천안논산고속도로
Cheonan Nonsan
Expressway

# 논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 보고서

## - 차령터널(천안방향) -

2018. 06

Cheonan Nonsan Expressway
Corporate Identity Standard
BASIC SYSTEM | APPLICATION SYSTEM

# 논산천안고속도로 1종시설물

# 정밀안전진단 보고서

## 차령터널

2018. 6

천안논산고속도로(주)

# 제 출 문

천안논산고속도로 주식회사 귀중

귀 사와 2017년 10월 16일자로 계약을 체결한 “논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 용역(2구역)” 을 성실히 수행하고 차령터널(천안방향)의 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2018년 06월

(주)한국구조물안전연구원

이 채 규 (인)

(주) 한 맥 기 술

이 기 상 (인)

# 차령터널(천안방향) 정밀안전진단 결과표

## 가. 일반현황

| 용 역 명 | 2018년 논산천안고속도로 1종시설물 정밀안전진단 용역 | 진단기간 | 2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30(255일) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 관리주체명 | 천안논산고속도로(주) | 대 표 자 | 이 선 관 | | |
| 공동수급 | ㈜구조물안전연구원<br>㈜한맥기술 | 계약방법 | 일반경쟁 | | |
| 시설물 구분 | 터널 | 종 류 | 도로터널 | 종 별 | 1종 |
| 준 공 일 | 2002년 12월 23일 | 진단금액 (천원) | 67,753 | 안전등급 | B |
| 시설물 위치 | 충남 천안시 광덕면 원덕리<br>(고속국도25호선) | 시설물 규모 | L=2,420.0m,<br>B=10.3m, H=7.332m | | |

## 나. 진단 실시결과 현황

| 중대결함 | ■ 없음 |
|---|---|
| 진 단<br>주요결과 | ■ 라이닝 천장부 및 어깨부 0.1~0.3㎜ 균열, 신축이음부 박락<br>■ 측벽부 0.1~0.3㎜ 균열, 타일 균열, 파손, 박락, 긁힘<br>■ 갱문 도장박리<br>■ 배수구 상면 균열 및 파손<br>■ 공동구 0.1~0.3㎜ 균열, 파손<br>■ 포장 균열, 긁힘, 박리, 파손 |
| 주 요<br>보수·보강 | ■ 폭 0.1~0.2㎜ 균열 표면보수<br>■ 폭 0.3㎜균열 주입보수<br>■ 박리, 박락, 파손, 철근노출 단면보수 |

## 다. 책임(참여)기술자 현황

| 구 분 | 성 명 | 과업 참여기간 | 기술등급 |
|---|---|---|---|
| 사업책임 | 서 종 태 | 2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30 | 특급기술자 |
| 분야별책임 | 오 판 수 | 2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30 | 특급기술자 |
| | 최 진 선 | 2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30 | 특급기술자 |
| 분야별참여 | 전 국 현 | 2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30 | 특급기술자 |
| | 유 창 수 | 2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30 | 특급기술자 |
| 참여기술자 | 이 상 훈 외 23인 | 2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30 | 고급기술자 등 |

## 라. 참고사항

# 차령터널(천안방향) 정밀안전진단 실시결과 요약표

| 책임기술자 종합의견 |
|---|
| ○ 차령터널(천안방향)은 16년의 공용기간이 경과한 터널시설물로서, 주부재인 라이닝에 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 일부 발생한 손상들은 터널의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.<br>○ 따라서, 본 터널의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 현재의 상태를 유지하는 데에는 문제가 없을 것으로 판단된다.<br>책임기술자 : 서 종 태 (서명) |

## 가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

| 상태평가 결과 및 보수·보강 | | | | 상태평가 결과 : B |
|---|---|---|---|---|
| 결함발생 부재 | | 상태평가 결과 | 결함종류 | 보수·보강(안) |
| 상부구조 | 무근구간 | b~c | - 균열(0.2㎜이하)<br>- 균열(0.3㎜)<br>- 박락 | - 표면보수<br>- 주입보수<br>- 단면보수 |
| | 철근구간 | b~c | - 균열(0.2㎜이하)<br>- 균열(0.3㎜) | - 표면보수<br>- 주입보수 |
| 측벽부 | | b~c | - 균열(0.2㎜이하)<br>- 균열(0.3㎜)<br>- 파손, 긁힘<br>- 타일 손상 | - 표면보수<br>- 단면보수<br>- 단면보수<br>- 타일재시공 |
| 갱문 | | b | - 도장박리 | - 재도장 |
| 입·출구부 사면 | | a | - 전반적으로 양호 | - 주의관찰 |
| 배수시설 | | b | - 균열<br>- 파손 | - 표면보수<br>- 단면보수 |
| 공동구 | | b | - 균열(0.2㎜이하)<br>- 균열(0.3㎜)<br>- 박리, 박락, 철근노출<br>- 타일 손상<br>- 덮개 손상 | - 표면보수<br>- 주입보수<br>- 단면보수(철근방청)<br>- 타일재시공<br>- 단면보수 |

| 상태평가 결과 및 보수·보강 | | | 상태평가 결과 : B |
|---|---|---|---|
| 결함발생 부재 | 상태평가 결과 | 결함종류 | 보수·보강(안) |
| 포장 | b | - 균열<br>- 긁힘, 박리, 파손 | - 표면보수<br>- 단면보수 |
| 피난연락갱 | b | - 박락 | - 주의관찰 |
| 부속시설 | a | - 전반적으로 양호 | - 주의관찰 |

## 나. 안전성평가 결과

### 1) 무근 콘크리트 라이닝 검토결과

| 구 분 | | 계수(Mu) | 설계(ϕMn) | 안전율(ϕMn/Mu) | 검토결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| 천 장 부 | 모멘트 | 33.20 | 168.30 | 5.07 | O.K |
| | 축 력 | 378.70 | 2359.50 | 6.23 | O.K |
| | 전단력 | 45.60 | 88.90 | 1.95 | O.K |
| 어 깨 부 | 모멘트 | 34.60 | 168.30 | 4.86 | O.K |
| | 축 력 | 420.20 | 2359.50 | 5.62 | O.K |
| | 전단력 | 33.20 | 88.90 | 2.68 | O.K |
| 측 벽 부 | 모멘트 | 5.10 | 168.30 | 33.00 | O.K |
| | 축 력 | 436.10 | 2359.50 | 5.41 | O.K |
| | 전단력 | 10.30 | 88.90 | 8.63 | O.K |

### 2) 철근 콘크리트 라이닝 검토결과

| 구 분 | | 계수(Mu) | 설계(ϕMn) | 안전율(ϕMn/Mu) | 검토결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| 천 장 부 | 모멘트 | 36.50 | 168.30 | 4.61 | O.K |
| | 축 력 | 417.00 | 2359.50 | 5.66 | O.K |
| | 전단력 | 50.10 | 88.90 | 1.77 | O.K |
| 어 깨 부 | 모멘트 | 38.00 | 168.30 | 4.43 | O.K |
| | 축 력 | 462.20 | 2359.50 | 5.10 | O.K |
| | 전단력 | 38.70 | 88.90 | 2.30 | O.K |
| 측 벽 부 | 모멘트 | 5.60 | 168.30 | 30.05 | O.K |
| | 축 력 | 479.30 | 2359.50 | 4.92 | O.K |
| | 전단력 | 11.40 | 88.90 | 7.80 | O.K |

## 다. 내진성능 검토 수행 여부

| 검토대상 부재 | 설계적용여부 | 결과 | 검토결과 요약 |
|---|---|---|---|
| 라이닝 | 미적용 | 수행 | 기존 철근보강으로 본 해석단면은 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단됨. |

## 라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

| 시 험 명 | 시험부위 | | 시험 결과 | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 비파괴 강도 (㎫) | 라이닝 | | 반발경도 | 26.3~31.2 | ■ 설계기준강도 대비 100% 이상으로 측정되어 강도상의 문제는 없는 것으로 판단됨 |
| | | | 초음파 | 26.2~37.0 | |
| 철근탐사 (㎜) | 라이닝 | 주철근 | 배근간격 | 135.0~160.0 | ■ 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인됨 |
| | | | 피복두께 | 49.0~86.0 | |
| | | 배력 철근 | 배근간격 | 140.0~210.0 | |
| | | | 피복두께 | 65.0~119.0 | |
| 탄산화 잔여깊이 (㎜) | 라이닝 | | | 32.5~79.0 | ■ 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가됨 |
| 염화물 함유량시험 (kg/㎥) | 라이닝 | | | 0.270~0.405 | ■ 건전부 구간에서 b등급 이상으로 평가됨 |
| 균열깊이 | 라이닝 | | | 50.4~56.6 | ■ 폭 0.3㎜이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사됨 |

# 차령터널(천안) 현황표

작성일 : 2018년 02월 01일

| 터 널 명 | 차령터널(천안) | | |
|---|---|---|---|
| 노 선 명 | 고속국도 25호선 | 시 행 청 | 한국도로공사 |
| 시 점 | 충남 천안시 광덕면 원덕리 | 종 점 | 충남 공주시 정안면 인풍리 |
| 터널형식 | NATM | 관리주체 | 천안논산고속도로(주) |
| 차 선 수 | 2차선 | 환기방식 | 수직갱 및 제트팬 |
| 연 장 | 2,420.0m | 설 계 사 | 내경엔지니어링(주) |
| 내공단면 | B=10.3m, H=7.332m | 시 공 사 | 현대건설(주) |
| 배수형식 | 배수식 | 감 리 사 | 한국건설관리공사 |
| 종단 기울기 | 1.8496% | 착 공 | 1997년 12월 25일 |
| 평균선형 | 직선 | 준 공 | 2002년 12월 23일 |
| 연결통로 | 3개소<br>(비상주차대, 피난연결통로) | 갱문형식 | 벨마우스 |
| 주요공법 | NATM | 보조공법 | Forepoling, 프리그라우팅 |
| 기 타 | | | |

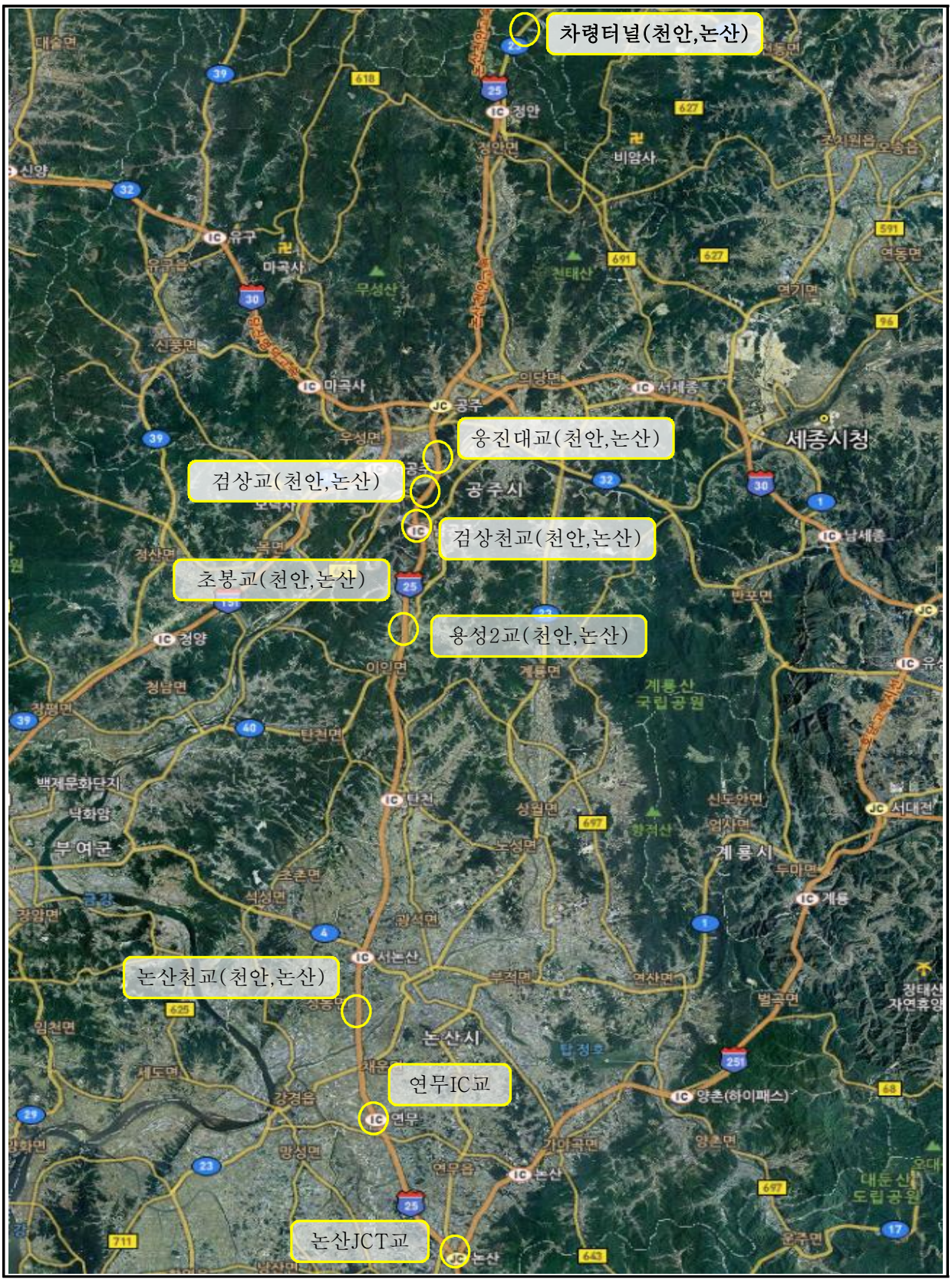
# 정밀안전진단 참여기술진(1)

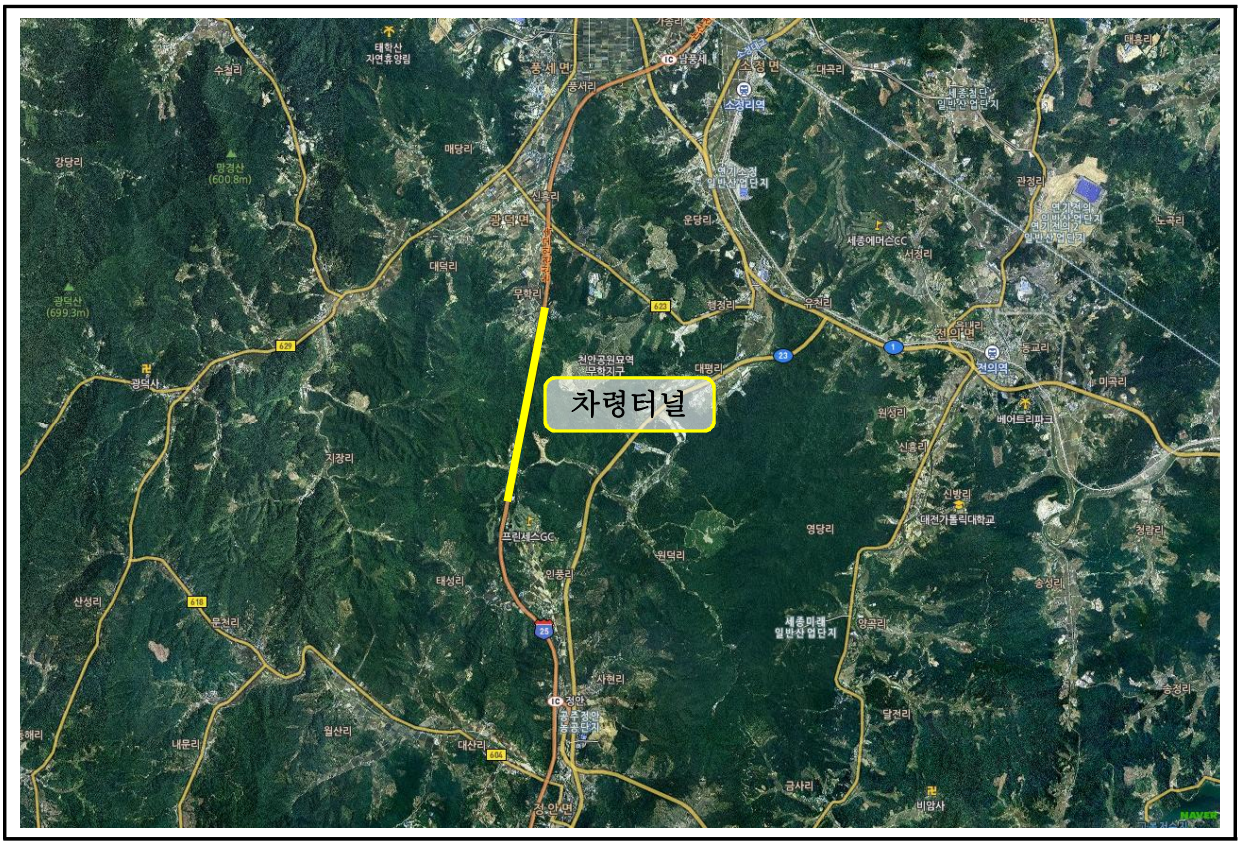
| 참여구분 | 참여분야 | 소 속 | 직 위 | 성 명 | 참여기간 | 서 명 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 책임기술자 | 사업책임 | (주)한국구조물안전연구원 | 부원장 | 서종태 | 10월19일~06월30일<br>(255일) | |
| 분야별<br>책임기술자 | 재료시험분야 | (주)한국구조물안전연구원 | 부원장 | 오판수 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | 자료분석분야 | ㈜한맥기술 | 사장 | 최진선 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| 분야별<br>참여기술자 | 재료시험분야 | (주)한국구조물안전연구원 | 부원장 | 전국현 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | 자료분석분야 | (주)한국구조물안전연구원 | 부원장 | 유창수 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| 참여기술자 | 재료시험분야 | 〃 | 부장 | 김정대 | 10월19일~06월30일<br>(255일) | |
| | | 〃 | 차장 | 곽호정 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 차장 | 박선영 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 차장 | 최희림 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 차장 | 김충희 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 과장 | 김세열 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 차장 | 이덕주 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 과장 | 김정훈 | 10월19일~06월30일<br>(255일) | |
| | | 〃 | 과장 | 마권동 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 과장 | 현지홍 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |

# 정밀안전진단 참여기술진(2)

| 참여구분 | 참여분야 | 소 속 | 직 위 | 성 명 | 참여기간 | 서 명 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 참여기술자 | 재료시험분야 | (주)한국구조물안전연구원 | 부장 | 이상훈 | 10월19일~06월30일<br>(255일) | |
| | | 〃 | 대리 | 이주형 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 대리 | 차광희 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 대리 | 김영학 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 사원 | 김재홍 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 사원 | 김호섭 | 10월19일~06월30일<br>(255일) | |
| | | 〃 | 사원 | 김인하 | 10월19일~06월30일<br>(127일) | |
| | | 〃 | 부장 | 양승필 | 05월01일~06월30일<br>(61일) | |
| | | 〃 | 이사 | 이택수 | 06월01일~06월30일<br>(30일) | |
| | | ㈜한맥기술 | 부장 | 김승제 | 10월19일~06월30일<br>(255일) | |
| | | 〃 | 부장 | 김건훈 | 10월19일~03월22일<br>(155일) | |
| | | 〃 | 과장 | 박지훈 | 10월19일~06월08일<br>(233일) | |
| | | 〃 | 사원 | 김치엽 | 10월19일~06월30일<br>(255일) | |
| | | 〃 | 부사장 | 고삼암 | 03월23일~06월30일<br>(100일) | |

# 시설물의 위치도


차령터널(천안,논산)
웅진대교(천안,논산)
검상교(천안,논산)
검상천교(천안,논산)
초봉교(천안,논산)
용성2교(천안,논산)
논산천교(천안,논산)
연무IC교
논산JCT교
세종시청
공주시
계룡시
논산시
부여군




○ 시설물 위치 : 충청남도 천안시 광덕면 원덕리 (고속국도25호선)

# 시설물의 전경사진(1)

시점 전경

종점 전경

# 시설물의 전경사진(2)

터널 내부 전경

터널 천단부 전경

# 시설물의 전경사진(3)

측벽부 전경

공동구 전경

# 시설물의 전경사진(4)

포장 전경

환기시설 전경

# 시설물의 전경사진(5)

피난 연락갱 전경

터널 설명판 전경

# 정밀안전진단 결과 요약문

## 1. 과업의 개요

### 1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

### 1.2 과업의 범위

#### 가. 정밀안전진단

1) 자료수집 및 분석

2) 현장조사 및 시험

3) 상태평가

4) 안전성평가

5) 종합평가 및 안전등급 지정

6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고석 작성

#### 나. 과업기간

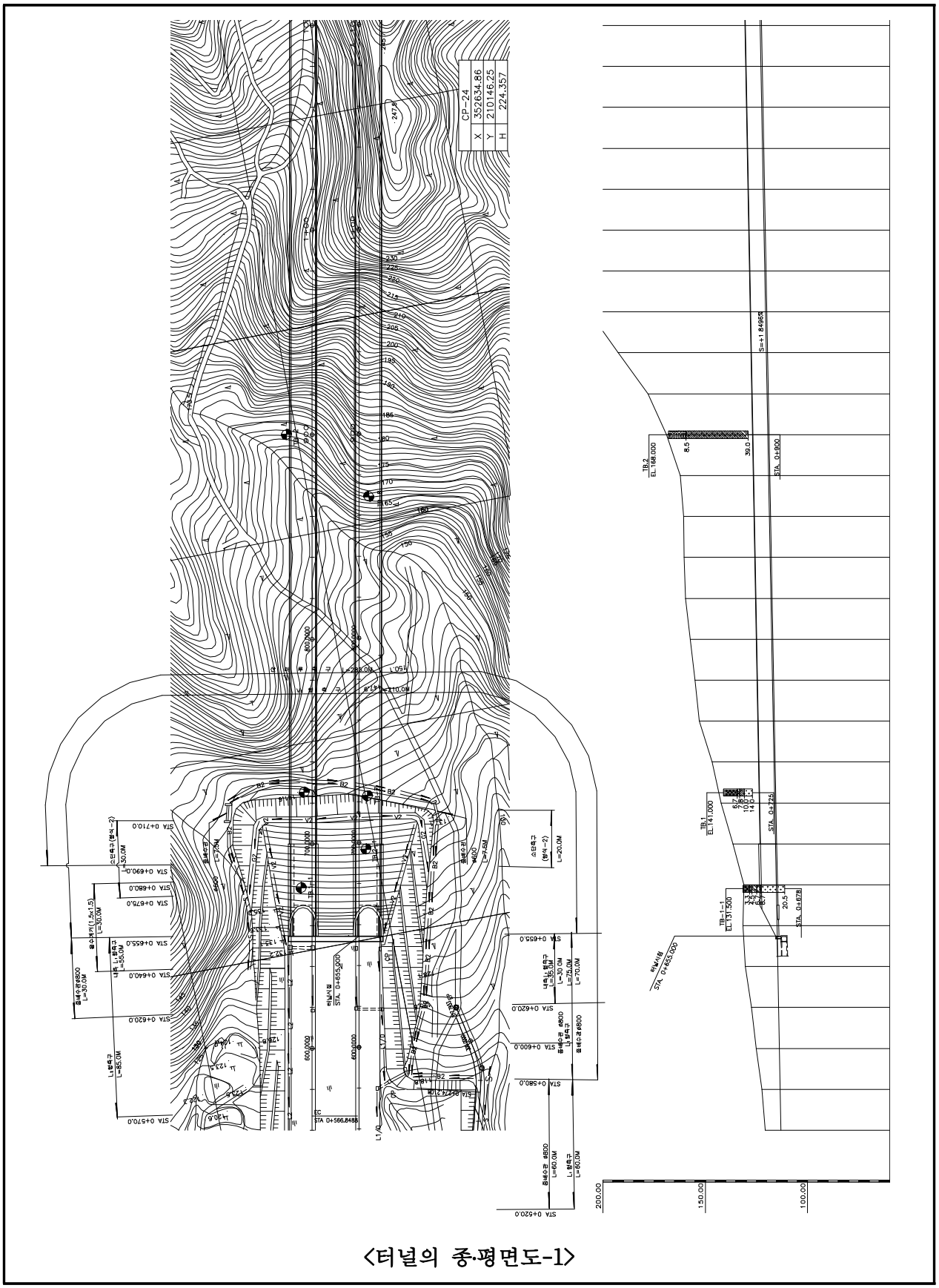
2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 255일간)

## 1.3 시설물의 개요

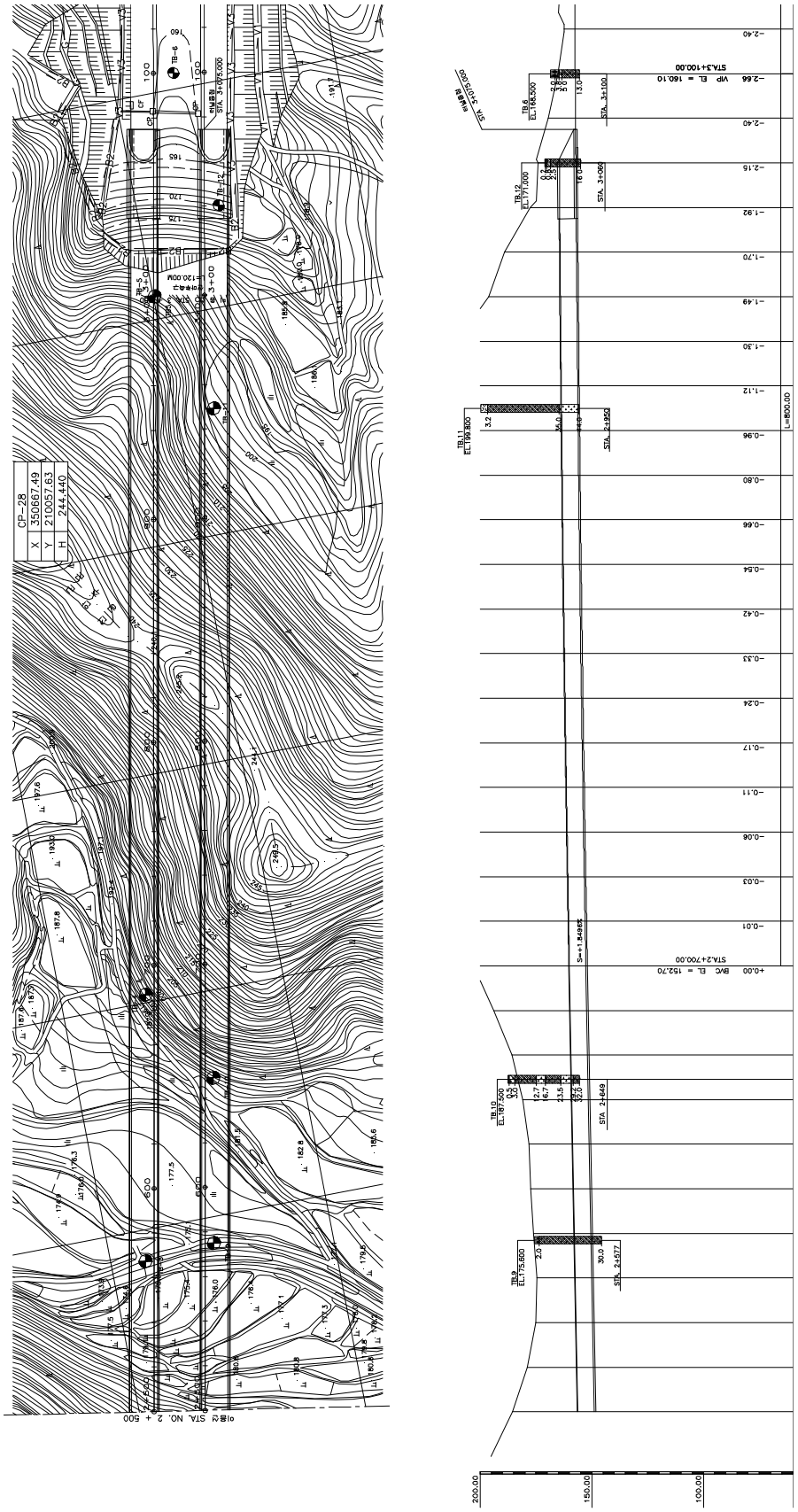
### 가. 시설물의 현황

| 터 널 명 | 차령터널(천안) | | |
|---|---|---|---|
| 노 선 명 | 고속국도 25호선 | 시 행 청 | 한국도로공사 |
| 시 점 | 충남 천안시 광덕면 원덕리 | 종 점 | 충남 공주시 정안면 인풍리 |
| 터널형식 | NATM | 관리주체 | 천안논산고속도로(주) |
| 차 선 수 | 2차선 | 환기방식 | 수직갱 및 제트팬 |
| 연 장 | 2,420.0m | 설 계 사 | 내경엔지니어링(주) |
| 내공단면 | B=10.3m, H=7.332m | 시 공 사 | 현대건설(주) |
| 배수형식 | 배수식 | 감 리 사 | 한국건설관리공사 |
| 종단 기울기 | 1.8496% | 착 공 | 1997년 12월 25일 |
| 평균선형 | 직선 | 준 공 | 2002년 12월 23일 |
| 연결통로 | 3개소<br>(비상주차대, 피난연결통로) | 갱문형식 | 벨마우스 |
| 주요공법 | NATM | 보조공법 | Forepoling, 프리그라우팅 |
| 기 타 | | | |

## 2) 시설물의 주요도면




<터널의 종·평면도-1>



<터널의 종·평면도-2>

상행선 지보형식 집계표

| 지보형식 | 연 장 | 비 고 |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | 366.400 | |
| 3 | 640.367 | |
| 4 | 1096.733 | |
| 5 | 122.900 | |
| 6 | 12.000 | |
| 5-1 | – | 진입갱구부 |
| S1 | 96.600 | 비상주차대 |
| S2 | – | 비상주차대 |
| 계 착 | 85.000 | |
| 계 | 2420.000 | |

범 례

(P1) – (P6) 비상주차대

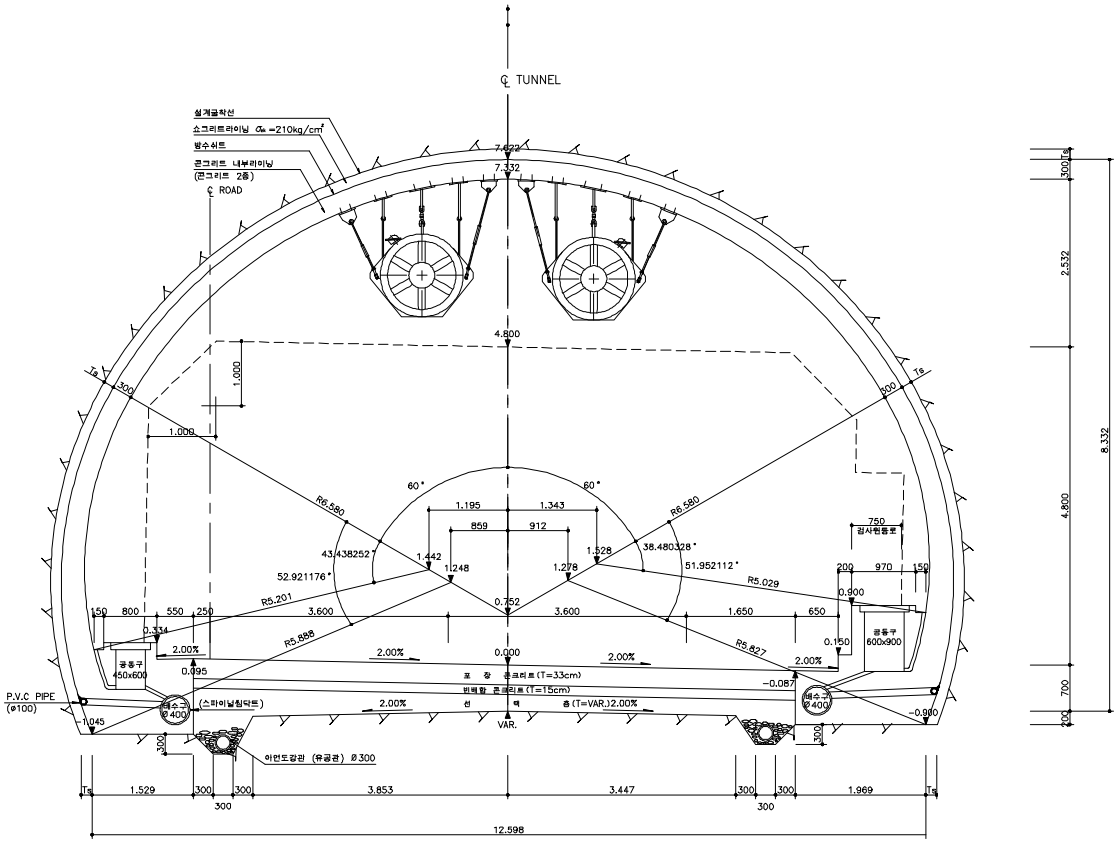
(E1) – (E3) 피난 연결통로

하행선 지보형식 집계표

| 지보형식 | 연 장 | 비 고 |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | 530.300 | |
| 3 | 610.300 | |
| 4 | 871.360 | |
| 5 | 91.000 | |
| 6 | 77.000 | |
| 5-1 | 58.440 | 진입갱구부 |
| S1 | 64.400 | 비상주차대 |
| S2 | 32.200 | 비상주차대 |
| 계 착 | 85.000 | |
| 계 | 2420.000 | |

