2. 행주산성JCT R-B교

2.1 시설물 개요

2.2 자료수집 및 분석

2.3 현장조사

2.4 콘크리트 내구성조사

2.5 상태평가

2.6 종합평가 및 안전등급 지정

2.7 보수·보강 및 유지관리 방안

2.8 종합결론

2. 행주산성JCT R-B교

2.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90(강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 110.0m, 폭 5.0m로 시공되어 있다.

2.1.1 일반사항

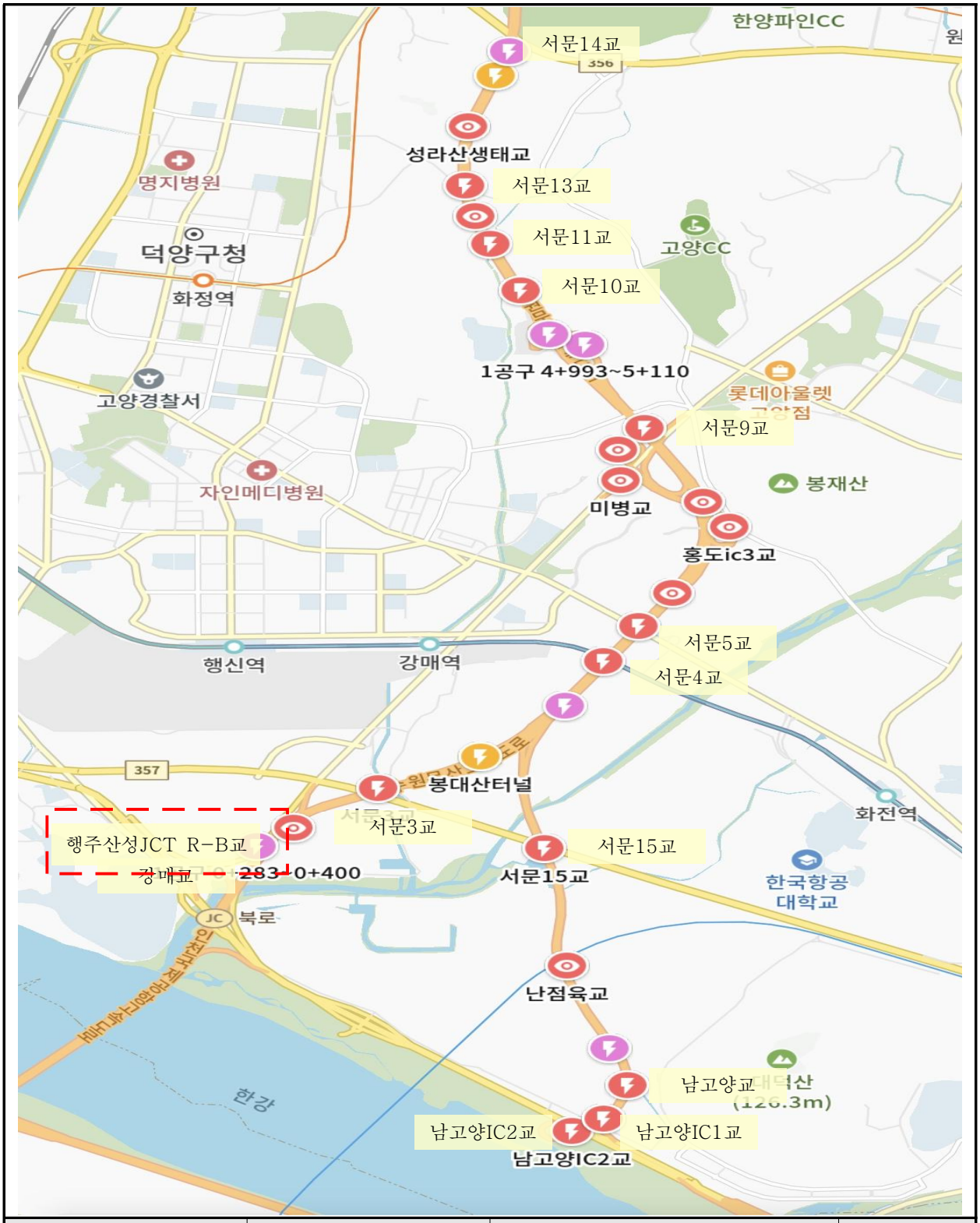
【표 2.1.1】 행주산성JCT R-B교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000235	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90 (강매동)	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=110.0m (35+40+35=110.0m)			
	폭	B=5.0m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	복합말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음	강핑거죠인트	
교차시설물		-	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체	㈜다산컨설턴트	
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

측면 전경

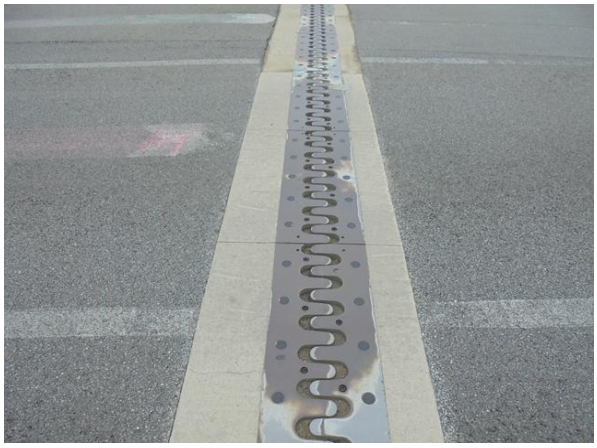
상부 전경

2.1.2 위치도 및 전경사진



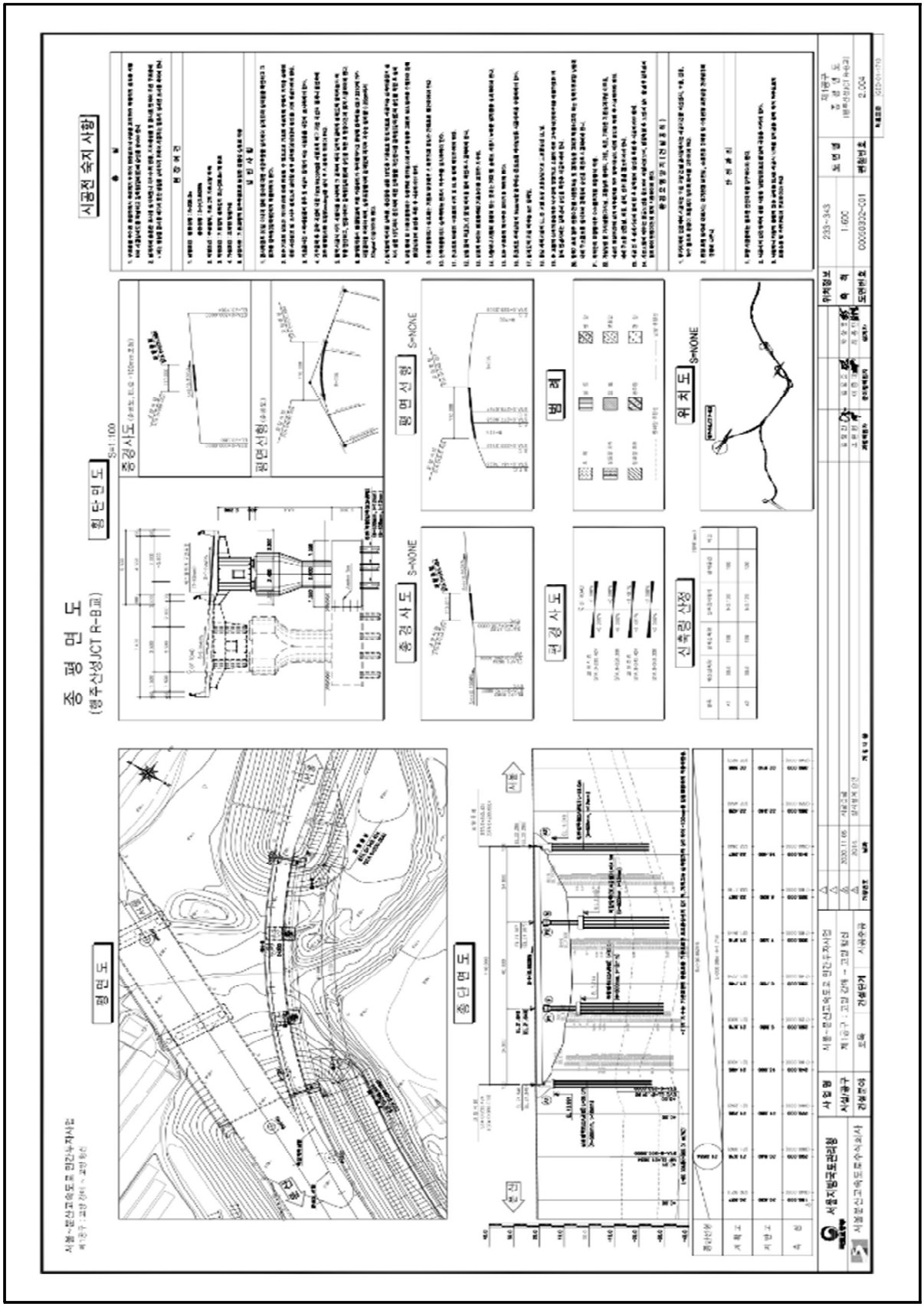
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 2.1.1】 위치도

