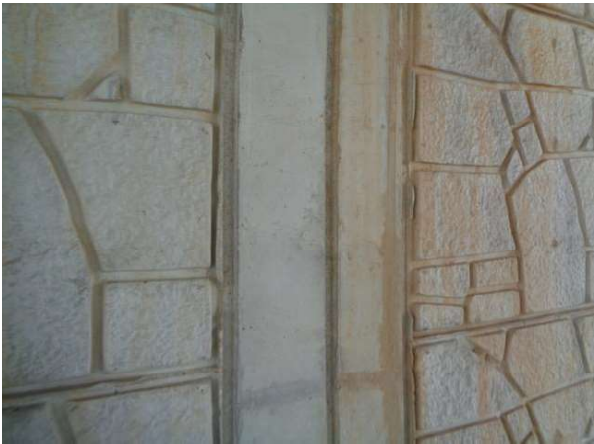
- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm 미만 균열 법면 토사유실, 시란트 이격 등의 손상이 조사되었다.

【표 10.3.7】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		법면 토사유실 (m/개소)		시란트 이격 (m/개소)	
A1	—	—	25.00	1	—	—
A2	0.50	1	—	—	6.00	1
합계	0.50	1	25.00	1	6.00	1

	
A1 법면 토사유실 (25.0m×1.0m) - 금회	A1 법면 토사유실 (25.0m×1.0m) - 금회
	
A1 법면 토사유실 (25.0m×1.0m) - 금회	A1 법면 토사유실 (25.0m×1.0m) - 금회
	
A1 법면토사유실 (25.0m×1.0m)-22년 상반기	A1 법면토사유실 (25.0m×1.0m)-22년 상반기

【사진 10.3.9】 교대 손상현황

	
A2 균열(폭 0.2mm/0.5m)	A2 균열(폭 0.2mm/0.5m)
	—
A2 실란트 이격(6.0m)	—

【사진 10.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

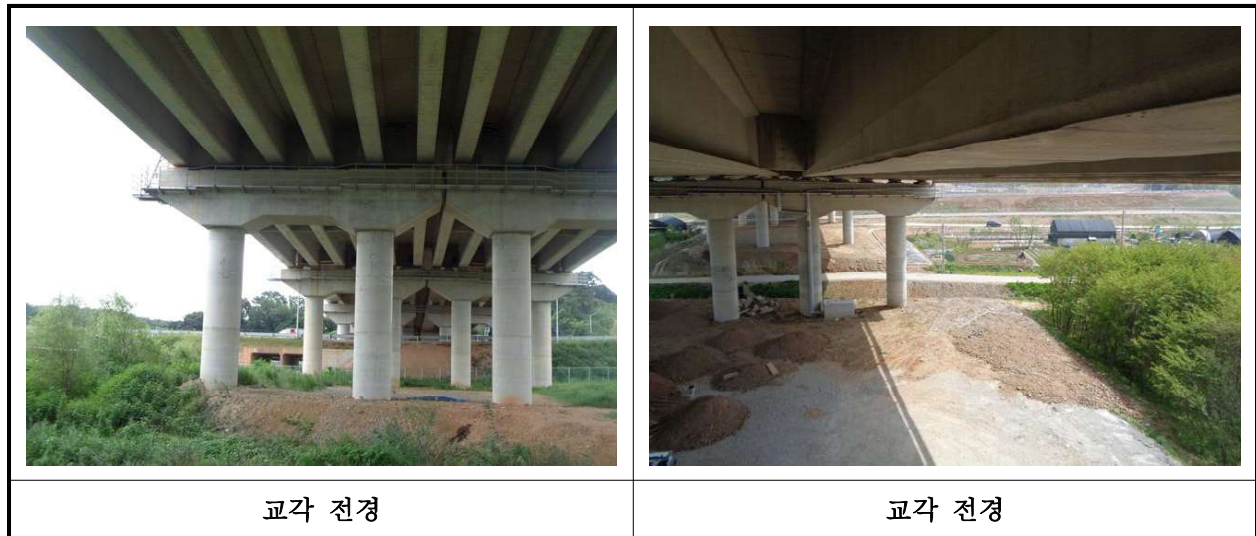
4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열은 폭 0.3mm미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 실란트 이격은 공용중 열화로 인하여 발생한 손상으로 실란트 충전이 필요한 상태이며, 법면 토사유실의 경우, 식생공 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

