# 7. 서문5교(서울방향)

7.1 시설물 개요

7.2 자료수집 및 분석

7.3 현장조사

7.4 콘크리트 내구성조사

7.5 상태평가

7.6 종합평가 및 안전등급 지정

7.7 보수·보강 및 유지관리 방안

7.8 종합결론

# 7. 서문5교(서울방향)

## 7.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25(도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 135.0m, 폭 19.5m로 시공되어 있다.

### 7.1.1 일반사항

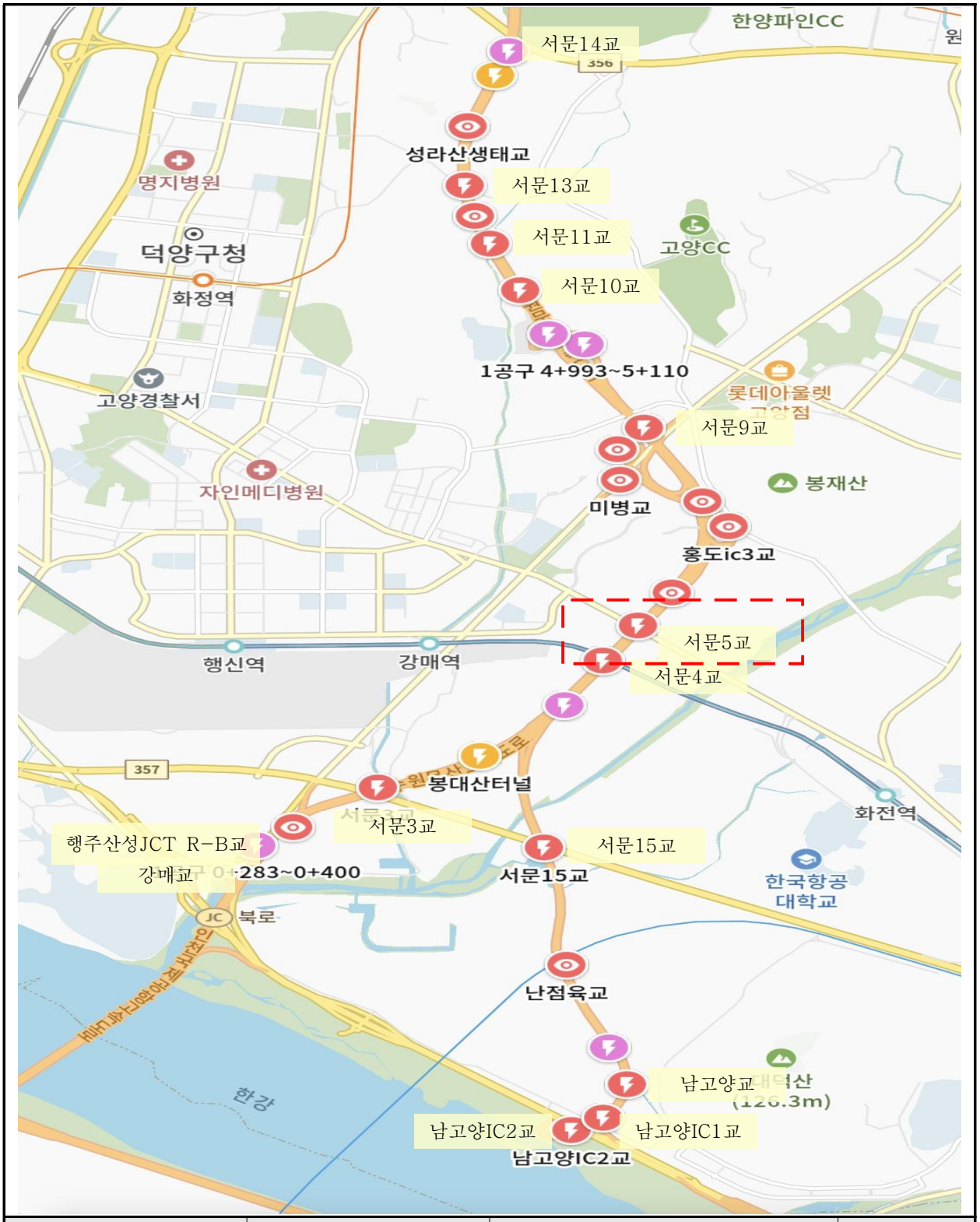
【표 7.1.1】 서문5교(서울방향) 일반사항

| 구 분 | | 내 용 | 구 분 | | 내 용 |
|---|---|---|---|---|---|
| 시설물번호 | | BR2020-0000230 | 관리번호 | | - |
| 시설물위치 | | 경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동) | 준공년월일 | | 2020. 11. 06 |
| 시점이정 | | 본선구간 0.480km | 노 선 명 | | 고속국도 17호선 |
| 제원 | 연장 | L=135.0m (3@45=135.0m) | | | |
| | 폭 | B=19.5m, 4차로 | | | |
| 구조형식 | 상부 | BICON거더교 | 기초형식 | 교 대 | 강관말뚝기초 |
| | 하부 | 교대: 역T형, 교각: $\pi$형 | | 교 각 | 복합말뚝기초 |
| 교량받침 | | 탄성받침 | 신축이음 | | 뉴모노셀조인트 |
| 교차시설물 | | 승전로 | 통과높이 | | 12.0m |
| 부착시설내용 | | 지에스건설㈜ | 설계하중 | | DB-24/DL-24 |
| 시 공 자 | | ㈜동일기술공사 | 관리주체 | | ㈜다산컨설턴트 |
| 감 리 자 | | ㈜동일기술공사 | 관리주체 | | 서울문산고속도로주식회사 |

측면 전경

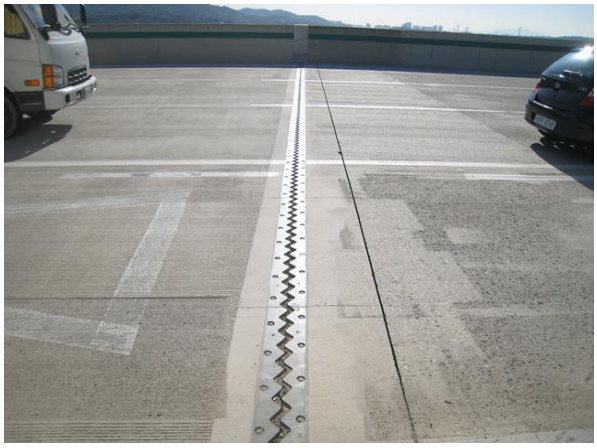
상부 전경

## 7.1.2 위치도 및 전경사진



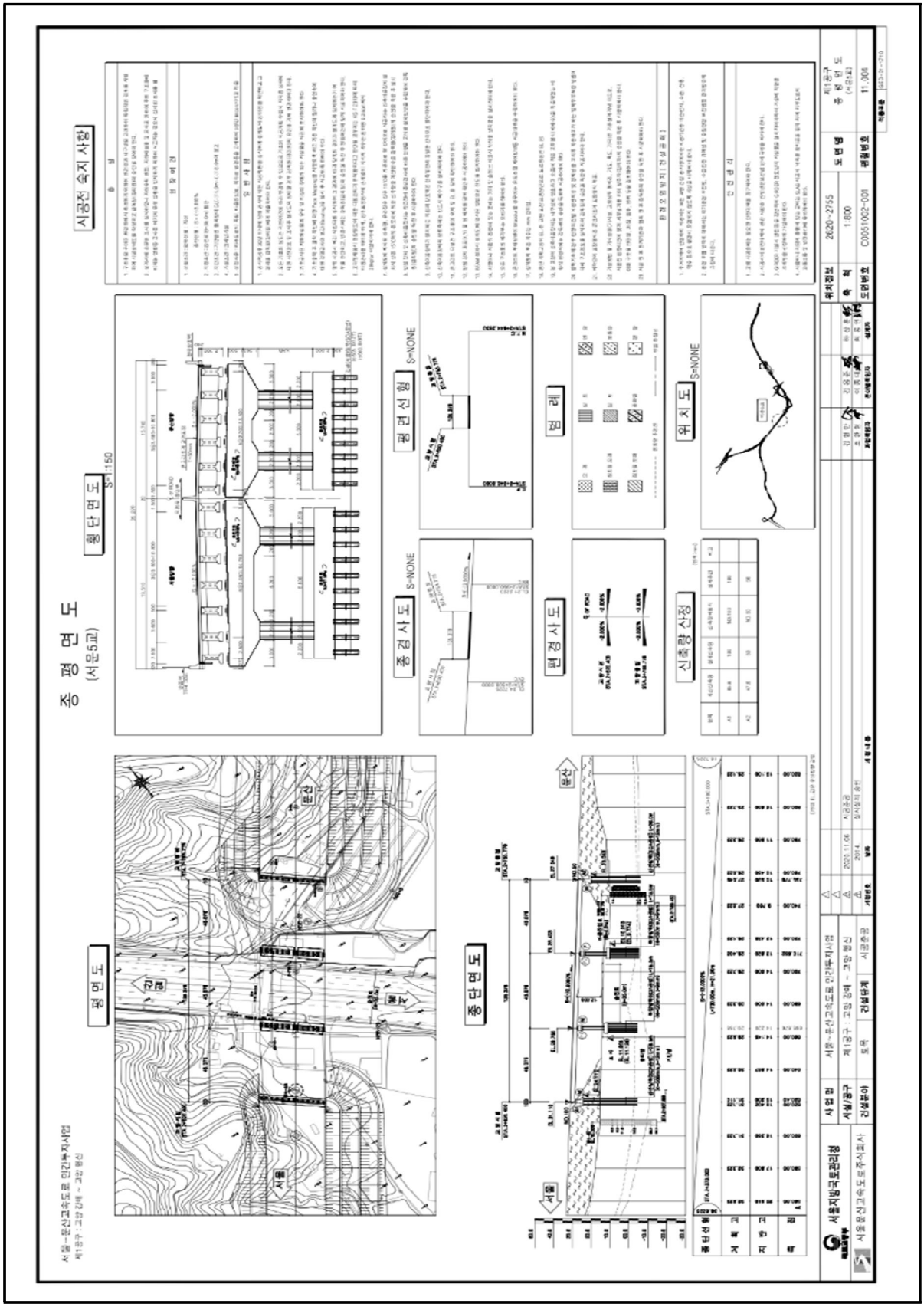

| Span번호 | 조사방법 및 접근성 | 조사기간 | 비고 |
|---|---|---|---|
| S1~S3 | 도보, 고소차 | 2022.08.22.~2022.12.11. | |

【그림 7.1.1】 위치도

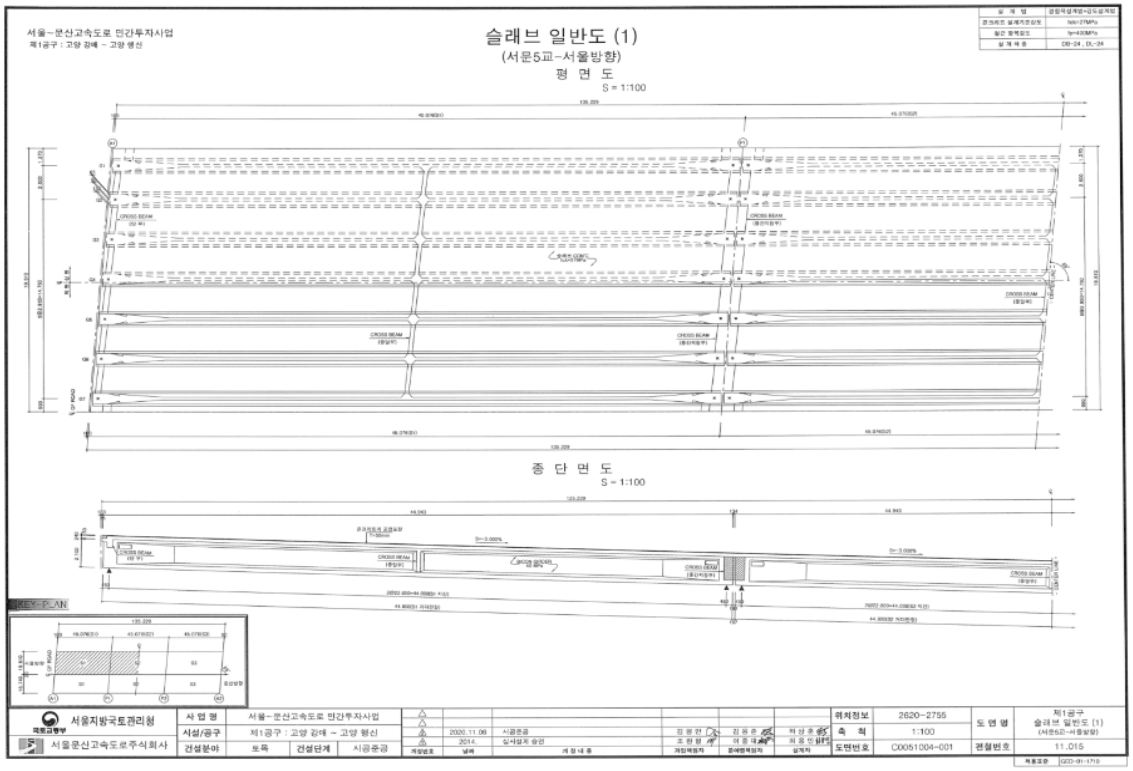
| | |
|---|---|
| |  |
| 교면포장 전경 | 신축이음 전경 |
| | |
| 거더 전경 | 바닥판하면 전경 |
| | |
| 교대 전경 | 교각 전경 |

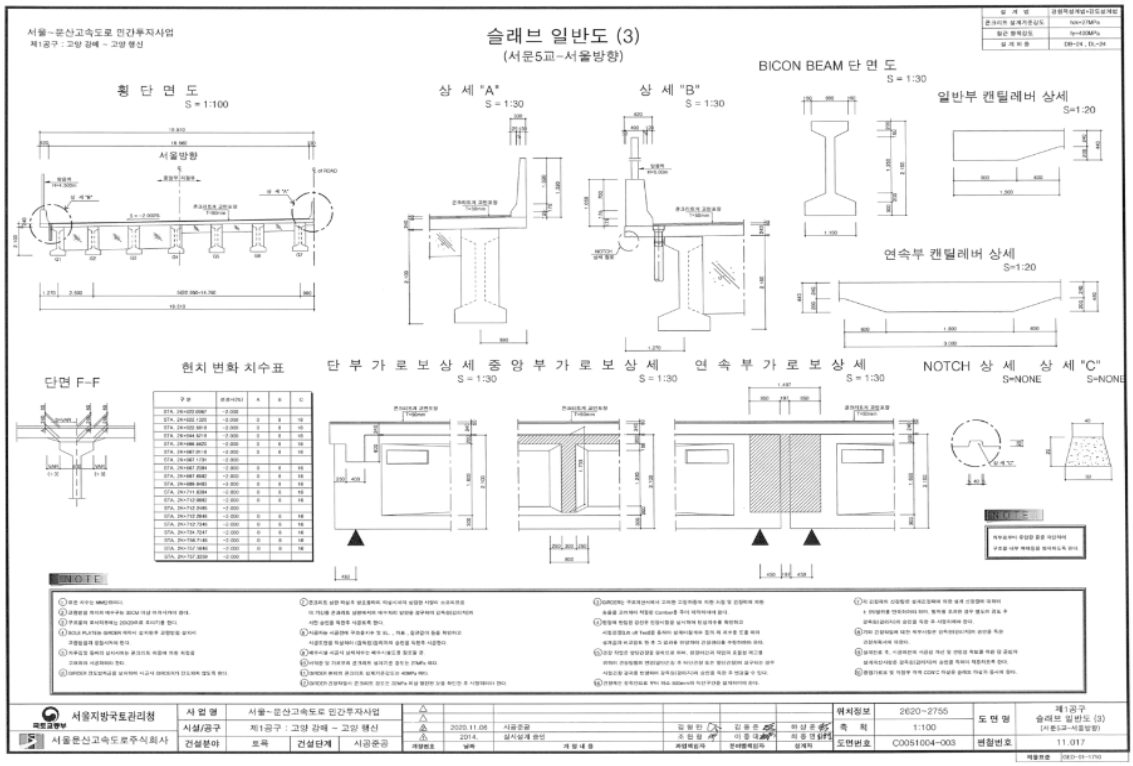
【그림 7.1.2】 부재별 현황

## 7.1.3 시설물 일반도

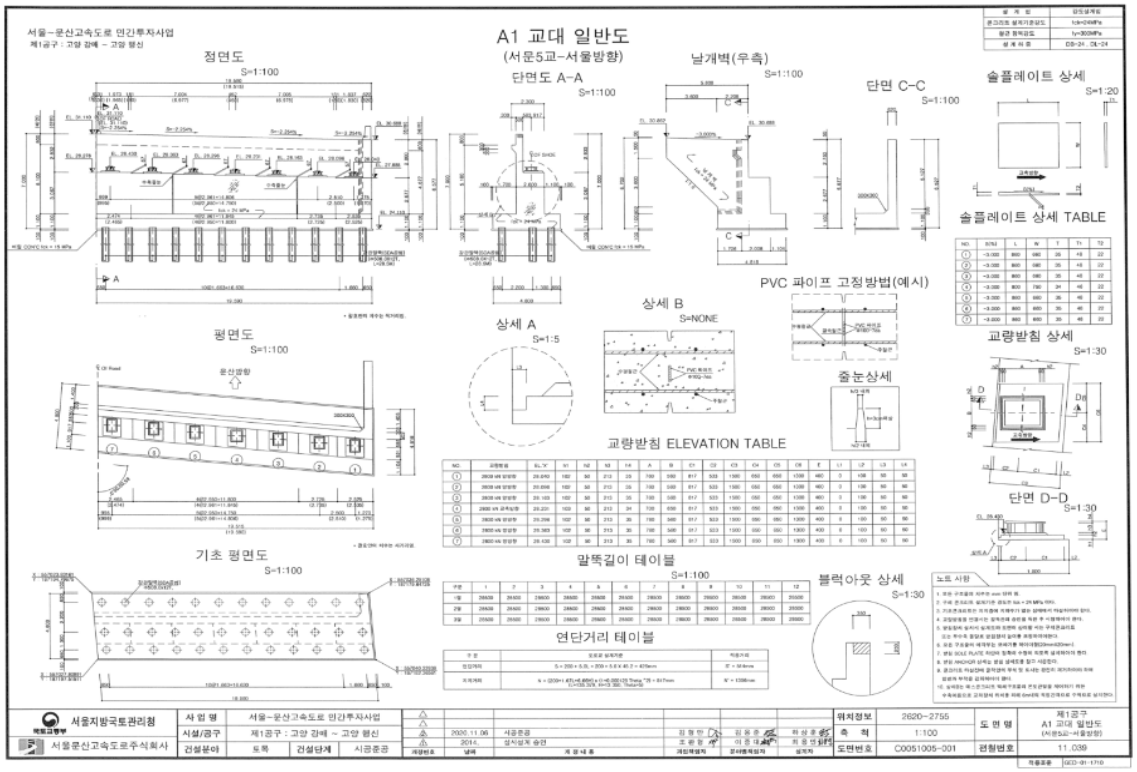


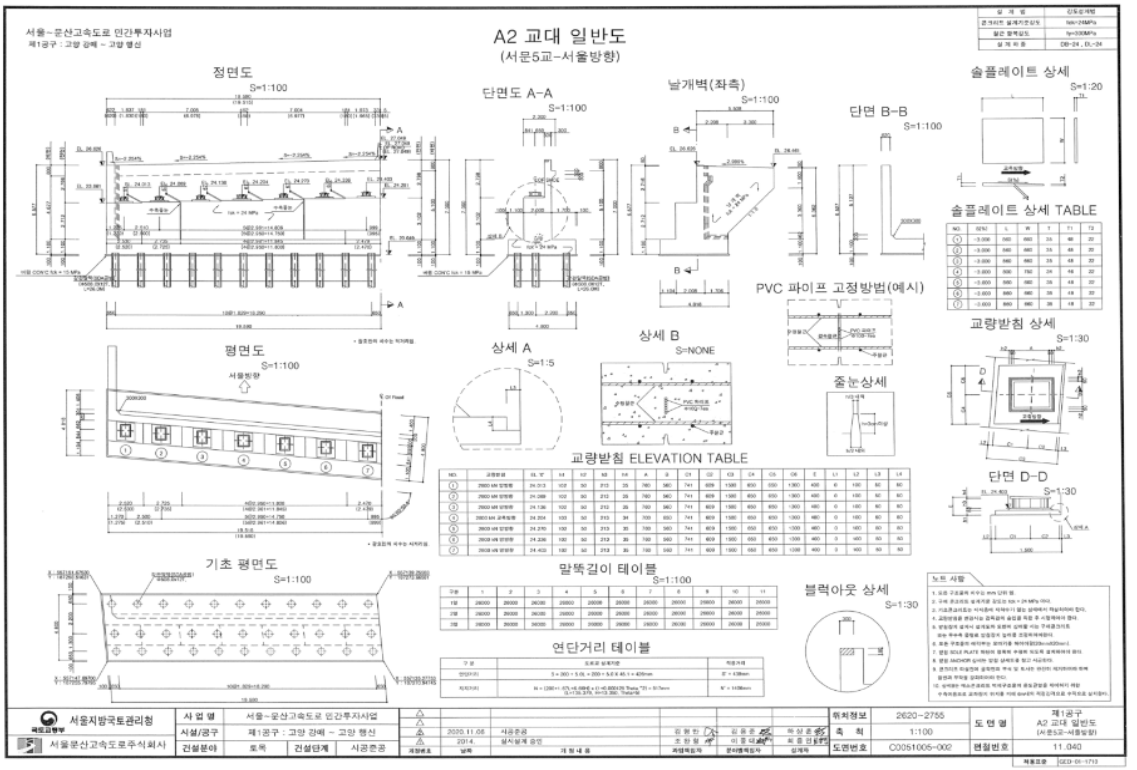

【그림 7.1.3】 평면 및 종단면도



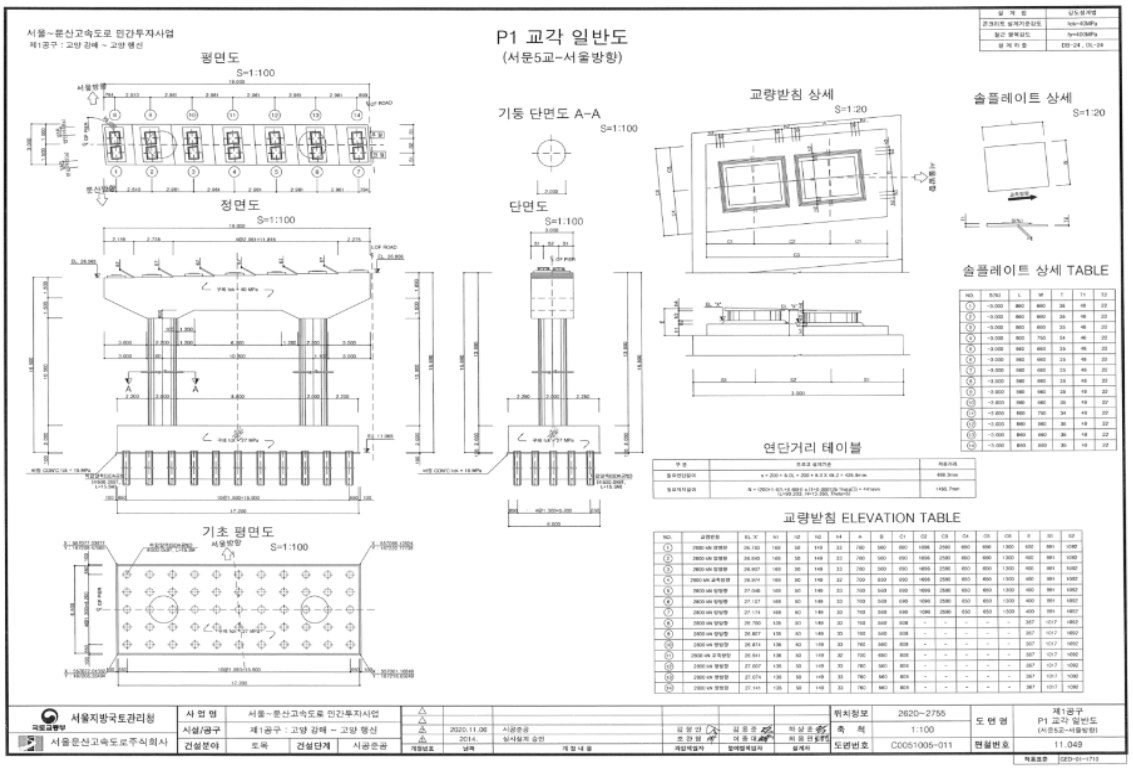



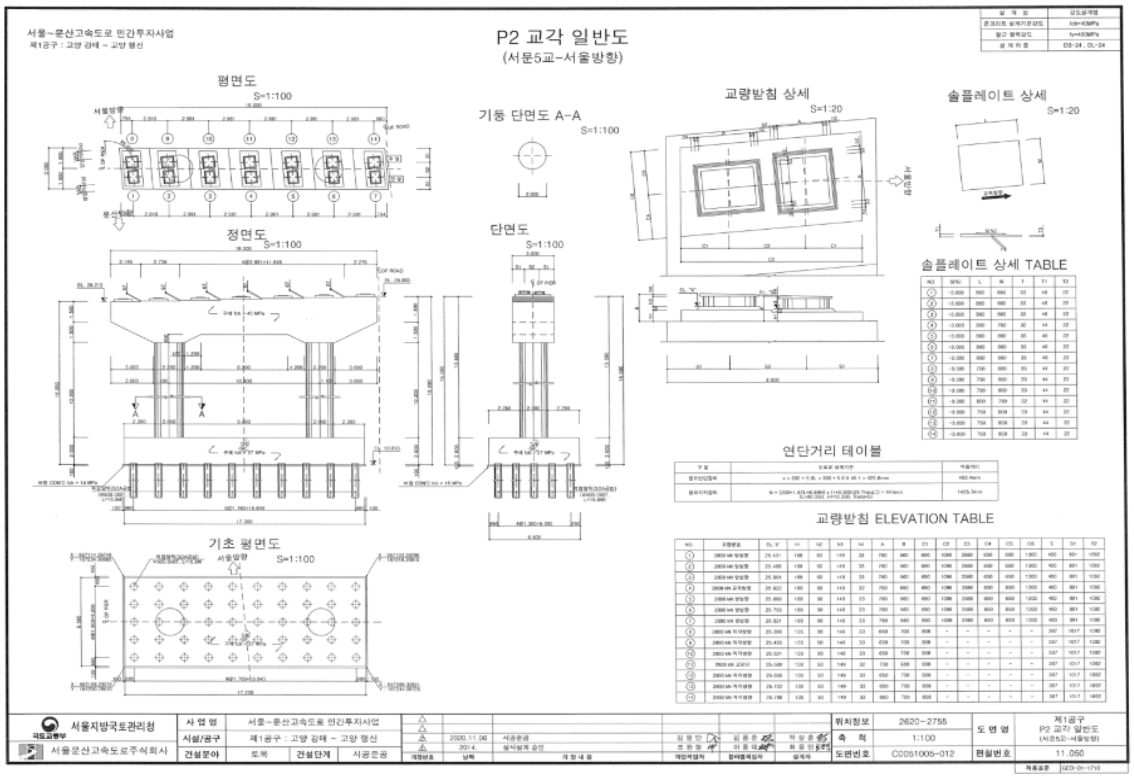

【그림 7.1.4】 바닥판하면 일반도


A1 교대 일반도
(서문5교-서울방향)
정면도
S=1:100
단면도 A-A
S=1:100
날개벽(우측)
S=1:100
단면 C-C
S=1:100
슬플레이트 상세
S=1:20
슬플레이트 상세 TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
상세 A
S=1:5
상세 B
S=NONE
교량받침 상세
S=1:30
평면도
S=1:100
줄눈상세
교량받침 ELEVATION TABLE
단면 D-D
S=1:30
기초 평면도
S=1:100
말뚝길이 테이블
S=1:100
블럭아웃 상세
S=1:30
연단거리 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 시공준공
2014. 설시설계 승인
위치정보 2620-2755
축 척 1:100
도면번호 C0051005-001
제1공구
A1 교대 일반도
(서문5교-서울방향)
편철번호 11.039