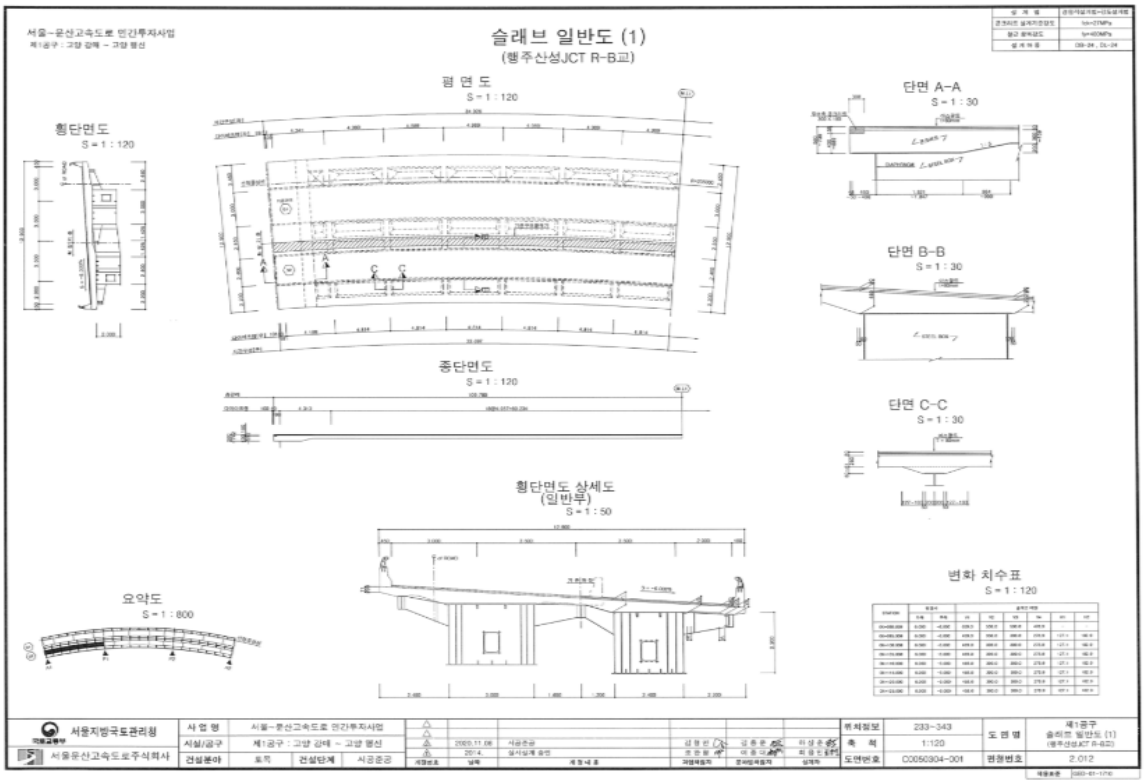
	
교면포장 전경	신축이음 전경
거더 전경	바닥판하면 전경
교대 전경	교각 전경

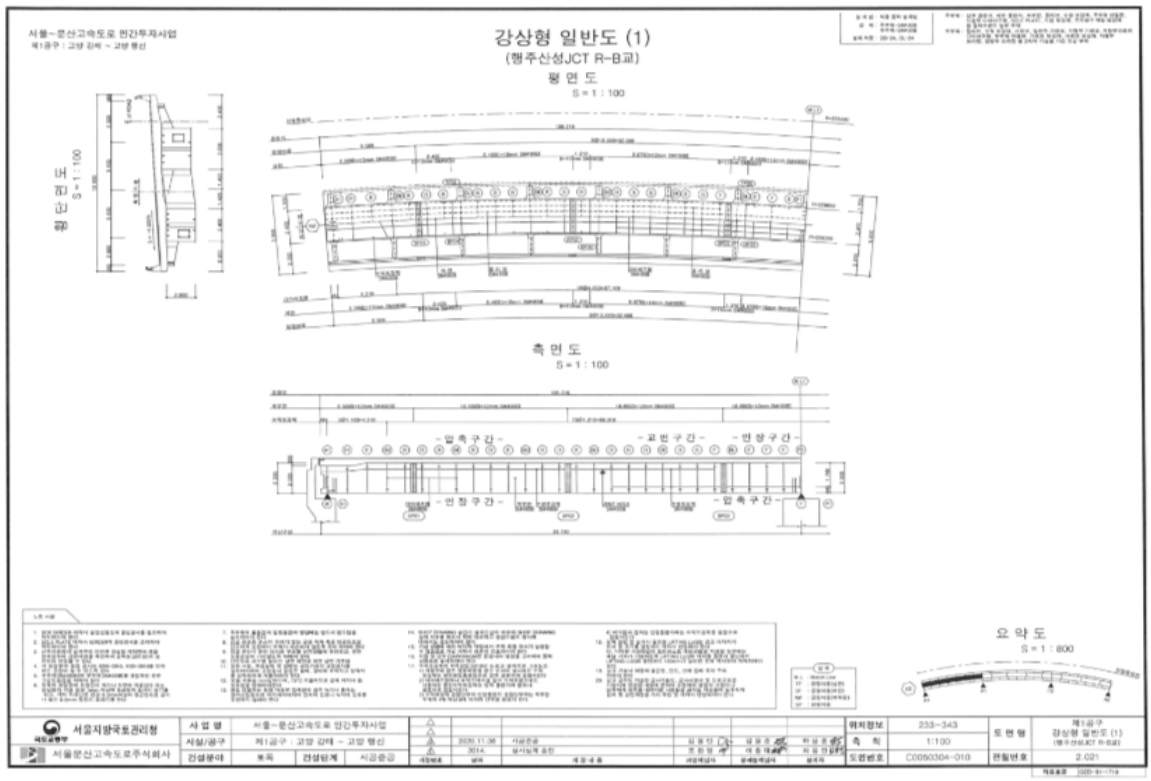
【그림 2.1.2】 부재별 현황

2.1.3 시설물 일반도

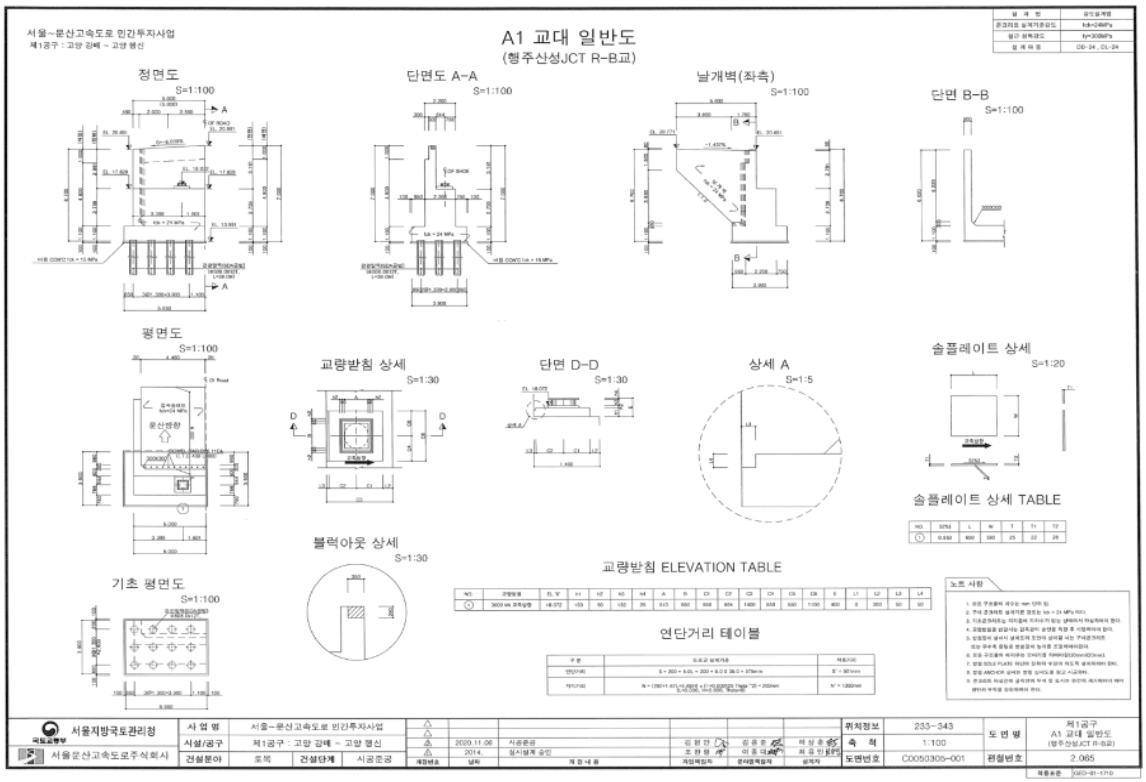


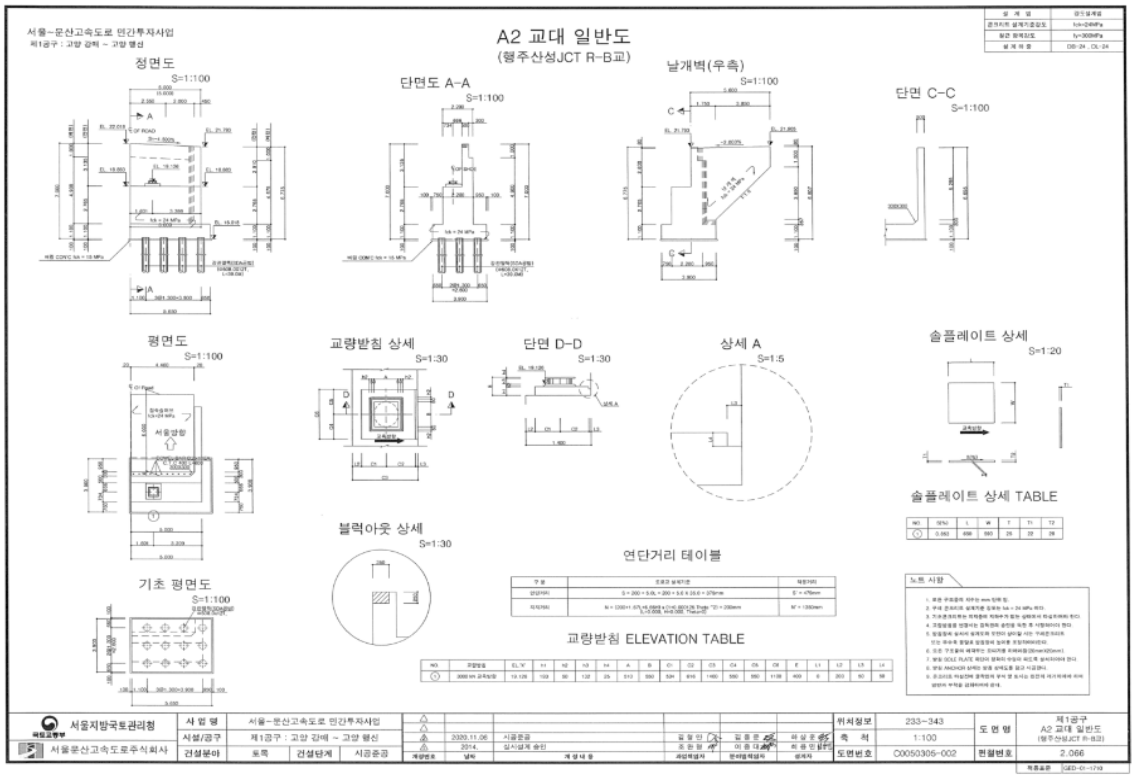
【그림 2.1.3】 평면 및 종단면도



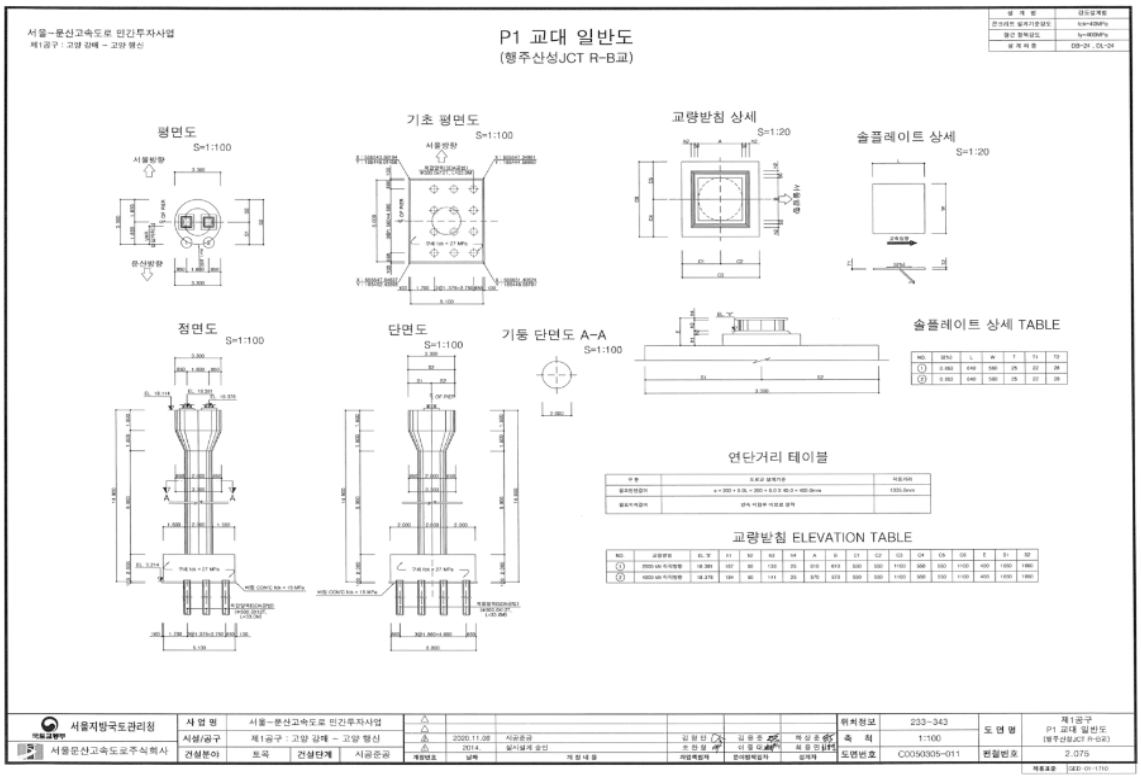


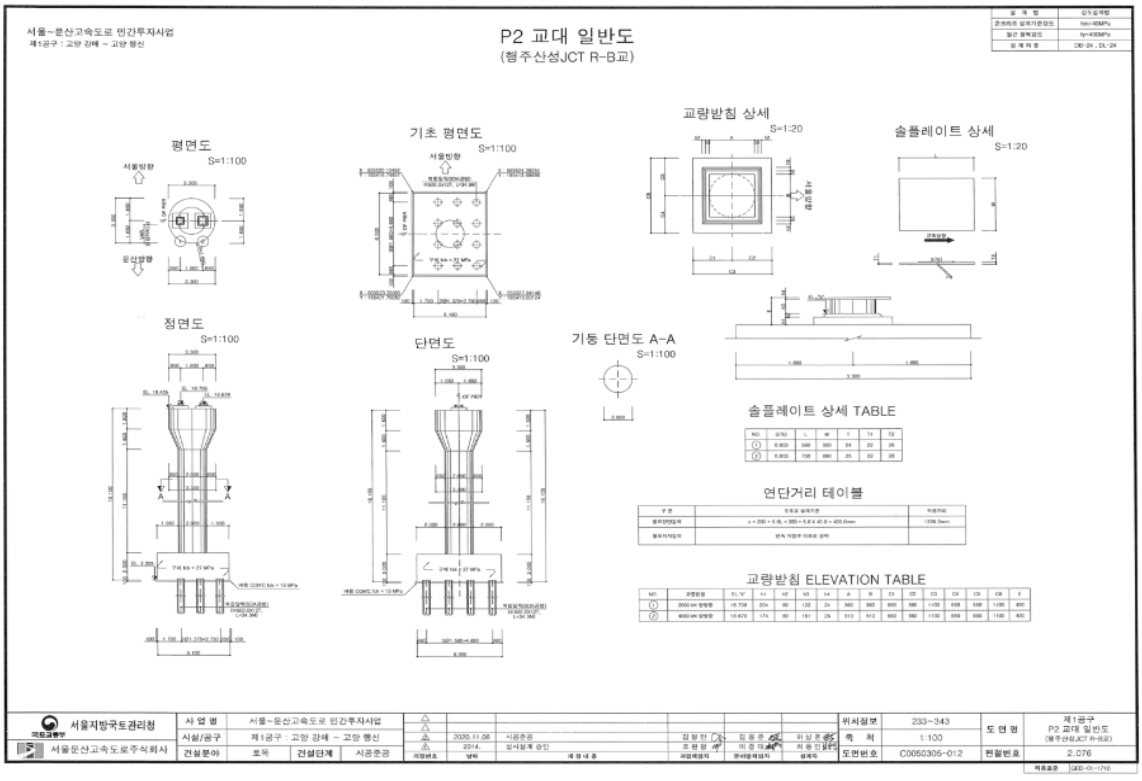
【그림 2.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도


A1 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
단면 B-B
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
블럭아웃 상세
기초 평면도
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
솔플레이트 상세 TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

