41. 내포IC R-B1교

41.1 시설물 개요

41.2 자료수집 및 분석

41.3 현장조사

41.4 콘크리트 내구성조사

41.5 상태평가

41.6 종합평가 및 안전등급 지정

41.7 보수·보강 및 유지관리 방안

41.8 종합결론

41. 내포IC R-B1교

41.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 16.3m로 시공되어 있다.

41.1.1 일반사항

【표 41.1.1】 내포IC R-B1교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000149	관리번호	-	
시설물위치		경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=50.8m(단경간)			
	폭	B=16.3m			
구조형식	상부	IPC 거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		탄성받침	신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		대명골천	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		㈜대우건설	관리주체	㈜신성엔지니어링	
감 리 자		㈜신성엔지니어링	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

측면 전경

상부 전경

41.1.2 위치도 및 전경사진

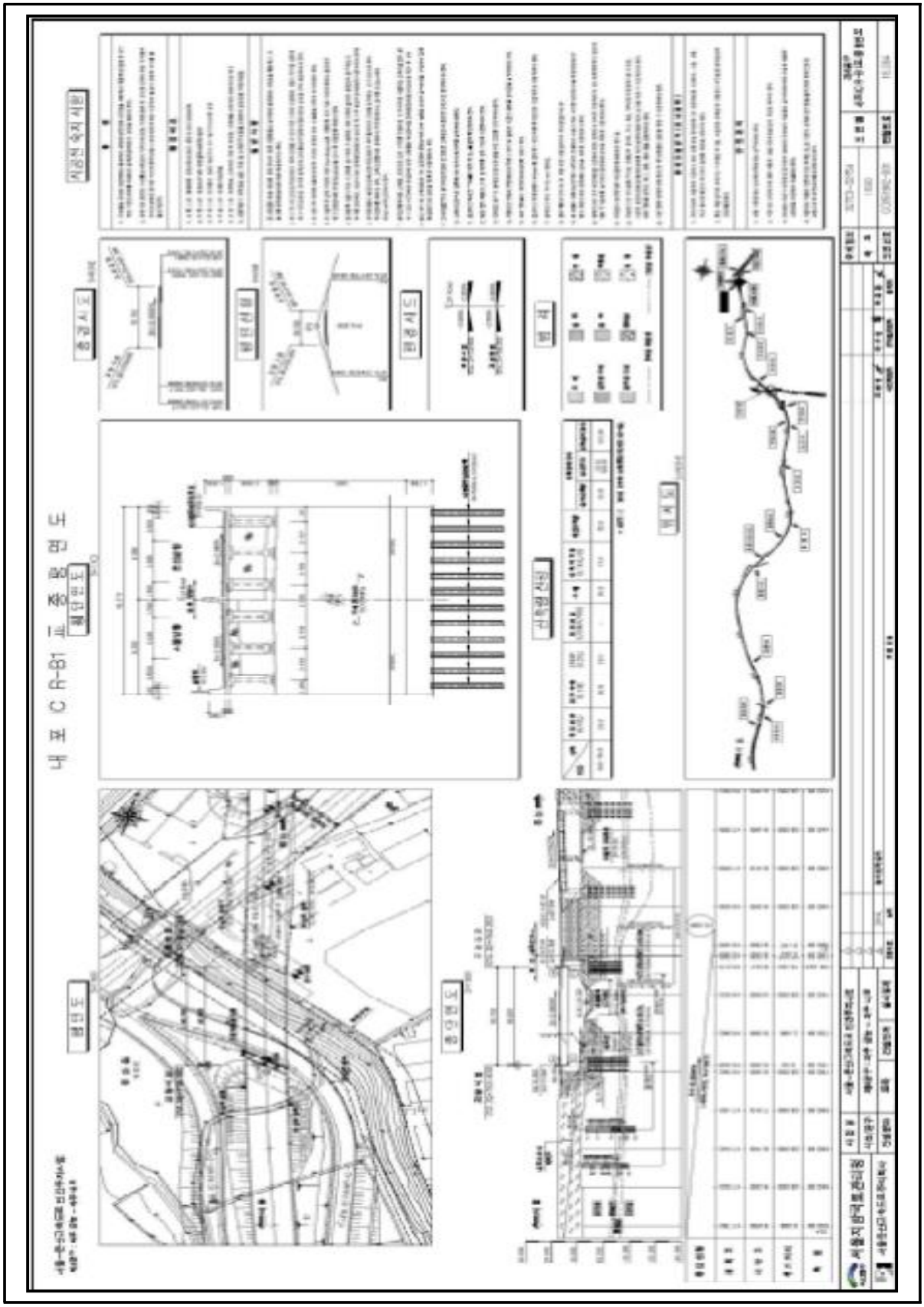
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 41.1.1】 위치도

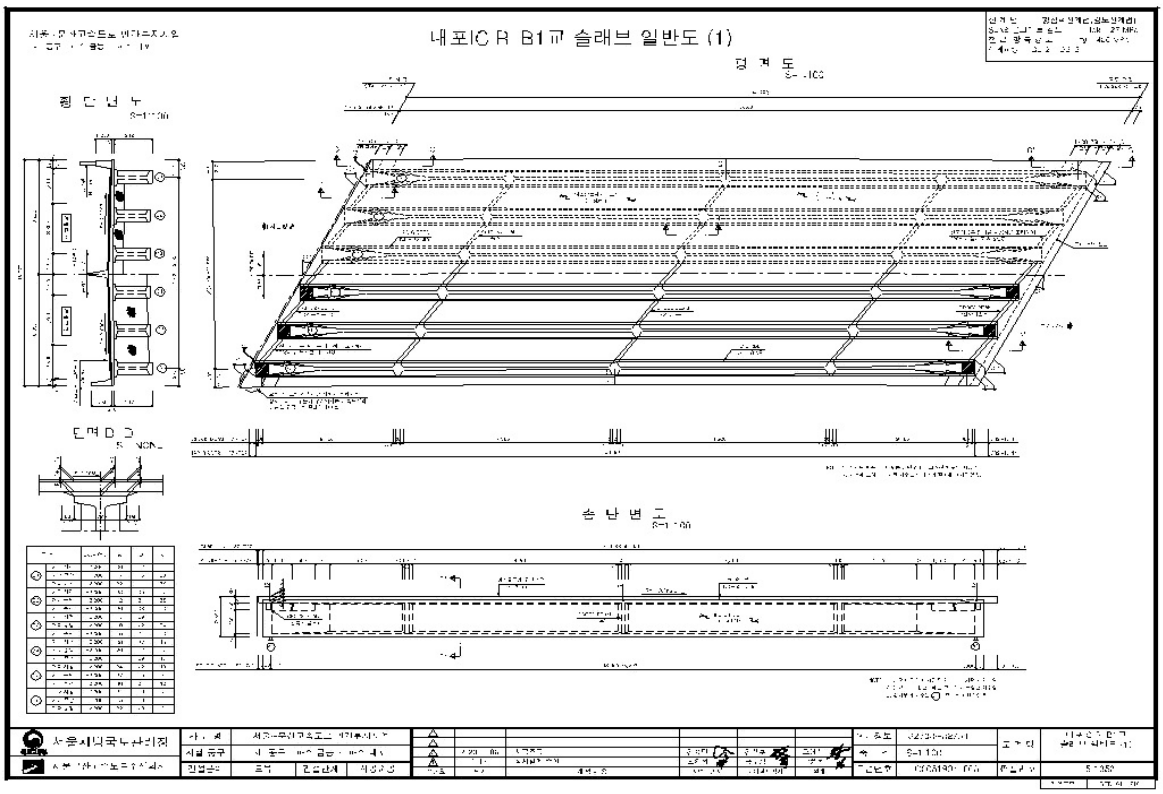
교면포장 전경	신축이음 전경
거더 전경	바닥판하면 전경
교대 전경	배수시설 전경

