4. 서문3교(문산방향)

4.1 시설물 개요

4.2 자료수집 및 분석

4.3 현장조사

4.4 콘크리트 내구성조사

4.5 상태평가

4.6 종합평가 및 안전등급 지정

4.7 보수·보강 및 유지관리 방안

4.8 종합결론

4. 서문3교(문산방향)

4.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9에 위치한 교량으로 총 연장 250.0m, 폭 12.3m로 시공되어 있다.

4.1.1 일반사항

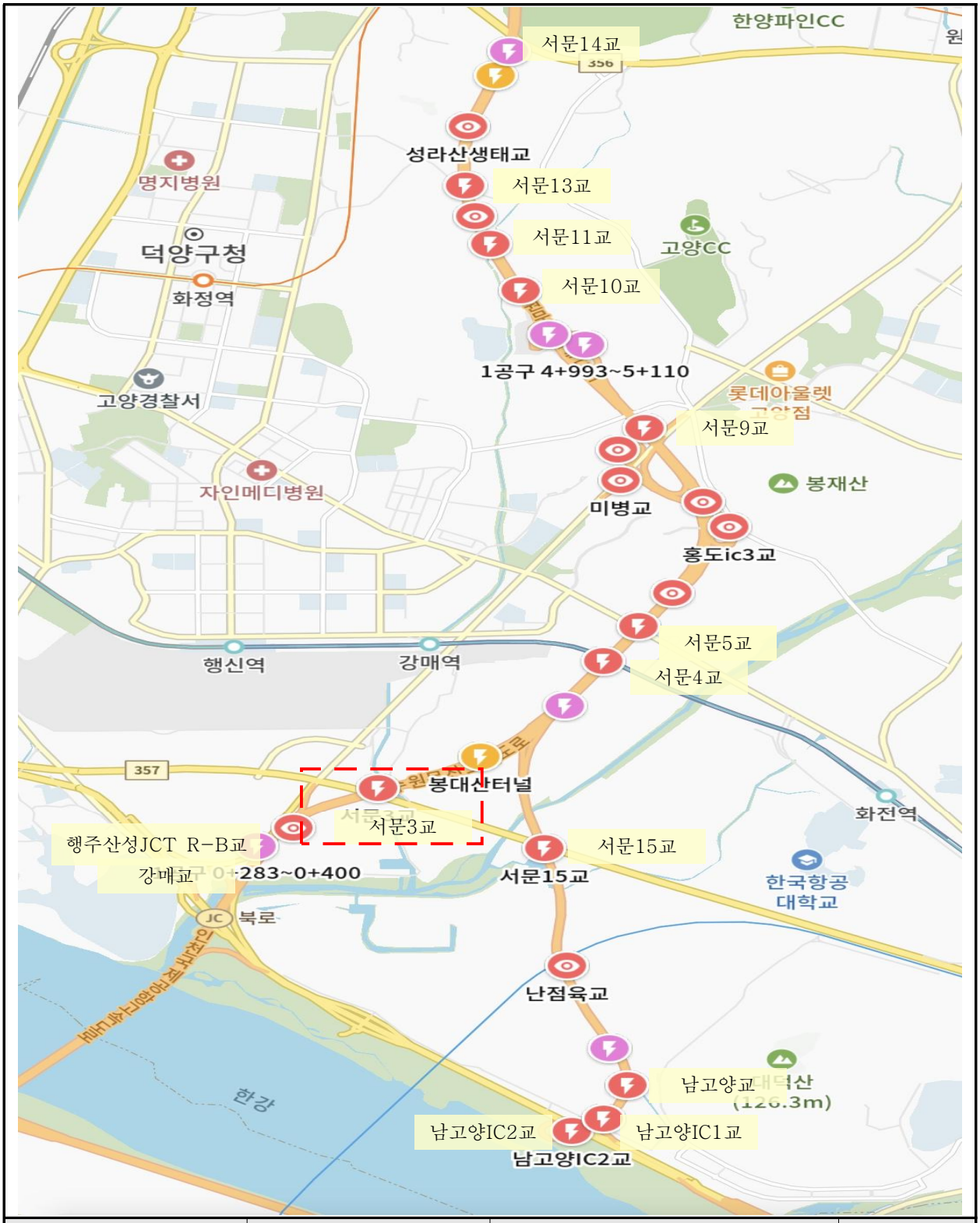
【표 4.1.1】 서문3교(문산방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000303	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=250.0m (50+2@75+50=250.0m)			
	폭	B=12.3m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	복합말뚝기초
교량받침		면진받침	신축이음	강핑거죠인트	
교차시설물		-	통과높이	5.0m	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체	㈜다산컨설턴트	
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

상부 전경

하부 전경

4.1.2 위치도 및 전경사진



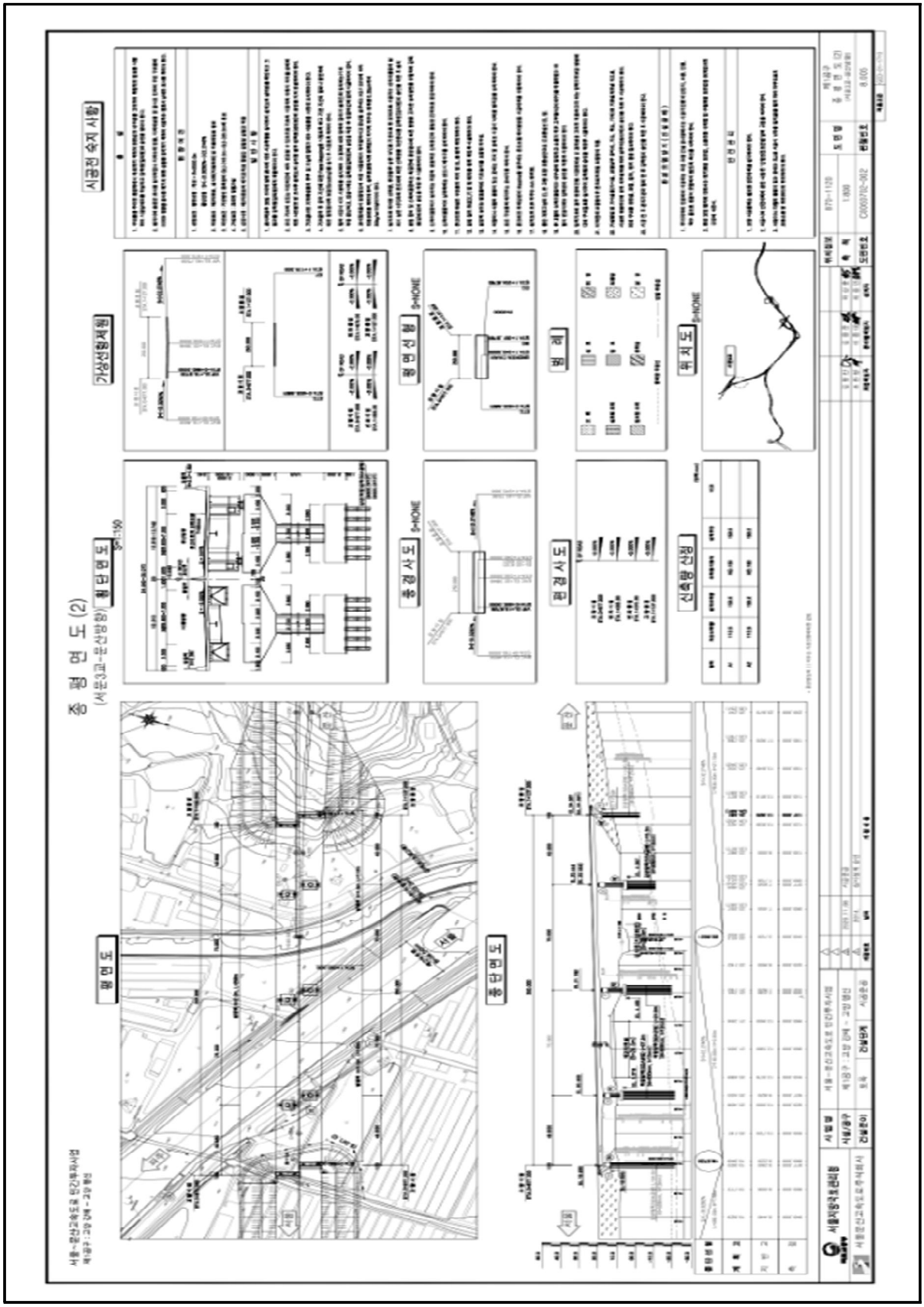
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 4.1.1】 위치도

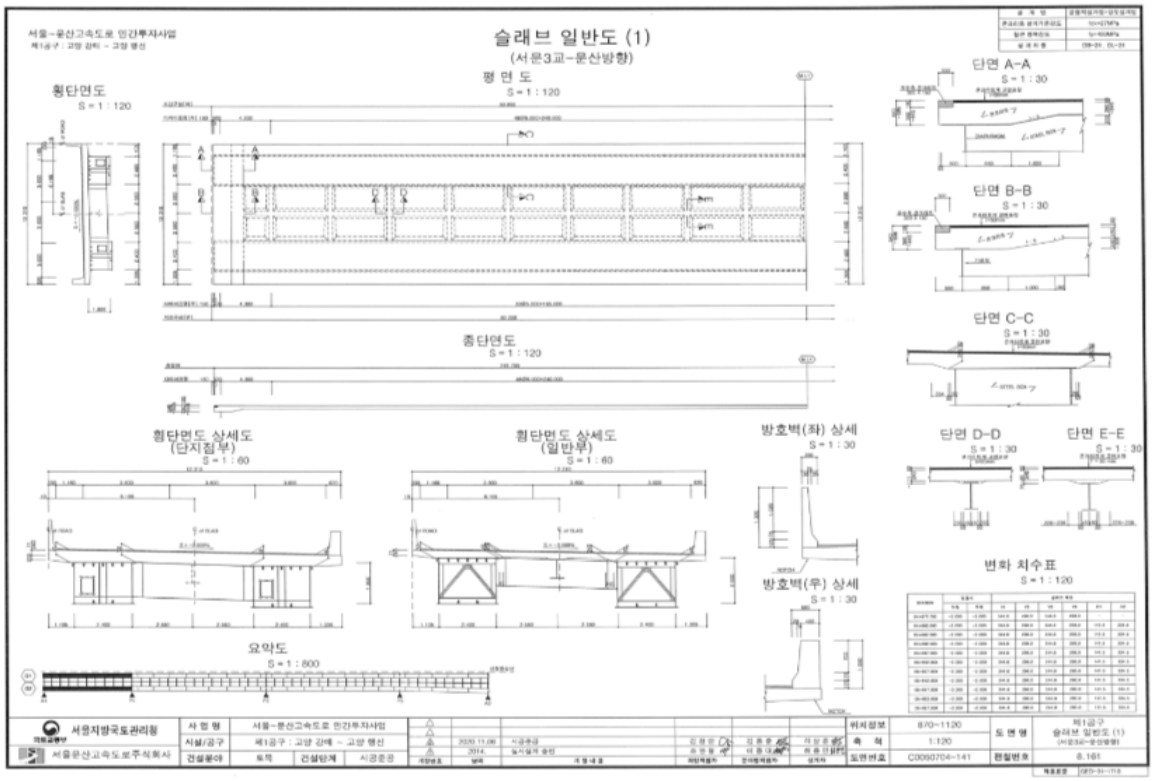
교면포장 전경	신축이음 전경
거더 전경	바닥판하면 전경
교대 전경	교각 전경