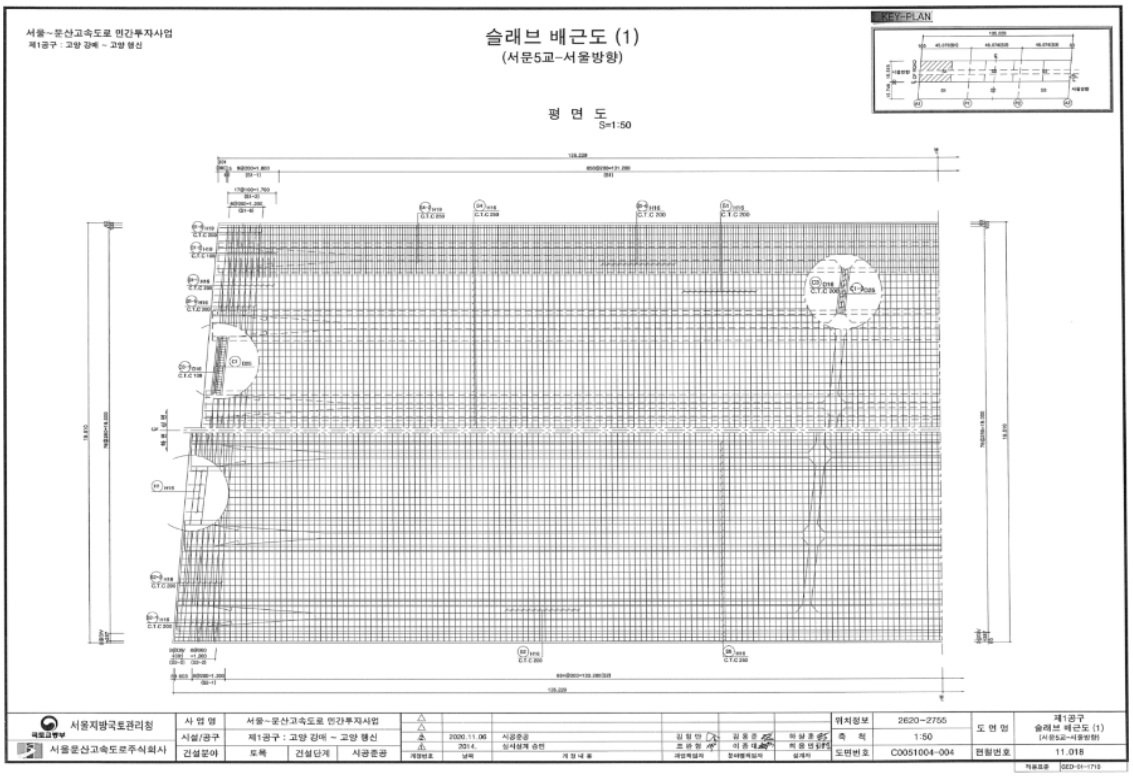

A2 교대 일반도
(서문5교-서울방향)
정면도
S=1:100
단면도 A-A
S=1:100
날개벽(좌측)
S=1:100
단면 B-B
S=1:100
슬플레이트 상세
S=1:20
슬플레이트 상세 TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
상세 A
S=1:5
상세 B
S=NONE
교량받침 상세
S=1:30
평면도
S=1:100
줄눈상세
교량받침 ELEVATION TABLE
단면 D-D
S=1:30
기초 평면도
S=1:100
말뚝길이 테이블
S=1:100
블럭아웃 상세
S=1:30
연단거리 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 시공준공
2014. 설시설계 승인
위치정보 2620-2755
축 척 1:100
도면번호 C0051005-002
제1공구
A2 교대 일반도
(서문5교-서울방향)
편철번호 11.040

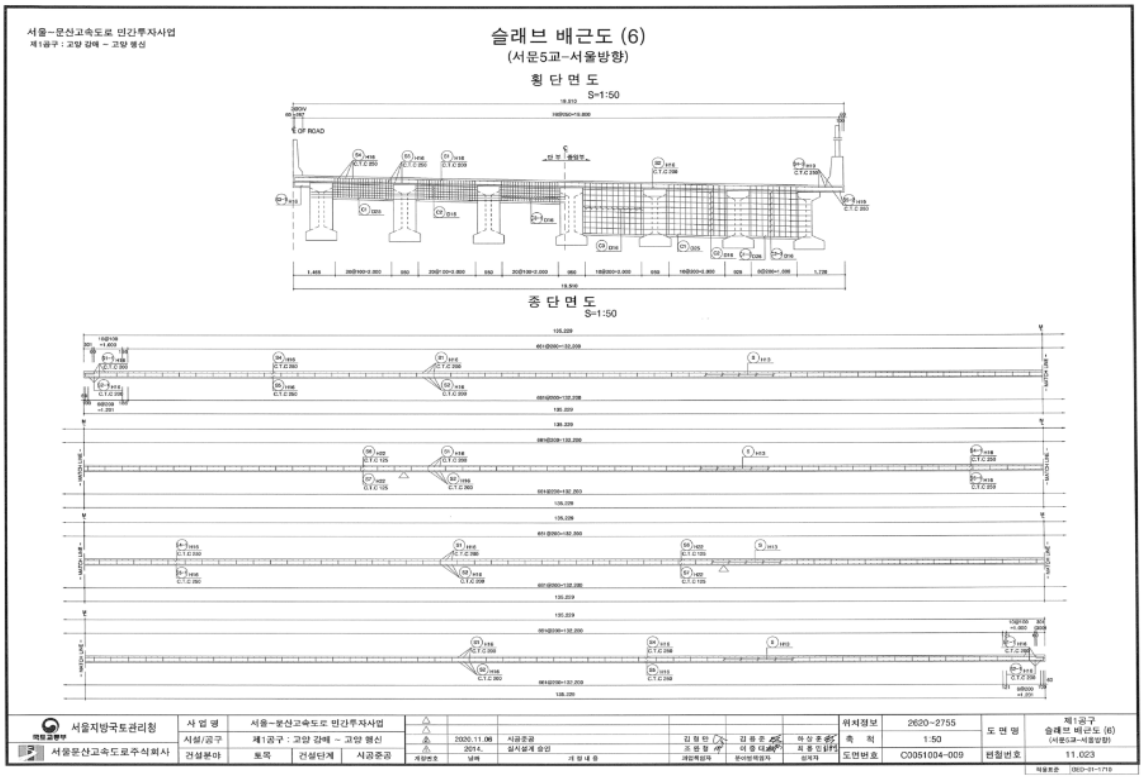
【그림 7.1.5】 교대 일반도


P1 교각 일반도
(서문5교-서울방향)
평면도
S=1:100
정면도
S=1:100
기초 평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
단면도
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
2020.11.06
2014.
시공준공
실시설계 승인
위치정보
2620-2755
축 척
1:100
도면번호
C0051005-011
도 면 명
제1공구
P1 교각 일반도
(서문5교-서울방향)
편철번호
11.049

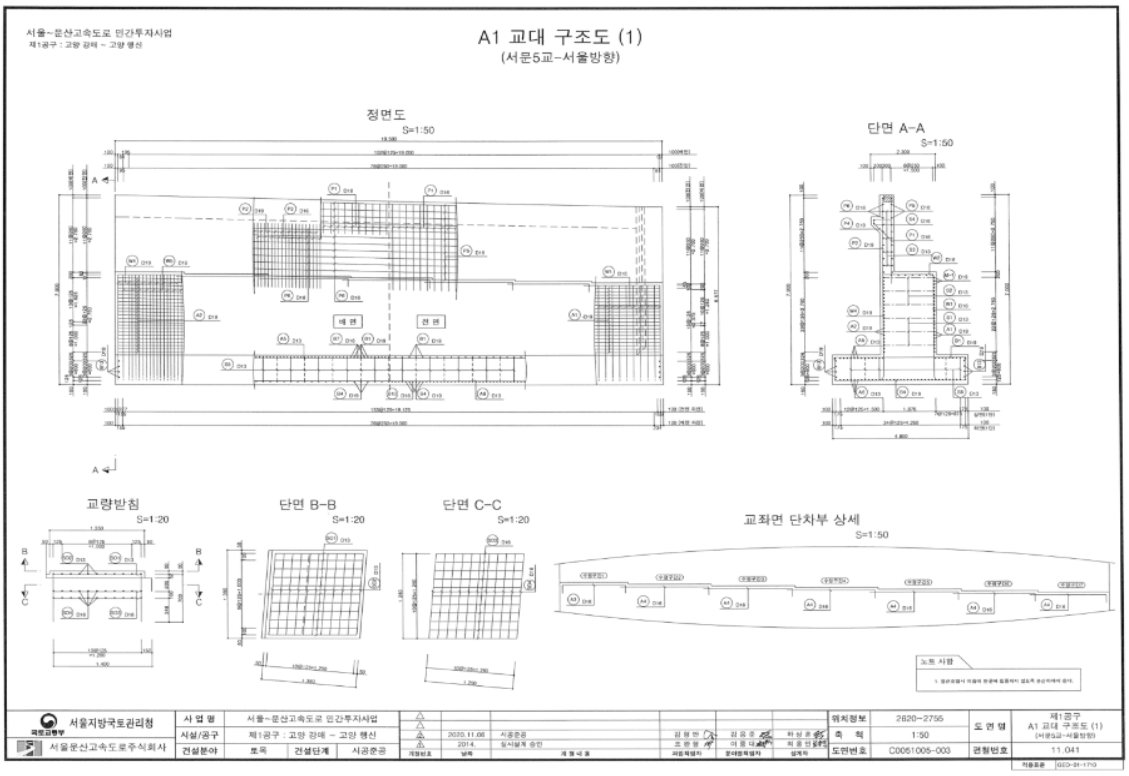

P2 교각 일반도
(서문5교-서울방향)
평면도
S=1:100
정면도
S=1:100
기초 평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
단면도
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
2020.11.06
2021.4.
시공준공
실시설계 승인
위치정보
2620-2755
축 척
1:100
도면번호
C0051005-012
도 면 명
제1공구
P2 교각 일반도
(서문5교-서울방향)
편철번호
11.050

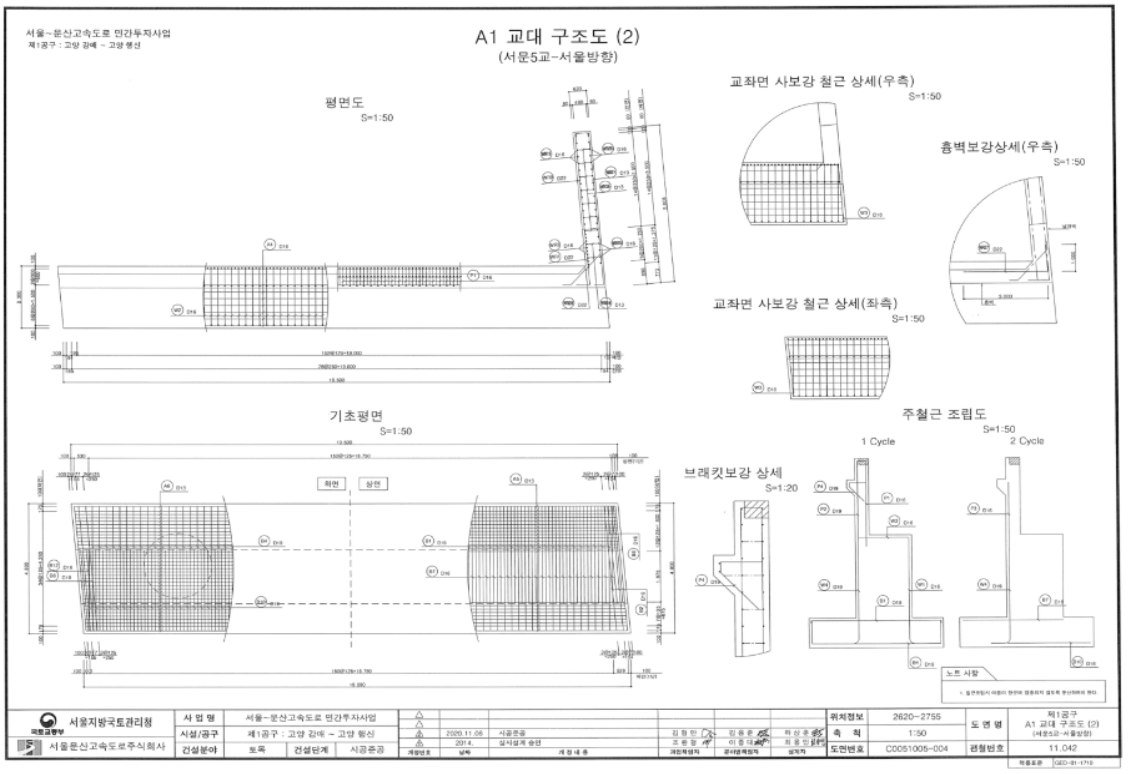
【그림 7.1.6】 교각 일반도



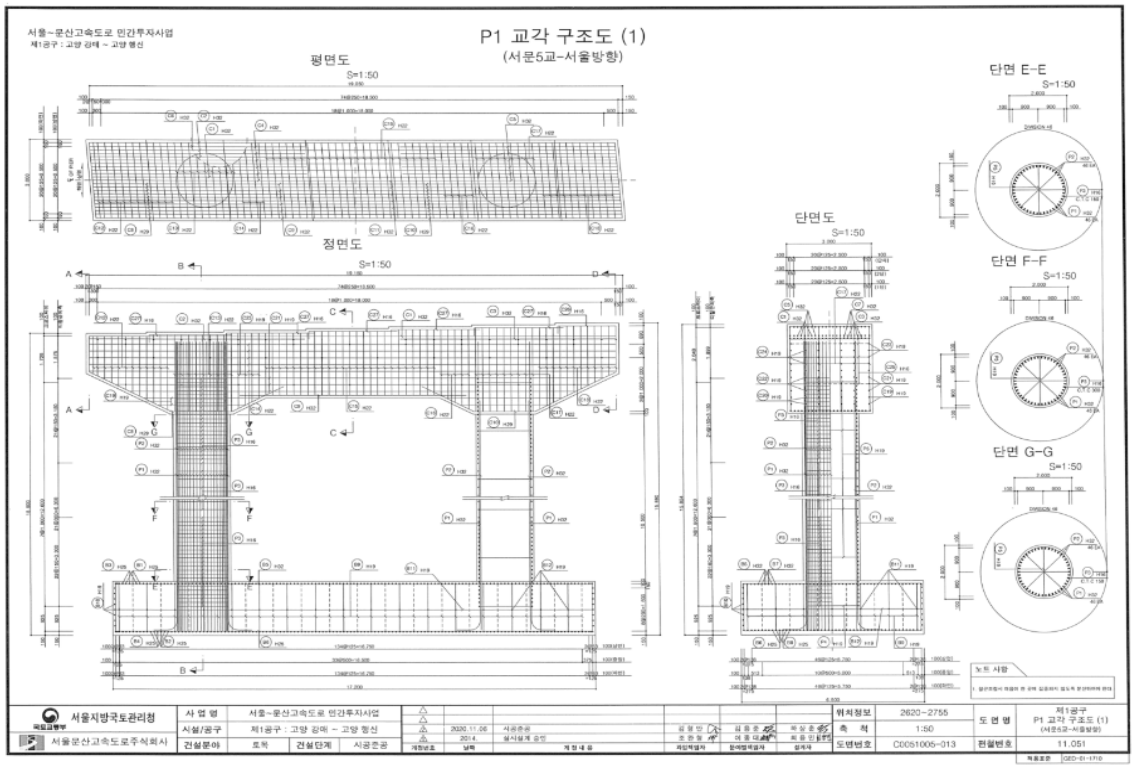



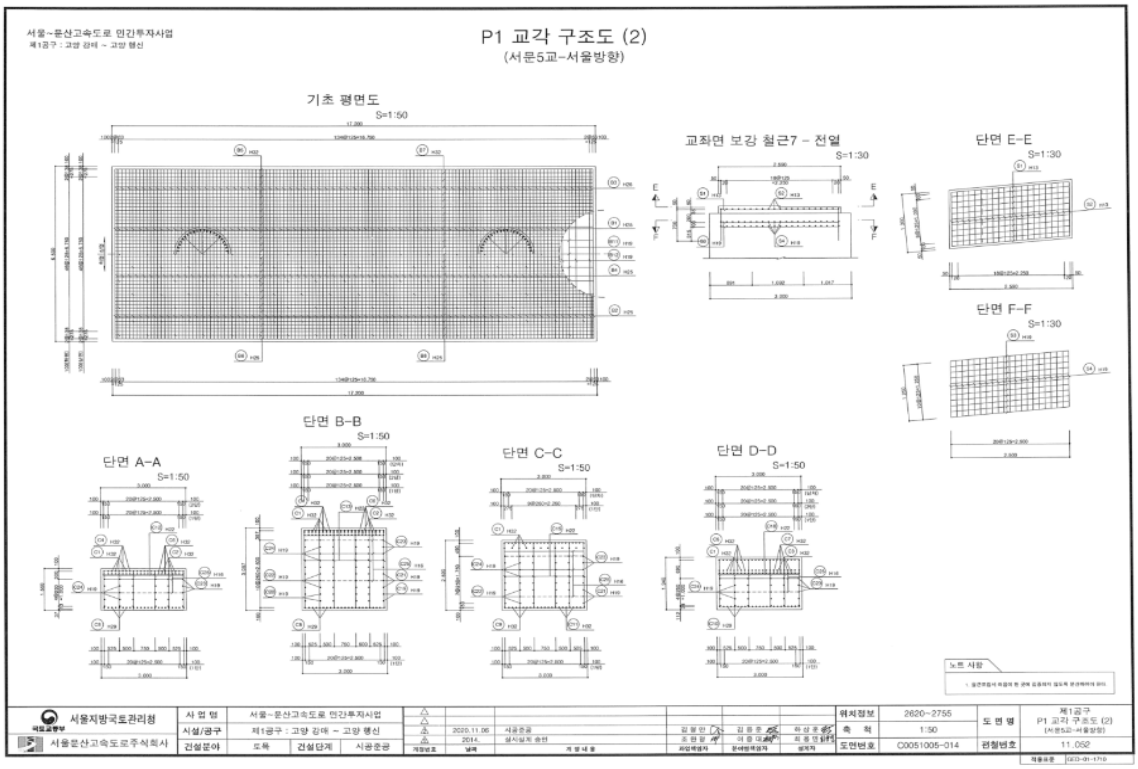

【그림 7.1.7】 바닥판하면 배근도


A1 교대 구조도 (1)
(서문5교-서울방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 - 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
위치정보
2620-2755
축 척
1:50
도면번호
C0051005-003
도 면 명
A1 교대 구조도 (1)
(서문5교-서울방향)
권철번호
11.041


A1 교대 구조도 (2)
(서문5교-서울방향)
평면도
S=1:50
교좌면 사보강 철근 상세(우측)
S=1:50
흉벽보강상세(우측)
S=1:50
교좌면 사보강 철근 상세(좌측)
S=1:50
기초평면
S=1:50
주철근 조립도
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
브래킷보강 상세
S=1:20
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 - 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
위치정보
2620-2755
축 척
1:50
도면번호
C0051005-004
도 면 명
A1 교대 구조도 (2)
(서문5교-서울방향)
권철번호
11.042

【그림 7.1.8】 교대 구조도


P1 교각 구조도 (1)
(서문5교-서울방향)
평면도
S=1:50
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 E-E
S=1:50
단면 F-F
S=1:50
단면 G-G
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
2620-2755
1:50
C0051005-013
11.051


P1 교각 구조도 (2)
(서문5교-서울방향)
기초 평면도
S=1:50
교좌면 보강 철근7 - 전열
S=1:30
단면 E-E
S=1:30
단면 F-F
S=1:30
단면 B-B
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
2620-2755
1:50
C0051005-014
11.052

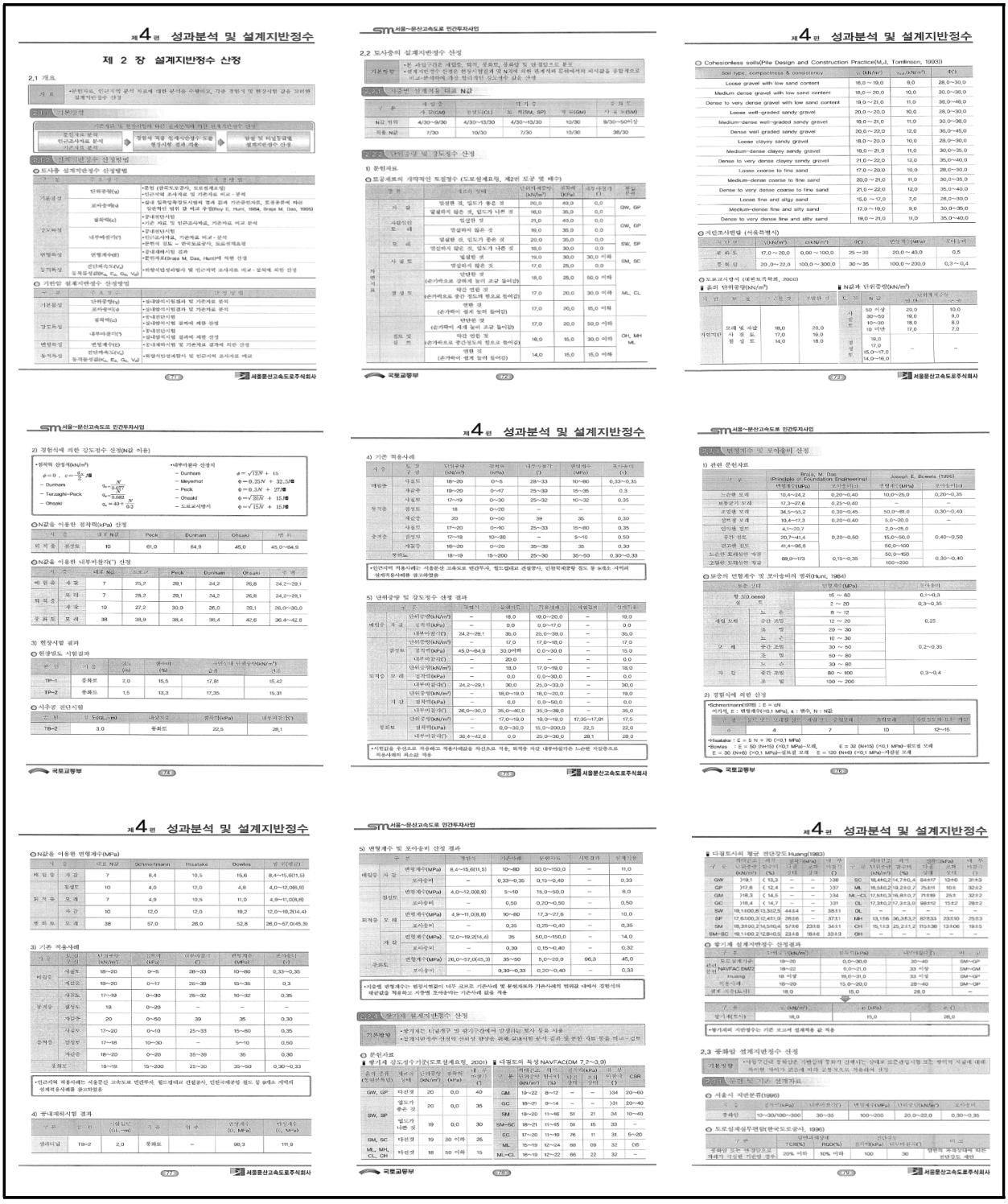
【그림 7.1.9】 교각 구조도

# 7.2 자료수집 및 분석

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

## 7.2.1 설계자료 검토

### 가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

| 구 분 | | 단위중량(kN/m³) | 점착력(kPa) | 내부마찰각(°) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 사면안정 학술발표회 | 1996 | 21 | 30 | 35 | – |
| | 2001 | 20 | 30 | 35 | – |
| | 2003 | 19.5 | 20 | 36 | 사암, 셰일 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 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

| 공 번 | 점 착 력(kPa) | 내부마찰각(°) | 변형계수(MPa) |
|---|---|---|---|
| TB-3 | 31.1 | 31.4 | 156.1 |