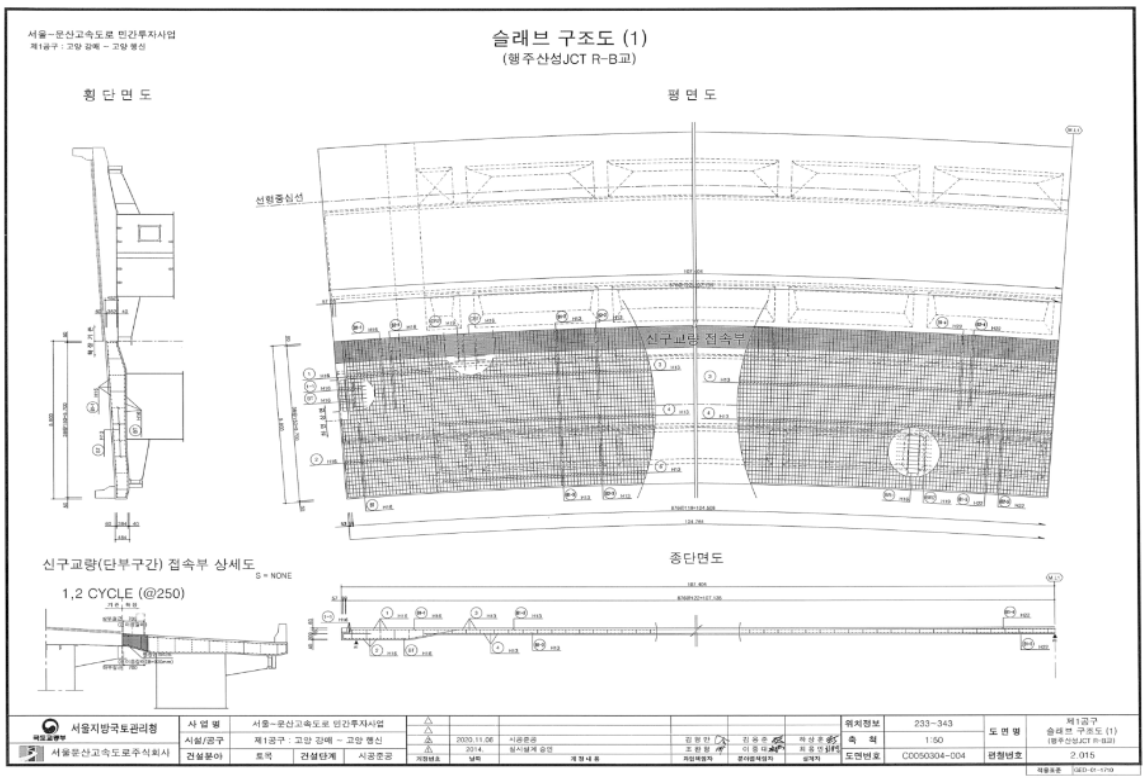

A2 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)
정면도
단면도 A-A
날개벽(우측)
단면 C-C
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
블럭아웃 상세
기초 평면도
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
솔플레이트 상세 TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

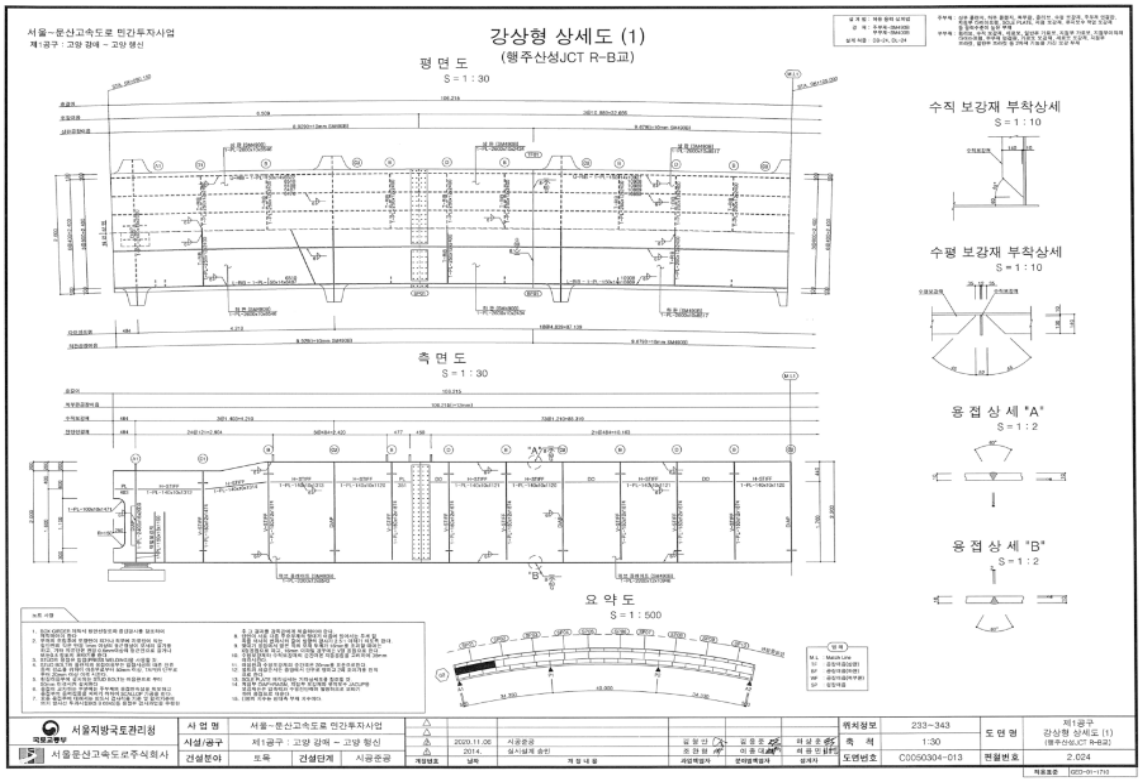
【그림 2.1.5】 교대 일반도


P1 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)
평면도
기초 평면도
교량받침 상세
솔플레이트 상세
정면도
단면도
기둥 단면도 A-A
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE

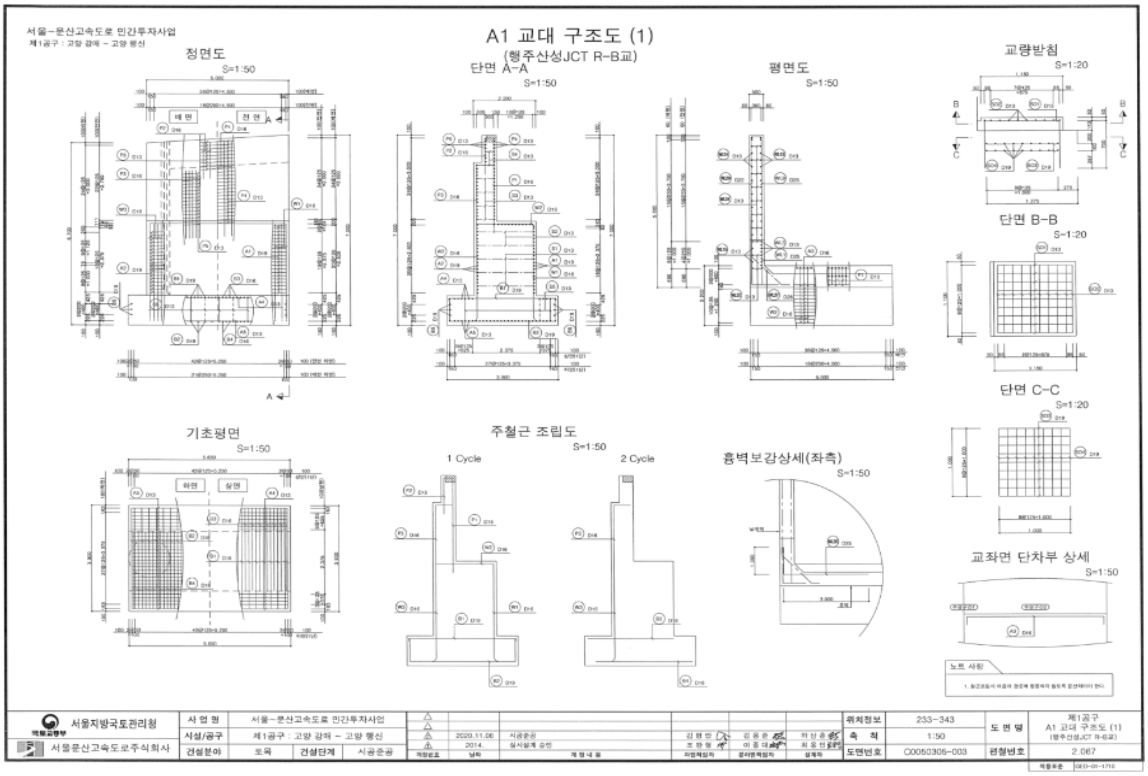

P2 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)
평면도
기초 평면도
교량받침 상세
솔플레이트 상세
정면도
단면도
기둥 단면도 A-A
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE