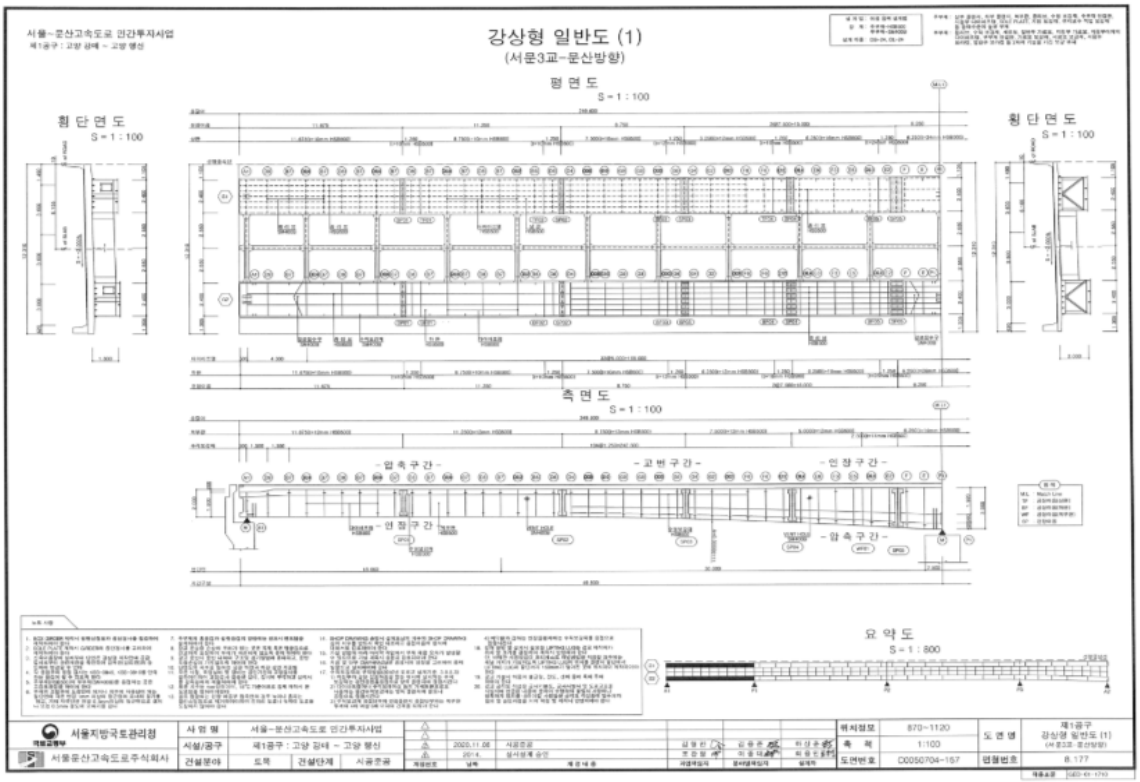
【그림 4.1.2】 부재별 현황

4.1.3 시설물 일반도

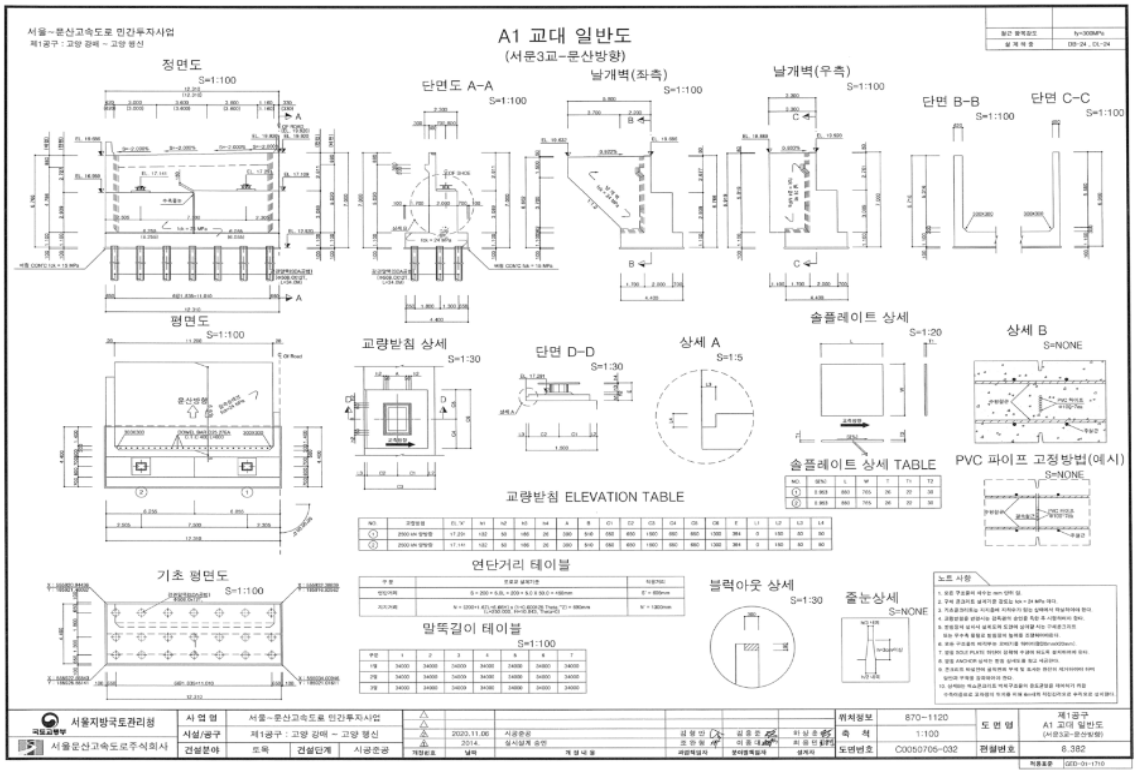


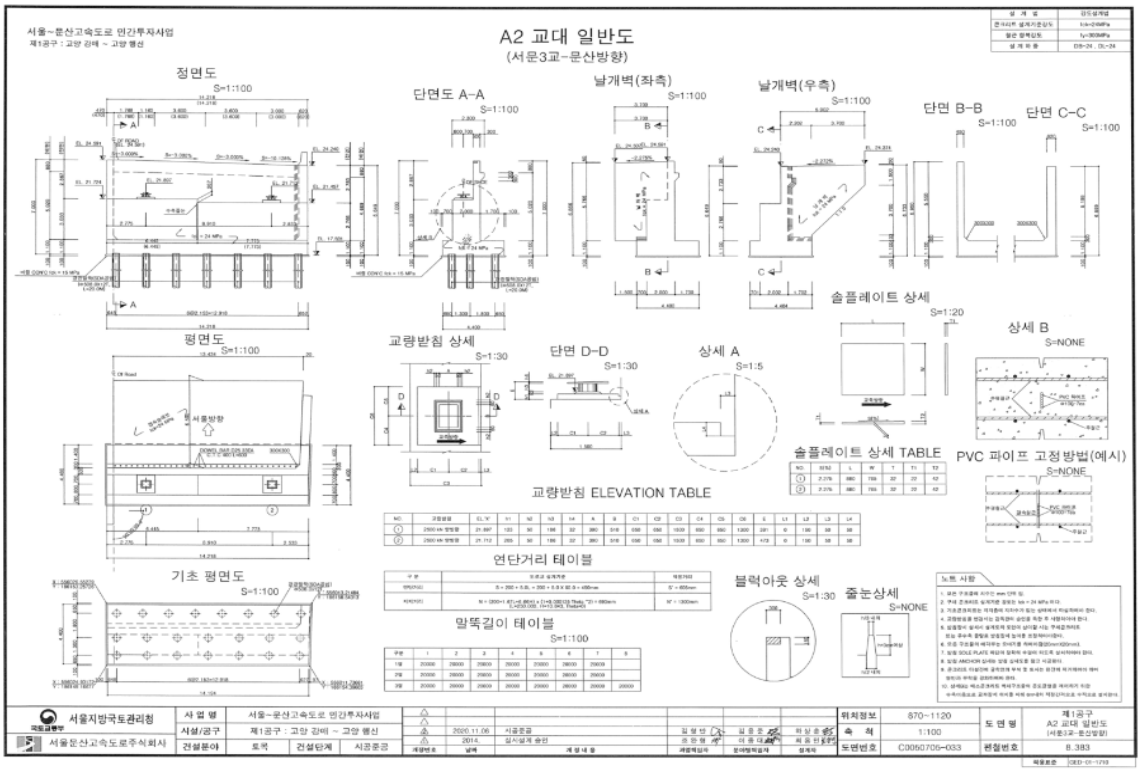
【그림 4.1.3】 평면 및 종단면도



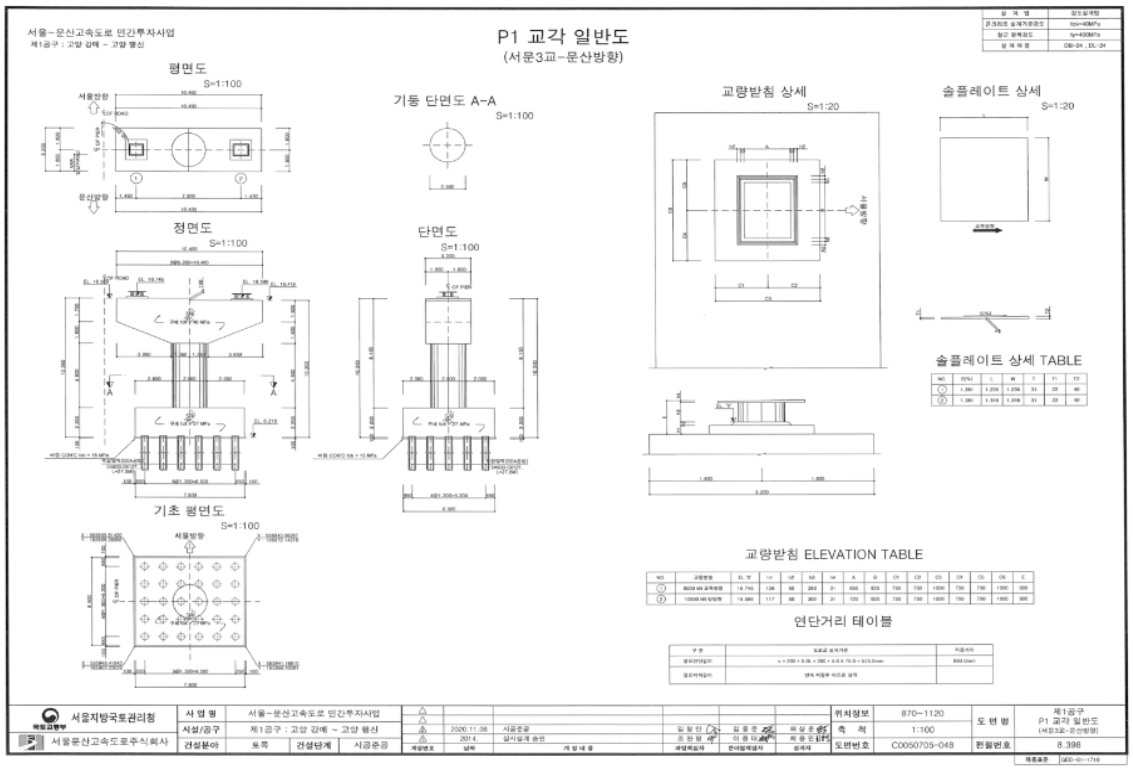


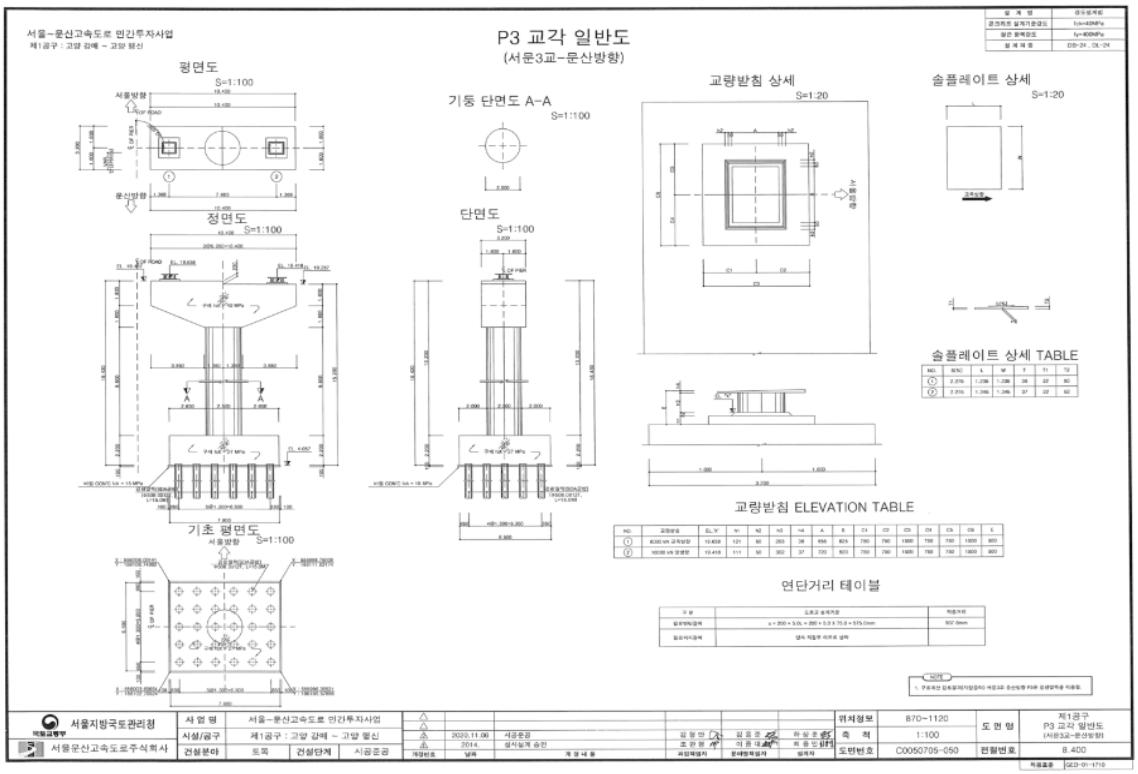
【그림 4.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도


A1 교대 일반도
(서문3교-문산방향)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
날개벽(우측)
단면 B-B
단면 C-C
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
상세 B
PVC 파이프 고정방법(예시)
솔플레이트 상세 TABLE
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
기초 평면도
블럭아웃 상세
줄눈상세
말뚝길이 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
870-1120
1:100
C0050705-032
8.382

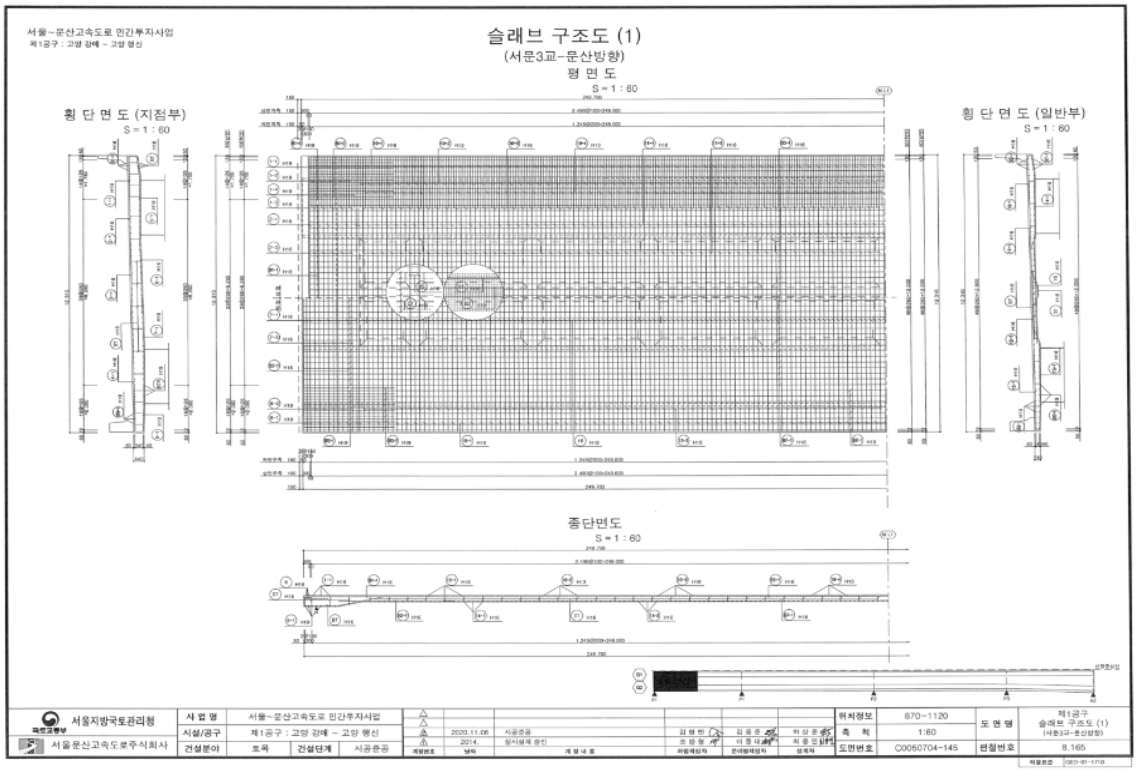

A2 교대 일반도
(서문3교-문산방향)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
날개벽(우측)
단면 B-B
단면 C-C
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
상세 B
PVC 파이프 고정방법(예시)
솔플레이트 상세 TABLE
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
기초 평면도
블럭아웃 상세
줄눈상세
말뚝길이 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
870-1120
1:100
C0050705-033
8.383