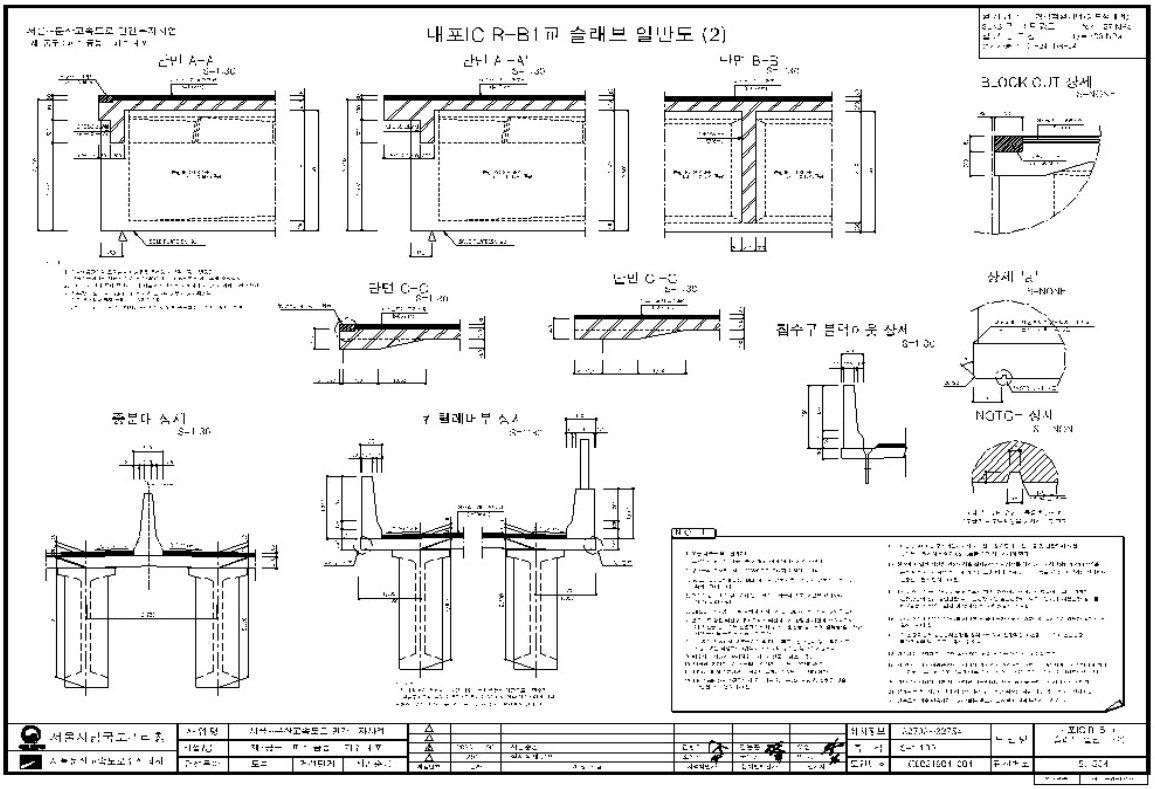
【그림 41.1.2】 부재별 현황

41.1.3 시설물 일반도

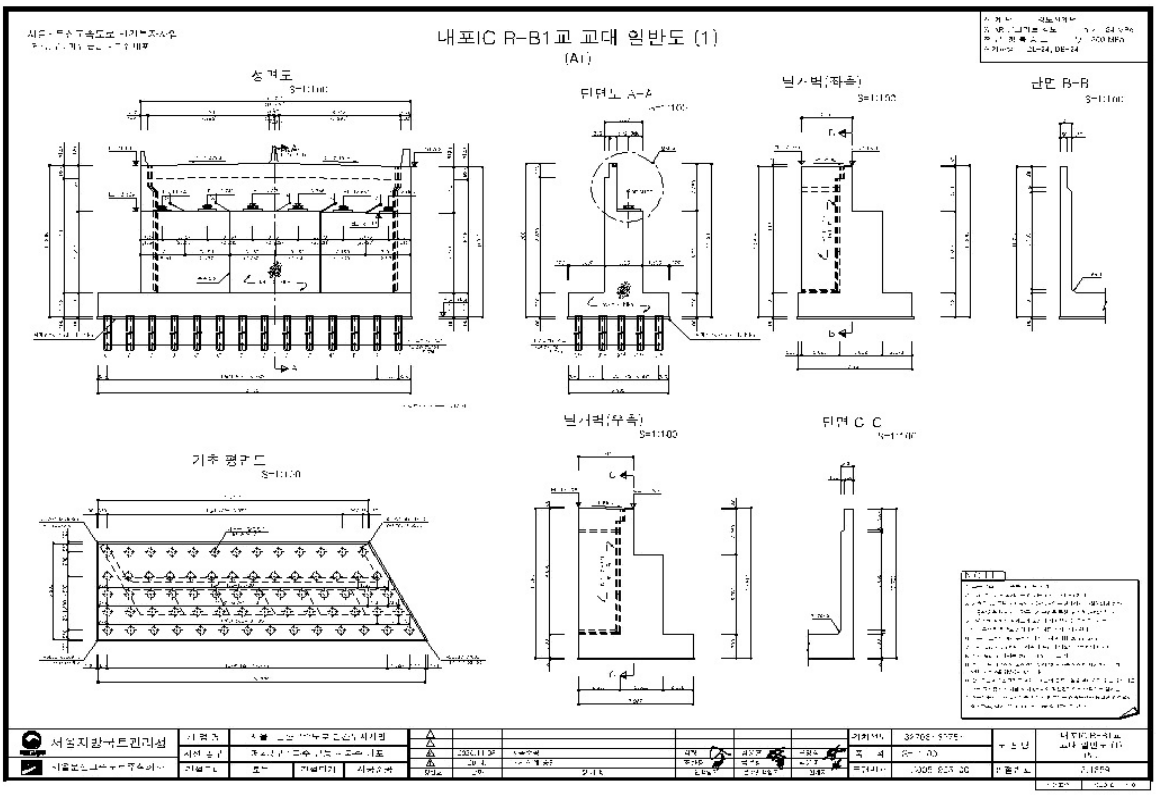


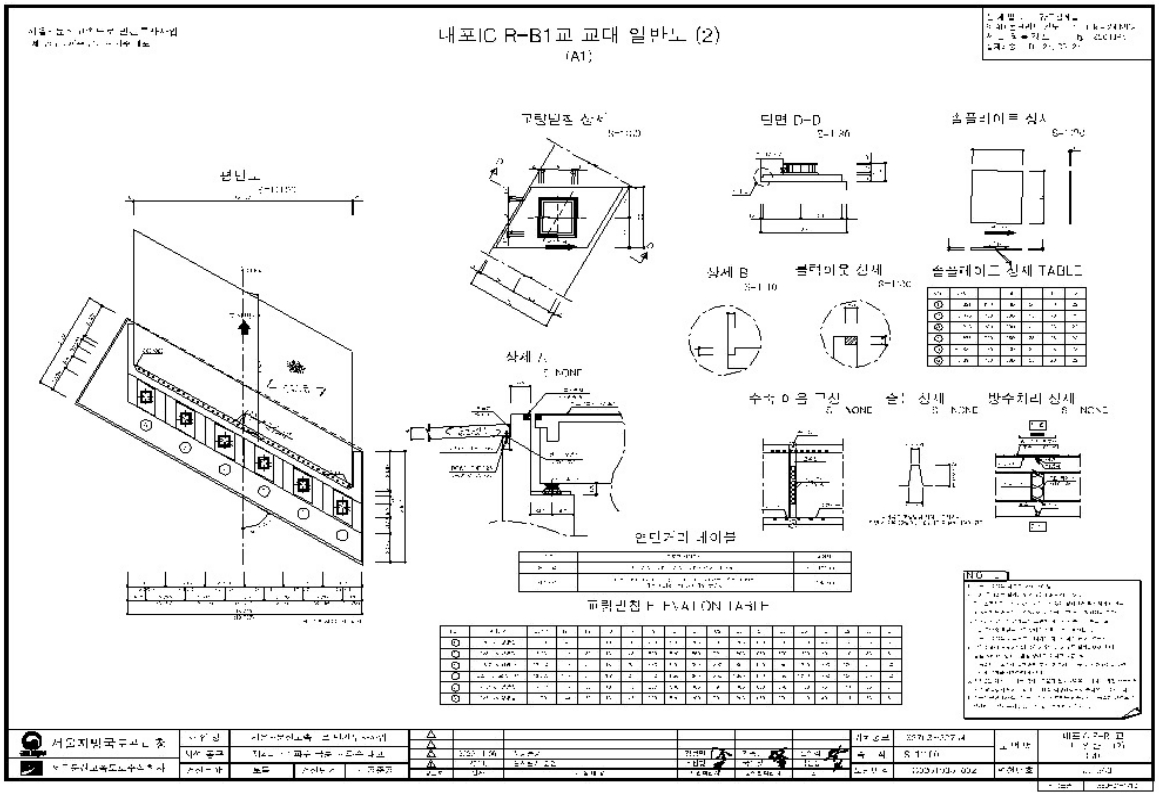
【그림 41.1.3】 평면 및 종단면도



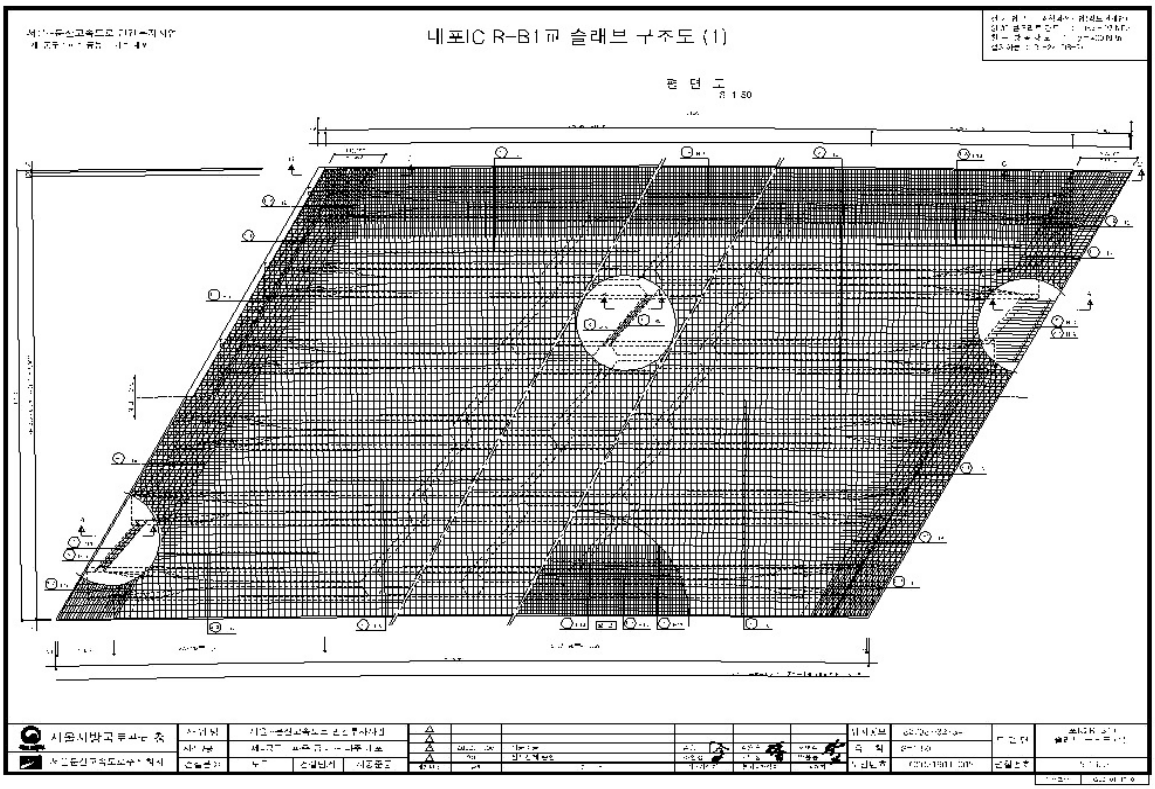


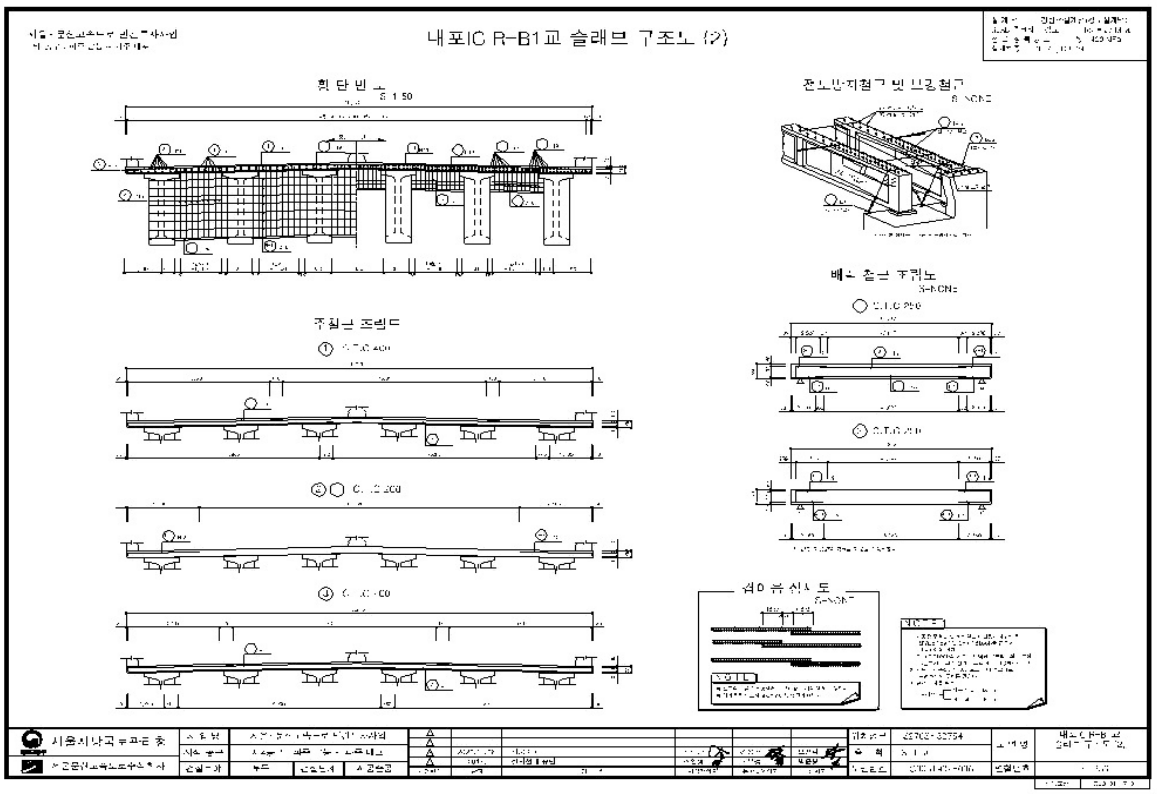
【그림 41.1.4】 바닥판하면 일반도



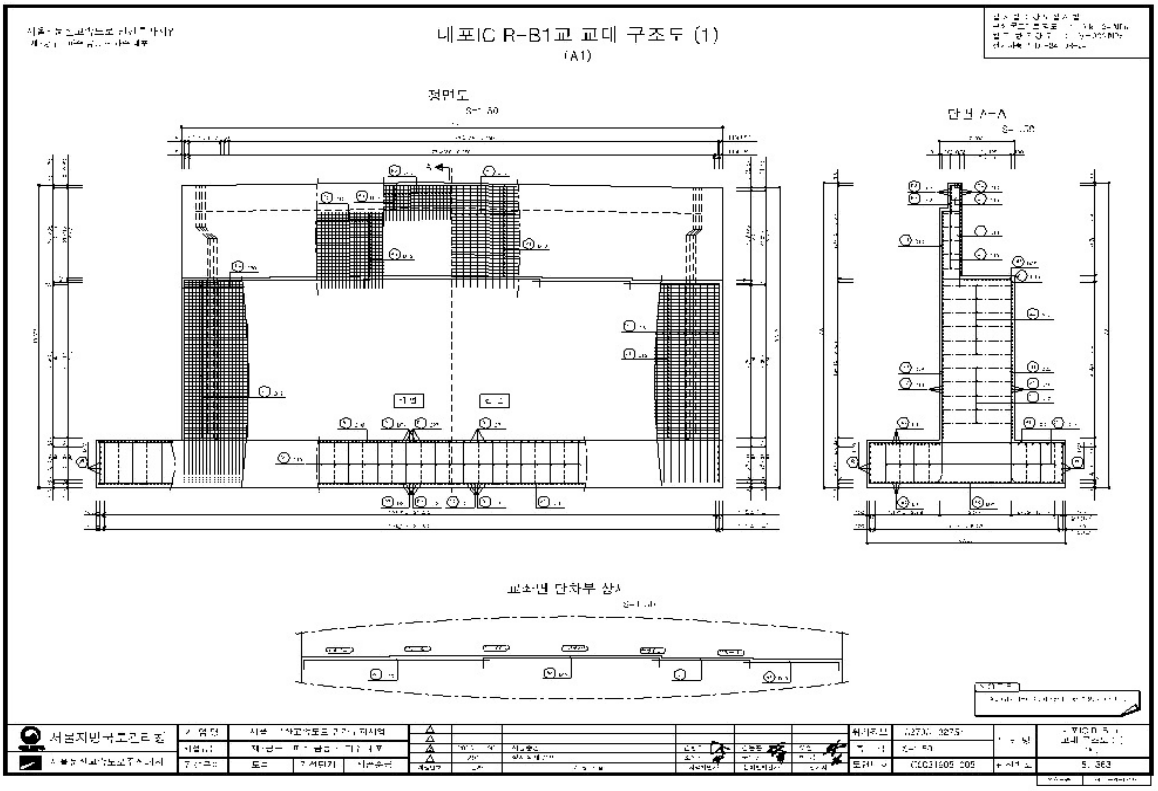


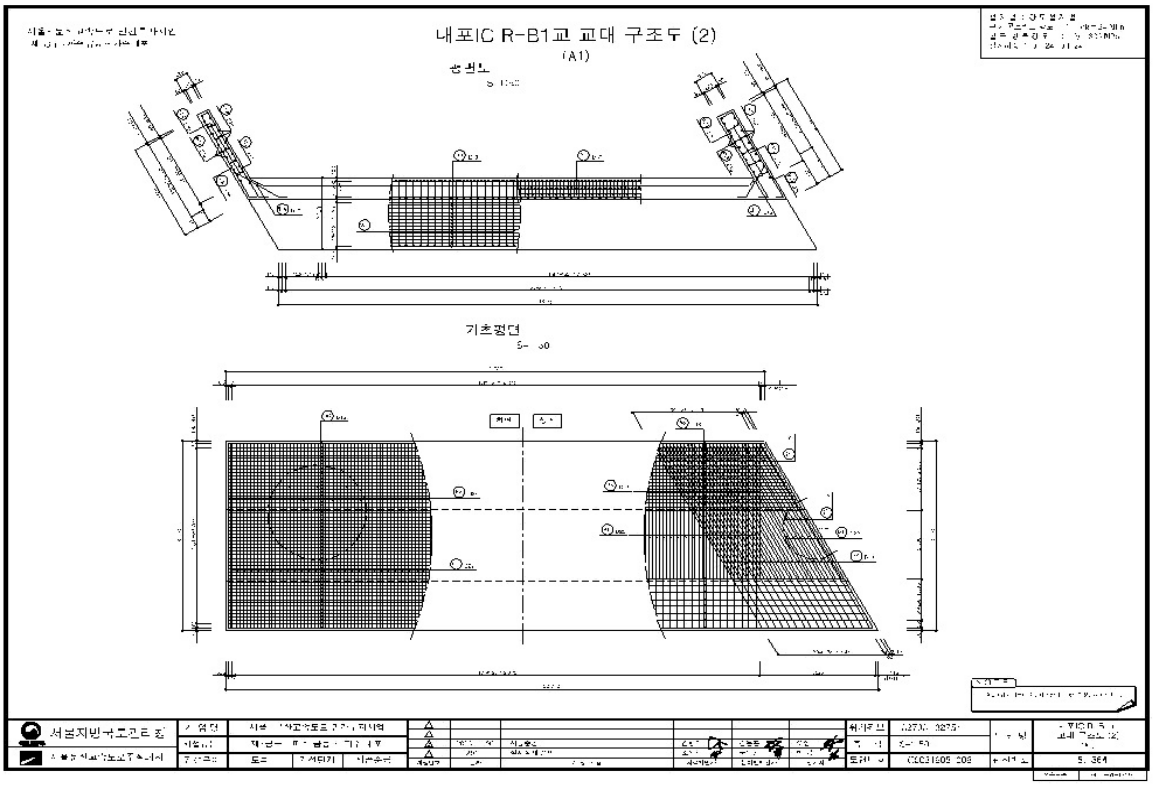
【그림 41.1.5】 교대 일반도





【그림 41.1.6】 슬래부 구조도





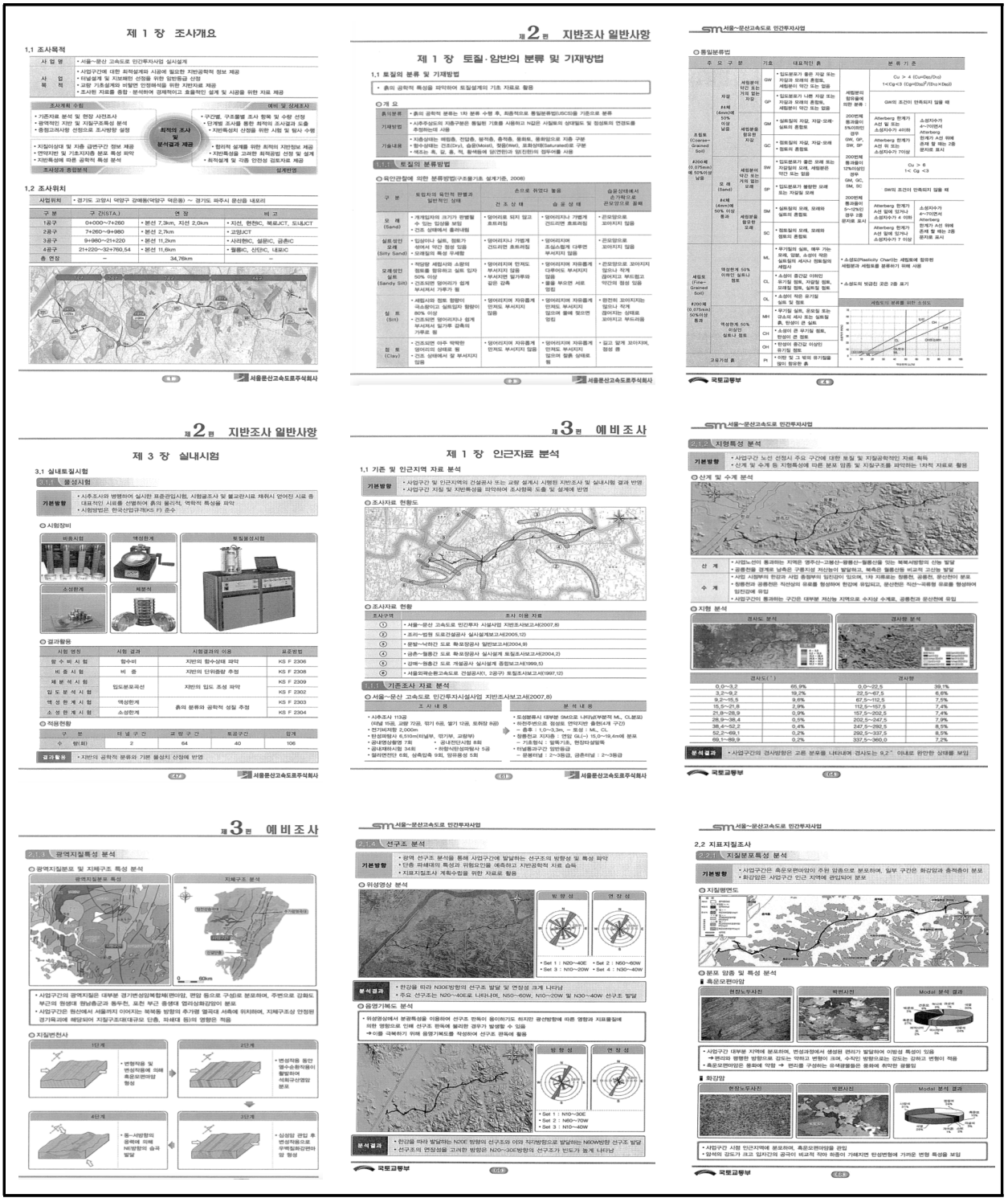
【그림 41.1.7】 교대 구조도

41.2 자료수집 및 분석

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

41.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질

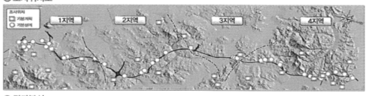


제3편 예비조사

2.2.2 절리특성 분석

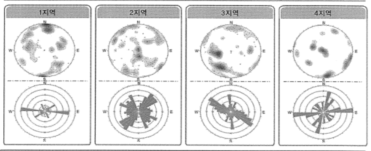
기본방향	• 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악 • 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

○ 조사위치도



○ 결과분석

구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE 내지 NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • NEE주향 절리 발달



분석결과	• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세 • 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포

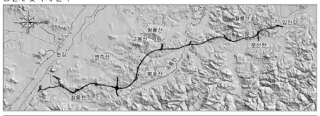
69 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.1.2 지형특성 분석

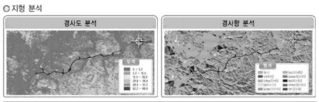
기본방향	• 사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 • 산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○ 산계 및 수계 분석



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

○ 지형 분석



경사도(°)		경사향	
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%
28.9~38.4	0.5%	202.5~247.5	7.9%
38.4~52.2	0.4%	247.5~292.5	8.5%
52.2~69.1	0.2%	292.5~337.5	8.5%
69.1~89.9	0.2%	337.5~360.0	7.2%

분석결과	• 사업구간의 경사방향은 고른 분포를 나타내며 경사도는 9.2° 이내로 완만한 상태를 보임

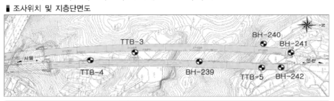
국토교통부 64

제4편 상세 및 보완조사

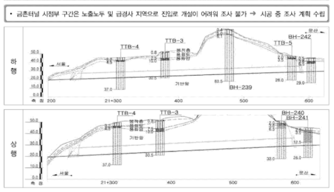
2.1.2 터널구간

○ 금촌터널(BH-239, 240, 241, 242, 제3자 공고: TTB-3, 4, 5)

▮ 조사위치 및 지층단면도



• 금촌터널 시점부 구간은 노출노두 및 급경사 지역으로 진입로 개설이 어려워 조사 불가 → 시공 중 조사 계획 수립



▮ 지층상태

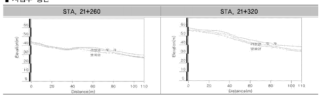
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매 립 층	0.0	0.5~2.0	실트질 모래	13/30
붕 적 층	0.0~0.5	0.4~3.3	실트질 모래	4/30~8/30
퇴 적 층	2.0	1.5	실트질 점토	4/30~5/30
풍 화 토	0.4~0.8	5.6~6.7	실트질 모래	13/30~50/20
풍 화 암	2.0~7.5	0.1~2.5	실트질 모래	50/7
연 암	2.0~3.8	1.6~2.7	편마암	69~100%/18~31%
보 통 암	3.5~3.6	2.9~9.0	편마암	83~100%/58~66%
경 암	3.5~12.5	13.5~54.4	편마암	87~100%/50~100%