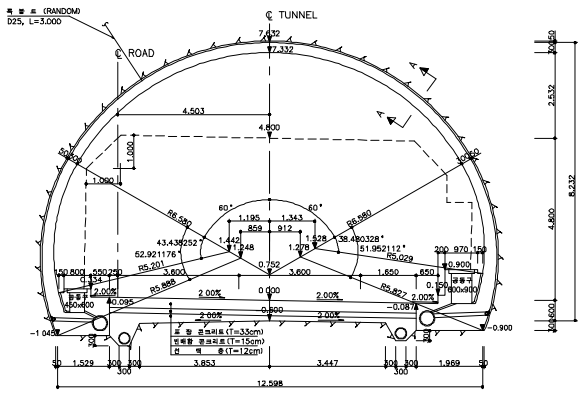



| 구분 | 연장 | 길이 | 지보형식 | 시점 | 종점 |
|---|---|---|---|---|---|
| 하행 | 2420.000 | 2420.000 | 계 | 0+700.000 | 3+035.000 |
| | 85.000 | 85.000 | 계 착 | 0+700.000 | 0+785.000 |
| | 58.440 | 58.440 | 5-1 | 0+746.000 | 0+804.440 |
| | 77.000 | 77.000 | 6 | 0+785.000 | 0+862.000 |
| | 91.000 | 91.000 | 5 | 0+862.000 | 0+953.000 |
| | 871.360 | 871.360 | 4 | 0+953.000 | 1+824.360 |
| | 610.300 | 610.300 | 3 | 1+824.360 | 2+434.660 |
| | 530.300 | 530.300 | 2 | 2+434.660 | 2+964.960 |
| | | | 1 | 2+964.960 | 3+035.000 |
| 상행 | 2420.000 | 2420.000 | 계 | 0+700.000 | 3+035.000 |
| | 85.000 | 85.000 | 계 착 | 0+700.000 | 0+785.000 |
| | 64.400 | 64.400 | S1 | 0+746.000 | 0+810.400 |
| | 77.000 | 77.000 | 6 | 0+785.000 | 0+862.000 |
| | 91.000 | 91.000 | 5 | 0+862.000 | 0+953.000 |
| | 871.360 | 871.360 | 4 | 0+953.000 | 1+824.360 |
| | 610.300 | 610.300 | 3 | 1+824.360 | 2+434.660 |
| | 530.300 | 530.300 | 2 | 2+434.660 | 2+964.960 |
| | | | 1 | 2+964.960 | 3+035.000 |

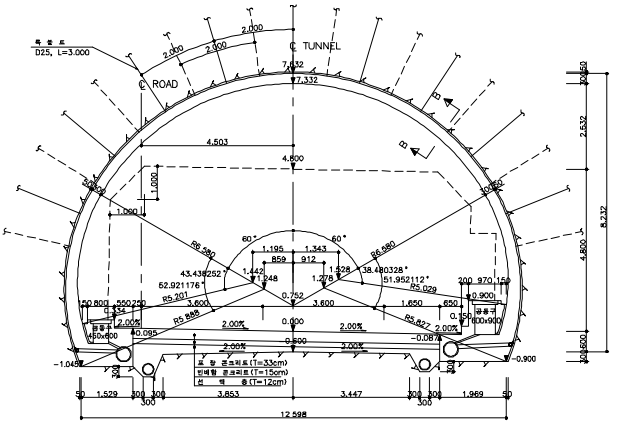



표준단면 – 1

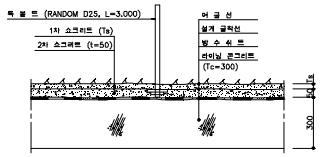
표준단면 – 2

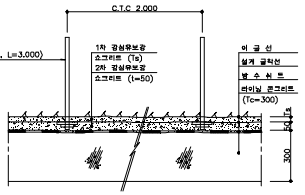



단 면 A–A SCALE = B




단 면 B–B SCALE = B




재 료 표

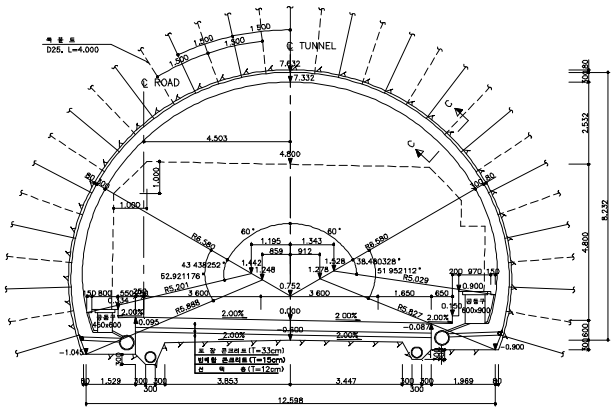
(1M 당)

| 표준단면 | 굴착 ($M^3$) | | | 강섬유보강 숏크리트 ($\sigma_{ck}$=210kg/$cm^2$) | | 록 볼 트 (EA) | | 강지보공 (TON) (SS400) | 방수쉬트 ($M^2$) | 라이닝 콘크리트 (2종) 32-240-15 | 포 장(M) | | | 배 수 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 설계굴착 | 여 굴 | 계 | 숏크리트($M^3$) | 강섬유(KG) | L=3.000 상 부 | L=3.000 측 벽 | | | | 포장콘크리트 (T=33CM) | 빈배합콘크리트 (T=15CM) | 선 택 층 (T=12CM) | 유 공 관 (M) | 암 석 체 적 ($M^3$) |
| 1 | 95.628 | 2.543 | 98.171 | 2.956 | – | 0.571 | 0.571 | – | 26.286 | 7.740 | 3.003 | 1.365 | 1.544 | 2.000 | 0.719 |
| 2 | 95.628 | 2.543 | 98.171 | 2.956 | 118.240 | 3.750 | 1.000 | – | 26.286 | 7.740 | 3.003 | 1.365 | 1.544 | 2.000 | 0.719 |

**〈표준단면도-1〉**

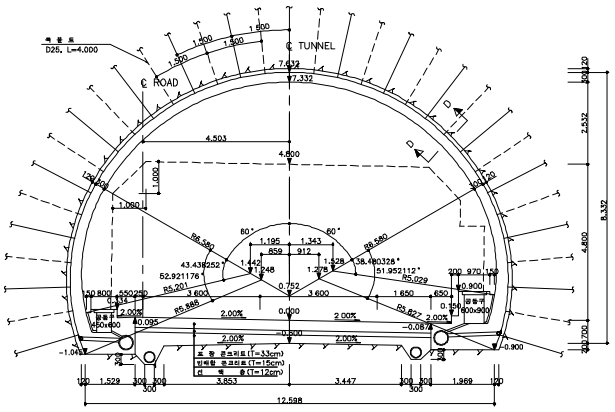
## 표 준 단 면 도 – 3

SCALE = A



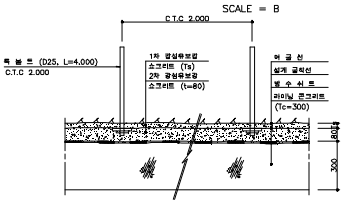

## 표 준 단 면 도 – 4

SCALE = A



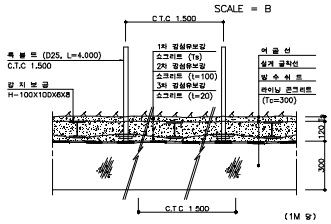

## 단 면 C–C

SCALE = B




## 단 면 D–D

SCALE = B



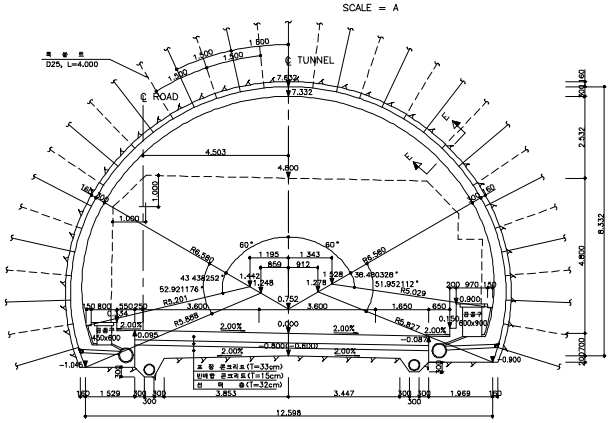

### 재 료 표

(1M 당)

| 표준단면 | 굴 착 (M³) | | | 강섬유보강 숏크리트 (σ' ck=210kg/cm²) | | 록 볼 트 (EA) L=4.000 | | 강 지 보 공 (TON) (SS400) | 방 수 시 트 (M²) | 라이닝 콘크리트 (2 종) 32-240-15 | 포 장 (M²) | | | 배 수 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 설계굴착 | 여 굴 | 계 | 숏크리트(M³) | 강섬유(KG) | 상 부 | 측 벽 | | | | 포장콘크리트 (T=33CM) | 빈배합콘크리트 (T=15CM) | 선 택 층 (T=12CM) | 유 공 관 (M) | 집 석 체 움 (M³) |
| 3 | 96.387 | 3.842 | 100.299 | 4.611 | 184.440 | 4.750 | 3.500 | – | 26.364 | 8.296 | 3.003 | 1.365 | 1.544 | 2.000 | 0.719 |
| 4 | 97.404 | 5.162 | 102.566 | 6.592 | 263.680 | 6.333 | 4.667 | 0.344 | 26.440 | 8.854 | 3.003 | 1.365 | 1.544(3.364) | 2.000 | 0.719 |

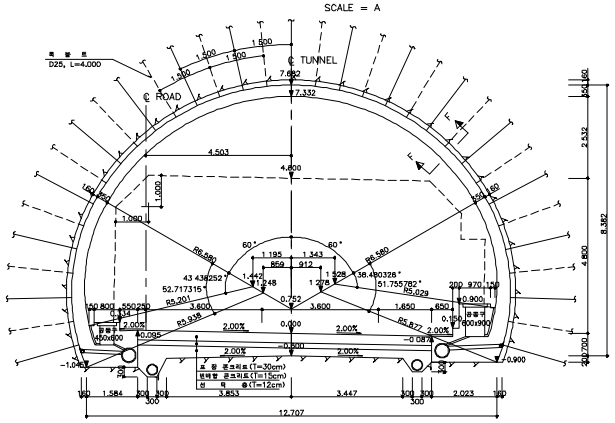
## 표 준 단 면 – 5

SCALE = A



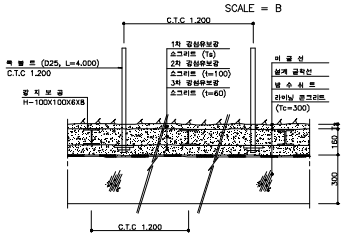

## 표 준 단 면 – 5–1

SCALE = A



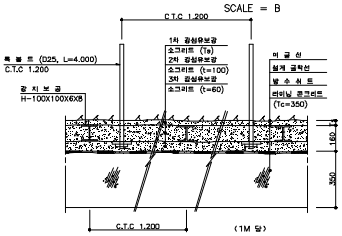

## 단 면 E–E

SCALE = B




## 단 면 F–F

SCALE = B




### 재 료 표

(1M 당)

| 표준단면 | 굴 착(M³) | | | 강섬유보강 숏크리트 (σ' ck=210kg/cm²) | | 록 볼 트 (EA) L=4.000 | | 강 지 보 공 (TON) (SS400) | 방 수 시 트 (M²) | 라이닝 콘크리트 (2 종) 32-240-15 | 포 장 (M²) | | | 배 수 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 설계굴착 | 여 굴 | 계 | 숏크리트(M³) | 강섬유(KG) | 상 부 | 측 벽 | | | | 포장콘크리트 (T=33CM) | 빈배합콘크리트 (T=15CM) | 선 택 층 (T=12CM) | 유 공 관 (M) | 집 석 체 움 (M³) |
| 3 | 98.426 (99.927) | 5.188 | 103.614 (105.115) | 7.811 | 312.440 | 7.917 | 5.833 | 0.428 | 26.439 | 8.854 | 3.003 | (3.364) | 1.544 | 2.000 | 0.719 (0.569) |
| 4 | 99.711 | 2.597 | 102.308 | 6.292 | 251.680 | 7.917 | 5.833 | 0.430 | 26.442 | 8.854 | 1.365 | 1.544 | | 2.000 | 0.719 |

주) ( ) 는 포장두께 800mm 구간임.

**<표준단면도-2>**

# 2. 자료수집 및 분석

## 2.1 보수·보강 이력

| 일 자 | 내 용 | 물 량 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 02년 12월 | 라이닝 균열보수 | - | 준공전 보수 |
| 07년 08월 | 라이닝 균열보수 및 손상부 하자 보수 | - | 하자보수 |
| 08년 10월 | 라이닝 균열보수 및 손상부 하자 보수 | - | 하자보수 |
| 16년 10월 | 천정부 균열보수 | - | 2016 시설물 연간 유지보수 공사 |

## 2.2 점검 및 진단이력

| 번호 | 구 분 | 점검/진단기간 | 점검/진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 초기점검 | 2003.04 | (주)아워브레인 | · 전반적으로 양호한 상태<br>· 부분적으로 단면보수 및 균열보수 필요 | A |
| 2 | 정기점검 | 2003.12 | (주)아워브레인 | · 측벽 타일부 수직균열 일부발생(주의관찰<br>· 천단부 종,횡방향 균열 다수발생, 보수필요 | - |
| 3 | 정기점검 | 2004.6 | (주)아워브레인 | · 측벽 타일 균열 및 백태 일부발생<br>· 천단부 종,횡방향 균열 다수발생, 보수필요 | - |
| 4 | 정기점검 | 2004.12 | (주)아워브레인 | · 측벽 타일 균열 및 백태 일부발생<br>· 천단부 종,횡방향 균열 다수발생, 보수필요 | - |
| 5 | 정밀점검 | 2005.6 | ㈜한길종합엔지니어링 | · 전구간에 걸쳐 천단부 라이닝에 0.3㎜내외의 종·횡방향 균열이 다수 발생<br>· 균열 보수를 통한 내구성 확보가 요구됨.<br>· 기타 측면 및 그레이팅 파손등의 경미한 손상은 손상의 진행 상태 관찰을 건의함. | B |
| 6 | 정기점검 | 2005.12 | ㈜한길종합엔지니어링 | · 천정부 및 좌·우측 벽체 하단부에 균열(폭:0.2㎜~0.5㎜) 전반적으로 발생됨 상태<br>· 입·출구부 상단 표면처리부에 콘크리트 모르터 균열 및 박락 등이 발생(보수 필요)<br>· 내구성 확보 등을 위하여 균열부에 대한 보수를 실시하며, 추후 보수부에 대하여 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요함. | - |
| 7 | 정기점검 | 2006.6 | ㈜한길종합엔지니어링 | · 천정부 및 좌·우측 벽체 하단부에 균열(균열폭:0.2~0.5㎜)이 전반적으로 발생.<br>· 바닥콘크리트 덮개부 및 연석부 등에 박락 및 파손이 관찰됨.<br>· 벽면 긁힘 및 연석 파손등이 조사됨.<br>· 갱문 상단 표면마감처리부에 콘크리트 박리 및 균열등이 발생된 상태.<br>· 내구성 및 사용성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수공사가 필요한 상태이며, 시설물 유지관리 계획에 의거 지속적인 관찰을 통한 시설물의 유지관리가 필요함. | - |

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 정기점검 | 2006.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 측벽 하부, 천정부에 균열 발생됨..<br>· 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨.<br>· 인버트 상부 콘크리트 덮개 박락 및 파손등이 관찰됨.<br>· 벽체 타일 긁힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태, 갱문부 망상균열, 콘크리트 박리 박락 심화등의 손상등이 진전되는 양상으로 관찰됨.<br>· 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후, 지속적인 관찰을 통한 시설물의 유지관리가 필요함. | - |
| 9 | 정밀점검 | 2007.6 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 천단부와 벽체에 0.3㎜이상 균열 다수 발생<br>· 인버터부 콘크리트 파손, 벽체 타일 파손, 긁힘 등이 조사됨.<br>· 일부 시공조인트에 누수, 백태와 교면포장 측면부에 균열등이 조사됨.<br>· 갱문 균열 및 박락이 일부 심화된 상태임.<br>· 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후, 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함. | B |
| 10 | 정기점검 | 2007.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 측벽 하부, 천정부에 균열이 조사됨.<br>· 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨.<br>· 인버트 상부 덮개 박락 및 파손 등이 관찰됨.<br>· 벽체부 타일 긁힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태 등의 손상이 발생됨.<br>· 갱문부에 보수부 재균열이 조사됨.<br>· 구조물의 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함. | - |
| 11 | 정기점검 | 2008.06 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 측벽 하부, 천정부에 균열이 발생됨.<br>· 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨.<br>· 콘크리트 덮개 박락, 파손 등이 관찰됨.<br>· 벽체부 타일 긁힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태 등의 손상이 발생됨.<br>· 갱문 재균열 및 박락이 조사됨.<br>· 미보수된 균열 및 손상에 대하여 내구성 확보 차원에서 추가적인 보수가 필요하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함. | - |

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 정기점검 | 2008.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 천정 및 벽체 균열, 배수시설 덮개 파손 등의 보수상태도 양호<br>· 천정 및 벽체부에 균열, 타일 긁힘 및 파손, 연석 파손, 배수시설 덮개 파손 및 박리, 누수 및 백태, 포장부 박락 등이 조사됨.<br>· 갱문 보수부 재균열, 박락, 들뜸 등이 관찰됨.<br>· 손상부에 대해서는 보수 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요하다. | - |
| 13 | 정밀점검 | 2009.06 | (주)아워브레인 | · 대체로 양호한 상태<br>· 수지주입공법, 단면보수, 정비 필요 | B |
| 14 | 정기점검 | 2009.12 | (주)아워브레인 | · 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸 등과 바닥부 콘크리트 포장의 국부적인 손상, 측벽부 및 공동구에 외부 충격에 의한 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출 등이 관찰됨.<br>· 갱문 균열 및 도장박리, 터널부사면의 경미한 손상 등이 일부 관찰됨<br>· 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태임. | - |
| 15 | 정기점검 | 2010.06 | (주)아워브레인 | · 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열, 바닥부 포장의 국부적인 손상, 측벽부 및 공동구 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갱문 균열 및 도장박리, 터널부사면의 경미한 손상 등이 일부 관찰됨.<br>· 내구성 증진을 위하여 일부의 추가 보수와 지속적인 주의관찰이 필요함. | - |
| 16 | 정기점검 | 2010.12 | (주)아워브레인 | · 라이닝 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열과 바닥부 포장 손상, 측벽부 및 공동구에 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갱문 균열 및 도장박리 등이 조사됨.<br>· 내구성 증진을 위하여 일부 보수와 지속적인 주의관찰이 필요한 상태임. | - |
| 17 | 정밀점검 | 2011.06 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태임. | B |
| 18 | 정기점검 | 2011.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 천장부 및 어깨부 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 망상균열, 타일마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸, 박락, 반달 균열 등과 바닥부 국부적 손상, 박락 및 파손, 측벽부 및 공동구에 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갱문 균열 및 도장박리 등이 조사됨.<br>· 내구성 증진을 위하여 일부 보수와 지속적인 주의관찰이 필요한 상태임. | - |

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 정기점검 | 2012.06 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 라이닝에 다수 콘크리트 균열, 망상균열, 타일 마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸, 박락, 누수흔적 및 백태 등의 손상이 있음.<br>· 포장 국부적 박락 및 파손, 측벽부 및 공동구 타일 파손 등이 조사됨.<br>· 갱문에는 균열 및 도장박리, 망상균열, 들뜸 등의 손상이 관찰됨.<br>· 지속적인 주의관찰 및 보수를 실시한다면 공용중 구조물의 사용성에 문제가 없을 것으로 판단됨. | - |
| 20 | 정밀안전<br>진단 | 2013.06 | 비엔티<br>엔지니어링(주) | 갱구부 균열, 박리, 파손 등, 라이닝 콘크리트 균열, 보수부 재균열, 박리, 박락, 파손, 라이닝 측벽 타일 균열, 파손, 탈락 등, 공동구, 균열, 보수부 재균열, 누수 및 백태, 철근 노출 등, 포장면 균열, 박리, 박락 등, 피난연결통로 타일 균열, 등 | B |
| 21 | 정기점검 | 2013.12 | (주)아워브레인 | 정기점검 결과, 대상시설물은 이전 정밀안전진단 이후 천안방향의 본선라이닝 등에서 다수의 보수가 시행되었으며 전반적인 상태는 양호한 것으로 판단된다. 기발생된 주요손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 다수 균열, 타일 탈락, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며 그 외 바닥부 콘크리트 포장 및 공동구의 국부 단면손상 등이 관찰되었다. 관찰된 손상중 신규발생 또는 진전이 뚜렷한 손상은 거의없는 것으로 판단되나 내구성 저하방지 및 손상확대 예방을 위한 일부 추가 보수가 필요한 상태이다. 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 대체로 양호한 상태로 조사되었다. 따라서, 상기 기술된 손상에 대한 일부 보수와 지속적인 점검을 통한 손상 진전여부의 관찰을 실시한다면 터널의 건전한 상태 유지에 문제가 없을것으로 판단된다. | - |

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 정기점검 | 2014.06 | (주)아워브레인 | 정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 '양호'인 것으로 판단되며, 이전 점검이후 논산방향 본선라이닝 균열, 조인트부 단면손상 등에서 다수의 보수가 시행된 것으로 확인되었으며 전회 실시한 천안방향의 보수상태도 대체로 양호한 것으로 판단된다. 기발생된 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 다수 균열, 백태, 타일 탈락, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며, 바닥부 콘크리트 포장 및 공동구의 국부 단면손상 등이 관찰되었다. 기 발생된 손상은 신규발생이 거의 없고 및 뚜렷한 진전을 보이는 것은 아닌 것으로 조사되었으며 주요손상에 대해서는 대체로 보수를 실시한 상태이다. 현시점에서는 기보수부위의 재손상 여부, 일부 미보수된 구간의 손상 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 바람직한 것으로 판단된다. 그 외 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 대체로 양호한 상태로 조사되었다. | - |
| 23 | 정기점검 | 2014.12 | (주)아워브레인 | 정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 '양호'인 것으로 판단되며, 이전점검 이후 논산방향 본선라이닝 균열, 조인트부 단면손상, 공동구 덮개 파손 등에서 보수가 시행된 것으로 확인되었다. 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 균열, 타일 탈락 및 균열, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며, 콘크리트 포장 및 공동구의 단면손상 등이 조사되었다. 기 발생된 손상은 신규발생은 거의 없고, 손상의 진전도 없는 것으로 조사되었으며, 일부 미보수된 구간의 손상 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 바람직한 것으로 판단된다. 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 양호한 상태로 조사되었다. | - |

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 정밀점검 | 2015.06 | (주)아워브레인 | 차령터널(천안)에 대한 정밀점검 결과, 본 시설물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없는 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 13년도에 실시한 정밀안전진단 이후 조사된 손상에 대한 하자보수가 실시된 것으로 관찰되었으며, 보수부의 상태도 양호한 것으로 조사되었다. 조사된 주요 손상으로는 라이닝 균열 및 재균열, 공동, 들뜸, 국부 탈락, 타일 파손, 철근 피복부족, 포장부 균열 및 파손, 공동구 긁힘 및 파손 등이 발생되었다. 기 발생된 손상현황은 이전 점검과 비교시 손상의 진전은 미미한 상태이로 진전시 보수를 고려하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직하며, 특히 조인트부에 발생한 들뜸 및 박락에 대해서는 포장부로 낙하시 주행차량에 영향을 미칠수 있으므로 세심한 관찰을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다. | B |
| 25 | 정기점검 | 2015.12 | (주)아워브레인 | 정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 터널의 안전성을 저해할 만한 주요 부재의 심각한 손상은 없는 ‘양호’한 상태로 판단되며, 다만 유지관리차원에서 일부 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 이전 점검이후 본선라이닝 조인트부 단면손상, 배수구 그레이팅 교체 등의 보수가 시행된 것으로 확인되었다. 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 균열, 타일 탈락 및 균열, 조인트부 국부적인 단면손상, 철근피복두께 부족 등이 있으며, 콘크리트 포장 및 공동구의 단면손상 등이 관찰되었다. 기 조사된 손상의 진전은 미미한 상태이며, 손상의 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다. 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 양호한 상태로 조사되었다. | - |

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 정기점검 | 2016.06 | (주)동우기술단 | 정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 일부 손상은 보수가 실시되었으며 기존 손상의 진전은 미미한 상태이다. 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. 이에 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리가 필요하다. 다만 라이닝 천단부에 발생된 손상은 향후 정밀점검 또는 정밀안전진단 시 근접조사를 통해 보수여부를 판단하는 것이 바람직하다. | - |
| 27 | 정기점검 | 2016.12 | (주)동우기술단 | 정기점검 결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 일부 손상은 보수가 실시되었으며 기존 손상의 진전은 미미한 상태이다. 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. 이에 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리가 필요하다. 다만 라이닝 천단부에 발생된 손상은 향후 정밀점검 또는 정밀안전진단 시 근접조사를 통해 보수여부를 판단하는 것이 바람직하다. | - |
| 28 | 정밀점검 | 2017.6 | (주)장민이엔씨 | · 갱구부 외관상태 양호<br>· 갱구부 사면 및 배수로 양호<br>· 라이닝 천단부 종방향 및 횡방향 균열, 망상균열, 들뜸, 박리, 박락, 파손, 백태, 철근피복두께, 철근노출<br>· 라이닝 측벽부 균열, 들뜸, 박락, 파손, 백태, 타일 균열, 탈락, 파손, 소화전 및 전선 덮개 탈락, 파손, 덮개 파손, 박리<br>· 공동구 균열, 망상균열, 균열백태, 긁힘, 들뜸, 박리, 박락, 백태, 파손, 철근노출, 타일 균열, 긁힘, 탈락<br>· 바닥부 포장 콘크리트 균열, 망상균열, 긁힘, 박리, 파손, 패임, 철근노출<br>· 피난연결통로 균열, 타일파손<br>· 배수시설 배수 상태양호, 배수로 측구 균열 | B |

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 29 | 정기점검 | 2017.12 | (주)장민이엔씨 | 정기점검 결과 일부 신규 손상을 제외한 대부분의 손상이 기존에 발생된 것으로 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았으며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 균열(cw=0.3㎜이상)의 경우 유지관리차원에서 보수가 필요할 것으로 판단되며, 정기적인 점검을 통해 손상의 진전 유무를 관찰하고 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다. | - |

## 2.3 자료수집 및 분석 결과요약

| 구 분 | 수집 자료 | 자료분석 결과 | 진단과업 진행방향 |
|---|---|---|---|
| 건 설 관 련 자 료 | ◇ 천안-논산간 고속도로 민간투자 시설사업 제2공구<br>- 공사시방서<br>- 구조계산서<br>- 일반보고서<br>- 토질조사보고서<br>- 초기점검보고서 | ◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계 당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨<br>◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일<br>◇ 점검시설의 경우 설치하는 것으로 제시되었으나 현재 미설치 된 것으로 검토됨 | ◇ 본 과업은 구조물 정밀안전진단이므로 외관조사망도의 정비 및 면밀한 외관조사 실시 |
| 유 지 관 리 자 료 | ◇ 정기점검 및 정밀점검 정밀안전진단 | ◇ 15년간 공용하면서 별다른 문제가 없는 양호한 상태<br>◇ 일부 발생한 손상에 대하여 보수 필요 | |
| | ◇ 보수·보강 이력 | ◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토됨 | |

# 3. 현장조사 및 시험

## 3.1 외관조사 결과요약

○ 라이닝 천장부 및 어깨부의 외관조사 결과 균열 및 망상균열이 조사되었으며 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 균열폭 0.3㎜이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다. 금회 조사된 균열폭 0.3㎜이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 라이닝 신축이음부에 박락이 발생하였으며 발생원인은 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다.

○ 측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스판구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생된 손상으로 판단된다. 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3㎜ 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2㎜ 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다. 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가 경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로서 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을 미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 긁힘, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.

○ 갱문에 발생된 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생된 손상으로 판단된다.

○ 갱구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.

○ 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생된 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.

○ 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2㎜이하의 횡방향 균열이 다수 발생된 상태이다. 균열 폭 0.2㎜이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.

○ 포장에 발생된 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 윤하중에 의한 반복하중에 의해 발생된 것으로 판단된다. 포장긁힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생된 것으로 조사되었다.

○ 피난연락갱은 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.

○ 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

## 3.2 내구성 결과요약

○ 비파괴강도 측정결과, 설계기준 대비 평균 109.6～130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었으며 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

○ 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

○ 탄산화깊이 측정치와 최소 피복두께를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가되었다.

○ 염화물함유량 시험은 건전부 구간에서 “b등급” 이상으로 평가되었다.

○ 균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다.

### 3.3 터널 측량 결과요약

○ 터널 단면측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.

○ 터널 종단측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.

### 3.4 GPR 탐사 결과요약

○ GPR탐사단면으로부터 공동의 정확한 두께를 측정할 수는 없지만 반사면의 강도, 반사형태등으로 추정하였다. 조사된 총 10개소의 배면공동은 연장 1.0~3.0m, 추정두께 0.2m 이내로서 그 규모가 크지 않아 즉각적인 보수보다는 주기적인 육안관찰 및 GPR탐사를 통해 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

## 4. 시설물의 상태평가

### 4.1 시설물 전체 상태평가 결과

| 구분 | 라이닝 | | | | | | | | | | 터널 주변 | 결함 점수 | 결함 지수 (A) | 연장비 (B) | 연장비 고려 결함지수 (A)*(B) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 균열 | 누수 | 파손 및 손상 | 재질열화 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 박리 | 층분리 및 박락 | 백태 | 재료분리 | 철근 노출 | 탄산화 | 염화물 | | | | | |
| 무근 | 3.34 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | 2.00 | 5.42 | 0.160 | 0.848 | 0.136 |
| 철근 | 3.97 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 2.00 | 6.37 | 0.148 | 0.152 | 0.023 |
| | | | | | | | | | | | 결함지수 | | | | 0.159 |
| | | | | | | | | | | | 기본시설 상태평가 결과 | | | | b |

# 5. 안전성평가

## 5.1 무근 콘크리트 라이닝 검토결과

| 구 분 | | 계수(Mu) | 설계(ϕMn) | 안전율(ϕMn/Mu) | 검토결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| 천 장 부 | 모멘트 | 33.20 | 168.30 | 5.07 | O.K |
| | 축 력 | 378.70 | 2359.50 | 6.23 | O.K |
| | 전단력 | 45.60 | 88.90 | 1.95 | O.K |
| 어 깨 부 | 모멘트 | 34.60 | 168.30 | 4.86 | O.K |
| | 축 력 | 420.20 | 2359.50 | 5.62 | O.K |
| | 전단력 | 33.20 | 88.90 | 2.68 | O.K |
| 측 벽 부 | 모멘트 | 5.10 | 168.30 | 33.00 | O.K |
| | 축 력 | 436.10 | 2359.50 | 5.41 | O.K |
| | 전단력 | 10.30 | 88.90 | 8.63 | O.K |

## 5.2 철근 콘크리트 라이닝 검토결과

| 구 분 | | 계수(Mu) | 설계(ϕMn) | 안전율(ϕMn/Mu) | 검토결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| 천 장 부 | 모멘트 | 36.50 | 168.30 | 4.61 | O.K |
| | 축 력 | 417.00 | 2359.50 | 5.66 | O.K |
| | 전단력 | 50.10 | 88.90 | 1.77 | O.K |
| 어 깨 부 | 모멘트 | 38.00 | 168.30 | 4.43 | O.K |
| | 축 력 | 462.20 | 2359.50 | 5.10 | O.K |
| | 전단력 | 38.70 | 88.90 | 2.30 | O.K |
| 측 벽 부 | 모멘트 | 5.60 | 168.30 | 30.05 | O.K |
| | 축 력 | 479.30 | 2359.50 | 4.92 | O.K |
| | 전단력 | 11.40 | 88.90 | 7.80 | O.K |

## 5.3 철근 콘크리트 라이닝 검토결과

### 가. 기능수행수준

| 위치 | 해석 단면력 | | | 공칭 단면력 | | | 철근량 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트 (kN·m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 모멘트 (kN·m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 주철근 | 전단철근 |
| 천단부 | 562.3 | 1004.20 | 236.10 | 1781.48 | 3181.51 | 745.53 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 어깨부 | 857.20 | 2140.60 | 377.00 | 2116.48 | 5285.28 | 790.82 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 측벽부 | 353.40 | 1617.10 | 372.00 | 1701.17 | 7784.25 | 871.63 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 바닥부 | 256.00 | 45.50 | 241.90 | 738.13 | 131.19 | 707.32 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |

### 나. 붕괴방지수준

| 위치 | 해석 단면력 | | | 공칭 단면력 | | | 철근량 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트 (kN·m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 모멘트 (kN·m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 주철근 | 전단철근 |
| 천단부 | 698.50 | 997.90 | 299.30 | 1409.04 | 2013.00 | 745.28 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 어깨부 | 1076.80 | 2196.60 | 384.70 | 2016.89 | 4114.33 | 793.05 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 측벽부 | 886.20 | 1361.40 | 471.20 | 1516.78 | 2330.10 | 861.44 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 바닥부 | 676.80 | 132.80 | 639.40 | 743.48 | 145.88 | 710.80 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |

### 다. 철근량 검토 내용

기존 철근보강으로 본 해석단면은 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단됨.