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



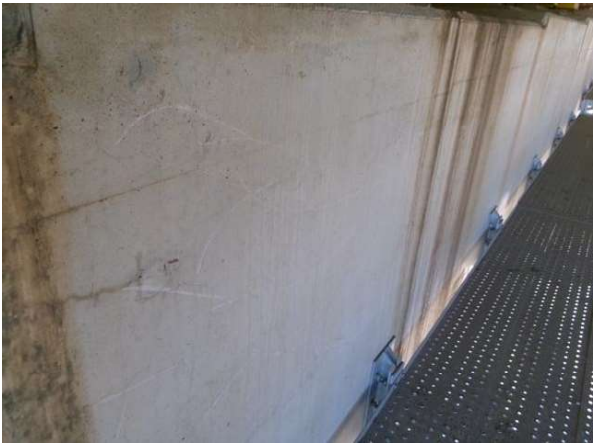
【사진 10.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3mm미만 균열 및 망상균열, 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 확인되었다.

【표 10.3.8】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (m²/개소)		폐콘크리트 퇴적 (m³/개소)	
P1	4.00	2	—	—	—	—
P2	—	—	—	—	—	—
P3	—	—	10.00	1	3.00	1
P4	—	—	10.00	1	—	—
P5	1.00	1	—	—	—	—
P6	25.00	1	37.50	1	—	—
합계	30.00	4	57.50	3	3.00	1

	
P1 코핑부 균열 (0.2mm/2.0m)	P1 코핑부 균열 (0.2mm/2.0m)
	
P3 망상균열 (10.0m×1.0m)	P3 망상균열 (10.0m×1.0m)
	
P3 폐콘크리트 퇴적 (1.0m×3.0m)	P4 망상균열 (10.0m×1.0m)

【사진 10.3.11】 교각 손상현황

	
P5 코핑부 균열 (0.2mm/1.0m)	P6 코핑부 균열 (0.2mm/25.0m)
	
P6 코핑부 균열 (0.2mm/25.0m)	P6 망상균열 (15.0m×2.5m)

【사진 10.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

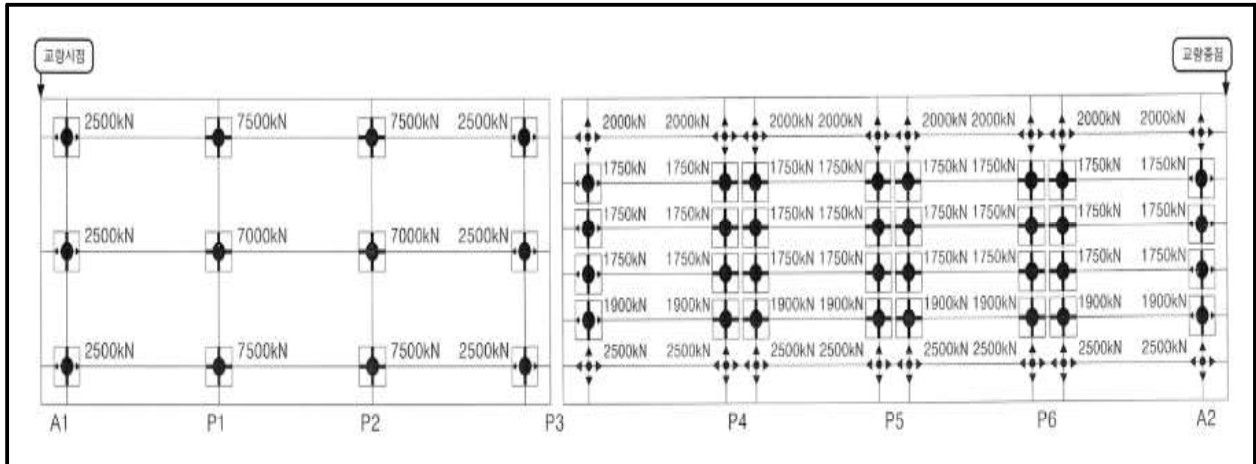
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 퇴적은 시공 후 정리미흡에 의한 손상으로 청소 등의 정비가 필요할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

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



【그림 10.3.1】 교량받침 배치도



【사진 10.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 10.3.9】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침축몰탈 균열 (m/개소)		받침몰탈 파손 (㎡/개소)		고정핀 미제거 (개소/개소)	
A1	—	—	—	—	—	—
P1	0.30	3	—	—	—	—
P2	0.20	1	0.01	1	—	—
P3	—	—	—	—	—	—
P4	—	—	—	—	—	—
P5	2.00	10	0.01	1	—	—
P6	5.40	18	—	—	8.00	8
A2	—	—	—	—	—	—
합계	7.90	32	0.02	2	8.00	8