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

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

○ 전단강도 및 변형계수

| 구 분 | 경험식 | 문헌자료 | 적용사례 | 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





2.4 기반암 설계지반정수 산정

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

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

| 암 석 종 류 (강도) | 암 반 과 쇄 상 태 (NX 규격 시추조사시) | | 암반의 강도정수 | |
|---|---|---|---|---|
| | T.C.R(%) | R.Q.D(%) | φ (°) | C (kPa) |
| 풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우 | 20% 이하 | 10% 이하 | 30° | 100 |
| 경한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암 | 20~30% | 10~25% | 33° | 130 |
| | 40~50% | 25~35% | 35° | 150 |
| | 70% 이상 | 40~50% | 40° | 200 |

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

| 지반명 | 단위중량 γt (kN/m³) | 내부마찰각 φ (°) | 변형계수 Eₛ (MPa) | 포아송비 υ |
|---|---|---|---|---|
| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 터널구간 | I등급 | 27 | 4,200 | 44~45 | 18,000 | 0.21 |
| | II등급 | 26 | 3,500 | 41~42 | 13,000~15,000 | 0.22 |
| | III등급 | 25 | 2,000~2,200 | 37 | 4,000~6,000 | 0.24 |
| | IV등급 | 24 | 800~900 | 34 | 1,000 | 0.25 |
| | V등급 | 23 | 400 | 33 | 500 | 0.26 |

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

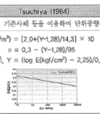
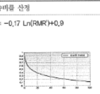




2.4.2 경험식에 의한 검토

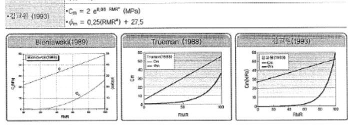
○ 제안자별 경험식

■ 단위중량 및 포아송비

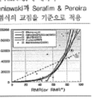
| 구 분 | Tsuchiya (1984) | 김교원 (1993) |
|---|---|---|
| 산정방법 | •추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정 | |
| 산 정 식 | $\gamma_t$ (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10<br>υ = 0.3 − (Y-1.28)/95<br>여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35<br>  | υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9<br>  |

■ 점착력 및 내부마찰각

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




■ 변형계수

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





○ 경험식에 의한 산정결과

■ 단위중량 및 포아송비

| 구 분 | | 대표RMR | 단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984) | 단위중량(kN/m³) 김교원 (1993) | 포아송비(v) Tsuchiya (1984) | 포아송비(v) 김교원 (1993) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 터널구간 | I등급 | 81 | 26.3 | – | 0.21 | 0.15 |
| | II등급 | 64 | 25.5 | – | 0.22 | 0.19 |
| | III등급 | 53 | 24.8 | – | 0.23 | 0.22 |
| | IV등급 | 36 | 23.8 | – | 0.24 | 0.29 |
| | V등급 | 10 | 22.1 | – | 0.27 | 0.49 |

■ 점착력 및 내부마찰각

| 구 분 | | 대표RMR | 점착력(kPa) Bieniawski (1989) | 점착력(kPa) Truman (1988) | 점착력(kPa) 김교원 (1993) | 내부마찰각(φ) Bieniawski (1989) | 내부마찰각(φ) Truman (1988) | 내부마찰각(φ) 김교원 (1993) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 터널구간 | I등급 | 81 | 377 | 14,349 | 14,098 | 43 | 46 | 48 |
| | II등급 | 64 | 324 | 6,133 | 3,618 | 38 | 37 | 44 |
| | III등급 | 53 | 279 | 3,539 | 1,501 | 33 | 32 | 41 |
| | IV등급 | 36 | 194 | 1,512 | 385 | 24 | 23 | 37 |
| | V등급 | 10 | 26 | 412 | 48 | 7 | 10 | 30 |

■ 변형계수

| 구 분 | | 대표RMR | 변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983) | 변형계수(MPa) 김교원(1993) | 변형계수(MPa) Aydan(1977) |
|---|---|---|---|---|---|
| 터널구간 | I등급 | 81 | 65,000 | 93,300 | 55,300 |
| | II등급 | 64 | 28,000 | 28,300 | 24,000 |
| | III등급 | 53 | 11,800 | 13,100 | 12,300 |
| | IV등급 | 36 | 4,400 | 3,900 | 3,100 |
| | V등급 | 10 | 1,000 | 600 | – |

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

| 구 분 | 공 번 | 시험심도 (GL.−m) | 지 층 | 암 종 | RMR | 변형계수 (D, 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 |





○ 실내시험 결과

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

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

| 구 분 | 지 층 | 단위중량(kN/m³) 적용사례 | 경험식 | 시험결과 | 적 용 | 포아송비(v) 적용사례 | 경험식 | 시험결과 | 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 | 0.22~0.23 | 0.16~0.19 | 0.24 |
| | IV등급 | 24 | 23.8 | 27.08~28.93 | 24.0 | 0.25 | 0.24~0.29 | 0.16~0.21 | 0.25 |
| | V등급 | 23 | 22.1 | – | 23.0 | 0.26 | 0.27~0.49 | – | 0.26 |

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

○ 점착력 및 내부마찰각

| 구 분 | 지 층 | 점착력(kPa) 적용사례 | 경험식 | 적 용 | 내부마찰각(φ) 적용사례 | 경험식 | 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





○ 변형계수

| 구 분 | 지 층 | 변형계수(MPa) 적용사례 | 경험식 | 시험결과 | 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 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

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

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

| 암 석 명 | 기본마찰각($\phi_b$) | 암 석 명 | 기본마찰각($\phi_b$) |
|---|---|---|---|
| 각 섬 암 | 32 | 화강암 (조립질) | 31~35 |
| 현 무 암 | 31~38 | 석 회 암 | 33~40 |
| 역 암 | 35 | 편 암 | 31 |
| 백 악 | 30 | 사 암 | 25~35 |
| 백 운 암 | 27~31 | 셰 일 | 27 |
| 편마암 (편암질) | 23~29 | 미 사 암 | 27~31 |
| 화강암 (세립질) | 29~35 | 점 판 암 | 25~30 |

주) 위은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

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

| 암 석 명 | | | 내부마찰각(°) | 점착력(MPa) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 점착력이 없는 물질 | 방과 / 과쇄 암석 | 현 무 암<br>백 악<br>화 강 암<br>석 회 암<br>사 암<br>셰 일 | 40.0 ~ 50.0<br>30.0 ~ 40.0<br>45.0 ~ 50.0<br>35.0 ~ 40.0<br>35.0 ~ 45.0<br>30.0 ~ 35.0 | – | – |
| 점착력이 있는 물질 | 암 석 | 견고한 화성암<br>변 성 암<br>견고한 퇴적암<br>연약한 퇴적암 | 35.0 ~ 45.0<br>30.0 ~ 40.0<br>35.0 ~ 45.0<br>25.0 ~ 35.0 | 35.7 ~ 56.1<br>20.4 ~ 40.8<br>10.2 ~ 30.6<br>1.0 ~ 20.4 | (화강암, 현무암, 반암)<br>(규암, 편마암, 점판암)<br>(석회암, 백운석, 사암)<br>(사암, 석탄, 백악, 셰일) |





○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

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





○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

| 구 분 | 현무암 | 역 암 | 편마암 | 화강암 | 사 암 | 셰 일 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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), 셰일, 대리석 | 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) 최대 | 점착력(kPa) 잔류 | 마찰각(°) 최대 | 마찰각(°) 잔류 | JRC | JCS (MPa) | Ks (Mpa/mm) | Kn (Mpa/mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 상리터널 | TB-3 | 22.9~23.3 | 132.0 | 47.0 | 44.0 | 39.1 | 18~20 | 92.0 | 2,824 | 4,151 |
| | TB-5 | 14.6~15.0 | 96.0 | 59.0 | 40.3 | 34.7 | 14~16 | 84.0 | 2,351 | 3,993 |

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

| 암 종 | 점착력(kPa) 기존문헌 | 점착력(kPa) 실내시험 | 점착력(kPa) 설계적용 | 내부마찰각(°) 기존문헌 | 내부마찰각(°) 실내시험 | 내부마찰각(°) 설계적용 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 편마암 | – | 47.0~59.0 | 47.0 | – | 34.7~39.1 | 34.0 |

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





2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

| 개 요 | •하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석<br>•시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정 |
|---|---|

○ 전단파 속도($V_s$) 경험적 산정방법

**N값에 의한 전단파속도 경험 추정식**

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

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

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

− 동전단계수 : $G_d = \rho\cdot V_s^2$

− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d\cdot(1+\nu_d)$

− 동체적계수 : $K_d = E_d/3(1-2\nu_d)$  여기서, ρ= γt/g , γt=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

| 구 분 | | 하향식탄성파 $V_p$(m/s) | 하향식탄성파 $V_s$(m/s) | 경험식 $V_s$(m/s) | 적용 $V_s$(m/s) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 매립층 | | – | – | 144.4~224.1 | 180 | – |
| 퇴적층 | 점토 | – | – | 162.5~249.4 | 200 | – |
| | 모래 | – | – | 144.4~224.1 | 170 | – |
| | 자갈 | – | – | 162.5~249.4 | 190 | – |
| 풍화토 | | 919~984 | 375~408 | 252.4~372.3 | 392 | – |
| 풍화암 | | 1,103~1,185 | 511~577 | 276.4~404.2 | 544 | – |
| 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) | $\nu_d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

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

## 제4편 성과분석 및 설계지반정수

### 2.6.2 수리 지반특성 분석

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

◎ 문헌자료

| 토 질 | 투수계수(cm/s) |
|---|---|
| GW | $1.0\times10^{-2}$ 이하 |
| GP | $1.0\times10^{-2}$ 이하 |
| GM | $1.0\times10^{-6}$~$1.0\times10^{-3}$ |
| GC | $1.0\times10^{-8}$~$1.0\times10^{-6}$ |
| SW | $1.0\times10^{-3}$ 이하 |
| SP | $1.0\times10^{-3}$ 이하 |
| SM | $1.0\times10^{-5}$~$1.0\times10^{-2}$ |

| 토 질 | 투수계수(cm/s) |
|---|---|
| SC | $1.0\times10^{-8}$ ~$1.0\times10^{-6}$ |
| ML | $1.0\times10^{-8}$~$1.0\times10^{-3}$ |
| CL | $1.0\times10^{-8}$~$1.0\times10^{-6}$ |
| OL | $1.0\times10^{-8}$~$1.0\times10^{-4}$ |
| MH | $1.0\times10^{-8}$~$1.0\times10^{-4}$ |
| CH | $1.0\times10^{-8}$~$1.0\times10^{-6}$ |
| OH | $1.0\times10^{-6}$~$1.0\times10^{-6}$ |

| 입반의 상태 | 특 징 | 투수계수(cm/s) |
|---|---|---|
| 균열 간격이 매우 좁은 상태 | 높은 투수성 암반 | $1.0\times10^{-2}$~$1.0\times10^{2}$ |
| 균열 간격이 보통인 상태 | 보통 투수성 암반 | $1.0\times10^{-5}$~$1.0\times10^{-2}$ |
| 균열 간격이 매우 넓은 상태 | 약간 투수성 암반 | $1.0\times10^{-9}$~$1.0\times10^{-5}$ |
| 균열 간격이 없을때 | 불투수성 암반 | $1.0\times10^{-9}$ 이상 |

◎ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

| 구 분 | | 문헌자료 | 시험결과 | 적 용 |
|---|---|---|---|---|
| 매립층 | | $1.0\times10^{-5}$ ~$1.0\times10^{-2}$ | – | $5.4\times10^{-4}$ |
| 퇴적층 | 점토 | $1.0\times10^{-8}$~$1.0\times10^{-6}$ | – | $1.2\times10^{-7}$ |
| | 모래 | $1.0\times10^{-5}$~$1.0\times10^{-2}$ | – | $6.6\times10^{-4}$ |
| | 자갈 | $1.0\times10^{-2}$ 이하 | – | $5.9\times10^{-3}$ |
| 풍화토 | | $1.0\times10^{-5}$~$1.0\times10^{-2}$ | $1.96\times10^{-4}$~$3.08\times10^{-4}$ | $2.4\times10^{-4}$ |
| 풍화암 | | $1.0\times10^{-5}$~$1.0\times10^{-2}$ | $4.53\times10^{-5}$ | $4.5\times10^{-5}$ |
| 연 암 | | $1.0\times10^{-5}$~$1.0\times10^{-2}$ | $3.06\times10^{-6}$~$4.76\times10^{-6}$ | $3.9\times10^{-6}$ |
| 경 암 | | $1.0\times10^{-9}$~$1.0\times10^{-5}$ | $1.28\times10^{-6}$~$2.49\times10^{-6}$ | $1.9\times10^{-6}$ |
| I등급 | | $1.0\times10^{-9}$~$1.0\times10^{-5}$ | – | $5.0\times10^{-7}$ |
| II등급 | | $1.0\times10^{-9}$~$1.0\times10^{-5}$ | – | $5.4\times10^{-6}$ |
| III등급 | | $1.0\times10^{-9}$~$1.0\times10^{-5}$ | $1.28\times10^{-6}$~$2.49\times10^{-6}$ | $1.9\times10^{-6}$ |
| IV등급 | | $1.0\times10^{-5}$~$1.0\times10^{-2}$ | $3.06\times10^{-6}$~$4.76\times10^{-6}$ | $3.9\times10^{-6}$ |
| V등급 | | $1.0\times10^{-9}$~$1.0\times10^{-2}$ | – | $6.4\times10^{-5}$ |

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 | $5.4\times10^{-4}$ |
| 퇴적층 | 점성토 | 17.0 | 15.0 | 0.0 | 6.0 | 0.50 | $1.2\times10^{-7}$ |
| | 모 래 | 18.0 | 0.0 | 30.0 | 10.0 | 0.35 | $6.6\times10^{-4}$ |
| | 자 갈 | 19.0 | 0.0 | 35.0 | 14.0 | 0.32 | $5.9\times10^{-3}$ |
| 풍화토 | | 17.5 | 22.0 | 28.0 | 45.0 | 0.33 | $2.4\times10^{-4}$ |
| 풍화암 | | 20.0 | 30.0 | 31.0 | 150.0 | 0.30 | $4.5\times10^{-5}$ |

### 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 | $5.0\times10^{-7}$ |
| II등급 | 26.0 | 3,500 | 41 | 13,000 | 0.22 | $5.4\times10^{-6}$ |
| III등급 | 25.0 | 2,000 | 37 | 4,000 | 0.24 | $1.9\times10^{-5}$ |
| IV등급 | 24.0 | 800 | 34 | 1,000 | 0.25 | $3.9\times10^{-6}$ |
| V등급 | 23.0 | 400 | 33 | 500 | 0.26 | $6.4\times10^{-5}$ |

### 2.7.3 불연속체 설계지반정수

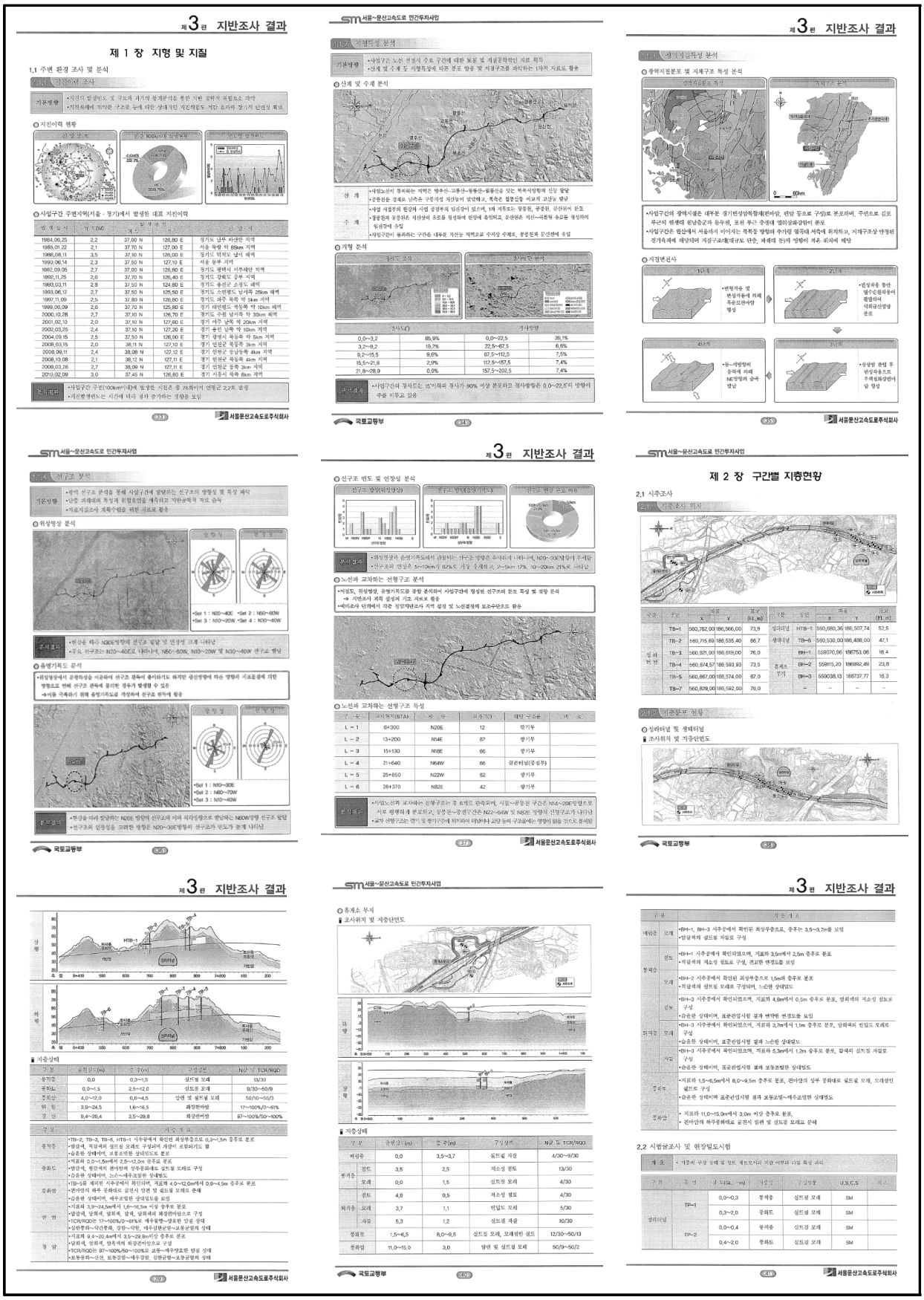
| 암 종 | 점착력(kPa) | 내부마찰각(°) |
|---|---|---|
| 편마암 | 47.0 | 34.0 |

### 2.7.4 기타 설계지반정수

| 구 분 | | $V_p$ (m/s) | $V_s$ (m/s) | $G_d$ (MPa) | $E_d$ (MPa) | $K_d$ (MPa) | $\upsilon_d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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

| 구분 | 공번 | 심도 (GL. -m) | 구성성분 | 불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³) | 불교란상태 건조단위중량 (kN/m³) | 교란상태 습윤단위중량 (kN/m³) | 교란상태 건조단위중량 (kN/m³) | L값 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 성라터널 | TP-1 | 2.0 | 풍화토 | 17.81 | 15.42 | 14.18 | 12.28 | 1.256 |
| | TP-2 | 1.5 | 풍화토 | 17.35 | 15.31 | 13.62 | 12.02 | 1.274 |

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

2.3 표준관입시험

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

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

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

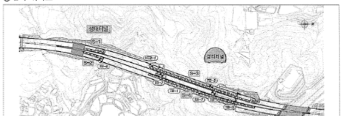




## 제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

○ 탐사 위치도

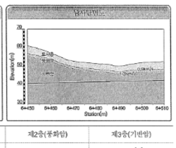


○ 탐사 결과

S-1

상세위치도

탐사단면도



| 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

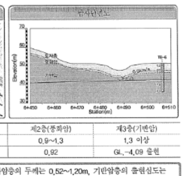




S-2

상세위치도

탐사단면도

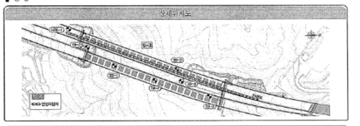


| 구 분 | 제1층(토사) | 제2층(풍화암) | 제3층(기반암) |
|---|---|---|---|
| 탄성파속도(km/s) | 0.9 이하 | 0.9~1.3 | 1.3 이상 |
| 평균두께 및 출현심도(m) | 3.16 | 0.92 | GL.-4.09 출현 |

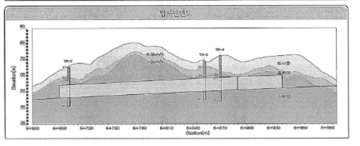
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

S-3

상세위치도



탐사단면도





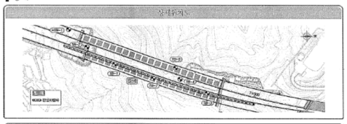


| 구 분 | 제1층(토사) | 제2층(풍화암) | 제3층(기반암) |
|---|---|---|---|
| 탄성파속도(km/s) | 0.9 이하 | 0.9~1.3 | 1.3 이상 |
| 평균두께 및 출현심도(m) | 6.67 | 2.93 | GL.-9.60 출현 |

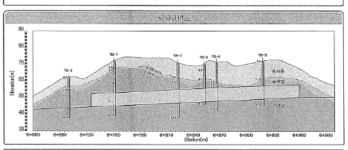
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

S-4

상세위치도



탐사단면도



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

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

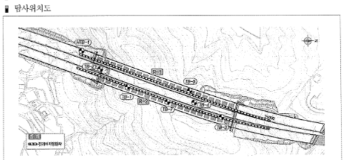




3.2 전기비저항탐사

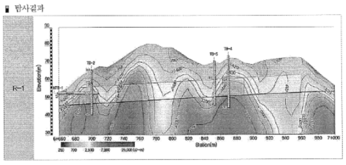
○ 성라터널 서울방향

탐사위치도



탐사결과

R-1



분석결과

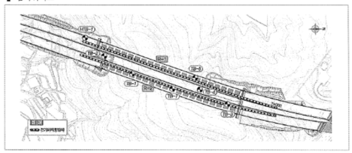
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조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





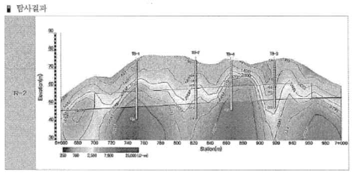
○ 성라터널 문산방향

탐사위치도



탐사결과

R-2



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, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용<br>•점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행 |
|---|---|

○ 시험결과

| 구분 | 공번 | 시험심도 (GL.-m) | 지층 | 암종 | 변형계수 (D, MPa) | 탄성계수 (E, MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 성라터널 | TB-2 | 2.0 | 풍화토 | - | 96.3 | 111.9 |
| | TB-2 | 11.0 | 연암 | 화강편마암 | 980.3 | 1,166.2 |
| | TB-3 | 13.0 | 풍화암 | - | 156.1 | 231.1 |
| | TB-3 | 17.0 | 연암 | 화강편마암 | 598.9 | 908.3 |

○ 결과분석

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

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

4.1.2 공내전단시험

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

○ 시험결과

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

○ 결과분석

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

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





4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

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

○ 터널구간

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

○ 기타구간(휴게소 부지)

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

○ 결과분석

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

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





4.2.2 투수시험

| 개 요 | •조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행<br>•지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행 |
|---|---|

○ 시험결과

| 구 분 | 공 번 | 시험구간 (GL.-m) | 지 층 | 통일분류 | 투수계수 k(cm/s) | 지하수위 (GL.-m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 성라터널 | TB-1 | 2.0 ~ 3.0 | 풍화토 | SM | $1.95\times10^{-4}$ | 7.4 |
| | TB-2 | 2.0 ~ 3.0 | 풍화토 | SM | $3.08\times10^{-4}$ | 6.1 |
| | TB-3 | 12.0 ~ 13.0 | 풍화암 | - | $4.53\times10^{-5}$ | 17.0 |
| | TB-4 | 8.0 ~ 9.0 | 풍화토 | SM | $2.07\times10^{-4}$ | 15.5 |

○ 결과분석

| 구 분 | 풍 화 토 | 풍 화 암 |
|---|---|---|
| 성라터널 | $1.96\times10^{-4}$ ~ $3.08\times10^{-4}$cm/s | $4.53\times10^{-5}$cm/s |