# 6. 종합평가 및 안전등급의 지정

## 6.1 종합평가 결과

| 구조물명 | 상태평가 결과 | | 안전성평가 결과 | | 종합평가 결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 환산결함도점수 | 기준 | S·F | 기준 | |
| 차령터널 (천안) | 0.159 | B | 1.5이상 무근 콘크리트 라이닝<br>1.5이상 철근 콘크리트 라이닝 | A | B |
| 종합평가 | • 차령터널(천안)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B”로 평가됨<br>• 안전성평가 결과 라이닝 구간 모두 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨<br>• 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 차령터널(천안)은 “B등급”로 평가됨 | | | | |

## 6.2 안전등급 지정

| 안전등급 | 구조물명 | 안전등급 |
|---|---|---|
| | 차령터널(천안) | B등급(양호) |

# 7. 보수·보강 및 유지관리방안

## 7.1 보수·보강 및 개략공사비

| 구분 | 손상내용 | 보수방안 | 손상 물량 | 보수 물량 | 단위 | 단가 (천원) | 개략 공사비 (천원) | 우선 순위 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 라이닝 | 균열(0.3㎜이상) | 주입보수 | 4.50 | 1.69 | ㎡ | 75 | 127 | 2 |
| | 박락 | 단면보수 | 4.35 | 6.53 | ㎡ | 230 | 1,502 | 2 |
| 측벽부 | 균열(0.3㎜이상) | 주입보수 | 25.50 | 9.56 | ㎡ | 50 | 478 | 2 |
| | 백태 | 표면보수 | 0.06 | 0.09 | ㎡ | 75 | 7 | 2 |
| | 파손 | 단면보수 | 4.40 | 6.60 | ㎡ | 230 | 1,518 | 2 |
| 배수시설 | 파손 | 단면보수 | 1.26 | 1.89 | ㎡ | 230 | 435 | 2 |
| 공동구 | 균열(0.3㎜이상) | 주입보수 | 20.00 | 7.50 | ㎡ | 75 | 563 | 2 |
| | 박리 | 단면보수 | 0.64 | 0.96 | ㎡ | 230 | 221 | 2 |
| | 박락 | 단면보수 | 17.29 | 25.94 | ㎡ | 230 | 5,966 | 2 |
| | 철근노출 | 단면보수(방청) | 0.07 | 0.11 | ㎡ | 250 | 28 | 2 |
| | 철근부식 | 단면보수(방청) | 0.50 | 0.75 | ㎡ | 250 | 188 | 2 |
| | 덮개박리 | 단면보수 | 25.41 | 38.12 | ㎡ | 230 | 8,768 | 3 |
| | 덮개파손 | 단면보수 | 12.32 | 18.48 | ㎡ | 230 | 4,250 | 2 |
| 포장 | 포장박리 | 단면보수 | 8.33 | 12.50 | ㎡ | 230 | 2,875 | 2 |
| | 포장파손 | 단면보수 | 1.64 | 2.46 | ㎡ | 230 | 566 | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| 순공사비 합계(천원) | | 27,492 |
| 제경비(순공사비×50%, 천원) | | 13,746 |
| 순위별 공사비 (제경비 포함) | 1순위 | - |
| | 2순위 | 28,086 |
| | 3순위 | 13,152 |
| 유지보수 개략공사비 총계 | | 41,238 |

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.
※ 면적환산 = 균열보수(0.3㎜미만) : L(길이) × 0.25m(폭)
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

## 7.2 유지관리방안

| 부재구분 | 중 점 점 검 내 용 |
|---|---|
| 라이닝<br>천단부 | • 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열<br>• 신축이음부 박락 진전 여부 |
| 라이닝<br>측벽부 | • 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열<br>• 타일균열, 타일긁힘, 타일파손, 타일박락, 타일탈락 등 진전 여부 |
| 갱문 | • 도장박리 진전 여부 |
| 배수시설 | • 종방향 균열<br>• 파손 진전여부 |
| 공동구 | • 폭 0.1~0.3㎜ 균열<br>• 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출, 철근부식<br>• 덮개 박리, 덮개 재료분리, 덮개 파손<br>• 타일균열, 타일탈락, 타일파손 |
| 교면포장 | • 포장부 균열 진전 여부<br>• 이음부 파손 진전 여부 |
| 피난연락갱 | • 천단부 박락 진전 여부 |
| 부속시설 | • 설치상태 및 관리상태, 작동상태 지속관리 |

# 8. 종합결론

본 과업 대상 터널인 차령터널(천안방향)은 천안논산선(이정 : 263.18km)상의 터널로 2002년 4차선(천안 : 2차선, 논산 : 2차선)으로 준공하였다.

본 과업은 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사, 각종시험 및 구조안전성평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

## 가. 현장조사 결과

○ 라이닝 천장부 및 어깨부의 외관조사 결과 균열 및 망상균열이 조사되었으며 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 균열폭 0.3㎜이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다. 금회 조사된 균열폭 0.3㎜이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 라이닝 신축이음부에 박락이 발생하였으며 발생원인은 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다.

○ 측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스판구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생된 손상으로 판단된다. 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3㎜ 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2㎜ 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다. 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가 경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로서 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을 미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 긁힘, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.

○ 갱문에 발생된 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생된 손상으로

판단된다.

○ 갱구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.

○ 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생된 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.

○ 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2㎜이하의 횡방향 균열이 다수 발생된 상태이다. 균열 폭 0.2㎜이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.

○ 포장에 발생된 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 윤하중에 의한 반복하중에 의해 발생된 것으로 판단된다. 포장긁힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생된 것으로 조사되었다.

○ 피난연락갱은 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.

○ 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

## 나. 시험 및 측정 결과

○ 비파괴강도 측정결과, 설계기준 대비 평균 109.6～130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었으며 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

○ 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

○ 탄산화깊이 측정치와 최소 피복두께를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가되었다.

○ 염화물함유량 시험은 건전부 구간에서 “b등급” 이상으로 평가되었다.

○ 균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다.

○ 터널 단면측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.

○ 터널 종단측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.

○ GPR탐사단면으로부터 공동의 정확한 두께를 측정할 수는 없지만 반사면의 강도, 반사형태등으로 추정하였다. 조사된 총 10개소의 배면공동은 연장 1.0~3.0m, 추정두께 0.2m 이내로서 그 규모가 크지 않아 즉각적인 보수보다는 주기적인 육안관찰 및 GPR탐사를 통해 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

## 다. 상태평가 결과

○ 차령터널(천안방향)의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내수성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급” 으로 평가되었다.

## 라. 안전성평가 결과

○ 무근 콘크리트 라이닝에 대한 안전성평가 결과, 천장부 최소안전율이 1.95로, 어깨부 최소안전율이 2.68로, 측벽부 최소안전율이 5.41로 안전율 1.5를 상회하는 것으로 평가되었다. 철근 콘크리트 라이닝에 대한 안전성평가 결과, 천장부 최소안전율이 1.77로, 어깨부 최소안전율이 2.30로, 측벽부 최소안전율이 4.92로 안전율 1.5를 상회하는 것으로 평가되었다. 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

○ 응답변위법을 이용한 차령터널(천안방향)의 내진검토 결과 기존 철근보강으로 본 해석 단면은 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단된다.

## 마. 결언

○ 차령터널(천안방향)은 16년의 공용기간이 경과한 터널시설물로서, 주부재인 라이닝에 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 일부 발생한 손상들은 터널의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.

○ 따라서, 본 터널의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 현재의 상태를 유지하는 데에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

# 보고서 목차

## ◉정밀안전진단 결과 요약문


**제 1장 정밀안전진단 개요 ····· 3**

1.1 과업의 목적 ····· 3

1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 3

1.2.1 과업의 범위 ····· 3

1.2.2 과업수행기간 ····· 3

1.2.3 과업의 내용 ····· 4

1.3 과업수행 절차 및 일정 ····· 5

1.3.1 과업수행 절차 ····· 5

1.3.2 과업수행 일정 ····· 6

1.4 대상터널의 현황 ····· 7

1.4.1 현황 ····· 7

1.4.2 터널 주요도면 ····· 8

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 15

1.6 터널기호의 정의 ····· 16

1.6.1 터널 기호 ····· 16

1.6.2 일련번호(n) ····· 16

**제 2장 자료수집 및 분석 ····· 19**

2.1 자료수집 현황 ····· 19

2.1.1 자료수집 현황 ····· 19

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약 ····· 20

2.2.1 일반보고서 ····· 20

2.2.2 일반보고서(실시설계) ····· 22

2.2.3 기 정밀안전진단 분석 ····· 27

2.2.4 시공관련 자료검토 ····· 35

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약 ·····36
2.4 보수·보강 이력 ·····43
2.5 시설물의 내진설계 여부 ·····43
2.6 자료분석 결과요약 ·····44

**제 3장 현장조사 및 시험 ·····47**
3.1 개요 ·····47
3.1.1 개요 ·····47
3.1.2 터널 구간 분할 ·····49
3.2 외관조사 ·····54
3.2.1 터널라이닝 ·····54
3.2.2 터널주변 ·····68
3.2.3 부대시설 ·····82
3.2.4 부속시설 ·····88
3.3 콘크리트 내구성조사 ·····90
3.3.1 개 요 ·····90
3.3.2 시험내용 및 평가기준 ·····91
3.3.3 시험결과 및 분석 ·····105
3.4 터널 측량 ·····111
3.4.1 개 요 ·····111
3.4.2 단면측량 ·····111
3.4.3 종단측량 ·····119
3.5 GPR 탐사 ·····123
3.5.1 개요 ·····123
3.5.2 탐사원리 및 방법 ·····130
3.5.3 탐사결과 ·····138
3.6 현장조사 및 시험 결과요약 ·····148
3.6.1 현장조사 결과 ·····148
3.6.2 시험 및 측정 결과 ·····149
3.6.3 터널 측량 결과 ·····150
3.6.4 GPR 탐사 결과 ·····150

**제 4장 시설물의 상태평가 ····153**
4.1 개요 ····153
4.2 상태평가 항목 및 기준 ····153
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위 ····153
4.2.2 상태평가 항목 및 기준 ····159
4.2.3 상태평가 등급 산정방법 ····166
4.3 상태평가 결과 ····170
4.3.1 차령터널(천안) ····170

**제 5장 안전성 평가 ····181**
5.1 개 요 ····181
5.2 구조해석 ····185
5.2.1 무근 콘크리트 라이닝 ····185
5.2.2 철근 콘크리트 라이닝 ····188
5.2.3 무근 콘크리트 라이닝(라이닝두께 0.2m적용) ····191
5.2.4 철근 콘크리트 라이닝(라이닝두께 0.2m적용) ····194
5.3 응답변위법을 이용한 내진검토 ····197
5.3.1 콘크리트 라이닝 내진검토 ····197

**제 6장 종합평가 및 안전등급 지정 ····219**
6.1 종합평가 ····219
6.1.1 종합평가 결과 산정방법 ····219
6.1.2 종합평가 결과 ····220
6.2 안전등급 ····222
6.2.1 안전등급기준 ····222
6.2.2 안전등급 지정 ····222

**제 7장 보수·보강 및 유지관리방안 ····225**
7.1 개요 ····225
7.2 보수·보강 방안 ····226
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정 ····226

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안 ·····228
7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법 ·····229
7.3 보수·보강 개략공사비 ·····238
7.4 유지관리방안 ·····239
7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항 ·····239
7.4.2 유지관리시 점검요령 ·····241

**제 8장 종합결론 ·····249**
8.1 종합결론 ·····249
8.2 현장조사 결과 ·····249
8.3 시험 및 측정 결과 ·····251
8.4 상태평가 결과 ·····251
8.5 안전성평가 결과 ·····252
8.6 결 언 ·····252

## ◉ 부 록

**1. 과업지시서**
**2. 외관조사망도**
**3. 측정, 시험. 계측 성과표**
**4. 안정성평가 결과자료**
**5. 현장조사 사진첩**
**6. 시설물관리대장**
**7. 사용장비 및 기기의 사진**
**8. 사전조사 자료 일체**

# 표 목 차

【표 1.1】 과업의 내용 ····4
【표 1.2】 정밀안전진단 과업수행 일정 ····6
【표 1.3】 차령터널(천안) 현황표 ····7
【표 1.4】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항 ····15
【표 1.5】 터널기호의 정의 ····16
【표 2.1】 자료수집 현황 ····19
【표 2.2】 설계구간 ····20
【표 2.3】 과업기간 ····20
【표 2.4】 장래교통량 ····21
【표 2.5】 차령터널(천안) 터널 현황 ····22
【표 2.6】 터널의 선형 ····22
【표 2.7】 국내설계 및 시공사례 ····23
【표 2.8】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력 ····36
【표 2.9】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속) ····37
【표 2.10】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속) ····38
【표 2.11】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속) ····39
【표 2.12】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속) ····40
【표 2.13】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속) ····41
【표 2.14】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속) ····42
【표 2.15】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속) ····43
【표 2.16】 차령터널(천안) 보수·보강 이력 ····43
【표 2.17】 자료분석 결과요약 ····44
【표 3.1】 터널 주요 조사항목 ····48
【표 3.2】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(갱구부) ····49
【표 3.3】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안) ····50
【표 3.4】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)(계속) ····51
【표 3.5】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)(계속) ····52
【표 3.6】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(피난연결통로) ····52
【표 3.7】 라이닝-균열 외관조사 결과 ····54
【표 3.8】 라이닝-균열 외관조사 결과(계속) ····55
【표 3.9】 라이닝-균열 기 점검 결과 비교 ····57
【표 3.10】 라이닝-기타손상 외관조사 결과 ····58
【표 3.11】 라이닝-균열 외관조사 결과(계속) ····59
【표 3.12】 라이닝-균열 기 점검 결과 비교 ····60
【표 3.13】 측벽부-균열 외관조사 결과 ····61

【표 3.14】측벽부-균열 외관조사 결과 ····62
【표 3.15】측벽부-균열 기 점검 결과 비교 ····63
【표 3.16】측벽부-기타손상 외관조사 결과 ····63
【표 3.17】측벽부-기타손상 외관조사 결과 ····64
【표 3.18】측벽부-기타손상 외관조사 결과 ····65
【표 3.19】측벽부-기타손상 외관조사 결과 ····65
【표 3.20】측벽부-기타손상 외관조사 결과 ····66
【표 3.21】측벽부-기타손상 기 점검 결과 비교 ····67
【표 3.22】측벽부-기타손상 기 점검 결과 비교 ····68
【표 3.23】갱문 외관조사 결과 ····69
【표 3.24】갱문 기 점검 결과 비교 ····70
【표 3.25】배수시설 외관조사 결과 ····73
【표 3.26】배수시설 외관조사 결과 ····74
【표 3.27】공동구 외관조사 결과 ····75
【표 3.28】공동구 외관조사 결과 ····76
【표 3.29】공동구 외관조사 결과 ····76
【표 3.30】공동구 외관조사 결과 ····77
【표 3.31】공동구 외관조사 결과 ····78
【표 3.32】공동구 외관조사 결과 ····78
【표 3.33】공동구 외관조사 결과 ····79
【표 3.34】배수시설 기 점검 결과 비교 ····81
【표 3.35】공동구 결과 비교 ····81
【표 3.36】포장 외관조사 결과 ····83
【표 3.37】포장 외관조사 결과 ····84
【표 3.38】포장 기 점검 결과 비교 ····85
【표 3.39】피난연락갱 현황 ····85
【표 3.40】피난연락갱 외관조사 결과 ····87
【표 3.41】피난연락갱 기 점검 결과 비교 ····87
【표 3.42】콘크리트 비파괴시험 현황 ····90
【표 3.43】보정반발경도(Ro) ····93
【표 3.44】기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험) ····93
【표 3.45】재령계수 $\alpha$ 값 ····94
【표 3.46】기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험) ····96
【표 3.47】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인 ····100
【표 3.48】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속) ····101
【표 3.49】탄산화 상태평가 기준 ····102
【표 3.50】염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007)) ····103
【표 3.51】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)) ····103
【표 3.52】차령터널(천안) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 ····105
【표 3.53】차령터널(천안) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 (계속) ····106
【표 3.54】비파괴강도 시험결과 분석 ····107

【표 3.55】차령터널(천안) 철근탐사 시험결과 ·····107
【표 3.56】차령터널(천안) 철근탐사 시험결과 (계속) ·····108
【표 3.57】탄산화 깊이 측정결과 및 평가 ·····108
【표 3.58】 염화물 함유량 시험결과 및 평가 ·····109
【표 3.59】균열깊이 조사결과 ·····110
【표 3.60】단면측량 결과 ·····112
【표 3.61】단면측량 결과 ·····113
【표 3.62】단면측량 결과 ·····114
【표 3.63】단면측량 결과 ·····115
【표 3.64】단면측량 결과 ·····116
【표 3.65】단면측량 결과 ·····117
【표 3.66】단면측량 결과 ·····118
【표 3.67】단면측량 결과 분석 ·····119
【표 3.68】종단측량 결과 ·····121
【표 3.69】GPR 탐사 장비 제원 ·····129
【표 3.70】여러 물질들에 대한 상대유전율과 전자기파의 속도 (Reynolds, 1997) ·····134
【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위 ·····153
【표 4.2】터널 상태평가 항목 ·····154
【표 4.3】NATM터널(무근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준 ·····154
【표 4.4】NATM터널(철근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준 ·····155
【표 4.5】개착식터널 결함지수 산정기준 ·····155
【표 4.6】부대시설 상태평가 항목 ·····156
【표 4.7】부대시설의 가중치 ·····157
【표 4.8】부대시설(무근콘크리트) 결함지수 산정기준 ·····158
【표 4.9】부대시설(철근콘크리트) 결함지수 산정기준 ·····158
【표 4.10】균열 상태평가 기준 ·····159
【표 4.11】누수 상태평가 기준 ·····160
【표 4.12】파손 및 손상 상태평가 기준 ·····161
【표 4.13】재질열화 상태평가 기준 ·····162
【표 4.14】배수상태 상태평가 기준 ·····163
【표 4.15】지반상태 상태평가 기준 ·····163
【표 4.16】갱문(접속부)상태 상태평가 기준 ·····164
【표 4.17】공동구상태 상태평가 기준 ·····164
【표 4.18】특수조건(추가점수) 상태평가 기준 ·····164
【표 4.19】균열 상태평가 기준 ·····165
【표 4.20】파손 및 손상 상태평가 기준 ·····165
【표 4.21】터널 상태평가 결과 산정 ·····166
【표 4.22】부대시설의 가중치 ·····168
【표 4.23】부대시설(무근콘크리트) 결함지수 산정기준 ·····169
【표 4.24】부대시설(철근콘크리트) 결함지수 산정기준 ·····169
【표 4.25】무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과 ·····170

【표 4.26】무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속) ····171
【표 4.27】무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속) ····172
【표 4.28】무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속) ····173
【표 4.29】무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속) ····174
【표 4.30】무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속) ····175
【표 4.31】철근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과 ····175
【표 4.32】철근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과 ····176
【표 4.33】터널 주변상태 결함점수 산정결과 ····176
【표 4.34】기본시설 상태평가 결과 ····177
【표 4.35】부대시설(피난연락갱) 결함지수 및 상태평가 결과 ····177
【표 4.36】차령터널(천안) 상태평가 결과 ····178
【표 4.37】기 진단결과와의 상태평가 결함도 점수 비교 ····178
【표 5.1】재료특성 및 강도 ····181
【표 5.2】지반특성에 따른 물성치 ····181
【표 5.3】강도설계법 ····182
【표 5.4】단위중량 ····182
【표 5.5】지보패턴 이완하중 ····183
【표 5.6】CASE별 하중조합 ····183
【표 5.7】구조해석 모델링 ····184
【표 5.8】사용 프로그램 ····184
【표 5.9】단면제원 ····185
【표 5.10】스프링계수 산정 ····186
【표 5.11】단면제원 ····188
【표 5.12】스프링계수 산정 ····189
【표 5.13】단면제원 ····191
【표 5.14】스프링계수 산정 ····192
【표 5.15】단면제원 ····194
【표 5.16】스프링계수 산정 ····195
【표 5.17】지진시 수평동하중 ····204
【표 6.1】상태평가 결과 ····220
【표 6.2】안전성평가 결과(무근 콘크리트 라이닝) ····220
【표 6.3】안전성평가 결과(철근 콘크리트 라이닝) ····221
【표 6.4】종합평가 결과 ····221
【표 6.5】시설물의 안전등급 ····222
【표 6.6】차령터널(천안) 안전등급 ····222
【표 7.1】시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항 ····225
【표 7.2】보수・보강 우선순위 결정 기준 ····226
【표 7.3】보수・보강 일람표 ····228
【표 7.4】보수・보강 일람표(계속) ····229
【표 7.5】수지주입공법의 종류 ····230
【표 7.6】균열폭에 알맞은 수지의 점도 ····231

【표 7.7】균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격 ·····231
【표 7.8】에폭시계 수지의 규격 ·····231
【표 7.9】주입공법 공법비교안 ·····233
【표 7.10】일반적인 단면 복구(보수)재의 분류 ·····236
【표 7.11】단면복구(보수) 공법비교안 ·····237
【표 7.12】보수・보강 개략공사비 ·····238
【표 7.13】부재별 유지관리 중점사항 ·····241
【표 7.14】갱문 점검항목 ·····242
【표 7.15】라이닝 점검항목 ·····243
【표 7.16】라이닝 접속시설 점검항목 ·····244
【표 7.17】바닥부 점검항목 ·····245
【표 7.18】부속시설 점검항목 ·····246

# 그 림 목 차

【그림 1.1】정밀안전진단 과업수행 흐름도 ·····5
【그림 1.2】평면 및 종단면도(1) ·····8
【그림 1.3】평면 및 종단면도(2) ·····9
【그림 1.4】지보패턴도 ·····10
【그림 1.5】표준단면도(1) ·····11
【그림 1.6】표준단면도(2) ·····12
【그림 1.7】터널 시점부 일반도 ·····13
【그림 1.8】터널 종점부 일반도 ·····14
【그림 1.9】터널 ID 부여 ·····16
【그림 2.1】본선 터널구간 표준횡단면도 ·····21
【그림 2.2】보행공간의 표준치수 ·····25
【그림 2.3】내장판의 설치위치 ·····26
【그림 2.4】제트팬 부착 위치도 ·····26
【그림 3.1】SPAN No. 및 외관조사망도 번호(천안) ·····53
【그림 3.2】천안측 갱구부 일반도 ·····69
【그림 3.3】논산측 갱구부 일반도 ·····69
【그림 3.4】갱구부 사면 배수처리 계통도 ·····71
【그림 3.5】배수시설 및 공동구 상세도 ·····72
【그림 3.6】피난연락갱 일반도 ·····86
【그림 3.7】콘크리트 내구성조사 위치도 ·····91
【그림 3.8】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ·····92
【그림 3.9】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차 ·····94
【그림 3.10】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법 ·····95
【그림 3.11】표면법에 의한 초음파전달속도의 측정 ·····96
【그림 3.12】철근탐사 측정원리 ·····97
【그림 3.13】철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차 ·····98
【그림 3.14】탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 ·····100
【그림 3.15】-법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법 ·····104
【그림 3.16】터널 라이닝 콘크리트 평균압축강도 추정결과 ·····106
【그림 3.17】탄산화 깊이 측정결과 ·····109
【그림 3.18】염화물시험 측정결과 ·····110
【그림 3.19】단면측량 현황 ·····111
【그림 3.20】종단측량 현황 ·····120
【그림 3.21】종단측량 분석결과 ·····122
【그림 3.22】탐사장비 및 해석소프트웨어 ·····129

【그림 3.23】GPR 탐사 원리에 대한 모식도 ·····130
【그림 3.24】주파수 변화에 따른 유도영역과 변위영역 ·····131
【그림 3.25】균질/등방성 매질에서의 전자기파의 전파양상 모식도 ·····133
【그림 3.26】탐사 모식도 ·····135
【그림 4.1】부대시설 분류 ·····156
【그림 4.2】상태평가 결과 산정절차 ·····167
【그림 5.1】지반스프링 계수 ·····183
【그림 5.2】구조해석 흐름도 ·····184
【그림 5.3】무근 콘크리트 라이닝 해석모델링 ·····185
【그림 5.4】하중산정 ·····186
【그림 5.5】철근 콘크리트 라이닝 해석모델링 ·····188
【그림 5.6】하중산정 ·····189
【그림 5.7】무근 콘크리트 라이닝 해석모델링 ·····191
【그림 5.8】하중산정 ·····192
【그림 5.9】철근 콘크리트 라이닝 해석모델링 ·····194
【그림 5.10】하중산정 ·····195
【그림 5.11】해석모델 ·····202
【그림 6.1】종합평가 결과 산정절차 ·····219
【그림 7.1】보수·보강방안 추진방향 ·····217
【그림 7.2】콘크리트 표면처리 시공순서도 ·····220
【그림 7.3】균열 보수공법 개요도 ·····222
【그림 7.4】단면복구(보수) 상세도 ·····225

# 사 진 목 차

【사진 3.1】차령터널 조사 현황 ····49
【사진 3.2】라이닝-균열 손상현황 ····56
【사진 3.3】라이닝-균열 손상현황 ····60
【사진 3.4】측벽부-균열 손상현황 ····62
【사진 3.5】측벽부-기타손상 손상현황 ····67
【사진 3.6】갱문 전경 ····68
【사진 3.7】갱문 손상현황 ····70
【사진 3.8】입·출구부 사면 전경 ····71
【사진 3.9】배수시설 및 공동구 전경 ····72
【사진 3.10】배수시설 손상현황 ····74
【사진 3.11】공동구 손상현황 ····80
【사진 3.12】포장 전경 ····82
【사진 3.13】갱문 손상현황 ····84
【사진 3.14】피난연락갱 전경 ····86
【사진 3.15】피난연락갱 전경 ····88
【사진 3.16】부속시설 전경 ····88
【사진 3.17】부속시설 전경 ····89
【사진 3.18】콘크리트 내구성조사 전경 ····91
【사진 3.19】종단측량 전경 ····120

# 제 1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상 터널의 현황

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 터널기호의 정의

# 제 1장 정밀안전진단 개요

## 1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

## 1.2 과업의 범위 및 내용

### 1.2.1 과업의 범위

#### 가. 정밀안전진단

1) 자료수집 및 분석

2) 현장조사 및 시험

3) 상태평가

4) 안전성평가

5) 종합평가 및 안전등급 지정

6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고서 작성

### 1.2.2 과업수행기간

2017. 10. 19 ~ 2018. 06. 30(착수일로부터 255일간)

### 1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017. 01, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

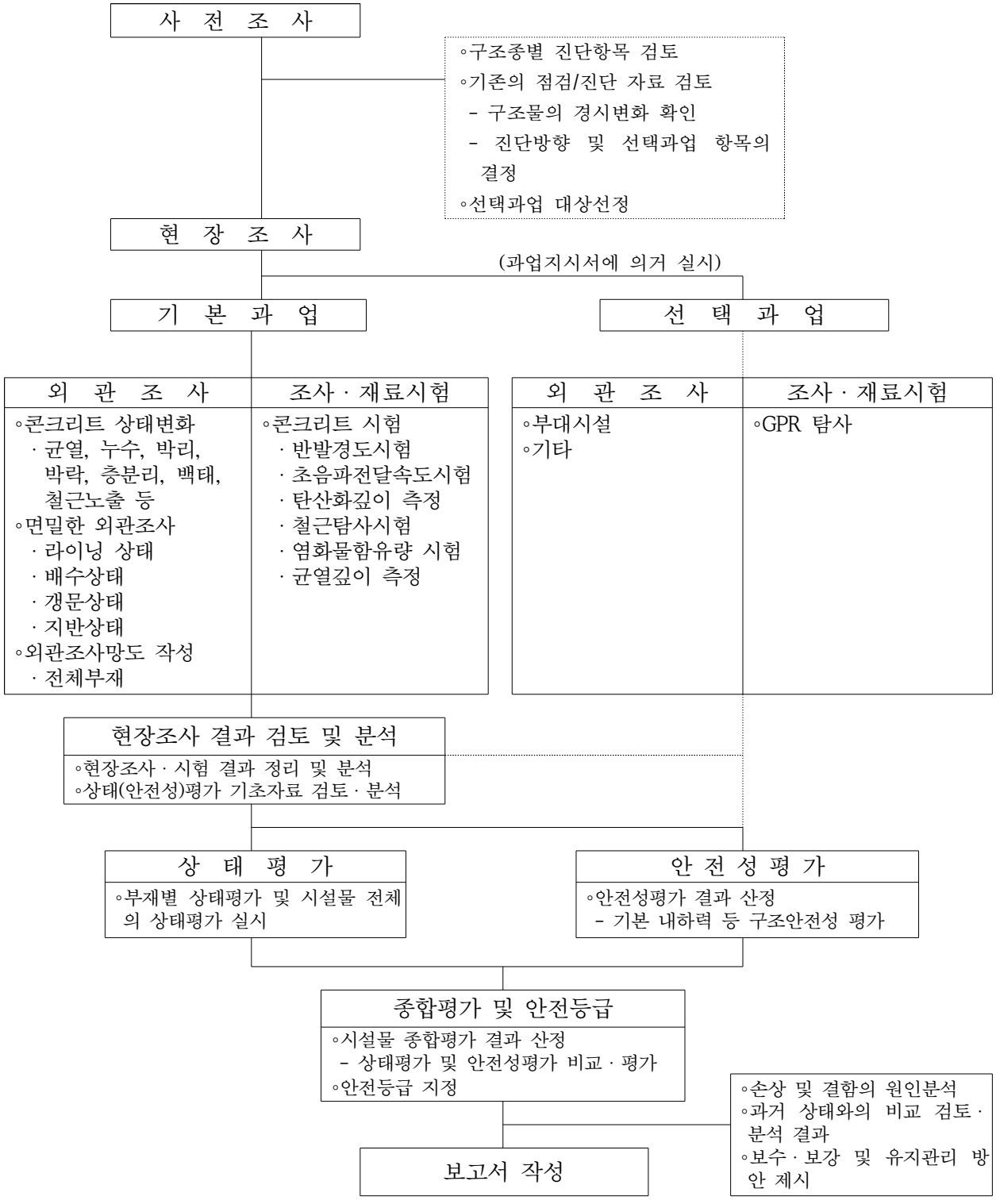
**【표 1.1】 과업의 내용**

| 과업의 범위 | | 과업의 내용 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 설계도서 및 관련자료 수집·검토 | | 1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서)<br>2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토<br>(초기점검 및 정밀점검 자료 등) | 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2017.01) 적용 |
| 현장 조사 및 시험 | 외관 조사 | 1) 터널의 제원 및 시공상태 조사<br>2) 라이닝, 바닥부 외관 결함 및 손상 등 외관조사<br>3) 갱문 및 배수로 상태 조사<br>4) 라이닝 단면 및 터널 종단 측량 | |
| | 내구성 조사 (콘크리트) | 1) 콘크리트 강도 조사<br>- 반발경도시험, 초음파전달속도시험<br>2) 철근탐사시험<br>- 배근 간격, 피복두께<br>3) 콘크리트 품질시험<br>- 탄산화 깊이 측정<br>4) 균열깊이 조사<br>5) 염분함유량 시험(제설재에 의해 발생한 손상부 건전도평가) | |
| | GPR 탐사 | 1) 라이닝 두께조사<br>2) 배면 공동 및 상태 분석 | |
| 상태평가 | | 1) 부재별 상태평가 결과 산정 후 부재별 가중치를 고려한 시설물 전체에 대한 상태평가 결과 산정<br>2) 탄산화 및 염화물 함유량에 대한 평가 후 상태평가 항목으로 반영<br>3) 기 점검결과와의 비교 | |
| 안전성평가 | | 1) 결함부위 진단 및 결함원인 분석<br>2) 당초 구조계산서 및 초기점검 내하력 평가 검토 | |
| 종합평가 및 안전등급 지정 | | 1) 상태평가 및 안전성평가 결과를 이용하여 안전등급 지정 | |
| 보수 및 보강대책 수립 | | 1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가<br>2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시<br>3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시 | |
| 유지관리 대책 수립 | | 1) 유지 관리상 문제점과 지침 기준 작성<br>2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시 | |
| 보고서 작성 | | 1) 기술심의 보고서 제출<br>2) 기술심의 지적사항을 보완하여 최종보고서 작성 및 제출 | |

# 1.3 과업수행 절차 및 일정

## 1.3.1 과업수행 절차

본 교량의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 다음과 같다.