	
P1-Sh3 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.1m×3EA)	P2-Sh3 받침몰탈 균열 (0.2mm/0.2m)
	
P2-Sh3 받침몰탈 파손 (0.1m×0.1m)	P5-Sh10 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)

【사진 10.3.13】 교량받침 손상현황

	
P5-Sh11 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)	P5-Sh4 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)
	
P5-Sh7 받침몰탈 파손 (0.1m×0.1m)	P5-Sh8 받침몰탈 균열 (0.1mm/0.2m×2EA)

【사진 10.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

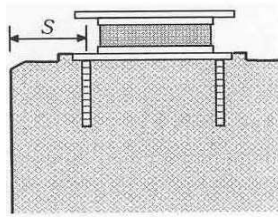
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

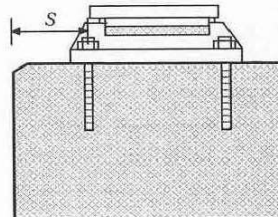
- 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 몰탈 파손의 경우, 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이다. 고정핀 미제거의 경우 시공 마무리 미흡에 의한 손상으로 확인되었다. 받침에 발생한 손상은 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수, 정비 등의 보수가 필요한 상태이며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 신규 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

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 10.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



【사진 10.3.14】 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 10.3.10】연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)						검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1		425.0	655	655	655				O.K
P1	A1측	425.0	930	930	930				O.K
	A2측	575.0	930	930	930				O.K
P2	A1측	575.0	930	930	930				O.K
	A2측	425.0	930	930	930				O.K
P3	A1측	425.0	585	585	585				O.K
	A2측	425.0	585	585	585	585	585	585	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	610	610	610	610	610	610	O.K

② 연단거리 검토의견

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

6) 교량받침 신축거동상태 검토

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



【사진 10.3.15】 교량받침 이동량 측정

- ① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃ (한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃ (한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 10.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	30.5	29.5	0.000012	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℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울)							
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 10.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동 여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	0	150	150	31.1	30.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
P1	SH1	0	90	90	13.7	13.3	±90	O.K
	SH2	0	90	90			±90	O.K
	SH3	0	90	90			±90	O.K
P2	SH1	0	90	90	13.7	13.3	±90	O.K
	SH2	0	90	90			±90	O.K
	SH3	0	90	90			±90	O.K
P3 (A1측)	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
P3 (A2측)	SH4	10	160	140	23.0	22.1	±150	O.K
	SH5	10	160	140			±150	O.K
	SH6	10	160	140			±150	O.K
	SH7	10	160	140			±150	O.K
	SH8	10	160	140			±150	O.K
	SH9	10	160	140			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 10.3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동 여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P4	SH1	0	150	150	11.5	11.0	±120	O.K
	SH2	0	150	150			±120	O.K
	SH3	0	150	150			±120	O.K
	SH4	0	150	150			±120	O.K
	SH5	0	150	150			±120	O.K
	SH6	0	150	150			±120	O.K
	SH7	0	150	150			±120	O.K
	SH8	0	150	150			±120	O.K
	SH9	0	150	150			±120	O.K
	SH10	0	150	150			±120	O.K
	SH11	0	150	150			±120	O.K
	SH12	0	150	150			±120	O.K
P5								
P6	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
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 10.3.14】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동 여유량		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 강평거조인트로 시공된 상태이다.



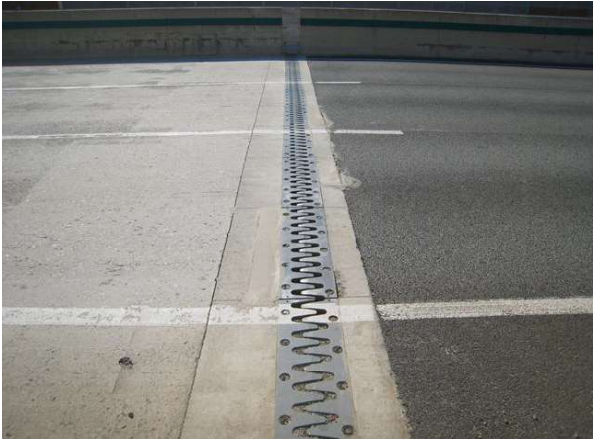
【사진 10.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 파손, 본체 및 차수판 볼트 탈락, 하부누수 등의 손상이 확인되었다.