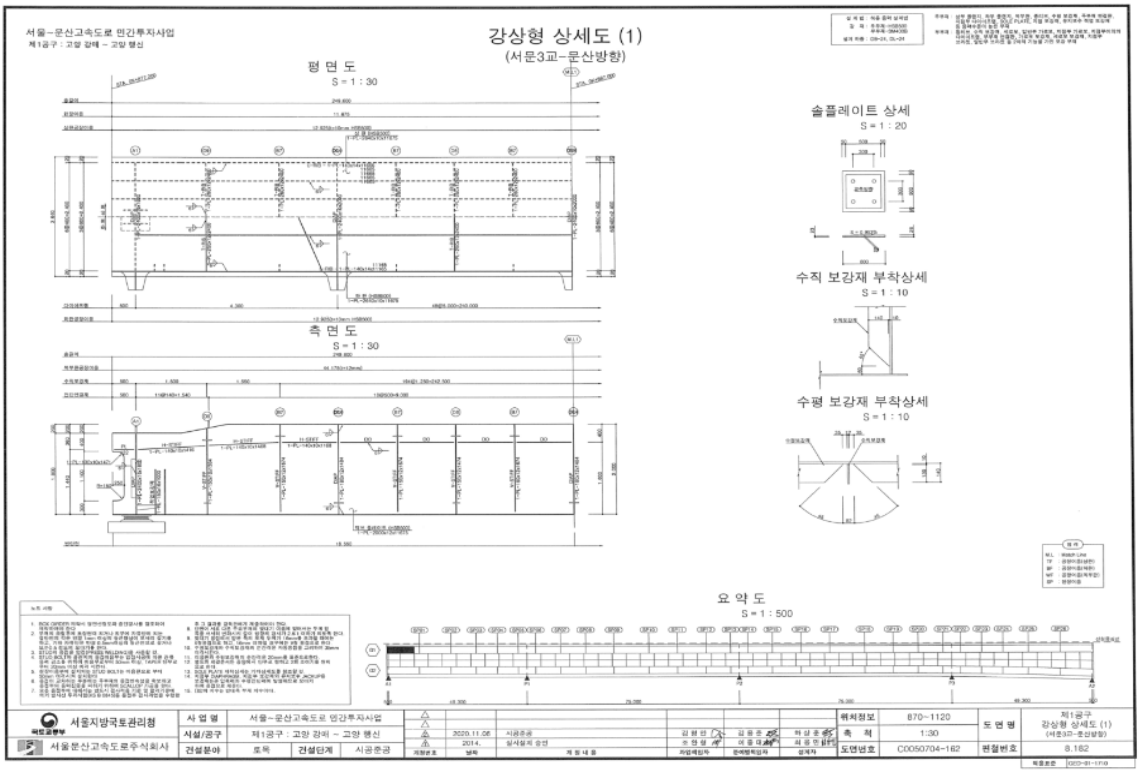
【그림 4.1.5】 교대 일반도


P1 교각 일반도
(서문3교-문산방향)
평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
정면도
S=1:100
단면도
S=1:100
솔플레이트 상세 TABLE
기초 평면도
S=1:100
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
870-1120
1:100
C0050705-048
8.398

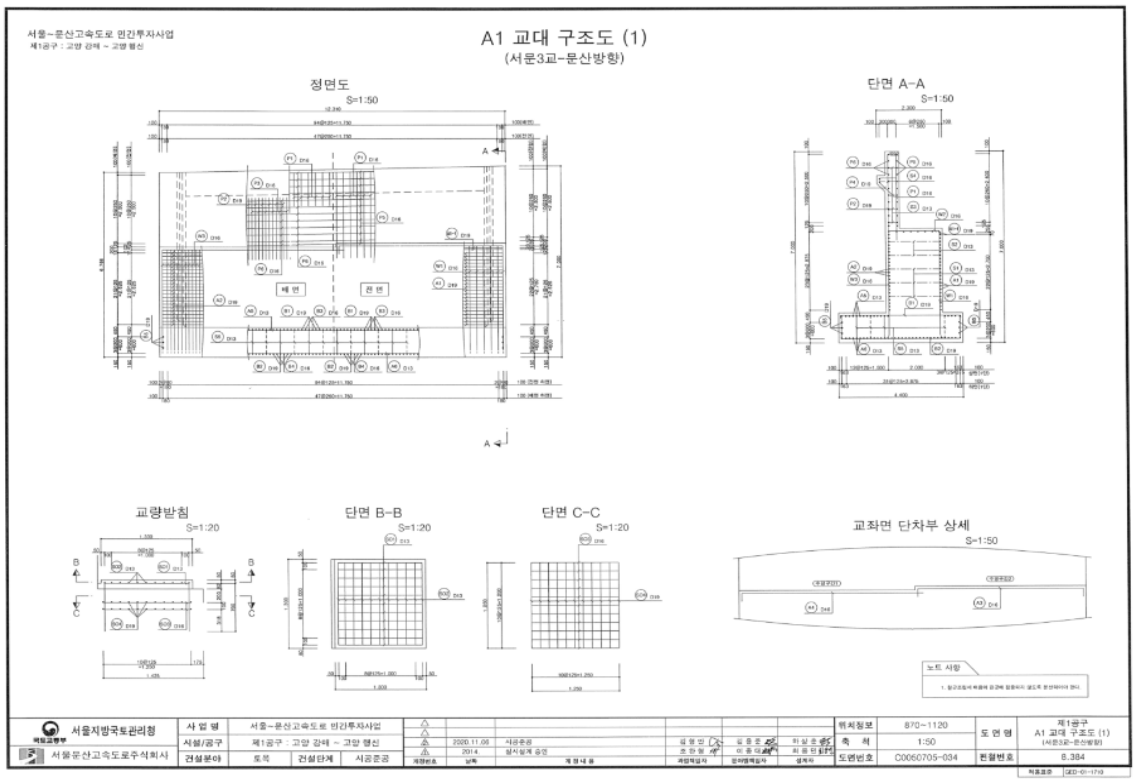

P3 교각 일반도
(서문3교-문산방향)
평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
정면도
S=1:100
단면도
S=1:100
솔플레이트 상세 TABLE
기초 평면도
S=1:100
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
870-1120
1:100
C0050705-050
8.400

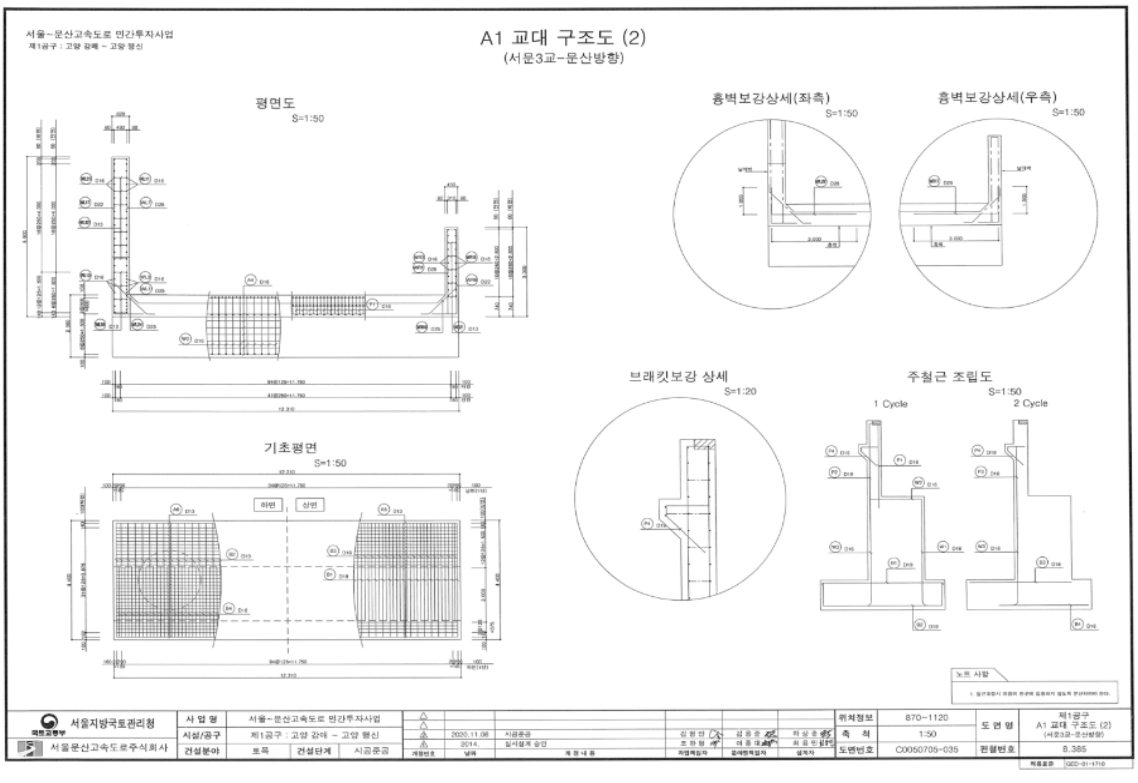
【그림 4.1.6】 교각 일반도



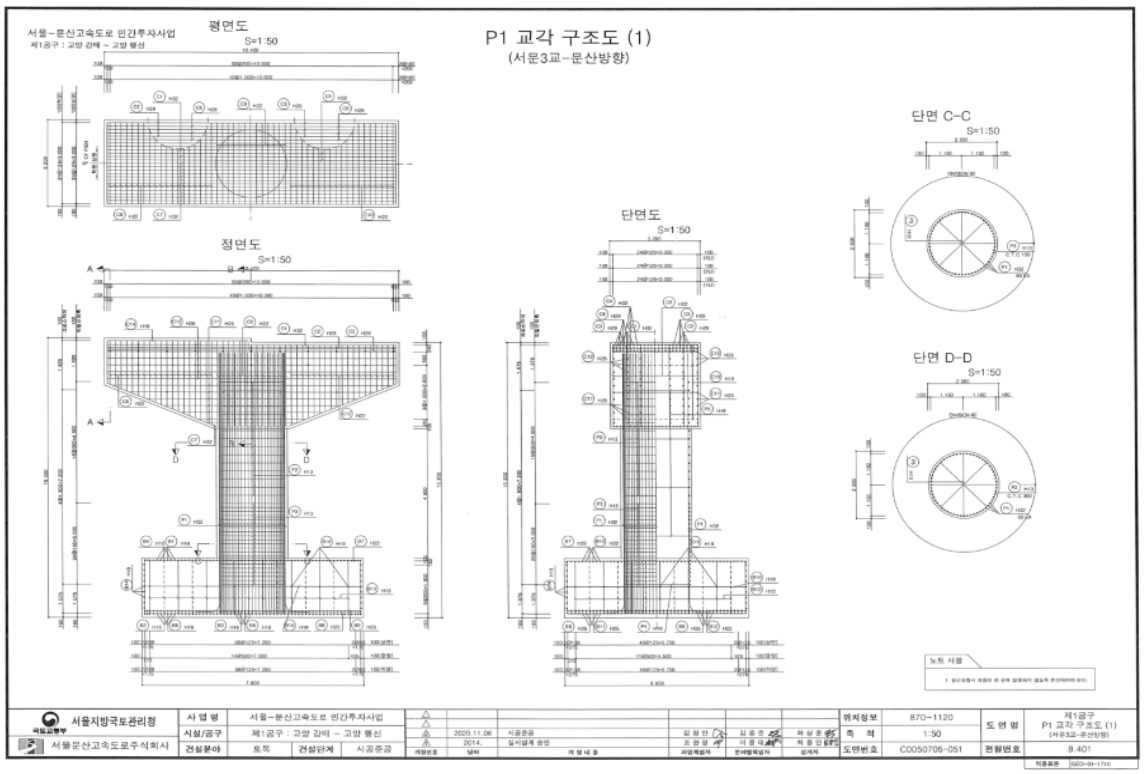


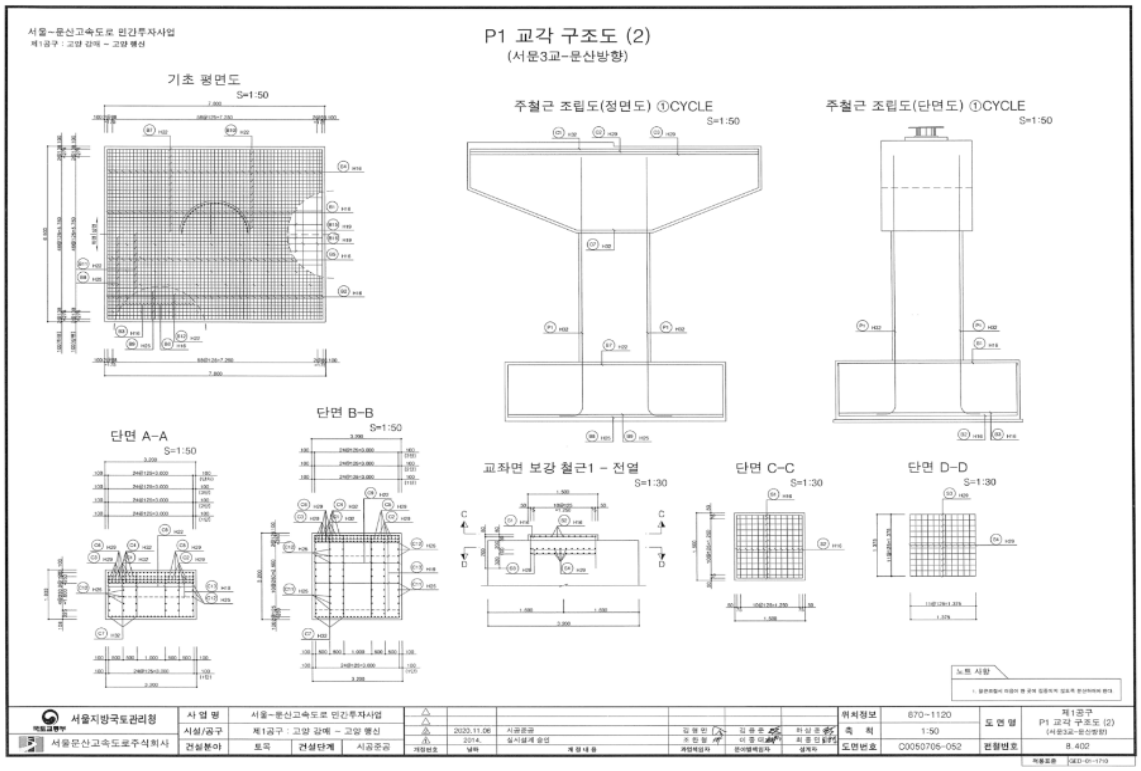
【그림 4.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도


A1 교대 구조도 (1)
(서문3교-문산방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
870-1120
1:50
C0050705-034
8.384


A1 교대 구조도 (2)
(서문3교-문산방향)
평면도
S=1:50
흉벽보강상세(좌측)
S=1:50
흉벽보강상세(우측)
S=1:50
브래킷보강 상세
S=1:20
주철근 조립도
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
기초평면
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
870-1120
1:50
C0050705-035
8.385

【그림 4.1.8】 교대 구조도


P1 교각 구조도 (1)
(서문3교-문산방향)
평면도
S=1:50
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 - 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
2020.11.06
2014.
실시설계 승인
위치정보
870-1120
축 척
1:50
도면번호
C0050705-051
P1 교각 구조도 (1)
(서문3교-문산방향)
8.401


P1 교각 구조도 (2)
(서문3교-문산방향)
기초 평면도
S=1:50
주철근 조립도(정면도) ①CYCLE
S=1:50
주철근 조립도(단면도) ①CYCLE
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
단면 B-B
S=1:50
교좌면 보강 철근1 - 전열
S=1:30
단면 C-C
S=1:30
단면 D-D
S=1:30
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 - 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
2020.11.06
2014.
실시설계 승인
위치정보
870-1120
축 척
1:50
도면번호
C0050705-052
P1 교각 구조도 (2)
(서문3교-문산방향)
8.402