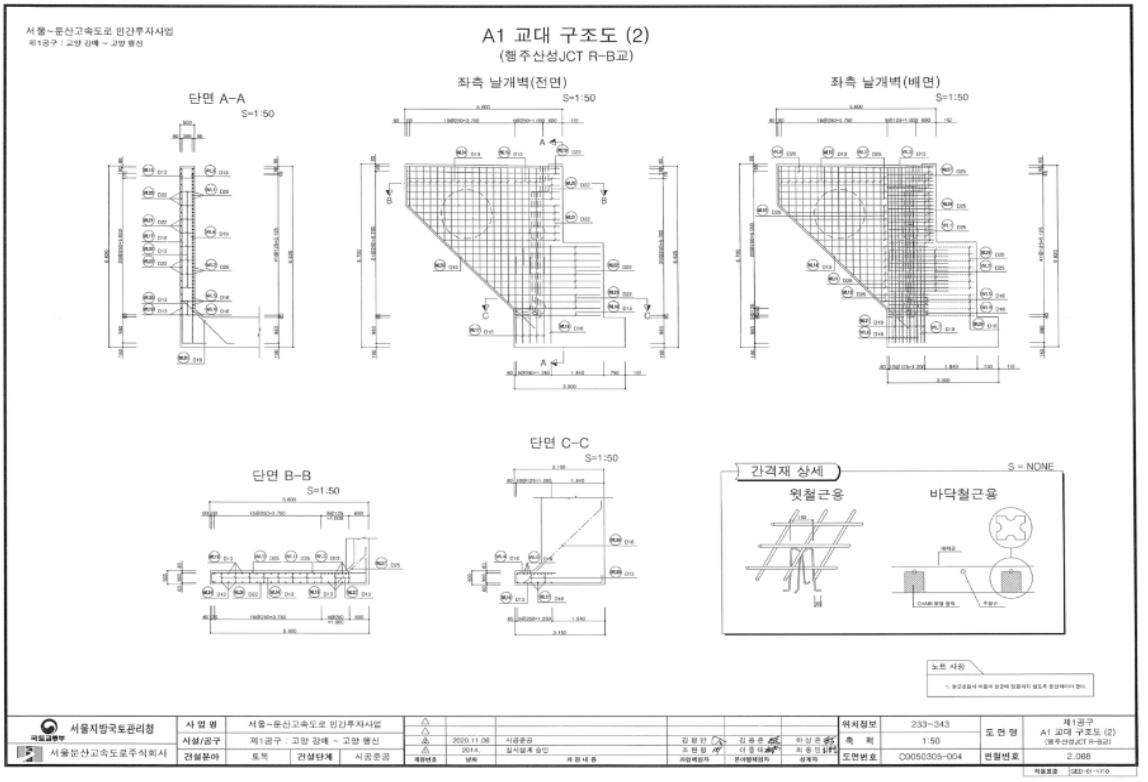
【그림 2.1.6】 교각 일반도



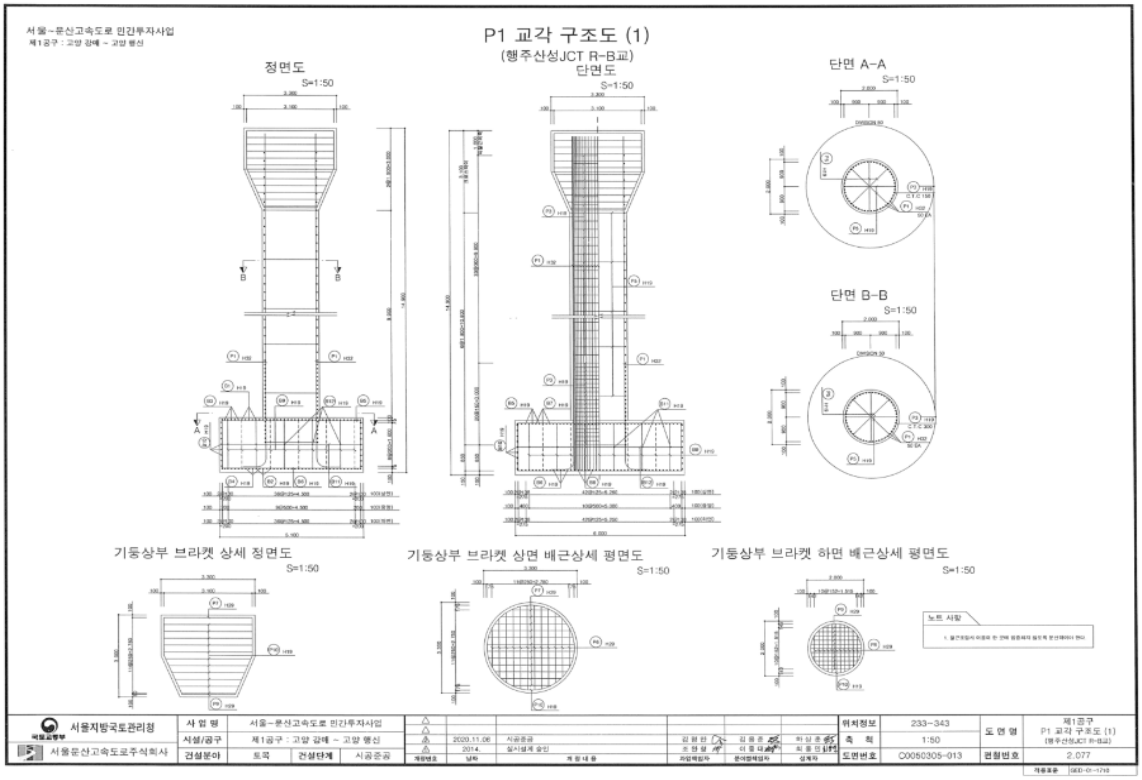


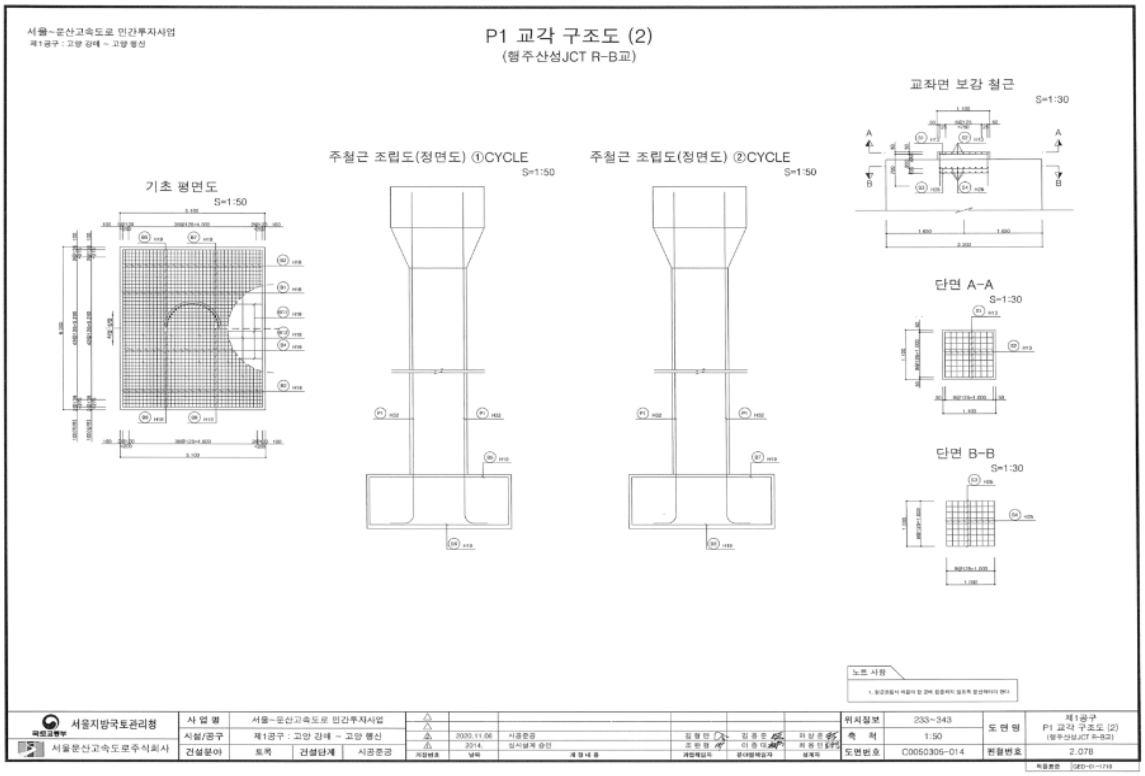
【그림 2.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도


A1 교대 구조도 (1)
(행주산성JCT R-B교)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
평면도
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
기초평면
S=1:50
주철근 조립도
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
흉벽보강상세(좌측)
S=1:50
교좌면 단차부 상세
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
2020.11.06
2014.
실시설계 완료
위치정보
233-343
축 척
1:50
도면번호
C0050306-003
도 면 명
제1공구
A1 교대 구조도 (1)
(행주산성JCT R-B교)
편철번호
2.067


A1 교대 구조도 (2)
(행주산성JCT R-B교)
단면 A-A
S=1:50
좌측 날개벽(전면)
S=1:50
좌측 날개벽(배면)
S=1:50
단면 B-B
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
간격재 상세
S = NONE
윗철근용
바닥철근용
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
2020.11.06
2014.
실시설계 완료
위치정보
233-343
축 척
1:50
도면번호
C0050305-004
도 면 명
제1공구
A1 교대 구조도 (2)
(행주산성JCT R-B교)
편철번호
2.068

【그림 2.1.8】 교대 구조도


P1 교각 구조도 (1)
(행주산성JCT R-B교)
정면도
단면도
단면 A-A
단면 B-B
기둥상부 브라켓 상세 정면도
기둥상부 브라켓 상면 배근상세 평면도
기둥상부 브라켓 하면 배근상세 평면도
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
233-343
1:50
C0050305-013
2.077


P1 교각 구조도 (2)
(행주산성JCT R-B교)
교좌면 보강 철근
기초 평면도
주철근 조립도(정면도) ①CYCLE
주철근 조립도(정면도) ②CYCLE
단면 A-A
단면 B-B
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
233-343
1:50
C0050305-014
2.078

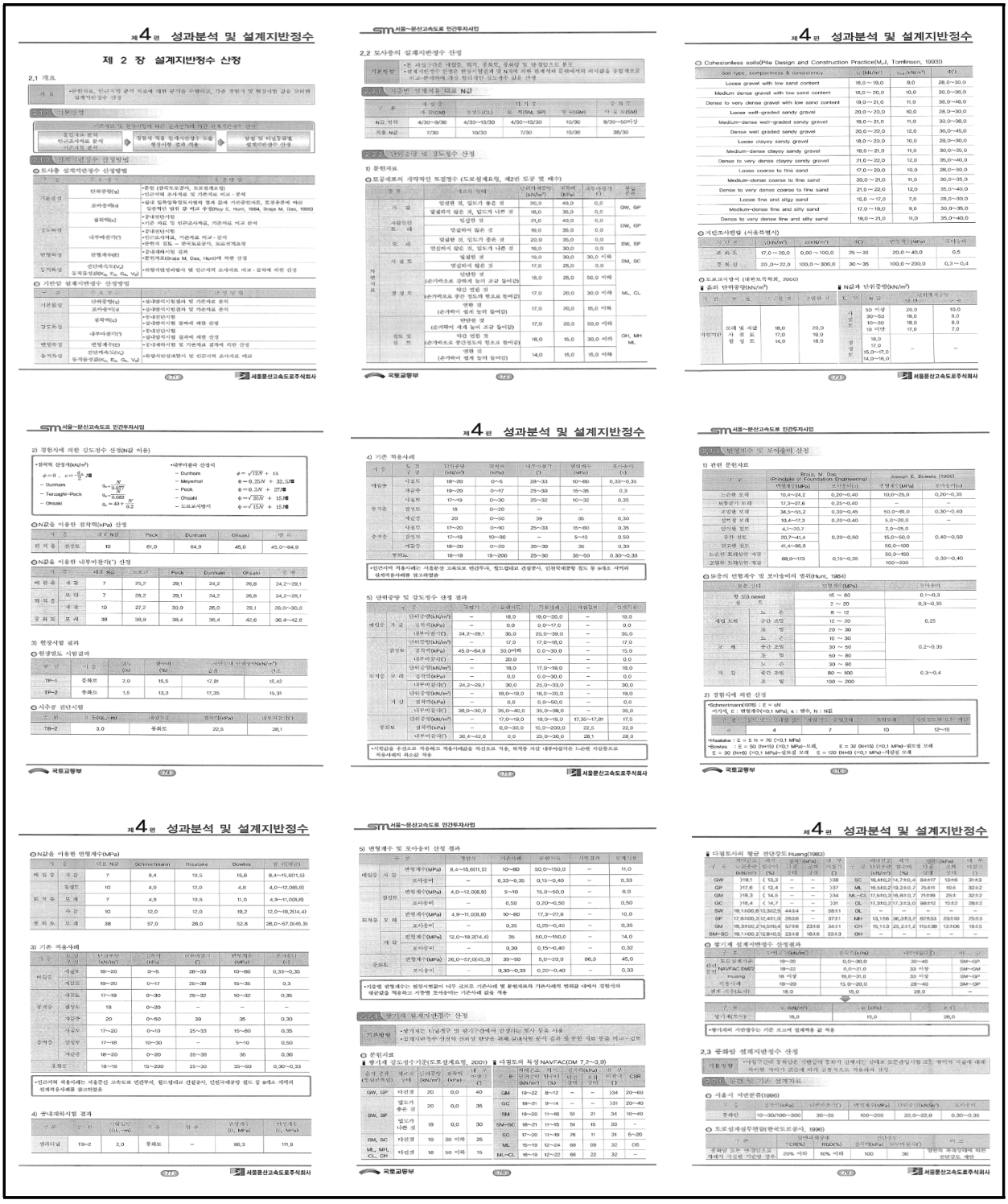
【그림 2.1.9】 교각 구조도

2.2 자료수집 및 분석

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

2.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
시연재생 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 세립 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(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 월드 등 9개소 지역의 설계해석사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

구 분	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.4.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	유사사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(-)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	유사사례	시험 결과	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

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(-) Tsuchiya (1984)	포아송비(-) 김교원 (1993)
터널 구간	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

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Barkwaski (1989)	점착력(kPa) Truman (1988)	점착력(kPa) 김교원 (1993)	내부마찰각(°) Barkwaski (1989)	내부마찰각(°) Truman (1988)	내부마찰각(°) 김교원 (1993)
터널 구간	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

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Barkwaski(1989) & Serafim & Pereira(1983)	변형계수(MPa) 김교원(1993)	변형계수(MPa) Aydan(1997)
터널 구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,600	13,100	12,900
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험깊이(GL,m)	지 층	암 종	RMR	변형계수(E, MPa)	탄성계수(E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

인 자 명	상 태	점착강도 c'(kPa)	점착강도 φ'(°)	마찰강도 c'(kPa)	마찰강도 φ'(°)	시 험 기
편암층	절도파괴 편암층을 각력암, 점토에서 해무성암까지에 협충층 변화가 한	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Carrargo, Mldoa &Hebie [109]
벤토나이트	벤토나이트 벤토나이트층 얇은 중앙 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Lim[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트층 세립	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	파암층, 미고결암대, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토세립	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토세립	성층면	–	–	0.0	18.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
점토층상부	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Slimpson & Walton[114]
백운석	연삭되 세립층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
심하층, 화강 심층암 및 변암	점토 충전물이 있는 단층, 사암암도 보 단층 충전물과 함께 이화됨 구조적 전단대, 편암층 및 파쇄된 화강암, 풍화적 암석 및 충적층	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
점토층	충적층 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Brand[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0 100.0	13.0~14.0 17.0~21.0 10.0	0.0	13.0	Krsmanovic등 [120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 간암	충상의 갈단층 갈단~이회암 점토변	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회암 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Semala[123]
갈탄	갈탄층 그 하부에 있는 점토시이트 층	14.0~20.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	벤토나이트 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이에 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126]
편암, 규암 및 규산질암	10~15cm 두께의 점토층전물 얇은 점토층 가진 상층구조 두꺼운 점토층 가진 상층구조	30.0~60.0 80.0~340.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 광상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석탄/고결토/연 암 경 계	존탄시트에 대한 삼축시험	42.0~80.0	36.0~38.0	–	–	

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 기존지질조사시 선정된 구조구분 및 구간별 특징에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포되는 안정이 관계상류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석 종 류 (경도)	암반의 절리 상태 (NX 구조시추조사시) R.C.R(%)	암반의 절리 상태 (NX 구조시추조사시) R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ (°)	암반의 강도정수 C (KPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파괴가 쉬운 암 등	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파괴가 거의 없는 경암과 대부분의 연암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지층명	단위중량 γt (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E0 (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구 분		단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비(-)
터널 구간	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 월드 등 9개소 지역의 설계해석사례를 참고하였음

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(-) Tsuchiya (1984)	포아송비(-) 김교원 (1993)
터널 구간	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

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Barkwaski (1989)	점착력(kPa) Truman (1988)	점착력(kPa) 김교원 (1993)	내부마찰각(°) Barkwaski (1989)	내부마찰각(°) Truman (1988)	내부마찰각(°) 김교원 (1993)
터널 구간	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

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Barkwaski(1989) & Serafim & Pereira(1983)	변형계수(MPa) 김교원(1993)	변형계수(MPa) Aydan(1997)
터널 구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,600	13,100	12,900
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.1 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 실내시험 결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) 전단파	일축압축강도 (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