【표 10.3.15】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 파손 (㎡/개소)		본체 볼트탈락 (개소/개소)		차수판 볼트탈락 (개소/개소)		하부 누수 (m/개소)		여유량 부족 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	0.10	1	1.00	1	—	—	5.00	1	—	—
P3 (EXP J2)	—	—	—	—	3.00	3	—	—	—	—
A2 (EXP J3)	0.12	3	—	—	—	—	—	—	1.00	1
합계	0.22	4	1.00	1	3.00	3	5.00	1	1.00	1

	
A1 후타재 파손(0.2m×0.5m) - 금회	A1 후타재 파손(0.2m×0.5m) - 22년 상반기
	
A1 본체 볼트탈락 - 금회	A1 본체 볼트탈락 - 22년 상반기
	
P3 차수판 볼트탈락(3EA)	신축이음 하부 누수

【사진 10.3.17】 신축이음장치 손상현황

	
신축이음 하부 누수	신축이음 하부 누수

【사진 10.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 파손의 경우, 시공미흡, 다짐미흡, 차량 통행하중 및 충격 등의 복합적인 원인으로 판단되며, 본체 볼트탈락의 경우 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정된다. 후타재 파손 및 볼트 탈락의 경우 신축이음 부분교체 등의 하자보수가 필요한 상태이며, 차수판 볼트 탈락은 재체결 등의 정비가 필요한 상태이다. 하부 누수의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

- ① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃ (한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃ (한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법	비고																			
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta L_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, ΔL_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} - L : 신축보의 길이(mm)																				
소요 신축량	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균) - 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) : $-15.0^{\circ}\text{C} - (10.5^{\circ}\text{C}) = 25.5^{\circ}\text{C}$ ΔL_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)																	
강교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}																	

【사진 10.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 10.3.16】 신축이음 신축이동량 산정

구분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	82.5	30.2	29.2	50.0	90.0	93.0	
P3	30.5	29.5	0.000012	82.5	30.2	29.2	85.0	200.0	310.0	
	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	15.0	80.0	175.0	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃ (조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃ (한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃ (한랭지방, 콘크리트교)										

【표 10.3.17】 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	48.0	80	1.8	18.8	O.K
	바닥판			90.0	—	—	60.8	O.K
	거더			93.0	—	—	63.8	O.K
P3	신축이음	55.7	53.7	85.0	150	9.3	46.3	O.K
	바닥판			200.0	—	—	146.3	O.K
	거더			310.0	—	—	256.3	O.K
A2	신축이음	25.5	24.5	15.0	100	59.5	-9.5	N.G
	바닥판			80.0	—	—	55.5	O.K
	거더			175.0	—	—	150.5	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 신장시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 신장시(여름철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

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



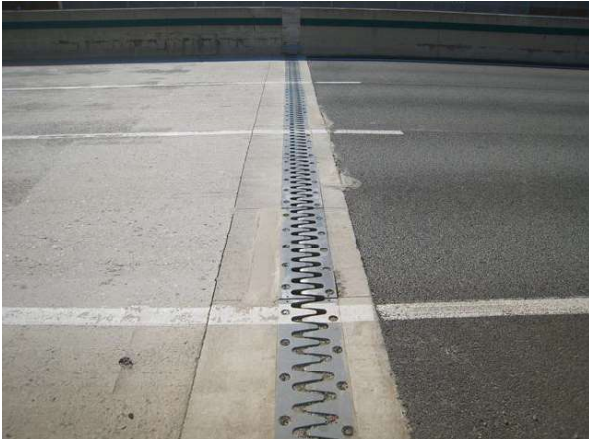
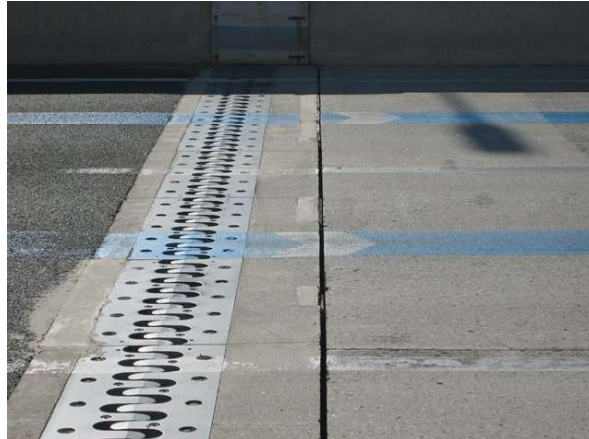
【사진 10.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 접속부 이격이 확인되었다.