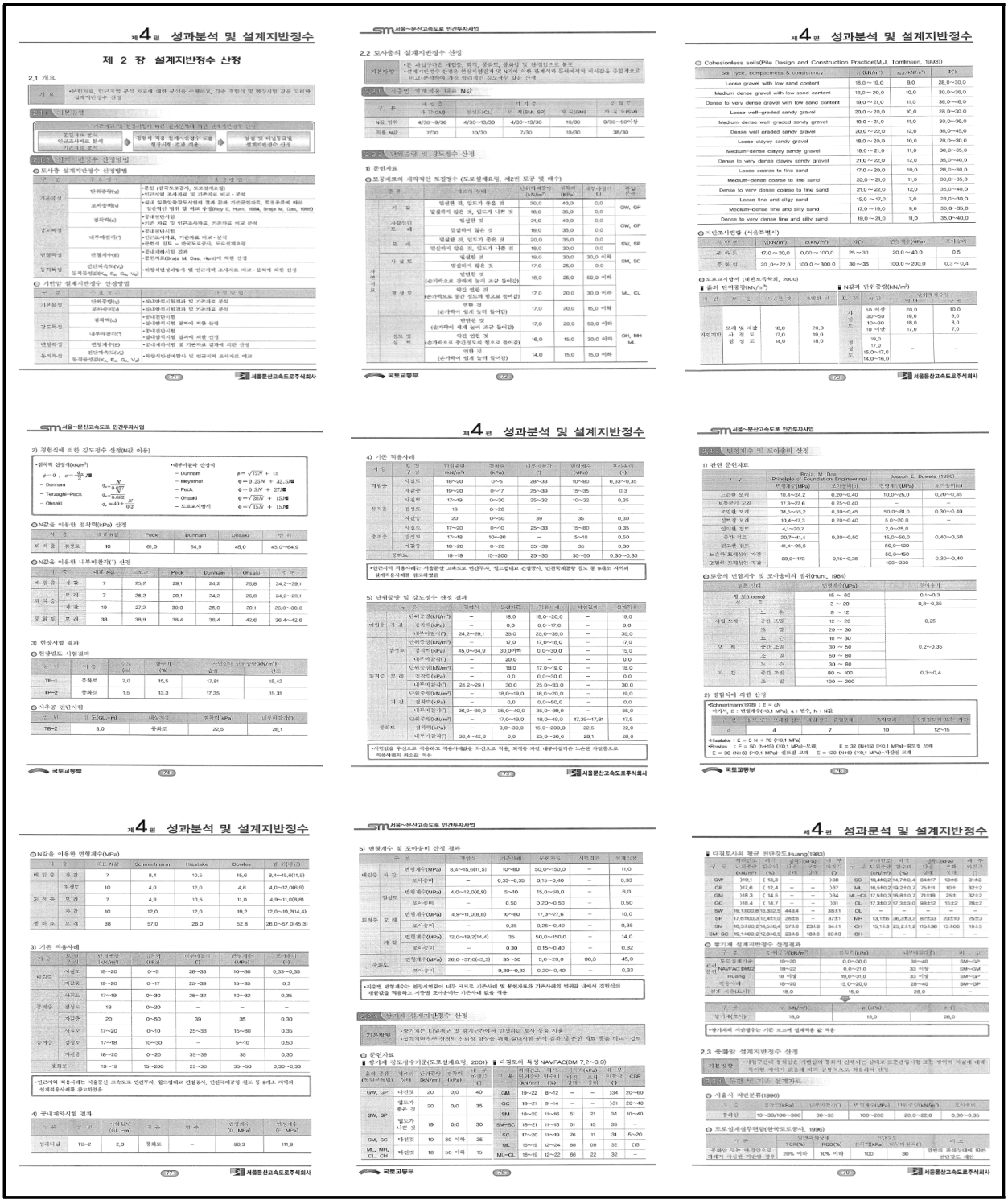
【그림 4.1.9】 교각 구조도

4.2 자료수집 및 분석

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

4.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(ν)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	〉39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	–	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 규격 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γt (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 Es (MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

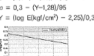
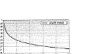
구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	Ⅰ등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	Ⅱ등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	Ⅲ등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	Ⅳ등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	Ⅴ등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

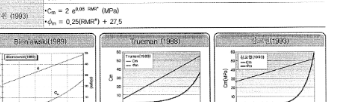
○ 제안자별 경험식

▮ 단위중량 및 포아송비

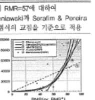
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	$\gamma_t\ (kN/m^3) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] \times 10$ $\nu = 0.3 - (Y-1.28)/95$ 여기서, $Y = (\log E(kgf/cm^2) - 2.25)/0.35$ 	$\nu = -0.17\ Ln(RMR')+0.9$ 

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR-100(GPa)$; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}(GPa)$; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}(GPa)$ – RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.562\ RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	Ⅰ등급	81	26.3	–	0.21	0.15
	Ⅱ등급	64	25.5	–	0.22	0.19
	Ⅲ등급	53	24.8	–	0.23	0.22
	Ⅳ등급	36	23.8	–	0.24	0.29
	Ⅴ등급	10	22.1	–	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	Ⅰ등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	Ⅱ등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	Ⅲ등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	Ⅳ등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	Ⅴ등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Serafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	Ⅰ등급	81	65,000	93,300	55,300
	Ⅱ등급	64	28,000	28,300	24,000
	Ⅲ등급	53	11,800	13,100	12,300
	Ⅳ등급	36	4,400	3,900	3,100
	Ⅴ등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.-m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연암	화강암질 편마암	Ⅳ	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연암	화강암질 편마암	Ⅳ	598.9	908.3

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	Ⅳ	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	Ⅲ	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	Ⅲ	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	Ⅲ	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	Ⅲ	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	Ⅲ	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	Ⅳ	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	Ⅲ	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	Ⅰ등급	27	26.3	–	27.0	0.21	0.15~0.21	–	0.21
	Ⅱ등급	26	25.5	–	26.0	0.22	0.19~0.22	–	0.22
	Ⅲ등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	Ⅳ등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	Ⅴ등급	23	22.1	–	23.0	0.26	0.27~0.49	–	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	Ⅰ등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	Ⅱ등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	Ⅲ등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	Ⅳ등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	Ⅴ등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	Ⅰ등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	Ⅱ등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	Ⅲ등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	Ⅳ등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	Ⅴ등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	반암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & J.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	발파 / 파쇄 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	–	–
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 악화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	–	–
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$

– 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$

– 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$

– 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, $\rho = \gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		–	–	144.4~224.1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162.5~249.4	200	–
	모래	–	–	144.4~224.1	170	–
	자갈	–	–	162.5~249.4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

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

◎ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-8} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

입반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

◎ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 불연속체 설계지반정수

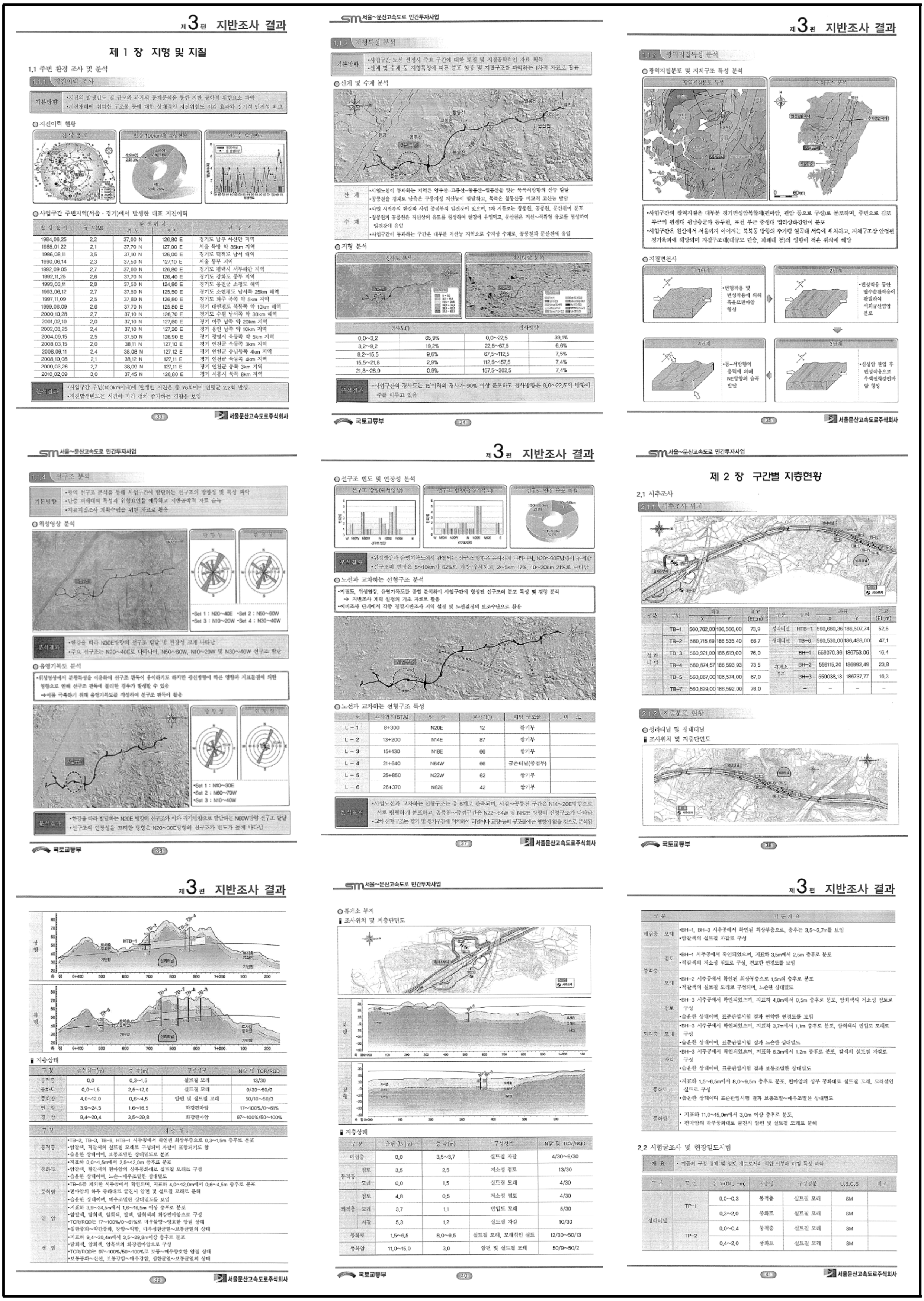
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	υ_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕릉산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB–1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB–1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB–2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB–6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB–3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH–1	559070.96	186753.06	16.4
	TB–4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH–2	559115.20	186992.49	23.8
	TB–5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH–3	559038.13	186737.77	16.3
	TB–7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB–2, TB–3, TB–6, HTB–1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB–5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

▮지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH–1, BH–3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH–1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH–2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP–1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP–2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

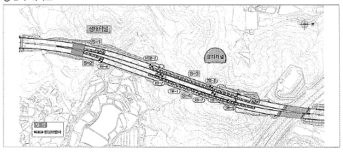
국토교통부 42

제3편 지반조사 결과

제 3 장 물리탐사

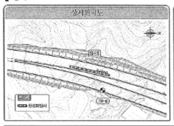
3.1 굴절법탄성파탐사

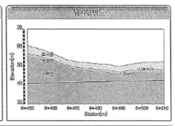
○ 탐사 위치도



○ 탐사 결과

▮ S-1





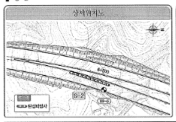
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

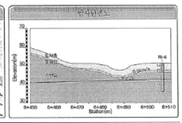
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

43 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

▮ S-2

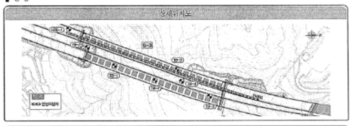


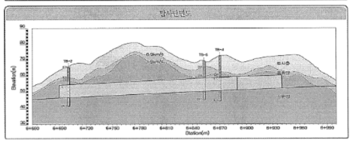


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3





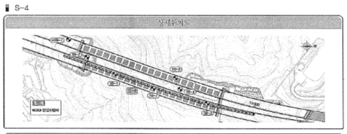
국토교통부 44

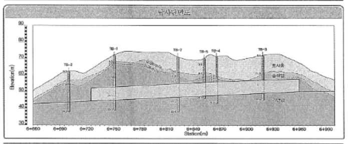
제3편 지반조사 결과

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4





구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

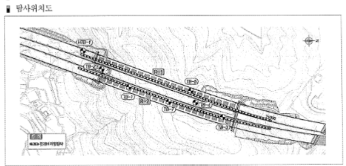
45 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

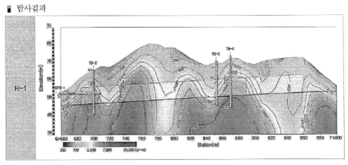
3.2 전기비저항탐사

○ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

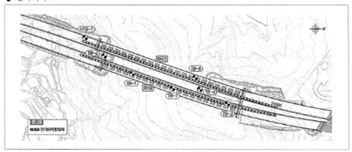
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

국토교통부 46

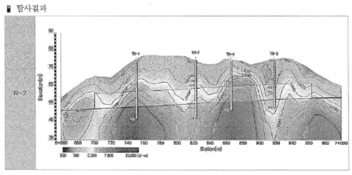
제3편 지반조사 결과

○ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

47 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수 풍화암	변형계수 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수 풍화암	탄성계수 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

국토교통부 48

제3편 지반조사 결과

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

49 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10⁻⁴	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10⁻⁴	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10⁻⁵	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10⁻⁴	15.5

○ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10⁻⁴ ~ 3.08×10⁻⁴cm/s	4.53×10⁻⁵cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계반을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10⁻⁶	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10⁻⁶	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10⁻⁶	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10⁻⁶	0.14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06X10⁻⁶~4.76X10⁻⁶	1.28X10⁻⁶~2.49X10⁻⁶	0.11~0.14	0.04~0.08

국토교통부 50

4.3 불연속면특성 분석

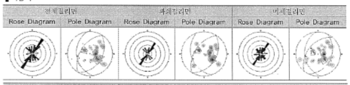
4.3.1 공내영상촬영

개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○시험결과

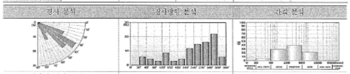
▮ TB-1

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



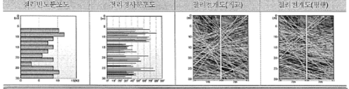
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•300~330°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

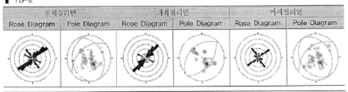
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