**【그림 1.1】 정밀안전진단 과업수행 흐름도**

## 1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전진단 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.2】정밀안전진단 과업수행 일정

| 공 종 | 2017년 | | | | | | | | 2018년 | | | | | | | | | | | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10월 | | 11월 | | | 12월 | | | 1월 | | | 2월 | | | 3월 | | | 4월 | | | 5월 | | | 6월 | | |
| | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | |
| 1. 사전조사<br>·착수 및 예비답사<br>·자료 수집 및 검토<br>·현장조사 계획수립 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | - 착수<br>10.20 |
| 2. 현장조사<br>·외관,비파괴조사<br>·GPR 탐사<br>·조사결과 정리 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. 상태평가<br>·외관조사 결과분석<br>·비파괴조사결과분석 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. 안전성평가<br>·안전성평가<br>·종합평가 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. 보수보강대책수립<br>·보수보강방안 제시<br>·유지관리방안 제시 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. 보고서 작성<br>·중간보고서작성<br>·최종보고서작성<br>·성과품제출 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | - 준공<br>06.30 |
| 공정율(%) 월 별 | 1.0 | | 21.0 | | | 3.2 | | | 19.5 | | | 6.8 | | | 10.0 | | | 17.6 | | | 15.6 | | | 5.3 | | |
| 공정율(%) 누 계 | 1.0 | | 22.0 | | | 25.2 | | | 44.7 | | | 51.5 | | | 61.5 | | | 79.1 | | | 94.7 | | | 100.0 | | |

# 1.4 대상터널의 현황

## 1.4.1 현황

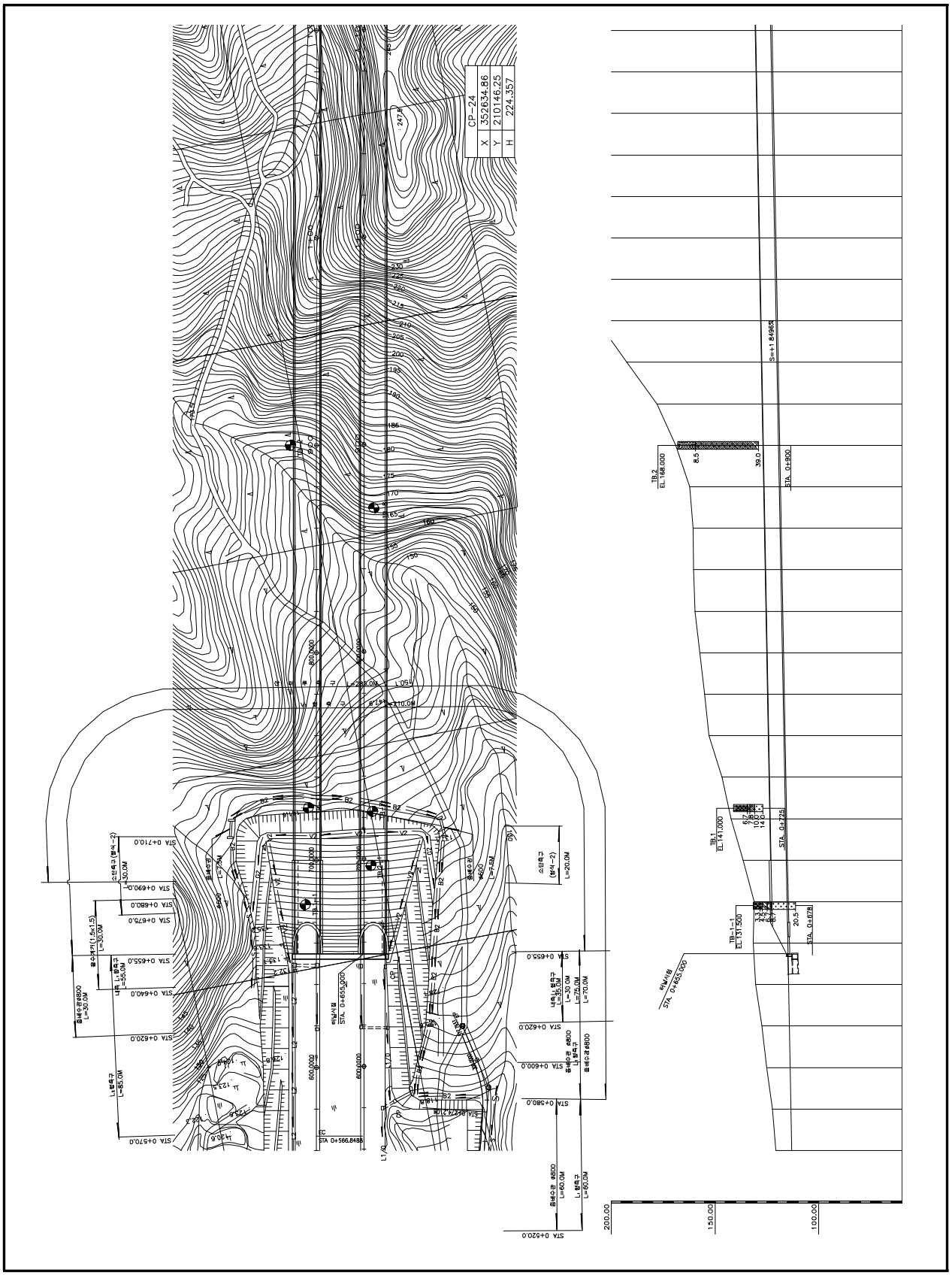
본 과업의 대상시설물인 차령터널(천안)의 현황은 다음과 같다.

**【표 1.3】 차령터널(천안) 현황표**

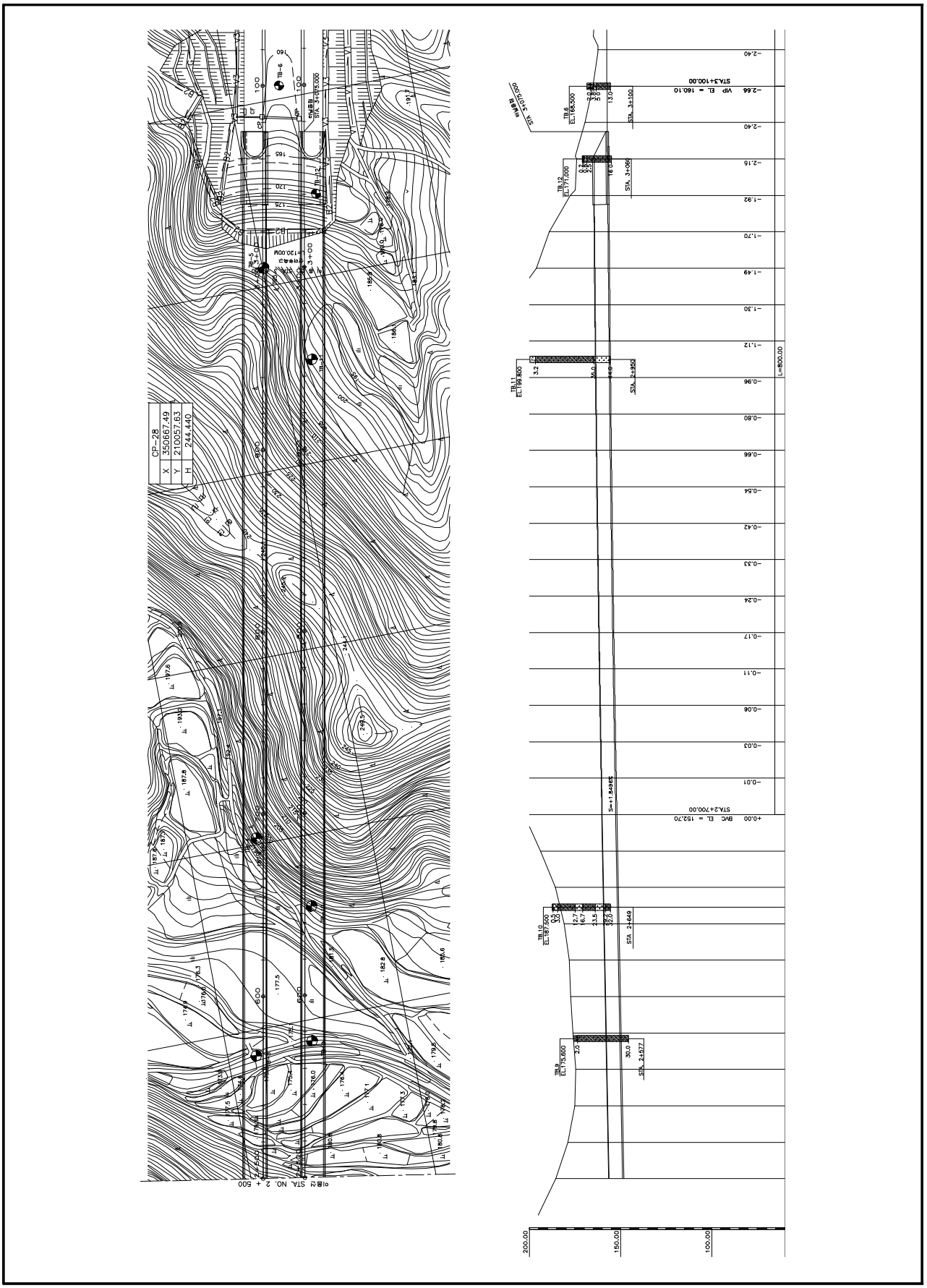
**작성일 : 2018년 02월 01일**

| 터 널 명 | 차령터널(천안) | | |
|---|---|---|---|
| 노 선 명 | 고속국도 25호선 | 시 행 청 | 한국도로공사 |
| 시 점 | 충남 천안시 광덕면 원덕리 | 종 점 | 충남 공주시 정안면 인풍리 |
| 터널형식 | NATM | 관리주체 | 천안논산고속도로(주) |
| 차 선 수 | 2차선 | 환기방식 | 수직갱 및 제트팬 |
| 연 장 | 2,420.0m | 설 계 사 | 내경엔지니어링(주) |
| 내공단면 | B=10.3m, H=7.332m | 시 공 사 | 현대건설(주) |
| 배수형식 | 배수식 | 감 리 사 | 한국건설관리공사 |
| 종단 기울기 | 1.8496% | 착 공 | 1997년 12월 25일 |
| 평균선형 | 직선 | 준 공 | 2002년 12월 23일 |
| 연결통로 | 3개소<br>(비상주차대, 피난연결통로) | 갱문형식 | 벨마우스 |
| 주요공법 | NATM | 보조공법 | Forepoling, 프리그라우팅 |
| 기 타 | | | |

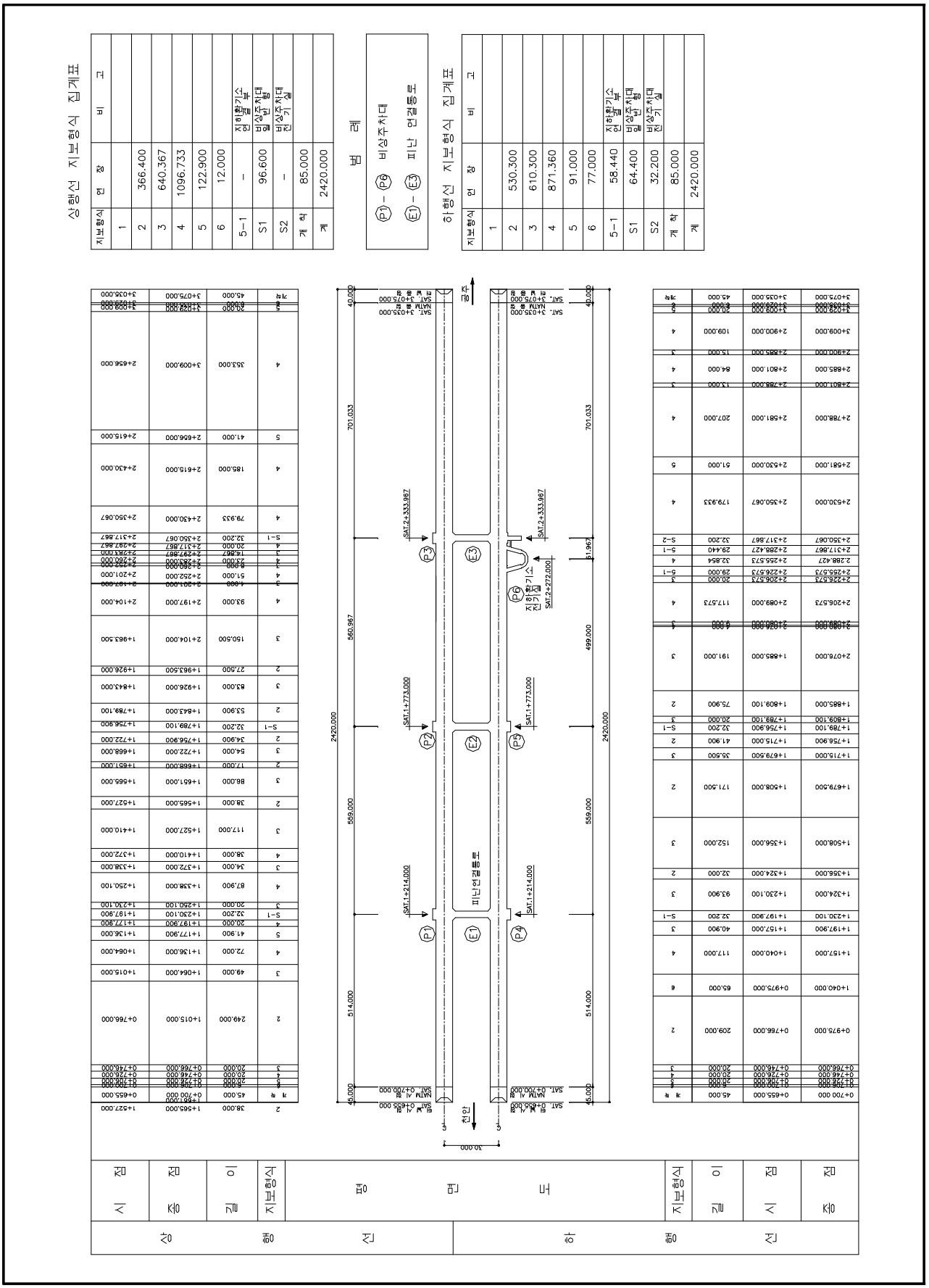
## 1.4.2 터널 주요도면



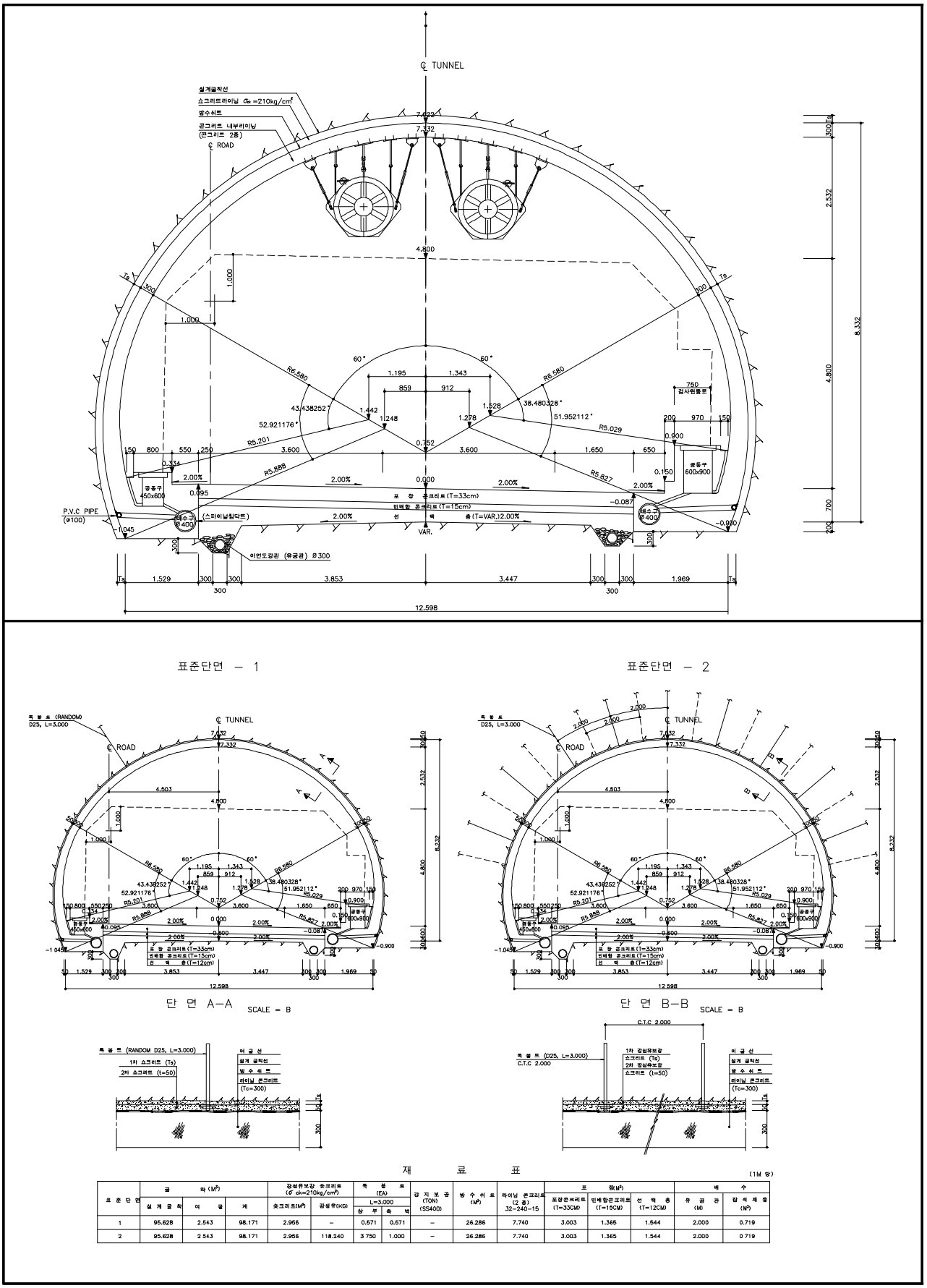

【그림 1.2】 평면 및 종단면도(1)




【그림 1.3】 평면 및 종단면도(2)


상행선 지보형식 집계표
지보형식 연 장 비 고
1 -
2 366.400
3 640.367
4 1096.733
5 122.900
6 12.000
5-1 - 지하횡기수부
S1 96.600 비상주차대
S2 - 비상주차대
계 착 85.000
계 2420.000
범 례
P1 ~ P6 비상주차대
E1 ~ E3 피난 연결통로
하행선 지보형식 집계표
지보형식 연 장 비 고
1 -
2 530.300
3 610.300
4 871.360
5 91.000
6 77.000
5-1 58.440 지하횡기수부
S1 64.400 비상주차대
S2 32.200 비상주차대
계 착 85.000
계 2420.000
상 행 선
시 점 종 점 길 이 지보형식 평 면 도
하 행 선
시 점 종 점 길 이 지보형식
공주
천안
피난연결통로
지하횡기수
SAT.1+214.000
SAT.1+773.000
SAT.2+272.000
SAT.2+333.987
701.033
560.967
559.000
514.000
499.000
1.967
2420.000
40.000
45.000
30.000

【그림 1.4】 지보패턴도




재 료 표 (1M 당)

| 표준단면 | 굴착(M³) | | | 강섬유보강 숏크리트 (σ ck=210kg/cm²) | | 록볼트 (EA) L=3.000 | | 강지보공 (TON) (SS400) | 방수쉬트 (M²) | 라이닝 콘크리트 (2종) 32-240-15 | 포장(M²) | | | 배수 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 설계굴착 | 여굴 | 계 | 숏크리트(M³) | 강섬유(KG) | 상부 | 측벽 | | | | 포장콘크리트 (T=33CM) | 빈배합콘크리트 (T=15CM) | 선택층 (T=12CM) | 유공관 (M) | 집석재료 (M³) |
| 1 | 95.628 | 2.543 | 98.171 | 2.956 | - | 0.571 | 0.571 | - | 26.286 | 7.740 | 3.003 | 1.365 | 1.544 | 2.000 | 0.719 |
| 2 | 95.628 | 2.543 | 98.171 | 2.956 | 118.240 | 3.750 | 1.000 | - | 26.286 | 7.740 | 3.003 | 1.365 | 1.544 | 2.000 | 0.719 |

【그림 1.5】표준단면도(1)

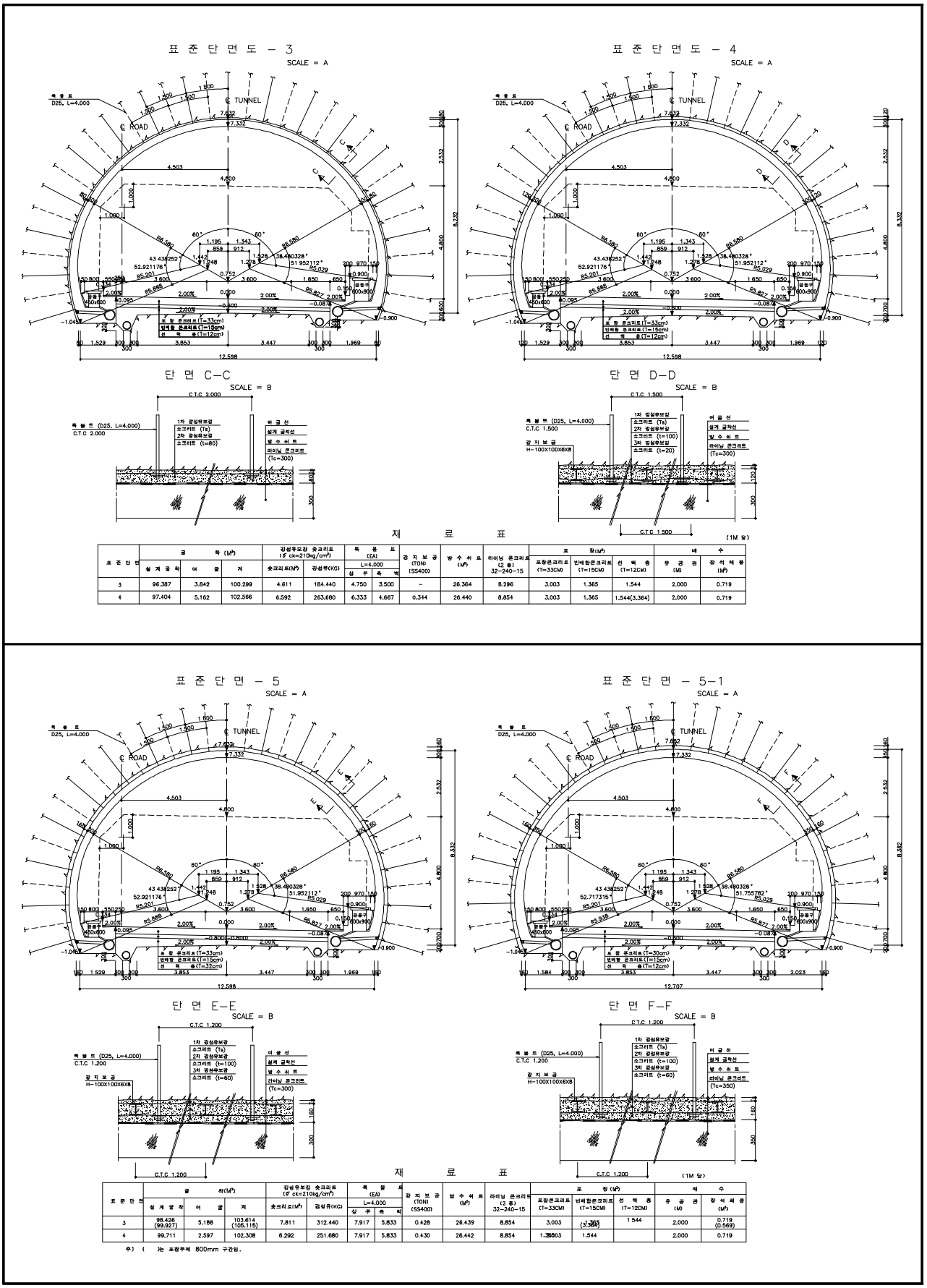
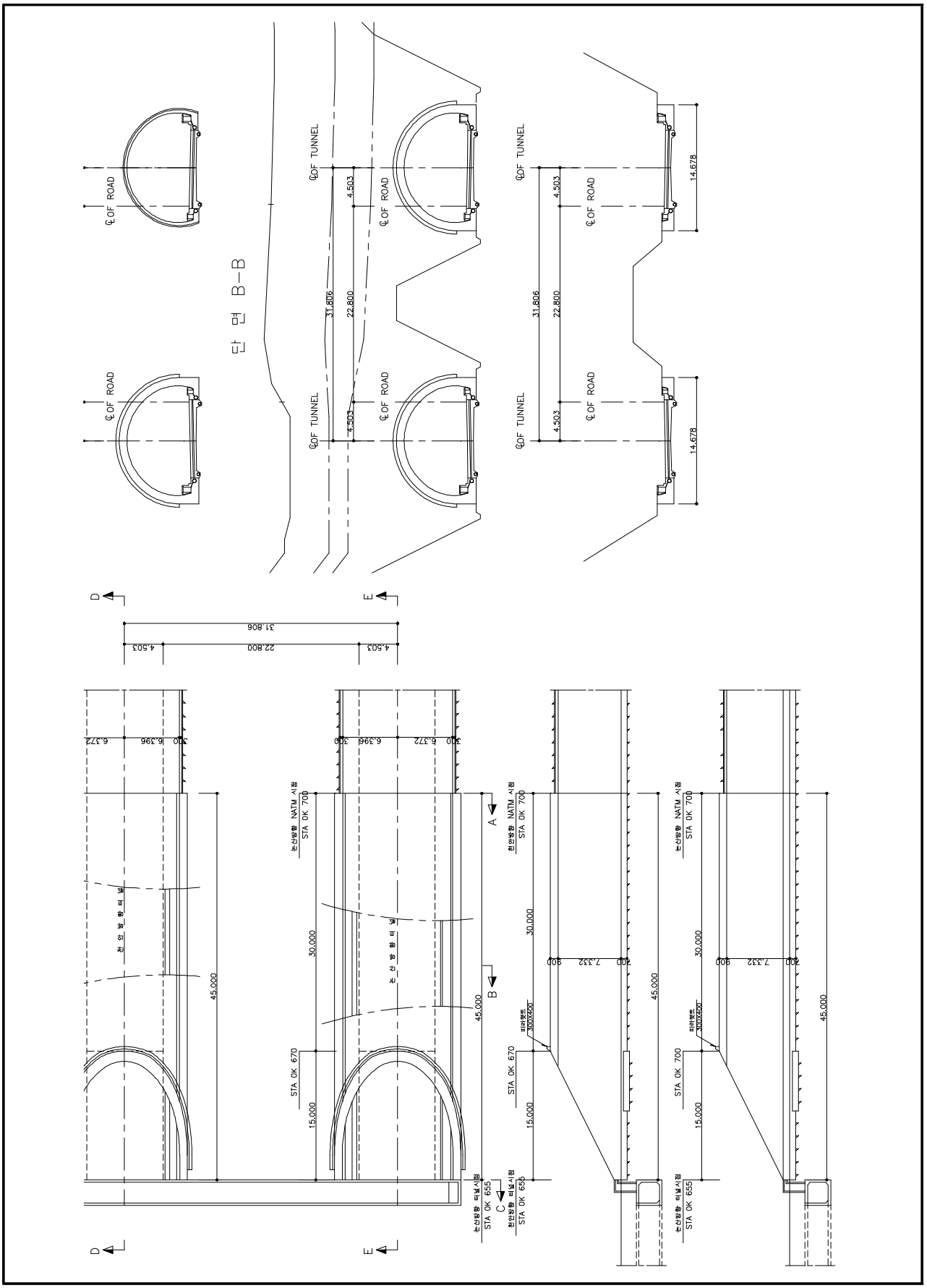
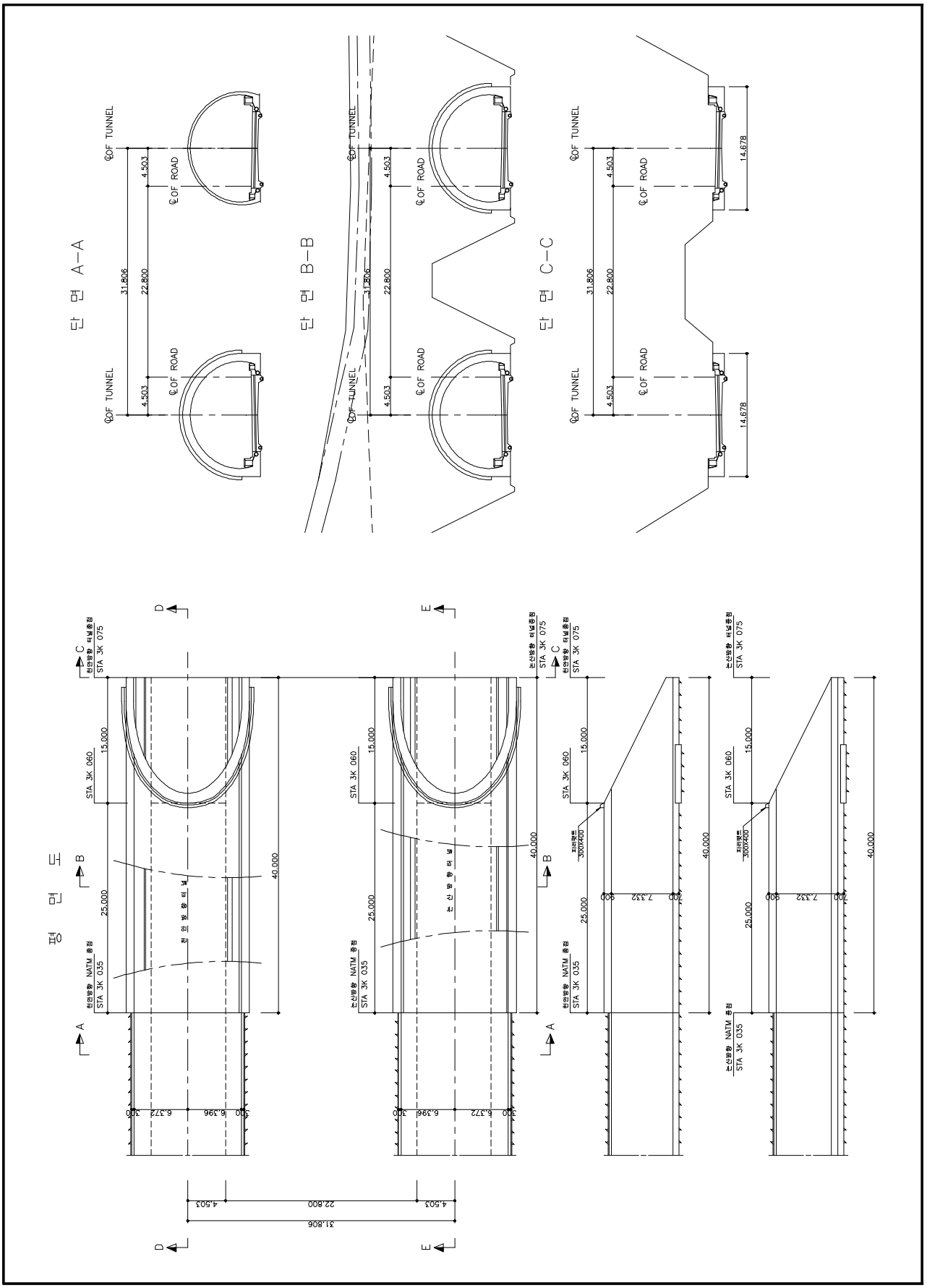