【표 10.3.18】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	13.00	1
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	13.00	1
합계	26.00	2

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

【사진 10.3.20】 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(문산방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 10.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 10.3.19】 배수시설 현장조사 결과

구분	그레이팅 변형 (개소/개소)	
S1	1.00	1
S2	1.00	1
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
합계	2.00	2

	
S1 덮개 변형(1EA)	배수관 상태 양호

【사진 10.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 구간에서 시공시 발생한 그레이팅 덮개변형이 조사되었고, 교체가 요구된다. 배수시설은 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

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



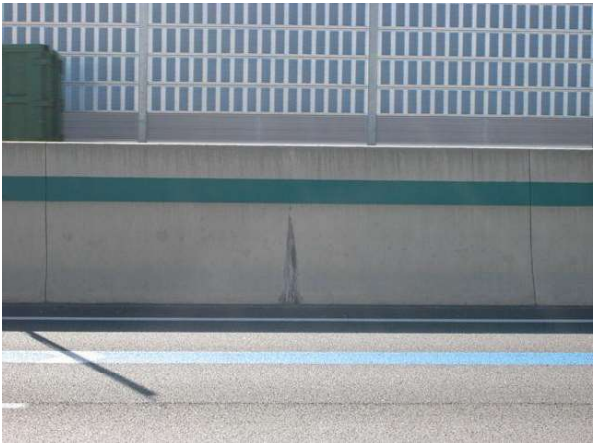
【사진 10.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 10.3.20】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—
S2	—	—	—	—	—	—
S3	—	—	—	—	—	—
S4	—	—	4.40	3	—	—
S5	1.50	1	—	—	—	—
S6	1.50	1	—	—	—	—
S7	—	—	—	—	1.50	1
합계	3.00	2	4.40	3	1.50	1

	
S4 균열부 백태 (0.2m×2.0m)	S4 균열부 백태 (0.2m×10.0m)
	
S5 균열 (0.2mm/1.5m)	S6 균열 (0.2mm/1.5m)

【사진 10.3.24】 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 단차의 경우, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

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



【사진 10.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 10.3.21】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	폐자재 적치 (㎡/개소)	
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
P4	30.00	2
P5	15.00	1
P6	—	—
합계	45.00	3



【사진 10.3.26】 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.

10.3.3 현장조사 총괄표

【표 10.3.22】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		망상균열	m ²	24.00	2	
S.T.B	거더외부	상태양호	—	—	—	
	거더내부	상태양호	—	—	—	
	가로보	상태양호	—	—	—	
IPC	거더	상태양호	—	—	—	
	가로보	타설불량	m ²	0.08	1	
교대		균열 (0.3mm미만)	m	0.50	1	
		법면 토사유실	m	25.00	1	
		실란트 이격	m	6.00	1	
교각		균열 (0.3mm미만)	m	30.00	4	
		망상균열	m ²	57.50	3	
		페콘크리트 퇴적	m ²	3.00	1	
교량받침		받침물탈 균열	m	7.90	32	
		받침물탈 파손	m ²	0.02	2	
		고정핀 미제거	EA	8.00	8	
신축이음		후타재 파손	m	0.22	4	
		본체 볼트탈락	EA	1.00	1	
		차수판 볼트 탈락	EA	3.00	3	
		하부누수	m	5.00	1	
교면포장		접속부 이격	m	26.00	2	
배수시설		그레이팅 변형	EA	2.00	2	
방호벽		균열 (0.3mm미만)	m	3.00	2	
		균열부 백태	m ²	4.40	3	
		접속부 단차	m	1.50	1	
점검시설		폐자재 적치	m ²	45.00	3	

10.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

10.4 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.