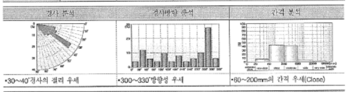
▮ TB-2

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



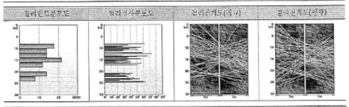
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•300~330°방향성 우세	•60~200mm의 간격 우세(Close)

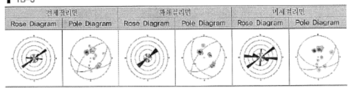
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

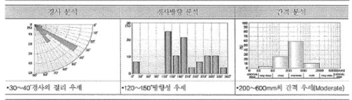
▮ TB-3

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



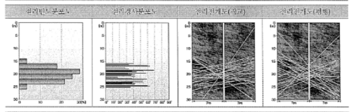
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•120~150°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

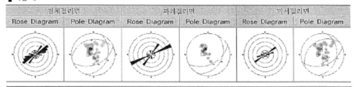
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

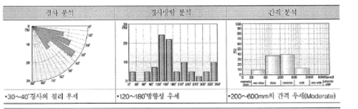
▮ TB-4

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



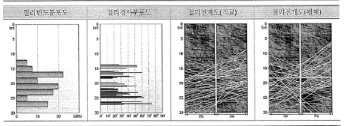
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•120~180°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa)		마찰각(°)		JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
			최대	잔류	최대	잔류				
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○시험결과

▮TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

▮TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	지표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

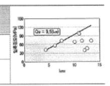
개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{s50}값을 산정

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{s(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3



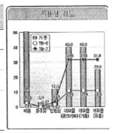
•관입구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○시험결과 및 적용성 검토

시험항목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

사용성 검토



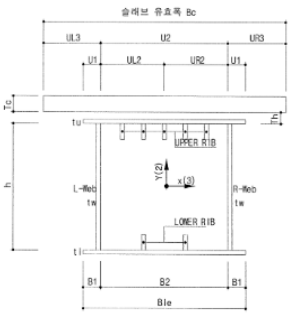
•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

4.6 단 면 검 토(정모멘트)

[G2 : SPLICE - 1] : 절점 54 로 부터 이격거리 1.875 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: HSB500	
Bc =	6,205.7 mm
UL3 =	2,500.7 mm
UR3 =	1,305.0 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 =	240.0 mm
Th =	50.0 mm
h =	2,000.0 mm
Θ_L =	0.000 °
Θ_R =	0.000 °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_2 : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
Φ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	6,229.738
M_{sw} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,239.053
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	335.636
M_u : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	5,770.139
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-223.732
V_{sw} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-73.318
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	-5.094
V_u : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-510.976
M_{sl} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	42.126
M_{sl1} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	312.503
M_{wl} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	217.112
M_{ul} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	653.543

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

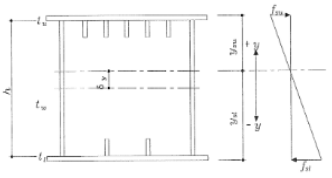
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{s0}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,005.0	2.653E+07	2.666E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 140.0 × 14.0	9,800.0	930.0	9.114E+06	8.476E+09	1.601E+07
L - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	8.000E+09
R - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	8.000E+09
LOWER RIB	2 - 140.0 × 14.0	3,920.0	-930.0	-3.646E+06	3.390E+09	6.403E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	-1,005.0	-2.653E+07	2.666E+10	2.200E+05
강재 단면 합계		114,520.0	-	5.468E+06	6.520E+10	1.602E+10
RC. SLAB	1 - 6,205.7 × 240.0	1,489,375.2	1,170.0	1.743E+09	2.039E+12	7.149E+09
SLAB 단면 합계		1,489,375.2	-	1.743E+09	2.039E+12	7.149E+09

※ A_s = 114,520.0 mm² A_{c1} = 1,489,375.2 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

- 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 5,468,400.0 / 114,520.0 = 47.751 mm

- 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,000.0 / 2 + 10.0 - 47.751 = 962.249 mm

$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \}$ = -{ 2,000.0 / 2 + 10.0 + 47.751 } = -1,057.751 mm

- 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{s0} + \sum A_s)^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 16,022,849,333.3 + 65,195,748,000.0 - 114,520.0 × 47.751² = 8.096E+10 mm⁴

- 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s$ = 6,229.738×962.2/80,957,477,890.8 = 74.046 MPa

$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s$ = 6,229.738×-1,057.8/80,957,477,890.8 = -81.395 MPa

- 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = = 4,848E+06 mm²

$\upsilon = V_s / A_w + M_{sl} / (2 \cdot F \cdot t_w)$

= 223.732 / 48,000.0 + 42.126 / (2 × 4,848,120.0 × 12.0) = 5.023 MPa

구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	76.413	299.000	26	O.K	-49.324	230.000	21	O.K
단면 2	79.306	136.400	58	O.K	-171.569	230.000	75	O.K
단면 3	73.656	136.400	54	O.K	-173.085	230.000	75	O.K
단면 4	48.705	136.400	36	O.K	-121.207	230.000	53	O.K
단면 5	57.823	299.000	19	O.K	-69.655	230.000	30	O.K
단면 6	-84.805	230.000	37	O.K	146.096	196.727	74	O.K
단면 7	-130.337	230.000	57	O.K	167.999	263.171	64	O.K
단면 8	-185.112	230.000	80	O.K	187.602	228.844	82	O.K
단면 9	-193.713	230.000	84	O.K	193.897	230.000	84	O.K
단면 10	-57.030	264.500	22	O.K	113.977	225.203	51	O.K
단면 11	61.251	299.000	20	O.K	-62.471	230.000	27	O.K
단면 12	66.243	171.067	39	O.K	-135.116	230.000	59	O.K
단면 13	91.181	171.067	53	O.K	-177.706	230.000	77	O.K
단면 14	99.613	171.067	58	O.K	-194.016	230.000	84	O.K
단면 15	78.529	299.000	26	O.K	-88.851	230.000	39	O.K
단면 16	-44.938	230.000	20	O.K	93.687	263.171	36	O.K
단면 17	-107.835	230.000	47	O.K	148.960	263.171	57	O.K
단면 18	-134.835	230.000	59	O.K	139.076	230.000	60	O.K
단면 19	-182.445	230.000	79	O.K	181.312	230.000	79	O.K
단면 20	-188.028	230.000	82	O.K	190.955	230.000	83	O.K
SP 1	72.609	136.400	53	O.K	-152.359	230.000	66	O.K
SP 2	59.616	136.400	44	O.K	-154.608	230.000	67	O.K
SP 3	-49.849	230.000	22	O.K	108.873	196.727	55	O.K
SP 4	-123.525	230.000	54	O.K	160.605	263.171	61	O.K
SP 5	-158.776	230.000	69	O.K	161.896	230.000	70	O.K
SP 6	-156.511	230.000	68	O.K	160.538	230.000	70	O.K
SP 7	-89.805	230.000	39	O.K	137.503	263.171	52	O.K
SP 8	66.855	299.000	22	O.K	-69.421	230.000	30	O.K
SP 9	93.160	171.067	54	O.K	-180.683	230.000	79	O.K
SP 10	80.201	171.067	47	O.K	-169.764	230.000	74	O.K
SP 11	39.504	299.000	13	O.K	-41.023	230.000	18	O.K
SP 12	-115.691	230.000	50	O.K	122.114	230.000	53	O.K
SP 13	-159.271	230.000	69	O.K	163.377	230.000	71	O.K
SP 14	-159.210	230.000	69	O.K	163.331	230.000	71	O.K
SP 15	-115.552	230.000	50	O.K	122.046	230.000	53	O.K
SP 16	39.579	299.000	13	O.K	-41.272	230.000	18	O.K
SP 17	79.990	171.067	47	O.K	-170.047	230.000	74	O.K
SP 18	92.905	171.067	54	O.K	-180.698	230.000	79	O.K
SP 19	66.585	299.000	22	O.K	-69.050	230.000	30	O.K
SP 20	-90.574	230.000	39	O.K	138.080	263.171	52	O.K
SP 21	-157.166	230.000	68	O.K	161.022	230.000	70	O.K
SP 22	-159.276	230.000	69	O.K	162.460	230.000	71	O.K
SP 23	-123.723	230.000	54	O.K	162.041	263.171	62	O.K
SP 24	-49.159	230.000	21	O.K	110.179	196.727	56	O.K
SP 25	60.293	136.400	44	O.K	-156.221	230.000	68	O.K
SP 26	73.543	136.400	54	O.K	-154.234	230.000	67	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	51.877	135.000	38	O.K	0.213	18	0.194	16	O.K
단면 2	20.428	135.000	15	O.K	0.361	30	0.579	48	O.K
단면 3	21.135	135.000	16	O.K	0.316	26	0.591	49	O.K
단면 4	33.223	135.000	25	O.K	0.188	16	0.338	28	O.K
단면 5	44.008	135.000	33	O.K	0.144	12	0.198	16	O.K
단면 6	51.913	135.000	38	O.K	0.284	24	0.699	58	O.K
단면 7	56.486	135.000	42	O.K	0.496	41	0.583	49	O.K
단면 8	51.296	135.000	38	O.K	0.792	66	0.816	68	O.K
단면 9	57.238	135.000	42	O.K	0.889	74	0.890	74	O.K
단면 10	60.434	135.000	45	O.K	0.247	21	0.457	38	O.K
단면 11	53.364	135.000	40	O.K	0.198	17	0.230	19	O.K
단면 12	43.385	135.000	32	O.K	0.253	21	0.448	37	O.K
단면 13	31.467	135.000	23	O.K	0.338	28	0.651	54	O.K
단면 14	18.496	135.000	14	O.K	0.358	30	0.730	61	O.K
단면 15	51.855	135.000	38	O.K	0.217	18	0.297	25	O.K
단면 16	61.518	135.000	46	O.K	0.246	20	0.334	28	O.K
단면 17	67.965	135.000	50	O.K	0.473	39	0.574	48	O.K
단면 18	71.259	135.000	53	O.K	0.622	52	0.644	54	O.K
단면 19	62.651	135.000	46	O.K	0.845	70	0.837	70	O.K
단면 20	63.239	135.000	47	O.K	0.888	74	0.909	76	O.K
SP 1	25.020	135.000	19	O.K	0.318	26	0.473	39	O.K
SP 2	25.540	135.000	19	O.K	0.227	19	0.488	41	O.K
SP 3	45.024	135.000	33	O.K	0.158	13	0.418	35	O.K
SP 4	53.363	135.000	40	O.K	0.445	37	0.529	44	O.K
SP 5	50.731	135.000	38	O.K	0.618	51	0.637	53	O.K
SP 6	55.700	135.000	41	O.K	0.633	53	0.657	55	O.K
SP 7	61.884	135.000	46	O.K	0.363	30	0.483	40	O.K
SP 8	48.487	135.000	36	O.K	0.179	15	0.220	18	O.K
SP 9	25.650	135.000	19	O.K	0.333	28	0.653	54	O.K
SP 10	32.110	135.000	24	O.K	0.276	23	0.601	50	O.K
SP 11	55.495	135.000	41	O.K	0.186	16	0.201	17	O.K
SP 12	69.223	135.000	51	O.K	0.516	43	0.545	45	O.K
SP 13	61.698	135.000	46	O.K	0.688	57	0.713	59	O.K
SP 14	61.738	135.000	46	O.K	0.688	57	0.713	59	O.K
SP 15	69.227	135.000	51	O.K	0.515	43	0.545	45	O.K
SP 16	55.507	135.000	41	O.K	0.187	16	0.201	17	O.K
SP 17	32.127	135.000	24	O.K	0.275	23	0.603	50	O.K
SP 18	25.751	135.000	19	O.K	0.331	28	0.654	54	O.K
SP 19	48.649	135.000	36	O.K	0.179	15	0.220	18	O.K
SP 20	61.975	135.000	46	O.K	0.366	30	0.486	41	O.K
SP 21	55.706	135.000	41	O.K	0.637	53	0.660	55	O.K
SP 22	51.476	135.000	38	O.K	0.625	52	0.644	54	O.K
SP 23	54.263	135.000	40	O.K	0.451	38	0.541	45	O.K
SP 24	45.827	135.000	34	O.K	0.161	13	0.429	36	O.K
SP 25	25.816	135.000	19	O.K	0.232	19	0.498	41	O.K
SP 26	25.201	135.000	19	O.K	0.326	27	0.485	40	O.K