구 분	구 간	단위중량(kN/m³) 경험식에	단위중량(kN/m³) 경험식	단위중량(kN/m³) 지역결과	단위중량(kN/m³) 적 용	포아송비(-) 경험식에	포아송비(-) 경험식	포아송비(-) 지역결과	포아송비(-) 적 용
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	0.22~0.29	0.18~0.19	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 부대별가로 경험으로 보이므로 적용사례의 최소값을 반영측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 지층사례	점착력(kPa) 경험식	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 경험사례	내부마찰각(°) 경험식	내부마찰각(°) 적 용
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

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	점토암	역 암	편 마 암	화 강 암	사 암	세 립
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)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 세립, 미라석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks		27.0 ~ 34.0	–
	사암, 백악, 편마암, 슬레이트	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 시험	점착력(kPa) 경험	마찰각(°) 시험	마찰각(°) 경험	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성과터널	TB-3	22.8~23.3	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 불연속면 설계지반정수 산정

인 자	점착력(kPa) 시험결과	점착력(kPa) 설계지정	점착력(kPa) 설계적용	내부마찰각(°) 시험결과	내부마찰각(°) 설계지정	내부마찰각(°) 설계적용
절리면	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과와 전문강도(c, φ)최소값을 적용

2.4.2 경험식에 의한 검토

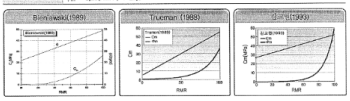
○ 제안자별 경험식

▮ 단위중량 및 포아송비

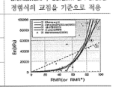
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•주정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2.04(Y-1.28)/14.3] × 10 σ = 0.3 – (Y-1.28)/55 여기서, Y = (log E)(kgf/cm²) – 2.25)/0.35	σ = –0.17 Ln(RMR)+0.9

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	내 재 경 험 식
•Bieniawski (1989)	•C_m = –0.051 + 0.008R – 3.346 × 10⁻⁴RMR² •ϕ_m = –0.088 + 0.789RMR – 0.003 RMR²
•Trueman (1988)	•C_m = 0.25 $e^{0.05 \cdot RMR}$ (Mpa) •ϕ_m = 0.5RMR + 5
•김교원 (1993)	•C_m = 2 $e^{0.05 \cdot RMR}$ (MPa) •ϕ_m = 0.25RMR² + 27.5



▮ 변형계수

변형계수 경험식	산 재 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR–100(GPa) ; RMR > 57	•정격 RMR=57에 대하여 Bieniawski와 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	E_m = 10 $^{((RMR-10)/40)}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	E_m = 3 $e^{0.05 \cdot RMR}$(GPa) – RMR² : 주RMR만의 지배수 상태 및 절리강도 보정을 제외	
•Aydan (1997)	E_m = 0.0097 RMR$^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.582 RMR + 0.1831 (GPa)	

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 경험식에	변형계수(MPa) 경험식	변형계수(MPa) 시험결과	변형계수(MPa) 적 용
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 경험식에 편차가 크므로 시험결과 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•불연속지반은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 압연의 전단강도와는 달리 대상 미립연의 불연속면 밀집, 거대개(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•실험강도정수 산정을 사용하여 대한 설리정 전단시험 및 일반시험, 지표지질조사결과의 불연속면 특성 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 정수사표

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(φb)	암 석 명	기본마찰각(φb)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	변 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	세 립 암	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

(*) 새로 얻은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험해서 얻은 결과

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

암 석 명		내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
경암에서 같는 물질	벽암 / 경계 / 암석	현 무 암 30.0 ~ 40.0 백 악 30.0 ~ 40.0 트 랩 암 30.0 ~ 40.0 사 암 35.0 ~ 40.0 이 암 35.0 ~ 45.0 석 회 암 30.0 ~ 35.0	–	–
경암에서 있는 물질	암 석	건조한 표면인 35.0 ~ 45.0 변 질 된 30.0 ~ 40.0 건조한 벽개인 35.0 ~ 45.0 연약한 벽개인 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	[화강암, 휘석암, 반암] [셜암, 편마암, 점판암] [석회암, 백운석, 사암] [사암, 석탄, 백악, 세립]

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적지반특성 산정

개 요	•광역기단성지반시공 등한 시공된 단성파속도를 분석 •시험결과로 개선된 동적물성치를 산정분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 선정

○ 진단파 속도(V_s) 경험식 산정방법

N값에 의한 진단파속도 경험 추정식
•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 진단파속도(V_s) 경험식 추정식은 다음과 같음 •imai, Yoshimura(1970) V_s = 76$N^{0.33}$ •Imai(1982) V_s = 97.5$N^{0.314}$ •Okamoto(1989) V_s = 125$N^{0.3}$ •Ohta, Toriumi(1993) V_s = 84$N^{0.31}$ – 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, ρ=γt/g , γt=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		현장시험결과 V_s(m/s)	현장시험결과 V_s(m/s)	경험식 적용 V_s(m/s)	경험식 적용 V_s(m/s)	비 고
터널구간	표토	–	–	144.4~224.1	180	–
	풍화층	–	–	162.5~249.4	200	–
	보통암	–	–	144.4~224.1	170	–
	경암	–	–	162.5~249.4	190	–
성토로		919~984	375~408	252.4~372.3	362	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν
터널구간	표토	498	180	62	164	161	0.33
	풍화층	645	200	68	180	317	0.40
	보통암	480	170	52	140	156	0.35
	경암	514	190	69	181	168	0.32
성토로		952	362	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	8,456	6,062	0.24

참고사항 : •내장해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행된 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^{-8}~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}

일반의 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

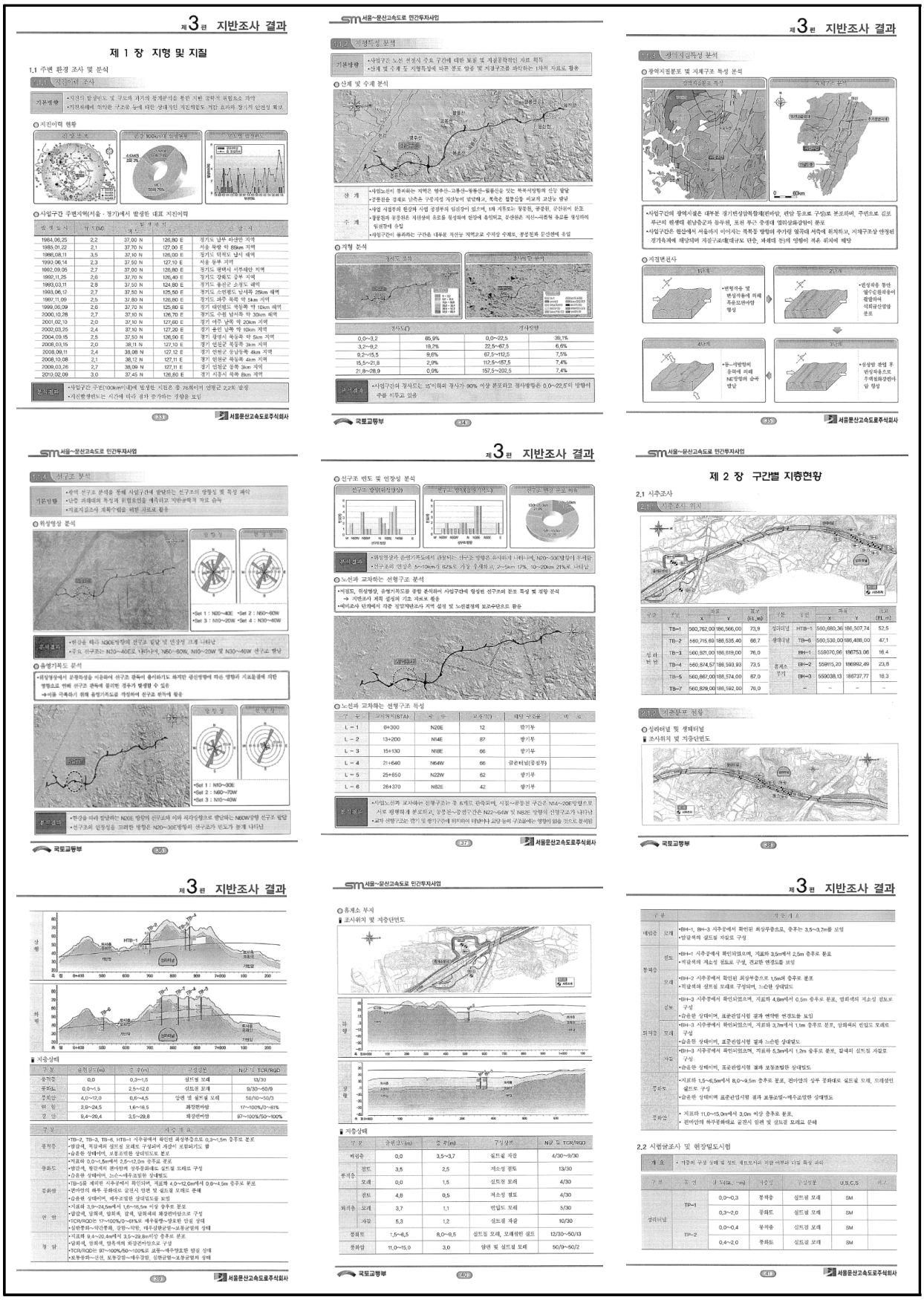
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

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



● 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심도 (GL.-m)	구성성분	불교란시료 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란시료 건조단위중량 (kN/m³)	교란시료 습윤단위중량 (kN/m³)	교란시료 건조단위중량 (kN/m³)	LB
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.47	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
- LB : 1,256~1,274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요
- 시추작업에 병행하여 지층의 경연시료를 채취하여 자연분류도 등을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

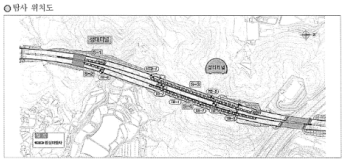
구 분	지 층		N값	상태명	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		8/30~60/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	–
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

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

제 3 장 물리탐사

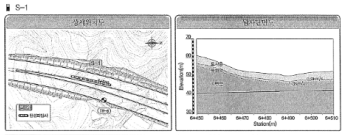
3.1 굴절법탄성파탐사

● 탐사 위치도



● 탐사 결과

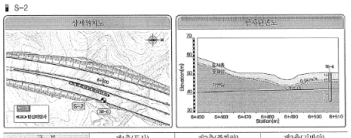
S-1



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

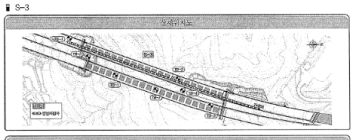
S-2

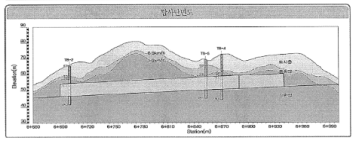


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

- 본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.28~4.03m, 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

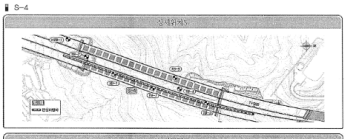


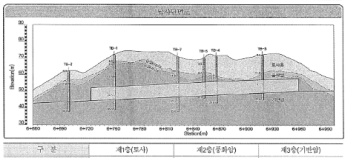


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

- 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





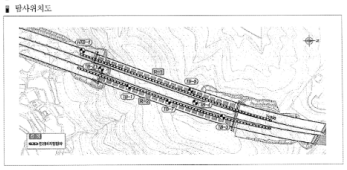
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

- 본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.48m, 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

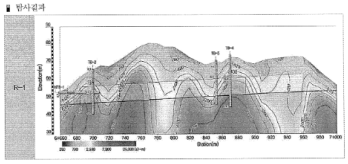
3.2 전기비저항탐사

● 성라터널 서울방향

탐사위치도



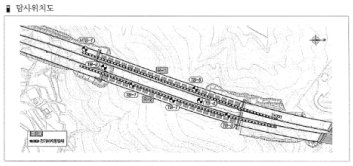
탐사결과



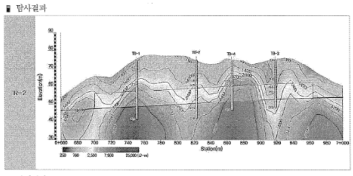
분석결과
- 본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
- 탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
- 탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
- STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부하여 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는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

● 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

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, 절토법면 및 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 장비도 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmator-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

● 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	대변계수 (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) 우피도	쉬즈비	한 임	단성계수(E,MPa) 풍화도	풍화암	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 현장전단시험

개 요
- 풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 확인을 위한 실제마찰계수 파악을 활용
→ 풍화대의 형식별 결과력(c)과 내부마찰각(f) 측정

● 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	전단력(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	풍화암	내부마찰각(f, °) 풍화토	풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과
- 시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 안정해석, 마찰각(f)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요
- 시험구간의 시추공에 대한 지하수위 분포파악을 파악하기 위해 지하수위 측정
- 시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 추정코저 기재

● 터널구간

공 번	지 하 수 위 GL.-m	EL.+m	공 번	지 하 수 위 GL.-m	EL.+m	공 번	지 하 수 위 GL.-m	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	지 하 수 위 GL.-m	EL.+m	공 번	지 하 수 위 GL.-m	EL.+m	공 번	지 하 수 위 GL.-m	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	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