10.4.1 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 10.4.1】 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

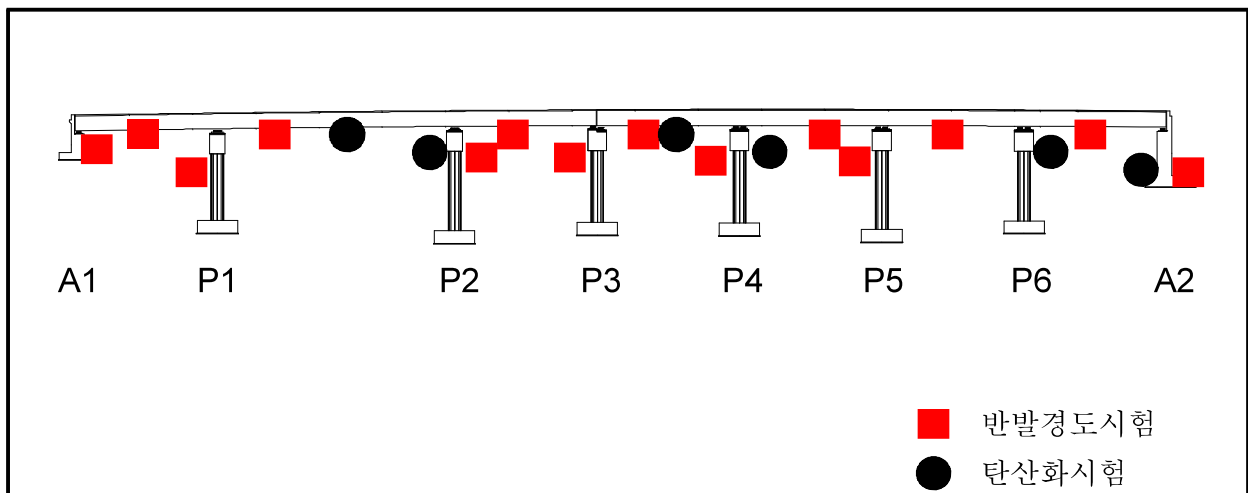
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 10.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 10.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

10.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발강도시험(총 5개소)를 실시하였으며, 검토결과
는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 10.4.2】 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	46.7	27.7	28.9			
	S3	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S4	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S5	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S6	바닥판	47.1	28.0	29.1			
	S7	바닥판	46.6	27.6	28.9			

【표 10.4.3】 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	42.7	24.3	27.0	0.67	24.0	
	A2	교대	43.7	25.1	27.5			

【표 10.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	48.0	40.4	48.0	0.67	40.0	
	P2	교각	47.9	40.3	47.9			
	P3	교각	47.7	40.2	47.6			
	P4	교각	47.5	40.0	47.3			
	P5	교각	48.8	41.2	49.3			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.9MPa, 하부구조(교대) 24.3~27.5 MPa, 하부구조(교각) 40.0~49.3MPa 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 10.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	100.4 ~ 107.0
하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	101.3 ~ 114.6
	교각	40.0~49.3	40.0	100.0 ~ 123.3

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 10.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
	S4 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	A2 홍벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P2 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P4 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P6 코핑부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~4.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 10.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	2.0~3.0	37.0~38.0	
하부구조	2.0~4.0	96.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 10.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	
		교각	40.0~49.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		37.0~38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~98.0	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

10.5 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.

10.5.1 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 10.5.1】 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	b	a	a	a	b	a	c	a	a	q	—	—
S2	P1	STB	a	a	a	a	b	a	—	b	b	q	a	—
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	a	—	b	a		—	a
평균			0.133	0.100	0.100	0.100	0.167	0.100	0.400	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	0.005	0.002	0.036	0.015	0.027	—	0.004	0.003
													0.148	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.148) < 0.260$

【표 10.5.2】 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	a	b	q	a	—
S5	P4	IPC	a	a	b	a	a	b	—	a	b	q	—	a
S6	P5	IPC	a	a	a	a	a	b	—	b	b	q	—	—
S7	P6	IPC	a	a	a	a	a	a	—	b	b	q	—	a
	A2								c	a	b	q	—	a
평균			0.100	0.100	0.125	0.100	0.100	0.175	0.250	0.140	0.200	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.006	0.007	0.003	0.004	0.023	0.013	0.040	—	0.004	0.003
													0.140	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.140) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 10.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문9교 문산방향(STB)	0.148	B	165.0	3	495	0.478	0.071
서문9교 문산방향(Bicon)	0.140	B	180.0	3	540	0.522	0.073
합계(Σ)			345.0	6	1,035	1.000	0.144
1. 평가지수 =							0.144
2. 상태평가결과 =							B