표 준 단 면 도 - 3
SCALE = A
표 준 단 면 도 - 4
SCALE = A
단 면 C-C
SCALE = B
단 면 D-D
SCALE = B
재 료 표
표 준 단 면 - 5
SCALE = A
표 준 단 면 - 5-1
SCALE = A
단 면 E-E
SCALE = B
단 면 F-F
SCALE = B
재 료 표

【그림 1.6】표준단면도(2)




【그림 1.7】 터널 시점부 일반도

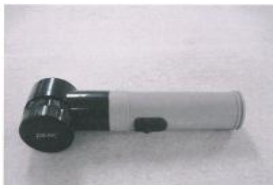



【그림 1.8】 터널 종점부 일반도

## 1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 진단장비는 다음과 같다.

【표 1.4】주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

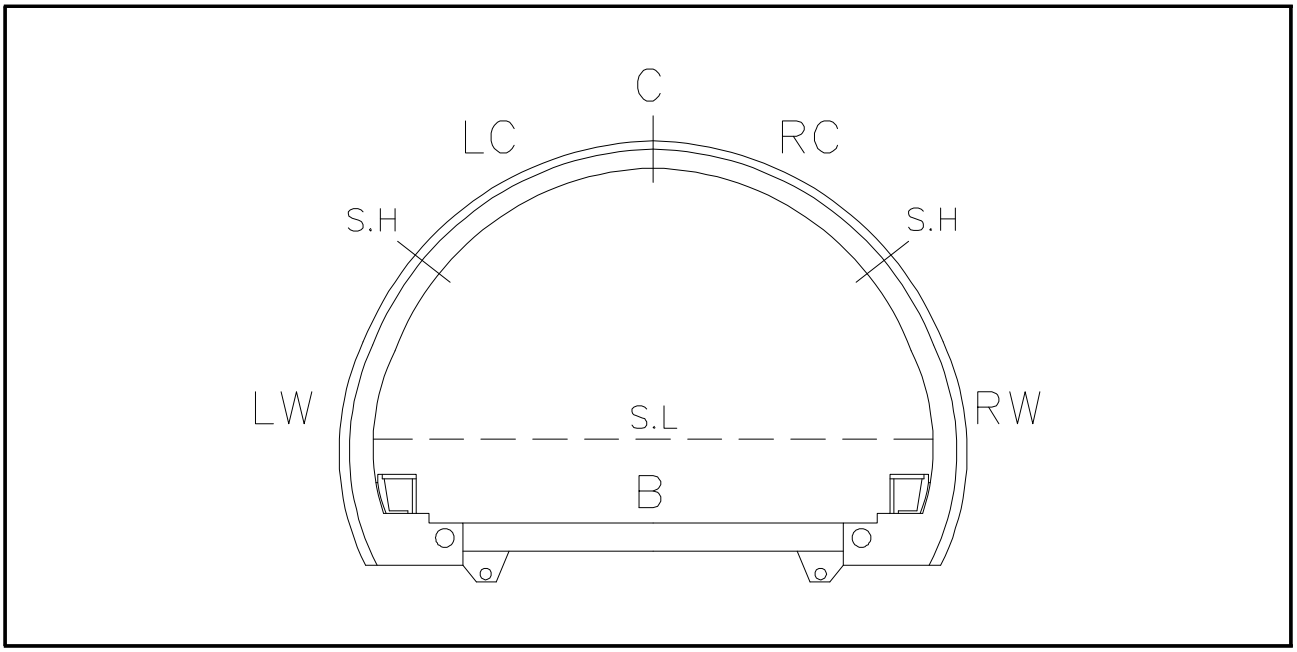
| 장비명 | 용도 | 제조회사 | 제조년도 | 사 진 |
|---|---|---|---|---|
| 반발경도 측정기 | 콘크리트(표면) 압축강도 측정 | Proceq(스위스) | 2014 | |
| 철근탐사기 | 철근위치 및 간격, 피복두께 측정 | JRC(일본) | 2011 | |
| 초음파 측정기 | 콘크리트 균열깊이 및 강도 측정 | ULTRACON-170 | 2012 | |
| 탄산화 측정기 | 경화콘크리트 탄산화 깊이 측정 | 삼천화학(주) | 2010 | |
| 균열폭 측정 현미경 | 균열폭 크기 측정 | PEAK(일본) | 2012 |  |
| 교량 점검차 (고소작업차) | - | - | - | |

# 1.6 터널기호의 정의

## 1.6.1 터널 기호

【표 1.5】터널기호의 정의

| 구 분 | | 내 용 |
|---|---|---|
| 천 정 부 | LC | 천정중심에서 좌측 어깨사이의 구간 |
| | RC | 천정중심에서 우측 어깨사이의 구간 |
| 우측벽부 | RW | 터널 우측어깨에서 바닥사이의 구간 |
| 좌측벽부 | LW | 터널 좌측어깨에서 바닥사이의 구간 |
| 스프링 라인 | SL | 터널의 단면에서 상반하치가 시작되는 선 |
| 바닥(포장면) | B | 터널 바닥 포장면 |




【그림 1.9】터널 ID 부여

## 1.6.2 일련번호(n)

- 터널의 일련번호 n은 부재(Span) ID의 뒤에 터널시점에서 터널종점방향으로 순차적으로 증가하면서 부여한다.

  작성 예) S1, S2, S3 · · · · · ·

# 제 2장 자료수집 및 분석

## 2.1 자료수집 현황

## 2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

## 2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

## 2.4 보수.보강 이력

## 2.5 시설물의 내진설계 여부

## 2.6 자료분석 결과요약

# 제 2장 자료수집 및 분석

## 2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

### 2.1.1 자료수집 현황

본 구조물에 관련된 자료는 주로 설계 및 시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 관련된 자료 등이며, 관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음과 같다.

【표 2.1】 자료수집 현황

| 보존대상 목록 | | 관리주체 보유현황 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 설계 도서 | ◇ 공통<br>- 공사시방서 - 구조계산서<br>- 일반보고서 - 토질조사보고서<br>- 초기점검보고서 | ○ | ◇ 천안-논산간 고속도로 건설공사 제2공구<br>- 공사시방서<br>- 구조계산서<br>- 일반보고서<br>- 토질조사보고서<br>- 초기점검보고서 |
| | ◇ 설계도면<br>- 위치도, 평면도, 단면도(종·횡)<br>- 각 부재별 상세도 | ○ | |
| 시설물 관 리 대 장 | ◇ 기본현황<br>◇ 상세제원<br>◇ 유지관리 이력 | ○ | ◇ 시설물정보관리종합(FMS) 시스템 내 시설물관리대장 |
| 시공 관련 자료 | ◇ 시공관련 자료<br>◇ 품질관리 관련자료<br>◇ 사고기록 | ○ | ◇ 시설물정보관리종합(FMS) 시스템 내 설계도서 |
| 안전점검 및 정밀안전진단 자료 | | ○ | ◇ 발주처 요청 |
| 보수·보강 자료 | | ○ | |

# 2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “천안-논산간 고속도로 건설공사 제2공구”의 구조계산서와 수리계산서, 토질조사 보고서, 일반보고서(실시설계보고서), 초기점검 보고서, 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

## 2.2.1 일반보고서

### 가. 과업의 목적

본 과업은 충남내륙의 간선도로망 체계의 보강과 백제문화권등 관광 부존자원의 개발 및 이용을 확대화하고 호남권과 수도권을 연결함으로써 접근성을 제고하고 경부 및 호남고속도로의 대체 기능을 수행할 수 있도록 하기 위하여 천안-공주-호남권 연결고속도로(천안~정안)을 건설하기 위해 실시설계를 수행하는 데 그 목적이 있다.

### 나. 과업의 범위

#### 1) 과업명

천안~논산간 고속도로 건설공사 제2공구 보완설계(광덕~정안)

#### 2) 과업구간 및 기간

천안~논산간고속도로 제2공구의 설계구간은 다음과 같다.

【표 2.2】 설계구간

| 노선명 | 구분 | 행정구역 | 연장 |
|---|---|---|---|
| 천안~논산간 고속도로 (광덕~정안) | 시점 | 충남 논산시 광석면 무학리(천안기점 : 11+040) | 7.783km |
| | 종점 | 충남 공주군 정안면 인풍리(천안기점 : 18+823) | |

【표 2.3】 과업기간

| 구 분 | 기간 | 비 고 |
|---|---|---|
| 전체과업 | 1997. 10. 16 ~ 1998. 04. 30 (197일간) | |
| 1차과업 | 1997. 10. 16 ~ 1997. 12. 31 (77일간) | |
| 2차과업 | 1998. 01. 01 ~ 1998. 12. 31 (120일간) | |

## 나. 과업수행 결과요약

### 1) 목포년도 설정 및 장래교통량

• 공용기간 : 20년 • 공용개시년도 : 2002년 • 목표연도 : 2021년

【표 2.4】 장래교통량

| 구분 | 교 통 량 (대/일) | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2002 | 2011 | 2021 | |
| 풍세IC~정안IC | 44,120 | 68,548 | 93,200 | |
| 정안IC~북공주JCT | 37,459 | 57,967 | 79,174 | |

### 2) 설계기준

① 도로의 구분 : 자동차 전용도로(지방부 고속도로)

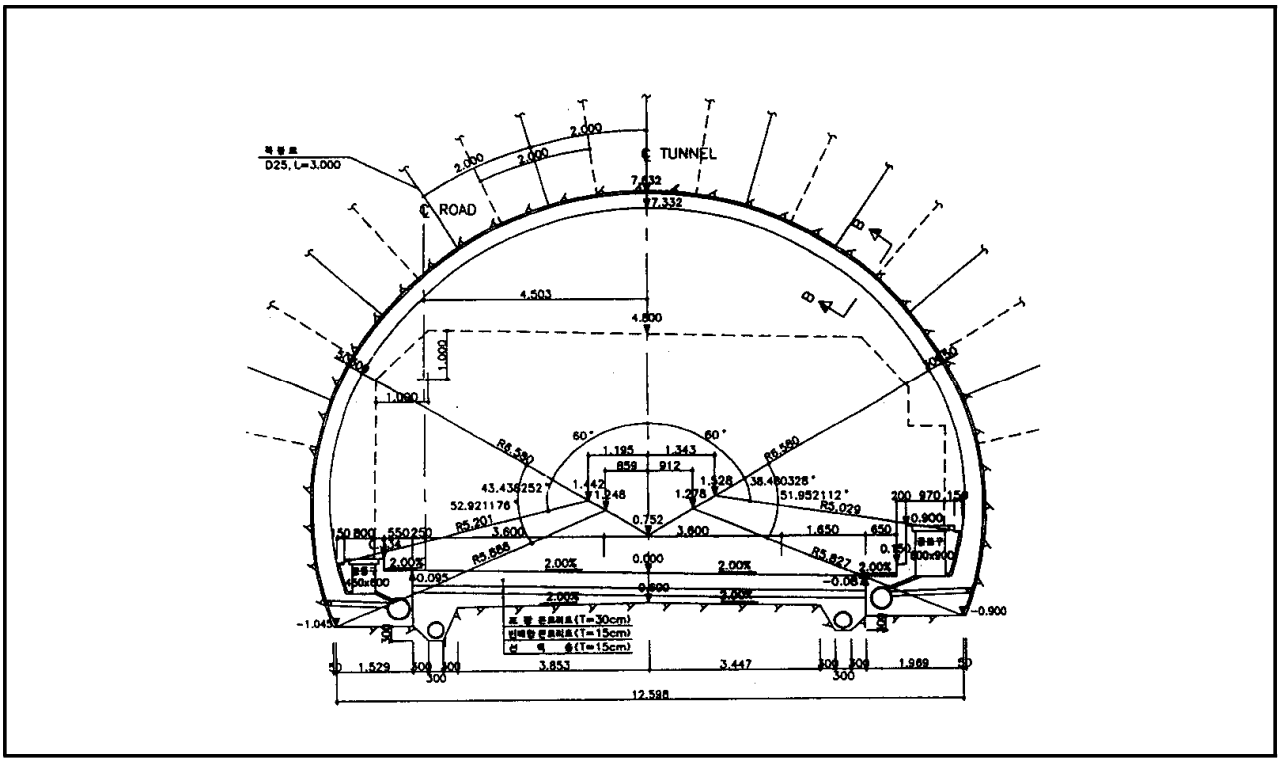
② 설계속도 : 본 선 : 120km/hr

③ 도로폭원 : 23.4m

• 차로폭 : 4@3.60 = 14.40m • 길어깨폭 : 2@3.00 = 6.00m

• 중앙분리대 : 3.0m • 보호길어깨폭 : 2@0.50 = 1.00m

④ 표준횡단면도




【그림 2.1】 본선 터널구간 표준횡단면도

## 2.2.2 일반보고서(실시설계)

### 가. 개요

천안~논산간 고속도로(천안-정안간) 건설공사 실시설계(제2공구)로서 행정구역상 충남 천안군 광덕면 무학리에서 충남 공주시 정안면 인풍리에 위치하는 본 차령터널은 연장 2,420m에 이르는 장대터널로서 무학산(△401m), 봉수산(△366m) 등 지세가 험준하고 굴곡이 심한 차령산맥을 관통하게 된다.

이러한 험준한 지형과 수려한 자연환경을 갖는 지역에 고속도로 선형기준, 자연환경 보존 및 주행시간 등을 고려할 때 장대터널로 계획하는 것은 필연적이다. 본 과업은 호남지방으로의 교통량 증가로 인해 기존 23번 국도의 기능저하에 따른 국토의 균형 발전의 필연적인 단계로 인식되며 생활 환경의 편익과 산업 활동의 원활을 기하는데 큰 역할을 할 것으로 사료된다.

### 나. 터널현황

【표 2.5】 차령터널(천안) 터널 현황

| 구 분 | 위 치 | | 연장(m) | 환기방식 | 갱문형식 | | 종단구배(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 시 점 | 종 점 | | | 시점 | 종점 | |
| 차령터널 | 0K + 715 | 3K + 075 | 2,420 | 제트팬 | 원통절개식 | | ± 1.300 |

### 다. 설계기준

#### 1) 터널의 선형

【표 2.6】 터널의 선형

| 구 분 | 도로구조령 및 도로설계요령 | 차령터널 |
|---|---|---|
| ① 평면선형 | ◇ 지형, 지질, 주행성과 시공성을 고려하여 직선 혹은 큰 반경의 곡선 사용<br>◇ 폭원 4.99m(1차로 3.6+측대 1.0+시설대 0.39)<br>◇ 설계속도 100㎞/hr 일 때<br>◇ 최소곡선반경은 : 1,567m | 직선 |
| ② 종단선형 | ◇ 주행안전성, 환기, 방재설비, 배수 및 시공성 고려하여 0.3~2.0%사이 구배사용 바람직 | ± 1.8495% |
| ③ 표준횡단구배 | 2% | 2% |
| ④ 최대 편구배 | 6% | |

### 2) 터널횡단 구성

- 내장에 필요한 폭 5㎝ 이상을 확보하며
- 조명 등은 터널 벽체 및 내장사이의 상부에 설치하고
- 방재설비(전화, 소화기, 소화전, 감지기, 신호표식 ….)와 계측기구(GAS계, 교통감지 카메라 ….) 등에 대한 설치폭 35㎝는 시설대에 설치하며
- 유지보수 및 배수구, 공동구를 고려할 때 다음 표와 같은 단면 구성이 요구된다.

【표 2.7】 국내설계 및 시공사례

| 구 분 | 총 폭 | 차선폭 | 측방여유폭 | 시설대 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 중앙, 영동, 서해안 고소도로터널 | 9.98 | 3.60 | 1.0 | 0.39 | 일반표준도 |
| 상주터널 (상행선) | 11.051 | 3.60<br>3.60 | 1.0<br>1.75 | 0.741<br>0.36 | 터널연장:1,670m<br>추월차로측<br>주행차로측 |
| 죽령터널 | 10.738 | 3.60<br>3.60 | 1.0<br>1.75 | 0.514<br>0.274 | 터널연장:4,740m<br>추월차로측<br>주행차로측 |

## 라. 실시설계

### 1) 본선터널

① 개요

일반적으로 터널은 단면에 따라 공사비에 미치는 영향이 가장 크므로 터널의 기능에 따라 가장 적절하고 경제적인 단면을 결정해야 하는 것이 터널설계의 기초단계에서 가장 중요한 결정요소이다.

터널의 단면은 차도폭, 축대폭 및 보도폭에 의한 총폭원이 결정되면 차량의 소요건축한계, 환기설비, 방재설비, 내장 및 조명설비, 여유공간 등을 고려하여 “도로구조 · 설계기준에 관한 규정”에 부합되도록 내공단면을 결정한다.

본 터널은 장대터널로서 터널등급이 “A”등급에 해당되므로 감시원통로의 추가설치가 요구되는바 이 요소가 상기의 일반적 조건에 추가되어야 한다.

또한 단면선형은 터널의 안전성을 고려해서 통상 3심원의 마제형이 채용되고 있으나 지반조건이 양호한 경우에는 5심원의 편평단면을 채용하는 경우도 있으며, 반대로 지반조건이 나쁘고 토압이나 수압이 큰 곳에서는 원형 혹은 원형에 가까운 형성으로 하여야한다.

따라서 건축한계와 라이닝 사이에 어느 정도의 공간이 필요하며, 이들 공간은 터널 부대

설비의 설치장소로서 이용되고 이들을 효율적으로 배치해서 불필요한 공간의 발생을 최소화하는 것이 중요하다.

본 터널 내공단면 결정시 고려해서 할 조건은 다음과 같다.

- 도로규격 고속도로(설계속도 120㎞/hr)의 건축한계를 만족한다.
- 차령 터널은 연장 2,420m의 장대터널로서 방재등급 “A” 이므로 폭 75㎝, 높이 2m의 감시원 통로를 확보하고 내부 라이닝면과의 여유는 시공오차를 고려하여 5㎝의 여유가 필요
- 종류식 환기이므로 천정부 제트팬(φ1,250)설비가 가능한 공간과 건축한계 상단에서 제트팬 사이에는 20㎝이상의 여유공간이 요구된다.
- 건축한계는 폭 10.7m, 높이 4.8m를 채택하고 내장에 대한 여유로서 내장판의 설치여유 폭 30㎜이상을 확보할 것

② 설계조건

- 평면선형 : 직선
- 도로규격 : 고속도로 (산지부)
- 폭원구성 : W=10.7 (차도부 2@3.600=7.200)
  노견부 : 3.5m (좌측 : 1.0m, 우측 : 2.5m)
- 설계속도 : 120㎞/hr
- 건축한계 : 4.8m
- 포 장 공 : 표층 30㎝, Lean Con’c내면의 여유량으로 50㎜이상 확보
  터널 입·출구 전 50m는 본선 포장두께 적용함
- 배 수 공 : 현장타설측구
- 시공오차 : 건축한계 라이닝 Con’c내면의 여유량으로 50㎜이상 확보
- 오버레이 : 건축한계 (주차부 H=4.800m에 포함)
- 횡단구배 : 2%
- 감시원 통로

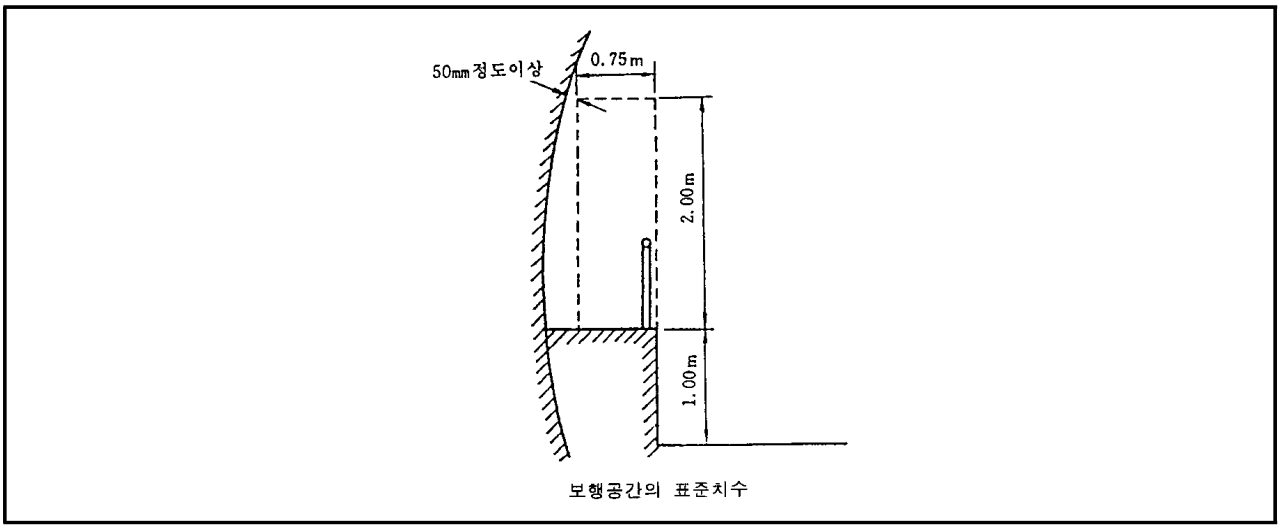
터널의 측벽부에 있는 주차건축한계 이외의 여유부를 감시부라 하고, 감시부중 보조점검 작업원의 안전성 확보를 목적으로 구조상 대응하도록 관리용 통로로 확보해 두는 것을 감시원통로라 한다.

터널내 환기, 조명, 방재 등에 관련된 각종 설비기계를 설치해 두고, 이들의 기능을 유지토록 하기 위해서 일정 빈도의 보조 점검작업이 필요하며 또한 보조점검 등에 따른 교통규제가 생기게 되므로 이용자에 대한 서비스도 저하한다. 이들은 감시원통로를 설치함으로서 완화시킬 수 있으므로 거의 모든 터널에 설치하고 있다.

가능하다면 터널 내부에 설치된 설비기기의 순회점검이나 보수작업의 안전성을 확보하기 우해서 터널 양쪽에 감시원 통로를 설치하는 것이 안전하다는 것을 말할 필요가 없다. 그러나 터널단면 확대를 위한 건설비 증가가 크고 여러기기 중에서 터널의 양쪽 모

두에 설치되는 것은 조명기구를 제외한다면 유도표시판뿐이라는 점을 종합적으로 판단할 때 감시원통로는 원칙으로 한쪽옆(주행차선옆)에 설치하는 것이 좋다.

따라서 본 차령터널은 기존 고속도로 터널의 실적을 감안하여「6.3.6 부대시설 다향의 감시원 통로 설치비교」에서 채택된 방안과 같이 감시원통로를 주행차선측에만 설치하는 것으로 한다.




**【그림 2.2】보행공간의 표준치수**

• 내장

양호한 시거환경 확보와 주행조건 향상 등을 목적으로 터널벽면에 내장을 설치한다.

특히 고속도로터널에서는 주행차량의 속도가 빠르므로 운전자에게 양호한 시거환경을 갖도록 하는 것이 중요하다.

터널내장의 목적은

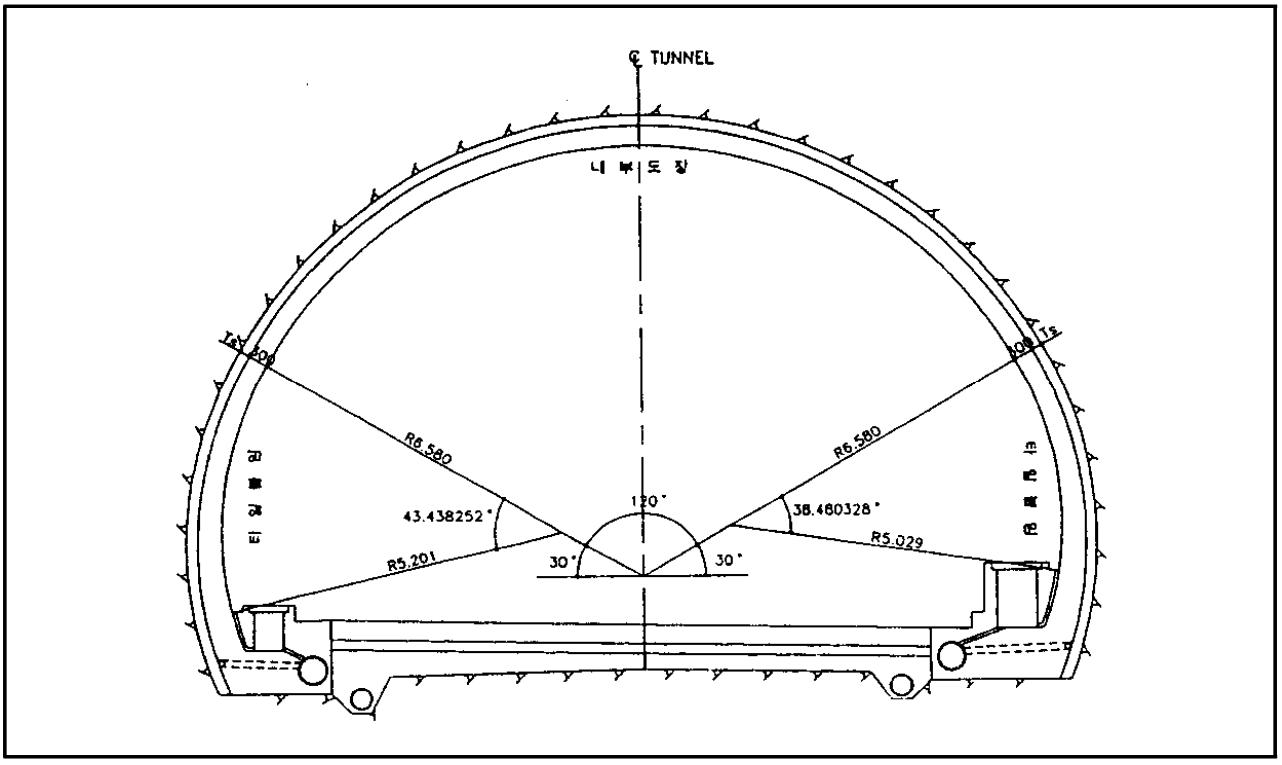
- 터널내 조명을 균등히 반사시켜 조명효과를 향상시킨다.]
- 터널벽면의 위치를 운전자에게 쉽게 인지시켜 교통의 안전을 유도한다.
- 터널벽면의 요철을 균등히 반사시켜 조명효과를 향상시킨다.

국내 고속도로 터널의 내장은 좌·우측 벽면에만 설치하고 있으나 내장벽의 설치 높이에 대해서는 일률적으로 규정된 값이 없어 터널 측벽 내공반지름(R1) 주변정도로 설치되고 있는 실정이다.

차령터널은 연장 2,420m로서 방재등급이 “A”급에 속하는 터널이므로 구분 Ⅰ를 분류하였다.

내장판은 다음 그림과 같이 좌·우측벽면측에 설치하는 것으로 하고 내장벽의 높이는 구분Ⅰ를 채용하여 3m 정도로 한다.

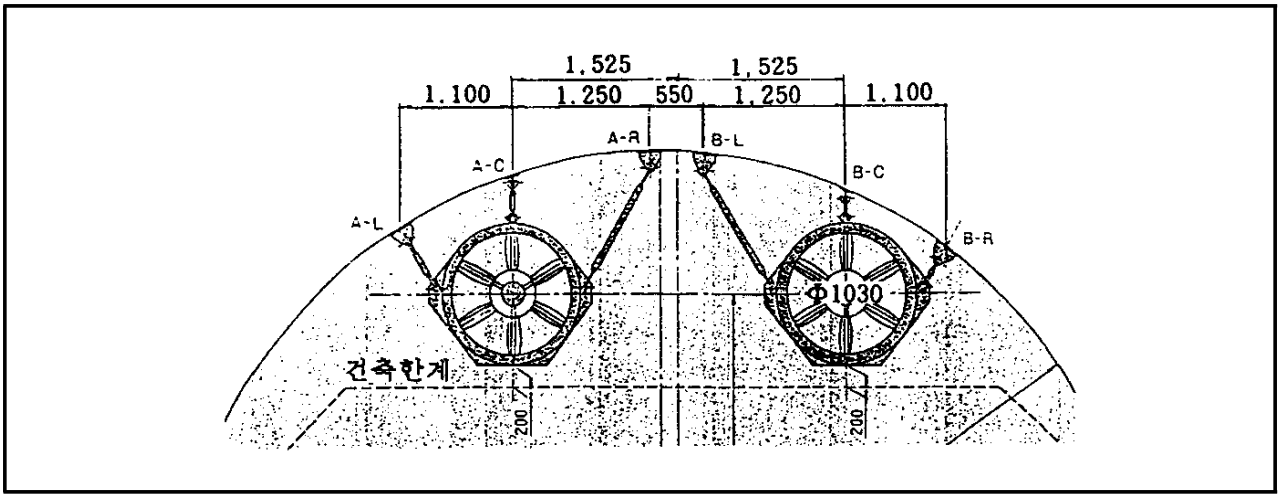
단 건축한계(노견부)에는 영향을 주지 않는 높이로 계획한다.




【그림 2.3】 내장판의 설치위치

• 제트팬(φ1,250) 부착 여유고

환기설비기계로 터널 단면내에 설치하며 터널단면 형상결정에 큰 영향을 미치는 제트팬은 차도부 건축한계상부에 설치하는 것으로 하고 그 부착여유량은 다음 그림과 같다.




【그림 2.4】 제트팬 부착 위치도

제트팬의 설치방법에는 고정식과 자유매달기식이 있는데, 산악터널에서의 제트팬 부착방법은 천정에 매다는 방식이 보통이며 제트팬 외경과 천정벽면까지의 이격거리는 거의 0.5D (D : 제트팬 외경)를 표준으로 하고 있다. 이 정도 떨어지면 팬에 의한 분출바람이 터널벽면에 의해 마찰저항을 받아 승압효과가 감소하는 등의 영향은 거의 없다.