79 서울문산고속도로주식회사

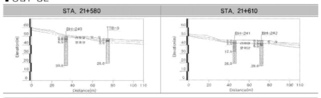
서울~문산고속도로 민간투자사업

구 분	지 층 개 요
매 립 층	• 최상부층으로 지표하 0.5~2.0m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈석인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
붕 적 층	• 지표하 0.0m에서 0.4~3.3m 층후로 분포 • 암갈색~황갈색의 자갈석인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
퇴 적 층	• 지표하 2.0m에서 1.5m 층후로 분포 • 암갈색의 실트질 점토로 구성되며 표준관입시험 결과 연약~보통견고한 연경도
풍 화 토	• 지표하 0.4m에서 5.6m 층후로 분포하며 암편석인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍 화 암	• 지표하 6.0m에서 0.1m 층후로 분포하며 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• 지표하 2.0~3.8m에서 1.6~2.7m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 69~100/18~31%로 매우불량~불량한 암질 상태 • 심한풍화~약간풍화, 약함~강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
보 통 암	• 지표하 3.5~3.6m에서 2.9~9.0m 층후로 분포 • 암회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 83~100/58~66%로 보통~양호한 암질 상태 • 보통풍화~약간풍화, 매우약함~매우강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	• 지표하 6.1~12.5m에서 13.5~54.4m이상 층후로 분포 • 암회색의 편마암으로 분포하며 BH-240, BH-242공 일부 절리면에서 단층활면이 관찰 • TCR/RQD는 87~100/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태

▮ 시점부 횡단



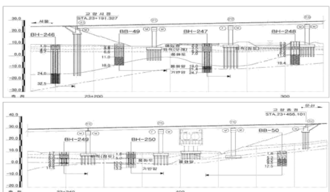
▮ 종점부 횡단



• 시추조사 결과 토사층은 2.0~7.5m 층후로 분포하며, 21+340~21+440 부근에서 깊어지는 경향을 보임
• 기반암층은 지표하 2.0~3.8m에서 출현하지만 터널통과구간의 암질상태는 불량함

국토교통부 80

제4편 상세 및 보완조사



▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~2.3	점토질모래, 실트질 모래, 모래질자갈	6/30~26/30
붕적층		1.6	3.4	점토질 모래	12/30~15/30
퇴적층	점토	0.0~4.8	0.7~4.0	모래질실트, 실트질점토, 모래질점토	3/30~21/30
	모래	2.3~6.3	0.7~4.0	실트질 모래, 자갈질 모래	5/30~28/30
	자갈	5.0	0.8	모래질 자갈	16/30
풍화토		5.0~7.0	2.2~18.3	실트질 모래	5/30~50/12
풍화암		7.5~24.0	0.2~8.5	실트질 모래	50/10~50/1
연 암		9.5	3.0	편마암	72%/7%
보통암		21.4	3.3	편마암	93%/48%
경 암		9.5~10.2	2.0~3.0	편마암	100%/75~79%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 1.0~2.3m 층후로 분포하며 실트질 모래~점토질 모래로 구성 • 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
붕적층		• BH-250에서 분포하며 지표하 1.6m에서 3.4m 층후로 점토질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 최상부층으로 지표하 0.0~4.8m에서 0.7~4.0m 층후로 실트질 점토, 모래질 점토로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약~매우견고한 연경도
	모래	• 지표하 2.3~6.3m에서 0.7~4.0m 층후로 분포하며 갈색~황갈색의 실트질 모래~자갈질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀의 상대밀도
	자갈	• BH-249에서 지표하 5.0m에서 0.8m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 5.0~7.0m에서 2.2~18.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 7.5~24.0m에서 0.5~8.5m 이상 층후로 분포 • 굴진시 암편석인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암		• 지표하 9.5m에서 3.0m 이상으로 분포하며 RQD=7%로 매우불량한 암질상태
보통암		• 지표하 21.4m에서 3.3m 이상으로 분포하며 RQD=48%로 보통양호한 암질상태
경 암		• 지표하 9.5~10.2m에서 2.0~3.0m 이상 층후로 분포하며 RQD=75~79%로 양호한 암질상태

83 서울문산고속도로주식회사

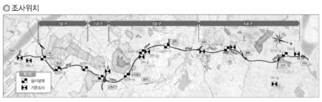
서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링

2.2.1 시험굴조사

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

○ 조사위치



○ 기존조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.70	19.70	17.02	17.97	0.912
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.42	19.54	16.04	17.02	0.871
	TP-3	2.0	풍화토	15.51	17.97	12.77	14.80	0.824
4공구	TP-4	2.0	풍화토	14.41	16.47	12.08	13.80	0.838
	TP-5	1.8	풍화암	17.00	20.66	14.57	17.70	0.857
	TP-6	1.5	풍화암	17.21	19.78	16.58	19.05	0.963
1공구	TP-7	2.0	풍화토	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	풍화토	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839
4공구	TP-9	1.8	풍화토	14.13	16.31	12.66	14.61	0.896

○ 실시설계조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	NTP-1	1.0	SM	18.09	14.90	14.36	11.83	1.260
	NTP-2	1.0	SM	17.68	15.49	14.22	12.46	1.244
	NTP-3	1.0	SM	18.51	16.60	13.82	12.39	1.340
2공구	NTP-4	1.0	SM	17.62	14.93	13.38	11.34	1.317
3공구	NTP-5	1.0	SM	17.84	16.74	14.50	13.60	1.231
	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1.312
	NTP-7	1.0	SM	18.01	15.00	13.93	11.60	1.293
4공구	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

분석결과	• 불교란시료의 습윤단위중량 : 14.13~18.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³ • 교란시료의 습윤단위중량 : 12.08~17.02kN/m³, 건조단위중량 : 10.39~19.05kN/m³ • L값 : 0.79~1.443의 범위로 나타남

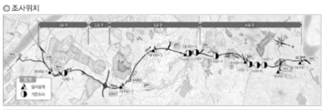
국토교통부 120

제4편 상세 및 보완조사

2.2.2 핸드오거보링

개 요	• 쌓기구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시 • 연약지반 분포현황 파악 및 쌓기부 시추조사 시행여부 결정

○ 조사위치



구 분			전답층 심도(m)	전답층 구성성분	충적층 심도(m)	충적층 구성성분
기존조사	1공구	HAB-1	0.0~1.1	암회색, 자갈석인 실트질 모래	1.1~2.0	암회색, 모래질 실트
	3공구	HAB-2	0.0~0.4	회색, 모래질 실트	0.4~2.0	암회색, 실트질 모래
		HAB-3	0.0~0.9	암회색, 실트질 모래	0.9~1.8	암회색, 점토질모래
	4공구	HAB-4	0.0~0.6	암회색, 자갈석인 실트질 모래	0.6~1.5	암회색, 자갈석인 실트질 모래
		HAB-5	0.0~1.0	갈색, 실트질 모래	1.0~1.5	갈색~담갈색, 실트질 모래
		HAB-6	0.0~0.4	암회색, 자갈석인 실트질 모래	0.4~1.7	암회색, 실트질 모래
		HAB-7	0.0~1.2	갈색, 습윤, 실트질 모래	1.2~1.8	암회색, 실트질 모래
실시설계	1공구	NHAB-1	0.0~0.7	암회색, 실트질 점토	0.7~1.0	황갈색, 실트질 모래
	3공구	NHAB-2	0.0~1.5	암갈색, 실트질 모래	1.5~2.0	암회색, 모래질 실트
		NHAB-3	0.0~1.0	암회색, 자갈석인 실트질 모래	1.0~2.0	암갈색, 모래질 점토
		NHAB-4	0.0~2.0	암갈색, 모래석인 실트질 점토	–	–
	4공구	NHAB-5	0.0~1.2	암갈색, 실트질 모래	1.2~1.6	암갈색~갈색, 실트질 모래
		NHAB-6	0.0~0.5	암회색, 실트질 점토	0.5~1.5	갈색, 실트질 모래
		NHAB-7	0.0~0.6	암회색, 실트질 점토	0.6~1.2	암회색~갈색, 점토질 모래

현 장 사 진(HAB-2)

핸드오거보링 지층분포

121 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

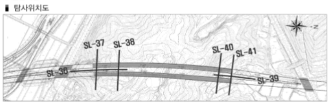
제 3 장 물리탐사

3.1 탄성파탐사

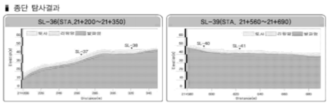
3.1.1 터널구간

○ 금촌터널

▮ 탐사위치도



▮ 종단 탐사결과



구 분		탄성파속도 (m/s)	시점부 추정심도(m)	시점부 층 후(m)	시점부 평 균(m)	종점부 추정심도(m)	종점부 층 후(m)	종점부 평 균(m)
토 사		700 이하	0.5~3.2	0.7~3.2	1.9	0.9~4.3	0.9~4.3	2.3
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.3~5.3	0.8~3.0	2.0	1.4~4.9	0.3~1.5	0.9
발파암	연 암	1,200~1,900	3.2~7.6	0.7~3.3	2.0	2.7~6.6	0.3~2.8	1.3
	보통암	1,900~2,900	3.6~8.1	0.3~0.7	0.5	3.1~7.1	0.4~0.8	0.5
	경 암	2,900 이상	3.6~8.1 이상	–	–	3.1~7.1 이상	–	–

▮ 분석결과

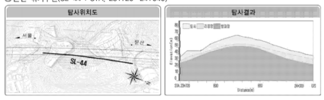
• 터널 시·종점부에 비하여 터널 중앙부로 갈수록 리핑암 또는 발파암이 지표에 노출되는 경향을 보임
• 토사층(제1속도층) 층후는 시점부는 0.7~3.2m(평균 1.9m), 종점부 0.9~4.3m(평균 2.3m)이며, 리핑암(제2속도층) 층후는 시점부 0.8~3.0m(2.0m), 종점부 0.3~1.5m(평균 0.9m)으로 나타남. 발파암은 지표하 2.7~3.2m에서 나타날 것으로 예상됨
• 터널 종점부의 시추조사 결과와 비교하였을 때 탄성파 탐사(SL-39)결과와 일치하는 것으로 확인됨

141 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

3.1.2 토공구간

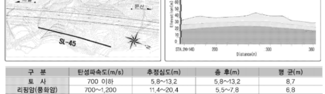
○ 본선 깎기구간(SL-44 : STA. 23+720~24+040)



구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	3.4~13.0	3.4~13.0	8.2
리핑암(풍화암)		700~1,200	6.7~16.3	2.3~8.4	4.9
발파암	연 암	1,200~1,900	9.8~19.4	3.1~3.2	3.1
	보통암	1,900~2,900	13.4~23.0	3.5~3.6	3.6
	경 암	2,900 이상	13.4~23.0 이상	–	–

• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 3.4~13.0m(평균 8.2m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 2.3~8.4m(평균 4.9m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 9.8m이상에서 나타날 것으로 예상됨

○ 본선 깎기구간(SL-45 : STA. 24+125~24+395)



구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	5.8~13.2	5.8~13.2	8.7
리핑암(풍화암)		700~1,200	11.4~20.4	5.5~7.8	6.8
발파암	연 암	1,200~1,900	17.3~26.3	5.8~5.9	5.9
	보통암	1,900~2,900	21.4~30.4	4.1~4.2	4.1
	경 암	2,900 이상	21.4~30.4 이상	–	–

• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 5.8~13.2m(평균 8.7m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 5.5~7.8m(평균 6.8m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 17.3m이상에서 나타날 것으로 예상됨

143 서울문산고속도로주식회사

나. 지반 및 지질 조사보고서

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 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용 • 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화암	50/8	206	290	PMT
	TTB-3	25.3	경 암	94	9,290	13,000	GMJ
	TTB-4	25.0	경 암	99	13,100	15,000	GMJ
	TTB-5	23.6	경 암	90	8,470	9,930	GMJ
영태터널	TTB-6	18.0	경 암	100	9,690	11,100	GMJ
	TTB-9	37.0	경 암	93	10,400	11,100	GMJ
	TTB-14	35.0	경 암	70	9,730	11,100	GMJ
	TTB-15	32.0	경 암	80	8,370	9,960	GMJ

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
월롱1교	BB-53	19.3	연 암	27	1,026	1,076	PMT
능산2교	BB-59	4.5	풍화암	50/5	306	420	PMT
내포 IC RAMP-B3	BB-64	10.0	퇴적층(실트)	4/30	2.1	–	LLT
	BB-64	21.0	연 암	9	624	754	PMT

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
제22깎기부	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌 터널	BH-239	10.0	경 암	87	9,122	20,611	GMJ
	BH-239	45.0	경 암	94	23,862	67,171	GMJ

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌3교	BH-246	25.0	풍화암	50/4	173	287	PMT
월롱교	BH-271	9.0	풍화암	50/5	244	442	PMT
능산1-1교	BH-286	13.0	연 암	31	543	1,222	PMT
내포IC R-B1교	BH-309	16.0	연 암	14	621	917	PMT
내포IC R-A교	BH-315	22.0	풍화암	50/5	237	436	PMT
	BH-315	24.0	연 암	43	452	885	PMT

▮ 깎기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-243	11.0	풍화암	50/10	149	327	PMT
BH-252-1	15.5	풍화암	50/6	265	387	PMT
BH-252-1	28.0	경 암	65	13,418	17,970	GMJ
BH-254	12.0	풍화토	20/30	62	78	PMT
BH-261-5	14.5	풍화암	50/8	203	349	PMT
BH-282	15.0	연 암	11	625	1,210	PMT
BH-284	10.5	연 암	8	480	1,009	PMT
BH-287	18.5	연 암	28	1,390	2,003	PMT
BH-293	15.4	연 암	18	3,405	6,500	PMT
BH-293-1	10.0	풍화암	50/8	226	482	PMT
BH-299	16.0	연 암	0~9	523	858	PMT
BH-302	13.0	풍화암	50/4	258	529	PMT
	18.0	연 암	23	581	933	PMT
BH-306	25.0	연 암	32	1,192	2,190	PMT

▮ 쌓기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-236	3.0	퇴적(점토)	2/30	1.93	–	LLT
BH-256	8.0	풍화암	50/7	318	513	PMT
BH-268	2.0	퇴적(점토)	8/30	9.67	–	LLT
BH-277	3.5	퇴적(점토)	3/30	3.89	–	LLT

○ 결과분석

구분	변형계수(MPa)					분석결과
	퇴적층	풍화토	풍화암	연 암	경 암	
터널구간	–	–	–	–	9,122~23,862	• 연암 변형계수 –교량구간:452~621MPa –깎기구간:480~3,406MPa • 위치 및 구조물별로 편차가 나타남
교량구간	–	–	173~244	452~621	–	
깎기구간	–	62	149~265	480~3,405	13,418	
쌓기구간	1.93~9.67	–	318	–	–	

4.1.2 공내전단시험

개 요	• 풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대층의 원위치 상태의 점착력(C)과 내부마찰각(ø)측정

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)	구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화토	50/8	20.0	28.0	영태터널	TTB-6	11.0	풍화암	50/6	27.4	32.0
	TTB-4	4.0	풍화암	50/9	26.0	32.5							

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
깎기4-1	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
금촌터널	BH-179	4.0	풍화토	50/15	18.6	28.2

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
내포IC R-A교	BH-315	21.0	풍화암	50/8	32.9	28.5

▮ 깎기구간

구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)	구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
BH-252-1	12.5	풍화토	50/13	17.4	28.2	BH-289	4.0	풍화암	50/7	32.3	29.8
BH-254	8.0	풍화토	18/30	14.6	24.6	BH-293	4.0	풍화토	50/18	19.4	29.3
BH-261-5	9.0	풍화토	50/17	17.5	29.4	BH-299	7.0	풍화토	50/28	15.8	27.1
BH-282	6.0	풍화암	50/7	32.5	31.5	BH-302	6.0	풍화토	50/27	17.2	25.9
BH-284	3.0	풍화토	50/15	18.7	27.5	BH-303-1	3.0	풍화토	50/30	18.0	28.1
BH-287	4.0	풍화암	50/8	29.7	28.3	BH-306	7.0	풍화토	50/15	19.0	25.6

○ 결과분석

구분	점착력(kPa)		내부마찰각(˚)		분석결과
	풍화토	풍화암	풍화토	풍화암	
터널구간	18.6	–	28.2	–	• 풍화토 점착력(kPa)/마찰각(˚) –교량구간:18.6/28.2 –깎기구간:14.6~19.4/24.6~29.4
교량구간	–	32.9	–	28.5	
깎기구간	14.6~19.4	29.7~32.5	24.6~29.4	28.3~31.5	

4.1.3 SPT효율시험

개 요	• 표준관입시험시 롯드에 전달된 실제 타격에너지를 측정한 후 이를 이론적 타격에너지와 비교하여 에너지 전달율을 구함으로써 N값의 신뢰도 확보

○ 시험현황

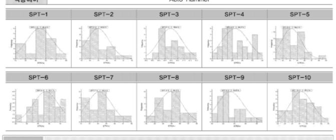
구 분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수량(회)	1	3	–	–	2	5	2	1