10.5.2 기 점검 결과와의 비교

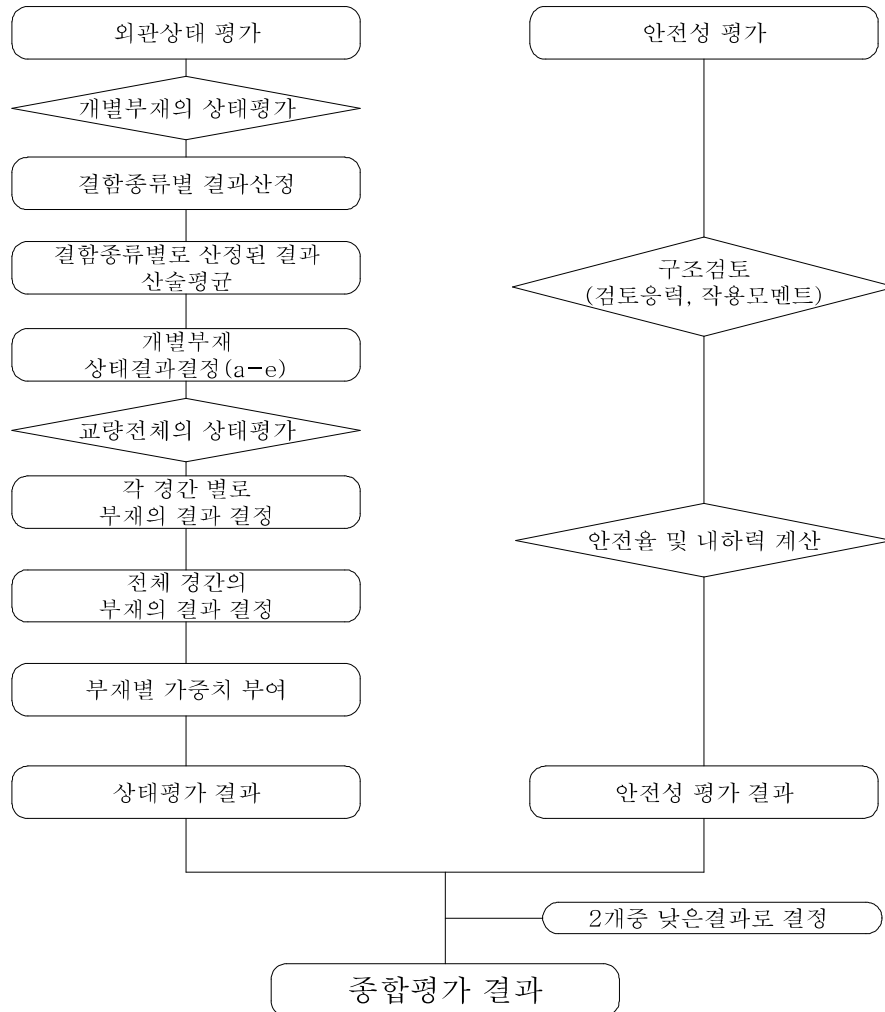
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

10.6 종합평가 및 안전등급 지정

10.6.1 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 10.6.1】 종합평가 결과 산정절차

10.6.2 종합평가 결과

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

【표 10.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문9교(문산방향)	0.144	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

10.6.3 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 10.6.2】 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

10.7 보수·보강 및 유지관리방안

10.7.1 보수·보강 방안

【표 10.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		망상균열	m ²	24.00	2	표면처리	하자
S.T.B	거더외부	상태양호	—	—	—	—	—
	거더내부	상태양호	—	—	—	—	—
	가로보	상태양호	—	—	—	—	—
IPC	거더	상태양호	—	—	—	—	—
	가로보	타설불량	m ²	0.08	1	단면보수	하자
교대		균열 (0.3mm미만)	m	0.50	1	표면처리	하자
		범면 토사유실	m	25.00	1	정비	하자
		실란트 이격	m	6.00	1	실란트충전	하자
교각		균열 (0.3mm미만)	m	30.00	4	표면처리	하자
		망상균열	m ²	57.50	3	표면처리	하자
		폐콘크리트 퇴적	m ²	3.00	1	정비	하자
교량받침		받침몰탈 균열	m	7.90	32	표면처리	하자
		받침몰탈 파손	m ²	0.02	2	단면보수	하자
		고정핀 미제거	EA	8.00	8	정비	하자
신축이음		후타재 파손	m	0.22	4	단면보수	하자
		본체 볼트탈락	EA	1.00	1	정비	하자
		차수판 볼트 탈락	EA	3.00	3	정비	하자
		하부누수	m	5.00	1	교체	하자
교면포장		접속부 이격	m	26.00	2	실란트충전	하자
배수시설		그레이팅 변형	EA	2.00	2	교체	하자
방호벽		균열 (0.3mm미만)	m	3.00	2	표면처리	하자
		균열부 백태	m ²	4.40	3	표면처리	하자
		접속부 단차	m	1.50	1	유지관리	—
점검시설		폐자재 적치	m ²	45.00	3	정비	하자