4.2.3 수압시험

| 개 요 | •터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 패턴을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시 |
|---|---|

○ 시험결과

| 구 분 | 공 번 | 심 도(GL.-m) | 대상암반 | 투수계수 (k, cm/s) | Lugeon 값 | Flow type |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 성라터널 | TB - 1 | 7.0 ~ 12.0 | 연 암 | $3.06\times10^{-6}$ | 0.11 | Dilation |
| | TB - 2 | 16.0 ~ 21.0 | 경 암 | $1.28\times10^{-6}$ | 0.08 | Dilation |
| | TB - 3 | 20.0 ~ 25.0 | 경 암 | $2.49\times10^{-6}$ | 0.04 | Dilation |
| | TB - 6 | 6.0 ~ 11.0 | 연 암 | $4.76\times10^{-6}$ | 0.14 | Dilation |

○ 결과분석

| 구 분 | 투수계수(cm/s) 연 암 | 투수계수 경 암 | 평균 Lugeon 연 암 | 평균 Lugeon 경 암 |
|---|---|---|---|---|
| 성라터널 | $3.06X10^{-6}$~$4.76X10^{-6}$ | $1.28X10^{-6}$~$2.49X10^{-6}$ | 0.11~0.14 | 0.04~0.08 |

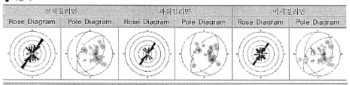
4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

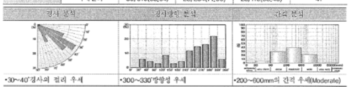
| 개 요 | •암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악<br>•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용 |
|---|---|

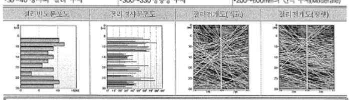
○ 시험결과

TB-1




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



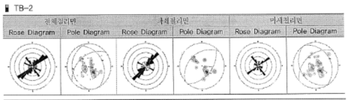




- •6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
- •절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
- •절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
- •29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
- •절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

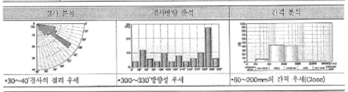


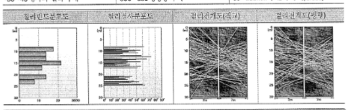


TB-2



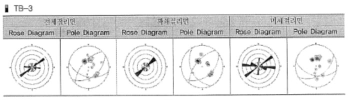

| 공 번 | 불연속면 | J1(Fisher's K) | J2(Fisher's K) | J3(Fisher's K) | 갯 수 |
|---|---|---|---|---|---|
| TB-2 | 전체절리 | 38/321(77.54) | 23/63(56.42) | 15/266(79.84) | 51 |
| | 파쇄절리 | 30/320(38.49) | 43/129(38.81) | – | 18 |
| | 미세절리 | 38/320(58.01) | 22/61(51.90) | 20/235(72.36) | 33 |




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

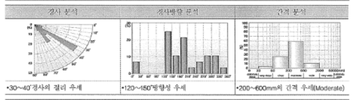
TB-3

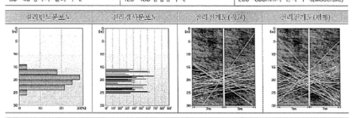






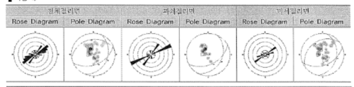

| 공 번 | 불연속면 | J1(Fisher's K) | J2(Fisher's K) | J3(Fisher's K) | 갯 수 |
|---|---|---|---|---|---|
| TB-3 | 전체절리 | 38/145(176.3) | 41/193(80.35) | 56/313(71.51) | 28 |
| | 파쇄절리 | 37/143(119.93) | 55/310(55.92) | 33/243(173.7) | 11 |
| | 미세절리 | 41/193(64.42) | 39/148(419.8) | – | 17 |




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

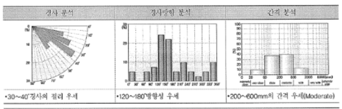
TB-4

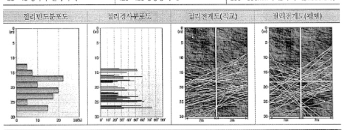



| 공 번 | 불연속면 | J1(Fisher's K) | J2(Fisher's K) | J3(Fisher's K) | 갯 수 |
|---|---|---|---|---|---|
| TB-4 | 전체절리 | 39/156(48.01) | 23/111(69.14) | 19/349(359.3) | 41 |
| | 파쇄절리 | 40/153(50.83) | 24/117(52.12) | – | 14 |
| | 미세절리 | 37/158(42.76) | 23/325(46.83) | 23/102(111.7) | 27 |








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

4.3.2 절리면전단시험

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

○ 시험결과

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

| 분석결과 | •터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1˚, 최대 마찰각은 40.3~44.0˚ |
|---|---|





4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

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

○ 시험결과

TB-2

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

TB-3

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

○ 전단파속도와 지반분류

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

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





4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

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

○ 시험결과

| 구 분 | 공 번 | 심 도 (m) | 지 층 | 함수비 (%) | 비 중 | Atterberg Limits(%) LL | PI | 통과중량 백분율(%) No.4 | No.10 | No.200 | 0.005mm | USCS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 | 붕적층 | 19.7 | 2.60 | N P | N P | 100 | 92.6 | 45.9 | 5.7 | SM |
| | TB-7 | 7.0 | 풍화토 | 10.5 | 2.65 | N P | N P | 98.2 | 87.0 | 16.0 | – | SM |
| | HTB-1 | 1.0 | 풍화토 | 14.9 | 2.68 | N P | N P | 96.8 | 87.4 | 32.5 | – | SM |
| | TP-1 | 2.0 | 풍화토 | 15.5 | 2.60 | N P | N P | 84.1 | 72.7 | 17.1 | – | SM |
| | TP-2 | 2.0 | 풍화토 | 13.3 | 2.67 | N P | N P | 77.3 | 66.1 | 20.9 | – | SM |
| 기타구간 (휴게소) | BH-1 | 4.0 | 붕적층 | 27.5 | 2.67 | 44.8 | 21.7 | 100.0 | 100.0 | 85.9 | 19.0 | CL |
| | BH-2 | 3.0 | 풍화토 | 24.3 | 2.64 | 31.3 | 8.1 | 100.0 | 100.0 | 76.8 | 15.6 | ML |
| | BH-3 | 5.0 | 퇴적층 | 34.7 | 2.65 | 36.6 | 14.9 | 100.0 | 100.0 | 97.9 | 24.4 | CL |

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

4.5.2 다짐 및 CBR시험

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

○ 실시설계 시험결과

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

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





4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

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

○ 시험결과

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

○ 지층별 결과분석

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

| 분석결과 | •연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19<br>•경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21 |
|---|---|

4.6.2 점하중강도시험

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

○ 시험결과

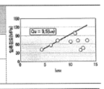
| 구 분 | 공 번 | 심 도 (m) | 지 층 | $I_{s(50)}$ (MPa) | $q_u$ (MPa) | 구 분 | 공 번 | 심 도 (m) | 지 층 | $I_{s(50)}$ (MPa) | $q_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 터널구간 | TB-1 | 28.4~28.5 | 연암 | 4.3 | 40.4 | 터널구간 | TB-5 | 19.0~19.2 | 경암 | 10.0 | 95.1 |
| | TB-2 | 13.4~13.5 | 경암 | 7.4 | 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 |





○ 지층별 결과분석

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

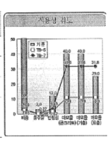



•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 $q_u$=9.5($I_{s50}$)의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○ 시험결과 및 적용성 검토

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




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

# 다. 구조계산서 및 내진설계

2. 설 계 조 건

- 교 량 명 : 행신2교(서울방향)
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급

2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 46.000 m ~ 39.670 m

(2) 거 더 전 장 : 44.900 m ~ 39.500 m

(3) 설 계 지 간 : 44.000 m ~ 38.600 m

(4) 교 량 폭 원 : 19.510 m ~ 37.700 m

(5) 횡 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

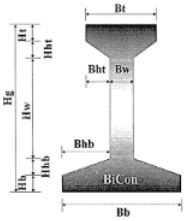
(6) 종 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm

(2) 거더 단면




Bicon 단면제원

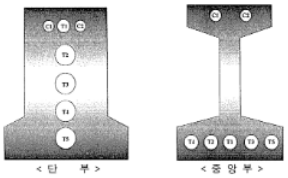
| | |
|---|---|
| Hg | 2100 mm |
| Ht | 200 mm |
| Hb | 300 mm |
| Hht | 150 mm |
| Hhb | 200 mm |
| Hw | 1250 mm |
| Bt | 800 mm |
| Bb | 1100 mm |
| Bw | 200 mm |
| Bht | 300 mm |
| Bhb | 450 mm |

(3) 중간가로보수 : 1 EA

(4) 단부블록크기 : 600 mm

3.2 PS 강연선 및 PS강봉 배치

(1) 단면 배치




< 단 부 > < 중 앙 부 >

단위 : mm

| | | PS 강봉 | | PS 강연선 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 직경,가닥수 | | 40mm | 40mm | 7EA | 15EA | 15EA | 15EA | 15EA |
| 쉬스관외경 | | 55mm | 55mm | 70mm | 90mm | 90mm | 90mm | 90mm |
| 초기긴장력 | | -570kN | -570kN | 1140kN | 3050kN | 3050kN | 3050kN | 3050kN |
| 단부 좌표 | Y | -105mm | 105mm | 0mm | 0mm | 0mm | 0mm | 0mm |
| | Z | 1975mm | 1975mm | 1975mm | 1600mm | 1150mm | 700mm | 250mm |
| 중앙부 좌 표 | Y | -105mm | 105mm | 0mm | -150mm | 150mm | -300mm | 300mm |
| | Z | 1975mm | 1975mm | 115mm | 125mm | 125mm | 125mm | 125mm |

※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

8.3 반력종합

지점별 거더발침 위치

8.3.1 시점측 (A1,P1우측,P2우측)(단위:kN)

| 위치 | | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 자중 | | 603.264 | 603.264 | 603.264 | 603.264 | 603.264 | 603.264 | 603.264 |
| 거푸집 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 합성전 | | 363.819 | 420.195 | 454.890 | 454.890 | 454.890 | 454.890 | 360.798 |
| 합성후 | 비재하 | 247.470 | 165.113 | 117.472 | 91.125 | 90.232 | 108.129 | 141.169 |
| | 내측풍하중 | 308.323 | 167.497 | 99.861 | 71.442 | 75.514 | 99.176 | 138.897 |
| | 외측풍하중 | 118.615 | 157.977 | 154.543 | 133.245 | 122.022 | 127.713 | 146.592 |
| ADD | | 1275.406 | 1190.956 | 1212.697 | 1191.399 | 1180.176 | 1185.867 | 1110.654 |
| 우측편재하 | DB1 | 0.492 | 3.149 | 9.540 | 34.531 | 97.550 | 196.666 | 289.074 |
| | DB2 | 5.484 | 19.624 | 52.593 | 104.553 | 162.225 | 172.035 | 128.646 |
| | DB3 | 18.516 | 62.503 | 119.579 | 165.953 | 150.151 | 92.614 | 33.013 |
| | DB4 | 87.087 | 136.380 | 169.095 | 135.712 | 79.317 | 35.159 | 9.441 |
| | DB5 | 218.267 | 194.459 | 128.362 | 62.424 | 23.321 | 6.885 | 1.603 |
| | DB12 | 4.966 | 18.679 | 58.833 | 138.510 | 259.448 | 368.597 | 417.523 |
| | DB13 | 17.579 | 61.491 | 125.803 | 199.903 | 247.397 | 289.372 | 321.896 |
| | DB14 | 85.090 | 135.001 | 175.148 | 169.413 | 175.764 | 230.118 | 289.371 |
| | DB15 | 216.458 | 193.230 | 134.431 | 96.171 | 120.068 | 201.584 | 286.270 |
| | DB23 | 23.584 | 62.080 | 172.135 | 270.495 | 312.374 | 264.838 | 161.641 |
| | DB24 | 85.183 | 154.599 | 220.946 | 239.834 | 240.705 | 205.432 | 128.862 |
| | DB25 | 216.549 | 212.825 | 180.206 | 166.590 | 185.007 | 176.898 | 125.761 |
| | DB34 | 105.209 | 198.658 | 288.613 | 301.444 | 228.705 | 126.387 | 33.618 |
| | DB35 | 236.571 | 256.880 | 247.872 | 228.198 | 172.981 | 97.860 | 30.450 |
| | DB45 | 305.292 | 330.835 | 297.426 | 198.080 | 102.523 | 40.910 | 10.829 |
| | DB123 | 20.756 | 73.005 | 160.542 | 273.985 | 368.634 | 415.253 | 405.466 |
| | DB124 | 75.248 | 138.110 | 204.378 | 246.393 | 304.148 | 361.789 | 375.931 |
| | DB125 | 193.485 | 190.512 | 167.728 | 180.473 | 254.021 | 336.109 | 373.145 |
| | DB134 | 93.259 | 177.753 | 265.265 | 301.837 | 293.334 | 290.628 | 290.139 |
| | DB135 | 211.496 | 230.155 | 228.615 | 235.917 | 243.207 | 264.949 | 287.353 |
| | DB145 | 272.816 | 296.427 | 273.092 | 208.499 | 178.739 | 211.634 | 258.105 |
| | DB234 | 93.339 | 195.409 | 306.474 | 365.199 | 351.778 | 268.425 | 145.684 |
| | DB235 | 211.576 | 247.811 | 269.824 | 299.279 | 301.651 | 242.745 | 142.898 |
| | DB245 | 272.916 | 314.065 | 314.303 | 271.883 | 237.185 | 189.433 | 113.650 |
| | DB345 | 291.090 | 353.803 | 375.225 | 327.421 | 226.697 | 118.941 | 31.508 |
| | DB1234 | 76.606 | 161.972 | 260.010 | 329.777 | 366.077 | 371.096 | 338.049 |
| | DB1235 | 175.125 | 205.641 | 229.459 | 274.847 | 324.281 | 349.682 | 335.720 |
| | DB1245 | 226.238 | 260.856 | 266.522 | 252.009 | 270.585 | 305.268 | 311.351 |
| | DB1345 | 241.240 | 293.907 | 317.277 | 298.215 | 261.575 | 245.978 | 239.848 |
| | DB2345 | 241.327 | 308.611 | 351.605 | 351.030 | 310.274 | 227.468 | 119.467 |
| | DB12345 | 240.141 | 307.749 | 356.230 | 376.471 | 383.199 | 374.870 | 336.120 |
| | DL1 | 0.486 | 3.667 | 11.307 | 36.472 | 95.426 | 184.960 | 282.957 |
| | DL2 | 6.242 | 20.858 | 50.879 | 96.928 | 148.647 | 160.101 | 129.195 |
| | DL3 | 21.436 | 60.860 | 109.864 | 150.723 | 136.374 | 87.864 | 35.429 |
| | DL4 | 89.004 | 126.995 | 154.966 | 123.398 | 74.400 | 35.627 | 10.955 |
| | DL5 | 215.158 | 180.685 | 120.483 | 60.610 | 24.118 | 8.073 | 1.777 |
| | DL12 | 5.455 | 20.804 | 58.991 | 132.662 | 243.675 | 344.928 | 411.930 |
| | DL13 | 20.648 | 60.806 | 117.976 | 186.457 | 231.401 | 272.691 | 318.184 |
| | DL14 | 86.682 | 126.395 | 162.841 | 158.798 | 168.403 | 218.370 | 284.585 |
| | DL15 | 213.069 | 180.248 | 128.365 | 96.021 | 118.490 | 190.790 | 280.317 |
| | DL23 | 27.689 | 81.756 | 160.749 | 247.654 | 285.022 | 247.964 | 164.622 |
| | DL24 | 87.800 | 146.092 | 204.871 | 219.772 | 221.976 | 193.458 | 130.767 |
| | DL25 | 214.188 | 199.949 | 170.401 | 157.032 | 172.069 | 165.882 | 126.500 |
| | DL34 | 109.195 | 187.460 | 264.648 | 273.883 | 210.049 | 122.030 | 39.909 |
| | DL35 | 235.436 | 241.231 | 230.145 | 211.055 | 159.844 | 93.834 | 33.017 |
| | DL45 | 304.084 | 307.631 | 275.353 | 183.876 | 98.297 | 42.473 | 12.402 |
| | DL123 | 24.195 | 73.483 | 151.943 | 255.046 | 342.059 | 389.494 | 402.607 |
| | DL124 | 77.415 | 131.227 | 191.584 | 229.902 | 285.305 | 340.431 | 372.102 |
| | DL125 | 191.173 | 179.695 | 160.575 | 173.430 | 240.388 | 315.615 | 368.253 |
| | DL134 | 96.519 | 168.367 | 245.323 | 278.538 | 274.285 | 275.599 | 287.960 |
| | DL135 | 210.277 | 216.835 | 214.313 | 222.062 | 229.362 | 250.744 | 284.102 |
| | DL145 | 271.396 | 276.237 | 254.858 | 197.206 | 172.669 | 201.936 | 254.024 |
| | DL234 | 97.558 | 186.116 | 283.177 | 333.428 | 322.513 | 253.182 | 149.530 |
| | DL235 | 211.272 | 234.574 | 252.160 | 276.951 | 277.589 | 228.327 | 145.671 |
| | DL245 | 272.430 | 293.959 | 292.748 | 252.134 | 220.900 | 179.516 | 115.550 |
| | DL345 | 291.869 | 331.323 | 346.560 | 300.928 | 210.561 | 115.979 | 37.218 |
| | DL1234 | 79.926 | 154.880 | 241.988 | 304.619 | 340.054 | 349.591 | 336.631 |
| | DL1235 | 174.736 | 195.272 | 216.117 | 257.555 | 302.595 | 328.871 | 333.398 |
| | DL1245 | 225.649 | 244.746 | 249.921 | 236.871 | 255.356 | 288.201 | 308.327 |
| | DL1345 | 241.598 | 275.726 | 294.714 | 277.387 | 246.177 | 234.162 | 238.214 |
| | DL2345 | 242.453 | 290.479 | 326.249 | 323.138 | 286.377 | 215.481 | 122.842 |
| | DL12345 | 241.110 | 290.270 | 332.254 | 349.868 | 357.644 | 354.080 | 334.834 |
| 좌측편재하 | DB1 | 269.067 | 198.087 | 106.979 | 41.586 | 10.689 | 3.580 | 0.554 |
| | DB2 | 122.943 | 161.209 | 164.848 | 111.885 | 58.485 | 23.103 | 6.114 |
| | DB3 | 33.937 | 83.731 | 142.114 | 167.860 | 128.175 | 70.239 | 18.902 |
| | DB4 | 8.718 | 30.491 | 72.404 | 128.877 | 170.801 | 147.925 | 89.536 |
| | DB5 | 1.329 | 6.051 | 19.186 | 54.993 | 120.121 | 197.598 | 233.727 |
| | DB12 | 391.884 | 359.275 | 271.694 | 153.159 | 68.316 | 23.234 | 5.986 |
| | DB13 | 302.876 | 281.795 | 248.940 | 209.155 | 138.027 | 70.351 | 18.772 |
| | DB14 | 270.446 | 227.320 | 178.544 | 169.930 | 180.491 | 147.621 | 87.791 |
| | DB15 | 266.465 | 201.535 | 125.440 | 96.018 | 129.756 | 197.384 | 232.052 |
| | DB23 | 156.879 | 244.939 | 306.963 | 279.745 | 186.659 | 93.341 | 25.016 |
| | DB24 | 124.134 | 190.282 | 236.499 | 240.342 | 228.499 | 169.364 | 87.001 |
| | DB25 | 120.149 | 164.475 | 183.394 | 166.431 | 177.786 | 219.130 | 231.264 |
| | DB34 | 35.428 | 112.978 | 213.831 | 296.488 | 298.807 | 217.692 | 106.497 |
| | DB35 | 31.444 | 87.172 | 160.727 | 222.599 | 248.075 | 267.461 | 250.782 |
| | DB45 | 9.640 | 34.535 | 91.343 | 183.732 | 290.866 | 345.502 | 323.214 |
| | DB123 | 383.241 | 398.703 | 372.426 | 288.924 | 176.853 | 84.121 | 22.399 |
| | DB124 | 353.717 | 349.484 | 309.006 | 253.435 | 214.413 | 152.327 | 76.981 |
| | DB125 | 350.137 | 326.258 | 261.197 | 186.931 | 168.757 | 197.120 | 206.847 |
| | DB134 | 273.887 | 279.905 | 288.594 | 303.961 | 277.677 | 195.805 | 94.539 |
| | DB135 | 270.312 | 256.702 | 240.788 | 237.460 | 232.022 | 240.616 | 224.386 |
| | DB145 | 241.217 | 207.720 | 177.459 | 202.226 | 270.486 | 310.610 | 289.174 |
| | DB234 | 142.192 | 246.561 | 340.731 | 367.325 | 320.878 | 215.376 | 93.827 |
| | DB235 | 138.614 | 223.338 | 292.944 | 300.823 | 275.221 | 260.166 | 223.669 |
| | DB245 | 109.545 | 174.381 | 229.598 | 265.590 | 313.687 | 330.182 | 288.462 |
| | DB345 | 29.811 | 104.820 | 209.219 | 316.122 | 376.953 | 373.681 | 306.005 |
| | DB1234 | 320.162 | 353.994 | 364.056 | 337.047 | 274.687 | 179.381 | 77.085 |
| | DB1235 | 317.170 | 334.649 | 324.223 | 281.626 | 236.646 | 216.721 | 185.313 |
| | DB1245 | 292.958 | 293.848 | 271.454 | 252.271 | 268.699 | 275.075 | 239.304 |
| | DB1345 | 226.411 | 235.867 | 254.451 | 294.383 | 321.421 | 311.297 | 253.915 |
| | DB2345 | 116.695 | 208.092 | 297.924 | 347.184 | 357.439 | 327.615 | 253.321 |
| | DB12345 | 318.354 | 356.609 | 378.034 | 378.135 | 364.731 | 327.536 | 252.243 |
| | DL1 | 263.666 | 183.760 | 103.389 | 42.815 | 12.736 | 4.203 | 0.570 |
| | DL2 | 123.938 | 149.472 | 151.081 | 103.017 | 55.978 | 24.109 | 7.005 |
| | DL3 | 36.253 | 79.848 | 129.423 | 152.733 | 117.123 | 67.849 | 22.453 |
| | DL4 | 10.070 | 31.351 | 68.557 | 117.774 | 156.455 | 137.567 | 91.158 |
| | DL5 | 1.439 | 7.077 | 20.345 | 54.148 | 113.651 | 185.023 | 229.917 |
| | DL12 | 387.441 | 333.193 | 254.280 | 145.429 | 67.551 | 25.209 | 6.694 |
| | DL13 | 299.765 | 263.605 | 232.628 | 195.148 | 128.698 | 68.948 | 22.142 |
| | DL14 | 266.216 | 213.499 | 170.877 | 159.908 | 167.824 | 138.109 | 89.158 |
| | DL15 | 261.141 | 188.177 | 122.819 | 96.214 | 124.978 | 185.730 | 228.054 |
| | DL23 | 160.196 | 229.346 | 280.464 | 255.705 | 173.056 | 91.945 | 29.452 |
| | DL24 | 126.258 | 179.020 | 218.672 | 220.259 | 211.455 | 159.602 | 89.525 |
| | DL25 | 121.139 | 153.689 | 170.609 | 156.561 | 168.604 | 207.213 | 228.376 |
| | DL34 | 38.863 | 109.559 | 197.039 | 270.137 | 273.184 | 204.515 | 110.247 |