○ 기존조사 자료

공 번		BB-43	BB-51	BB-53	TTB-5
측정지층		풍화암	풍화토	풍화토	풍화토
ETR (%)	범위	49.1~61.5	48.1~58.3	53.0~65.5	50.6~56.2
	평균	54.1	53.2	60.1	52.6
적용해머		Donut Hammer	Donut Hammer	Auto Hamme	Donut Hammer

○ 실시설계조사 자료

공 번		SPT-1	SPT-2	SPT-3	SPT-4	SPT-5	SPT-6	SPT-7	SPT-8	SPT-9	SPT-10
측정지층		풍화토	풍화토	풍화암	풍화암	풍화암	풍화토	퇴적층	풍화토	퇴적층	풍화토
ETR (%)	범위	63.1~67.2	62.2~67.5	58.5~61.9	62.3~66.6	62.4~68.0	63.4~67.4	62.3~67.2	62.5~67.6	62.4~66.3	62.8~68.1
	평균	65.4	63.9	59.9	64.3	64.2	65.7	64.2	64.9	63.6	65.3
적용해머		Auto Hammer									



분석결과	• 기존 조사시 평균ETR 52.6~60.1%(평균 55.0%)로 나타남 • 금회 조사시 평균ETR 59.9~65.7%(평균 64.1%)로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	• 사업구간내 시추공의 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포 현황을 파악 • 각 시추공별 지하수위는 24, 48, 72시간 경과 후 측정

○ 기존조사 자료

구 분		터널구간	교량구간	깎기구간	쌓기구간
지하수위	GL. -m	1.7~16.3	0.4~9.5	1.3~17.3	3.9
	EL. m	39.2~95.6	2.1~53.5	19.8~60.3	2.7~4.3

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m
BH-239	27.0	51.5	BH-241	2.2	43.1	BH-242	2.4	42.8
BH-240	3.1	50.7	–	–	–	–	–	–

▮ 교량구간

구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m
BH-243-2	2.8	20.0	BH-278	4.6	5.8	BH-304-2	1.6	13.5
BH-246	2.7	7.0	BH-279	4.9	5.4	BH-305	1.6	13.7
BH-247	3.1	7.4	BH-280	1.9	7.1	BH-305-1	2.6	12.5
BH-248	4.3	6.2	BH-281	4.3	5.5	BH-305-2	2.2	12.6
BH-249	1.8	7.5	BH-285-1	3.5	6.1	BH-305-6	3.8	10.5
BH-250	1.2	8.6	BH-285-2	1.6	6.0	BH-308	4.5	2.3
BH-261-1	1.7	23.2	BH-286	4.2	3.4	BH-309	4.5	3.8
BH-261-2	1.8	23.9	BH-286-1	4.6	3.0	BH-310	4.7	3.7
BH-261-3	7.2	26.6	BH-286-2	3.8	4.7	BH-311	4.8	4.2
BH-261-4	8.0	26.0	BH-288	2.5	8.8	BH-313	9.7	2.7
BH-270	5.5	9.5	BH-288-1	2.4	9.4	BH-314-1	9.2	1.6
BH-271	2.5	9.5	BH-294-1	3.3	11.8	BH-315	10.2	1.8
BH-272	0.5	10.3	BH-295	0.1	10.3	–	–	–
BH-273	2.5	7.5	BH-296	1.8	10.3	–	–	–

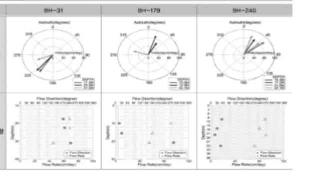
4.2.4 지하수 유향유속시험

개 요	• 터널구간 불연속면 분포구간에 대한 지하수 유동속도 및 방향성 측정 • 터널의 전체적인 지하수 흐름 경향 파악 및 설계시공의 기초 자료로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공 번	측정심도(m)	유향(MN)	유속(cm/day)	주흐름방향
강매터널	BH-31	17.5	212.9	67.74	SSW~SWW
		22.5	220.0	68.34	
		31.0	249.7	44.96	
문봉터널	BH-179	10.0	018.1	90.72	NWW~NNE
		15.5	030.0	60.48	
		20.7	286.8	55.54	
금촌터널	BH-240	10.3	053.2	88.84	NNE~NEE
		17.2	029.8	79.78	
		21.8	019.6	90.43	
		30.1	046.9	71.57	

구 분	BH-31	BH-179	BH-240
심도별 Diagram 분석결과			
주 흐름방향			



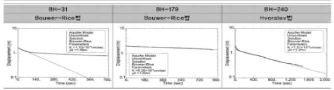
분석결과	• BH-31 유향은 212.9˚~249.7˚ (SSW~SWW방향)이며 44.96~68.34cm/day의 유속을 보임 • BH-179 유향은 286.8˚~30.0˚ (NWW~NNE방향)이며 55.54~90.72cm/day의 유속을 보임 • BH-240 유향은 19.6˚~53.2˚ (NNE~NEE방향)이며 71.57~90.43cm/day의 유속을 보임

4.2.5 순간충격시험

개 요	• 순간적으로 물을 주입후 상승한 수위가 원래의 안정수위로 회복하는 수위변화를 측정 • 투수량 계수(T)와 투수계수(K)를 구하여 수리 해석시 입력 물성치로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

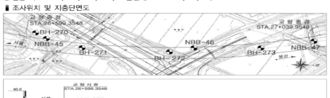
구 분	공번	심도(m)	초기수위(m)	대수층 두께(m)	분석방법	K(cm/sec)	T(cm²/sec)
강매 터널	BH-31	34.0	17.15	16.85	Bouwer-Rice	1.10×10⁻⁴	0.186
					Hvorslev	1.59×10⁻⁴	0.268
					평균	1.35×10⁻⁴	0.227
	BH-34	15.0	3.50	11.50	Bouwer-Rice	3.73×10⁻⁴	0.429
					Hvorslev	5.21×10⁻⁴	0.599
					평균	4.47×10⁻⁴	0.514
문봉 터널	BH-179	30.5	7.45	23.05	Bouwer-Rice	6.28×10⁻⁶	0.014
					Hvorslev	8.32×10⁻⁶	0.019
					평균	7.30×10⁻⁶	0.017
	BH-180	20.1	8.76	11.34	Bouwer-Rice	6.26×10⁻⁶	0.007
					Hvorslev	8.68×10⁻⁶	0.010
					평균	7.47×10⁻⁶	0.008
금촌 터널	BH-240	33.0	3.20	29.80	Bouwer-Rice	1.51×10⁻⁵	0.045
					Hvorslev	2.05×10⁻⁵	0.061
					평균	1.78×10⁻⁵	0.053
	BH-242	29.0	2.15	26.85	Bouwer-Rice	3.52×10⁻⁴	0.898
					Hvorslev	4.65×10⁻⁴	1.186
					평균	4.09×10⁻⁴	1.042

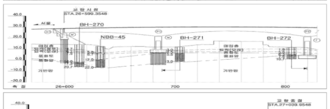


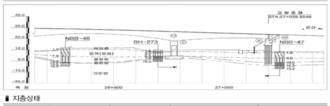
분석결과	• 시험결과 투수계수(K)는 7.30×10^{-6} ~ 4.47×10^{-4}cm/sec의 범위를 보이며 투수량 계수(T)는 0.008~1.042cm²/sec의 범위를 나타냄

○ 월롱교(BH-270, 271, 272, 273, 보완설계 : NBB-45, 46, 47)

▮ 조사위치 및 지층단면도







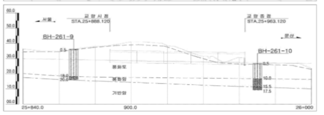
▮ 지층상태

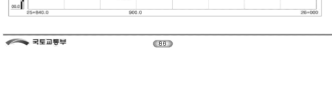
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~4.7	실트질 모래, 모래질 자갈	7/30~22/30
붕적층		0.0	6.7	실트질 모래, 모래질 자갈	15/30~20/30
퇴적층	점토	4.7	1.4	모래질 실트	6/30~8/30
	모래	1.6~6.1	1.4~3.9	실트질 모래, 점토질 모래	5/30~11/30
	자갈	1.0~1.5	5.0~6.0	모래질 자갈	4/30~23/30
풍화토		4.5~7.5	1.0~8.5	실트질 모래	21/30~50/13
풍화암		5.5~16.0	0.5~7.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		7.0~17.3	3.0~3.5	편마암	84~100%/12~25%
보통암		13.5	3.0	편마암	100%/39%

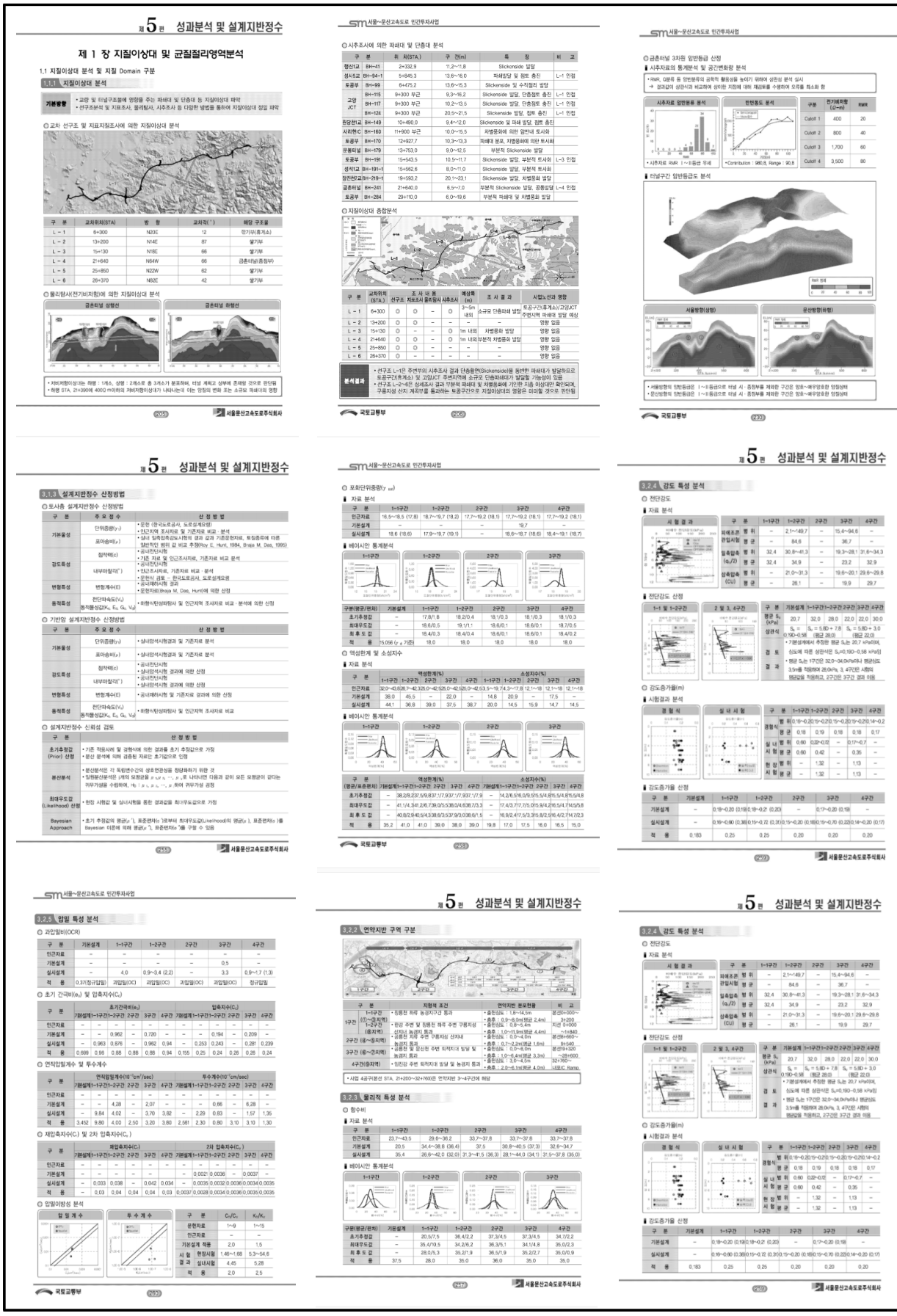
구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.0~4.7m 층후로 분포하며 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
붕적층		• 지표하 0.0m에서 6.7m 층후로 분포하며 황갈색의 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
퇴적층	점토	• 지표하 4.7m에서 1.4m 층후로 분포하며 암회색의 모래질 실트로 구성, 보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 1.6~6.1m에서 1.4~3.9m 층후로 분포하며 자갈석인 실트질 모래, 자갈석인 점토질 모래로 구성
	자갈	• 지표하 1.0~1.5m에서 5.0~6.0m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 4.5~7.5m에서 1.0~8.5m 층후로 분포하며 암편석인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 5.5~16.0m에서 0.5~7.5m 이상 층후로 분포 • 갈색~암갈색을 띠는 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 7.0~17.3m에서 3.0~3.5m 이상 층후로 분포하며 갈색~담회색, 암갈색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 84~100%/12~25%로 매우불량~불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.5m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며 담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/39%로 불량한 암질 상태

○ 월롱지하차도(BH-261-9~10)