10.7.2 개략공사비

【표 10.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		망상균열	표면처리	24.00	36.00	m ²	—	—	하자
IPC	가로보	타설불량	단면보수	0.08	0.12	m ²	—	—	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.50	0.19	m	—	—	하자
		법면 토사유실	정비	25.00	37.50	m	—	—	하자
		실란트 이격	실란트충전	6.00	9.00	m	—	—	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	30.00	11.25	m	—	—	하자
		망상균열	표면처리	57.50	86.25	m ²	—	—	하자
		폐콘크리트 퇴적	정비	3.00	4.50	m ²	—	—	하자
교량받침		받침몰탈 균열	표면처리	7.90	2.96	m	—	—	하자
		받침몰탈 파손	단면보수	0.02	0.03	m ²	—	—	하자
		고정핀 미제거	정비	8.00	12.00	EA	—	—	하자
신축이음		후타재 파손	단면보수	0.22	0.33	m	—	—	하자
		본체 볼트탈락	정비	1.00	1.50	EA	—	—	하자
		차수판 볼트 탈락	정비	3.00	4.50	EA	—	—	하자
		하부누수	교체	5.00	7.50	m	—	—	하자
교면포장		접속부 이격	실란트충전	26.00	39.00	m	—	—	하자
배수시설		그레이팅 변형	교체	2.00	3.00	EA	—	—	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	1.13	m	—	—	하자
		균열부 백태	표면처리	4.40	6.60	m ²	—	—	하자
		접속부 단차	유지관리	1.50	2.25	m	—	—	—
점검시설		폐자재 적치	정비	45.00	67.50	m ²	—	—	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.

10.7.3 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.

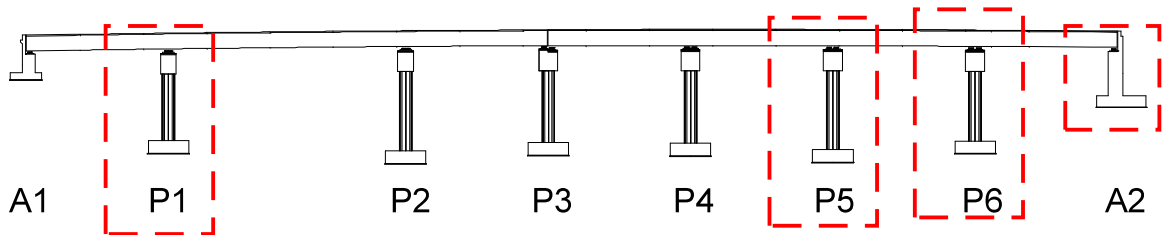
【표 10.7.3】 중점유지관리 항목

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



① 하부구조 균열(0.3mm 미만) 등 - 진전 여부확인



10.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77에 위치한 교량으로 총 연장 330.0m, 폭 32.0m의 Steel Box + IPC Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

10.8.1 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.

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 균열은 폭 0.3mm미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 실란트 이격은 공용중 열화로 인하여 발생한 손상으로 실란트 충전이 필요한 상태이며, 법면 토사유실의 경우, 식생공 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 퇴적은 시공 후 정리미흡에 의한 손상으로 청소 등의 정비가 필요할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 몰탈 파손의 경우, 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이다. 고정핀 미제거의 경우 시공 마무리 미흡에 의한 손상으로 확인되었다. 받침에 발생한 손상은 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수, 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 파손의 경우, 시공미흡, 다짐미흡, 차량 통행하중 및 충격 등의 복합적인 원인으로 판단되며, 본체 볼트탈락의 경우 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정된다. 후타재 파손 및 볼트 탈락의 경우 신축이음 부분교체 등의 하자보수가 필요한 상태이며, 차수판 볼트 탈락은 재체결 등의 정비가 필요한 상태이다. 하부 누수의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 신장시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며,

이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 신장시(여름철) 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 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 구간에서 시공시 발생한 그레이팅 덮개변형이 조사되었고, 교체가 요구된다. 배수시설은 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 단차의 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 27.1~28.9MPa, 하부구조(교대) 24.3~27.5 MPa, 하부구조(교각) 40.0~49.3MPa 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 2.0~3.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~4.0mm로 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(문산방향)의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문9교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

10.8.2 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.

10.8.3 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.