4.2.2 투수시험

개 요
- 조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위해서 4회 수행
- 지반의 투수성을 파악하기 위해 변수의 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	중 위 도	공 하 관
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

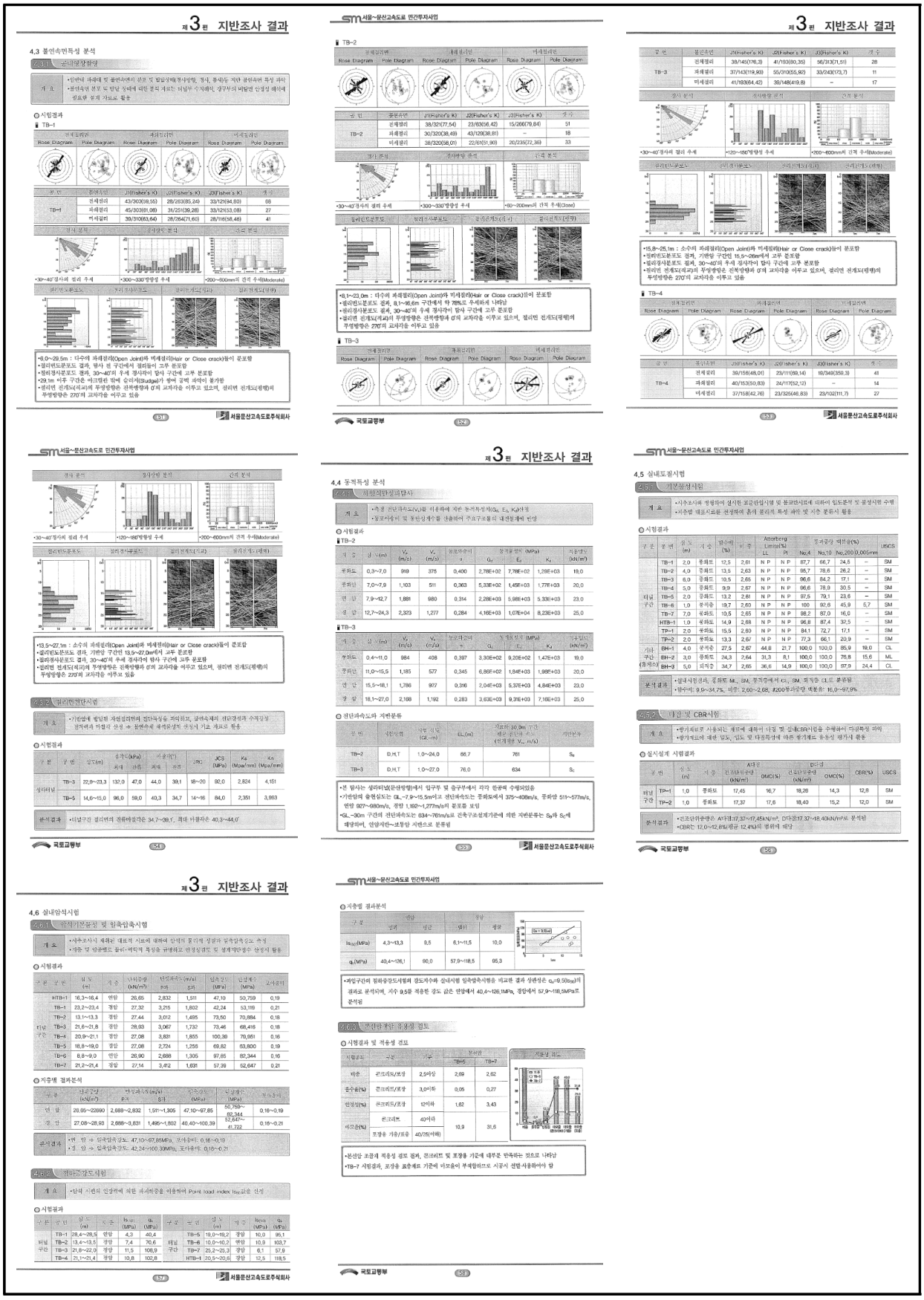
개 요
- 터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계산을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

● 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암종	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 치	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	경 암	전기 Lugeon 연 암	경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08



제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요
- 일반대 파괴대 및 불연속면의 분포 및 발달상태정사영법, 경사, 방향등 지반 불연속면 특성 파악
- 불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 정확 자료는 터널부 수직갱, 경부부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 분석 자료로 활용

시험결과

TB-1

공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/283(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(81,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,46)	41

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

- 6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
- 절리빈도분포도 결과, 암사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
- 절리정사분포도 결과, 30~40°의 우세 정사하이 많아 구간에 고루 분포함
- 29.1m 이후 구간은 아크점판 밑에 순리자(Sludge)가 쌓여 공백 파악이 불가함
- 절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

서울~문산고속도로 민간투자사업

TB-2

공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/163(36,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(36,49)	43/129(38,81)	-	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/161(51,90)	26/235(72,39)	33

- 30~40°정사에 절리 우세
- 300~330°방향성 우세
- 60~300mm의 간격 우세(Close)

- 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
- 절리정사분포도 결과, 30~40°의 우세 정사하이 많아 구간에 고루 분포함
- 절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

제3편 지반조사 결과

공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,80)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	36/148(419,8)	-	17

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

- 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
- 절리정사분포도 결과, 30~40°의 우세 정사하이 많아 구간에 고루 분포함
- 절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-4	전체절리	36/158(48,01)	23/111(89,14)	16/340(350,3)	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

서울~문산고속도로 민간투자사업

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

- 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
- 절리정사분포도 결과, 30~40°의 우세 정사하이 많아 구간에 고루 분포함
- 절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요
- 기반암에 발달된 파쇄절리면의 접촉특성을 파악하고, 불연속재의 전단강도와 수직강성 경계면과의 마찰각 산정 → 원면수로 해석용강도 산정시 기초 자료로 활용

시험결과

구분	공번	심도(m)	절리면 강도(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Kn (Mpa/mm)	Ks (Mpa/mm)
성토터널	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 전체마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 현장지반탄성파탐사

개 요
- 측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성(G_o, E_o, K_d)산정
- 동교이용비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

구 분	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	포아송비 ν	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지반단위중량 (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

구 분	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	포아송비 ν	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지반단위중량 (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	977	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,188	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

- 전단파속도와 지반분류

공번	지층명칭	지층 깊이(GL.-m)	EL.(m)	기초부(-30.0m 구간 평균 전단파 속도 (인접점공 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 말사는 성토터널(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 해당되며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 현황파악 실시된 표준관입시험 및 불교란시료에 의하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 시추공 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구분	공번	심도 (m)	지층	함수비 (%)	Atterberg Limits(%) LL	PL	비중	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	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	풍적층	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
기타구간 (참조용)	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	87.9	24.4	CL

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

제3편 지반조사 결과

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

구분	공번	심도 (m)	지층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	단면계수 (MPa)	포아송비
터널구간	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	53,116	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	1,255	69.82	53,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.65	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

구분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축압축강도 (MPa)	단면계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~28.93	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.65	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	52,647~81,722	0.19~0.21

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.65MPa, 포아송비: 0.16~0.19
- 경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.19~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요
- 암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index $I_{S(50)}$값을 산정

시험결과

구분	공번	심도 (m)	지층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구분	공번	심도 (m)	지층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널구간	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

서울~문산고속도로 민간투자사업

시험결과 분석

구분	전압 전체	전압 평균	풍압 범위	풍압 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

- 파일구간의 점하중강도시험에 강도계수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 산출된 q_u(=9.50I_{S50})의 결과로 분석되며, 계수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 콘크리트 유효성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험종목	구분	기준	보링번 TB-6	TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
인장강도(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

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

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 복로 JCT R-B

(2) 교량등급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(3) 교량형식 : Steel 박스거더교

(4) 교량연장 : 35.000 + 40.000 + 35.000 = 110.000 m

(5) 교량폭원 : B (기존) = 7.900 m

B (확장) = 5.800 m

(6) Girder 제원 : B = 2.400 ~ 3.000 m H = 2.200 m

(7) 사 각(Skew) : 90.000 °

(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = 174.000 m

(9) 설 계 속 도 : 50.000 km/h

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

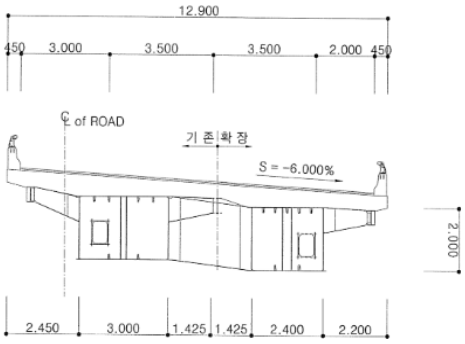
• 사 용 재 료

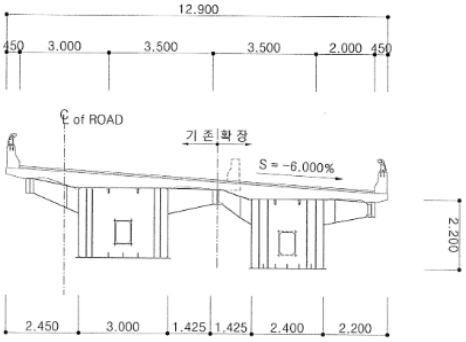
주 부 재	SM490B(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
무 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{si})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SM490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정





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 = 5.000 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 : qi = 10.000 kN/m

(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 319.603 kN/m

(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 210.431 kN/m

(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °

(2) 기초지반의 N치 : N = 6.000

(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 24.487 ° {Φ2 = 15 + √15N}

(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²

(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.293 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트

(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수

- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa

- 탄성계수 : Ec = 27849.000 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)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1859.15	687.09	O.K
	허용인발력(kN/EA)	270.959	-	O.K
	휨응력(MPa)	126	81.188	O.K
	전단응력(MPa)	72	9.005	O.K
	수평변위(mm)	15	13.353	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2788.72	704.737	O.K
	허용인발력(kN/EA)	406.438	-78.652	O.K
	휨응력(MPa)	189	90.581	O.K
	전단응력(MPa)	108	12.498	O.K
	수평변위(mm)	15	10.443	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	307.624	1940.4	74.345	463.002	6.228	O.K
후면저판		1100	100	450.214	1940.4	114.425	487.742	4.263	O.K
벽체 : H=5.900		2200	100	936.259	1588.8	499.723	846.069	1.693	O.K
용벽		800	100	840.885	1588.8	148.772	278.868	1.874	O.K
파측날개벽	D(T=500 mm)	500	80	1139.12	2026.8	119.567	209.368	1.751	O.K
	A(T=500 mm)	500	80	2582.06	4053.6	264.038	403.331	1.528	O.K
	B(T=500 mm)	500	80	926.354	1588.8	97.603	165.427	1.695	O.K
	C(T=500 mm)	500	80	1464.54	2292	152.83	235.623	1.542	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		27.023	150	125	2331.365	O.K
후면저판		40.704	150	125	1547.749	O.K
벽체 : H=5.900		80.93	150	125	743.067	O.K
용벽		101.239	150	125	547.86	O.K
파측날개벽	D(T=500 mm)	83.925	150	250	750.668	O.K
	A(T=500 mm)	94.761	150	125	662.287	O.K
	B(T=500 mm)	87.554	150	125	719.445	O.K
	C(T=500 mm)	96.988	150	125	635.71	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 기둥식 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 = 4
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 22.746 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.271 : 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: 29693.4 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]

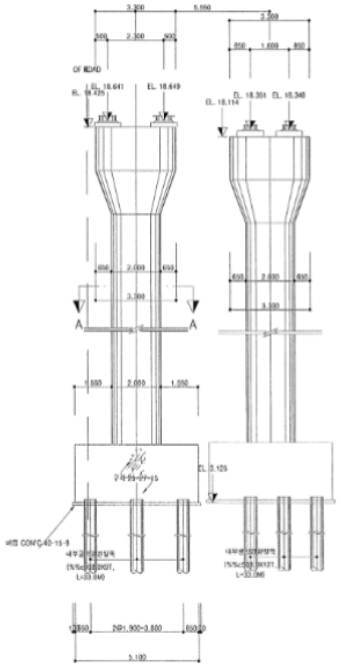
3.5 설 계 방 법

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)	1557.000	633.782	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1032.453	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	42.638	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.324	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.693	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	1533.093	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1548.680	-540.854	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	143.859	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	10.953	O.K
		수평변위(mm)	15.000	13.198	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	1209.236	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1032.453	147.0981288	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	124.367	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	3.309	O.K
		수평변위(mm)	15.000	7.076	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	572.185	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1548.680	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	53.833	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	3.336	O.K
		수평변위(mm)	15.000	4.019	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.013	9189.323	77662.727	8.451	O.K
	모멘트최대	0.013	5750.463	77662.727	13.505	O.K
	탄성설계	0.013	4423.433	5300.791	1.198	O.K
	편심최대	0.013	3981.089	77662.727	19.508	O.K
교축직각방향	축력최대	0.013	9189.323	77662.727	8.451	O.K
	모멘트최대	0.013	5750.463	19734.276	3.432	O.K
	탄성설계	0.013	4423.433	42489.324	9.606	O.K
	편심최대	0.013	3981.089	13580.815	3.411	O.K
합성부재력	축력최대	0.013	9189.323	77662.727	8.451	O.K
	모멘트최대	0.013	5750.463	19722.603	3.430	O.K
	탄성설계	0.013	4423.433	5145.191	1.163	O.K
	편심최대	0.013	3981.089	13570.496	3.409	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
기초	교축방향	2000.0	150.0	9814.818	11746.500	6117.555	7308.386	1.200	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	3036.567	13465.500	1905.447	8380.259	4.400	O.K