지점별 거더반력 위치

8.3.2 종점측 (P1전열,P2전열,A2)(단위:kN)

| 위치 | | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 자중 | | 603.264 | 603.264 | 603.264 | 603.264 | 603.264 | 603.264 | 603.264 |
| 거푸집 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 합성전 | | 363.819 | 420.195 | 454.890 | 454.890 | 454.890 | 454.890 | 360.798 |
| 합성후 | 비재하 | 245.342 | 166.977 | 117.201 | 91.780 | 89.964 | 107.324 | 142.122 |
| | 내측중하중 | 305.539 | 170.203 | 99.650 | 72.001 | 75.211 | 98.247 | 139.859 |
| | 외측중하중 | 117.885 | 158.062 | 154.134 | 134.102 | 121.827 | 127.168 | 147.533 |
| ADD | | 1272.622 | 1193.662 | 1212.288 | 1192.256 | 1179.981 | 1185.322 | 1111.585 |
| | DB1 | 0.494 | 2.932 | 9.395 | 34.562 | 97.401 | 195.317 | 289.941 |
| | DB2 | 5.509 | 19.200 | 52.267 | 104.643 | 162.108 | 171.883 | 129.180 |
| | DB3 | 18.477 | 61.981 | 119.187 | 166.195 | 150.123 | 93.279 | 33.168 |
| | DB4 | 86.714 | 136.227 | 168.856 | 136.130 | 79.316 | 35.585 | 9.447 |
| | DB5 | 217.465 | 195.201 | 128.329 | 62.855 | 23.304 | 7.080 | 1.590 |
| | DB12 | 5.006 | 18.046 | 58.361 | 138.622 | 259.182 | 367.095 | 418.917 |
| | DB13 | 17.555 | 60.757 | 125.265 | 200.167 | 247.219 | 288.487 | 322.911 |
| | DB14 | 84.741 | 134.629 | 174.762 | 169.852 | 175.613 | 229.247 | 290.220 |
| | DB15 | 215.677 | 193.757 | 134.252 | 96.624 | 119.903 | 200.452 | 287.107 |
| | DB23 | 23.570 | 81.130 | 171.418 | 270.827 | 312.228 | 265.151 | 162.329 |
| | DB24 | 84.857 | 153.979 | 220.381 | 240.338 | 240.584 | 205.762 | 129.380 |
| | DB25 | 215.791 | 213.103 | 179.848 | 167.107 | 184.871 | 176.966 | 126.267 |
| | DB34 | 104.805 | 197.978 | 287.983 | 302.105 | 228.676 | 127.331 | 33.763 |
| | DB35 | 235.735 | 257.100 | 247.448 | 228.871 | 172.937 | 98.543 | 30.582 |
| | DB45 | 304.118 | 331.426 | 297.153 | 198.929 | 102.506 | 41.531 | 10.820 |
| | DB123 | 20.758 | 71.963 | 159.764 | 274.304 | 368.369 | 414.319 | 406.860 |
| | DB124 | 74.969 | 137.359 | 203.738 | 246.865 | 303.905 | 360.871 | 377.170 |
| | DB125 | 192.818 | 190.569 | 167.274 | 180.957 | 253.765 | 334.956 | 374.373 |
| | DB134 | 92.910 | 176.949 | 264.565 | 302.451 | 293.173 | 290.263 | 291.043 |
| | DB135 | 210.758 | 230.160 | 228.101 | 236.542 | 243.033 | 264.348 | 288.246 |
| | DB145 | 271.785 | 296.761 | 272.715 | 209.282 | 178.589 | 211.047 | 258.848 |
| | DB234 | 93.010 | 194.380 | 305.613 | 365.871 | 351.644 | 269.141 | 146.290 |
| | DB235 | 210.858 | 247.591 | 269.149 | 299.962 | 301.504 | 243.225 | 143.492 |
| | DB245 | 271.905 | 314.175 | 313.765 | 272.724 | 237.062 | 189.926 | 114.096 |
| | DB345 | 290.005 | 353.861 | 374.627 | 328.403 | 226.656 | 119.965 | 31.625 |
| | DB1234 | 76.344 | 160.953 | 259.182 | 330.353 | 365.853 | 370.680 | 339.199 |
| | DB1235 | 174.540 | 205.296 | 228.787 | 275.432 | 324.046 | 349.069 | 336.860 |
| | DB1245 | 225.408 | 260.786 | 265.963 | 252.726 | 270.370 | 304.667 | 312.367 |
| | DB1345 | 240.351 | 293.793 | 316.669 | 299.050 | 261.429 | 245.837 | 240.584 |
| | DB2345 | 240.455 | 308.310 | 350.863 | 351.912 | 310.150 | 228.227 | 119.955 |
| 우측면재하 | DB12345 | 238.281 | 307.287 | 355.378 | 377.369 | 382.963 | 374.617 | 337.252 |
| | DL1 | 0.491 | 3.411 | 11.142 | 36.518 | 95.234 | 182.952 | 284.670 |
| | DL2 | 6.286 | 20.356 | 50.463 | 97.029 | 148.447 | 159.768 | 130.035 |
| | DL3 | 21.431 | 60.260 | 109.318 | 151.055 | 136.341 | 88.404 | 35.588 |
| | DL4 | 88.488 | 126.921 | 154.641 | 123.997 | 74.401 | 36.130 | 10.942 |
| | DL5 | 213.759 | 181.924 | 120.461 | 61.156 | 24.090 | 8.301 | 1.759 |
| | DL12 | 5.517 | 20.053 | 58.405 | 132.796 | 243.285 | 342.586 | 414.474 |
| | DL13 | 20.662 | 59.957 | 117.260 | 186.822 | 231.180 | 271.223 | 320.027 |
| | DL14 | 86.198 | 126.058 | 162.347 | 159.429 | 168.211 | 216.941 | 286.231 |
| | DL15 | 211.699 | 181.229 | 128.175 | 96.598 | 118.273 | 189.042 | 281.978 |
| | DL23 | 27.728 | 80.654 | 159.788 | 248.087 | 284.789 | 248.171 | 165.620 |
| | DL24 | 87.374 | 145.453 | 204.135 | 220.467 | 221.770 | 193.708 | 131.541 |
| | DL25 | 212.876 | 200.628 | 169.969 | 157.673 | 171.839 | 165.813 | 127.290 |
| | DL34 | 108.686 | 186.775 | 263.778 | 274.813 | 210.015 | 123.128 | 40.022 |
| | DL35 | 234.043 | 241.863 | 229.578 | 211.931 | 159.784 | 94.635 | 33.132 |
| | DL45 | 302.170 | 308.798 | 275.007 | 185.020 | 98.274 | 43.203 | 12.366 |

| 위치 | | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DL123 | 24.247 | 72.267 | 150.925 | 255.465 | 341.679 | 387.873 | 405.039 |
| | DL124 | 77.053 | 130.421 | 190.770 | 230.556 | 284.948 | 338.848 | 374.332 |
| | DL125 | 190.012 | 180.074 | 160.033 | 174.036 | 240.010 | 313.745 | 370.497 |
| | DL134 | 96.085 | 167.518 | 244.388 | 279.403 | 274.082 | 274.799 | 289.583 |
| | DL135 | 209.044 | 217.172 | 213.650 | 222.880 | 229.138 | 249.657 | 285.738 |
| | DL145 | 269.707 | 277.050 | 254.395 | 198.263 | 172.471 | 200.883 | 255.467 |
| | DL234 | 97.175 | 184.996 | 282.023 | 334.351 | 322.297 | 253.893 | 150.368 |
| | DL235 | 210.091 | 234.640 | 251.280 | 277.826 | 277.353 | 228.752 | 146.524 |
| | DL245 | 270.793 | 294.499 | 292.067 | 253.249 | 220.690 | 179.975 | 116.209 |
| | DL345 | 290.153 | 331.824 | 345.758 | 302.255 | 210.507 | 117.172 | 37.299 |
| | DL1234 | 79.624 | 153.752 | 240.900 | 305.413 | 339.732 | 348.677 | 338.608 |
| | DL1235 | 173.769 | 195.134 | 215.256 | 258.309 | 302.256 | 327.718 | 335.387 |
| | DL1245 | 224.302 | 245.004 | 249.226 | 237.825 | 255.039 | 287.076 | 310.154 |
| | DL1345 | 240.191 | 275.948 | 293.919 | 278.517 | 245.987 | 233.690 | 239.534 |
| | DL2345 | 241.088 | 290.475 | 325.272 | 324.316 | 286.177 | 216.269 | 123.509 |
| | DL12345 | 239.763 | 290.072 | 331.150 | 351.070 | 357.302 | 353.362 | 336.779 |
| | DB1 | 268.155 | 199.191 | 106.994 | 41.995 | 10.666 | 3.705 | 0.549 |
| | DB2 | 122.425 | 161.291 | 164.681 | 112.327 | 58.480 | 23.461 | 6.107 |
| | DB3 | 33.821 | 83.270 | 141.750 | 168.167 | 128.164 | 70.751 | 18.980 |
| | DB4 | 8.735 | 30.016 | 72.036 | 129.006 | 170.714 | 148.047 | 89.939 |
| | DB5 | 1.344 | 5.765 | 18.980 | 55.033 | 119.971 | 196.665 | 234.503 |
| | DB12 | 390.458 | 360.463 | 271.543 | 154.010 | 68.292 | 23.713 | 5.964 |
| | DB13 | 301.852 | 282.442 | 248.594 | 209.871 | 137.998 | 70.984 | 18.836 |
| | DB14 | 269.571 | 227.911 | 178.194 | 170.463 | 180.382 | 147.875 | 88.171 |
| | DB15 | 265.586 | 202.340 | 125.251 | 96.463 | 129.586 | 196.582 | 232.807 |
| | DB23 | 156.245 | 244.561 | 306.431 | 280.494 | 186.644 | 94.212 | 25.087 |
| | DB24 | 123.656 | 189.845 | 235.965 | 240.908 | 228.404 | 169.897 | 87.375 |
| | DB25 | 119.666 | 164.252 | 183.020 | 168.909 | 177.629 | 218.607 | 232.013 |
| | DB34 | 35.346 | 112.002 | 213.100 | 296.920 | 298.707 | 218.339 | 106.970 |
| | DB35 | 31.357 | 86.410 | 160.156 | 222.942 | 247.914 | 267.052 | 251.629 |
| | DB45 | 9.679 | 33.777 | 90.769 | 183.898 | 290.629 | 344.693 | 324.391 |
| | DB123 | 381.853 | 399.359 | 371.963 | 289.967 | 176.822 | 85.012 | 22.450 |
| | DB124 | 352.470 | 350.086 | 308.540 | 254.313 | 214.310 | 152.922 | 77.302 |
| | DB125 | 348.885 | 327.053 | 260.876 | 187.729 | 168.599 | 196.765 | 207.505 |
| | DB134 | 272.997 | 280.023 | 287.951 | 304.718 | 277.570 | 196.503 | 94.949 |
| | DB135 | 269.416 | 257.011 | 240.290 | 238.137 | 231.860 | 240.365 | 225.133 |
| | DB145 | 240.454 | 207.981 | 176.958 | 202.738 | 270.252 | 310.002 | 290.211 |
| | DB234 | 141.659 | 245.753 | 339.922 | 368.111 | 320.783 | 216.326 | 94.231 |
| | DB235 | 138.076 | 222.722 | 292.280 | 301.529 | 275.071 | 260.165 | 224.411 |
| | DB245 | 109.139 | 173.716 | 228.931 | 266.131 | 313.465 | 329.824 | 289.493 |
| | DB345 | 29.761 | 103.671 | 208.374 | 316.544 | 376.728 | 373.427 | 307.125 |
| | DB1234 | 319.037 | 354.150 | 363.395 | 338.009 | 274.593 | 180.269 | 77.409 |
| | DB1235 | 316.041 | 334.966 | 323.683 | 282.521 | 236.506 | 216.817 | 185.918 |
| | DB1245 | 291.939 | 294.124 | 270.911 | 253.029 | 268.500 | 274.873 | 240.151 |
| | DB1345 | 225.690 | 235.739 | 253.761 | 295.041 | 321.219 | 311.181 | 254.836 |
| | DB2345 | 116.271 | 207.192 | 297.095 | 347.866 | 357.246 | 327.709 | 254.236 |
| 좌측면재하 | DB12345 | 317.250 | 356.539 | 377.218 | 379.124 | 364.524 | 327.726 | 253.146 |
| | DL1 | 261.982 | 185.512 | 103.414 | 43.315 | 12.699 | 4.345 | 0.564 |
| | DL2 | 123.156 | 149.747 | 150.870 | 103.630 | 55.970 | 24.531 | 9.982 |
| | DL3 | 36.145 | 79.333 | 128.906 | 153.170 | 117.124 | 68.444 | 22.511 |
| | DL4 | 10.112 | 30.793 | 68.076 | 117.923 | 156.306 | 137.631 | 91.733 |
| | DL5 | 1.459 | 6.740 | 20.098 | 54.200 | 113.428 | 183.591 | 231.354 |
| | DL12 | 384.981 | 335.225 | 254.097 | 146.539 | 67.513 | 25.772 | 6.652 |
| | DL13 | 297.979 | 264.848 | 232.139 | 196.084 | 128.669 | 69.685 | 22.181 |
| | DL14 | 264.621 | 214.637 | 170.428 | 160.550 | 167.642 | 138.329 | 89.700 |
| | DL15 | 259.510 | 189.570 | 122.599 | 96.760 | 124.724 | 184.453 | 229.460 |
| | DL23 | 159.306 | 229.106 | 279.736 | 256.754 | 173.048 | 92.962 | 29.487 |
| | DL24 | 125.566 | 178.672 | 217.984 | 221.014 | 211.290 | 160.162 | 90.027 |
| | DL25 | 120.411 | 153.595 | 170.150 | 157.221 | 168.367 | 206.277 | 229.743 |
| | DL34 | 38.839 | 108.425 | 196.045 | 270.717 | 273.031 | 205.204 | 110.857 |
| | DL35 | 33.690 | 83.358 | 148.252 | 206.963 | 230.112 | 251.286 | 250.563 |

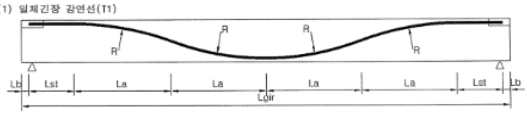
| 위치 | | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DL35 | 33.749 | 84.239 | 149.018 | 206.479 | 230.336 | 252.094 | 249.089 |
| | DL45 | 10.959 | 36.519 | 88.572 | 171.736 | 270.030 | 322.588 | 320.983 |
| | DL123 | 381.346 | 371.786 | 345.337 | 268.354 | 166.180 | 83.765 | 26.233 |
| | DL124 | 350.740 | 326.448 | 289.653 | 236.374 | 200.589 | 144.357 | 79.127 |
| | DL125 | 346.147 | 303.659 | 246.443 | 179.081 | 162.039 | 187.184 | 204.104 |
| | DL134 | 272.062 | 263.933 | 270.218 | 281.278 | 256.147 | 184.762 | 97.768 |
| | DL135 | 267.508 | 241.146 | 226.977 | 223.985 | 217.600 | 227.625 | 222.755 |
| | DL145 | 237.497 | 196.171 | 171.456 | 192.364 | 253.236 | 290.730 | 286.946 |
| | DL234 | 146.098 | 232.916 | 313.207 | 335.572 | 295.391 | 204.086 | 98.062 |
| | DL235 | 141.505 | 210.127 | 269.998 | 278.284 | 256.848 | 246.950 | 223.049 |
| | DL245 | 111.533 | 165.155 | 214.445 | 246.658 | 292.480 | 310.053 | 287.240 |
| | DL345 | 35.063 | 103.104 | 195.273 | 291.644 | 348.056 | 350.530 | 306.001 |
| | DL1234 | 319.326 | 331.867 | 338.414 | 311.445 | 254.720 | 170.694 | 80.554 |
| | DL1235 | 315.531 | 312.874 | 302.386 | 263.710 | 222.593 | 206.380 | 184.687 |
| | DL1245 | 290.552 | 275.407 | 256.119 | 237.352 | 252.312 | 258.983 | 238.158 |
| | DL1345 | 225.008 | 223.322 | 239.897 | 274.770 | 298.608 | 292.657 | 253.686 |
| | DL2345 | 120.008 | 197.456 | 275.746 | 320.028 | 331.308 | 308.752 | 253.943 |
| | DL12345 | 317.606 | 335.228 | 353.161 | 351.841 | 339.915 | 309.359 | 252.778 |
| ENV | | 391.884 | 398.703 | 378.034 | 378.135 | 383.199 | 415.253 | 417.523 |
| 군중 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| MAX(Σ) | | 1667.290 | 1589.659 | 1590.731 | 1569.534 | 1563.375 | 1601.120 | 1528.177 |

| 위치 | | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DL45 | 11.030 | 35.624 | 87.841 | 171.934 | 269.659 | 321.221 | 322.993 |
| | DL123 | 379.035 | 373.152 | 344.706 | 269.747 | 166.146 | 84.808 | 26.248 |
| | DL124 | 348.609 | 327.717 | 289.060 | 237.502 | 200.414 | 144.998 | 79.557 |
| | DL125 | 343.983 | 305.156 | 246.055 | 180.123 | 161.799 | 186.478 | 205.311 |
| | DL134 | 270.532 | 264.492 | 269.349 | 282.249 | 255.983 | 185.518 | 98.294 |
| | DL135 | 265.946 | 241.935 | 226.314 | 224.870 | 217.371 | 227.035 | 224.059 |
| | DL145 | 236.103 | 196.868 | 170.829 | 192.984 | 252.871 | 289.642 | 288.722 |
| | DL234 | 145.381 | 232.139 | 312.123 | 336.645 | 295.242 | 205.148 | 98.553 |
| | DL235 | 140.756 | 209.578 | 269.120 | 279.270 | 256.634 | 246.666 | 224.318 |
| | DL245 | 110.951 | 164.515 | 213.603 | 247.380 | 292.130 | 309.272 | 288.981 |
| | DL345 | 35.071 | 101.774 | 194.154 | 292.211 | 347.718 | 349.862 | 307.840 |
| | DL1234 | 317.472 | 332.536 | 337.532 | 312.712 | 254.573 | 171.694 | 80.945 |
| | DL1235 | 313.649 | 313.735 | 301.675 | 264.906 | 222.392 | 206.257 | 185.725 |
| | DL1245 | 288.809 | 276.191 | 255.437 | 238.328 | 251.998 | 258.446 | 239.590 |
| | DL1345 | 223.767 | 223.515 | 238.986 | 275.614 | 298.303 | 292.216 | 255.199 |
| | DL2345 | 119.444 | 196.535 | 274.656 | 320.957 | 331.016 | 308.566 | 255.425 |
| | DL12345 | 315.786 | 335.624 | 352.092 | 353.144 | 339.600 | 309.287 | 254.242 |
| ENV | | 390.458 | 399.359 | 377.218 | 379.124 | 382.963 | 414.319 | 418.917 |
| 군중 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| MAX(Σ) | | 1663.080 | 1593.021 | 1589.506 | 1571.380 | 1562.944 | 1599.641 | 1530.512 |

9. 프리스트레스

9.1 마찰에 의한 손실

(1) 일체긴장 강연선(T1)




R = 61.492 m , Lb = 0.385 m , Lst = 1.215 m , La = 10.425 m

▷ 지간중앙부의 접선변화각 누계

$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1}(La / R) = 0.341$ rad

▷ 지간중앙부까지의 강선길이

$x = Lst + \alpha \cdot R = 1.215 + 0.341 \times 61.492 = 22.166$ m

▷ 마찰손실량 산정

- 곡률마찰계수(μ) = 0.250
- 파상마찰계수(κ) = 0.005

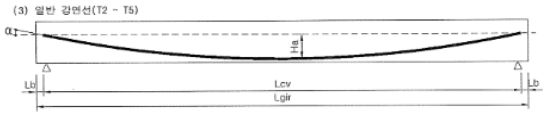
$\Delta Ppf = Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-(\mu\alpha + \kappa x)}] = 202915$ N

(2) 일체긴장 강봉 (C1,C2 압축 PS강봉은 직선으로 배치되어 있으므로 곡률마찰손실은 없다.)

- 지간중앙부까지의 강봉길이(x) = 22.065 m
- 파상마찰계수(κ) = 0.008

$\Delta Ppf = Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-\kappa x}]$ 184473 N

(3) 일반 강연선(T2 - T5)




Lcv = 44.130 m

▷ $y = a \cdot x^2$ 에서 $a = 4 \cdot Ha / Lcv^2$

▷ 지간중앙부의 접선변화각 누계(α) = tan-1(a×Lcv)

▷ 강선의 총길이(Lt) = $Lcv + \frac{8}{3}\frac{Ha^2}{Lcv} - \frac{32}{5}\frac{Ha^4}{Lcv^3}$

▷ 지간중앙부까지의 강선길이(x) = Lt / 2

▷ 마찰손실량($\Delta Ppf$) = Po - Px = Po · [1 - $e^{-(\mu\alpha + \kappa x)}$]

| | Ha | a | α(rad) | Lt | x | μ | κ | ΔPpf |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T2 | 1.475 | 0.003030 | 0.13291 | 44.261 | 22.131 | 0.250 | 0.005 | 408725 |
| T3 | 1.025 | 0.002105 | 0.09264 | 44.193 | 22.097 | 0.250 | 0.005 | 381550 |
| T4 | 0.575 | 0.001181 | 0.05207 | 44.150 | 22.075 | 0.250 | 0.005 | 354055 |
| T5 | 0.575 | 0.001181 | 0.05207 | 44.150 | 22.075 | 0.250 | 0.005 | 354055 |

## 1. 설 계 조 건

### 1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 19.590 M
(5) 교 대 총높이 : H = 7.000 M
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 85.000 °

### 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 = 426.103 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 141.031 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

### 3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 15.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 30.000 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.364 ; TAN(Φ2 · 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 = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

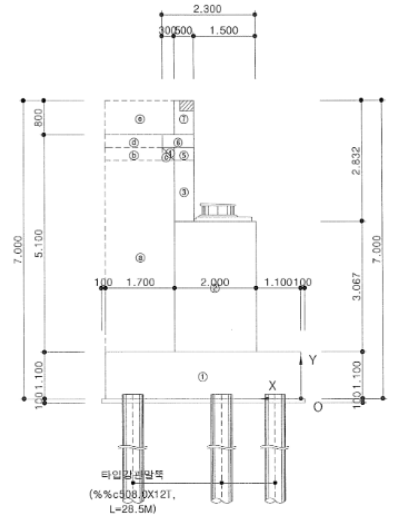
### 5) 설 계 방 법

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

### 6) 참 고 문 헌

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

## 2. 단 면 가 정




※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

| 구 분 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 고정하중 | 1275.406 | 1190.956 | 1212.697 | 1191.399 | 1180.176 | 1185.867 | 1110.654 |
| 활하중 | 391.884 | 398.703 | 378.034 | 378.135 | 383.199 | 415.253 | 417.523 |
| 계 | | | | | | | |
| 8347.155 | | | | | | | |
| 2762.731 | | | | | | | |

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

| 구 분 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 교축방향 | 261.932 | 261.841 | 261.793 | 261.721 | 261.644 | 261.584 | 261.529 |
| 직각방향 | 285.018 | 285.332 | 285.496 | 285.506 | 285.470 | 285.343 | 285.078 |
| 계 | | | | | | | |
| 1832.044 | | | | | | | |
| 1997.243 | | | | | | | |

## ▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

| 구 분 | | 허용값 | 발생값 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 평상시 | 허용지지력(kN/EA) | 1290.4 | 791.989 | O.K |
| | 허용인발력(kN/EA) | 425.265 | - | O.K |
| | 휨응력(MPa) | 133 | 111.964 | O.K |
| | 전단응력(MPa) | 76 | 12.59 | O.K |
| | 수평변위(mm) | 15 | 11.097 | O.K |
| 지진시 | 허용지지력(kN/EA) | 1935.6 | 966.016 | O.K |
| | 허용인발력(kN/EA) | 637.897 | -18.501 | O.K |
| | 휨응력(MPa) | 199.5 | 126.339 | O.K |
| | 전단응력(MPa) | 114 | 20.759 | O.K |
| | 수평변위(mm) | 15 | 10.31 | 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 | 1196.66 | 1940.4 | 287.207 | 463.002 | 1.612 | O.K |
| 후면저판 | | 1100 | 100 | 828.106 | 1940.4 | 209.881 | 487.742 | 2.324 | O.K |
| 벽체 : H=5.900 | | 2000 | 100 | 1469.4 | 2292 | 707.875 | 1100.624 | 1.555 | O.K |
| 흉벽 | | 500 | 100 | 1245.15 | 1940.4 | 124.099 | 190.861 | 1.538 | O.K |
| 우측날개벽 | D(T=620 mm) | 620 | 80 | 992.488 | 1548.4 | 134.819 | 208.719 | 1.548 | O.K |
| | A(T=620 mm) | 620 | 80 | 2749.75 | 3096.8 | 364.463 | 408.448 | 1.121 | O.K |
| | B(T=620 mm) | 620 | 80 | 1007.62 | 1588.8 | 136.845 | 214.045 | 1.564 | O.K |
| | C(T=620 mm) | 620 | 80 | 2006.79 | 3096.8 | 268.784 | 408.448 | 1.52 | O.K |

■ 사용성 검토

| 구 분 | | 인장응력(fs) | 허용응력(fsa) | 철근간격(S) | 최대간격(Sq) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 전면저판 | | 115.385 | 150 | 125 | 331.247 | O.K |
| 후면저판 | | 62.767 | 150 | 125 | 1003.711 | O.K |
| 벽체 : H=5.900 | | 73.608 | 150 | 125 | 843.611 | O.K |
| 흉벽 | | 125.158 | 150 | 125 | 402.956 | O.K |
| 우측날개벽 | D(T=620 mm) | 95.156 | 150 | 250 | 655.085 | O.K |
| | A(T=620 mm) | 130.536 | 150 | 125 | 430.78 | O.K |
| | B(T=620 mm) | 94.502 | 150 | 125 | 653.313 | O.K |
| | C(T=620 mm) | 98.002 | 150 | 125 | 631.059 | O.K |

## ▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

| 구 분 | | 허용값 | 발생값 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 평상시 | 허용지지력(kN/EA) | 1396.53 | 849.233 | O.K |
| | 허용인발력(kN/EA) | 767.966 | - | O.K |
| | 휨응력(MPa) | 133 | 116.587 | O.K |
| | 전단응력(MPa) | 76 | 12.67 | O.K |
| | 수평변위(mm) | 15 | 11.168 | O.K |
| 지진시 | 허용지지력(kN/EA) | 2094.795 | 1072.291 | O.K |
| | 허용인발력(kN/EA) | 1151.948 | -40.387 | O.K |
| | 휨응력(MPa) | 199.5 | 139.507 | O.K |
| | 전단응력(MPa) | 114 | 22.656 | O.K |
| | 수평변위(mm) | 15 | 11.252 | 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 | 1228.22 | 1940.4 | 294.709 | 463.002 | 1.571 | O.K |
| 후면저판 | | 1100 | 100 | 828.106 | 1940.4 | 209.881 | 487.742 | 2.324 | O.K |
| 벽체 : H=5.900 | | 2000 | 100 | 1477.53 | 2292 | 711.771 | 1100.624 | 1.546 | O.K |
| 흉벽 | | 500 | 100 | 1220.25 | 1940.4 | 121.674 | 190.861 | 1.569 | O.K |
| 좌측날개벽 | D(T=620 mm) | 620 | 80 | 955.797 | 1548.4 | 129.9 | 208.719 | 1.607 | O.K |
| | A(T=620 mm) | 620 | 80 | 2143.08 | 3096.8 | 286.49 | 408.448 | 1.426 | O.K |
| | B(T=620 mm) | 620 | 80 | 921.213 | 1588.8 | 125.26 | 214.045 | 1.709 | O.K |
| | C(T=620 mm) | 620 | 80 | 1895.76 | 3096.8 | 254.308 | 408.448 | 1.606 | O.K |