## 2.2.3 기 정밀안전진단 분석

### 가. 외관조사 결과

| 구 분 | 기존 정밀안전진단 (2013년) | 비 고 |
|---|---|---|
| 갱구부 | ·국부적인 균열, 망상균열, 파손, 도장박리 | ·손상부에 대한 진전은 없는 상태<br>·망상균열부 표면처리<br>·폭 0.3㎜이상 균열부 주입보수<br>·박리 및 파손 단면보수 |
| 갱구부 사면 배수로 | ·갱구부 사면 양호<br>·배수로내 부분적인 이물질 적체 | ·흐름방해 요인 발생 여부에 대한 주의관찰 |
| 라이닝 | ·균열(CW=0.3㎜미만)<br>·망상균열, 보수부 재균열(CW=0.3㎜미만)<br>·균열(CW=0.3㎜이상), 누수, 백태<br>·시공이음부 박리, 박락, 파손 | ·지속적 주의관찰<br>·표면처리<br>·균열부 주입보수<br>·손상부 제거후 단면보수 |
| 측벽 | ·균열(CW=0.3㎜미만)<br>·망상균열<br>·균열(CW=0.3㎜이상), 균열부 백태<br>·라이닝 콘크리트 파손 및 박락<br>·타일 균열(CW=0.3㎜미만), 누수 및 백태<br>·타일 균열(CW=0.3㎜이상), 파손, 탈락<br>·신축이음부 및 시공이음부 줄눈 균열, 박락 | ·지속적 주의관찰<br>·표면처리후 주의관찰<br>·균열부 주입보수<br>·손상부 제거후 단면보수<br>·지속적 주의관찰<br>·타일교체<br>·줄눈보수 |
| 공동구 | ·균열(CW=0.3㎜미만)<br>·파손, 재료분리<br>·이물질 퇴적, 소각흔적 | ·주입보수, 표면처리<br>·단면보수<br>·청소 및 제거 |
| PSC Box 거더 외부 | ·균열<br>·망상균열, 보수부 재균열(CW=0.3㎜미만)<br>·균열(보수부 재균열 포함)(CW=0.3㎜이상)<br>·누수 및 백태<br>·박리, 박락, 파손, 재료분리<br>·철근노출 | ·주의관찰<br>·표면처리<br>·주입보수를 통한 내구성 저하방지<br>·주의관찰 및 표면처리<br>·단면보수<br>·철근방청을 포함한 단면보수 |
| 포장면 | ·균열, 오염<br>·파손, 박리, 박락 | ·주의관찰<br>·포장면 단면보수 |
| 피난연결통로 | ·접속부 박락<br>·타일 균열 | ·단면보수<br>·타일교체 |

## 나. 내구성 조사

<table>
<tr><th>시험명</th><th colspan="8">시험 결과</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴<br>강도</td><td colspan="3">구분</td><td>설계기준(MPa)</td><td colspan="2">조사결과(MPa)</td><td colspan="2">평가결과(%)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">차령터널<br>(천안)</td><td rowspan="2">라이닝</td><td>반발경도</td><td rowspan="2">24.0</td><td colspan="2">25.7～27.6</td><td colspan="2">107.0～114.9</td></tr>
<tr><td>초음파법</td><td colspan="2">24.2～27.4</td><td colspan="2">100.8～114.3</td></tr>
<tr><td colspan="8">◦콘크리트 강도 조사결과 설계기준강도와 비교할 때 상·하부구조 모두 반발경도법과 초음파속도법에서 기준강도를 상회하는 것으로 평가되어 강도상의 문제점이 없는 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근<br>탐사</td><td colspan="2" rowspan="2">구분</td><td rowspan="2">철근종류</td><td colspan="2">측정결과</td><td colspan="2">설계도면 기준</td></tr>
<tr><td>피복</td><td>간격</td><td>피복</td><td>간격</td></tr>
<tr><td>차령터널<br>(천안)</td><td>라이닝<br>콘크리트</td><td>주철근</td><td>46～50</td><td>146～151</td><td>40.5</td><td>150</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>66～68</td><td>124～132</td><td>59.5</td><td>125</td></tr>
<tr><td colspan="8">◦철근탐사를 결과, 부재별로 설계도면과 비교시 철근배근간격 및 피복두께는 상·하 구조의 부재별로 다소의 편차가 있는 것으로 조사되었으며 지속적인 점검 및 관찰을 실시한다면 문제는 없을 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">탄산화<br>깊이</td><td colspan="2">구분</td><td>탄산화 깊이<br>(㎜)</td><td>피복두께<br>(㎜)</td><td>탄산화잔여깊이<br>(㎜)</td><td colspan="2">결 과</td></tr>
<tr><td>차령터널<br>(천안)</td><td>라이닝</td><td>5.3～8.2</td><td>46～50</td><td>39.2～43.8</td><td colspan="2">a</td></tr>
<tr><td colspan="8">◦탄산화시험 수행 결과 측정 심도는 라이닝 5.3㎜～8.2㎜로 조사되어 건전성 평가 기준에 의거 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상인 『 a 』 로 평가되었으며, 탄산화에 의한 철근 부식 등 내구성 저하의 가능성은 적을 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="14">염화물</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td rowspan="2">깊이(㎜)</td><td colspan="2">염화물 함유량</td><td rowspan="2">결 과</td></tr>
<tr><td>Cl-(%)</td><td>Cl-(kg/㎥)</td></tr>
<tr><td rowspan="12">차령터널<br>(천안)<br>라이닝</td><td rowspan="3">3 SPAN</td><td>0～10</td><td>0.007</td><td>0.158</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～30</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>30～50</td><td>0.003</td><td>0.068</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="3">80 SPAN</td><td>0～10</td><td>0.01</td><td>0.226</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～30</td><td>0.006</td><td>0.136</td><td>a</td></tr>
<tr><td>30～50</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="3">84 SPAN</td><td>0～10</td><td>0.009</td><td>0.204</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～30</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>30～50</td><td>0.003</td><td>0.068</td><td>a</td></tr>
<tr><td rowspan="3">144 SPAN</td><td>0～10</td><td>0.008</td><td>0.181</td><td>a</td></tr>
<tr><td>10～30</td><td>0.005</td><td>0.113</td><td>a</td></tr>
<tr><td>30～50</td><td>0.003</td><td>0.068</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="8">◦안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)을 토대로 전염화물에 대하여 평가하였으며, 채취한 시료의 전염화물 함유량 분석결과, 염화물함유량이 낮아 부식발생 우려가 없는 상태인 a로 평가되었다.</td></tr>
</table>

| 시험명 | 시험 결과 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 균열 깊이 | 측 정 위 치 | | 초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$sec) | | 균열폭 (㎜) | 최 소 피복두께 (㎜) | 균 열 깊 이 (㎜) |
| | | | 균열부 (Tc) | 건전부 (To) | | | |
| | 차령터널 (천안) 라이닝 | 80SPAN | 103.5 | 29.4 | 0.3 | 100 | 168.8 |
| | | 82SPAN | 125.7 | 35.1 | 0.3 | 100 | 171.9 |
| | | 208SPAN | 131.2 | 33.6 | 0.3 | 100 | 188.7 |
| | ◦ 균열깊이의 측정은 Cw=0.3㎜의 균열을 대상으로 실시하였으며 균열깊이는 159.6㎜～190.4㎜로 측정되어 관통균열은 아닌 것으로 조사되었으나, 철근 피복두께 이상 균열이 진행되어 주입보수를 실시하고 추가진전 여부 등을 면밀히 검토하여야 할 것으로 판단된다. | | | | | | |

주) 피복두께는 철근탐사 실측치 및 설계도면(순피복) 적용.

## 다. 안전성평가

### 1) 숏크리트 안전성평가

| 시설물 안전성평가 결과 산정표 | | | |
|---|---|---|---|
| 시설물명 | 차령터널(천안) | 표번호 | <표 5.11> |
| 부재구분 | 변위 또는 응력 | 안전성 여부 (안전, 불안전) | 비 고 |
| ◦변위발생경향 | (단위:㎜) | | - 정성적표현 |
| - 천단변위 | 3.849 | 안전 | |
| - 내공변위 | 2.095 | 안전 | |
| ◦응력발생경향 | (단위:MPa) | | - 정성적표현 |
| - 휨압축응력 | 2.38 | 안전 | |
| - 전단응력 | 0.032 | 안전 | |
| 안전성평가 결과 | ◦ 안전성 평가 결과 : 안전 | | |

### 2) 내부 라이닝 안전성평가

| 시설물 안전성평가 결과 산정표 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 부재구분 | | 안전율(SF) | 평가결과 | 비 고 |
| 천단부 | 모멘트 | 1.530 | a | |
| | 축력 | 1.530 | a | |
| | 전단력 | 1.201 | a | |
| 측벽부 | 모멘트 | 1.899 | a | |
| | 축력 | 1.899 | a | |
| | 전단력 | 1.276 | a | |
| 안전성평가 결과 | | ◦최저 안전성평가 결과 = a | | |

## 라. 상태평가 및 안전등급

### 1) 상태평가 결과

| 구 분 | 구조형식 | | 결함지수 | 상태평가 결과 | 연장 (m) | 연장비 | 결함지수X 연장비 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 차령터널 (천안) | NATM | 철근콘크리트 | 0.207 | B | 368 | 0.152 | 0.031 |
| | | 무근콘크리트 | 0.236 | B | 2052 | 0.848 | 0.200 |
| **합 계** | | | | | **2420** | **1.000** | **0.232** |

| 결 함 지 수 | 0.280 |
|---|---|
| 터널상태평가 결과 | B |

### 2) 종합평가 및 안전등급

| 구 분 | 안전성평가등급 | 상태평가등급 | 안 전 등 급 |
|---|---|---|---|
| 차령터널(천안) | A | B | B |

## 마. 보수·보강 방안

### 1) 차령터널(천안) 보수·보강 방안

| 부재 | 결함내용 | 보수방안 | 손상 물량 | 보수 물량 | 단위 | 단가 (천원) | 공사비 (천원) | 우선 순위 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 갱구부 | 균열 (Cw=0.3㎜이상) | 주입보수 | 13.0 | 19.5 | m | 93 | 1,814 | 1 | 하자 |
| | 망상균열 | 표면처리 | 3.25 | 4.87 | ㎡ | 11 | 54 | 3 | 하자 |
| | 박 리 | 단면복구 | 2.0 | 3.0 | ㎡ | 330 | 990 | 2 | 하자 |
| 천단부 | 균열 (Cw=0.3㎜이상) | 주입보수 | 114.3 | 171.45 | m | 93 | 15,945 | 1 | 하자 |
| | 균열부 백태 | 표면처리 | 0.8(m) | 0.3 | ㎡ | 11 | 3 | 3 | 하자 |
| | 보수부 재균열 (Cw=0.3㎜미만) | 표면처리 | 171.8 (m) | 64.43 | ㎡ | 11 | 709 | 3 | 하자 |
| | 보수부 재균열 (Cw=0.3㎜이상) | 주입보수 | 323.2 | 459.8 | m | 93 | 42,761 | 1 | 하자 |
| | 누수 및 백태 | 표면처리 | 0.03 | 0.04 | ㎡ | 11 | 1 | 3 | 하자 |
| | 망상균열 | 표면처리 | 196.86 | 295.29 | ㎡ | 11 | 3,248 | 3 | 하자 |
| | 박 락 | 단면복구 | 0.33 | 0.49 | ㎡ | 330 | 162 | 2 | 하자 |
| | 박 리 | 단면복구 | 1.32 | 1.98 | ㎡ | 330 | 653 | 2 | 하자 |
| | 백 태 | 표면처리 | 0.2 | 0.3 | ㎡ | 11 | 3 | 3 | 하자 |
| | 파 손 | 단면복구 | 0.07 | 0.1 | ㎡ | 330 | 33 | 2 | 하자 |
| 측벽 | 전기설비 덮개탈락 | 재설치 | 1 | 1 | ea | 50 | 50 | 3 | 하자외 |
| | 줄눈균열 | 줄눈보수 | 1.0 | 1.5 | m | 50 | 75 | 3 | 하자외 |
| | 줄눈몰탈박락 | 줄눈보수 | 3.63 | 5.44 | ㎡ | 50 | 272 | 3 | 하자외 |
| | 타일균열 (Cw=0.3㎜이상) | 교체 | 32 | 32 | ea | 10 | 320 | 3 | 하자외 |
| | 타일탈락 | 교체 | 12 | 12 | ea | 10 | 120 | 3 | 하자외 |
| | 타일파손 | 교체 | 441 | 441 | ea | 10 | 4,410 | 3 | 하자외 |
| 배면 | 공 동 | 그라우팅 | 9.0 | 13.5 | m | 300 | 4,050 | 1 | 하자 |
| 공동구 | 균열 (Cw=0.3㎜이상) | 주입보수 | 327.1 | 490.65 | m | 93 | 45,630 | 1 | 하자 |
| | 보수부 재균열 (Cw=0.3㎜미만) | 표면처리 | 1.5(m) | 0.56 | ㎡ | 11 | 6 | 3 | 하자 |
| | 보수부 재균열 (Cw=0.3㎜이상) | 주입보수 | 8.1 | 12.15 | m | 93 | 1,130 | 1 | 하자 |

| 부재 | 결함내용 | 보수방안 | 손상 물량 | 보수 물량 | 단위 | 단가 (천원) | 공사비 (천원) | 우선 순위 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 공동구 | 박 리 | 단면복구 | 0.12 | 0.18 | ㎡ | 330 | 59 | 2 | 하자 |
| | 백 태 | 표면처리 | 0.05 | 0.07 | ㎡ | 30 | 2 | 3 | 하자 |
| | 재료분리 | 단면복구 | 0.4 | 0.6 | ㎡ | 330 | 198 | 2 | 하자 |
| | 철근노출 | 단면복구 | 0.33 | 0.49 | ㎡ | 350 | 172 | 1 | 하자 |
| | 파 손 | 단면복구 | 2.65 | 3.97 | ㎡ | 330 | 1,310 | 2 | 하자 |
| | 표면열화 | 단면복구 | 1.80 | 2.7 | ㎡ | 330 | 891 | 3 | 하자 |
| | 덮개파손 | 교체 | 48 | 48 | ea | 50 | 2,400 | 2 | 하자외 |
| | 부 식 | 재도장 | 0.21 | 0.31 | ㎡ | 20 | 6 | 3 | 하자외 |
| | 타일 균열 (Cw=0.3㎜이상) | 교체 | 48 | 48 | ea | 10 | 480 | 3 | 하자외 |
| | 타일탈락 | 교체 | 1 | 1 | ea | 10 | 10 | 3 | 하자외 |
| | 타일파손 | 교체 | 70 | 70 | ea | 10 | 700 | 3 | 하자외 |
| 피난 갱구 | 박 락 | 단면복구 | 0.01 | 0.01 | ㎡ | 330 | 3 | 2 | 하자외 |
| 포장부 | 포장 박락 | 포장보수 | 0.09 | 0.13 | ㎡ | 330 | 43 | 2 | 하자외 |
| | 포장 박리 | 포장보수 | 2.7 | 4.05 | ㎡ | 330 | 1,337 | 2 | 하자외 |
| | 포장 손상 | 포장보수 | 0.28 | 0.42 | ㎡ | 330 | 139 | 2 | 하자외 |
| | 포장 파손 | 포장보수 | 0.31 | 0.46 | ㎡ | 330 | 152 | 2 | 하자외 |

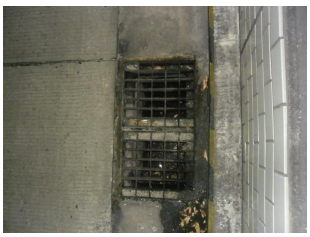
| | |
|---|---|
| 순공사비 합계 (천원) | 130,342 |
| 제경비 (순공사비×50%) | 65,170 |
| 개략공사비 (천원) | 195,512 |

| 구 분 | 1순위 | 2순위 | 3순위 | 합 계 |
|---|---|---|---|---|
| 하자 | 167,253 | 5,109 | 7,376 | 179,738 |
| 하자외 | - | 6,110 | 9,665 | 15,774 |
| 합계 | | | | 195,512 |

## 바. 유지관리방안

### 1) 점검 및 진단 시 구조부재별 중점 유지관리 항목

| 위 치 | 중점점검항목 | 점검요령 |
|---|---|---|
| <br>시・종점 갱구부 | ① 갱구부<br>- 콘크리트 균열, 박리, 파손 등의 결함 발생<br>- 상단 사면 및 배수로는 양호한 상태 | □ 공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가발생 여부<br>□ 보수후 재발생 여부<br>□ 사면 파괴징후(인장균열, 수목 기울어짐, 낙석 등) 발생 여부 |
| <br>천단부 S64(천안) 등 | ② 라인닝콘크리트(천단부)<br>- 종방향 균열, 망상균열<br>- 보수부 재균열<br>- 국부적 백태, 박리, 박락, 파손<br>- 경미한 철근노출 | □ 공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가발생 여부<br>□ 손상의 진전, 재발생 및 추가발생 여부<br>□ 공용중 탈락, 파손 여부 |
| <br>측벽부 S40(논산) 등 | ③ 좌・우측 측벽<br>- 균열, 망상균열<br>- 라이닝 콘크리트 파손, 박락, 누수 및 백태<br>- 타일 균열, 파손, 박락<br>- 시공이음부 줄눈균열 및 박락 | □ 공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가발생 여부<br>□ 손상의 진전, 재발생 및 추가발생 여부<br>□ 공용중 탈락, 파손 여부 |
| <br>공동구(논산) S24 등 | ④ 공동구<br>- 균열, 보수부재균열<br>- 누수 및 백태<br>- 박리, 박락, 파손, 재료분리<br>- 철근부식 | □ 균열의 진전, 재발생 및 추가발생 여부<br>□ 손상의 재발생 및 추가발생 여부 ‘<br>□ 공용중 탈락, 파손 여부<br>□ 보수후 재발생 여부 |

| 위 치 | 중점점검항목 | 점검요령 |
|---|---|---|
| <br>포장면(천안) S1 등 | ⑤ 바닥부(포장면)<br>- 균열, 오염<br>- 파손, 박리, 박락 | ▫ 균열의 진전, 재발생 및 추가 발생 여부<br>▫ 공용기간 증가에 따른 손상의 진전 및 추가발생 여부<br>▫ 보수후 재발생 여부 |
| <br>차령터널 E1, E2, E2 | ⑥ 피난연결통로<br>- 접속부 박락<br>- 타일 균열 | ▫ 손상의 진전, 추가 및 재발생 여부<br>▫ 타일 균열 진전 및 박리, 박락 발생 여부 |
|  <br>배수시설 전구간 | ⑦ 배수시설<br>- 전반적으로 양호한 상태 | ▫ 이물질 퇴적으로 인한 막힘 여부<br>▫ 토사유출 및 수량 변화 여부 |
| <br>차령터널 내부 조명 현황 | ⑧ 기타시설<br>- 소방방재시설 상태 양호<br>- 조명시설 관리상태 적정<br>- 교통안전시설 양호<br>- 환기시설 적정 | ▫ 소화기, 소화전 등 작동 여부<br>▫ 전구 기능상실 및 적정 조도 여부<br>▫ 교통안전시설 손상 여부<br>▫ 환기시설 부착 적정성 및 기능 유지 여부 |

### 사. 종합결론

본 터널에 대한 상태평가와 안전성평가 결과를 종합한 결과 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태인 『B등급』으로 평가되었다.

정밀안전진단 결과 터널의 구조적인 안전성 문제는 없는 것으로 평가되었으나, 라이닝 콘크리트 균열 및 시공이음부 박락 및 파손 등의 손상은 시설물의 내구성 저하 차원에서 우선적으로 보수가 필요할 것이다.

그외의 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대하여 보고서에 제시된 보수·보강과 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 시설물의 기능성 및 안전성은 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2.2.4 시공관련 자료검토

- 발주처 및 관련자료(FMS) 확인결과 시공관련 자료가 보관되어 있는 것으로 확인됨.

## 2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

본 교량은 2003년 4월 실시한 초기점검을 시작으로 현재까지 공용기간 중 초기점검 1회, 정기점검 20회, 정밀점검 6회, 정밀안전진단 1회 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음과 같다.

【표 2.8】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 초기점검 | 2003.04 | (주)아워브레인 | · 전반적으로 양호한 상태<br>· 부분적으로 단면보수 및 균열보수 필요 | A |
| 2 | 정기점검 | 2003.12 | (주)아워브레인 | · 측벽 타일부 수직균열 일부발생(주의관찰<br>· 천단부 종,횡방향 균열 다수발생, 보수필요 | - |
| 3 | 정기점검 | 2004.6 | (주)아워브레인 | · 측벽 타일 균열 및 백태 일부발생<br>· 천단부 종,횡방향 균열 다수발생, 보수필요 | - |
| 4 | 정기점검 | 2004.12 | (주)아워브레인 | · 측벽 타일 균열 및 백태 일부발생<br>· 천단부 종,횡방향 균열 다수발생, 보수필요 | - |
| 5 | 정밀점검 | 2005.6 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 전구간에 걸쳐 천단부 라이닝에 0.3㎜내외의 종·횡방향 균열이 다수 발생<br>· 균열 보수를 통한 내구성 확보가 요구됨.<br>· 기타 측면 및 그레이팅 파손등의 경미한 손상은 손상의 진행 상태 관찰을 건의함. | B |
| 6 | 정기점검 | 2005.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 천정부 및 좌·우측 벽체 하단부에 균열(폭:0.2㎜~0.5㎜) 전반적으로 발생됨 상태<br>· 입·출구부 상단 표면처리부에 콘크리트 모르터 균열 및 박락 등이 발생(보수 필요)<br>· 내구성 확보 등을 위하여 균열부에 대한 보수를 실시하며, 추후 보수부에 대하여 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요함. | - |
| 7 | 정기점검 | 2006.6 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 천정부 및 좌·우측 벽체 하단부에 균열(균열폭:0.2~0.5㎜)이 전반적으로 발생.<br>· 바닥콘크리트 덮개부 및 연석부 등에 박락 및 파손이 관찰됨.<br>· 벽면 긁힘 및 연석 파손등이 조사됨.<br>· 갱문 상단 표면마감처리부에 콘크리트 박리 및 균열등이 발생된 상태.<br>· 내구성 및 사용성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수공사가 필요한 상태이며, 시설물 유지관리 계획에 의거 지속적인 관찰을 통한 시설물의 유지관리가 필요함. | - |

【표 2.9】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 정기점검 | 2006.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 측벽 하부, 천정부에 균열 발생됨.<br>· 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨.<br>· 인버트 상부 콘크리트 덮개 박락 및 파손 등이 관찰됨.<br>· 벽체 타일 긁힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태, 갱문부 망상균열, 콘크리트 박리 박락 심화등의 손상등이 진전되는 양상으로 관찰됨.<br>· 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후, 지속적인 관찰을 통한 시설물의 유지관리가 필요함. | - |
| 9 | 정밀점검 | 2007.6 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 천단부와 벽체에 0.3㎜이상 균열 다수 발생<br>· 인버터부 콘크리트 파손, 벽체 타일 파손, 긁힘 등이 조사됨.<br>· 일부 시공조인트에 누수, 백태와 교면포장 측면부에 균열등이 조사됨.<br>· 갱문 균열 및 박락이 일부 심화된 상태임.<br>· 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후, 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함. | B |
| 10 | 정기점검 | 2007.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 측벽 하부, 천정부에 균열이 조사됨.<br>· 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨.<br>· 인버트 상부 덮개 박락 및 파손 등이 관찰됨.<br>· 벽체부 타일 긁힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태 등의 손상이 발생됨.<br>· 갱문부에 보수부 재균열이 조사됨.<br>· 구조물의 내구성 확보를 위하여 발생된 손상부에 대하여 보수가 필요하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함. | - |
| 11 | 정기점검 | 2008.06 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 측벽 하부, 천정부에 균열이 발생됨.<br>· 벽체 횡균열이 국부적으로 관찰됨.<br>· 콘크리트 덮개 박락, 파손 등이 관찰됨.<br>· 벽체부 타일 긁힘 및 연석부 파손, 누수 및 백태 등의 손상이 발생됨.<br>· 갱문 재균열 및 박락이 조사됨.<br>· 미보수된 균열 및 손상에 대하여 내구성 확보차원에서 추가적인 보수가 필요하며, 향후 지속적인 관찰을 통한 구조물의 유지관리가 필요함. | - |

【표 2.10】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 정기점검 | 2008.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 천정 및 벽체 균열, 배수시설 덮개 파손 등의 보수상태도 양호<br>· 천정 및 벽체부에 균열, 타일 긁힘 및 파손, 연석 파손, 배수시설 덮개 파손 및 박리, 누수 및 백태, 포장부 박락 등이 조사됨.<br>· 갱문 보수부 재균열, 박락, 들뜸 등이 관찰됨.<br>· 손상부에 대해서는 보수 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요하다. | - |
| 13 | 정밀점검 | 2009.06 | (주)아워브레인 | · 대체로 양호한 상태<br>· 수지주입공법, 단면보수, 정비 필요 | B |
| 14 | 정기점검 | 2009.12 | (주)아워브레인 | · 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸 등과 바닥부 콘크리트 포장의 국부적인 손상, 측벽부 및 공동구에 외부 충격에 의한 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출 등이 관찰됨.<br>· 갱문 균열 및 도장박리, 터널부사면의 경미한 손상 등이 일부 관찰됨<br>· 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태임. | - |
| 15 | 정기점검 | 2010.06 | (주)아워브레인 | · 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열, 바닥부 포장의 국부적인 손상, 측벽부 및 공동구 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갱문 균열 및 도장박리, 터널부 사면의 경미한 손상 등이 일부 관찰됨.<br>· 내구성 증진을 위하여 일부의 추가 보수와 지속적인 주의관찰이 필요함. | - |
| 16 | 정기점검 | 2010.12 | (주)아워브레인 | · 라이닝 다수 콘크리트 균열, 타일마감부 균열과 바닥부 포장 손상, 측벽부 및 공동구에 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갱문 균열 및 도장박리 등이 조사됨.<br>· 내구성 증진을 위하여 일부 보수와 지속적인 주의관찰이 필요한 상태임. | - |
| 17 | 정밀점검 | 2011.06 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태임. | B |
| 18 | 정기점검 | 2011.12 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | · 천장부 및 어깨부 라이닝의 다수 콘크리트 균열, 망상균열, 타일마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸, 박락, 반달 균열 등과 바닥부 국부적 손상, 박락 및 파손, 측벽부 및 공동구에 타일 파손, 콘크리트 파손 및 철근노출, 갱문 균열 및 도장박리 등이 조사됨.<br>· 내구성 증진을 위하여 일부 보수와 지속적인 주의관찰이 필요한 상태임. | - |

【표 2.11】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 정기점검 | 2012.06 | ㈜한길종합<br>엔지니어링 | ·라이닝에 다수 콘크리트 균열, 망상균열, 타일 마감부 균열, 조인트 부위 균열 및 들뜸, 박락, 누수흔적 및 백태 등의 손상이 있음.<br>·포장 국부적 박락 및 파손, 측벽부 및 공동구 타일 파손 등이 조사됨.<br>·갱문에는 균열 및 도장박리, 망상균열, 들뜸 등의 손상이 관찰됨.<br>·지속적인 주의관찰 및 보수를 실시한다면 공용중 구조물의 사용성에 문제가 없을 것으로 판단됨. | - |
| 20 | 정밀안전<br>진단 | 2013.06 | 비엔티<br>엔지니어링(주) | 갱구부 균열, 박리, 파손 등, 라이닝 콘크리트 균열, 보수부 재균열, 박리, 박락, 파손, 라이닝 측벽 타일 균열, 파손, 탈락 등, 공동구, 균열, 보수부 재균열, 누수 및 백태, 철근노출 등, 포장면 균열, 박리, 박락 등, 피난연결통로 타일 균열, 등 | B |
| 21 | 정기점검 | 2013.12 | (주)아워브레인 | 정기점검 결과, 대상시설물은 이전 정밀안전진단 이후 천안방향의 본선라이닝 등에서 다수의 보수가 시행되었으며 전반적인 상태는 양호한 것으로 판단된다. 기발생된 주요손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 다수 균열, 타일 탈락, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며 그 외 바닥부 콘크리트 포장 및 공동구의 국부 단면손상 등이 관찰되었다. 관찰된 손상중 신규발생 또는 진전이 뚜렷한 손상은 거의없는 것으로 판단되나 내구성 저하방지 및 손상확대 예방을 위한 일부 추가 보수가 필요한 상태이다. 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 대체로 양호한 상태로 조사되었다. 따라서, 상기 기술된 손상에 대한 일부 보수와 지속적인 점검을 통한 손상 진전여부의 관찰을 실시한다면 터널의 건전한 상태 유지에 문제가 없을것으로 판단된다. | - |

【표 2.12】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 정기점검 | 2014.06 | (주)아워브레인 | 정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 '양호'인 것으로 판단되며, 이전 점검이후 논산방향 본선라이닝 균열, 조인트부 단면손상 등에서 다수의 보수가 시행된 것으로 확인되었으며 전회 실시한 천안방향의 보수상태도 대체로 양호한 것으로 판단된다. 기발생된 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 다수 균열, 백태, 타일 탈락, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며, 바닥부 콘크리트 포장 및 공동구의 국부 단면손상 등이 관찰되었다. 기발생된 손상은 신규발생이 거의 없고 및 뚜렷한 진전을 보이는 것은 아닌 것으로 조사되었으며 주요손상에 대해서는 대체로 보수를 실시한 상태이다. 현시점에서는 기보수부위의 재손상 여부, 일부 미보수된 구간의 손상 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 바람직한 것으로 판단된다. 그 외 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 대체로 양호한 상태로 조사되었다. | - |
| 23 | 정기점검 | 2014.12 | (주)아워브레인 | 정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 '양호'인 것으로 판단되며, 이전점검 이후 논산방향 본선라이닝 균열, 조인트부 단면손상, 공동구 덮개 파손 등에서 보수가 시행된 것으로 확인되었다. 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 균열, 타일 탈락 및 균열, 조인트부 국부적인 단면손상 등이 있으며, 콘크리트 포장 및 공동구의 단면손상 등이 조사되었다. 기발생된 손상은 신규발생은 거의 없고, 손상의 진전도 없는 것으로 조사되었으며, 일부 미보수된 구간의 손상 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 바람직한 것으로 판단된다. 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 양호한 상태로 조사되었다. | - |

【표 2.13】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 정밀점검 | 2015.06 | (주)아워브레인 | 차령터널(천안)에 대한 정밀점검 결과, 본 시설물은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없는 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다. 13년도에 실시한 정밀안전진단 이후 조사된 손상에 대한 하자보수가 실시된 것으로 관찰되었으며, 보수부의 상태도 양호한 것으로 조사되었다. 조사된 주요 손상으로는 라이닝 균열 및 재균열, 공동, 들뜸, 국부 탈락, 타일 파손, 철근 피복부족, 포장부 균열 및 파손, 공동구 긁힘 및 파손 등이 발생되었다. 기 발생된 손상현황은 이전 점검과 비교시 손상의 진전은 미미한 상태이로 진전시 보수를 고려하는 유지관리를 실시하는 것이 바람직하며, 특히 조인트부에 발생한 들뜸 및 박락에 대해서는 포장부로 낙하시 주행차량에 영향을 미칠수 있으므로 세심한 관찰을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다. | B |
| 25 | 정기점검 | 2015.12 | (주)아워브레인 | 정기점검 결과, 대상 시설물의 상태는 터널의 안전성을 저해할 만한 주요 부재의 심각한 손상은 없는 ‘양호’한 상태로 판단되며, 다만 유지관리차원에서 일부 보수를 요하는 손상이 발생된 상태이다. 이전 점검이후 본선라이닝 조인트부 단면손상, 배수구 그레이팅 교체 등의 보수가 시행된 것으로 확인되었다. 주요 손상으로는 라이닝 천단부 및 측벽부의 균열, 타일 탈락 및 균열, 조인트부 국부적인 단면손상, 철근피복두께 부족 등이 있으며, 콘크리트 포장 및 공동구의 단면손상 등이 관찰되었다. 기 조사된 손상의 진전은 미미한 상태이며, 손상의 진전여부에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다. 그 외 터널내 배수시설, 전기 및 조명, 소화, 환기시설은 양호한 상태로 조사되었다. | - |

【표 2.14】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 정기점검 | 2016.06 | (주)동우기술단 | 정기점검결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 일부 손상은 보수가 실시되었으며 기존 손상의 진전은 미미한 상태이다. 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. 이에 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리가 필요하다. 다만 라이닝 천단부에 발생된 손상은 향후 정밀점검 또는 정밀안전진단 시 근접조사를 통해 보수여부를 판단하는 것이 바람직하다. | - |
| 27 | 정기점검 | 2016.12 | (주)동우기술단 | 정기점검 결과 조사된 손상은 대부분이 기존에 발생된 것으로서 일부 손상은 보수가 실시되었으며 기존 손상의 진전은 미미한 상태이다. 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. 이에 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리가 필요하다. 다만 라이닝 천단부에 발생된 손상은 향후 정밀점검 또는 정밀안전진단 시 근접조사를 통해 보수여부를 판단하는 것이 바람직하다. | - |
| 28 | 정밀점검 | 2017.6 | (주)장민이엔씨 | · 갱구부 외관상태 양호<br>· 갱구부 사면 및 배수로 양호<br>· 라이닝 천단부 종방향 및 횡방향 균열, 망상균열, 들뜸, 박리, 박락, 파손, 백태, 철근 피복두께, 철근노출<br>· 라이닝 측벽부 균열, 들뜸, 박락, 파손, 백태, 타일 균열, 탈락, 파손, 소화전 및 전선 덮개 탈락, 파손, 덮개 파손, 박리<br>· 공동구 균열, 망상균열, 균열백태, 긁힘, 들뜸, 박리, 박락, 백태, 파손, 철근노출, 타일 균열, 긁힘, 탈락<br>· 바닥부 포장 콘크리트 균열, 망상균열, 긁힘, 박리, 파손, 패임, 철근노출<br>· 피난연결통로 균열, 타일파손<br>· 배수시설 배수 상태양호, 배수로 측구 균열 | B |

【표 2.15】 차령터널(천안) 점검 및 진단이력(계속)

| 번호 | 구 분 | 점검/<br>진단기간 | 점검/<br>진단기관 | 주요점검/진단결과 | 상태<br>등급 |
|---|---|---|---|---|---|
| 29 | 정기점검 | 2017.12 | (주)장민이엔씨 | 정기점검 결과 일부 신규 손상을 제외한 대부분의 손상이 기존에 발생된 것으로 전반적인 터널의 안전성에 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았으며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 균열(cw=0.3㎜이상)의 경우 유지관리차원에서 보수가 필요할 것으로 판단되며, 정기적인 점검을 통해 손상의 진전유무를 관찰하고 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다. | - |

## 2.4 보수.보강 이력

【표 2.16】 차령터널(천안) 보수·보강 이력

| 일 자 | 내 용 | 물 량 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 02년 12월 | 라이닝 균열보수 | - | 준공전 보수 |
| 07년 08월 | 라이닝 균열보수 및<br>손상부 하자 보수 | - | 하자보수 |
| 08년 10월 | 라이닝 균열보수 및<br>손상부 하자 보수 | - | 하자보수 |
| 16년 10월 | 천정부 균열보수 | - | 2016 시설물 연간 유지보수 공사 |

## 2.5 시설물의 내진설계 여부

본 대상구조물인 차령터널(천안)은 내진설계가 적용 되어있지 않은 것으로 조사되었다.

## 2.6 자료분석 결과요약

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료와 유지관리 자료 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음과 같다.