▮ 조사위치 및 지층단면도






제 5 편 성과분석 및 설계지반정수
제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석
1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분
1.1.1 지질이상대 분석
기본방향
• 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
• 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악
교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석
물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석
금촌터널 상행선
금촌터널 하행선
• 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포되며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
• 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 함입의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향
2055
서울문산고속도로주식회사
서울~문산고속도로 민간투자사업
시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석
구 분 | 위 치(STA.) | 구 간(m) | 특 징 | 비 고
향산교 | BH-41 | 2+332.9 | 11.2~11.8 | Slickonside 발달
성사동교 | BH-94-1 | 5+845.3 | 13.6~16.0 | 파쇄암상 및 점토 충진 | L-1 인접
토공부 | BH-99 | 6+475.2 | 13.6~15.3 | Slickenside 및 수직절리 발달
고양 JCT | BH-115 | 9+300 부근 | 9.3~16.2 | Slickenside 발달, 단층점토 충진 | L-1 인접
BH-117 | 9+300 부근 | 10.2~13.5 | Slickenside 발달, 단층점토 충진 | L-1 인접
BH-124 | 9+300 부근 | 20.5~21.5 | Slickenside 발달, 점토 충진 | L-1 인접
한강한교 | BH-149 | 10~480.0 | 9.4~12.0 | Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진
사리현IC | BH-160 | 11+900 부근 | 10.0~15.5 | 지반풍화에 의한 절리내 토사화
토공부 | BH-170 | 12+927.7 | 10.3~13.3 | 파쇄대 분포, 지반풍화에 의한 토사화
문봉터널 | BH-179 | 13+753.0 | 9.0~12.5 | 부분적 Slickenside 발달
토공부 | BH-191 | 15+543.5 | 10.5~11.7 | Slickenside 발달, 부분적 토사화
성석고교 | BH-191-1 | 15+562.6 | 8.0~11.0 | Slickenside 발달, 부분적 토사화
장진천교 | BH-219-1 | 19+593.2 | 20.1~23.1 | Slickenside 발달, 지반풍화 발달
금촌터널 | BH-241 | 21+640.0 | 6.5~7.0 | 부분적 Slickenside 발달, 공동발달 | L-4 인접
토공부 | BH-284 | 29+110.0 | 6.0~19.6 | 부분적 파쇄대 및 지반풍화 발달
지질이상대 종합분석
구 분 | 교차위치 (STA.) | 조 사 내 용 선구조 | 지표조사 | 물리탐사 | 시추조사 | 예상폭 (m) | 조 사 결 과 | 시업노선과 영향
L-1 | 6+300 | ○ | ○ | – | ○ | 3~5m 내외 | 소규모 단층파쇄 발달 | 토공구간(휴게소)/고양JCT 주변시역 파쇄대 발달 예상
L-2 | 13+200 | ○ | ○ | – | – | – | – | 영향 없음
L-3 | 15+130 | ○ | – | – | ○ | 1m 내외 | 지반풍화 발달 | 영향 없음
L-4 | 21+640 | ○ | ○ | – | ○ | 1m 내외 | 부분적 지반풍화 발달 | 영향 없음
L-5 | 25+850 | ○ | ○ | – | – | – | – | 영향 없음
L-6 | 26+370 | ○ | – | – | – | – | – | 영향 없음
분석결과
• 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층점토(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변시역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
• 선구조 L-2~6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 지반풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨
국토교통부
2056
서울~문산고속도로 민간투자사업
금촌터널 3차원 입반등급 신청
시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석
• RMR, Q분류 등 입반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
→ 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함
시추자료 입반분류 분석
입반등도 분석
구분 | 전기비저항 (Ω-m) | RMR
Cutoff 1 | 400 | 20
Cutoff 2 | 800 | 40
Cutoff 3 | 1,700 | 60
Cutoff 4 | 3,500 | 80
• 시추자료 RMR : 이등급 우세
• Contribution : 980.8, Range : 90.8
터널구간 입반등급도 분석
RMR 영역
서울방향(상행)
문산방향(하행)
• 서울방향의 입반등급은 Ⅰ~Ⅱ등급으로 터널 시 · 종점부를 제외한 구간은 양호~매우양호한 암질상태
• 문산방향의 입반등급은 Ⅰ~Ⅱ등급으로 터널 시 · 종점부를 제외한 구간은 양호~매우양호한 암질상태
국토교통부
2250
제 5 편 성과분석 및 설계지반정수
3.1.3 설계지반정수 산정방법
토사층 설계지반정수 산정방법
구 분 | 주 요 점 수 | 산 정 방 법
기본물성 | 단위중량(γt) | • 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령)
• 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
강도특성 | 포아송비(μ) | • 상대 밀폐함폭값(N)시험의 결과 결과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Hoy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
점착력(c) | • 공내전단시험
• 기존 자료 및 인근조사자료, 기존자료 비교 분석
내부마찰각(°) | • 공내전단시험
• 인근조사자료, 기존자료 비교 · 분석
변형특성 | 변형계수(E) | • 문헌상 검토 – 한국도로공사, 도로설계요령
• 공내재하시험 결과
• 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
동적특성 | 전단파속도(Vs) 동적물성값(Ks, Es, Gs, Vd) | • 하향식/탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정
기반암 설계지반정수 산정방법
구 분 | 주 요 점 수 | 산 정 방 법
기본물성 | 단위중량(γt) | • 상대밀폐시험결과 및 기존자료 분석
포아송비(μ) | • 상대밀폐시험결과 및 기존자료 분석
강도특성 | 점착력(c) | • 공내전단시험
• 상대밀폐시험 결과에 의한 산정
내부마찰각(°) | • 공내전단시험
• 상대밀폐시험 결과에 의한 산정
변형특성 | 변형계수(E) | • 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성 | 전단파속도(Vs) 동적물성값(Ks, Es, Gs, Vd) | • 하향식/탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교
설계지반정수 신뢰성 검토
구 분 | 산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정 | • 기존 자료사례 및 경험사례 의한 결과를 초기 추정값으로 가정
• 분산 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석 | • 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것
• 일원분산분석은 1개의 요인값을 $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_k$로 나타내면 다음과 같이 모든 요인값이 같다는 귀무가설을 수립하여, $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_k$ 하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정 | • 현장 시험값 및 실내시험을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach | • 초기 추정값이 평균(μ_0), 표준편차는 1은부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ_1), 표준편차(σ_1)를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ_2), 표준편차(σ_2)를 구할 수 있음
2057
서울문산고속도로주식회사
서울~문산고속도로 민간투자사업
모화단위중량(γ_{sat})
자료 분석
구 분 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간 | 4-2구간
인근자료 | 16.5~18.5 (17.8) | 18.7~19.7 (19.2) | 17.7~19.2 (18.1) | 17.7~19.2 (18.1) | 17.7~19.2 (18.1)
기본설계 | – | – | – | 19.7 | –
실시설계 | 18.6 (18.6) | 17.9~19.7 (19.1) | – | 18.6~18.7 (18.6) | 18.4~19.1 (18.7)
베이시안 통계분석
1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간
구분(평균/편차) | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간 | 4-2구간
초기추정값 | – | 17.8/1.8 | 18.2/0.4 | 18.1/0.3 | 18.1/0.3 | 18.1/0.3
최대우도값 | – | 18.6/0.5 | 18.1/1.1 | 18.6/0.1 | 18.6/0.1 | 18.7/0.5
최 종 도 입 | – | 18.4/0.3 | 18.4/0.4 | 18.6/0.1 | 18.6/0.1 | 18.4/0.2
적 용 | 15.056 (γ_d 기준) | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0
역성한계 및 소성지수
자료 분석
구 분 | 역성한계(%) 1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간 | 4-2구간 | 소성지수(%) 1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간 | 4-2구간
인근자료 | 32.0~43.8(38.7)~42.3(25.0~42.5(25.0~42.5(25.0~42.5(3.5~19.7(4.3~17.8(12.1~-18 | 12.1~-18 | 12.1~-18
기본설계 | 38.0 | 45.5 | – | 22.0 | – | 14.8 | 20.9 | – | 17.5 | –
실시설계 | 44.1 | 36.8 | 39.0 | 37.5 | 38.7 | 20.0 | 14.5 | 15.9 | 14.7 | 14.5
베이시안 통계분석
1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간
구 분 (평균/표준편차) | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간 | 4-2구간 | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간 | 4-2구간
초기추정값 | – | 38.2/8.2 | 37.5/9.8 | 37.1/7.9 | 37.1/7.9 | 37.1/7.9 | – | 14.2/6.5 | 16.0/9.5 | 15.5/4.8 | 15.5/4.8 | 15.5/4.8
최대우도값 | – | 41.1/4.3 | 41.2/6.7 | 39.0/5.5 | 38.0/4.6 | 38.7/3.3 | – | 17.4/3.7 | 17.7/5.0 | 15.9/4.2 | 16.5/4.1 | 14.5/5.8
최 종 도 입 | – | 40.8/2.9 | 40.5/4.3 | 38.6/3.5 | 37.9/3.0 | 38.6/1.5 | – | 16.9/2.4 | 17.5/3.3 | 15.8/2.5 | 16.4/2.7 | 14.7/2.3
적 용 | 35.2 | 41.0 | 41.0 | 39.0 | 38.0 | 39.0 | 19.8 | 17.0 | 17.5 | 16.0 | 16.5 | 15.0
국토교통부
2258
제 5 편 성과분석 및 설계지반정수
3.2.4 강도 특성 분석
전단강도
자료 분석
구 분 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간 | 4-2구간
피에조콘 관입시험 | 범 위 | – | 2.1~-49.7 | – | 15.4~-94.6 | –
평 균 | – | 84.6 | – | 36.7 | –
일축압축 (qu/2) | 범 위 | 32.4 | 30.8~-41.3 | – | 19.3~-28.1 | 31.6~-34.3
평 균 | 32.4 | 34.9 | – | 23.2 | 32.9
삼축압축 (CU) | 범 위 | – | 21.0~-31.3 | – | 19.6~-20.1 | 29.6~-29.8
평 균 | – | 26.1 | – | 19.9 | 29.7
전단강도 산정
1-1 및 1-2구간
2 및 3, 4구간
구 분 | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2-2구간 | 3-2구간 | 4-2구간
평균 S_u (kPa) | 20.7 | 32.0 | 28.0 | 22.0 | 22.0 | 30.0
상관식 | $S_u = S_u = 5.8D + 7.8$ (평균 28.0) | | | $S_u = 5.8D + 3.0$ (평균 22.0) | | |
0.190~0.98
검 토 결 과
• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.190~0.98 kPa임
• 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이며 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용
강도증가율(m)
시험결과 분석
경 험 식
실 내 시 험
구 분 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
경험식 | 범 위 | (0.19~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.14~-0.2
평 균 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.17
실내시험 | 범 위 | 0.60 | (0.22~-0.72) | – | (0.17~-0.7 | –
평 균 | 0.60 | 0.42 | – | 0.35 | –
현장시험 | 범 위 | – | 1.32 | – | 1.13 | –
평 균 | – | 1.32 | – | 1.13 | –
강도증가율 산정
구 분 | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
기본설계 | – | 0.19~-0.20 | (0.19~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.14~-0.2
실시설계 | – | 0.19~-0.60 | (0.36~-0.72) | (0.15~-0.72) | (0.15~-0.20) | (0.15~-0.72) | (0.22~-0.14~-0.20) | (0.17)
적 용 | 0.183 | 0.25 | 0.25 | 0.20 | 0.20 | 0.20
2259
서울문산고속도로주식회사
서울~문산고속도로 민간투자사업
3.2.5 압밀 특성 분석
과압밀비(OCR)
구 분 | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
인근자료 | – | – | – | – | – | –
기본설계 | – | – | – | – | 0.5 | –
실시설계 | – | 4.0 | 0.9~-3.4 (2.2) | – | 3.3 | 0.9~-1.7 (1.3)
적 용 | 0.3기정규압밀 | 과압밀(OC) | 과압밀(OC) | 과압밀(OC) | 과압밀(OC) | 정규압밀
초기 간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)
구 분 | 초기간극비(e_o) 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간 | 압축지수(C_c) 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
인근자료 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | –
기본설계 | – | – | 0.962 | – | 0.720 | – | – | – | 0.194 | – | 0.209 | –
실시설계 | – | 0.963 | 0.876 | – | 0.962 | 0.94 | – | 0.253 | 0.243 | – | 0.281 | 0.239
적 용 | 0.699 | 0.96 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.94 | 0.155 | 0.25 | 0.24 | 0.26 | 0.26 | 0.24
연직압밀계수 및 투수계수
구 분 | 연직압밀계수($10^{-3}cm^2/sec$) 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간 | 투수계수($10^{-7}cm/sec$) 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
인근자료 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | –
기본설계 | – | – | 4.28 | – | 2.07 | – | – | – | 0.66 | – | 6.28 | –
실시설계 | – | 9.84 | 4.02 | – | 3.70 | 3.82 | – | 2.29 | 0.83 | – | 1.57 | 1.35
적 용 | 3.452 | 9.80 | 4.00 | 2.50 | 3.20 | 3.80 | 2.561 | 2.30 | 0.80 | 3.10 | 3.10 | 1.30
재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)
구 분 | 재압축지수(C_r) 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간 | 2차 압축지수(C_α) 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
인근자료 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | –
기본설계 | – | – | – | – | – | – | – | 0.002 | 0.0036 | – | 0.0037 | –
실시설계 | – | 0.033 | 0.038 | – | 0.042 | 0.034 | – | 0.0035 | 0.0032 | 0.0036 | 0.0034 | 0.0035
적 용 | – | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.0037 | 0.0028 | 0.0034 | 0.0036 | 0.0035 | 0.0035
압밀이방성 분석
압 밀 계 수
투 수 계 수
구 분 | C_h/C_v | K_h/K_v
문헌자료 | 1~9 | 1~15
인근자료 | – | –
기본설계 적용 | 2.0 | 1.5
시험결과 | 현장시험 | 1.46~1.68 | 5.3~54.6
실시시험 | 4.45 | 5.28
적 용 | 2.0 | 2.5
국토교통부
2260
제 5 편 성과분석 및 설계지반정수
3.2.2 연약지반 구역 구분
1-2구간
2-2구간
3-2구간
4-2구간
구 분 | 지형적 조건 | 연약지반 분포현황 | 비 고
1-2구간 (인근~중차량 1-2구간 종차량) | • 진동전 하류 농경지구간 통과
• 한강 주변 및 진동전 하류 주변 구릉지성 산지나 농경지 통과 | • 출현심도 : 1.8~14.5m
• 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)
• 출현심도 : 0.8~5.4m | 본문+000~ 2+200
지선 3+100
~+1840
본선6+660~
9+540
본선9+320
~28+600
32+760~
4-1교대, Ramp.
2구간 (중~중차량)
3구간 (중~중차량)
4구간(종차량)
2구간 | • 진동전 하류 농경지구간 통과
• 교통전 주변 및 모산천 주변 퇴적지대 일달 및 농경지 통과
• 인천공항 주변 퇴적지대 일달 및 농경지 통과
• 인천공항 주변 퇴적지대 일달 및 농경지 통과 | • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)
• 출현심도 : 0.0~6.0m
• 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)
• 출현심도 : 3.0~4.5m
• 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m) | • 사업 4공구본선 STA. 21+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당
3구간
4구간
• 사업 4공구본선 STA. 21+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당
3.2.3 물리적 특성 분석
함수비
자료 분석
구 분 | 1-1구간 | 1-2구간 | 3구간 | 3구간 | 4구간
인근자료 | 23.7~-43.5 | 29.6~-36.2 | 33.7~-37.8 | 33.7~-37.8 | 33.7~-37.8
기본설계 | 20.5 | 34.4~-38.8 (36.4) | 37.5 | 30.8~-40.5 (37.3) | 32.6~-34.7
실시설계 | 35.4 | 26.6~-42.0 (32.0) | 31.3~-41.5 (36.3) | 28.1~-44.0 (34.1) | 31.5~-37.8 (35.0)
베이시안 통계분석
1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간
구분(평균/편차) | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
초기추정값 | – | 20.5/7.5 | 36.4/2.2 | 37.3/4.5 | 37.3/4.5 | 34.7/2.2
최대우도값 | – | 35.4/10.5 | 34.2/6.2 | 36.3/5.1 | 34.1/4.8 | 35.0/2.3
최 종 도 입 | – | 28.0/5.3 | 35.2/1.9 | 36.5/1.9 | 35.3/2.7 | 35.0/0.9
적 용 | 37.5 | 28.0 | 35.0 | 36.0 | 35.0 | 35.0
2261
서울문산고속도로주식회사
제 5 편 성과분석 및 설계지반정수
3.2.4 강도 특성 분석
전단강도
자료 분석
구 분 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
피에조콘 관입시험 | 범 위 | – | 2.1~-49.7 | – | 15.4~-94.6 | –
평 균 | – | 84.6 | – | 36.7 | –
일축압축 (qu/2) | 범 위 | 32.4 | 30.8~-41.3 | – | 19.3~-28.1 | 31.6~-34.3
평 균 | 32.4 | 34.9 | – | 23.2 | 32.9
삼축압축 (CU) | 범 위 | – | 21.0~-31.3 | – | 19.6~-20.1 | 29.6~-29.8
평 균 | – | 26.1 | – | 19.9 | 29.7
전단강도 산정
1-1 및 1-2구간
2 및 3, 4구간
구 분 | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
평균 S_u (kPa) | 20.7 | 32.0 | 28.0 | 22.0 | 22.0 | 30.0
상관식 | $S_u = S_u = 5.8D + 7.8$ (평균 28.0) | | | $S_u = 5.8D + 3.0$ (평균 22.0) | | |
0.190~0.98
검 토 결 과
• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.190~0.98 kPa임
• 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이며 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용
강도증가율(m)
시험결과 분석
경 험 식
실 내 시 험
구 분 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
경험식 | 범 위 | (0.19~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.14~-0.2
평 균 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.17
실내시험 | 범 위 | 0.60 | (0.22~-0.72) | – | (0.17~-0.7 | –
평 균 | 0.60 | 0.42 | – | 0.35 | –
현장시험 | 범 위 | – | 1.32 | – | 1.13 | –
평 균 | – | 1.32 | – | 1.13 | –
강도증가율 산정
구 분 | 기본설계 | 1-1구간 | 1-2구간 | 2구간 | 3구간 | 4구간
기본설계 | – | 0.19~-0.20 | (0.19~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.15~-0.20) | (0.14~-0.2
실시설계 | – | 0.19~-0.60 | (0.36~-0.72) | (0.15~-0.72) | (0.15~-0.20) | (0.15~-0.72) | (0.22~-0.14~-0.20) | (0.17)
적 용 | 0.183 | 0.25 | 0.25 | 0.20 | 0.20 | 0.20
2262
서울문산고속도로주식회사

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◈ 결과 요약

○ 내포IC R-B1교

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req.A_s (mm^2)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피 복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방호벽 G1측)	1,432	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	81.56	91.80	O.K
캔틸레버 (방호벽 G6측)	1,310	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	75.07	91.80	O.K
중간슬래브 (상 면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하 면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	1,751	1,000	260	60	H19 @ 125 = 2,292	145.72	187.07	O.K
캔틸레버 단 부	2,864	1,000	180	60	H19 @ 100 = 2,865	106.52	150.99	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) [mm^2]	비 고
캔틸레버	방호벽(G1측)	959	H16 @ 125 = 1,589	O.K
	방호벽(G6측)	878	H16 @ 125 = 1,589	O.K
캔 틸 레 버 단 부		1,919	H19 @ 125 = 2,292	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방호벽(G1측)	135.7	100.0	450.2	O.K
	방호벽(G6측)	117.8	100.0	534.8	O.K
슬 래 브 단 부		129.5	125.0	482.0	O.K

1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 50,000 mm
1.3 폭 원 : 16,270 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 길이 : 49,900 mm
1.6 지간 길이 : 49,000 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m^3
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m^3
아스팔트계교면포장.... 2,300 kgf/m^3

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
$Ec2 = 0.077 \times n_c^{1.5} \times \sqrt{fcu}$: 29,000 MPa
(2) 철 근 (SD400) : fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
$Ec1 = 0.077 \times n_c^{1.5} \times \sqrt{fcu}$ = 32,000 MPa
(2) 철 근 (SD300) : fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 항복응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 :
fti = 0.25 x $\sqrt{fci'}$ = 1.41 MPa

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18 MPa
- 압축연단응력(유효프리스트레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24 MPa

② 허용 휨 균열 응력
fcag = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa

(5) 허용 균열 응력
① 보통 콘크리트 : ftcr = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa
② 부분 경량 콘크리트 : ftcr = 0.54 x $\sqrt{fck}$ = 3.42 MPa
③ 전 경량 콘크리트 : ftcr = 0.47 x $\sqrt{fck}$ = 2.97 MPa

(6) 정착부의 허용 지압 응력
- 긴장재 정착직후 fcr = 0.7 × fci × $\sqrt{(A'b/Ab-0.2)}$:1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생후 fcr = 0.5 × fck × $\sqrt{(A'b/Ab)}$ ≤0.90 × fck

3) P.S STRAND (SWPC 7B Ø15.2mm)
- A = 138.7 mm^2 /ea
- Ep = 200,000 MPa
(1) 인장 강도 : fpu = 1,900 MPa
(2) 항복 강도 : fpy = 1,600 MPa
(3) JACK에 의한 최대 긴장 응력 : 0.94 ×fpy = 1,504 MPa
0.80 ×fpu = 1,520 MPa ∴ 1,504 MPa
(4) 허용 인장 응력
① 정착 후 정착부에서의 허용응력
- fpa = 0.7 x fpu = 1,330 MPa
② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 응력
- fpa = 0.82 x fpy = 1,312 MPa
0.74 x fpu = 1,406 MPa ∴ 1,312 MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	1차 긴장용	2차 긴장용
쉬스관의 외경	mm	80	75
쉬스관의 두께	mm	5	5
수용가능 긴장재 면적	mm^2	2,208	1,923
수용가능 긴장재 개수	개	16	14
쉬스관 순간격	mm	40	40
쉬스의 덮개	mm	40	40
파상 마찰 계수 κ	k/m	0.005	0.005
곡률 마찰 계수 μ	m/rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법:도.설.기 P32)