■ 사용성 검토

| 구 분 | | 인장응력(fs) | 허용응력(fsa) | 철근간격(S) | 최대간격(Sq) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 전면저판 | | 113.251 | 150 | 125 | 344.105 | O.K |
| 후면저판 | | 62.728 | 150 | 125 | 1004.33 | O.K |
| 벽체 : H=5.900 | | 62.175 | 150 | 125 | 1013.263 | O.K |
| 흉벽 | | 122.844 | 150 | 125 | 414.809 | O.K |
| 좌측날개벽 | D(T=620 mm) | 91.843 | 150 | 250 | 684.942 | O.K |
| | A(T=620 mm) | 102.624 | 150 | 125 | 594.868 | O.K |
| | B(T=620 mm) | 86.582 | 150 | 125 | 727.63 | O.K |
| | C(T=620 mm) | 92.733 | 150 | 125 | 676.708 | O.K |

## 3. 설 계 조 건

### 3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
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 = 0.15

### 3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 15
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 30 ° ; 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.364 ; 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: 32000 MPa
기둥: 32000 MPa
기초: 29000 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]

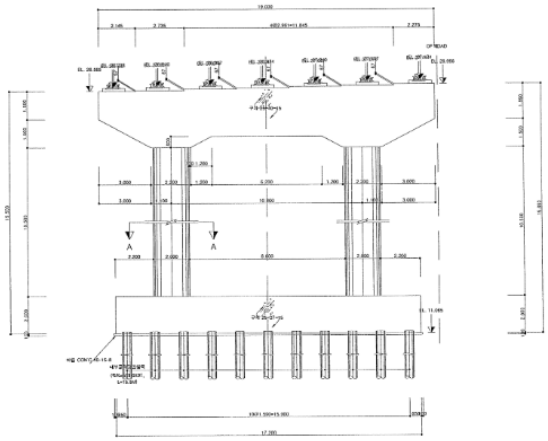
### 3.5 설 계 방 법

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 (2008)

## 4. 단 면 가 정



## 2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

| 구 분 | | | 허용값 | 발생값 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 교축방향 | 평상시 | 허용지지력(kN/EA) | 1124.590 | 845.942 | O.K |
| | | 허용인발력(kN/EA) | 470.087 | - | O.K |
| | | 휨 응력(MPa) | 140.000 | 86.811 | O.K |
| | | 전단응력(MPa) | 80.000 | 3.530 | O.K |
| | | 수평변위(mm) | 15.000 | 1.730 | O.K |
| | 지진시 | 허용지지력(kN/EA) | 1686.885 | 1379.133 | O.K |
| | | 허용인발력(kN/EA) | 705.130 | -274.981 | O.K |
| | | 휨 응력(MPa) | 210.000 | 178.515 | O.K |
| | | 전단응력(MPa) | 120.000 | 21.322 | O.K |
| | | 수평변위(mm) | 15.000 | 5.887 | O.K |
| 교축직각방향 | 평상시 | 허용지지력(kN/EA) | 1124.590 | 709.193 | O.K |
| | | 허용인발력(kN/EA) | 470.087 | - | O.K |
| | | 휨 응력(MPa) | 140.000 | 79.638 | O.K |
| | | 전단응력(MPa) | 80.000 | 4.037 | O.K |
| | | 수평변위(mm) | 15.000 | 1.978 | O.K |
| | 지진시 | 허용지지력(kN/EA) | 1686.885 | 780.184 | O.K |
| | | 허용인발력(kN/EA) | 705.130 | - | O.K |
| | | 휨 응력(MPa) | 210.000 | 147.036 | O.K |
| | | 전단응력(MPa) | 120.000 | 19.738 | O.K |
| | | 수평변위(mm) | 15.000 | 5.450 | O.K |

▣ 단면 설계

| 단면위치 | | 깊이 (mm) | 피복 (mm) | Req.As (mm²) | Use.As (mm²) | Mu(kN.m) | ΦMn(kN.m) | 안전도 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 두부보 | 좌측내민보 | 3000.0 | 100.0 | 34200.000 | 36533.200 | - | - | 2.025 | O.K |
| | 우측내민보 | 3000.0 | 100.0 | 34200.000 | 36533.200 | - | - | 2.113 | O.K |
| | 좌측내민보수평 | 3000.0 | 100.0 | 1806.659 | 4960.100 | 1779.190 | 4874.257 | 2.740 | O.K |
| | 우측내민보수 | 3000.0 | 100.0 | 1829.565 | 4960.100 | 1801.720 | 4874.257 | 2.705 | O.K |
| | 내부지간1좌 | 3123.3 | 100.0 | 13571.901 | 36533.200 | 13597.354 | 36042.482 | 2.651 | O.K |
| | 내부지간1중 | 2590.0 | 100.0 | 11757.937 | 18266.600 | 9862.291 | 15242.350 | 1.546 | O.K |
| | 내부지간1우 | 3323.5 | 100.0 | 12839.940 | 36533.200 | 13744.397 | 38529.572 | 2.803 | O.K |
| | 교량받침8 | 1897.0 | 100.0 | 84.468 | 36533.200 | 50.168 | 20810.207 | 414.813 | O.K |
| | 교량받침1 | 1945.0 | 100.0 | 497.905 | 36533.200 | 303.706 | 21406.429 | 70.484 | O.K |
| | 교량받침10 | 2590.8 | 100.0 | 1146.971 | 36533.200 | 950.964 | 29428.146 | 30.946 | O.K |
| | 교량받침3 | 2542.8 | 100.0 | 466.679 | 36533.200 | 379.523 | 28831.924 | 75.969 | O.K |
| | 교량받침11 | 2590.0 | 100.0 | 10629.852 | 18266.600 | 8924.073 | 15242.350 | 1.708 | O.K |
| | 교량받침4 | 2590.0 | 100.0 | 7847.879 | 18266.600 | 6603.080 | 15242.350 | 2.308 | O.K |
| | 교량받침12 | 2656.8 | 100.0 | 508.932 | 18266.600 | 442.246 | 15656.867 | 35.403 | O.K |
| | 교량받침5 | 2656.8 | 100.0 | 2466.840 | 18266.600 | 2140.388 | 15656.867 | 7.315 | O.K |
| | 교량받침14 | 2335.3 | 100.0 | 409.174 | 36533.200 | 303.902 | 26254.147 | 86.390 | O.K |
| | 교량받침7 | 2287.3 | 100.0 | 85.539 | 36533.200 | 62.154 | 25657.925 | 412.813 | O.K |
| 기초 | 교축방향 | 2000.0 | 150.0 | 43438.240 | 70431.300 | 26997.609 | 43446.754 | 1.610 | O.K |
| | 교직-지점부 | 2000.0 | 150.0 | 12143.848 | 19742.100 | 7571.256 | 12240.117 | 1.620 | O.K |
| | 교직-중앙부 | 2000.0 | 100.0 | 35742.872 | 40504.200 | 22425.800 | 25312.905 | 1.129 | O.K |

▣ 기둥의 단면 설계

| 단면위치 | | Pusa | Pu(kN) | ΦPn(kN) | 안전도 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 교축방향 | 축력최대 | 0.023 | 20388.735 | 74791.613 | 3.668 | O.K |
| | 모멘트최대 | 0.023 | 18118.080 | 46277.412 | 2.554 | O.K |
| | 단성설계 | 0.023 | 11729.186 | 14746.313 | 1.257 | O.K |
| | 편심최대 | 0.023 | 11142.726 | 36994.456 | 3.320 | O.K |
| 교축직각방향 | 축력최대 | 0.023 | 20388.735 | 74791.613 | 3.668 | O.K |
| | 모멘트최대 | 0.023 | 13020.000 | 48786.503 | 3.747 | O.K |
| | 단성설계 | 0.023 | 11729.186 | 25858.881 | 2.205 | O.K |
| | 편심최대 | 0.023 | 9501.244 | 44025.375 | 4.634 | O.K |
| 원성부재력 | 축력최대 | 0.023 | 20388.735 | 74791.613 | 3.668 | O.K |
| | 모멘트최대 | 0.023 | 18119.218 | 45691.866 | 2.522 | O.K |
| | 단성설계 | 0.023 | 11729.186 | 11934.423 | 1.017 | O.K |
| | 편심최대 | 0.023 | 9500.369 | 27374.853 | 2.881 | O.K |
| | 모멘트최대 | 0.023 | 13020.000 | 35093.551 | 2.695 | O.K |
| | 편심최대 | 0.023 | 9501.244 | 30147.511 | 3.173 | O.K |

| 단면위치 | | Pusa | Pu(kN) | ΦPn(kN) | 안전도 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 교축방향 | 축력최대 | 0.023 | 19571.001 | 74791.613 | 3.822 | O.K |
| | 모멘트최대 | 0.023 | 17411.042 | 45570.500 | 2.617 | O.K |
| | 단성설계 | 0.023 | 10851.981 | 13713.797 | 1.264 | O.K |
| | 편심최대 | 0.023 | 10309.382 | 34820.682 | 3.378 | O.K |
| 교축직각방향 | 축력최대 | 0.023 | 19571.001 | 74791.613 | 3.822 | O.K |
| | 모멘트최대 | 0.023 | 15815.882 | 63438.841 | 4.011 | O.K |
| | 단성설계 | 0.023 | 10851.981 | 23272.932 | 2.145 | O.K |
| | 편심최대 | 0.023 | 11343.682 | 64347.066 | 5.673 | O.K |
| 원성부재력 | 축력최대 | 0.023 | 19571.001 | 74791.613 | 3.822 | O.K |
| | 모멘트최대 | 0.023 | 17409.904 | 44884.027 | 2.578 | O.K |
| | 단성설계 | 0.023 | 10851.981 | 11005.139 | 1.014 | O.K |
| | 편심최대 | 0.023 | 11951.740 | 36483.771 | 3.053 | O.K |
| | 모멘트최대 | 0.023 | 15815.882 | 62924.794 | 3.979 | O.K |
| | 편심최대 | 0.023 | 11343.682 | 63377.201 | 5.587 | O.K |

▣ 사용성 검토

| 단면위치 | | 안정응력(fs) | 허용응력(fsa) | 철근간격(S) | 최대간격(Sq) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 두부보 | 좌측내민보 | 89.544 | 180.000 | 130.435 | 689.459 | O.K |
| | 우측내민보 | 88.770 | 180.000 | 130.435 | 677.122 | O.K |
| | 좌측내민보수평 | 127.051 | 180.000 | 250.000 | 409.831 | O.K |
| | 우측내민보수평 | 128.660 | 180.000 | 250.000 | 402.080 | O.K |
| | 내부지간1좌측지점부 | 89.970 | 180.000 | 130.435 | 665.296 | O.K |
| | 내부지간1중앙부 | 182.161 | 180.000 | 130.435 | 222.311 | O.K |
| | 내부지간1우측지점부 | 97.454 | 180.000 | 130.435 | 598.075 | O.K |
| | 교량받침8 | 3.031 | 180.000 | 130.435 | 20787.365 | O.K |
| | 교량받침1 | 3.702 | 180.000 | 130.435 | 17018.615 | O.K |
| | 교량받침10 | 8.830 | 180.000 | 130.435 | 7134.559 | O.K |
| | 교량받침3 | 13.852 | 180.000 | 130.435 | 4548.203 | O.K |
| | 교량받침11 | 174.691 | 180.000 | 130.435 | 240.797 | O.K |
| | 교량받침4 | 117.848 | 180.000 | 130.435 | 458.235 | O.K |
| | 교량받침12 | 7.682 | 180.000 | 130.435 | 8201.222 | O.K |
| | 교량받침5 | 3.992 | 180.000 | 130.435 | 15780.379 | O.K |
| | 교량받침14 | 8.663 | 180.000 | 130.435 | 7272.111 | O.K |
| | 교량받침7 | 3.657 | 180.000 | 130.435 | 17228.062 | O.K |
| 기초 | 교축방향 | 129.180 | 180.000 | 123.741 | 265.864 | O.K |
| | 교직-지점부 | 151.804 | 180.000 | 127.451 | 171.263 | O.K |
| | 교직-중앙부 | 217.499 | 180.000 | 111.765 | 152.071 | O.K |

## 1. 설 계 조 건

1) 일 반 조 건

(1) 교량형식 : IPC GIRDER

(2) 교량연장 : L = 45.176 + 45.076 + 45.126 = 135.379 m

(3) 교량폭원 : B = 19.510 m

(4) 교각형식 : 다주식 교각

2) 내 진 설 계 조 건

(1) 내진등급 : I 등급

(2) 가속도계수 : A = 0.154 (지진구역계수 : 0.110, 위험도계수 : 1.400)

(3) 지반계수 : S = 1.500 (지반종류 III)

(4) 발진형식 : 탄성받침

3) 설계강도 및 탄성계수

| 구 분 | | | Fck(MPa) | Fy(MPa) | Ec(MPa) | n=Es/Ec |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 상부 | 바닥판 | | 27 | - | 28693 | 7 |
| | 거 더 | | 40 | - | 31879 | 6 |
| 하부 | 교 대 | | 24 | 300 | 28000 | 7 |
| | 교각 | 두부보 | 40 | 400 | 32000 | 6 |
| | | 기둥 | 40 | 400 | 32000 | 6 |
| | | 기초 | 27 | 400 | 29000 | 7 |

- 강재 탄성계수 : Es = 200000.0 MPa

4) 해 석 방 법

다중모드 스펙트럼 해석법

5) 참 고 문 헌

(1) 도 로 교 설 계 기 준 : 국토해양부 (2010)

(2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)

(3) 도 로 교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)

(4) 콘크리트교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)

(5) 고속도로교량의 내진설계지침 : 한국도로공사 (2000)

## 5. 고유치 해석

1) Mode별 자유진동 특성

| Mode | Period (sec) | Frequency (Hz) | Participating Mass Ratios(질량누가) | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | X-Axis | Y-Axis | Z-Axis | |
| 1 | 1.19221 | 0.83878 | 0.001 | 0.075 | 0.000 | |
| 2 | 1.17403 | 0.85177 | 73.811 | 16.035 | 0.000 | |
| 3 | 1.15718 | 0.86417 | 91.251 | 80.710 | 0.000 | |
| 4 | 0.91731 | 1.09014 | 91.285 | 86.534 | 0.000 | |
| 5 | 0.65461 | 1.52763 | 91.285 | 86.535 | 0.001 | |
| 6 | 0.54391 | 1.83853 | 91.285 | 86.596 | 0.001 | |
| 7 | 0.46969 | 2.12905 | 91.286 | 86.596 | 0.016 | |
| 8 | 0.45783 | 2.18420 | 91.286 | 86.596 | 4.542 | |
| 9 | 0.40394 | 2.47561 | 91.286 | 86.596 | 4.542 | |
| 10 | 0.40018 | 2.49890 | 91.286 | 86.597 | 4.547 | |
| 11 | 0.37448 | 2.67039 | 91.292 | 86.598 | 4.547 | |
| 12 | 0.32956 | 3.03436 | 91.297 | 89.287 | 4.548 | |
| 13 | 0.31161 | 3.20915 | 91.297 | 89.290 | 4.548 | |
| 14 | 0.28467 | 3.51283 | 91.673 | 89.291 | 18.576 | |
| 15 | 0.27826 | 3.59377 | 96.465 | 89.302 | 29.316 | |
| 16 | 0.27244 | 3.67055 | 98.088 | 89.307 | 43.969 | |
| 17 | 0.23065 | 4.33562 | 98.096 | 90.196 | 43.969 | |
| 18 | 0.22080 | 4.52895 | 98.153 | 98.530 | 43.969 | |
| 19 | 0.19863 | 5.03454 | 98.167 | 98.547 | 43.969 | |
| 20 | 0.19321 | 5.17578 | 98.171 | 98.560 | 43.970 | |
| 21 | 0.09112 | 10.97393 | 98.171 | 98.560 | 43.978 | |
| 22 | 0.06492 | 15.40257 | 98.173 | 98.561 | 84.190 | |
| 23 | 0.04696 | 21.29452 | 98.173 | 98.568 | 97.788 | |
| 24 | 0.04045 | 24.71889 | 98.175 | 99.230 | 97.853 | |
| 25 | 0.03222 | 31.03285 | 99.714 | 99.238 | 97.858 | |

※ 유효모드 질량의 합이 전체질량의 90%이상이 되도록 Mode수를 결정한다.

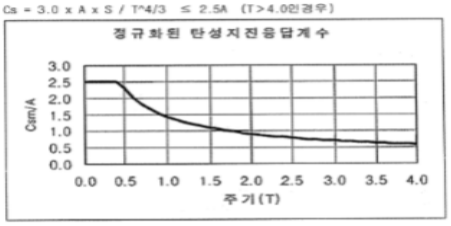
## 6. 응답스펙트럼 해석

1) 응답스펙트럼의 결정

Sa = Cs x g

Cs = 1.2 x A x S / T^2/3 ≤ 2.5A (T≤4.0인경우)

Cs = 3.0 x A x S / T^4/3 ≤ 2.5A (T>4.0인경우)




Sa : 탄성지진응답 가속도 (m/sec² ) Cs : 탄성지진응답 계수(무차원)

g = 9.810 m/sec² ,중력가속도 A = 0.154, 지진가속도 계수

S = 1.500, 지반특성에 따른 무차원의 지반계수

T : 진동모드의 주기

| T | Cs | Sa | T | Cs | Sa | T | Cs | Sa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | 0.385 | 3.777 | 2.3 | 0.159 | 1.561 | 5.5 | 0.071 | 0.700 |
| 0.1 | 0.385 | 3.777 | 2.4 | 0.155 | 1.517 | 5.8 | 0.067 | 0.660 |
| 0.2 | 0.385 | 3.777 | 2.5 | 0.150 | 1.476 | 6.0 | 0.064 | 0.624 |
| 0.3 | 0.385 | 3.777 | 2.6 | 0.147 | 1.438 | 6.3 | 0.060 | 0.591 |
| 0.4 | 0.385 | 3.777 | 2.7 | 0.143 | 1.402 | 6.5 | 0.057 | 0.560 |
| 0.5 | 0.385 | 3.777 | 2.8 | 0.140 | 1.369 | 6.8 | 0.054 | 0.533 |
| 0.6 | 0.385 | 3.777 | 2.9 | 0.136 | 1.337 | 7.0 | 0.052 | 0.508 |
| 0.7 | 0.352 | 3.449 | 3.0 | 0.133 | 1.307 | 7.3 | 0.049 | 0.484 |
| 0.8 | 0.322 | 3.156 | 3.1 | 0.130 | 1.279 | 7.5 | 0.047 | 0.463 |
| 0.9 | 0.297 | 2.917 | 3.2 | 0.128 | 1.252 | 7.8 | 0.045 | 0.443 |
| 1.0 | 0.277 | 2.719 | 3.3 | 0.125 | 1.227 | 8.0 | 0.043 | 0.425 |
| 1.1 | 0.260 | 2.552 | 3.4 | 0.123 | 1.203 | 8.3 | 0.042 | 0.408 |
| 1.2 | 0.245 | 2.408 | 3.5 | 0.120 | 1.180 | 8.5 | 0.040 | 0.392 |
| 1.3 | 0.233 | 2.283 | 3.6 | 0.118 | 1.158 | 8.8 | 0.038 | 0.377 |
| 1.4 | 0.222 | 2.173 | 3.7 | 0.116 | 1.137 | 9.0 | 0.037 | 0.363 |
| 1.5 | 0.212 | 2.075 | 3.8 | 0.114 | 1.117 | 9.3 | 0.036 | 0.350 |
| 1.6 | 0.203 | 1.988 | 3.9 | 0.112 | 1.098 | 9.5 | 0.034 | 0.338 |
| 1.7 | 0.195 | 1.909 | 4.0 | 0.110 | 1.079 | 9.8 | 0.033 | 0.326 |
| 1.8 | 0.187 | 1.838 | 4.3 | 0.101 | 0.988 | 10.0 | 0.032 | 0.316 |
| 1.9 | 0.181 | 1.773 | 4.5 | 0.093 | 0.915 | 15.0 | 0.019 | 0.184 |
| 2.0 | 0.175 | 1.713 | 4.8 | 0.087 | 0.851 | 20.0 | 0.013 | 0.125 |
| 2.1 | 0.169 | 1.658 | 5.0 | 0.081 | 0.795 | | | |
| 2.2 | 0.164 | 1.608 | 5.3 | 0.076 | 0.745 | | | |

3) 응답스펙트럼 해석결과

(1) 교축방향(X방향) 지진하중 재하시

① 교량받침

| 구 분 | | 절 점 | V2(kN) | V3(kN) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 교대 1 | 1 | 92 | 256.196 | 23.344 | |
| | 2 | 93 | 256.034 | 23.369 | |
| | 3 | 94 | 255.942 | 23.382 | |
| | 4 | 95 | 255.830 | 23.381 | |
| | 5 | 96 | 255.713 | 23.377 | |
| | 6 | 97 | 255.604 | 23.366 | |
| | 7 | 98 | 255.467 | 23.344 | |
| 교각 1 | 1 | 99 | 306.088 | 23.426 | |
| | 2 | 100 | 306.970 | 23.495 | |
| | 3 | 101 | 307.641 | 23.569 | |
| | 4 | 102 | 308.186 | 23.622 | |
| | 5 | 103 | 308.975 | 23.613 | |
| | 6 | 104 | 309.800 | 23.558 | |
| | 7 | 105 | 310.147 | 23.505 | |
| | 8 | 106 | 306.201 | 22.942 | |
| | 9 | 107 | 307.084 | 23.035 | |
| | 10 | 108 | 307.765 | 23.132 | |
| | 11 | 109 | 308.306 | 23.179 | |
| | 12 | 110 | 309.091 | 23.161 | |
| | 13 | 111 | 309.924 | 23.117 | |
| | 14 | 112 | 310.272 | 23.061 | |
| 교각 2 | 1 | 113 | 314.398 | 23.725 | |
| | 2 | 114 | 315.550 | 23.793 | |
| | 3 | 115 | 316.178 | 23.866 | |
| | 4 | 116 | 316.693 | 23.922 | |
| | 5 | 117 | 317.461 | 23.916 | |
| | 6 | 118 | 318.282 | 23.852 | |
| | 7 | 119 | 318.782 | 23.768 | |
| | 8 | 120 | 314.270 | 24.075 | |
| | 9 | 121 | 315.424 | 24.135 | |
| | 10 | 122 | 316.061 | 24.225 | |
| | 11 | 123 | 316.572 | 24.273 | |
| | 12 | 124 | 317.336 | 24.257 | |
| | 13 | 125 | 318.165 | 24.213 | |
| | 14 | 126 | 318.665 | 24.158 | |
| 교대 2 | 1 | 127 | 255.919 | 24.512 | |
| | 2 | 128 | 255.984 | 24.530 | |
| | 3 | 129 | 255.879 | 24.544 | |
| | 4 | 130 | 255.762 | 24.545 | |
| | 5 | 131 | 255.643 | 24.542 | |
| | 6 | 132 | 255.549 | 24.530 | |
| | 7 | 133 | 255.567 | 24.501 | |

## 1. 설 계 조 건

1) 일 반 조 건

(1) 교량형식 : IPC GIRDER

(2) 교량연장 : L = 45.176 + 45.076 + 45.126 = 135.379 m

(3) 교량폭원 : B = 19.510 m

(4) 교각형식 : 다주식 교각

2) 내 진 설 계 조 건

(1) 내진등급 : I 등급

(2) 가속도계수 : A = 0.154 (지진구역계수 : 0.110, 위험도계수 : 1.400)

(3) 지반계수 : S = 1.500 (지반종류 Ⅲ)

(4) 받침형식 : 탄성받침

3) 설계강도 및 탄성계수

| 구 분 | | | Fck(MPa) | Fy(MPa) | Ec(MPa) | n=Es/Ec |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 상부 | 바닥판 | | 27 | - | 28693 | 7 |
| | 거 더 | | 40 | - | 31879 | 6 |
| 하부 | 교 대 | | 24 | 300 | 28000 | 7 |
| | 교각 | 두부보 | 40 | 400 | 32000 | 6 |
| | | 기둥 | 40 | 400 | 32000 | 6 |
| | | 기초 | 27 | 400 | 29000 | 7 |

- 강재 탄성계수 : Es = 200000.0 MPa

4) 해 석 방 법

다중모드 스펙트럼 해석법

5) 참 고 문 헌

(1) 도 로 교 설 계 기 준 : 국토해양부 (2010)

(2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)

(3) 도 로 교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)

(4) 콘크리트교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)

(5) 고속도로교량의 내진설계지침 : 한국도로공사 (2000)

## 5. 고유치 해석

1) Mode별 자유진동 특성

| Mode | Period (sec) | Frequency (Hz) | Participating Mass Ratios(질량누가) | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | X-Axis | Y-Axis | Z-Axis | |
| 1 | 1.19221 | 0.83878 | 0.001 | 0.075 | 0.000 | |
| 2 | 1.17403 | 0.85177 | 73.811 | 16.035 | 0.000 | |
| 3 | 1.15718 | 0.86417 | 91.251 | 80.710 | 0.000 | |
| 4 | 0.91731 | 1.09014 | 91.285 | 86.534 | 0.000 | |
| 5 | 0.65461 | 1.52763 | 91.285 | 86.535 | 0.001 | |
| 6 | 0.54391 | 1.83853 | 91.285 | 86.596 | 0.001 | |
| 7 | 0.46969 | 2.12905 | 91.286 | 86.596 | 0.016 | |
| 8 | 0.45783 | 2.18420 | 91.286 | 86.596 | 4.542 | |
| 9 | 0.40394 | 2.47561 | 91.286 | 86.596 | 4.542 | |
| 10 | 0.40018 | 2.49890 | 91.286 | 86.597 | 4.547 | |
| 11 | 0.37448 | 2.67039 | 91.292 | 86.598 | 4.547 | |
| 12 | 0.32956 | 3.03436 | 91.297 | 89.287 | 4.548 | |
| 13 | 0.31161 | 3.20915 | 91.297 | 89.290 | 4.548 | |
| 14 | 0.28467 | 3.51283 | 91.673 | 89.291 | 18.576 | |
| 15 | 0.27826 | 3.59377 | 96.465 | 89.302 | 29.316 | |
| 16 | 0.27244 | 3.67055 | 98.088 | 89.307 | 43.969 | |
| 17 | 0.23065 | 4.33562 | 98.096 | 90.196 | 43.969 | |
| 18 | 0.22080 | 4.52895 | 98.153 | 98.530 | 43.969 | |
| 19 | 0.19863 | 5.03454 | 98.167 | 98.547 | 43.969 | |
| 20 | 0.19321 | 5.17578 | 98.171 | 98.560 | 43.970 | |
| 21 | 0.09112 | 10.97393 | 98.171 | 98.560 | 43.978 | |
| 22 | 0.06492 | 15.40257 | 98.173 | 98.561 | 84.190 | |
| 23 | 0.04696 | 21.29452 | 98.173 | 98.568 | 97.788 | |
| 24 | 0.04045 | 24.71889 | 98.175 | 99.230 | 97.853 | |
| 25 | 0.03222 | 31.03285 | 99.714 | 99.238 | 97.858 | |

※ 유효모드 질량의 합이 전체질량의 90%이상이 되도록 Mode수를 결정한다.