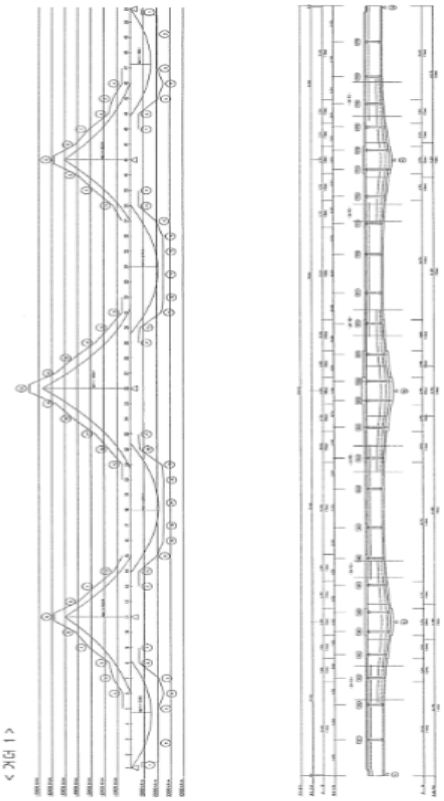
< Girder - 2 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	78.379	299.000	26	O.K	-53.213	230.000	23	O.K
단면 2	80.747	136.400	59	O.K	-182.973	230.000	80	O.K
단면 3	74.003	136.400	54	O.K	-181.183	230.000	79	O.K
단면 4	49.971	136.400	37	O.K	-129.122	230.000	56	O.K
단면 5	60.024	299.000	20	O.K	-73.738	230.000	32	O.K
단면 6	-84.122	230.000	37	O.K	148.898	196.727	76	O.K
단면 7	-135.284	230.000	59	O.K	173.942	263.171	66	O.K
단면 8	-198.374	230.000	86	O.K	196.754	228.844	86	O.K
단면 9	-216.804	230.000	94	O.K	208.626	230.000	91	O.K
단면 10	-56.710	264.500	21	O.K	117.939	225.203	52	O.K
단면 11	63.877	299.000	21	O.K	-65.918	230.000	29	O.K
단면 12	67.078	171.067	39	O.K	-141.664	230.000	62	O.K
단면 13	92.362	171.067	54	O.K	-185.436	230.000	81	O.K
단면 14	99.978	171.067	58	O.K	-201.996	230.000	88	O.K
단면 15	81.608	299.000	27	O.K	-94.091	230.000	41	O.K
단면 16	-42.427	230.000	18	O.K	95.727	263.171	36	O.K
단면 17	-109.462	230.000	48	O.K	153.925	263.171	58	O.K
단면 18	-141.971	230.000	62	O.K	145.107	230.000	63	O.K
단면 19	-197.480	230.000	86	O.K	192.411	230.000	84	O.K
단면 20	-210.985	230.000	92	O.K	207.817	230.000	90	O.K
단면 21	92.066	171.067	54	O.K	-185.398	230.000	81	O.K
단면 22	66.747	171.067	39	O.K	-141.377	230.000	61	O.K
단면 23	63.765	299.000	21	O.K	-65.756	230.000	29	O.K
단면 24	-56.827	264.500	21	O.K	117.975	225.203	52	O.K
단면 25	-121.131	230.000	53	O.K	166.457	263.171	63	O.K
단면 26	-193.506	230.000	84	O.K	223.293	263.171	85	O.K
단면 27	-201.051	230.000	87	O.K	199.172	228.844	87	O.K
단면 28	-136.895	230.000	60	O.K	176.376	263.171	67	O.K
단면 29	-84.265	230.000	37	O.K	150.644	196.727	77	O.K
단면 30	60.797	299.000	20	O.K	-74.533	230.000	32	O.K
단면 31	75.147	136.400	55	O.K	-184.210	230.000	80	O.K
SP 1	74.046	136.400	54	O.K	-162.849	230.000	71	O.K
SP 2	60.790	136.400	45	O.K	-164.167	230.000	71	O.K
SP 3	-53.041	264.500	20	O.K	110.677	196.727	56	O.K
SP 4	-127.947	230.000	56	O.K	167.540	263.171	64	O.K
SP 5	-173.840	230.000	76	O.K	172.086	230.000	75	O.K
SP 6	-171.625	230.000	75	O.K	170.627	230.000	74	O.K
SP 7	-93.099	230.000	40	O.K	143.680	263.171	55	O.K
SP 8	69.645	299.000	23	O.K	-73.333	230.000	32	O.K
SP 9	94.124	171.067	55	O.K	-188.618	230.000	82	O.K
SP 10	81.181	171.067	47	O.K	-177.822	230.000	77	O.K
SP 11	41.935	299.000	14	O.K	-44.319	230.000	19	O.K
SP 12	-120.590	230.000	52	O.K	126.726	230.000	55	O.K
SP 13	-175.402	230.000	76	O.K	175.409	230.000	76	O.K
SP 14	-175.408	230.000	76	O.K	175.424	230.000	76	O.K
SP 15	-120.462	230.000	52	O.K	126.666	230.000	55	O.K
SP 16	42.017	299.000	14	O.K	-44.598	230.000	19	O.K
SP 17	80.962	171.067	47	O.K	-178.114	230.000	77	O.K
SP 18	93.780	171.067	55	O.K	-188.502	230.000	82	O.K
SP 19	69.495	299.000	23	O.K	-73.113	230.000	32	O.K
SP 20	-93.262	230.000	41	O.K	143.814	263.171	55	O.K
SP 21	-172.041	230.000	75	O.K	170.872	230.000	74	O.K
SP 22	-175.320	230.000	76	O.K	173.363	230.000	75	O.K
SP 23	-129.443	230.000	56	O.K	169.925	263.171	65	O.K
SP 24	-52.788	264.500	20	O.K	112.148	196.727	57	O.K
SP 25	61.698	136.400	45	O.K	-166.555	230.000	72	O.K
SP 26	75.076	136.400	55	O.K	-165.649	230.000	72	O.K

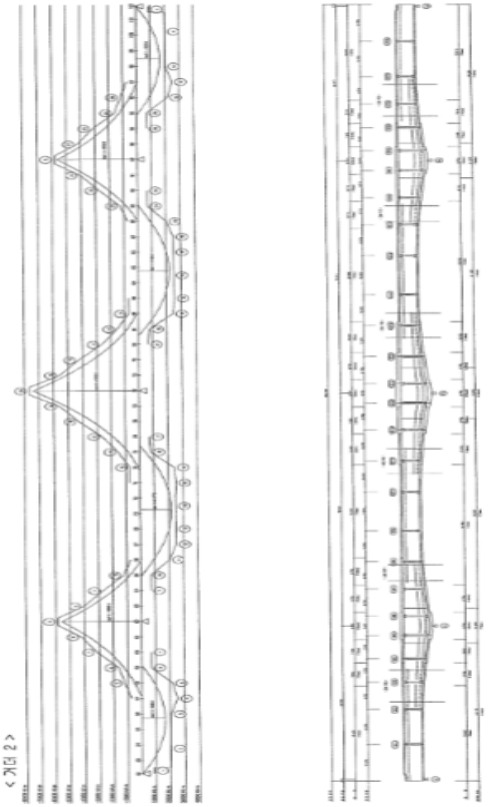
구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상면	비율	하면	비율	판정
단면 1	55.264	135.000	41	O.K	0.236	20	0.221	18	O.K
단면 2	18.837	135.000	14	O.K	0.370	31	0.652	54	O.K
단면 3	20.223	135.000	15	O.K	0.317	26	0.643	54	O.K
단면 4	32.341	135.000	24	O.K	0.192	16	0.373	31	O.K
단면 5	43.593	135.000	32	O.K	0.145	12	0.207	17	O.K
단면 6	52.749	135.000	39	O.K	0.286	24	0.726	60	O.K
단면 7	59.953	135.000	44	O.K	0.543	45	0.634	53	O.K
단면 8	57.043	135.000	42	O.K	0.922	77	0.918	76	O.K
단면 9	64.839	135.000	48	O.K	1.119	93	1.053	88	O.K
단면 10	62.119	135.000	46	O.K	0.258	21	0.486	40	O.K
단면 11	53.769	135.000	40	O.K	0.204	17	0.241	20	O.K
단면 12	42.948	135.000	32	O.K	0.255	21	0.481	40	O.K
단면 13	30.423	135.000	23	O.K	0.342	29	0.701	58	O.K
단면 14	16.429	135.000	12	O.K	0.356	30	0.796	66	O.K
단면 15	51.583	135.000	38	O.K	0.220	18	0.313	26	O.K
단면 16	62.304	135.000	46	O.K	0.247	21	0.345	29	O.K
단면 17	70.423	135.000	52	O.K	0.499	42	0.614	51	O.K
단면 18	76.666	135.000	57	O.K	0.704	59	0.721	60	O.K
단면 19	70.420	135.000	52	O.K	1.009	84	0.972	81	O.K
단면 20	70.813	135.000	52	O.K	1.117	93	1.092	91	O.K
단면 21	30.678	135.000	23	O.K	0.341	28	0.701	58	O.K
단면 22	43.108	135.000	32	O.K	0.254	21	0.480	40	O.K
단면 23	53.905	135.000	40	O.K	0.205	17	0.241	20	O.K
단면 24	62.395	135.000	46	O.K	0.260	22	0.488	41	O.K
단면 25	69.174	135.000	51	O.K	0.540	45	0.663	55	O.K
단면 26	64.133	135.000	48	O.K	0.934	78	0.946	79	O.K
단면 27	57.787	135.000	43	O.K	0.947	79	0.941	78	O.K
단면 28	60.377	135.000	45	O.K	0.554	46	0.649	54	O.K
단면 29	53.325	135.000	40	O.K	0.290	24	0.742	62	O.K
단면 30	43.809	135.000	32	O.K	0.147	12	0.210	18	O.K
단면 31	20.674	135.000	15	O.K	0.327	27	0.665	55	O.K
SP 1	25.428	135.000	19	O.K	0.330	28	0.537	45	O.K
SP 2	26.313	135.000	19	O.K	0.237	20	0.547	46	O.K
SP 3	46.404	135.000	34	O.K	0.158	13	0.435	36	O.K
SP 4	57.065	135.000	42	O.K	0.488	41	0.584	49	O.K
SP 5	56.491	135.000	42	O.K	0.746	62	0.735	61	O.K
SP 6	62.117	135.000	46	O.K	0.769	64	0.762	64	O.K
SP 7	65.041	135.000	48	O.K	0.396	33	0.530	44	O.K
SP 8	50.421	135.000	37	O.K	0.194	16	0.241	20	O.K
SP 9	26.781	135.000	20	O.K	0.342	29	0.712	59	O.K
SP 10	32.879	135.000	24	O.K	0.285	24	0.657	55	O.K
SP 11	57.007	135.000	42	O.K	0.198	16	0.215	18	O.K
SP 12	72.930	135.000	54	O.K	0.567	47	0.595	50	O.K
SP 13	68.738	135.000	51	O.K	0.841	70	0.841	70	O.K
SP 14	68.801	135.000	51	O.K	0.841	70	0.841	70	O.K
SP 15	72.893	135.000	54	O.K	0.566	47	0.595	50	O.K
SP 16	56.936	135.000	42	O.K	0.198	16	0.215	18	O.K
SP 17	32.791	135.000	24	O.K	0.283	24	0.659	55	O.K
SP 18	26.966	135.000	20	O.K	0.340	28	0.712	59	O.K
SP 19	50.574	135.000	37	O.K	0.194	16	0.241	20	O.K
SP 20	65.329	135.000	48	O.K	0.399	33	0.533	44	O.K
SP 21	62.734	135.000	46	O.K	0.775	65	0.768	64	O.K
SP 22	57.277	135.000	42	O.K	0.761	63	0.748	62	O.K
SP 23	57.464	135.000	43	O.K	0.498	41	0.598	50	O.K
SP 24	46.611	135.000	35	O.K	0.159	13	0.444	37	O.K
SP 25	26.665	135.000	20	O.K	0.244	20	0.563	47	O.K
SP 26	25.252	135.000	19	O.K	0.338	28	0.554	46	O.K

4.9 단면 요약도

< 거더 1 >



< 거더 2 >



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 12.310 M
- (5) 교 대 총높이 : H = 7.000 M
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 193.518 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 117.948 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

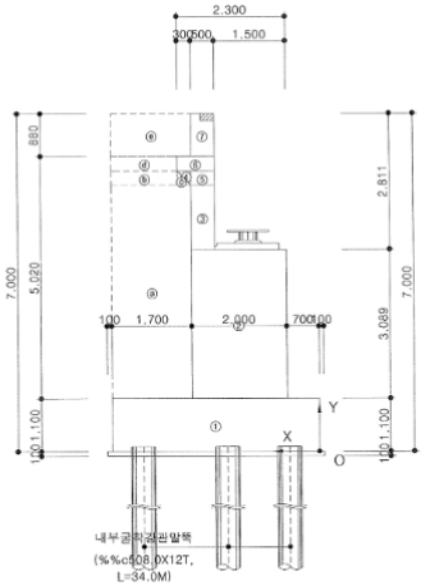
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 7.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.247 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : Ⅰ등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : Ⅰ구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

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

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
고정하중	937.733	1444.471	2382.204
활하중	831.326	620.610	1451.936

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
교축방향	203.800	211.800	415.600
직각방향	198.800	199.700	398.500

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1632.677	740.661	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1069.555	-	O.K
	휨응력(MPa)	126	89.381	O.K
	전단응력(MPa)	72	12.192	O.K
	수평변위(mm)	15	10.746	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2449.016	752.006	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1604.332	-	O.K
	휨응력(MPa)	189	93.879	O.K
	전단응력(MPa)	108	15.327	O.K
	수평변위(mm)	15	7.612	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	96.654	1940.4	23.397	463.002	19.789	O.K
후면저판		1100	100	1035.9	1940.4	262.141	487.742	1.861	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	803.288	1588.8	387.983	765.041	1.972	O.K
흉벽		500	100	1852.04	1940.4	182.476	190.861	1.046	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1153.58	2026.8	156.353	271.388	1.736	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	2818.79	4053.6	373.25	527.371	1.413	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1129.73	2292	153.171	305.759	1.996	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	2410.75	3096.8	321.063	408.448	1.272	O.K
우측날개벽	A(T=450 mm)	450	80	1877.94	2026.8	170.571	183.526	1.076	O.K
	B(T=450 mm)	450	80	1609.99	2026.8	147.043	183.526	1.248	O.K
	C(T=450 mm)	450	80	1568.12	2026.8	143.341	183.526	1.28	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		8.193	150	125	7689.158	O.K
후면저판		83.22	150	125	720.04	O.K
벽체 : H=5.900		72.393	150	125	857.811	O.K
흉벽		123.69	150	125	410.42	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	85.245	150	250	739.045	O.K
	A(T=620 mm)	103.487	150	125	582.214	O.K
	B(T=620 mm)	74.332	150	125	847.552	O.K
	C(T=620 mm)	117.136	150	125	499.798	O.K
우측날개벽	A(T=450 mm)	137.851	150	250	402.519	O.K
	B(T=450 mm)	120.811	150	250	483.096	O.K
	C(T=450 mm)	118.78	150	250	494.238	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1203.266	825.41	O.K
	허용인발력(kN/EA)	371.23	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	100.526	O.K
	전단응력(MPa)	76	13.358	O.K
	수평변위(mm)	15	11.774	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1804.899	856.927	O.K
	허용인발력(kN/EA)	556.845	-5.776	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	104.004	O.K
	전단응력(MPa)	114	16.801	O.K
	수평변위(mm)	15	8.345	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	92.031	1940.4	22.279	463.002	20.782	O.K
후면저판		1100	100	1051.07	1940.4	265.95	487.742	1.834	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	793.992	1588.8	383.507	765.041	1.995	O.K
흉벽		500	100	1908.55	1940.4	187.842	190.861	1.016	O.K
좌측날개벽	A(T=450 mm)	450	60	1685.13	2026.8	162.262	193.863	1.195	O.K
	B(T=450 mm)	450	60	1690.98	2026.8	162.808	193.863	1.191	O.K
	C(T=450 mm)	450	60	485.827	794.4	47.873	77.82	1.626	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1067.03	2026.8	144.796	271.388	1.874	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	2782.88	4053.6	368.682	527.371	1.43	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1030.81	2292	139.951	305.759	2.185	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	1889.91	3096.8	253.543	408.448	1.611	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		7.77	150	125	8107.951	O.K
후면저판		83.671	150	125	714.932	O.K
벽체 : H=5.900		72.393	150	125	857.811	O.K
흉벽		127.496	150	125	391.416	O.K
좌측날개벽	A(T=450 mm)	125.093	150	250	503.626	O.K
	B(T=450 mm)	127.928	150	250	492.466	O.K
	C(T=450 mm)	93.119	150	250	676.557	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	78.781	150	250	799.683	O.K
	A(T=620 mm)	102.038	150	125	603.024	O.K
	B(T=620 mm)	67.725	150	125	930.239	O.K
	C(T=620 mm)	92.425	150	125	679.543	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 9
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 26.619 ° ; 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.32 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
기둥: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

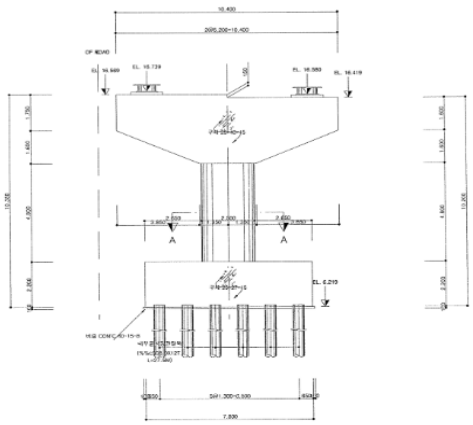
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