- U = 1.3 x Md + 2.15 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 1.3 x Mh + 1.3 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 0.65 x Mw + 1.3 x ML+I

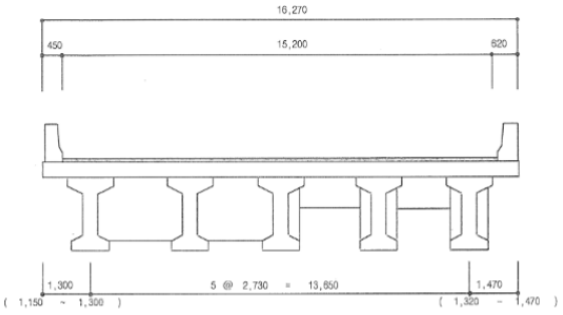
1.10 참고 문헌

- 도로교 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도로교 설계기준 해설편(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도로 설계 요령(한국도로공사)

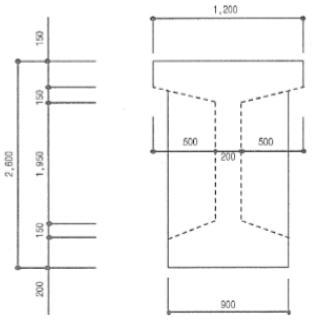
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



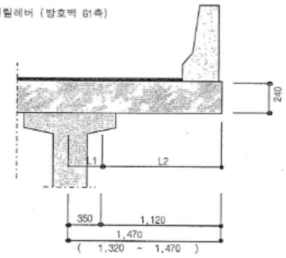
2) I.P.C GIRDER



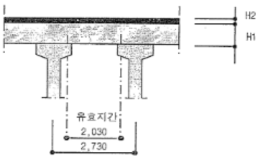
2.2 경험적 설계법이 되기 위한 검토

1) 설계단면

① 캔틸레버 (방호벽 G1측)

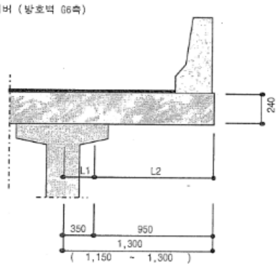


② 중앙부 바닥판



H1	240 mm
H2	80 mm
상부 FLANGE	1,200 mm
거더 간격	2,730 mm
유효지간	2,030 mm

③ 캔틸레버 (방호벽 G6측)



2) 경험적 설계 적용 여부 검토 : 도로교 설계기준 4.7.7 (P4-164 ~ P4-166)

(1) 지지 부재들이 콘크리트로 된경우. ---------- 콘크리트 교량

(2) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생 되어야 함. ---------- 습윤양생

(3) 바닥판이 두께에 대한 유효경간비가 6 이상 15 이하인 경우.

① 중앙부 바닥판 : 2,030 > 240 x 6 = 1,440 ---------- O.K
2,030 < 240 x 15 = 3,600 ---------- O.K

(4) 바닥판의 상부와 하부에 배치된 철근의 외측면 사이의 두께가
150mm 이상인 경우 (상면 피복 60 mm 하면 피복 40 mm
상부 철근 직경 16 mm 하부 철근 직경 16 mm) 150 < 156

(5) 유효경간이 표준차선폭 3600mm 이하인 경우. ---------- 2.030 < 3.6

(6) 바닥판의 홈집, 미모면, 그리고 보호피복두께층을 제외한 바닥판의
최소두께가 240mm 이상인 경우. ---------- 240 ≥ 240 mm

(7) 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나,
캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께에 3배이상이고
구조적으로 연속적인 콘크리트 방호벽과 합성인경우.

① 방호벽 G1측 1,470 > 240 x 3 = 720 ---------- O.K

② 방호벽 G6측 1,300 > 240 x 3 = 720 ---------- O.K

(8) 콘크리트의 28일 압축강도는 27 Mpa 이상인 경우. ---------- 27 ≥ 27 MPa

(9) 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성
거동을 하여야함. ---------- 콘크리트 합성 거동

(10) 콘크리트 거더교인 경우 위조항을 만족시키기 위하여 바닥판과
콘크리트 주거더를 합성시키는 전단연결재가 충분히 배치 되어야
한다. ---------- 콘크리트 합성 거동

3) 검토 결론

① 캔 틸 레 버(방호벽 G1측) : 강도 설계법 적용

② 캔 틸 레 버(방호벽 G6측) : 강도 설계법 적용

③ 중 앙 부 바 닥 판 : 경험적 설계법 적용

4) 하중계산

① 고정하중

구 분	Vo (kN)		X (m)	M (kN-m)
방호벽	L5 × (H3 + H4 + H5) × Y_c	= 10.800	0.890	9.612
	L6 × (H3 + H4) × Y_c	= 0.665	0.655	0.436
	L7 × H3 × Y_c	= 0.615	0.560	0.344
	L6 × H5 / 2 × Y_c	= 0.613	0.667	0.408
	L7 × H4 / 2 × Y_c	= 0.263	0.580	0.152
방음판		= 1.000	0.890	0.890
	소 계	= 13.955		11.842
슬래브	(L2 + L3) × H2 × Y_c	= 6.720	0.560	3.763
	소 계	= 6.720		3.763
포 장	(L8 + Ld) × H1 × Y_{ac}	= 0.920	0.250	0.230
	소 계	= 0.920		0.230
총 계		= 21.595		15.835

- 방호벽의 무게중심 X1 = 11.842 / 13.955 = 0.849 m

- 슬래브의 무게중심 X2 = 3.763 / 6.720 = 0.560 m

- 포 장의 무게중심 X3 = 0.230 / 0.920 = 0.250 m

∴ X = 15.835 / 21.595 = 0.733 m

▶ M_d = 21.595 × 0.733 = 15.829 kN-m

② 활하중

i) DB - 24

- 충격계수 i = 15 / (40 + L) = 0.373 ≥ 최대 0.300
∴ i = 0.300

- 차량하중 분포폭 (주철근의 방향이 차량 진행방향에 직각인 경우) (도.기 4.7.5.2)
E = 0.800 × 0.200 + 1.140 = 1.300 m

▶ M = 96 × 0.200 × (1 + 0.300) / 1.300 = 19.200 kN-m

③ 충돌하중 (도.기.해,2003) p.112

i) 작용높이 : 노면상 1.000 m

P_o = (V / 60)^2 × 750 + 250 = 2.771 tonf/m

M_o = 1.000 × 2.771 × 10 = 27.71 kN-m

ii) 작용높이 : 방호벽 상단

☞ 직선부는 10 kN/m, 곡선부(R≤200m)는 20 kN/m를 적용

M_o = 1,080 × 10 = 10.80 kN-m

iii) 적용 모멘트

▶ M_o = = 27.71 kN-m

④ 풍 하 중 (도.기 2.1.11)

1m 당 작용하는 풍하중 (부재의 단면형상을 각형으로 설계) = 3.00 kN/m^2

∴ P_w = 3.00 kN/m

▶ M_w = 3.00 × 1.001 × 0.581 = 1.74 kN-m

⑤ 원심하중 (곡선교일 경우 적용) (도.기 2.1.17)

곡률을 무시할 수 있는 한계중심각 (도.기.해,2003) p.27

보의 수	단일 지간	복수 지간
2	2˚	3˚
3 또는 4	3˚	4˚
5 이상	4˚	5˚

▶ 개단면 상부구조에서 중심각이 위의 표에서 주어진 중심각보다
작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심각 : (50.0 × 180) / (2000 × π)
= 1.432 ˚ < 4 ˚ ∴ O.K ☞ 곡률의 영향 무시

- 작용 높이 : H = 1.800 m
CF = 0.790 × V ^{2} / R = 0.790 × 110 ^{2} / 0 = 0.000 %

P_{cf} = 96 × 0.000 / 100 = 0.000 kN

▶ M_{cf} = 0.000 × 1.800 = 0.000 kN-m

⑥ 모멘트 요약 정리

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고 정 하 중	15.829	충 돌 하 중	27.710	원 심 하 중	0.000
활 하 중	19.200	풍 하 중	1.743		

5) 하중조합

① 사용하중 - 사용성 검토시

하 중 경 우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
Case 2	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	
Case 3	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	

② 계수하중 - 단면 검토시

하 중 경 우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.30	2.15	0.00	0.00	1.30	
Case 2	1.30	0.00	0.00	1.30	0.00	
Case 3	1.30	1.30	0.00	0.65	1.30	
Case 4	1.25	1.25	0.00	0.625	1.25	
Case 5	1.30	1.30	1.30	0.00	1.30	
Case 6	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00	

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : ST.box 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 57.0 + 65.0 + 57.0 = 179.00m

5.3 교 폭 : 8.500m

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 :

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 = 1.5 (지반종류 2 , 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

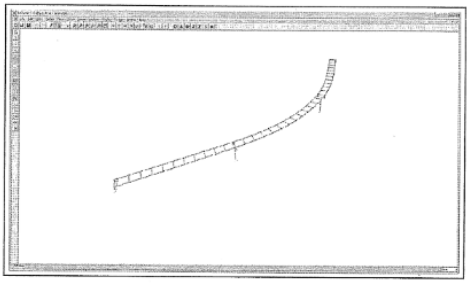
(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

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

6. 설계단면 및 모델링

6.1 모델링



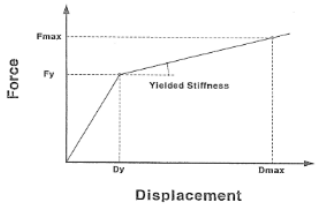
6.2 단면특성

① 상부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조
② 하부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조

6.3 작용하중(작용질량)

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

6.4 사용된 면진장치(EQS)의 특성



구 분		1차강성 (K1,kN/m)	2차강성 (K2,kN/m)	유효강성 (Keff,kN/m)	항복강도(kN)
OMEQS 2000	종	97006.0	-	963.0	77.0
	횡	97006.0	1083.0	2623.0	77.0
OMEQS 2500	종	119055.0	-	1181.0	94.5
	횡	119055.0	1329.0	3219.0	94.5
OMEQS 3000	종	141105.0	-	1400.0	112.0
	횡	141105.0	1575.0	3815.0	112.0
EQS5000		260160.0	2904.0	7034.0	206.5
EQS6000		343936.0	3839.0	9299.0	273.0
EQS7500		432128.0	4823.0	11683.0	343.0
EQS9000		529134.0	5906.0	14306.0	420.0

6.5 받침 배치

일반내진받침의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 받침이 배치 되는 경우가 일반적이다. 교축방향의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유롭기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단받침으로 배치하게 되는데 이때에 교축방향의 모든 지진해중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대화는 물론이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여야 한다.
따라서 면진받침을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대화를 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력

(UNIT:k

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용전단력	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	94.999	87.353	94.932	123.830	154.349	155.628	154.290	187.545	220	OK
	B2	0.8	94.999	87.838	94.854	123.344	154.319	156.051	154.192	187.119	220	OK
P1	B1	1.0	430.261	246.889	264.015	423.699	509.466	373.998	393.094	497.765	580	OK
	B2	1.0	341.512	163.024	207.110	333.483	403.645	283.069	309.563	388.391	460	OK
P2	B1	1.0	541.446	239.950	305.086	529.431	632.971	396.760	467.519	601.416	710	OK
	B2	1.0	267.045	116.567	148.618	261.233	311.630	194.937	228.731	296.203	350	OK
A2	B1	0.8	76.999	86.039	76.994	96.929	125.122	144.647	125.117	155.926	180	OK
	B2	0.8	111.999	124.740	111.990	146.926	181.995	211.022	181.987	230.435	250	OK

9.2 받침 변위

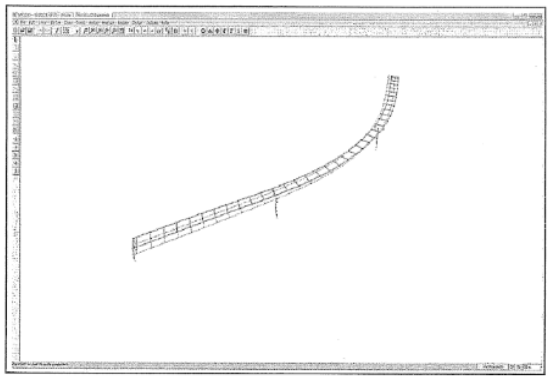
(UNIT:m

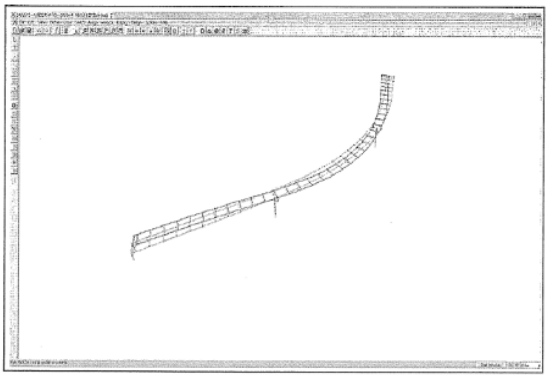
구 분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용변위	판정
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	28.3	11.8	14.9	27.9	32.8	20.2	23.4	31.5	120	OK
	B2	28.8	11.8	14.7	27.9	33.2	20.2	23.3	31.5	120	OK
P1	B1	23.9	10.6	11.7	22.7	27.4	17.4	18.9	25.9	90	OK
	B2	24.2	10.6	11.9	22.8	27.8	17.4	19.2	25.9	90	OK
P2	B1	21.7	7.6	8.1	23.8	24.1	14.7	14.6	26.1	90	OK
	B2	22.3	7.6	8.5	23.9	24.9	14.7	15.2	26.1	90	OK
A2	B1	27.5	17.2	20.6	25.1	33.7	24.7	28.8	30.2	120	OK
	B2	28.0	17.2	19.9	25.0	33.9	24.7	28.3	30.2	120	OK

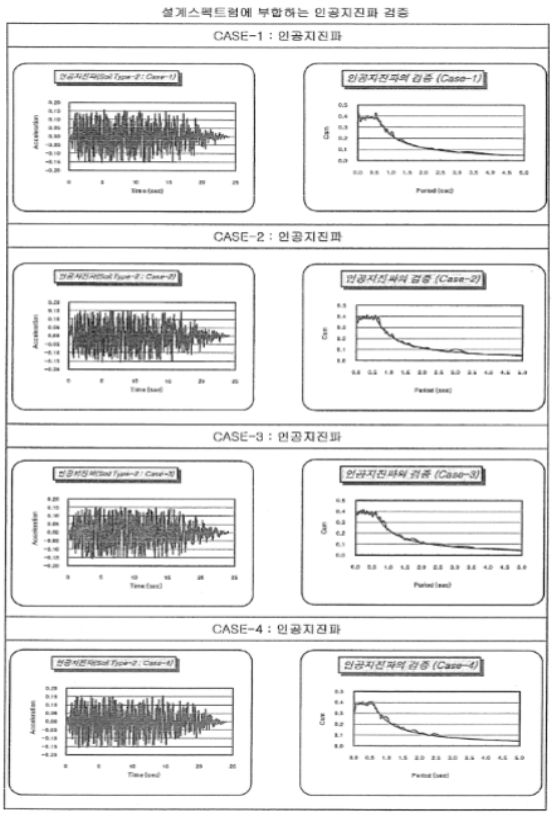
9.3 교각 코핑부 변위

(UNIT:m

구 분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	5.5	1.7	1.8	5.8	6.1	3.4	3.5	6.3	
P2	11.0	2.5	3.3	11.0	12.0	5.8	6.6	11.7	







9.4 교각하단 단면력

(Unit : Kn.m)

구 분	교축방향				교직방향			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	957.737	478.165	6864.358	3083.622	544.793	844.103	3912.443	6479.227
P2	946.750	425.056	8517.122	3593.133	437.902	875.533	4082.666	7868.419

9.5 교각하단 하중조합

(Unit : Kn.m)

구 분	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	1121.174	731.396	8038.091	5027.390	832.113	987.552	5971.750	7404.314
P2	1078.121	687.715	9741.922	5973.659	721.927	1003.049	6637.803	9043.359

9.6 교각상단 단면력

(Unit : Kn.m)

구 분	교축방향				교직방향			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	892.839	452.529	2104.048	1080.915	526.857	855.809	1256.011	2938.176
P2	951.738	869.396	2020.393	847.422	523.491	754.163	1065.176	2353.283

9.7 교각상단 하중조합

(Unit : Kn.m)

구 분	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	1050.896	709.272	2480.851	1962.368	794.708	991.567	1687.225	3282.451
P2	1108.786	579.645	2339.946	1553.407	809.012	860.182	1671.294	2607.510

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586.98	722.774	O.K
	허용인발력(kN/EA)	563.547	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	117.229	O.K
	전단응력(MPa)	76	13.508	O.K
	수평변위(mm)	15	11.905	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2380.47	1021.897	O.K
	허용인발력(kN/EA)	845.321	-170.316	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	137.444	O.K
	전단응력(MPa)	114	20.073	O.K
	수평변위(mm)	25	9.97	O.K

■ 단면 휨 설계

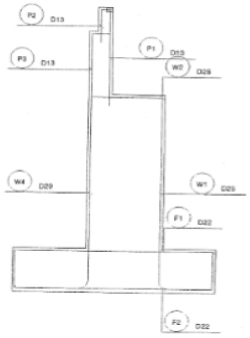
단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1700	150	2215.25	3096.8	866.377	1206.029	1.392	O.K
후면저판		1700	100	2260.49	3096.8	912.697	1245.513	1.365	O.K
벽체 : H=9.480		2600	100	3199.61	5139.2	2020.554	3225.719	1.597	O.K
흉벽		800	100	376.471	1013.6	66.934	179.001	2.674	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	1485.66	2292	269.163	410.961	1.527	O.K
	화부(T=450	450	80	780.736	2292	72.52	206.4	2.846	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1294.87	2292	234.595	410.961	1.752	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1734.39	3096.8	312.794	550.591	1.76	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	1510.27	2292	273.008	410.961	1.505	O.K
	화부(T=620	620	80	900.694	2292	122.504	305.759	2.496	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1319.17	2292	238.936	410.961	1.72	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1803.92	3096.8	325.098	550.591	1.694	O.K