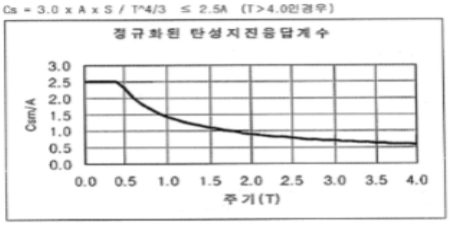
## 6. 응답스펙트럼 해석

1) 응답스펙트럼의 결정

Sa = Cs x g

Cs = 1.2 x A x S / T^2/3 ≤ 2.5A (T≤4.0인경우)

Cs = 3.0 x A x S / T^4/3 ≤ 2.5A (T>4.0인경우)




Sa : 탄성지진응답 가속도 (m/sec² ) Cs : 탄성지진응답 계수(무차원)

g = 9.810 m/sec² ,중력가속도 A = 0.154, 지진가속도 계수

S = 1.500, 지반특성에 따른 무차원의 지반계수

T : 진동모드의 주기

| T | Cs | Sa | T | Cs | Sa | T | Cs | Sa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | 0.385 | 3.777 | 2.3 | 0.159 | 1.561 | 5.5 | 0.071 | 0.700 |
| 0.1 | 0.385 | 3.777 | 2.4 | 0.155 | 1.517 | 5.8 | 0.067 | 0.660 |
| 0.2 | 0.385 | 3.777 | 2.5 | 0.150 | 1.476 | 6.0 | 0.064 | 0.624 |
| 0.3 | 0.385 | 3.777 | 2.6 | 0.147 | 1.438 | 6.3 | 0.060 | 0.591 |
| 0.4 | 0.385 | 3.777 | 2.7 | 0.143 | 1.402 | 6.5 | 0.057 | 0.560 |
| 0.5 | 0.385 | 3.777 | 2.8 | 0.140 | 1.369 | 6.8 | 0.054 | 0.533 |
| 0.6 | 0.385 | 3.777 | 2.9 | 0.136 | 1.337 | 7.0 | 0.052 | 0.508 |
| 0.7 | 0.352 | 3.449 | 3.0 | 0.133 | 1.307 | 7.3 | 0.049 | 0.484 |
| 0.8 | 0.322 | 3.156 | 3.1 | 0.130 | 1.279 | 7.5 | 0.047 | 0.463 |
| 0.9 | 0.297 | 2.917 | 3.2 | 0.128 | 1.252 | 7.8 | 0.045 | 0.443 |
| 1.0 | 0.277 | 2.719 | 3.3 | 0.125 | 1.227 | 8.0 | 0.043 | 0.425 |
| 1.1 | 0.260 | 2.552 | 3.4 | 0.123 | 1.203 | 8.3 | 0.042 | 0.408 |
| 1.2 | 0.245 | 2.408 | 3.5 | 0.120 | 1.180 | 8.5 | 0.040 | 0.392 |
| 1.3 | 0.233 | 2.283 | 3.6 | 0.118 | 1.158 | 8.8 | 0.038 | 0.377 |
| 1.4 | 0.222 | 2.173 | 3.7 | 0.116 | 1.137 | 9.0 | 0.037 | 0.363 |
| 1.5 | 0.212 | 2.075 | 3.8 | 0.114 | 1.117 | 9.3 | 0.036 | 0.350 |
| 1.6 | 0.203 | 1.988 | 3.9 | 0.112 | 1.098 | 9.5 | 0.034 | 0.338 |
| 1.7 | 0.195 | 1.909 | 4.0 | 0.110 | 1.079 | 9.8 | 0.033 | 0.326 |
| 1.8 | 0.187 | 1.838 | 4.3 | 0.101 | 0.988 | 10.0 | 0.032 | 0.316 |
| 1.9 | 0.181 | 1.773 | 4.5 | 0.093 | 0.915 | 15.0 | 0.019 | 0.184 |
| 2.0 | 0.175 | 1.713 | 4.8 | 0.087 | 0.851 | 20.0 | 0.013 | 0.125 |
| 2.1 | 0.169 | 1.658 | 5.0 | 0.081 | 0.795 | | | |
| 2.2 | 0.164 | 1.606 | 5.3 | 0.076 | 0.745 | | | |

3) 응답스펙트럼 해석결과

(1) 교축방향(X방향) 지진하중 재하시

① 교량받침

| 구 분 | | 절 점 | V2(kN) | V3(kN) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 교대 1 | 1 | 92 | 256.196 | 23.344 | |
| | 2 | 93 | 256.034 | 23.369 | |
| | 3 | 94 | 255.942 | 23.382 | |
| | 4 | 95 | 255.830 | 23.381 | |
| | 5 | 96 | 255.713 | 23.377 | |
| | 6 | 97 | 255.604 | 23.366 | |
| | 7 | 98 | 255.467 | 23.344 | |
| 교각 1 | 1 | 99 | 306.088 | 23.426 | |
| | 2 | 100 | 306.970 | 23.495 | |
| | 3 | 101 | 307.641 | 23.569 | |
| | 4 | 102 | 308.186 | 23.622 | |
| | 5 | 103 | 308.975 | 23.613 | |
| | 6 | 104 | 309.800 | 23.558 | |
| | 7 | 105 | 310.147 | 23.505 | |
| | 8 | 106 | 306.201 | 22.942 | |
| | 9 | 107 | 307.084 | 23.035 | |
| | 10 | 108 | 307.765 | 23.132 | |
| | 11 | 109 | 308.306 | 23.179 | |
| | 12 | 110 | 309.091 | 23.161 | |
| | 13 | 111 | 309.924 | 23.117 | |
| | 14 | 112 | 310.272 | 23.061 | |
| 교각 2 | 1 | 113 | 314.398 | 23.725 | |
| | 2 | 114 | 315.550 | 23.793 | |
| | 3 | 115 | 316.178 | 23.866 | |
| | 4 | 116 | 316.693 | 23.922 | |
| | 5 | 117 | 317.461 | 23.916 | |
| | 6 | 118 | 318.282 | 23.852 | |
| | 7 | 119 | 318.782 | 23.768 | |
| | 8 | 120 | 314.270 | 24.075 | |
| | 9 | 121 | 315.424 | 24.135 | |
| | 10 | 122 | 316.061 | 24.225 | |
| | 11 | 123 | 316.572 | 24.273 | |
| | 12 | 124 | 317.336 | 24.257 | |
| | 13 | 125 | 318.165 | 24.213 | |
| | 14 | 126 | 318.665 | 24.158 | |
| 교대 2 | 1 | 127 | 255.919 | 24.512 | |
| | 2 | 128 | 255.984 | 24.530 | |
| | 3 | 129 | 255.879 | 24.544 | |
| | 4 | 130 | 255.762 | 24.545 | |
| | 5 | 131 | 255.643 | 24.542 | |
| | 6 | 132 | 255.549 | 24.530 | |
| | 7 | 133 | 255.567 | 24.501 | |

### 7.2.2 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 7.2.1】 서문5교(서울방향) 점검이력사항

| 번호 | 기 간 | 구 분 | 점검 결과 | 안전 등급 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30 | 정기안전점검 | 서문5교(서울방향)의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재파손, 교량받침 받침몰탈 균열, 몰탈파손이 조사되었다.<br>기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공불량에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다. | 양호 |
| 2 | 2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24 | 정기안전점검 | 서문5교(서울방향)의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 후타재 접속부 이격, 신축이음 후타재파손, 교량받침 받침몰탈 균열, 몰탈파손, 교대 신축이음 하부 누수가 조사되었다.<br>기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공불량에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다. | 양호 |
| 3 | 2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15 | 정기안전점검 | - 교면포장 접속도로 후타재 접속부 이격<br>- 신축이음 후타재 파손, 신축이음 하부 누수<br>- 교량받침 받침몰탈 균열(cw=0.3㎜미만), 받침몰탈 파손 | 양호 |

### 7.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

### 7.2.4 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<br>○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음 | |
| 점검주기 | ○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨. | |

### 7.2.5 시설물 보수 이력

【표 7.2.2】 서문5교(서울방향) 보수이력사항

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

### 7.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 7.2.3】 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. | | | |

# 7.3 현장조사

## 7.3.1 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~S3 | 도보, 고소차 | 2022.08.22.~2022.12.11. | |

작업전경

작업전경

제원조사

비파괴시험

【사진 7.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

## 7.3.2 현장조사 결과

### 가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문5교(서울방향)는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=135.0m 폭 19.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.

| | |
|---|---|
| | |
| 바닥판 하면 전경 | 바닥판 하면 전경 |

【사진 7.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 물끊기홈 시공불량이 확인 되었다.

【표 7.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

| 구분 | 물끊기홈 시공불량 (개소/개소) | |
|---|---|---|
| S1 | - | - |
| S2 | - | - |
| S3 | 1.00 | 1 |
| 합계 | 1.00 | 1 |

| | |
|---|---|
| | |
| S3 물끊기홈 시공불량(1EA) | 바닥판 하면 상태양호 |
| | - |
| 바닥판 하면 상태양호 | - |

【사진 7.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 구간에서 시공시 마감미흡에 의한 물끊기홈 미제거가 발생하였고. 손상부는 물끊기홈 제거 등의 정비가 요구된다.

## 나. BICON Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 BICON거더는 7열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차로 현장조사를 실시하였다

| | |
|---|---|
| | |
| 거더 전경 | 거더 전경 |

【사진 7.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 일부 구간에서 파손 및 재료분리가 조사되었다.

【표 7.3.2】 거더 현장조사 결과

| 구분 | | 재료분리 (㎡/개소) | | 파손 (㎡/개소) | |
|---|---|---|---|---|---|
| 거더 | S1 | 0.36 | 2 | - | - |
| | S2 | 0.26 | 2 | - | - |
| | S3 | - | - | 0.04 | 1 |
| 합계 | | 0.62 | 4 | 0.04 | 1 |

| | |
|---|---|
| | |
| S1-G3 재료분리(1.2m×0.2m) | S1-G6 재료분리(0.6m×0.2m) |
| | |
| S2-G4 재료분리(0.7m×0.2m) | S2-G6 재료분리(0.6m×0.2m) |
| | - |
| S3-G5 파손(0.2m×0.2m) | - |

【사진 7.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 거더에 발생한 재료분리의 경우, 시공시 다짐미흡에 의한 손상으로 추정되며, 손상부는 하자보수 만료전에 단면보수 등의 하자보수가 필요 할 것으로 판단되며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

## 다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

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

| | |
|---|---|
| 가로보 전경 | 세로보 전경 |

【사진 7.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 콘크리트 박리, 이물질 미제거 등의 손상이 확인되었다.

【표 7.3.3】 가로보 현장조사 결과

| 구분 | | 박리 (㎡/개소) | | 이물질 미제거 (㎡/개소) | |
|---|---|---|---|---|---|
| 가로보 | S1 | 0.16 | 1 | 0.04 | 1 |
| | S2 | – | – | – | – |
| | S3 | – | – | – | – |
| 합계 | | 0.16 | 1 | 0.04 | 1 |

| | |
|---|---|
| | |
| S1 G4~5 이물질 미제거(0.2m×0.2m) | S1 G6~7 박리(0.4m×0.4m) |

【사진 7.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 가로보는 현재 시공 미흡, 다짐미흡 등의 복합적인 원인에 의한 이물질 미제거, 콘크리트 박리가 조사되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

## 라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문5교(서울방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

| | |
|---|---|
| | |
| 교대 전경(A1) | 교대 전경(A2) |

【사진 7.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 7.3.4】 교대 현장조사 결과

| 구분 | 상태양호 | |
|---|---|---|
| A1 | - | - |
| A2 | - | - |
| 합계 | - | - |

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

【사진 7.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교대는 현재 안전에 저해 할만한 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

## 마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문5교(서울방향)의 교각은 $\pi$형으로 구성되어 있으며, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.

| | |
|---|---|
| | |
| 교각 전경 | 교각 전경 |

【사진 7.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 망상균열, 콘크리트 파손, 폐자재 적치가 조사되었다.

【표 7.3.5】 교각 현장조사 결과

| 구분 | 망상균열 (㎡/개소) | | 파손 (㎡/개소) | | 폐자재 적치 (개소/개소) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 16.00 | 2 | 0.20 | 1 | - | - |
| P2 | 14.00 | 2 | - | - | 1.00 | 1 |
| 합계 | 30.00 | 4 | 0.20 | 1 | 1.00 | 1 |

| | |
|---|---|
| | |
| P1 콘크리트 망상균열(10.0m×1.0m) | P1 콘크리트 망상균열(6.0m×1.0m) |
| | |
| P1 코핑부 상면 폐자재 적치 | P1 콘크리트 파손(0.4m×0.5m) |
| | |
| P2 콘크리트 망상균열(6.0m×1.0m) | P2 콘크리트 망상균열(8.0m×1.0m) |

【사진 7.3.11】 교각 손상현황

| | |
|---|---|
| | - |
| P2 코핑부 상면 폐자재 적치 | - |

【사진 7.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

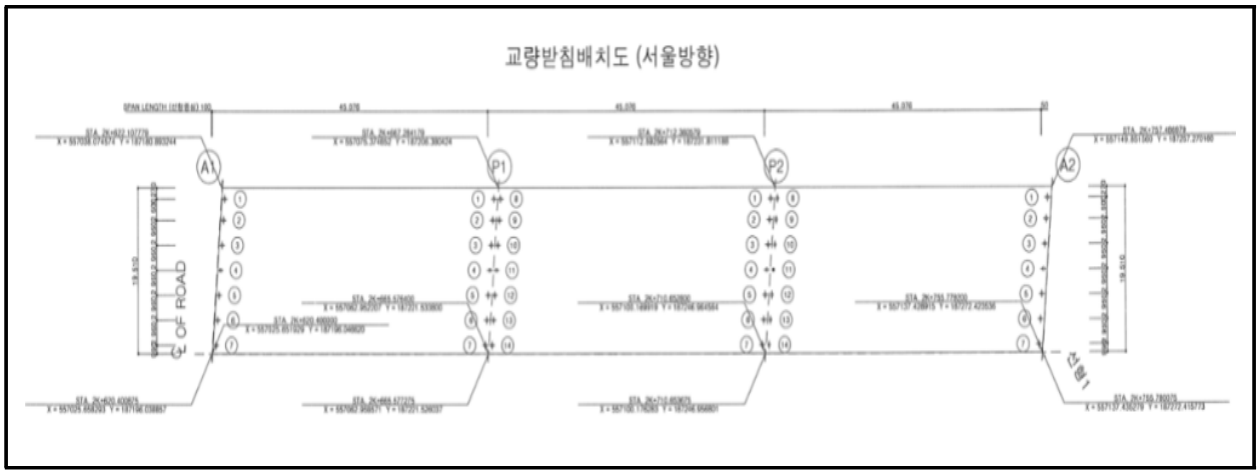
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각에 발생한 파손의 경우 시공시 외부 충격에 의한 손상이며, 폐자재 적치는 시공 후 마무리 미흡에 관한 손상으로 단면보수, 정비 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

## 바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문5교(서울방향)의 받침은 탄성받침으로 총 42기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.




【그림 7.3.1】 교량받침 배치도

탄성받침(일방향) 전경

탄성받침(양방향) 전경

탄성받침(고정) 전경

【사진 7.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 받침 몰탈균열이 확인되었다.

【표 7.3.6】 교량받침 현장조사 결과

| 구분 | 받침몰탈 균열 (m/개소) | |
|---|---|---|
| A1 | - | - |
| P1 | 3.00 | 10 |
| P2 | 0.20 | 1 |
| A2 | - | - |
| 합계 | 3.20 | 11 |

| | |
|---|---|
| | |
| P1-Sh8 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m) | P1-Sh9 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m) |
| | |
| P1-Sh11 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m) | P2-Sh10 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m) |

【사진 7.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

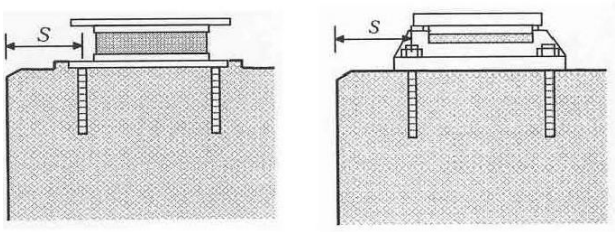
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 받침 몰탈에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 시급한 보수가 필요한 상태는 아니나, 하자담보 만료전 표면처리 등의 하자보수 실시 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 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 7.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 7.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)

【표 7.3.7】 연단거리 측정 결과

| 구 분 | | 설계 연단거리 (㎜) | 실측 연단거리(㎜) | | | | | | | 검토 결과 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sh1 | Sh2 | Sh3 | Sh4 | Sh5 | Sh6 | Sh7 | |
| A1 | | 425 | 515 | 515 | 515 | 515 | 515 | 515 | 515 | O.K |
| P1 | A1측 | 425 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | O.K |
| | A2측 | 425 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | 485 | O.K |
| P2 | A1측 | 425 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | O.K |
| | A2측 | 425 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 | O.K |
| A2 | | 425 | 435 | 435 | 435 | 435 | 435 | 435 | 435 | 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 7.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 7.3.8】 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 | 90.0 | 49.0 | 15.8 | |
| P1 | 45.4 | 14.6 | 0.000012 | 45.0 | 24.5 | 7.9 | |
| P2 | 고정단 | | | | | | |
| A2 | 45.4 | 14.6 | 0.000012 | 45.0 | 24.5 | 7.9 | |

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

【표 7.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

| 위치 | | 이동량 | 실측 반침 가동여유량 | | 최대 반침 이동량 | | 허용변위 (㎜) | 검토 결과 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 수축 | 신장 | 최대수축 | 최대신장 | | |
| A1 | SH1 | 35 | 102.2 | 32.2 | 49.0 | 15.8 | ±67.2 | O.K |
| | SH2 | 35 | 102.2 | 32.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH3 | 35 | 102.2 | 32.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH4 | 35 | 102.2 | 32.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH5 | 35 | 102.2 | 32.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH6 | 35 | 102.2 | 32.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH7 | 35 | 102.2 | 32.2 | | | ±67.2 | O.K |
| P1 (A1측) | SH1 | 0 | 33.6 | 33.6 | 24.5 | 7.9 | ±33.6 | O.K |
| | SH2 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH3 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH4 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH5 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH6 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH7 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| P1 (A2측) | SH8 | 0 | 33.6 | 33.6 | 24.5 | 7.9 | ±33.6 | O.K |
| | SH9 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH10 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH11 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH12 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH13 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| | SH14 | 0 | 33.6 | 33.6 | | | ±33.6 | O.K |
| P2 | 고정단 | | | | | | | |
| A2 | SH1 | 30 | 97.2 | 37.2 | 24.5 | 7.9 | ±67.2 | O.K |
| | SH2 | 30 | 97.2 | 37.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH3 | 30 | 97.2 | 37.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH4 | 30 | 97.2 | 37.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH5 | 30 | 97.2 | 37.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH6 | 30 | 97.2 | 37.2 | | | ±67.2 | O.K |
| | SH7 | 30 | 97.2 | 37.2 | | | ±67.2 | O.K |
| 주) 판정 : 최대 반침 이동량 ≤ 실측 반침 가동여유량 ⇒ O.K | | | | | | | | |

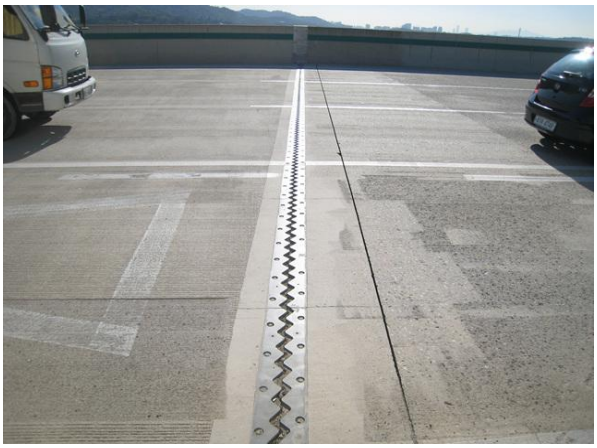
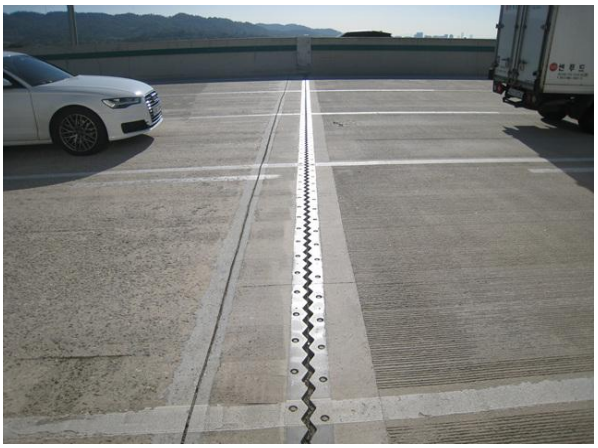
② 교량받침 이동량 검토의견

- 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 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

| | |
|---|---|
|  |  |
| EXP.J1(A1) 전경 | EXP.J2(A2) 전경 |

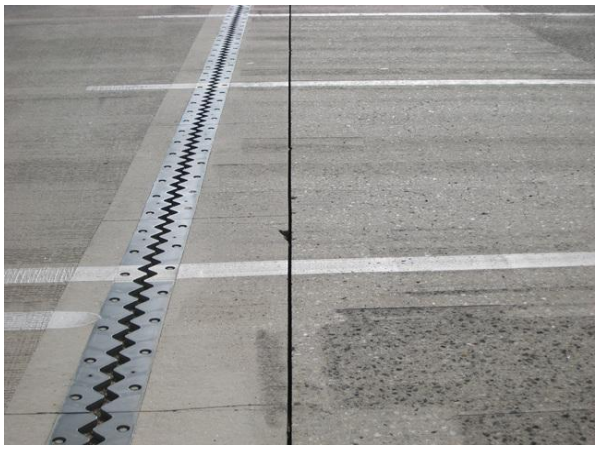
【사진 7.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 파손 및 하부 누수가 확인되었다.