【표 2.17】 자료분석 결과요약

| 구 분 | 수집 자료 | 자료분석 결과 | 진단과업 진행방향 |
|---|---|---|---|
| 건 설 관 련 자 료 | ◇ 천안-논산간 고속도로 민간투자 시설사업 제2공구<br>- 공사시방서<br>- 구조계산서<br>- 일반보고서<br>- 토질조사보고서<br>- 초기점검보고서 | ◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계 당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨<br>◇ 설계도면과 실측 제원 비교시 주요 부재에 대하여 전반적으로 동일<br>◇ 점검시설의 경우 설치하는 것으로 제시되었으나 현재 미설치 된 것으로 검토됨 | ◇ 본 과업은 구조물 정밀안전진단이므로 외관조사망도의 정비 및 면밀한 외관조사 실시 |
| 유 지 관 리 자 료 | ◇ 정기점검 및 정밀점검 정밀안전진단<br>◇ 보수·보강 이력 | ◇ 15년간 공용하면서 별다른 문제가 없는 양호한 상태<br>◇ 일부 발생한 손상에 대하여 보수 필요<br>◇ 보수 및 보강 이력은 관리주체에 제공받아 검토됨 | |

# 제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사

3.3 콘크리트 내구성조사

3.4 터널측량

3.5 GPR 탐사

3.6 현장조사 및 시험 결과 요약

# 제 3장 현장조사 및 시험

## 3.1 개요

### 3.1.1 개요

본 과업 대상 터널인 차령터널(천안방향)은 천안논산선(이정 : 263.18km)상의 터널로 2002년 4차선(천안 : 2차선, 논산 : 2차선)으로 준공하였다.

행정구역상 충청남도 천안시 광덕면 원덕리(시점)~충청남도 공주시 정안면 인풍리(종점)에 위치하며 무학산(401m), 봉수산(366m)등 지세가 험준하고 골곡이 심한 차령산맥을 관통하고 있으며, 연장 2,420m의 1종 시설물이다. 본 터널은 NATM 공법으로 시공되었으며, 갱문형식은 원통절개식이고, 환기방식은 수직갱 및 제트팬이 설치되었다.

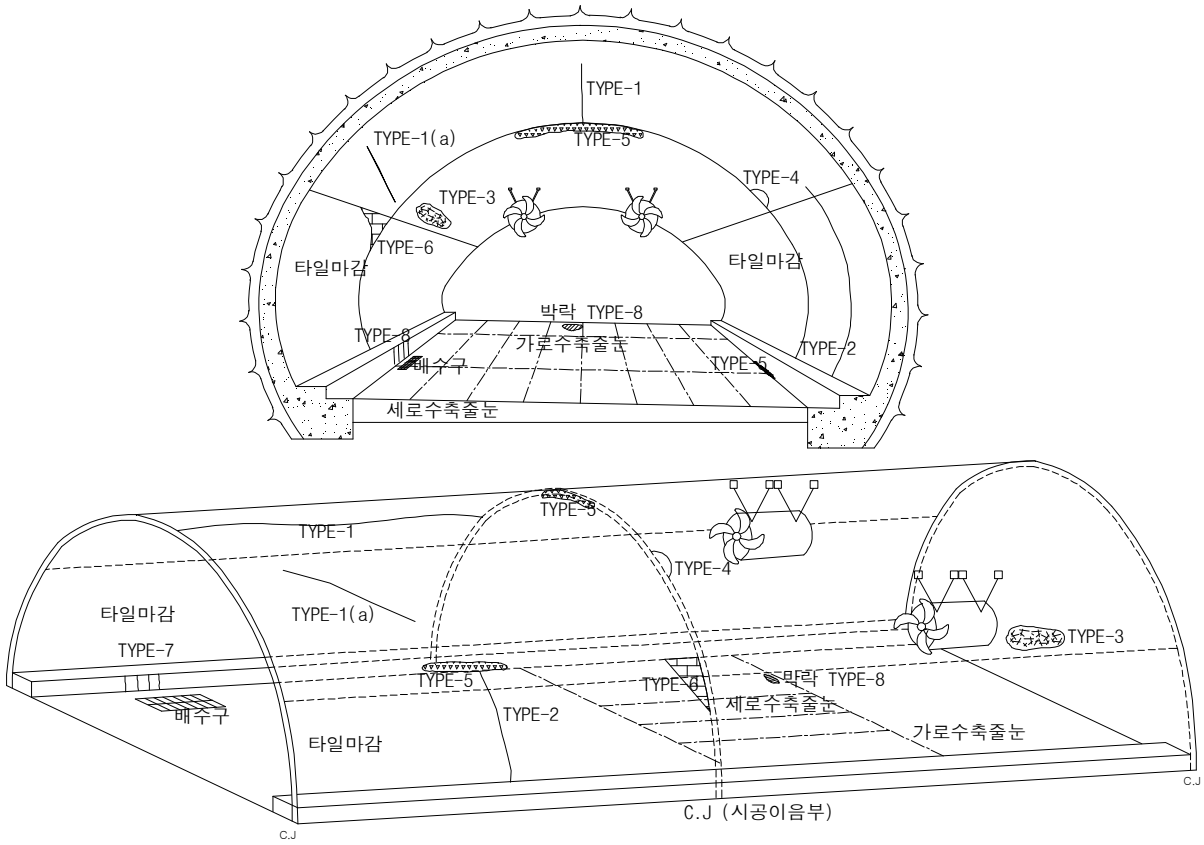
터널의 종단선형은 S=1.8496%, 횡구배 S=±2%로 시공되었다.

본 과업은 대상터널의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 판단을 목적으로 터널부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 육안조사의 실시를 위해 고소작업차 및 사다리 등을 이용하였고 라이닝 외관조사시 편도 2차선 중 1개 차선씩을 교대로 통제하여 천단부 및 좌·우측 벽체를 고소작업차를 이용하여 조사를 실시하였다.

또한, 외관조사는 주요 구조부재인 콘크리트 라이닝, 갱구부와 부속 시설물로서 공동구, 배수시설, 바닥부(포장)에 대한 현 상태를 조사하였고, 기존 정기점검(’17. 06)시 발생된 손상의 확인, 진행유무, 보수상태, 재발생 여부 및 신규발생 손상 등에 대하여 면밀한 조사를 실시하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 터널의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 터널의 점검 및 유지관리 시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

## 【표 3.1】터널 주요 조사항목




| 균열형상 | 추정원인 | 비 고 |
|---|---|---|
| Type-1<br>종방향균열 | ◦구조적 균열인 경우 : 이완토압, 지압작용, 지보공 편중침하<br>◦비구조적 균열인 경우 : 건조수축, 횡방향 온도변화 | |
| Type-1(a)<br>사방향균열 | ◦구조적 균열인 경우 : 부등침하<br>◦비구조적 균열인 경우 : 초기수화열, 건조수축, 온도균열 | |
| Type-2<br>횡방향균열 | ◦종방향구속, 건조수축 | |
| Type-3<br>망상균열 | ◦동결융해 및 화학작용<br>◦콘크리트 비비기를 시작하여 타설까지의 시간과다 | |
| Type-4<br>시공이음부<br>반원형균열 | ◦거푸집 조기탈영 및 시공이음부 시공 미진<br>◦슬럼프가 큰 콘크리트 타설<br>◦천장부 라이닝 두께 부족 | |
| Type-5 | ◦누수 및 공동구 하부 누수 : 시공이음 경계부에 방수결함 | |
| Type-6 | ◦타일마감부의 박락 : 시공이음부에 맞닿아 발생 | |
| Type-7 | ◦공동구 측벽 파손 및 횡방향 균열 : 종방향 구속 | |
| Type-8 | ◦가로 및 세로수축줄눈부의 줄눈부 박락 및 노면 재료분리 | |

천단부 조사를 위한 고소작업차 이용

천단부 조사를 위한 고소작업차 이용

【사진 3.1】 차령터널 조사 현황

### 3.1.2 터널 구간 분할

측점분할은 터널의 시점부로부터 신축이음부(SPAN)를 이용하여 구분하여 향후 유지관리에 있어 외관조사망도에 기입된 사항과의 일관성을 유지할 수 있도록 하였다. 외관조사는 교통통제를 실시하여 고소작업차에 조명시설을 설치한 후 최대한 대상시설물에 근접한 후 육안조사를 실시하였다. 또한, 외관조사망도는 터널 변상에 대한 원활한 조사와 유지관리를 위하여 신축이음부(SPAN)로 분할하여 각각의 SPAN No.를 부여하여 작성하였으며, 작성된 외관조사망도 번호와 SPAN 번호는 【표 3.2】~【표 3.6】 및 【그림 3.1】에 나타낸 바와 같다.

【표 3.2】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(갱구부)

| 망도번호 | Span No. | 비고 | 망도번호 | Span No. | 비고 | 망도번호 | Span No. | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | 시설물 대장 | 3 | 갱문 (천안) | 시점부 | 5 | 갱문 (천안) | 시점부 |
| 2 | - | 종평면도 | 4 | 갱문 (논산) | 종점부 | 6 | 갱문 (논산) | 종점부 |

【표 3.3】SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)

| 망도번호 | Span No. | 길이(L) | 망도번호 | Span No. | 길이(L) | 망도번호 | Span No. | 길이(L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 10.0 | 15 | 41 | 9.0 | 23 | 81 | 9.0 |
| | 2 | 9.0 | | 42 | 9.0 | | 82 | 11.0 |
| | 3 | 9.0 | | 43 | 9.0 | | 83 | 11.0 |
| | 4 | 9.0 | | 44 | 9.0 | | 84 | 12.0 |
| | 5 | 9.0 | | 45 | 9.0 | | 85 | 9.0 |
| 8 | 6 | 9.0 | 16 | 46 | 9.0 | 24 | 86 | 9.0 |
| | 7 | 9.0 | | 47 | 9.0 | | 87 | 9.0 |
| | 8 | 9.0 | | 48 | 9.0 | | 88 | 9.0 |
| | 9 | 9.0 | | 49 | 9.0 | | 89 | 9.0 |
| | 10 | 9.0 | | 50 | 9.0 | | 90 | 9.0 |
| 9 | 11 | 9.0 | 17 | 51 | 9.0 | 25 | 91 | 9.0 |
| | 12 | 9.0 | | 52 | 9.0 | | 92 | 9.0 |
| | 13 | 9.0 | | 53 | 9.0 | | 93 | 9.0 |
| | 14 | 9.0 | | 54 | 9.0 | | 94 | 9.0 |
| | 15 | 9.0 | | 55 | 9.0 | | 95 | 9.0 |
| 10 | 16 | 9.0 | 18 | 56 | 9.0 | 26 | 96 | 9.0 |
| | 17 | 9.0 | | 57 | 9.0 | | 97 | 9.0 |
| | 18 | 9.0 | | 58 | 9.0 | | 98 | 9.0 |
| | 19 | 9.0 | | 59 | 9.0 | | 99 | 9.0 |
| | 20 | 9.0 | | 60 | 9.0 | | 100 | 9.0 |
| 11 | 21 | 9.0 | 19 | 61 | 9.0 | 27 | 101 | 9.0 |
| | 22 | 9.0 | | 62 | 9.0 | | 102 | 9.0 |
| | 23 | 9.0 | | 63 | 9.0 | | 103 | 9.0 |
| | 24 | 9.0 | | 64 | 9.0 | | 104 | 9.0 |
| | 25 | 9.0 | | 65 | 9.0 | | 105 | 9.0 |
| 12 | 26 | 9.0 | 20 | 66 | 9.0 | 28 | 106 | 9.0 |
| | 27 | 9.0 | | 67 | 9.0 | | 107 | 9.0 |
| | 28 | 9.0 | | 68 | 9.0 | | 108 | 9.0 |
| | 29 | 9.0 | | 69 | 9.0 | | 109 | 9.0 |
| | 30 | 9.0 | | 70 | 9.0 | | 110 | 9.0 |
| 13 | 31 | 9.0 | 21 | 71 | 9.0 | 29 | 111 | 9.0 |
| | 32 | 9.0 | | 72 | 9.0 | | 112 | 9.0 |
| | 33 | 9.0 | | 73 | 9.0 | | 113 | 9.0 |
| | 34 | 9.0 | | 74 | 9.0 | | 114 | 9.0 |
| | 35 | 9.0 | | 75 | 9.0 | | 115 | 9.0 |
| 14 | 36 | 9.0 | 22 | 76 | 9.0 | 30 | 116 | 9.0 |
| | 37 | 9.0 | | 77 | 9.0 | | 117 | 9.0 |
| | 38 | 9.0 | | 78 | 9.0 | | 118 | 9.0 |
| | 39 | 9.0 | | 79 | 9.0 | | 119 | 9.0 |
| | 40 | 9.0 | | 80 | 13.0 | | 120 | 9.0 |

【표 3.4】SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)(계속)

| 망도번호 | Span No. | 길이(L) | 망도번호 | Span No. | 길이(L) | 망도번호 | Span No. | 길이(L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 121 | 9.0 | 38 | 156 | 9.0 | 45 | 191 | 9.0 |
| | 122 | 9.0 | | 157 | 9.0 | | 192 | 9.0 |
| | 123 | 9.0 | | 158 | 9.0 | | 193 | 9.0 |
| | 124 | 9.0 | | 159 | 9.0 | | 194 | 9.0 |
| | 125 | 9.0 | | 160 | 9.0 | | 195 | 9.0 |
| 32 | 126 | 9.0 | 39 | 161 | 9.0 | 46 | 196 | 9.0 |
| | 127 | 9.0 | | 162 | 9.0 | | 197 | 9.0 |
| | 128 | 9.0 | | 163 | 9.0 | | 198 | 9.0 |
| | 129 | 9.0 | | 164 | 9.0 | | 199 | 9.0 |
| | 130 | 9.0 | | 165 | 9.0 | | 200 | 9.0 |
| 33 | 131 | 9.0 | 40 | 166 | 9.0 | 47 | 201 | 9.0 |
| | 132 | 9.0 | | 167 | 9.0 | | 202 | 9.0 |
| | 133 | 9.0 | | 168 | 9.0 | | 203 | 9.0 |
| | 134 | 9.0 | | 169 | 9.0 | | 204 | 9.0 |
| | 135 | 9.0 | | 170 | 9.0 | | 205 | 11.0 |
| 34 | 136 | 8.0 | 41 | 171 | 9.0 | 48 | 206 | 9.0 |
| | 137 | 8.0 | | 172 | 9.0 | | 207 | 11.0 |
| | 138 | 8.0 | | 173 | 9.0 | | 208 | 9.0 |
| | 139 | 9.0 | | 174 | 9.0 | | 209 | 8.0 |
| | 140 | 9.0 | | 175 | 9.0 | | 210 | 8.0 |
| 35 | 141 | 9.0 | 42 | 176 | 9.0 | 49 | 211 | 8.0 |
| | 142 | 10.0 | | 177 | 9.0 | | 212 | 8.0 |
| | 143 | 11.0 | | 178 | 9.0 | | 213 | 8.0 |
| | 144 | 8.0 | | 179 | 9.0 | | 214 | 8.0 |
| | 145 | 11.0 | | 180 | 9.0 | | 215 | 9.0 |
| 36 | 146 | 9.0 | 43 | 181 | 9.0 | 50 | 216 | 9.0 |
| | 147 | 9.0 | | 182 | 9.0 | | 217 | 9.0 |
| | 148 | 9.0 | | 183 | 9.0 | | 218 | 9.0 |
| | 149 | 7.0 | | 184 | 9.0 | | 219 | 9.0 |
| | 150 | 9.0 | | 185 | 9.0 | | 220 | 9.0 |
| 37 | 151 | 9.0 | 44 | 186 | 9.0 | 51 | 221 | 9.0 |
| | 152 | 9.0 | | 187 | 9.0 | | 222 | 9.0 |
| | 153 | 9.0 | | 188 | 9.0 | | 223 | 9.0 |
| | 154 | 9.0 | | 189 | 9.0 | | 224 | 9.0 |
| | 155 | 9.0 | | 190 | 9.0 | | 225 | 9.0 |

【표 3.5】SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)(계속)

| 망도번호 | Span No. | 길이(L) | 망도번호 | Span No. | 길이(L) | 망도번호 | Span No. | 길이(L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 52 | 226 | 9.0 | 55 | 241 | 9.0 | 58 | 256 | 9.0 |
| | 227 | 9.0 | | 242 | 9.0 | | 257 | 9.0 |
| | 228 | 9.0 | | 243 | 9.0 | | 258 | 9.0 |
| | 229 | 9.0 | | 244 | 9.0 | | 259 | 9.0 |
| | 230 | 9.0 | | 245 | 9.0 | | 260 | 9.0 |
| 53 | 231 | 9.0 | 56 | 246 | 9.0 | 59 | 261 | 9.0 |
| | 232 | 9.0 | | 247 | 9.0 | | 262 | 9.0 |
| | 233 | 9.0 | | 248 | 9.0 | | 263 | 9.0 |
| | 234 | 9.0 | | 249 | 9.0 | | 264 | 9.0 |
| | 235 | 9.0 | | 250 | 9.0 | | 265 | 9.0 |
| 54 | 236 | 9.0 | 57 | 251 | 9.0 | 60 | 266 | 9.0 |
| | 237 | 9.0 | | 252 | 9.0 | | 267 | 9.0 |
| | 238 | 9.0 | | 253 | 9.0 | | 268 | 10.0 |
| | 239 | 9.0 | | 254 | 9.0 | | | |
| | 240 | 9.0 | | 255 | 9.0 | | | |

【표 3.6】SPAN No. 및 외관조사망도 번호(피난연결통로)

| 망도번호 | Span No. | 비고 | 망도번호 | Span No. | 비고 | 망도번호 | Span No. | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 115 | - | 피난연결통로(E1) | 116 | - | 피난연결통로(E2) | 117 | - | 피난연결통로(E3) |

| SPAN NO. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연 장(m) | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 조사망 번호 | 7 | | | | | 8 | | | | | 9 | | | | | 10 | | | | | 11 | | | | | 12 | | | | | | 13 | | | | |

| SPAN NO. | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연 장(m) | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 조사망 번호 | 14 | | | | | 15 | | | | | 16 | | | | | 17 | | | | | 18 | | | | | 19 | | | | | | 20 | | | | |

| SPAN NO. | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연 장(m) | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 13 | 9 | 11 | 11 | 12 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 조사망 번호 | 21 | | | | | 22 | | | | | 23 | | | | | 24 | | | | | 25 | | | | | 26 | | | | | | 27 | | | | |

| SPAN NO. | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연 장(m) | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| 조사망 번호 | 28 | | | | | 29 | | | | | 30 | | | | | 31 | | | | | 32 | | | | | 33 | | | | | | 34 | | | | |

| SPAN NO. | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연 장(m) | 9 | 10 | 11 | 8 | 11 | 9 | 9 | 9 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 조사망 번호 | 35 | | | | | 36 | | | | | 37 | | | | | 38 | | | | | 39 | | | | | 40 | | | | | | 41 | | | | |

| SPAN NO. | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연 장(m) | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 9 | 11 | 9 | 8 | 8 |
| 조사망 번호 | 42 | | | | | 43 | | | | | 44 | | | | | 45 | | | | | 46 | | | | | 47 | | | | | | 48 | | | | |

| SPAN NO. | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연 장(m) | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 조사망 번호 | 49 | | | | | 50 | | | | | 51 | | | | | 52 | | | | | 53 | | | | | 54 | | | | | | 55 | | | | |

| SPAN NO. | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 260 | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 연 장(m) | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 |
| 조사망 번호 | 56 | | | | | 57 | | | | | 58 | | | | | 59 | | | | | 60 | | |

【그림 3.1】SPAN No. 및 외관조사망도 번호(천안)

# 3.2 외관조사

## 3.2.1 터널라이닝

### 가. 라이닝(천장부, 어깨부)

#### 1) 균열

##### ① 외관조사 결과

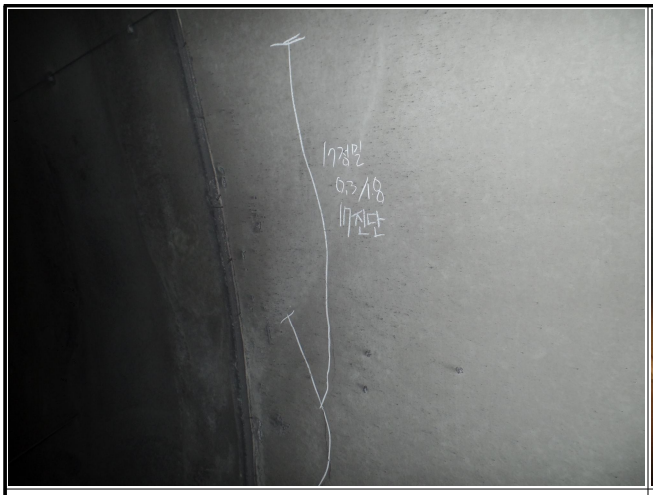
■ 라이닝 균열에 대한 외관조사 결과, 균열 / 망상균열의 손상이 조사되었으며, 최대 균열폭은 0.3㎜ 이상이다.

【표 3.7】라이닝-균열 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 균열 | | | | 망상균열 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.2㎜이하 | | 0.3㎜이상 | | | |
| | | m/개소 | | m/개소 | | ㎡/개소 | |
| 라이닝 | S1~S5 | 42.20 | 28 | 3.50 | 1 | 41.50 | 4 |
| | S6~S10 | 8.20 | 6 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S11~S15 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 2.70 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S21~S25 | 7.00 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S26~S30 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 2.40 | 2 | 1.40 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S36~S40 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 6.30 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S51~S55 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S56~S60 | 0.00 | 0 | 3.00 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S61~S65 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S71~S75 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S76~S80 | 6.00 | 2 | 7.00 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S81~S85 | 0.00 | 0 | 8.00 | 4 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S91~S95 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S101~S105 | 3.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S106~S110 | 1.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 3.8 | 4 | 3.00 | 1 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 86.10 | 55 | 25.90 | 11 | 41.50 | 4 |

【표 3.8】 라이닝-균열 외관조사 결과(계속)

| 구분 | 스판번호 | 균열 | | | | 망상균열 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.2㎜이하 | | 0.3㎜이상 | | | |
| | | m/개소 | | m/개소 | | ㎡/개소 | |
| 라이닝 | S116~S120 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S121~S125 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S126~S130 | 1.30 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S131~S135 | 4.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 20.30 | 11 | 9.00 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 23.10 | 7 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S151~S155 | 4.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S156~S160 | 0.00 | 0 | 1.80 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S161~S165 | 2.50 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S166~S170 | 7.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S171~S175 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S176~S180 | 3.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S181~S185 | 3.60 | 3 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S186~S190 | 8.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S191~S195 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S206~S210 | 7.50 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S211~S215 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S216~S220 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 4.50 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S226~S230 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S236~S240 | 10.50 | 3 | 4.00 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S241~S245 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S246~S250 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S251~S255 | 3.50 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S256~S260 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S261~S265 | 10.50 | 4 | 3.00 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 5.50 | 4 | 4.00 | 2 | 23.00 | 4 |
| 소 계 | | 125.60 | 54 | 22.60 | 7 | 23.00 | 4 |
| 합 계 | | 211.7 | 109 | 48.50 | 18 | 64.50 | 8 |

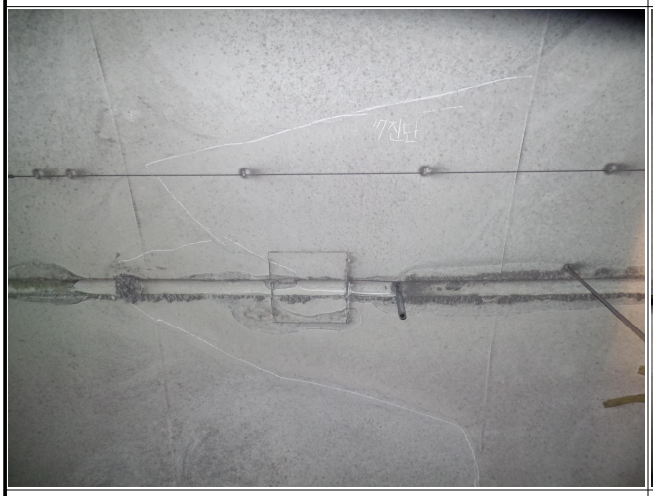


S158 천장부 폭 0.3㎜ 이상 횡방향 균열

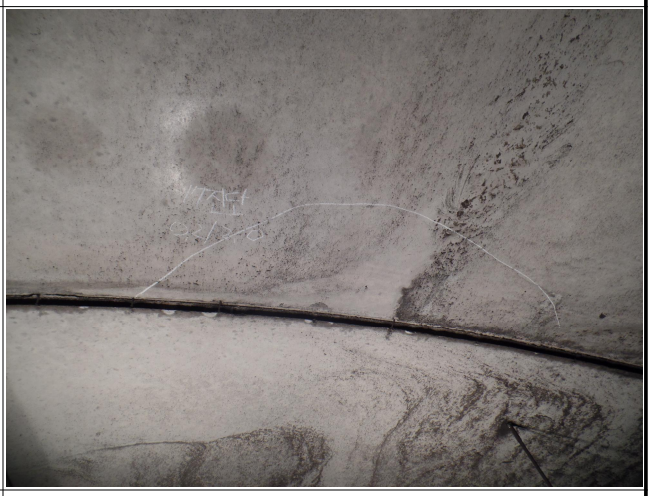
S240 천장부 폭 0.3㎜ 이상 종방향 균열

S239 천장부 폭 0.2㎜ 이하 종방향 균열

S239 천장부 폭 0.2㎜ 이하 종방향 균열



S82 천장부 폭 0.2㎜ 이하 종방향 균열



S51 천장부 폭 0.2㎜ 이하 횡방향 균열

【사진 3.2】 라이닝-균열 손상현황

### ㉠ 주요 균열 현황

기존 진단에서 조사된 폭 0.3㎜이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다.

종방향 균열 : 무근콘크리트 라이닝이며, 천단부에 인접하여 발생된 균열로서 전 스판에 걸쳐 발생되었으나, 인접한 스판에 연속되는 종균열은 없는 상태로서 균열폭 등을 고려할 때, 토압의 작용에 따른 구조적인 균열은 아닌 것으로 판단된다.

횡방향 균열 : 사방향 형태의 균열로서 부등침하 가능성에 대하여 주변 현황을 조사한 결과, 시공이음 경계의 단차는 없는 상태이며, 인접한 균열의 경우, 유사 성향의 방향성을 가진 균열은 없는 상태로서 보수가 실시되어 재균열의 양상은 보이지 않는 상태이다.

### ② 기 진단결과와의 비교·분석

라이닝 균열에 대하여 전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 균열폭 0.2~0.3㎜의 균열이 추가 조사되었다. 기존 누락 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.9】라이닝-균열 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 균열 (폭 0.3㎜미만) | 55ea / 110.70m | 109ea / 211.70m | ⬆ 101.00m | 물량변동 |
| 균열 (폭 0.3㎜이상) | 11ea / 28.00m | 18ea / 48.50m | ⬆ 20.50m | 물량변동 |
| 망상균열 | 8ea / 64.50㎡ | 8ea / 64.50㎡ | - - | 변동없음 |

### ③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축, 거푸집 존치기간, 콘크리트 품질에 따른 비구조적인 손상으로 판단된다.
- 금회 조사된 균열폭 0.3㎜이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속 관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

### 2) 기타손상

#### ① 외관조사 결과

- 라이닝에 발생한 박락은 조인트부에 발생한 것으로 조사되었다.
- 일부 박락 보수부에서 들뜸이 조사되었으며 기존손상으로 진전이 발생되지 않은 상태이다.
- 라이닝 잡첨물 1개소가 삽입되어 있는 것으로 조사되었다.

【표 3.10】 라이닝-기타손상 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 박락 | | 보수부 들뜸 | | 잡첨물 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 라이닝 | S1~S5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S6~S10 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S11~S15 | 0.04 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S21~S25 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S26~S30 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S36~S40 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S51~S55 | 0.16 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S56~S60 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S61~S65 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S71~S75 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S76~S80 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S81~S85 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S91~S95 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S101~S105 | 0.03 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S106~S110 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 0.30 | 8 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |

【표 3.11】 라이닝-균열 외관조사 결과(계속)

| 구분 | 스판번호 | 박락 | | 보수부 들뜸 | | 잡첩물 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 라이닝 | S116~S120 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S121~S125 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S126~S130 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S131~S135 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S151~S155 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S156~S160 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S161~S165 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S166~S170 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S171~S175 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S176~S180 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S181~S185 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S186~S190 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S191~S195 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 0.42 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 0.00 | 0 | 0.12 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S206~S210 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S211~S215 | 0.00 | 0 | 0.06 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S216~S220 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S226~S230 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S236~S240 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S241~S245 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S246~S250 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S251~S255 | 0.03 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S256~S260 | 0.05 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S261~S265 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 0.57 | 10 | 0.18 | 2 | 0.00 | 0 |
| 합 계 | | 0.87 | 18 | 0.18 | 2 | 0.01 | 1 |

S15 천장부 박락

S16 천장부 박락

【사진 3.3】 라이닝-균열 손상현황

### ㉠ 주요 손상 현황

라이닝 신축이음부에 발생한 박락 손상은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 박락은 기 조사된 손상으로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 박락의 우려가 있는 상태로 조사되었다.

기 박락 보수부에 들뜸이 일부 관찰되었으며 기 조사된 손상으로서 특이 진전이 없는 상태로 관찰되었다.

### ② 기 진단결과와의 비교·분석

박락에 대하여 전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 일부 추가 조사되었다. 기존 누락 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.12】 라이닝-균열 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 박락 | 13ea / 0.62㎡ | 18ea / 0.87㎡ | ⬆ 0.25㎡ | 물량변동 |
| 보수부 들뜸 | 2ea / 0.18㎡ | 2ea / 0.18㎡ | - - | 변동없음 |
| 잡철물 | 1ea / 0.01㎡ | 1ea / 0.01㎡ | - - | 변동없음 |

### ③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다. 기존 조사된 국부적인 라이닝의 박락 및 반원형 균열로 인한 박락우려 부위에 대해서는 보수가 대부분 완료된 상태로 조사되었으며, 금회 조사된 박락우려 부위는 시공이음 사이의 몰탈로서 탈락 및 낙하의 우려가 있다. 다만, 2차로측 공동구 상단에 위치하여 갓길 폭 등을 고려할 때, 주행차량의 안전에 영향을 미치는 상태는 아니나, 제거를 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다.

## 나. 측벽부

측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 타일 부착면 하단의 콘크리트 노출면을 포함하여 측벽부 구간으로 구분하였다.

### 1) 균열

#### ① 외관조사 결과

- 측벽부 균열은 타일부착면 하단의 콘크리트 노출면에 발생된 손상이며, 대부분 시공이음 주변에 위치하고 있다.