▣ 사용성 검토

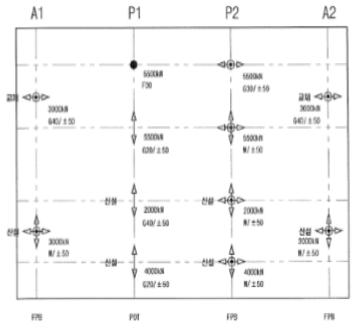
단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
기초	교축방향	105.336	180.000	124.390	396.356	O.K
	교직-지점부	23.273	180.000	127.660	2707.011	O.K

1. 설계조건

상부구조형식	구 조 형 식	Steel Box GIRDER교	
	교량내진등급	1등급	
	지 간	35.000 + 40.000 + 35.000 = 110.000m	
	폭 원	12.900 m	
하부구조형식	교 각 형 식	T형	
	기 초 형 식	말뚝기초	
사 용 재 료	교각 콘크리트 (fck)	27, 40 Mpa	
	교대 콘크리트 (fck)	24 MPa	
재 료 특 성	콘크리트 단위중량(g_c)	25.0 kN/㎥	
	아스팔트 단위중량(g_a)	23.0 kN/㎥	
가 속 도 계 수(A)	지진구역계수	0.11 (I)	
	위 험 도 계 수	1.4 (1000년 재현주기)	
	가 속 도 계 수 (A)	지진구역계수 × 위험도 계수 = 0.154 g	
지 반 계 수 (S)	지 반 종 류	III	
	지 반 계 수	S = 1.5 (내진), S = 2.0 (면진)	
응 답 수 정 계 수	구 조 부 재	항복시 (설계기준) R	탄성거동시 R
	기 둥 (단 주)	3.0	1.0
	연결 상부구조와 교대	0.8	0.8
	연결 상부구조와 교각	1.0	1.0
	기 초	3.0 / 2 = 1.5	1.0
해 석 방 법	* POT + FPB 받침은 4개의 인공지진파를 이용하여 시간이력해석 방법을 수행함.		

5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도

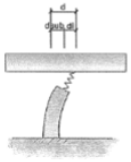


5.2 받침 수평력 검토

위 치	받 침 NO.	받 침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 수평력(kN) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 수평력 (kN) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	교축방향	3000G40	229	564	229	1,086	1,560	1,560	OK	OK	
	2	양방향	3000M	229	92	229	144	450	450	OK	OK	
P1	3	고정단	5500F30	767	616	707	1,687	2,145	2,145	OK	OK	
	4	교직방향	5500G20	556	0	720	0	1,430	0	OK	OK	
	5	교직방향	2000G40	928	0	996	0	1,040	0	OK	OK	
	6	교직방향	4000G20	631	0	1,006	0	1,040	0	OK	OK	
P2	7	교축방향	5500G30	300	567	319	1,409	2,150	2,150	OK	OK	
	8	양방향	5500M	348	8	437	8	825	825	OK	OK	
	9	양방향	2000M	122	84	72	125	300	300	OK	OK	
	10	양방향	4000M	291	159	137	298	675	675	OK	OK	
A2	11	교축방향	3000G40	229	550	229	956	1,560	1,560	OK	OK	
	12	양방향	3000M	229	89	229	134	450	450	OK	OK	

5.6 변위해석결과

* 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다.
* 상부구조의 여유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안된다.
『도로교설계기준.6.4.8』



$\Delta l_i = d + \Delta l_s + \Delta l_c + 0.4\Delta l_t$

여기서, Δl_i : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 ($d_i + d_{sub}$)

Δl_s : 콘크리트 건조수축에 의한 이동량

Δl_c : 콘크리트 크리프에 의한 이동량

Δl_t : 온도변화에 의한 이동량

① 상부구조 총변위

교 각	점 검 No.	상부변위 (mm) 교축방향 해석시	교축직각방향 해석시	비고
A1	41	34.1	16.7	
A2	51	31.3	14.4	

* 여유간격 산정

- 지진시 상부가 교대의 좁혀에 충돌하는 경우 건조수축과 크리프의 변위는 충돌하려는 변위와 반대방향으로 거동하기 때문에 건조수축과 크리프의 변위량은 상부구조의 여유간격 감소 요인으로 작용하므로 받침의 이동량 및 신축유간보다 상부구조의 여유간격을 크게 확보하기 위해서는 건조수 및 크리프에 의한 이동은 완료된 것으로 보고 상부구조의 여유간격을 산정한다.

③ 교대1 여유간격

d = 34.1 mm

Δl_s = 0.0 mm

Δl_c = 0.0 mm

L = 35.0 m

Δl_t = 0.4×L = ±14 mm

∴ d_i = 34.1 + 0.4 × 14.0 = 39.69 mm

따라서 교대1의 여유간격은 39.7mm 이상 확보해야 함.

④ 교대2 여유간격

d = 31.3 mm

Δl_s = 0.0 mm

Δl_c = 0.0 mm

L = 75.0 m

Δl_t = 0.4×L = ±30 mm

∴ d_i = 31.3 + 0.4 × 60.0 = 55.323 mm

따라서 교대2의 여유간격은 55.4mm 이상 확보해야 함.

2.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.1】 행주산성JCT R-B교 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

2.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

2.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜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	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

2.2.5 시설물 보수 이력

【표 2.2.2】 행주산성JCT R-B교 보수이력사항

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

2.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 2.2.3】 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.			

2.3 현장조사

2.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보를 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~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

제원조사

제원조사

비파괴시험

비파괴시험

【사진 2.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

2.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 행주산성JCT R-B교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=110.0m 폭 5.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.

바닥판 하면 전경

【사진 2.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

【사진 2.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 1열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차를 이용하여 현장조사를 실시하였다

거더외부 전경	거더내부 전경

【사진 2.3.4】 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 2.3.2】 거더외부 현장조사 결과

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

【표 2.3.3】 거더내부 현장조사 결과

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

거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
거더외부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 2.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

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 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.

가로보 전경	세로보 전경

【사진 2.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 2.3.4】 가로보 현장조사 결과

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

가로보 상태양호	가로보 상태양호
가로보 상태양호	세로보 상태양호

【사진 2.3.7】 가로보 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

- 행주산성JCT R-B교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 2.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 미만의 망상균열, 누수흔적, 체수 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 2.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		누수흔적, 체수 (㎡/개소)	
A1	0.25	1	0.60	1	-	-
A2	-	-	-	-	2.60	2
합계	0.25	1	0.60	1	2.60	2

A1 누수흔적(0.3m×2.0m)	A1 망상균열(0.5m×0.5m)
A2 체수(1.0m×2.0m)	A2 누수흔적(0.3m×2.0m)

【사진 2.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적, 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 행주산성JCT R-B교의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.

교각 전경	교각 전경

【사진 2.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 망상균열이 조사되었다.

【표 2.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
P1	23.20	2
P2	12.40	2
합계	35.60	4

P1 망상균열(10.4m×1.0m) – 금회	P1 망상균열(10.4m×1.0m) – 22년 상반기
P2 망상균열(10.4m×1.0m) – 금회	P2 망상균열(10.4m×1.0m) – 22년 상반기

【사진 2.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

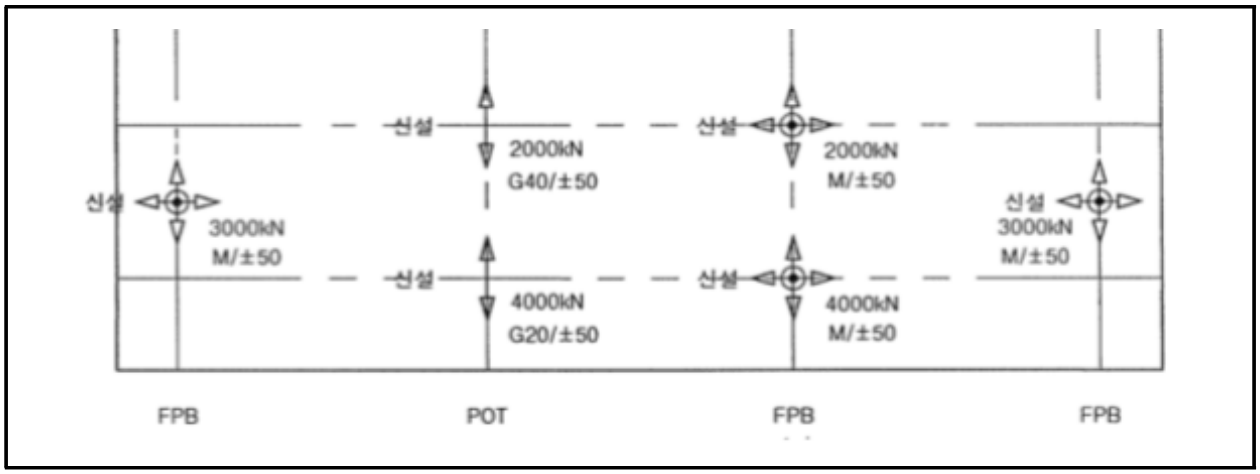
4) 검토의견

- 교각에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

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



【그림 2.3.1】 교량받침 배치도

포트받침(일방향) 전경

포트받침(양방향) 전경

포트받침(고정) 전경

【사진 2.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 받침콘크리트 재료분리가 확인되었다.

【표 2.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	
A1	0.02	1
P1	-	-
P2	-	-
A2	-	-
합계	0.02	1

A1-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.1m×0.2m)-금회	A1-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.1m×0.2m)-21년 하반기

【사진 2.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

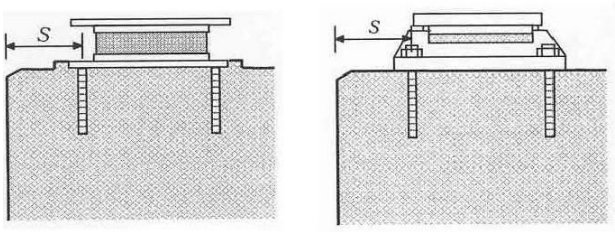
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침콘크리트에서 발생된 재료분리는 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 하자담보 만료기간전에 단면보수 등의 하자보수가 필요 할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

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 2.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 2.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×35.0 = 375(㎜)
- 거더 경간길이(L=40.0m) : 200+5×40.0 = 400(㎜)

【표 2.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		375	500		O.K
P1	A1측	375	600	500	O.K
	A2측	400	600	600	O.K
P2	A1측	400	650	570	O.K
	A2측	375	650	600	O.K
A2		375	500		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 2.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 2.3.9】 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	35.0	19.1	6.1	
P1	고정단						
P2	45.4	14.6	0.000012	40.0	21.8	7.0	
A2	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	

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

【표 2.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동 여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	18	68	32	19.1	6.1	±50	O.K
P1	고정단							
P2	SH1	0	50	50	21.8	7.0	±50	O.K
	SH2	0	50	50			±50	O.K
A2	SH1	15	65	35	40.9	13.1	±50	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

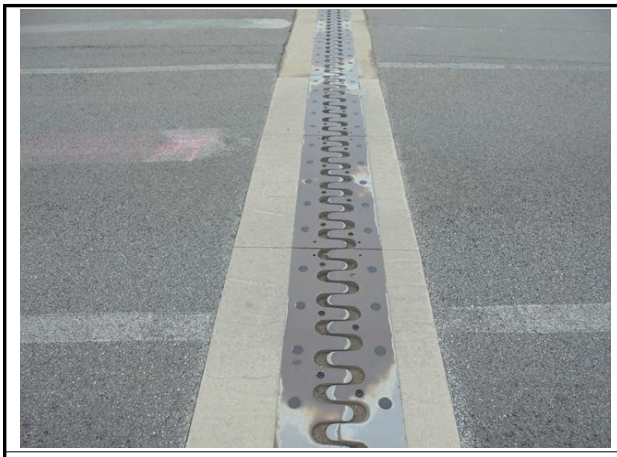
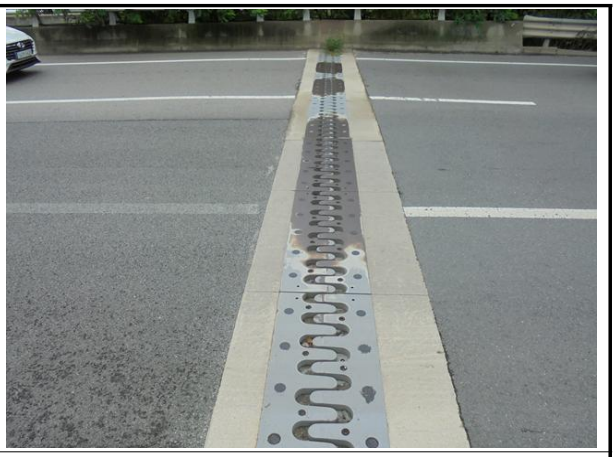
② 교량받침 이동량 검토의견