■ 사용성 검토

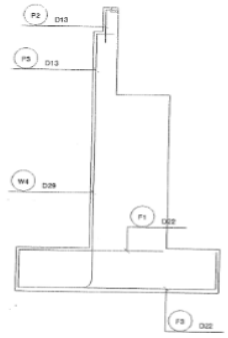
구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		120.897	150	125	303.878	O.K
후면저판		119.957	150	125	433.986	O.K
벽체 : H=9.480		65.902	150	125	955.96	O.K
흉벽		173.427	150	125	220.331	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	98.928	150	125	519.784	O.K
	화부(T=450	51.293	150	125	1228.243	O.K
	B(T=800 mm)	87.29	150	125	721.728	O.K
	C(T=800 mm)	87.102	150	125	723.294	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	101.291	150	125	601.216	O.K
	화부(T=620	58.982	150	125	1068.117	O.K
	B(T=800 mm)	89.047	150	125	707.494	O.K
	C(T=800 mm)	90.642	150	125	695.038	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)

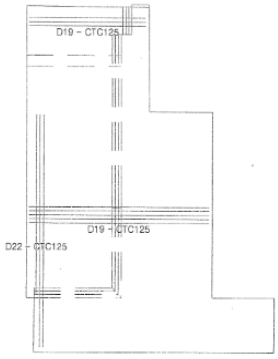


- ③ Cycle (CTC = 250)

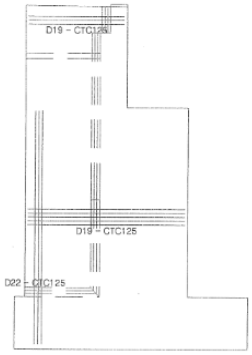


▣ 주철근 조립도

- 좌측날개벽



- 우측날개벽



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : PC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 18.787 M
(5) 교 대 총높이 : H = 11.160 M
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 60.000 °

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 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 460.128 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 124.028 kN/m

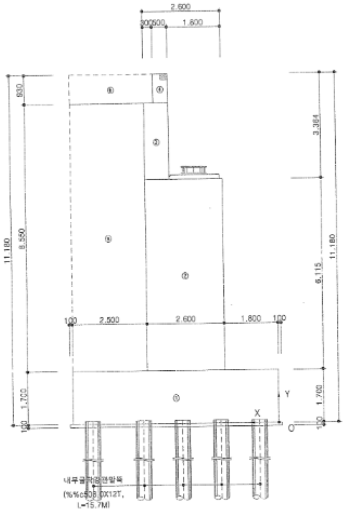
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 7.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.247 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 27804.000 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) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량방침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1581.367	1416.673	1457.367	1426.000	1369.832	1393.081	8644.320
활하중	492.831	449.119	372.936	361.843	376.700	276.657	2330.086

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	292.237	261.801	269.321	263.525	253.145	257.441	1597.470
직각방향	292.237	261.801	269.321	263.525	253.145	257.441	1597.470

H = R x A x S R : 교량방침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.200)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량방침의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량방침의 고정하중 반력

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정 (단위 : m당)

구분	번호	체적(Ai) m^3		단위중량(γ) kN/m^3	수직력(Vi) kN	수평력(Hi) kN
교대구체	①	6.900 × 1.700	= 11.730	25.000	293.250	22.580
	②	2.600 × 6.115	= 15.900	25.000	397.499	30.607
	③	0.800 × 2.434	= 1.947	25.000	48.683	3.749
	④	0.500 × 0.930	= 0.465	25.000	11.625	0.895
	소계		= 30.042		751.057	57.831
뒷채몸체	⑤	2.500 × 8.550	= 21.374	20.000	427.477	32.916
	⑥	2.800 × 0.930	= 2.604	20.000	52.080	4.010
	소계		= 23.978		479.557	36.926
총 계					1230.614	94.757

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이 수 평 Xi(m)	팔 길 이 수 직 Yi(m)	모멘트 Mxi kN.m	모멘트 Myi kN.m
교대구체	①	3.450	0.850	1011.713	19.193
	②	3.100	4.758	1232.246	145.620
	③	4.000	9.032	194.733	33.859
	④	3.850	10.715	44.756	9.591
	소 계			2483.448	208.264
뒷채몸체	⑤	5.650	5.975	2415.243	196.664
	⑥	5.500	10.715	286.440	42.967
	소 계			2701.683	239.631
총 계				5185.131	447.894

③ 합력의 작용위치 산정

- 교대구체 : X = 2483.448 / 751.057 = 3.307 m
  Y = 208.264 / 57.831 = 3.601 m
- 뒷채몸체 : X = 2701.683 / 479.557 = 5.634 m
  Y = 239.631 / 36.926 = 6.490 m

2) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

- 평상시 주동토압계수 (RANKINE) : 안정검토시 적용(상시)

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$$

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면설계시 적용(상시)

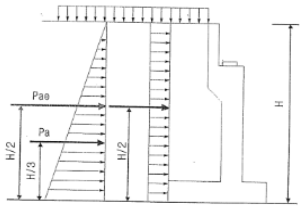
$$K_a = \frac{\cos^2(\phi-\beta)}{\cos^2\beta * \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

- 지진시 주동토압계수 (Mononobe - Okabe)

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta * \cos^2\beta * \cos(\delta+\theta+\beta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha-\theta)}{\cos(\beta+\delta+\theta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

Φ = 뒷채흙 흙의 내부마찰각(도)
α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)
β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)
δ = 벽배면과 뒷채흙흙사이의 벽면마찰각(도)
θ = tan-1[Kh/(1-Kv)], Kv = 0
Kh = 수평지진계수 = A/2 (변위를 허용한 교대), A=0.154

구분	평 상 시 안정검토	평 상 시 벽체설계	지 진 시 안정검토	지 진 시 벽체설계
Φ	35.000	35.000	35.000	35.000
α	0.000	0.000	0.000	0.000
β	0.000	0.000	0.000	0.000
δ	0.000	11.667	0.000	0.000
θ	0.000	0.000	4.403	4.403
Kh	0.000	0.000	0.077	0.077
Ka,Kae	0.271	0.251	0.314	0.314



② 안정검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 11.180 m)
  Pa = 1/2 x Ka x γ x H² x cos(δ)
  = 1/2 x 0.271 x 20.000 x 11.180² x cos(0.000)
  = 336.701 kN
  y = H / 3 = 3.727 m : 작용중심높이
- 지진시 토압 (H = 11.180 m)
  Pae = 1/2 x Kae x γ x H² x cos(δ)
  = 1/2 x 0.314 x 20.000 x 11.180² x cos(0.000)
  = 392.443 kN
  y = H / 2 = 5.590 m : 작용중심높이

③ 단면검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 9.480 m)
  Pa = 1/2 x Ka x γ x H² x cos(δ+β)
  = 1/2 x 0.251 x 20.000 x 9.480² x cos(11.667 + 0.000)
  = 220.893 kN
  y = H / 3 = 3.160 m : 작용중심높이
- 지진시 토압 (H = 9.480 m)
  Pae = 1/2 x Kae x γ x H² x cos(δ+β)
  = 1/2 x 0.314 x 20.000 x 9.480² x cos(0.000 + 0.000)
  = 282.165 kN
  y = H / 2 = 4.740 m : 작용중심높이

3) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중

- 고정하중반력
  Rd = 8644.320 ÷ (16.270 / sin60.000) = 460.128 kN/m
- 활하중반력
  Rl = 2330.086 ÷ (16.270 / sin60.000) = 124.028 kN/m

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력

- 상부구조의 신축량

$\delta = \alpha \times \Delta T \times L$

$= 0.000012 \times 25.0 \times 50.8$

$= 0.015245$ m

교대의 폭원 : B = 18.787 m

탄성받침의 전단탄성계수 : kH = 19809.000 kN/m

- 단위폭당 작용 수평력

$Ph = \sum kH \times \delta \ / \ B$

$= 19809.000 \times 0.015245 \ / \ 18.787$

$= 16.075$ kN/m

③ 가동단 하부구조에 작용하는 지진시 수평력

$Fm = \sum H \div (16.270 \ / \ \sin 60.0)$

$= 85.032$ kN/m

: ∑H는 교대에 작용하는 지진시 수평력이며 1597.470 kN 임. 『지진하중 집계표』 참조

4) 뒷채움 지표면의 상재하중

① 상재하중에 의한 수직력

P1 = 10.000 x 2.800 = 28.000 kN

② 상재하중에 의한 수평력

- 안정검토시 수평토압 (H = 11.180 m)

$Pa1 = Ka \times q \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.271 \times 10.000 \times 11.180 \times \cos 0.000$

$= 30.297$ kN

$y = H \ / \ 2 = 5.590$ m : 작용중심높이

- 단면검토시 수평토압 (H = 9.480 m)

$Pa2 = Ka \times q \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.251 \times 10.000 \times 9.480 \times \cos 11.667$

$= 23.302$ kN

$y = H \ / \ 2 = 4.740$ m : 작용중심높이

5) 말뚝도심에서의 작용하중 산정

① 말뚝도심의 작용하중 계산

$\sum M = \sum Mr - \sum Mo$

e = 말뚝도심(= 3.288) - ∑M / ∑V

Mc = V x e

※ 말뚝도심의 계산

구 분	거 리(m)	본 수	거리 x 본수	도 심(m)
1 열	0.650	14.000	9.100	-
2 열	1.950	14.000	27.300	-
3 열	3.250	14.000	45.500	-
4 열	4.550	14.000	63.700	-
5 열	6.250	13.000	81.250	-
계	-	69.000	226.850	3.288

② 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	23645.581	6932.365	0.183	4327.141
COMB 2	고정하중+토압+온도하중(1+3+5)	23119.545	6363.176	0.100	2311.955
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	23119.545	9153.026	1.221	28228.965
COMB 4	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	34620.120	7234.386	0.364	12601.724
COMB 5	고정하중+토압+온도하중(1+3+5+8+10)	31763.970	6665.177	0.294	9338.607
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	31763.970	10750.523	1.445	45898.937

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시

각 작용력은 교대의 전폭 18.787 m)를 고려한 결과값임.

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합

① 작용하중 집계표 : 『하중계산 참조』

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시)	751.057	-	3.307	3.601	2483.448	-
2. 교대구체(지진시)	751.057	57.631	3.307	3.601	2483.448	208.262
3. 뒷채움재(평상시)	479.557	-	5.634	6.490	2701.685	-
4. 뒷채움재(지진시)	479.557	36.926	5.634	6.490	2701.685	239.632
5. 배면토압(평상시)	-	338.701	-	3.727	-	1262.173
6. 배면토압(지진시)	-	392.443	-	5.590	-	2193.665
7. 뒷채움 상재하중	28.000	30.297	5.500	5.590	154.000	169.353
8. 상부 고정하중반력	460.128	-	2.760	-	1269.953	-
9. 상부 활하중반력	124.028	-	2.760	-	342.317	-
10. 교량받침마찰력	-	16.075	-	8.215	-	132.062
11. 상부관성력	-	85.032	-	8.215	-	698.569

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	1258.614	368.998	5339.133	1431.526
COMB 2	고정하중+토압+온도하중(1+3+5)	1230.614	338.701	5185.133	1262.173
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	1230.614	487.200	5185.133	2541.559
COMB 4	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1842.770	385.073	6951.403	1563.588
COMB 5	고정하중+토압+온도하중(1+3+5+8+10)	1690.742	354.776	6455.086	1394.235
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6+	1690.742	572.232	6455.086	3340.126

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시

가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

2) 전도에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

3) 활동에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

4) 지지력에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

▣ 확대기초 두께에 대한 강체 검토 : [도로교 설계기준 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로서 취급되는 두께를 가져야함을 원칙으로 한다.
- 확대기초에 대한 강체로서의 취급여부는 지반반력 및 말뚝반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음의 식을 만족할 때 강체로 취급할 수 있다.

$\beta \lambda \leq 1.0$

여기서 $\beta = \sqrt[4]{\dfrac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}} \ (m^{-1})$

k : kv - 직접기초인 경우, kp - 말뚝기초인 경우

kp : 환산지반반력계수 (kN/m³)

= 190151.774 x 69 / (18.787 x 6.900) = 101215.731 kN/m³

L : 확대기초의 길이 (= 18.787 m)

B : 확대기초의 폭 (= 6.900 m)

n×m : 말뚝의 개수 (= 69 본)

E : 확대기초의 탄성계수 (= 27804000.000 kN/m²)

h : 확대기초의 평균두께 (= 1.700 m)

λ : 확대기초의 환산 돌출길이 (m)

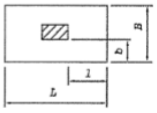
$\beta = \sqrt[4]{[(3 \times 101215.731) \ / \ (27804000.000 \times 1.700^3)]} = 0.217 \ (m^{-1})$

• 독립확대기초 및 벽확대기초의 경우

$\lambda = \max(l, b) = \max(0.000, 2.500) = 2.500$

다만, 벽확대기초이므로 l = 0

b ≥ B/2이면 b = B/2 = 3.450, 평균기준으로 검토



$\beta \lambda = 0.217 \times 2.500 = 0.543 \leq 1.0, \ \therefore$ O.K

41.2.2 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 41.2.1】 내포IC R-B1교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	내포IC R-B1교의 주요 손상현황으로는 방호벽 철근미제거, 교대 균열(0.3㎜이상)이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	내포IC R-B1교의 주요 손상현황으로는 방호벽 철근미제거, 교대 신축이음 하부 누수, 균열(0.3㎜이상)이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	방호벽 철근미제거 교대 균열(cw=0.3㎜이상) 신축이음 하부 누수	양호

41.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

41.2.4 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	ㅇ외관조사결과 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.	

41.2.5 시설물 보수 이력

【표 41.2.2】 내포IC R-B1교 보수이력사항

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

41.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 41.2.3】 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.			

41.3 현장조사

41.3.1 개요

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

가. 장비사용 현황

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

작업사진

작업사진

제원조사

비파괴시험

【사진 41.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

41.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교는 단경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.8m 폭 16.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.

바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 41.3.2】바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 41.3.1】바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)	
S1	0.02	1
합계	0.02	1

바닥판하면 S1 파손 (0.1×0.2)	바닥판하면 S1 파손 (0.1×0.2)

【사진 41.3.3】바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 파손은 초기 건조수축 및 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. IPC Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 IPC 거더는 철근콘크리트로 시공되었으며, 보도 접근조사를 실시하였다.

거더 전경	거더 전경
거더 전경	거더 전경

【사진 41.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 41.3.2】 거더 외관조사 결과

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	-	-
합계		-	-

거더 상태양호

거더 상태양호

【사진 41.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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

가로보 전경

【사진 41.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 41.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	-	-
합계		-	-

가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 41.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

라. 교대

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝으로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 41.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 균열부백태, 망상균열, 재료분리, 파손이 조사되었다.

【표 41.3.4】 교대 외관조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
A1	9.00	6	1.08	3	2.57	3	0.06	1
A2	-	-	12.70	4	-	-	-	-
합계	9.00	6	13.78	7	2.57	3	0.06	1

교대 A1 균열부백태(0.3×3.0×6EA)	교대 A2 망상균열(0.4×0.3)
교대 A1 재료분리(0.3×0.3×2EA)	교대 A1 파손(0.2×0.3)

【사진 41.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 균열부백태, 망상균열, 재료분리. 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투, 외부 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.