【표 7.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

| 구분 | 후타재 파손 (㎡/개소) | | 하부 누수 (m/개소) | |
|---|---|---|---|---|
| A1 (EXP J1) | 0.08 | 2 | - | - |
| A2 (EXP J2) | - | - | 2.00 | 4 |
| 합계 | 0.08 | 2 | 2.00 | 4 |

| | |
|---|---|
|  | |
| A1 후타재 파손(0.2m×0.2m×2EA) – 금회 | A1 후타재 파손 – 22년 상반기 |
| | |
| A2 하부 누수(0.5m/4EA) | A2 하부 누수(0.5m/4EA) |

【사진 7.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 파손의 경우, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

| 구분 | 계산방법 | 비고 |
|---|---|---|
| 이론 신축량 | • 온도변화에 의한 이동량<br>▸ ⊿lt = ⊿T · α · L<br>여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량<br>⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)<br>α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5<br>L : 신축보의 길이(㎜) | |
| 소요 신축량 | •소요 가동량 산정<br>조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)<br>△T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃<br>△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃<br>△lt(최소필요유간) : △T×α×L<br>•형식별 온도변화범위(℃) | <br> |

| 교량형식 | | 보통지방 | 한랭지방 | 선팽창계수α(/℃) |
|---|---|---|---|---|
| 강교 | 상로교 | −10~+40 | −20~+40 | 1.2×10−5 |
| | 하로교, 강바닥판교 | −10~+50 | −20~+40 | 1.2×10−5 |
| RC, PSC교 | | −5~+35 | −15~+35 | 1.0×10−5 |

【사진 7.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 7.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

| 구 분 | 온도변화 (⊿T, ℃) | | 선팽창 계수 (α) | 신축거더 길이 (L, m) | 온도 변화에 의한 이동량(㎜) | | 신축이음 실측유간 (㎜) | 바닥판 실측유간 (㎜) | 거더 실측유간 (㎜) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 동절기 | 하절기 | | | 동절기 | 하절기 | | | | |
| A1 | 30.5 | 29.5 | 0.00001 | 90.0 | 27.5 | 26.6 | 40.0 | 115.0 | 70.0 | |
| A2 | 30.5 | 29.5 | 0.00001 | 45.0 | 13.7 | 13.3 | 35.0 | 45.0 | 220.0 | |

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

【표 7.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

| 구 분 | | 계산 이동량(㎜) | | 점검당시 실측유간(㎜) ③ | 허용량(㎜) ④ | 신축 여유량(㎜) | | 검토 결과 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 최대 수축시 ① | 최대 신장시 ② | | | 최대 수축시 ④-(①+③) | 최대 신장시 (③-②) | |
| A1 | 신축이음 | 27.5 | 26.6 | 40.0 | 150 | 82.6 | 13.5 | O.K |
| | 바닥판 | | | 115.0 | - | - | 88.5 | O.K |
| | 거더 | | | 70.0 | - | - | 43.5 | O.K |
| A2 | 신축이음 | 13.7 | 13.3 | 35.0 | 150 | 101.3 | 21.7 | O.K |
| | 바닥판 | | | 45.0 | - | - | 31.7 | O.K |
| | 거더 | | | 220.0 | - | - | 206.7 | 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 평가 되었다.

## 아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문5교(서울방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

교면포장 전경

교면판 전경

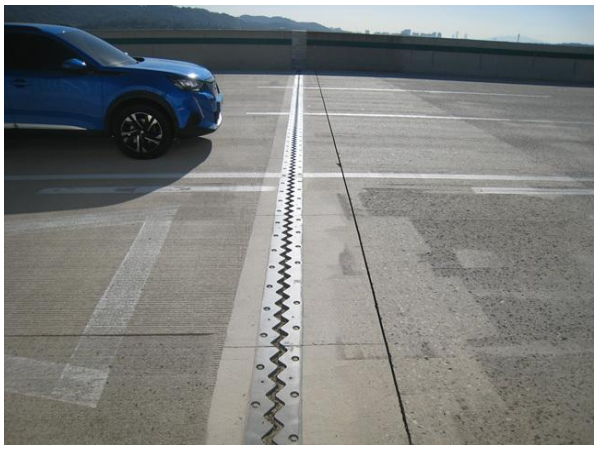
【사진 7.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장부 파손 및 접속부 이격이 확인되었다.

【표 7.3.13】 교면포장 현장조사 결과

| 구분 | 접속부 이격 (m/개소) | | 포장 파손 (㎡/개소) | |
|---|---|---|---|---|
| S1 | 14.00 | 1 | - | - |
| S2 | - | - | - | - |
| S3 | 14.00 | 1 | 1.00 | 1 |
| 합계 | 28.00 | 2 | 1.00 | 1 |

| | |
|---|---|
| |  |
| S1 포장 파손(1.0m×1.0m) | A1 접속부 이격 (14.0m) |
| | |
| A2 접속부 이격 (14.0m) | A2 접속부 이격 (14.0m) |

【사진 7.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교면포장은 A1, A2측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 포장부 파손은 다짐미흡 및 중차량 통행, 공용중 열화에 의한 파손이 발생하였으며 단면보수 등의 조치가 요구된다, 교면포장은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

## 자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문5교(서울방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.

| | |
|---|---|
| | |
| 배수구 전경 | 배수관 전경 |

【사진 7.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 일부 구간에서 배수관 탈락이 확인되었다.

【표 7.3.14】 배수시설 현장조사 결과

| 구분 | 배수관 탈락<br>(개소/개소) | |
|---|---|---|
| S1 | 1.00 | 1 |
| S2 | - | - |
| S3 | - | - |
| 합계 | 1.00 | 1 |

| | |
|---|---|
| | |
| 배수구 상태 양호 | S1 A1측 배수관 탈락 |
| | |
| S1 A1측 배수관 탈락 | S1 A1측 배수관 탈락 |

【사진 7.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. 금회 발생된 배수관 탈락의 경우, 시공 미흡에 의한 손상으로 배수관 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

## 차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

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

| | |
|---|---|
| | |
| 방호벽 전경 | 중분대 전경 |

【사진 7.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜ 내, 외 균열이 조사되었다.

【표 7.3.15】 난간 및 연석 현장조사 결과

| 구분 | 균열(0.3㎜미만) (m/개소) | | 균열(0.3㎜이상) (m/개소) | |
|---|---|---|---|---|
| S1 | - | - | - | - |
| S2 | 4.50 | 3 | 1.50 | 1 |
| S3 | - | - | 1.00 | 1 |
| 합계 | 4.50 | 3 | 2.50 | 2 |

| | |
|---|---|
| | |
| S2 방호벽 균열(0.3㎜/1.5m) | S2 방호벽 균열(0.3㎜/1.5m×3EA) |
| | |
| S2 방호벽 균열(0.3㎜/1.5m×3EA) | S3 방호벽 균열(0.3㎜/1.0m) |

【사진 7.3.24】 난간 및 연석 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 난간 및 연석에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

## 카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문5교(서울방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1, P2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

점검통로 전경

【사진 7.3.25】 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 7.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

| 구분 | 상태양호 | |
|---|---|---|
| P1 | - | - |
| P2 | - | - |
| 합계 | - | - |

| | |
|---|---|
| | |
| 점검로 상태양호 | 점검로 상태양호 |

【사진 7.3.26】 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.

### 7.3.3 현장조사 총괄표

【표 7.3.17】 손상내용 총괄표

| 구분 | 손상 내용 | 단위 | 물량 | 개소 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 하면 | 물끊기홈 시공불량 | EA | 1.00 | 1 | |
| 거더 | 재료분리 | ㎡ | 0.62 | 4 | |
| | 파손 | ㎡ | 0.04 | 1 | |
| 가로보 | 박리 | ㎡ | 0.16 | 1 | |
| | 이물질 미제거 | ㎡ | 0.04 | 1 | |
| 교대 | 상태양호 | - | - | - | |
| 교각 | 망상균열 | m | 30.00 | 4 | |
| | 파손 | ㎡ | 0.20 | 1 | |
| | 폐자재 적치 | ㎡ | 1.00 | 1 | |
| 교량받침 | 받침몰탈 균열 | m | 3.20 | 11 | |
| 신축이음 | 후타재 파손 | ㎡ | 0.08 | 2 | |
| | 하부 누수 | m | 2.00 | 4 | |
| 교면포장 | 접속부 이격 | m | 28.00 | 2 | |
| | 포장파손 | ㎡ | 1.00 | 1 | |
| 배수시설 | 배수관 탈락 | EA | 1.00 | 1 | |
| 방호벽 | 균열(0.3㎜미만) | m | 4.50 | 3 | |
| | 균열(0.3㎜이상) | m | 2.50 | 2 | |
| 점검시설 | 상태양호 | - | - | - | |

### 7.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

# 7.4 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.

## 7.4.1 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 7.4.1】 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)]<br>• 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

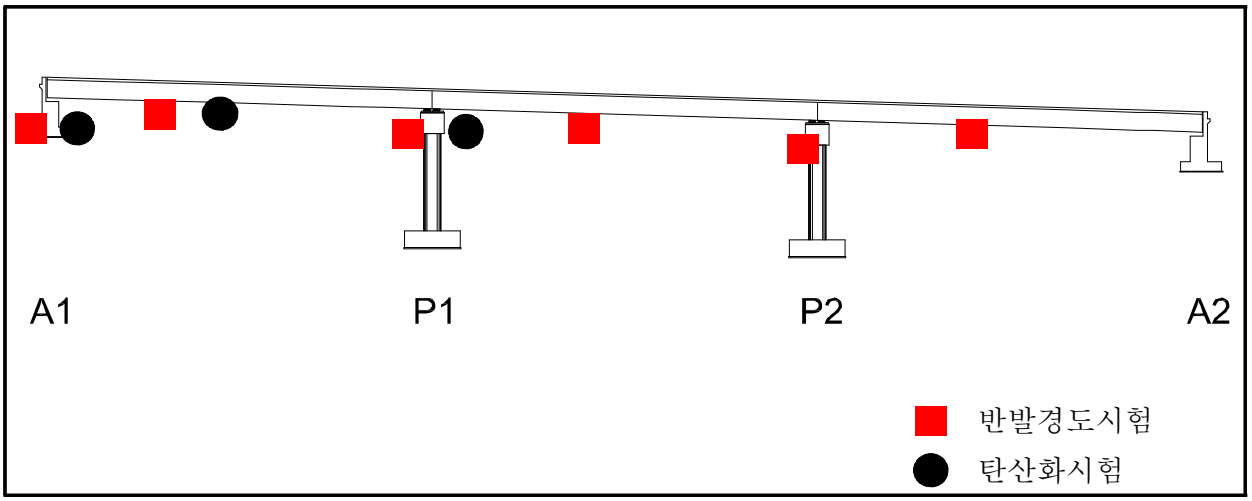
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

## 다. 조사 사진

| | |
|---|---|
| | |
| 반발경도 시험 현황 | 탄산화깊이 측정 현황 |

【사진 7.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

## 라. 콘크리트 내구성조사 위치도




【그림 7.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

## 7.4.2 시험결과 및 분석

### 가. 콘크리트 강도시험

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

① 비파괴강도 시험결과

【표 7.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

| 시험위치 | | | 반발경도법(MPa) | | | | 설계기준 강도 (MPa) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 반발경도 ($R_o$) | 일본재료 학회 | 일본건축 학회 | 재령보정 계수 | | |
| 상부 구조 | S1 | 바닥판 | 46.1 | 27.2 | 28.7 | 0.67 | 27.0 | |
| | S2 | 바닥판 | 46.3 | 27.3 | 28.8 | | | |
| | S3 | 바닥판 | 46.3 | 27.3 | 28.7 | | | |

【표 7.4.3】 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 | 43.7 | 25.1 | 27.5 | 0.67 | 24.0 | |

【표 7.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

| 시험위치 | | | 반발경도법(MPa) | | | | 설계기준 강도 (MPa) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 반발경도 ($R_o$) | 과학기술부 | 권영웅 외 | 재령보정 계수 | | |
| 하부 구조 | P1 | 교각 | 48.1 | 40.6 | 48.3 | 0.67 | 40.0 | |
| | P2 | 교각 | 50.1 | 42.6 | 51.3 | | | |

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.8MPa, 하부구조(교대) 25.1~27.5MPa, 하부구조(교각) 40.6~51.3MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 7.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

| 구 분 | 시험방법 | 측정강도(A) | 설계기준강도(B) | A/B×100(%) |
|---|---|---|---|---|
| 상부구조 | 바닥판 하면 | 27.2~28.8 | 27.0 | 100.7～106.7 |
| 하부구조 | 교대 | 25.1~27.5 | 24.0 | 104.6～114.6 |
| | 교각 | 40.6~51.3 | 40.0 | 101.5～128.3 |

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

## 나. 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 7.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

| 시험위치 | | 탄산화 깊이 (㎜) | 피복두께 (㎜) | 탄산화 잔여깊이 (㎜) | 탄산화 속도계수 (A) | 잔존 수명 (년) | 평가 결과 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 상부구조 | S1 바닥판 | 3.0 | 40.0 | 37.0 | 2.12 | 100년이상 | a |
| 하부구조 | A1 흉벽 | 2.0 | 100.0 | 98.0 | 1.41 | 100년이상 | a |
| | P1 코핑부 | 3.0 | 100.0 | 97.0 | 2.12 | 100년이상 | a |

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

【표 7.4.7】 탄산화 시험결과 분석

| 구 분 | 탄산화 깊이(㎜) | 잔여깊이(㎜) | 비고 |
|---|---|---|---|
| 상부구조 | 3.0 | 37.0 | |
| 하부구조 | 2.0~3.0 | 97.0~98.0 | |

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

## 다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 7.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

| 시 험 명 | 시험부위 | | 시험 결과 | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 측정결과 | 설계기준 | |
| 비파괴 강도 (㎫) | 상부구조 | 바닥판 하면 | 27.2~28.8 | 27.0 | ■설계강도 이상(양호) |
| | 하부구조 | 교대 | 25.1~27.5 | 24.0 | |
| | | 교각 | 40.6~51.3 | 40.0 | |
| 탄산화 잔여깊이 (㎜) | 상부구조 | | 37.0 | a등급 | ■탄산화 잔여깊이 30㎜이상<br>■탄산화에 의한 내구성저하 없음 |
| | 하부구조 | | 97.0~98.0 | a등급 | |
| 종합 평가 | • 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨<br>• 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임 | | | | |

## 라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

## 7.5 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.

### 7.5.1 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 7.5.1】 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 | BICON | a | b | b | a | b | a | b | a | a | q | a | a |
| S2 | P1 | BICON | a | b | a | a | a | b | – | b | b | q | – | a |
| S3 | P2 | BICON | b | b | a | b | a | b | – | b | b | | – | – |
| | A2 | | | | | | | | c | a | a | q | – | – |
| 평균 | | | 0.133 | 0.200 | 0.133 | 0.133 | 0.133 | 0.167 | 0.300 | 0.150 | 0.150 | – | 0.100 | 0.100 |
| 가중치 | | | 18 | 20 | 5 | 7 | 3 | 2 | 9 | 9 | 20 | – | 4 | 3 |
| (평균×가중치) /가중치합 | | | 0.024 | 0.040 | 0.007 | 0.009 | 0.004 | 0.003 | 0.027 | 0.014 | 0.030 | – | 0.004 | 0.003 |
| | | | | | | | | | | | | | 0.165 | |
| | | | | | | | | | | | | | B | |

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

## 나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 7.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

| 구 분 | 환산 결함도점수 | 상태평가 등급 | 연장 (m) | 차선 | 길이 X 차선 | 연장비 | 환산결함도점수 X 연장비 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 서문5교(서울방향) | 0.165 | B | 135 | 4 | 540 | 1.000 | 0.165 |
| 합계(∑) | | | 135 | 4 | 540 | 1 | 0.165 |
| 1. 평가지수 = | | | | | | | 0.165 |
| 2. 상태평가결과 = | | | | | | | B |

## 7.5.2 기 점검 결과와의 비교

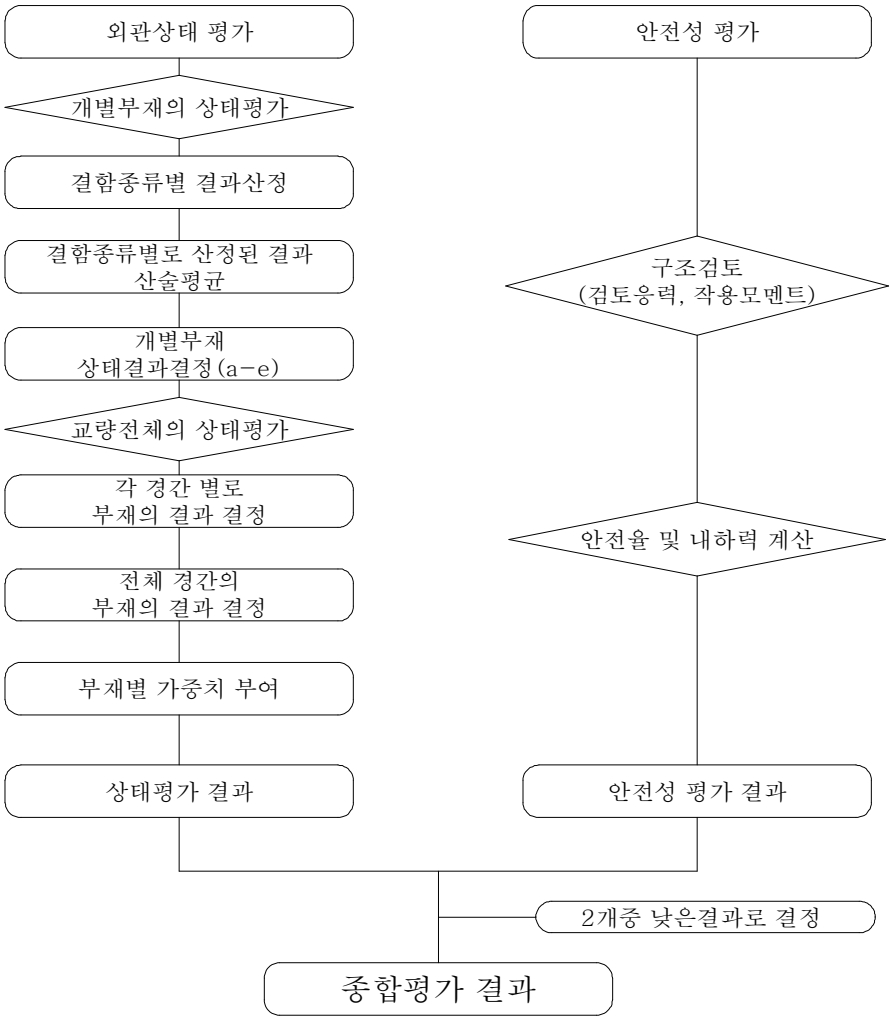
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

# 7.6 종합평가 및 안전등급 지정

## 7.6.1 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 7.6.1】 종합평가 결과 산정절차

### 7.6.2 종합평가 결과

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

【표 7.6.1】 종합평가 결과

| 구조물명 | 상태평가 결과 | | 안전성평가 결과 | | 종합평가 결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 환산결함도점수 | 기준 | S·F | 기준 | |
| 서문5교(서울방향) | 0.165 | B | - | - | B |
| 종합평가 | •현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨<br>•종합평가 결과, “B” 로 평가됨 | | | | |

### 7.6.3 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 7.6.2】 안전등급 지정

| 안전등급 | 시설물의 상태 |
|---|---|
| A<br>(우수) | 문제점이 없는 최상의 상태 |
| B<br>(양호) | 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태 |
| C<br>(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<br>(미흡) | 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태 |
| E<br>(불량) | 주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태 |

# 7.7 보수·보강 및 유지관리방안

## 7.7.1 보수·보강 방안

【표 7.7.1】 손상별 보수·보강 방안

| 구분 | 손상 내용 | 단위 | 물량 | 개소 | 보수방안 | 우선순위 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판 하면 | 물끊기홈 시공불량 | EA | 1.00 | 1 | 정비 | 하자 |
| 거더 | 재료분리 | ㎡ | 0.62 | 4 | 단면보수 | 하자 |
| | 파손 | ㎡ | 0.04 | 1 | 단면보수 | 하자 |
| 가로보 | 박리 | ㎡ | 0.16 | 1 | 단면보수 | 하자 |
| | 이물질 미제거 | ㎡ | 0.04 | 1 | 단면보수 | 하자 |
| 교대 | 상태양호 | - | - | - | - | - |
| 교각 | 망상균열 | ㎡ | 30.00 | 4 | 표면처리 | 하자 |
| | 파손 | ㎡ | 0.20 | 1 | 단면보수 | 하자 |
| | 폐자재 적치 | ㎡ | 1.00 | 1 | 정비 | 하자 |
| 교량받침 | 받침몰탈 균열 | m | 3.20 | 11 | 표면처리 | 하자 |
| 신축이음 | 후타재 파손 | ㎡ | 0.08 | 2 | 단면보수 | 하자 |
| | 하부 누수 | m | 2.00 | 4 | 교체 | 하자 |
| 교면포장 | 접속부 이격 | m | 28.00 | 2 | 실란트충전 | 하자 |
| | 포장파손 | ㎡ | 1.00 | 1 | 아스콘팻칭 | 하자 |
| 배수시설 | 배수관 탈락 | EA | 1.00 | 1 | 정비 | 하자 |
| 방호벽 | 균열(0.3㎜미만) | m | 4.50 | 3 | 표면처리 | 하자 |
| | 균열(0.3㎜이상) | m | 2.50 | 2 | 주입보수 | 하자 |
| 점검시설 | 상태양호 | - | - | - | - | - |

## 7.7.2 개략공사비

【표 7.7.2】 개략공사비

| 구 분 | 손상내용 | 보수방안 | 손상물량 | 보수물량 | 단위 | 단가 (천원) | 개략공사비 (천원) | 우선 순위 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 바닥판하면 | 물끊기홈 시공불량 | 정비 | 1.00 | 1.00 | EA | - | - | 하자 |
| 거더 | 재료분리 | 단면보수 | 0.62 | 0.93 | ㎡ | - | - | 하자 |
| | 파손 | 단면보수 | 0.04 | 0.06 | ㎡ | - | - | 하자 |
| 가로보 | 박리 | 단면보수 | 0.16 | 0.24 | ㎡ | - | - | 하자 |
| | 이물질 미제거 | 단면보수 | 0.04 | 0.06 | ㎡ | - | - | 하자 |
| 교각 | 망상균열 | 표면처리 | 30.00 | 45.00 | ㎡ | - | - | 하자 |
| | 파손 | 단면보수 | 0.20 | 0.30 | ㎡ | - | - | 하자 |
| | 폐자재 적치 | 정비 | 1.00 | 1.50 | ㎡ | - | - | 하자 |
| 교량받침 | 받침몰탈 균열 | 표면처리 | 3.20 | 1.20 | m | - | - | 하자 |
| 신축이음 | 후타재 파손 | 단면보수 | 0.08 | 0.12 | ㎡ | - | - | 하자 |
| | 하부 누수 | 교체 | 2.00 | 3.00 | m | - | - | 하자 |
| 교면포장 | 접속부 이격 | 실란트충전 | 28.00 | 42.00 | m | - | - | 하자 |
| | 포장파손 | 아스콘팻칭 | 1.00 | 1.50 | ㎡ | - | - | 하자 |
| 배수시설 | 배수관 탈락 | 정비 | 1.00 | 1.00 | EA | - | - | 하자 |
| 방호벽 | 균열(0.3㎜미만) | 표면처리 | 4.50 | 1.69 | m | - | - | 하자 |
| | 균열(0.3㎜이상) | 주입보수 | 2.50 | 3.75 | m | - | - | 하자 |
| 개략 공사비 (천원) | 구 분 | 1순위 | | 2순위 | | | 3순위 | |
| | 순공사비 | - | | - | | | - | |
| | 재경비 (순공사비의 50%) | - | | - | | | - | |
| | 합계 | - | | - | | | - | |
| 개략공사비 총계(천원) | | - | | | | | | |

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

### 7.7.3 유지관리방안

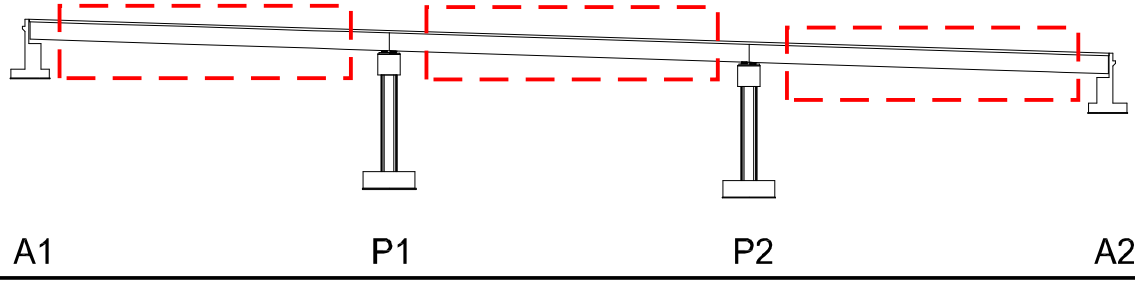
본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 7.7.3】 중점유지관리 항목

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

◎ 부재별 중점점검 손상

① 거더 재료분리 및 파손 – 진전 여부확인



## 7.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25(도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 135.0m, 폭 19.5m의 BICON Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

### 7.8.1 종합결론

#### 가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 현재 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 구간에서 시공시 마감미흡에 의한 물끊기홈 미제거가 발생하였고. 손상부는 물끊기홈 제거 등의 정비가 요구된다.

2) BICON Girder

- 거더에 발생한 재료분리의 경우, 시공시 다짐미흡에 의한 손상으로 추정되며, 손상부는 하자보수 만료전에 단면보수 등의 하자보수가 필요 할 것으로 판단되며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 시공 미흡, 다짐미흡 등의 복합적인 원인에 의한 이물질 미제거, 콘크리트 박리가 조사되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

4) 교대

- 교대는 현재 안전에 저해 할만한 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각에 발생한 파손의 경우 시공시 외부 충격에 의한 손상이며, 폐자재 적치는 시공 후 마무리 미흡에 관한 손상으로 단면보수, 정비 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

6) 교량받침

- 받침 몰탈에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 시급한 보수가 필요한 상태는 아니나, 하자담보 만료전 표면처리 등의 하자보수 실시 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 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 파손의 경우, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 A1, A2측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 포장부 파손은 다짐미흡 및 중차량 통행, 공용중 열화에 의한 파손이 발생하였으며 단면보수 등의 조치가 요구된다, 교면포장은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. 금회 발생된 배수관 탈락의 경우, 시공 미흡에 의한 손상으로 배수관 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

10) 방호벽

- 난간 및 연석에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 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 27.2~28.8㎫, 하부구조(교대) 25.1~27.5㎫, 하부구조(교각) 40.6~51.3㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜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, 서문5교(서울방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

## 다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문5교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

### 7.8.2 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.

### 7.8.3 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.