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

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1286.670	694.189	O.K
		허용인발력(kN/EA)	632.173	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	47.063	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.444	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.047	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1930.005	1010.180	O.K
		허용인발력(kN/EA)	948.260	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	100.868	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	7.377	O.K
		수평변위(mm)	15.000	9.799	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1286.670	1161.465	O.K
		허용인발력(kN/EA)	632.173	34.8556225	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	110.168	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	5.807	O.K
		수평변위(mm)	15.000	13.688	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1930.005	1061.765	O.K
		허용인발력(kN/EA)	948.260		O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	94.955	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	5.758	O.K
		수평변위(mm)	15.000	7.648	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3200.0	100.0	39542.900	51975.000	-	-	1.314	O.K
	우측내민보	3200.0	100.0	47444.755	51975.000	-	-	1.095	O.K
	좌측내민보수	3200.0	100.0	1606.449	9459.300	1691.585	9914.178	5.861	O.K
	우측내민보수	3200.0	100.0	1975.455	9459.300	2079.691	9914.178	4.767	O.K
	교량받침1	2352.6	100.0	290.530	51975.000	213.303	36480.280	171.029	O.K
	교량받침2	2202.6	100.0	288.213	51975.000	196.903	33829.572	171.808	O.K
기초	교축방향	2200.0	150.0	13065.723	25023.600	8819.843	16778.183	1.902	O.K
	교직-지점부	2200.0	150.0	28718.952	48693.400	19182.899	32081.523	1.672	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	평균간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	133.657	180.000	128.000	379.195	O.K
	우측내민보	176.157	180.000	128.000	237.044	O.K
	좌측내민보수평	59.704	180.000	213.333	1055.199	O.K
	우측내민보수평	73.403	180.000	213.333	858.280	O.K
	교량받침1	13.571	180.000	128.000	4642.254	O.K
	교량받침2	17.942	180.000	128.000	3511.339	O.K
기초	교축방향	148.262	180.000	123.810	176.154	O.K
	교직-지점부	162.334	180.000	127.451	141.361	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.010	25523.029	103229.135	4.045	O.K
	모멘트최대	0.010	16901.990	93954.522	5.559	O.K
	탄성설계	0.010	13521.592	60420.688	4.468	O.K
	편심최대	0.010	12845.513	78942.861	6.146	O.K
교축직각방향	축력최대	0.010	25523.029	103229.135	4.045	O.K
	모멘트최대	0.010	17578.070	19191.463	1.092	O.K
	탄성설계	0.010	13521.592	31185.381	2.306	O.K
	편심최대	0.010	12169.433	13816.219	1.135	O.K
합성부재력	축력최대	0.010	25523.029	103229.135	4.045	O.K
	모멘트최대	0.010	16901.990	18341.491	1.085	O.K
	탄성설계	0.010	13521.592	23524.835	1.740	O.K
	편심최대	0.010	12845.513	13343.724	1.039	O.K
	모멘트최대	0.010	17578.070	19178.334	1.091	O.K
	편심최대	0.010	12169.433	13805.766	1.134	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.010	26288.793	103229.135	3.927	O.K
	모멘트최대	0.010	17638.301	96064.552	5.446	O.K
	탄성설계	0.010	14110.641	63677.117	4.513	O.K
	편심최대	0.010	13405.109	81407.917	6.073	O.K
교축직각방향	축력최대	0.010	26288.793	103229.135	3.927	O.K
	모멘트최대	0.010	18343.833	20540.927	1.120	O.K
	탄성설계	0.010	14110.641	33412.448	2.368	O.K
	편심최대	0.010	12699.577	14750.853	1.162	O.K
합성부재력	축력최대	0.010	26288.793	103229.135	3.927	O.K
	모멘트최대	0.010	17638.301	19637.648	1.113	O.K
	탄성설계	0.010	14110.641	25192.996	1.785	O.K
	편심최대	0.010	13405.109	14237.902	1.062	O.K
	모멘트최대	0.010	18343.833	20526.840	1.119	O.K
	편심최대	0.010	12699.577	14739.483	1.161	O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : STEEL BOX 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 50.000 + 2@75.000 + 50.000 = 250.000 m

5.3 교 폭 :

5.4 교각형식 : T형교각

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 , 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

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

5.8 해석모델

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

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력 (UNIT:kN)

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용전단력	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	176.0	8.7	92.6	196.2	254.7	84.5	181.8	248.5	280	OK
	B2	0.8	176.0	9.5	119.3	196.8	264.7	85.7	215.1	249.6	280	OK
P1	B1	1.0	490.6	7.2	46.5	425.2	504.6	134.8	193.7	427.4	520	OK
	B2	1.0	632.7	9.4	63.0	559.4	651.5	177.2	252.8	562.3	720	OK
P2	B1	1.0	628.6	7.6	36.1	681.8	639.4	212.2	224.6	684.1	720	OK
	B2	1.0	769.2	9.9	47.2	855.1	783.3	266.4	278.0	858.1	900	OK
P3	B1	1.0	463.5	9.7	38.2	436.9	475.0	140.8	177.3	439.8	520	OK
	B2	1.0	595.6	11.1	47.2	574.8	609.7	183.5	225.8	578.1	720	OK
A2	B1	0.8	176.0	9.0	120.1	198.0	265.1	85.5	216.2	250.9	280	OK
	B2	0.8	176.0	9.0	155.2	197.5	278.2	85.3	260.0	250.2	280	OK

9.2 받침 변위 (UNIT:mm)

구 분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용변위	판정
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	60.1	0.5	0.6	16.8	60.3	5.6	18.6	16.9	120	OK
	B2	58.4	0.5	0.8	16.8	58.7	5.6	18.3	16.9	120	OK
P1	B1	58.5	0.1	0.5	44.0	58.6	13.3	18.0	44.0	90	OK
	B2	56.2	0.1	0.7	43.9	56.5	13.3	17.6	44.0	90	OK
P2	B1	55.6	0.1	0.5	64.5	55.7	19.5	17.1	64.6	90	OK
	B2	53.0	0.1	0.6	64.4	53.2	19.4	16.5	64.5	90	OK
P3	B1	52.5	0.2	0.5	46.6	52.6	14.2	16.2	46.7	90	OK
	B2	50.0	0.2	0.5	46.5	50.1	14.1	15.5	46.6	90	OK
A2	B1	60.2	0.5	0.7	17.4	60.5	5.8	18.8	17.6	120	OK
	B2	58.6	0.6	1.4	17.4	59.0	5.8	18.9	17.6	120	OK

9.3 교각 코핑부 변위 (UNIT:mm)

구 분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	3.4	0.0	0.1	3.7	3.4	1.1	1.1	3.7	
P2	11.7	0.1	0.1	12.6	11.8	3.9	3.7	12.6	
P3	14.8	0.1	0.1	16.3	14.8	5.0	4.5	16.3	

9.4 교각하단 단면력 (Unit : Kn.m)

부재	교축방향				교직방향			
	교축전단력	교축모멘트	교직전단력	교직모멘트	교축전단력	교축모멘트	교직전단력	교직모멘트
P1	1675.51	21.53	11731.08	114.51	48.72	1312.75	336.82	11754.04
P2	2060.10	23.11	20449.93	158.46	24.01	1811.15	246.28	20172.52
P3	1496.28	20.90	17915.18	169.60	11.25	1288.47	121.66	18298.56

9.5 교각하단 하중조합 (Unit : Kn.m)

부재	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교축모멘트	교직전단력	교직모멘트	교축전단력	교축모멘트	교직전단력	교직모멘트
P1	1,690	415	11,632	3,641	551	1,319	3,856	11,788
P2	2,067	566	20,524	6,210	642	1,818	6,381	20,220
P3	1,500	407	17,952	5,659	460	1,295	5,496	18,349

9.6 교각상단 단면력 (Unit : Kn.m)

구분	교축방향				교직방향			
	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트	교직전단력	교직전단력	교직모멘트	교직모멘트
P1	1540.70	43.22	3736.19	67.61	42.66	1194.40	103.45	6309.77
P2	1909.16	18.83	6536.87	81.25	23.38	1783.36	80.07	9683.11
P3	1407.96	19.86	5779.66	96.06	9.83	1153.09	40.36	8065.29

9.7 교각상단 하중조합 (Unit : Kn.m)

부재	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트	교축전단력	교축전단력	교축모멘트	교축모멘트
P1	1,553	402	3,767	1,960	505	1,207	1,224	6,329
P2	1,916	554	6,563	2,996	596	1,789	2,042	9,707
P3	1,411	366	5,792	2,516	432	1,159	1,774	8,094

4.2.2 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 4.2.1】 서문3교(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

4.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	ㅇ현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	ㅇ관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	ㅇ안전, 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	ㅇ점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	ㅇ일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	ㅇ현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 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	ㅇ중대결함 : 없음 ㅇ구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	ㅇ점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

4.2.5 시설물 보수 이력

【표 4.2.2】 서문3교(문산방향) 보수이력사항

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

4.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 4.2.3】 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.			

4.3 현장조사

4.3.1 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~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

작업전경

작업전경

작업전경

비파괴시험

【사진 4.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

4.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문3교(문산방향)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=250.0m 폭 12.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.

바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 4.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열, 박락이 조사되었다.

【표 4.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)	
S1	2.50	1	-	-	0.10	1
S2	-	-	22.00	3	-	-
S3	-	-	65.00	6	-	-
S4	-	-	9.00	1	-	-
합계	2.50	1	96.00	10	0.10	1

S1 균열(폭 0.2㎜/2.5m)	S1 박락(0.2m×0.5m)
S2 망상균열(4.0m×3.0m×2EA)	S3 망상균열(5.0m×2.0m×2EA)

【사진 4.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 박락의 경우 시공중 외부충격에 의한 박락이 조사되었고, 단면보수 등의 하자보수가 필요할 것으로 사료된다. 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box 거더는 2열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다

거더외부 전경	거더내부 전경

【사진 4.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

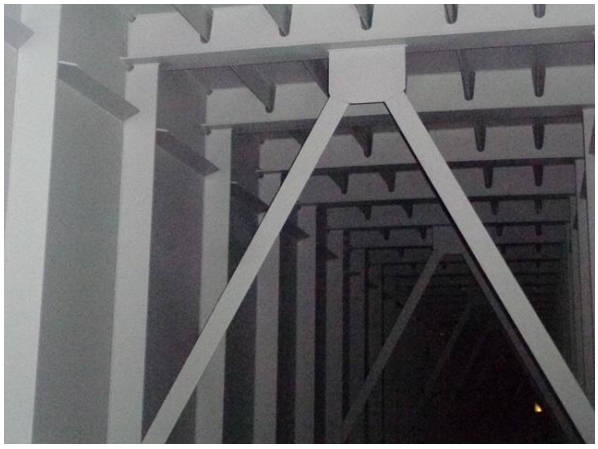
- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더 내, 외부의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

【표 4.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 4.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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

가로보 및 세로보 전경	세로보 전경

【사진 4.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
세로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

가로보 상태양호	가로보 및 세로보 상태양호

【사진 4.3.7】 가로보 및 세로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문3교(문산방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 4.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

A1 교대 상태양호	A1 교대 상태양호
A2 교대 상태양호	A2 교대 상태양호

【사진 4.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문3교(문산방향)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.

교각 전경	교각 전경

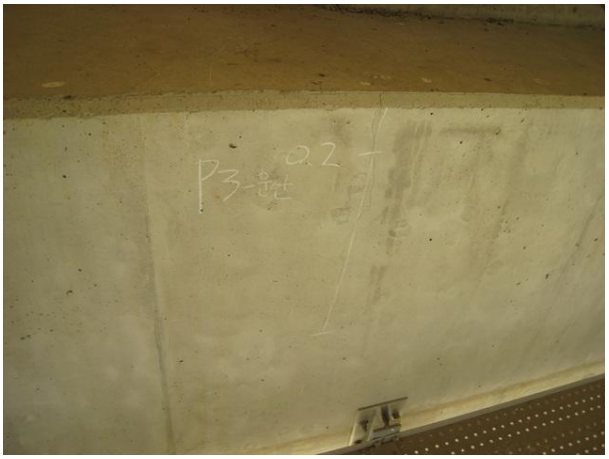
【사진 4.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.

【표 4.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P1	-	-
P2	2.00	4
P3	0.50	1
합계	2.50	5

	
P2 코핑부 균열(0.2㎜/0.5m×4EA)	P3 코핑부 균열(0.2㎜/0.5m)

【사진 4.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

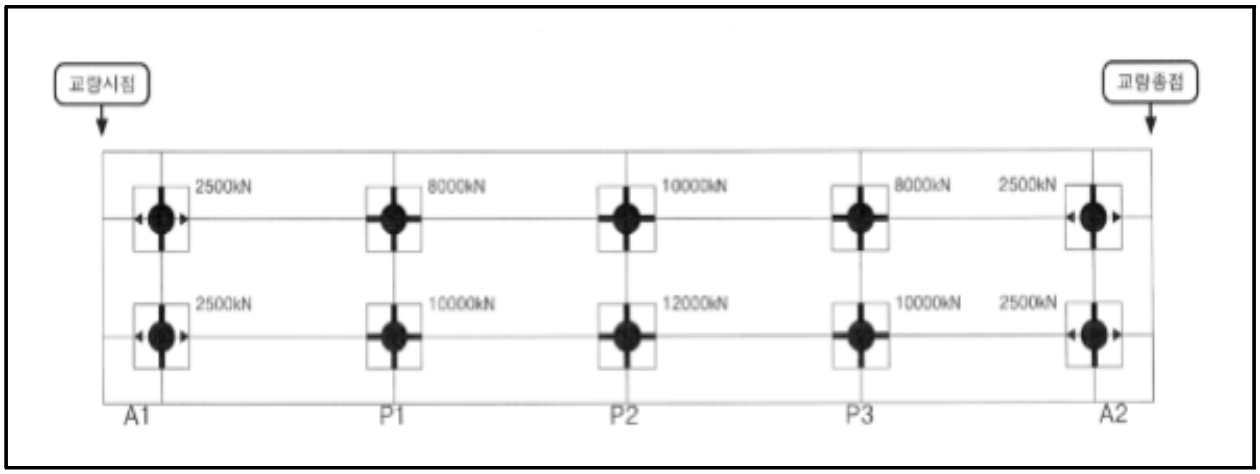
4) 검토의견

- 교각에 폭 0.3㎜미만의 균열이 조사되었고, 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문3교(문산방향)의 받침은 면진받침(EQS)으로 총 10기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 4.3.1】 교량받침 배치도

EQS 받침장치 전경	OMEQS 받침장치 전경	OMEQS 받침장치 전경

【사진 4.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
A2	-	-
합계	-	-

교량받침 상태양호	교량받침 상태양호
교량받침 상태양호	교량받침 상태양호

【사진 4.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

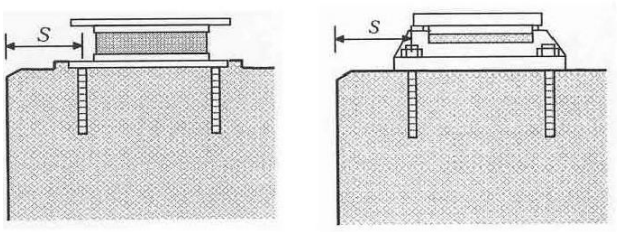
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 교량받침은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

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(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 4.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

받침장치 연단거리 측정

【사진 4.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×75.0 = 575(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 4.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450	605	605	O.K
P1	A1측	575	990	990	O.K
	A2측	575	990	990	O.K
P2	A1측	575	930	930	O.K
	A2측	575	930	930	O.K
P3	A1측	575	905	905	O.K
	A2측	575	905	905	O.K
A2		450	605	605	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.