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

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

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

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

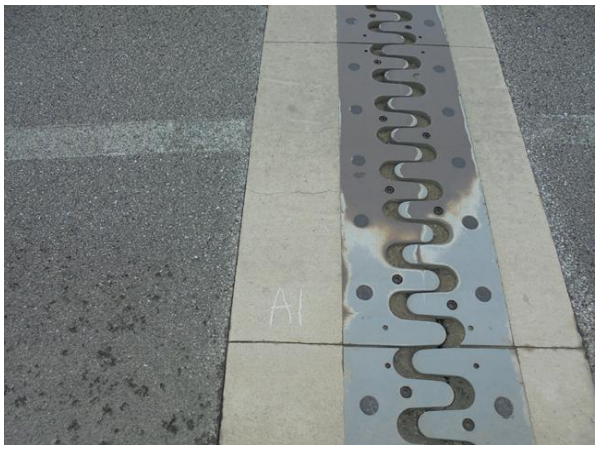
【사진 2.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜이상), 하부누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 2.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재균열 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	1.40	6	-	-
A2 (EXP J2)	2.40	8	1.00	1
합계	3.80	14	1.00	1

	
A1 후타재 균열(0.3㎜/0.25m×4EA)	A2 하부 누수(1.0m)
A2 하부 누수(1.0m)	A2 하부 누수(1.0m)

【사진 2.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

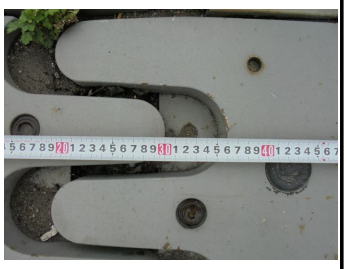
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나, 하자보수 만료전이므로 주입보수 등의 보수가 필요할 것으로 사려되며, 신축이음 하부 누수의 경우 손상의 진전시 신축이음 교체 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다, 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

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. 08. 23. 기온 적용: 25.3℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃-25.3℃ = 14.6℃
△T(수축시) : -20.0℃-(25.3℃) = 45.4℃
△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 2.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 2.3.12】 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	45.4	14.6	0.000012	35.0	19.1	6.1	53.0	100.0	142.0	
A2	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	60.0	98.0	93.0	

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

【표 2.3.13】 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	19.1	6.1	53.0	100	27.9	46.9	O.K
	바닥판			100.0	-	-	93.9	O.K
	거더			142.0	-	-	135.9	O.K
A2	신축이음	40.9	13.1	60.0	120	19.1	46.9	O.K
	바닥판			98.0	-	-	84.9	O.K
	거더			93.0	-	-	79.9	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

- 행주산성JCT R-B교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

교면포장 전경#1	교명판 전경

【사진 2.3.19】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 2.3.14】교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

교면포장 상태양호	교면포장 상태양호
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 2.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 행주산성JCT R-B교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

배수구 전경	배수관 전경

【사진 2.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 2.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

배수구 상태 양호 – 금회	배수구 상태 양호 - 21년 하반기
배수관 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 2.3.22】 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	방호벽 전경

【사진 2.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 2.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

난간 및 연석 상태양호	난간 및 연석 상태양호
난간 및 연석 상태양호	난간 및 연석 상태양호

【사진 2.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 행주산성JCT R-B교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

점검통로 전경

【사진 2.3.25】 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 2.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
합계	-	-

점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 2.3.26】 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.

2.3.3 현장조사 총괄표

【표 2.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보 및 세로보		상태양호	-	-	-	
교대		망상균열	㎡	0.25	1	
		누수흔적	㎡	0.60	1	
		누수흔적, 체수	㎡	2.60	2	
교각		망상균열	㎡	35.60	4	
교량받침		재료분리	㎡	0.02	1	
신축이음		후타재 균열	m	3.80	14	
		하부 누수	㎡	1.00	1	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		상태양호	-	-	-	
점검시설		상태양호	-	-	-	

2.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

2.4 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.

2.4.1 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 2.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

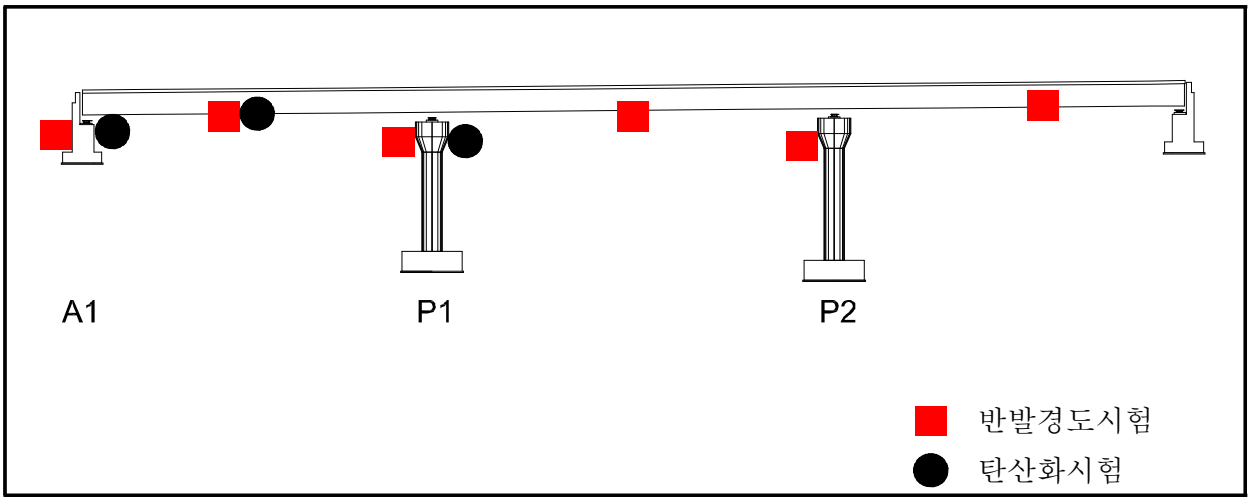
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

2.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상 · 하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 2.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.7	27.7	28.9	0.67	27.0	
	S2	바닥판	47.0	27.9	29.1			
	S3	바닥판	46.1	27.2	28.7			

【표 2.4.3】 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	43.5	24.9	27.4	0.67	24.0	

【표 2.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	49.1	41.5	49.7	0.67	40.0	
	P2	교각	48.9	41.3	49.4			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~29.1㎫, 하부구조(교대) 24.9~27.4㎫, 하부구조(교각) 41.3~49.4㎫ 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 2.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~29.1	27.0	100.7~107.8
하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	103.8~114.2
	교각	41.3~49.4	40.0	103.3~123.5

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 2.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P1 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 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 2.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	3.0~4.0	96.0~97.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 2.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	
		교각	41.3~49.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	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.

2.5 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.

2.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 2.5.1】 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	a	a	a	a	a	a	b	b	b	q	a	a
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	a	-	a	b	q	-	a
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	a	-	a	b	q	-	-
	A2								c	a	b	q	-	-
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.300	0.125	0.200	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.027	0.011	0.040	-	0.004	0.003
													0.140	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.140) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 2.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
행주산성JCT R-B교	0.140	B	110	1	110	1.000	0.140
합계(Σ)			110	1	110	1	0.140
1. 평가지수 =							0.140
2. 상태평가결과 =							B

2.5.2 기 점검 결과와의 비교

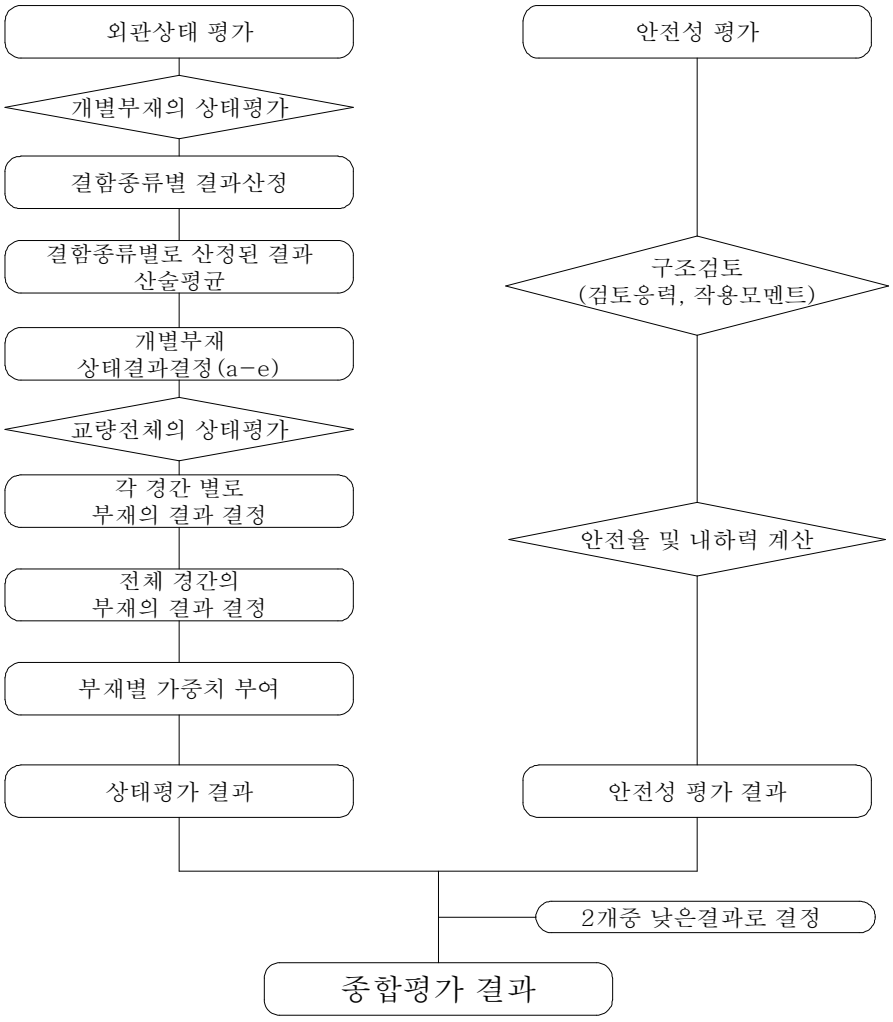
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

2.6 종합평가 및 안전등급 지정

2.6.1 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 2.6.1】 종합평가 결과 산정절차

2.6.2 종합평가 결과

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

【표 2.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
행주산성JCT R-B교	0.140	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

2.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 2.6.2】 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

2.7 보수·보강 및 유지관리방안

2.7.1 보수·보강 방안

【표 2.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
거더	외부	상태양호	-	-	-	-	-
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보 및 세로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		망상균열	㎡	0.25	1	표면처리	하자
		누수흔적	㎡	0.60	1	표면처리	하자
		누수흔적, 체수	㎡	2.60	2	표면처리	하자
교각		망상균열	㎡	35.60	4	표면처리	하자
교량받침		재료분리	㎡	0.02	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 균열	m	3.80	14	표면처리	하자
		하부 누수	㎡	1.00	1	교체	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		상태양호	-	-	-	-	-
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

2.7.2 개략공사비

【표 2.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	망상균열	표면처리	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
	누수흔적	표면처리	0.60	0.90	㎡	-	-	하자
	누수흔적, 체수	표면처리	2.60	3.90	㎡	-	-	하자
교각	망상균열	표면처리	35.60	53.40	㎡	-	-	하자
교량받침	재료분리	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	3.80	1.42	m	-	-	하자
	하부 누수	교체	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		0						

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

2.7.3 유지관리방안

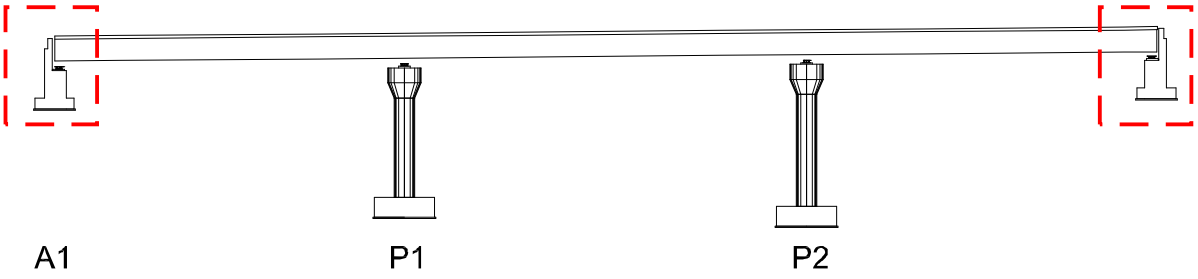
본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 2.7.3】 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 교대 망상균열 및 누수흔적 등 – 진전 여부확인



2.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90(강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 110.0m, 폭 5.0m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

2.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

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

2) Steel Box Girder

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보 및 세로보

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

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적, 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

- 받침콘크리트에서 발생된 재료분리는 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 하자담보 만료기간전에 단면보수 등의 하자보수가 필요 할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 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

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나, 하자보수 만료전이므로 주입보수 등의 보수가 필요할 것으로 사려되며, 신축이음 하부 누수의 경우 손상의 진전시 신축이음 교체 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다, 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 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, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 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 27.2~29.1㎫, 하부구조(교대) 24.9~27.4㎫, 하부구조(교각) 41.3~49.4㎫ 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 2.0㎜, 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, 행주산성JCT R-B교의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

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

2.8.2 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.

2.8.3 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.