【그림 41.3.1】 교량받침 배치도

탄성받침 전경	탄성받침(고정단) 전경	탄성받침 전경

【사진 41.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 41.3.5】 교량받침 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

교량받침 상태양호	교량받침 상태양호

【사진 41.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

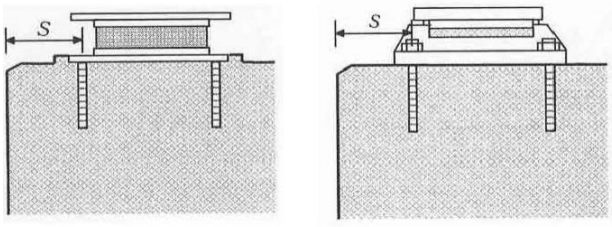
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

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

5) 연단거리 검토

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



(a) 고무받침 (b) 강재받침

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

【그림 41.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

받침장치 연단거리 측정

【사진 41.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.8m) : 200+5×50.8 = 454(㎜)

【표 41.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1	454	690	690	700	700	700	700	O.K
A2	454	720	720	710	710	710	710	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 41.3.13】 교량받침 이동량 측정

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

【표 41.3.7】 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	39.6	10.4	0.00001	50.8	20.1	5.3	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 41.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+10	60	40	20.1	5.3	±50	O.K
	SH2	+10	60	40			±50	O.K
	SH3	+10	60	40			±50	O.K
	SH4	+10	60	40			±50	O.K
	SH5	+10	60	40			±50	O.K
	SH6	+10	60	40			±50	O.K
A2	고정단							
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K 허용변위 = 받침높이 × 0.3								

② 교량받침 이동량 검토의견

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

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1에 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

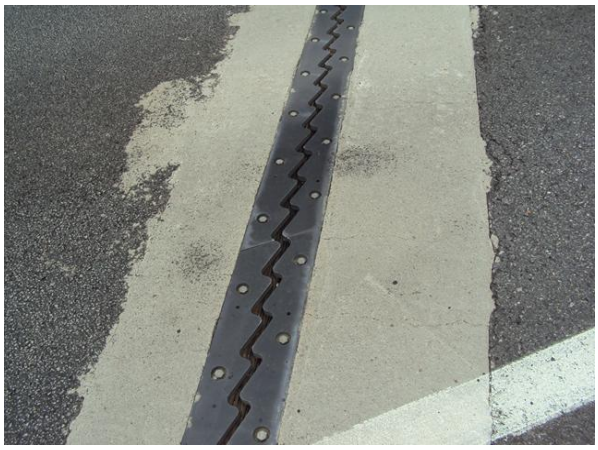
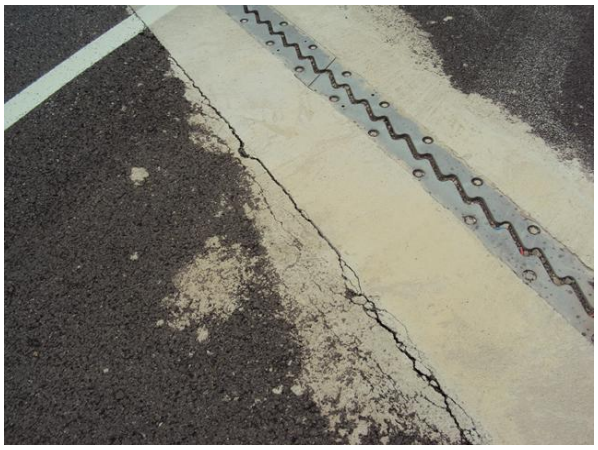
【사진 41.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 41.3.9】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		신축이음 하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	2.00	4	0.20	1	0.30	1
합계	2.00	4	0.20	1	0.90	3

	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	신축이음 A1 후타재 파손(0.1×2.0)
신축이음 A1 하부 누수(L=0.30m)	신축이음 A2 하부 누수(L=0.30m×2EA)

【사진 41.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 신축이음 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 우수유입, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트))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. 22. 기온 적용: 24.6℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃-24.6℃ = 10.4℃
△T(수축시) : -15.0℃-(24.6℃) = 39.6℃
△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 41.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 41.3.10】 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	39.6	10.4	0.00001	50.8	20.1	5.3	30.0	30.0	180.0	
1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트)										

【표 41.3.11】 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	20.1	5.3	30	100	49.9	24.7	O.K
	바닥판			30	-	-	24.7	O.K
	거더			180	-	-	174.7	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 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘포장으로 되어있다.

교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 41.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장의 현장조사 결과 아스콘 균열 등이 조사되었다.

【표 41.3.12】 교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)	
S1	5.00	1
합계	5.00	1

교면포장 S1 아스콘균열 (L=5.0m)	교면포장 S1 아스콘균열 (L=5.0m)

【사진 41.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌,우측에 배수시설이 설치되어 있다.

배수구 전경	배수관 전경

【사진 41.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수구 그레이팅 변형이 조사되었다.

【표 41.3.13】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 그레이팅 변형 (EA/개소)	
S1	1.00	1
합계	1.00	1

배수구 S1 그레이팅 변형 (1EA)	배수관 상태양호

【사진 41.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구에 조사된 그레이팅 변형의 경우, 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행 등에 의한 원인으로 추가적인 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 정비(재설치)를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

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

방호벽 전경	중분대 전경

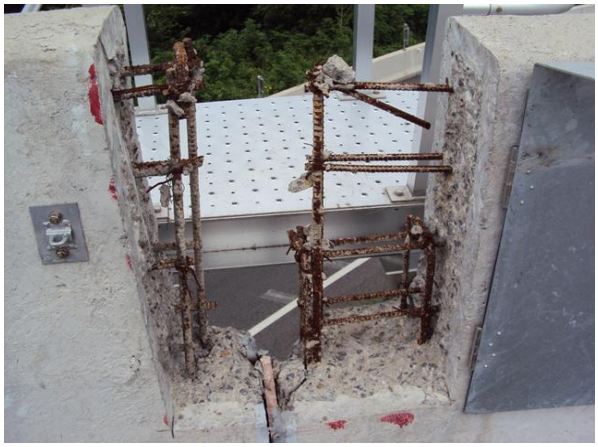
【사진 41.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 방호벽 균열, 들뜸, 철근미제거가 조사되었다.

【표 41.3.14】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	방호벽 균열 (m/개소)		방호벽 들뜸 (㎡/개소)		철근미제거 (EA/개소)	
S1	2.50	2	0.20	1	1.00	1
합계	2.50	2	0.20	1	1.00	1

방호벽 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	방호벽 S1 들뜸 (0.1m×2.0m)
	
방호벽 S1 철근미제거 (1EA)	방호벽 S1 철근미제거 (1EA)

【사진 41.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열, 방호벽 들뜸, 철근미제거의 경우 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리, 던면보수, 정비(철근제거) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

점검통로 전경	점검통로 전경

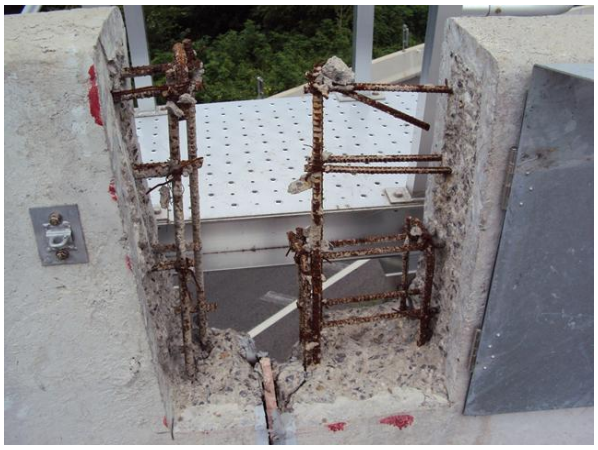
【사진 41.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 점검로 철근미제거가 조사되었다.

【표 41.3.15】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	점검로 철근미제거 (EA/개소)	
A1	1.00	1
합계	1.00	1

	
점검로 A1 철근 미제거(1EA)	점검로 A1 철근 미제거(1EA)

【사진 41.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설에 발생한 철근미제거는 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(철근제거)를 실시하는 것이 필요하다.

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.

41.3.3 현장조사 총괄표

【표 41.3.16】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	파손	㎡	0.02	1	
IPC거더	상태양호	-	-	-	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	균열부백태	㎡	9.00	6	
	망상균열	㎡	13.78	7	
	재료분리	㎡	2.57	3	
	파손	㎡	0.06	1	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열	m	2.00	4	
	후타재 파손	㎡	0.20	1	
	신축이음 하부 누수	m	0.90	3	
교면포장	아스콘 균열	m	5.00	1	
배수시설	배수구 그레이팅 변형	EA	1.00	1	
방호벽	방호벽 균열	m	2.50	2	
	방호벽 들뜸	㎡	0.20	1	
	철근미제거	EA	1.00	1	
점검시설	철근미제거	EA	1.00	1	

41.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.4 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.

41.4.1 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 41.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

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

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

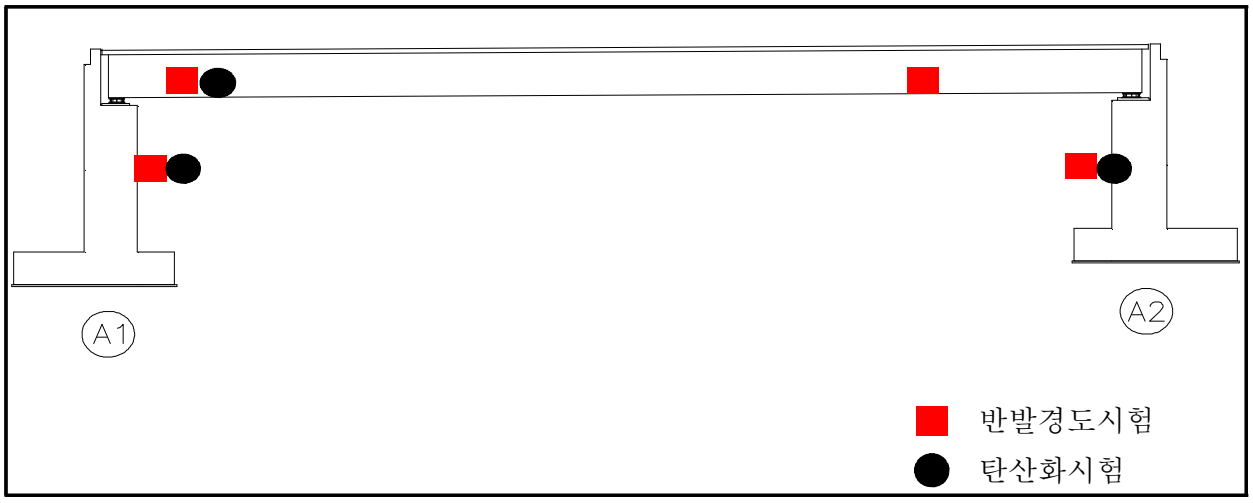
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【표 41.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 41.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

41.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상 · 하부구조에서 반발경도시험(총 4개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 41.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	

【표 41.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S1 거더	48.2	40.6	48.3	0.67	40.0	

【표 41.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	42.9	24.4	27.1	0.67	24.0	
	A2 교대	42.6	24.1	27.0			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.7㎫, 거더 40.6~48.3㎫, 하부구조 교대 24.1~27.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 41.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3 ~ 28.7	27.0	101.1 ~ 106.4
	거더	40.6 ~ 48.3	40.0	101.6 ~ 120.8
하부구조	교대	24.1 ~ 27.1	24.0	100.6 ~ 113.0

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 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 41.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
하부구조	A1 교대	3.5	100.0	96.5	a	2.47	100년이상	
	A2 교대	2.5	100.0	97.5	a	1.77	100년이상	

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.5~3.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 41.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0	39.0	
하부구조	2.5~3.5	96.5~97.5	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 41.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.6~48.3	40.0	
	하부구조	교대	24.1~27.1	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 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.

41.5.1 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 41.5.1】 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	IPC	b	a	a	b	b	c	b	a	b	q	a	a
	A2								b	a	b	q	–	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.400	0.200	0.100	0.200	–	0.100	0.100
가중치			20	20	3	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.040	0.020	0.003	0.014	0.006	0.008	0.018	0.009	0.040	–	0.004	0.003
													0.165	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.165) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 41.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
내포IC R-B1교	0.165	B	50.8	2	102	1.000	0.165
합계(∑)			50.8	2	102	1	0.165
1. 평가지수 =							0.165
2. 상태평가결과 =							B

41.5.2 기 점검 결과와의 비교

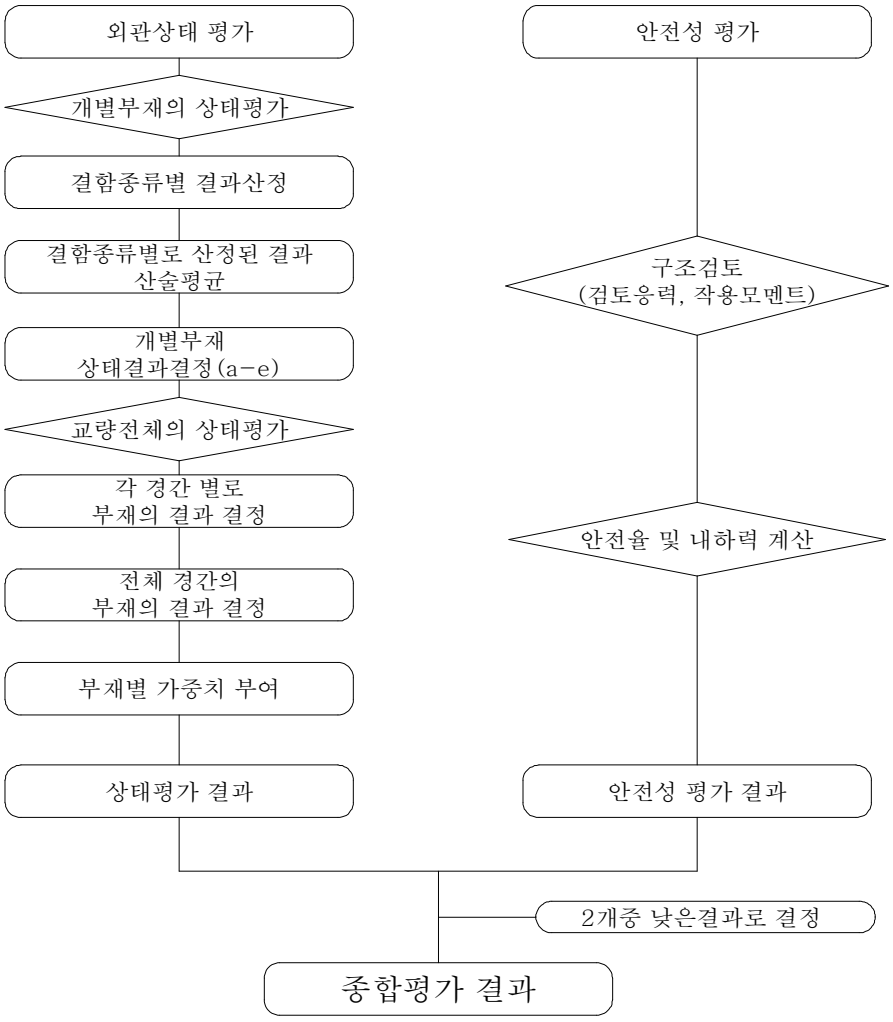
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.6 종합평가 및 안전등급 지정

41.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 41.6.1】 종합평가 결과 산정절차

41.6.2 종합평가 결과

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

【표 41.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
내포IC R-B1교	0.165	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

41.6.3 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 41.6.2】 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

41.7 보수·보강 및 유지관리방안

41.7.1 보수·보강 방안

【표 41.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	파손	㎡	0.02	1	단면보수	하자
IPC거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	균열부백태	㎡	9.00	6	표면처리	하자
	망상균열	㎡	13.78	7	표면처리	하자
	재료분리	㎡	2.57	3	단면보수	하자
	파손	㎡	0.06	1	단면보수	하자
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열	m	2.00	4	표면처리	하자
	후타재 파손	㎡	0.20	1	단면보수	하자
	신축이음 하부 누수	m	0.90	3	정비(재설치)	하자
교면포장	아스콘 균열	m	5.00	1	표면처리	하자
배수시설	배수구 그레이팅 변형	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
방호벽	방호벽 균열	m	2.50	2	표면처리	하자
	방호벽 들뜸	㎡	0.20	1	단면보수	하자
	철근미제거	EA	1.00	1	정비(철근제거)	하자
점검시설	철근미제거	EA	1.00	1	정비(철근제거)	하자

41.7.2 개략공사비

【표 41.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
교대	균열부백태	표면처리	9.00	13.50	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	13.78	20.67	㎡	-	-	하자
	재료분리	단면보수	2.57	3.85	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	2.00	0.75	㎡	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	신축이음 하부 누수	정비(재설치)	0.90	0.90	m	-	-	하자
교면포장	아스콘 균열	표면처리	5.00	1.88	㎡	-	-	하자
배수시설	배수구 그레이팅 변형	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
방호벽	방호벽 균열	표면처리	2.50	3.75	㎡	-	-	하자
	방호벽 들뜸	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	철근미제거	정비(철근제거)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
점검시설	철근미제거	정비(철근제거)	1.00	1.00	EA	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

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

41.7.3 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.

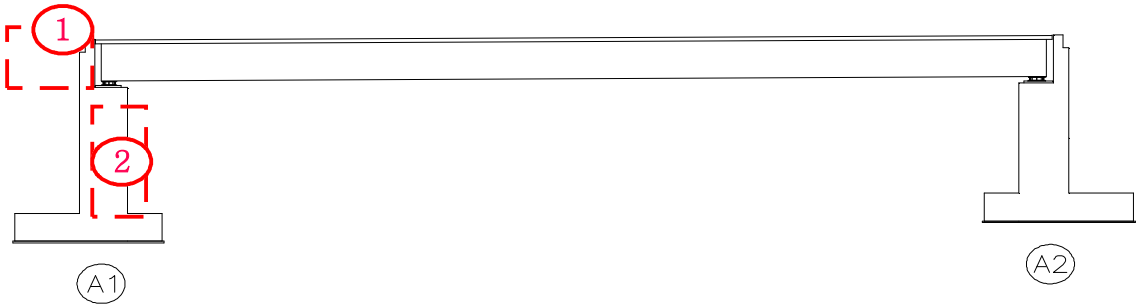
【표 41.7.3】 중점유지관리 항목

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 방호벽 및 점검로 철근미제거 등 – 진전 여부확인

② 교대 파손 등 – 진전 여부확인



41.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 16.3m의 IPC거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

41.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 파손은 초기 건조수축 및 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) IPC Girder

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

3) 가로보

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

4) 교대

- 교대에 조사된 균열부백태, 망상균열, 재료분리. 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투, 외부 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 신축이음 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 우수유입, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차 부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

- 배수구에 조사된 그레이팅 변형의 경우, 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행 등에 의한 원인으로 추가적인 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 정비(재설치)를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열, 방호벽 들뜸, 철근미제거의 경우 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리, 던면보수, 정비(철근제거) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설에 발생한 철근미제거는 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(철근제거)를 실시하는 것이 필요하다.

11) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.7㎫, 거더 40.6~48.3

㎫, 하부구조 교대 24.1~27.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.5~3.5㎜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, 내포IC R-B1교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.165인 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-B1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

41.8.2 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.

41.8.3 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.