교량 받침 가동량 측정(1)

교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 4.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 4.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	45.4	14.6	0.000012	125.0	68.1	21.9	
P1	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	
P2	고정단						
P3	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	
A2	45.4	14.6	0.000012	125.0	68.1	21.9	

1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 4.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	40	160	80	68.1	21.9	±120	O.K
	SH2	46	166	74			±120	O.K
P1	SH1	-20	70	110	40.9	13.1	±90	O.K
	SH2	-20	70	110			±90	O.K
P2	고정단							
P3	SH1	20	110	70	40.9	13.1	±90	O.K
	SH2	20	110	70			±90	O.K
A2	SH1	40	160	80	68.1	21.9	±120	O.K
	SH2	45	165	75			±120	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2는 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

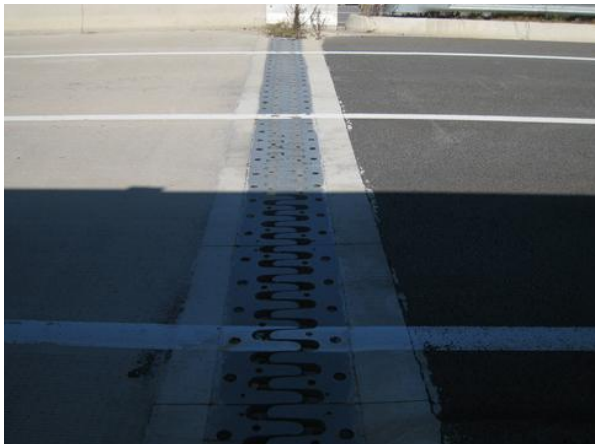
【사진 4.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1 (EXP J1)	-	-
A2 (EXP J2)	-	-
합계	-	-

A1 상태양호 - 금회	A1 상태양호 - 22년 상반기
	
A2 상태양호 - 금회	A2 상태양호 - 22년 상반기

【사진 4.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

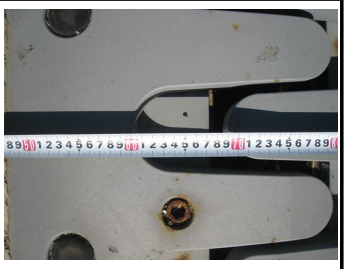
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 

 </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</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></td></tr>
</table>

【사진 4.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 4.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	125.0	45.8	44.3	90.0	100.0	110.0	
A2	30.5	29.5	0.000012	125.0	45.8	44.3	75.0	85.0	45.0	

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

【표 4.3.13】 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)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	45.8	44.3	90.0	150	14.3	45.8	O.K
	바닥판			100.0	-	-	55.8	O.K
	거더			110.0	-	-	65.8	O.K
A2	신축이음	45.8	44.3	75.0	150	29.3	30.8	O.K
	바닥판			85.0	-	-	40.8	O.K
	거더			45.0	-	-	0.8	O.K
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 평가 되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문3교(문산방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

교면포장 전경

【사진 4.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 21년 상반기 포장부 본선 전구간 보수가 실시된 상태로 확인되었고, 정기점검시 조사된 접속부 포장파손이 확인되었다.

【표 4.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

교면포장 상태양호 – 금회	교면포장 상태양호 - 22년 상반기

【사진 4.3.20】교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문3교(문산방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

배수구 전경	배수관 전경

【사진 4.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 4.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2		
S3		
S4	-	-
합계	-	-

배수구 상태 양호	배수구 상태 양호
배수관 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 4.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

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

방호벽 전경	중분대 전경

【사진 4.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 4.3.16】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

방호벽 상태양호	방호벽 상태양호
중분대 상태양호	중분대 상태양호

【사진 4.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문3교(문산방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~3에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

점검통로 전경

【사진 4.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 4.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
합계	-	-

점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 4.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

타. 공중이 이용하는 부위

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

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 "현장조사 결과 – 교면포장"에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 "현장조사 결과 – 신축이음장치"에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

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

4.3.3 현장조사 총괄표

【표 4.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	1	
		망상균열	㎡	96.00	10	
		박락	㎡	0.10	1	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		상태양호	-	-	-	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	5	
교량받침		상태양호	-	-	-	
신축이음		상태양호	-	-	-	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
난간 및 연석		상태양호	-	-	-	
점검시설		상태양호	-	-	-	

4.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4.4 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.

4.4.1 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 4.4.1】 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	5	5	5	5	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	1	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

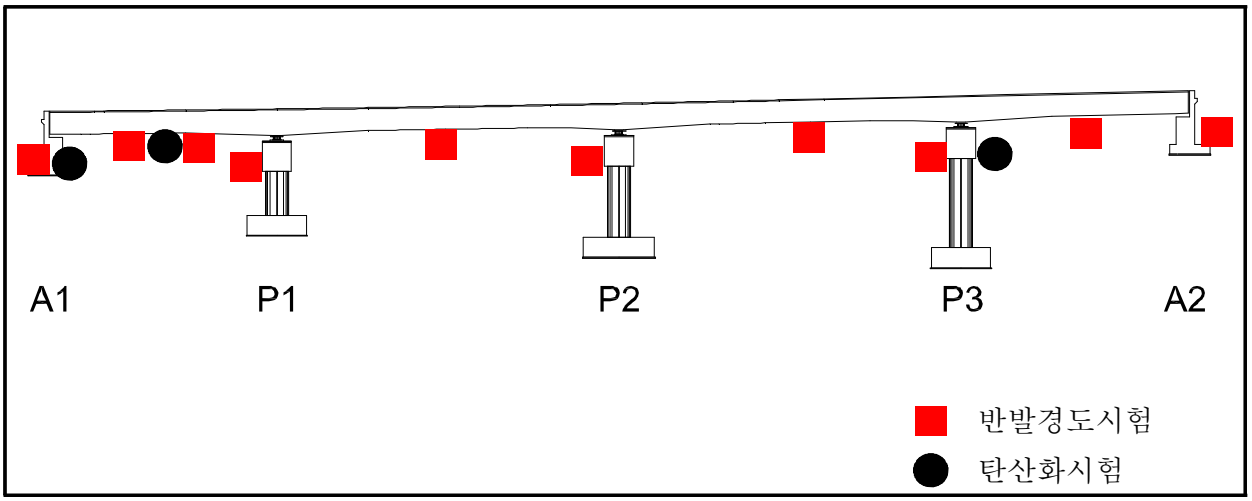
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

4.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상 · 하부구조에서 반발경도시험(총 10개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 4.4.2】 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	
	S1	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S2	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S3	바닥판	45.9	27.0	28.6			
	S4	바닥판	46.7	27.7	28.9			

【표 4.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	43.1	24.6	27.2	0.67	24.0	
	A2	교대	44.2	25.5	27.7			

【표 4.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	48.4	40.8	48.6	0.67	40.0	
	P2	교각	47.9	40.4	47.9			
	P3	교각	49.0	41.5	49.6			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.6~27.7㎫, 하부구조(교각) 40.4~49.6㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 4.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	100.0 ~ 106.3
하부구조	교대	24.6~27.7	24.0	102.5 ~ 115.4
	교각	40.4~49.6	40.0	101.0 ~ 124.0

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 4.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	P1 코핑부	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P3 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

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

【표 4.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.0	37.0	
하부구조	3.0~4.0	96.0~97.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 4.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.6~27.7	24.0	
		교각	40.4~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~97.0	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.

4.5 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.

4.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 문제점이 없는 최상의 상태인 'A등급'으로 산정되었다.

【표 4.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	a	a	a	a	a	a	a	a	q	a	-
S2	P1	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	a	q	-	a
S3	P2	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	b	q	-	-
S4	P3	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	b	q	-	a
	A2								a	a	a	q	-	-
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.140	-	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	0.009	0.009	0.028	-	0.004	0.003
													0.126	
													A	

■ 결함도 범위 : 0.100 ≤ 결함도지수(0.126) < 0.130

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 4.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문3교(문산방향)	0.126	A	120	6	720	1.000	0.126
합계(∑)			120	6	720	1	0.126
1. 평가지수 =							0.126
2. 상태평가결과 =							A

4.5.2 기 점검 결과와의 비교

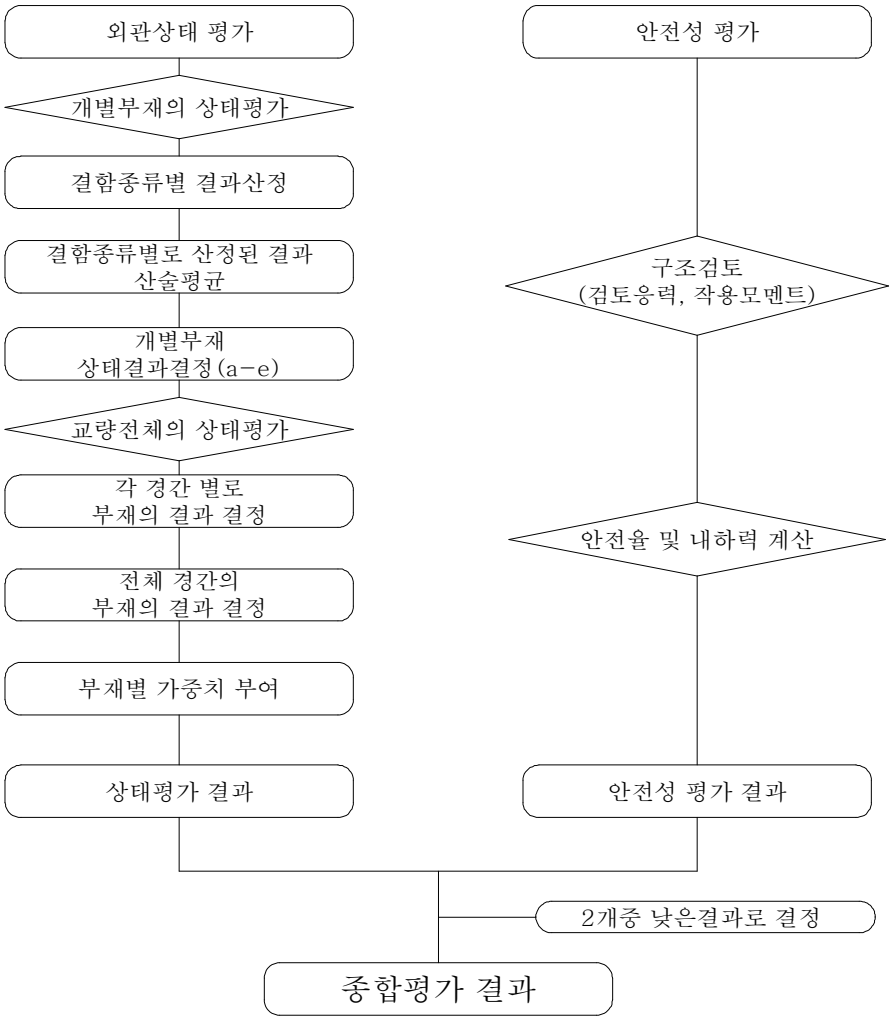
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4.6 종합평가 및 안전등급 지정

4.6.1 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 4.6.1】 종합평가 결과 산정절차

4.6.2 종합평가 결과

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

【표 4.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문3교(문산방향)	0.126	A	-	-	A
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태 “A” 로 평가됨 •종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

4.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 **“A등급”** 으로 지정하였다.

【표 4.6.2】 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 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

4.7 보수·보강 및 유지관리방안

4.7.1 보수·보강 방안

【표 4.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	1	표면처리	하자
		망상균열	㎡	96.00	10	표면처리	하자
		박락	㎡	0.10	1	단면보수	하자
거더	외부	상태양호	–	–	–	–	–
	내부	상태양호	–	–	–	–	–
가로보		상태양호	–	–	–	–	–
교대		상태양호	–	–	–	–	–
교각		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	5	표면처리	하자
교량받침		상태양호	–	–	–	–	–
신축이음		상태양호	–	–	–	–	–
교면포장		상태양호	–	–	–	–	–
배수시설		상태양호	–	–	–	–	–
난간 및 연석		상태양호	–	–	–	–	–
점검시설		상태양호	–	–	–	–	–

4.7.2 개략공사비

【표 4.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.50	0.94	m	–	–	하자
	망상균열	표면처리	96.00	144.00	㎡	–	–	하자
	박락	단면보수	0.10	0.15	㎡	–	–	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.50	0.94	m	–	–	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	–		–			–	
	재경비 (순공사비의 50%)	–		–			–	
	합계	–		–			–	
합계		–						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

4.7.3 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.

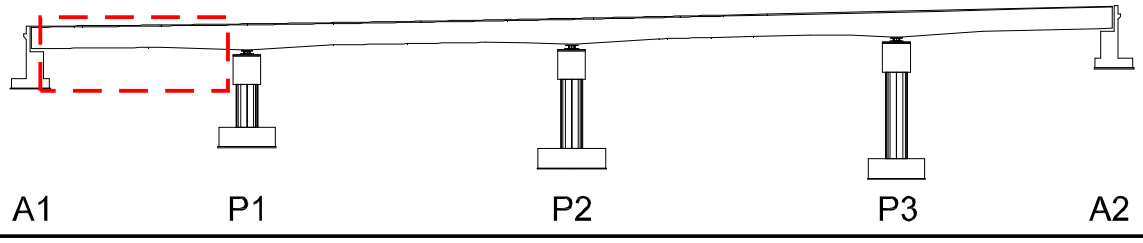
【표 4.7.3】 중점유지관리 항목

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 바닥판하면 균열 및 박락 – 진전 여부확인



4.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9에 위치한 교량으로 총 연장 250.0m, 폭 12.3m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

4.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 박락의 경우 시공중 외부충격에 의한 박락이 조사되었고, 단면보수 등의 하자보수가 필요할 것으로 사료된다. 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 폭 0.3㎜미만의 균열이 조사되었고, 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지

관리가 필요 할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 교량받침의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 교량받침은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 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, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

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

10) 방호벽

- 난간 및 연석은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

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

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.6~27.7㎫, 하부구조(교각) 40.4~49.6㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문3교(문산방향)의 상태평가 결과는 “A”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문3교(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 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」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.

4.8.2 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.

4.8.3 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.