**【표 3.13】 측벽부-균열 외관조사 결과**

| 구분 | 스판번호 | 균열 | | | | 스판번호 | 균열 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.2㎜이하 | | 0.3㎜이상 | | | 0.2㎜이하 | | 0.3㎜이상 | |
| | | m/개소 | | m/개소 | | | m/개소 | | m/개소 | |
| 측벽부 | S1~S5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S71~S75 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S6~S10 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S76~S80 | 0.00 | 0 | 0.30 | 1 |
| | S11~S15 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S81~S85 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 0.00 | 0 | 0.20 | 1 | S86~S90 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S21~S25 | 0.00 | 0 | 0.60 | 1 | S91~S95 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S26~S30 | 0.00 | 0 | 0.60 | 2 | S96~S100 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S101~S105 | 0.00 | 0 | 0.60 | 1 |
| | S36~S40 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S106~S110 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 0.30 | 1 | 0.90 | 3 | S111~S115 | 0.00 | 0 | 0.30 | 1 |
| | S46~S50 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S116~S120 | 0.00 | 0 | 0.30 | 1 |
| | S51~S55 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S121~S125 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S56~S60 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S126~S130 | 0.00 | 0 | 0.70 | 1 |
| | S61~S65 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S131~S135 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S136~S140 | 0.30 | 1 | 0.30 | 1 |
| 소 계 | | 0.30 | 1 | 2.30 | 7 | 소 계 | 0.60 | 2 | 2.50 | 6 |

【표 3.14】 측벽부-균열 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 균열 | | | | 스판번호 | 균열 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.2㎜이하 | | 0.3㎜이상 | | | 0.2㎜이하 | | 0.3㎜이상 | |
| | | m/개소 | | m/개소 | | | m/개소 | | m/개소 | |
| 측벽부 | S141~S145 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | S206~S210 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 0.30 | 1 | 0.50 | 1 | S211~S215 | 0.00 | 0 | 1.40 | 3 |
| | S151~S155 | 0.60 | 1 | 2.30 | 4 | S216~S220 | 0.00 | 0 | 0.60 | 2 |
| | S156~S160 | 0.00 | 0 | 0.50 | 1 | S221~S225 | 0.70 | 2 | 1.20 | 4 |
| | S161~S165 | 0.30 | 1 | 0.30 | 1 | S226~S230 | 0.00 | 0 | 1.40 | 5 |
| | S166~S170 | 0.00 | 0 | 0.70 | 2 | S231~S235 | 0.00 | 0 | 0.50 | 2 |
| | S171~S175 | 0.00 | 0 | 0.60 | 2 | S236~S240 | 0.00 | 0 | 2.00 | 5 |
| | S176~S180 | 0.30 | 1 | 0.60 | 1 | S241~S245 | 0.00 | 0 | 1.90 | 3 |
| | S181~S185 | 0.00 | 0 | 0.60 | 2 | S246~S250 | 0.30 | 1 | 0.60 | 2 |
| | S186~S190 | 0.30 | 1 | 1.50 | 3 | S251~S255 | 0.00 | 0 | 0.80 | 2 |
| | S191~S195 | 0.00 | 0 | 0.20 | 1 | S256~S260 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 1.00 | 1 | 1.40 | 5 | S261~S265 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 1.50 | 1 | 1.10 | 2 | S266~S268 | 0.60 | 3 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 4.30 | 7 | 10.30 | 25 | 소 계 | 1.60 | 6 | 10.40 | 28 |
| 합 계 | | | | | | | 6.80 | 16 | 26.40 | 66 |

S161 측벽부 폭 0.3㎜ 이상 균열

S650 천장부 폭 0.5㎜ 이상 균열

【사진 3.4】 측벽부-균열 손상현황

### ② 기 진단결과와의 비교·분석

라이닝 균열에 대하여 전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 균열폭 0.2~0.3㎜의 균열이 2개소 추가 조사되었다. 기존 누락 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.15】 측벽부-균열 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 균열 (폭 0.3㎜미만) | 15ea / 6.20m | 16ea / 6.80m | ⬆ 0.40m | 물량변동 |
| 균열 (폭 0.3㎜이상) | 64ea / 25.10m | 66ea / 25.50m | ⬆ 0.40m | 물량변동 |

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 측벽부 라이닝 노출부는 라이닝 최하단 및 공동구와 인접한 부위로서 콘크리트 타설은 하단 공동구와 일체화되어 시공된 부위이다.
- 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스판구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생된 손상으로 판단된다.
- 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3㎜ 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2㎜ 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다.

2) 기타손상

① 외관조사 결과

- 백태가 1개소 조사되었다.
- 차량충격에 의한 긁힘, 파손, 타일긁힘, 타일파손, 타일박락이 조사되었으며 물량이 추가 조사되었다.
- 줄눈몰탈박락 및 줄눈파손이 조사되었다.

【표 3.16】 측벽부-기타손상 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 백태 | | 파손 | | 긁힘 | | 줄눈몰탈박락 | | 줄눈파손 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 측벽부 | S1~S5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S6~S10 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S11~S15 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S21~S25 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |

【표 3.17】 측벽부-기타손상 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 백태 | | 파손 | | 긁힘 | | 줄눈몰탈박락 | | 줄눈파손 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 측벽부 | S26~S30 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 0.00 | 0 | 1.20 | 2 | 0.04 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S36~S40 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 0.00 | 0 | 1.80 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S51~S55 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S56~S60 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S61~S65 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 0.00 | 0 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S71~S75 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.10 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S76~S80 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S81~S85 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.12 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S91~S95 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.04 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.10 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S101~S105 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.34 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S106~S110 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S116~S120 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S121~S125 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S126~S130 | 0.00 | 0 | 0.40 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S131~S135 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 0.06 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.10 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S151~S155 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.14 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S156~S160 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S161~S165 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S166~S170 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S171~S175 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S176~S180 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S181~S185 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S186~S190 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S191~S195 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 0.06 | 1 | 4.40 | 8 | 0.04 | 1 | 0.94 | 9 | 0.00 | 0 |

【표 3.18】 측벽부-기타손상 외관조사 결과

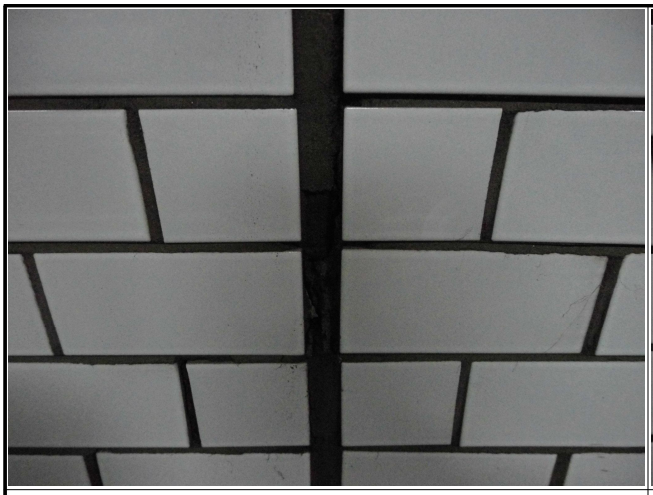
| 구분 | 스판번호 | 백태 | | 파손 | | 긁힘 | | 줄눈몰탈박락 | | 줄눈파손 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 측벽부 | S206~S210 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S211~S215 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.40 | 2 |
| | S216~S220 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S226~S230 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S236~S240 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S241~S245 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S246~S250 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S251~S255 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S256~S260 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S261~S265 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.40 | 2 |
| 합 계 | | 0.06 | 1 | 4.40 | 8 | 0.04 | 1 | 0.94 | 9 | 0.40 | 2 |

【표 3.19】 측벽부-기타손상 외관조사 결과

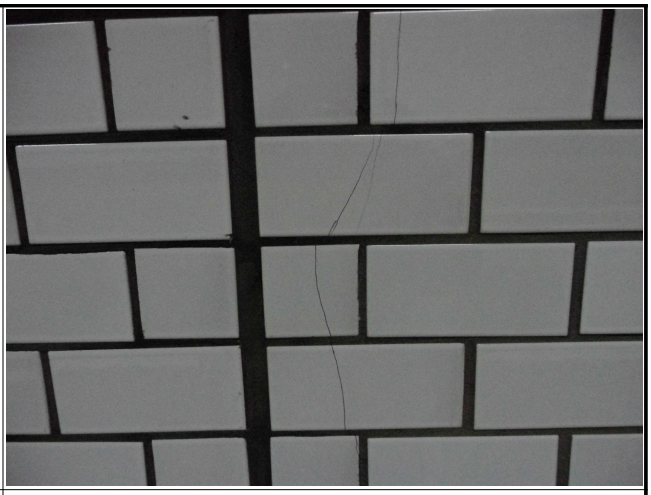
| 구분 | 스판번호 | 타일균열 | | 타일긁힘 | | 타일박락 | | 타일파손 | | 타일탈락 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m /개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | 개소/개소 | |
| 측벽부 | S1~S5 | 4.80 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S6~S10 | 0.00 | 0 | 4.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 1.00 | 1 |
| | S11~S15 | 2.10 | 2 | 1.26 | 3 | 0.00 | 0 | 0.04 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 2.10 | 2 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.05 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S21~S25 | 5.40 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S26~S30 | 11.10 | 6 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 5.80 | 7 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S36~S40 | 4.00 | 3 | 0.04 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 0.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 0.00 | 0 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S51~S55 | 2.40 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S56~S60 | 2.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.03 | 3 | 0.00 | 0 |
| | S61~S65 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S71~S75 | 2.00 | 1 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 1.00 | 10 | 0.00 | 0 |
| | S76~S80 | 4.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 48.20 | 38 | 11.52 | 10 | 0.00 | 0 | 1.13 | 17 | 1.00 | 1 |

【표 3.20】 측벽부-기타손상 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 타일균열 | | 타일긁힘 | | 타일박락 | | 타일파손 | | 타일탈락 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m /개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 측벽부 | S81~S85 | 0.00 | 0 | 1.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.02 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 2.50 | 2 | 2.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S91~S95 | 5.00 | 4 | 0.60 | 1 | 0.00 | 0 | 0.08 | 8 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S101~S105 | 2.70 | 2 | 4.00 | 1 | 0.01 | 1 | 0.05 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S106~S110 | 1.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S116~S120 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S121~S125 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S126~S130 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S131~S135 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 3.90 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 3.50 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 6.60 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S151~S155 | 7.00 | 6 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 6.00 | 6 |
| | S156~S160 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S161~S165 | 1.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.12 | 12 | 0.00 | 0 |
| | S166~S170 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S171~S175 | 4.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S176~S180 | 1.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.08 | 8 | 0.00 | 0 |
| | S181~S185 | 1.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.22 | 22 | 0.00 | 0 |
| | S186~S190 | 3.50 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.08 | 8 | 0.00 | 0 |
| | S191~S195 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 2.50 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.08 | 8 | 0.00 | 0 |
| | S206~S210 | 9.30 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S211~S215 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S216~S220 | 3.60 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S226~S230 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.02 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 3.50 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.06 | 6 | 6.00 | 6 |
| | S236~S240 | 1.00 | 1 | 1.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.06 | 6 | 0.00 | 0 |
| | S241~S245 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.04 | 4 | 19.00 | 19 |
| | S246~S250 | 3.20 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 3.00 | 3 |
| | S251~S255 | 0.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S256~S260 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S261~S265 | 6.00 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 76.40 | 57 | 9.60 | 5 | 0.02 | 2 | 1.26 | 93 | 34.00 | 34 |
| 합 계 | | 124.6 | 95 | 21.12 | 15 | 0.02 | 2 | 2.39 | 110 | 35.00 | 35 |



S94 측벽부 줄눈몰탈 박락



S136 측벽부 타일균열

S164 측벽부 타일파손

S193 측벽부 타일파손

【사진 3.5】 측벽부-기타손상 손상현황

### ② 기 진단결과와의 비교·분석

타일균열 및 파손, 타일파손에 대하여 전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 일부 추가 조사되었다. 타일균열은 기존 누락 손상으로 확인되었으며 파손 및 타일파손은 충격에 의한 신규손상으로 확인되었고 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.21】 측벽부-기타손상 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | | |
| 백태 | 1ea / 0.06㎡ | 1ea / 0.06㎡ | - | - | 변동없음 |
| 파손 | - / - | 8ea / 4.40㎡ | ⬆ | 4.40㎡ | 신규손상 |
| 긁힘 | 1ea / 0.04㎡ | 1ea / 0.04㎡ | - | - | 변동없음 |

【표 3.22】측벽부-기타손상 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 줄눈몰탈박락 | 9ea / 0.94㎡ | 9ea / 0.94㎡ | - - | 변동없음 |
| 줄눈파손 | 2ea / 0.40㎡ | 2ea / 0.40㎡ | - - | 변동없음 |
| 타일균열 | 60ea / 72.60m | 95ea / 124.60m | ⬆ 52.00m | 물량변동 |
| 타일긁힘 | 15ea / 21.12㎡ | 15ea / 21.12㎡ | - - | 변동없음 |
| 타일박락 | 2ea / 0.02㎡ | 2ea / 0.02㎡ | - - | 변동없음 |
| 타일파손 | 105ea / 2.34㎡ | 110ea / 2.39㎡ | ⬆ 0.04㎡ | 변동없음 |
| 타일탈락 | 35ea / 35ea | 35ea / 35ea | - - | 변동없음 |

**③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견**

- 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가 경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로서 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을 미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 긁힘, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.

## 3.2.2 터널주변

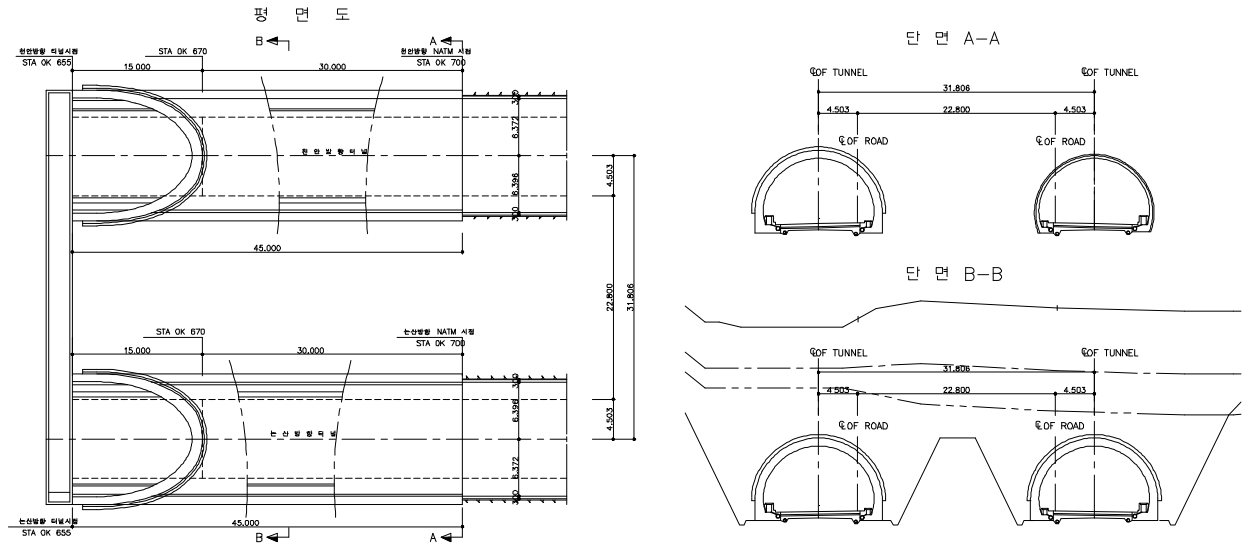
### 가. 갱문

차령터널은 각 편도 2차로(총 왕복 4차로) 병렬터널로 구성되었으며, 갱구부는 원통절개형으로 시공되어 있다.

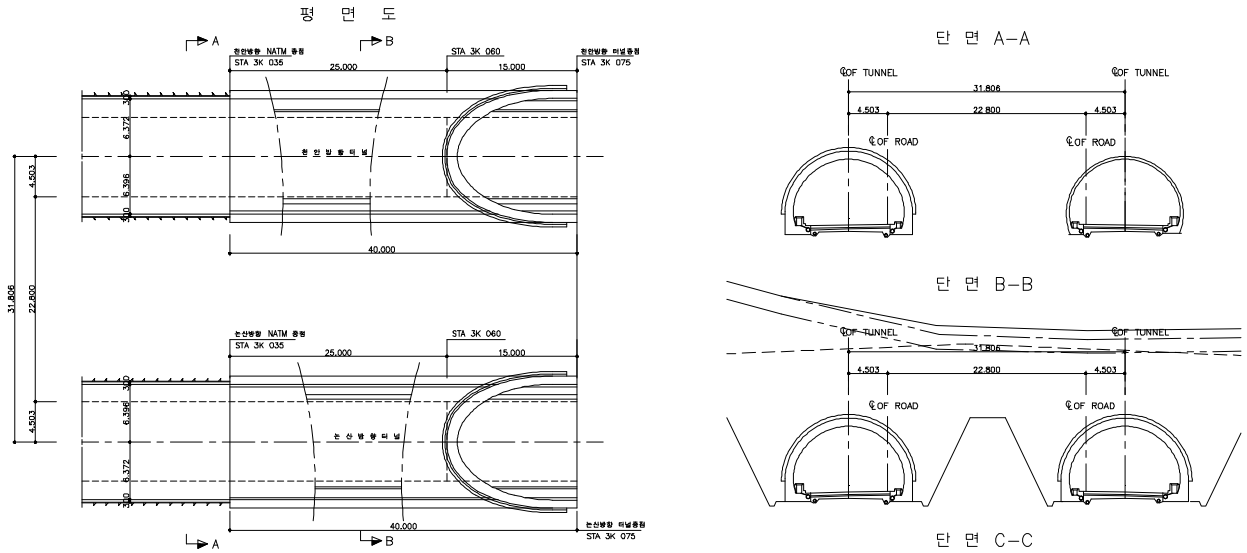
시점부 갱문 전경

종점부 갱문 전경

【사진 3.6】갱문 전경




【그림 3.2】 천안측 갱구부 일반도




【그림 3.3】 논산측 갱구부 일반도

### 1) 외관조사 결과

■ 주요 손상은 시 · 종점부 갱문에 도장박리가 조사되었다.

【표 3.23】 갱문 외관조사 결과

| 구분 | | 도장박리 | |
|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | |
| 갱문 | 시점 | 34.50 | 2 |
| | 종점 | 16.50 | 1 |
| 소 계 | | 51.00 | 3 |

| | |
|---|---|
| | |
| 시점부 갱문 도장박리 | 종점부 갱문 도장박리 |

【사진 3.7】 갱문 손상현황

### 2) 기 진단결과와의 비교·분석

전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 도장박리가 추가 조사되었다. 공용중 노후화에 의한 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.24】 갱문 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 도장박리 | - / - | 3ea / 51.00㎡ | ⬆ 51.00㎡ | 신규손상 |

### 3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 갱문에 발생된 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생된 손상으로 판단된다.

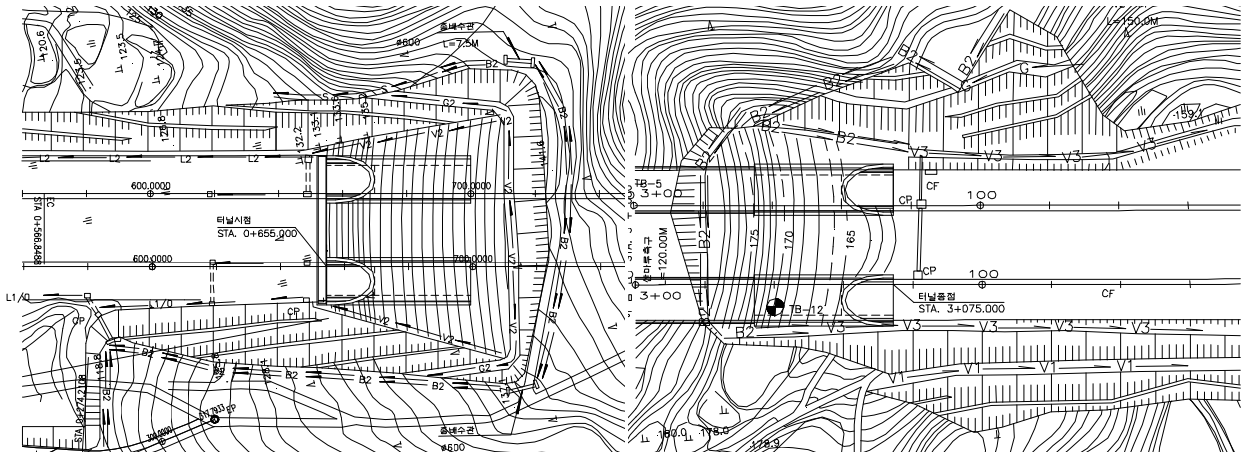
## 나. 입·출구부 사면

입·출구부 사면은 NATM구간 시·종점 주변의 절토부와 개착구간 상부의 성토부로 구성되어 있으며, 경계부에는 배수로가 위치하고 있다.

종점부 사면 전경

시점부 배수로 전경

【사진 3.8】 입·출구부 사면 전경




a. 논산측 b. 천안측

【그림 3.4】 갱구부 사면 배수처리 계통도

### 1) 외관조사 결과

- 갱구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.
- 사면의 상단부 지표수 및 우수를 처리하기 위하여 콘크리트 도수로를 시공하여 배수처리를 하고 있는 상태이다. 외관조사 결과 도수로 제체의 시공상태는 양호한 것으로 조사되었고, 내부 이물질 퇴적 및 배수의 지장이 발생될 만한 상태는 아닌 것으로 관찰되어 배수시설의 상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

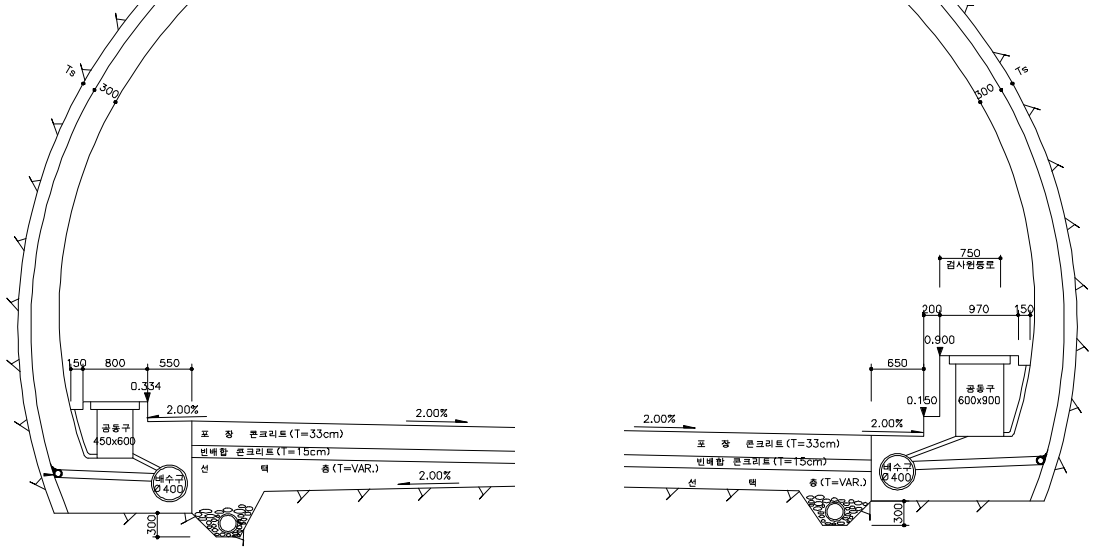
## 다. 배수시설 및 공동구

차령터널내 배수시설은 터널 양측 하부 배수형식으로 공동구 하단부에 배수로가 설치되어 외부로 배수하는 배수형터널이다.

공동구는 통신 및 전기 케이블 등의 보호를 위해 터널 바닥면 양측에 설치된 공간으로 일반적으로 이물질 퇴적, 침수, 파손 등의 결함이 발생될 수 있으므로 이에 해한 조사에 중점을 두었다

| 배수시설 전경 | 공동구 전경 |
|---|---|

【사진 3.9】 배수시섬 및 공동구 전경




a. 좌측(추월차선측) b. 우측(주행차선측)

【그림 3.5】 배수시설 및 공동구 상세도

### 1) 외관조사 결과

#### ① 배수시설

■ 배수시설의 주요 손상으로는 배수로 상면의 균열 및 파손이 조사되었다.

【표 3.25】 배수시설 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 균열 | | 파손 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | m/개소 | | ㎡/개소 | |
| 배수시설 | S1~S5 | 1.00 | 1 | 0.78 | 4 |
| | S6~S10 | 1.60 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S11~S15 | 2.00 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S21~S25 | 0.80 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S26~S30 | 2.00 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S36~S40 | 0.60 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 1.80 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S51~S55 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S56~S60 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S61~S65 | 2.10 | 3 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 2.00 | 2 | 0.00 | 0 |
| | S71~S75 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S76~S80 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S81~S85 | 6.50 | 9 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 4.70 | 6 | 0.00 | 0 |
| | S91~S95 | 7.80 | 10 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 8.60 | 11 | 0.00 | 0 |
| | S101~S105 | 10.40 | 13 | 0.00 | 0 |
| | S106~S110 | 7.70 | 10 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 15.60 | 20 | 0.00 | 0 |
| | S116~S120 | 15.40 | 20 | 0.00 | 0 |
| | S121~S125 | 17.10 | 21 | 0.00 | 0 |
| | S126~S130 | 7.30 | 10 | 0.00 | 0 |
| | S131~S135 | 11.50 | 14 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 10.80 | 12 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 11.70 | 14 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 12.40 | 14 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 165.10 | 206 | 0.78 | 4 |

【표 3.26】배수시설 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 균열 | | 파손 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | m/개소 | | ㎡/개소 | |
| 배수시설 | S151~S155 | 13.30 | 15 | 0.00 | 0 |
| | S156~S160 | 17.60 | 21 | 0.00 | 0 |
| | S161~S165 | 10.20 | 13 | 0.00 | 0 |
| | S166~S170 | 56.00 | 22 | 0.00 | 0 |
| | S171~S175 | 15.00 | 18 | 0.00 | 0 |
| | S176~S180 | 18.40 | 20 | 0.00 | 0 |
| | S181~S185 | 17.20 | 19 | 0.00 | 0 |
| | S186~S190 | 17.40 | 20 | 0.00 | 0 |
| | S191~S195 | 15.70 | 17 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 9.40 | 13 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 9.70 | 13 | 0.00 | 0 |
| | S206~S210 | 12.40 | 15 | 0.48 | 2 |
| | S211~S215 | 20.30 | 24 | 0.00 | 0 |
| | S216~S220 | 15.90 | 18 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 13.00 | 16 | 0.00 | 0 |
| | S226~S230 | 15.00 | 17 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 16.00 | 18 | 0.00 | 0 |
| | S236~S240 | 10.70 | 14 | 0.00 | 0 |
| | S241~S245 | 16.60 | 21 | 0.00 | 0 |
| | S246~S250 | 15.60 | 17 | 0.00 | 0 |
| | S251~S255 | 9.80 | 13 | 0.00 | 0 |
| | S256~S260 | 15.00 | 15 | 0.00 | 0 |
| | S261~S265 | 16.60 | 19 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 6.70 | 8 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 383.50 | 406 | 0.48 | 2 |
| 합 계 | | 548.60 | 612 | 1.26 | 6 |

배수시설 S257 상면 균열

배수시설 S3 상면 파손

【사진 3.10】배수시설 손상현황

### ② 공동구

■ 공동구의 주요 손상으로는 균열, 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출, 철근부식, 덮개 박리, 덮개 재료분리, 덮개 파손, 타일균열, 타일탈락, 타일파손이 조사되었다.

【표 3.27】 공동구 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 균열 | | | | 재료분리 | | 박리 | | 박락 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.2㎜이하 | | 0.3㎜이상 | | | | | | | |
| | | m/개소 | | m/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 공동구 | S1~S5 | 0.00 | 0 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 1.00 | 1 |
| | S6~S10 | 0.60 | 1 | 1.10 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 3.60 | 1 |
| | S11~S15 | 1.60 | 2 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 2.80 | 2 |
| | S16~S20 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 1.90 | 2 |
| | S21~S25 | 2.50 | 4 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.04 | 1 | 3.40 | 4 |
| | S26~S30 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 2.80 | 4 |
| | S31~S35 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 1.60 | 2 |
| | S36~S40 | 0.50 | 1 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.60 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 0.00 | 0 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.16 | 1 |
| | S51~S55 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S56~S60 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S61~S65 | 0.00 | 0 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 0.00 | 0 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S71~S75 | 0.00 | 0 | 0.60 | 2 | 0.24 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S76~S80 | 0.00 | 0 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S81~S85 | 2.40 | 3 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S91~S95 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S101~S105 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S106~S110 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 0.30 | 1 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S116~S120 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S121~S125 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S126~S130 | 1.40 | 2 | 3.80 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.03 | 1 |
| | S131~S135 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 0.60 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.26 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.10 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 11.80 | 20 | 11.60 | 18 | 0.60 | 3 | 0.64 | 2 | 17.29 | 18 |

【표 3.28】 공동구 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 균열 | | | | 재료분리 | | 박리 | | 박락 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.2㎜이하 | | 0.3㎜이상 | | | | | | | |
| | | m/개소 | | m/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 공동구 | S151~S155 | 0.30 | 1 | 0.40 | 1 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S156~S160 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S161~S165 | 0.30 | 1 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S166~S170 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S171~S175 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S176~S180 | 0.00 | 0 | 0.60 | 2 | 1.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S181~S185 | 1.00 | 1 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S186~S190 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 1.44 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S191~S195 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 0.00 | 0 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S206~S210 | 0.00 | 0 | 2.80 | 6 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S211~S215 | 0.00 | 0 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S216~S220 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S226~S230 | 0.00 | 0 | 0.90 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 0.00 | 0 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S236~S240 | 0.30 | 1 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S241~S245 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S246~S250 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S251~S255 | 0.00 | 0 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S256~S260 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S261~S265 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 2.80 | 7 | 8.40 | 19 | 2.84 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 합 계 | | 14.60 | 27 | 20.00 | 37 | 3.44 | 7 | 0.64 | 2 | 17.29 | 18 |

【표 3.29】 공동구 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 파손 | | 철근노출 | | 철근부식 | | 덮개재료분리 | | 덮개박리 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 공동구 | S1~S5 | 0.52 | 2 | 0.00 | 0 | 0.20 | 1 | 0.40 | 1 | 25.40 | 2 |
| | S6~S10 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S11~S15 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 0.52 | 2 | 0.00 | 0 | 0.20 | 1 | 0.40 | 1 | 25.40 | 2 |

【표 3.30】 공동구 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 파손 | | 철근노출 | | 철근부식 | | 덮개재료분리 | | 덮개박리 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 공동구 | S21~S25 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S26~S30 | 0.10 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 3.23 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S36~S40 | 3.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 0.90 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S51~S55 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S56~S60 | 0.33 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S61~S65 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S71~S75 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S76~S80 | 1.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S81~S85 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S91~S95 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 1.20 | 2 | 0.05 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S101~S105 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S106~S110 | 0.00 | 0 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S116~S120 | 0.90 | 2 | 0.00 | 0 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S121~S125 | 1.28 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S126~S130 | 0.10 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S131~S135 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 0.13 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S151~S155 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S156~S160 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S161~S165 | 0.46 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S166~S170 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S171~S175 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S176~S180 | 0.06 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S181~S185 | 0.10 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S186~S190 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S191~S195 | 0.64 | 7 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 17.03 | 43 | 0.07 | 3 | 0.30 | 1 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |

【표 3.31】 공동구 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 파손 | | 철근노출 | | 철근부식 | | 덮개재료분리 | | 덮개박리 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 공동구 | S201~S205 | 0.02 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S206~S210 | 0.12 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S211~S215 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S216~S220 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S226~S230 | 0.20 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 0.21 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S236~S240 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S241~S245 | 0.03 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S246~S250 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S251~S255 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S256~S260 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S261~S265 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 0.10 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 1.08 | 10 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 합 계 | | 18.63 | 55 | 0.07 | 3 | 0.50 | 2 | 0.40 | 1 | 25.41 | 3 |

【표 3.32】 공동구 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 덮개 파손 | | 타일균열 | | 타일탈락 | | 타일파손 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | | m/개소 | | ea/개소 | | ㎡/개소 | |
| 공동구 | S1~S5 | 0.48 | 24 | 5.00 | 5 | 10.00 | 10 | 0.00 | 0 |
| | S6~S10 | 7.37 | 50 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S11~S15 | 1.97 | 19 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 0.45 | 3 | 0.00 | 0 | 1.00 | 1 | 0.01 | 1 |
| | S21~S25 | 0.92 | 8 | 1.20 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S26~S30 | 0.16 | 2 | 2.40 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S36~S40 | 0.02 | 1 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 0.00 | 0 | 2.50 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 0.01 | 1 | 3.00 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S51~S55 | 0.04 | 1 | 3.00 | 3 | 0.00 | 0 | 0.10 | 1 |
| | S56~S60 | 0.00 | 0 | 2.20 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S61~S65 | 0.00 | 0 | 1.40 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 0.07 | 2 | 5.80 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S71~S75 | 0.00 | 0 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.27 | 1 |
| | S76~S80 | 0.04 | 1 | 1.40 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S81~S85 | 0.05 | 2 | 3.00 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 0.01 | 1 | 1.90 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 11.59 | 115 | 34.20 | 38 | 11.00 | 11 | 0.38 | 3 |

## 【표 3.33】 공동구 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 덮개 파손 | | 타일균열 | | 타일탈락 | | 타일파손 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m/개소 | | m/개소 | | ea/개소 | | ㎡/개소 | |
| 공동구 | S91~S95 | 0.00 | 0 | 7.50 | 10 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 0.00 | 0 | 4.80 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S101~S105 | 0.02 | 2 | 5.00 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S106~S110 | 0.00 | 0 | 6.50 | 7 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 0.00 | 0 | 3.50 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S116~S120 | 0.00 | 0 | 6.50 | 8 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S121~S125 | 0.00 | 0 | 5.80 | 6 | 0.00 | 0 | 10.00 | 1 |
| | S126~S130 | 0.00 | 0 | 6.60 | 7 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S131~S135 | 0.04 | 1 | 1.80 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 0.02 | 1 | 2.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 0.04 | 3 | 6.50 | 8 | 0.00 | 0 | 0.12 | 1 |
| | S146~S150 | 0.01 | 1 | 3.50 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S151~S155 | 0.00 | 0 | 3.20 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S156~S160 | 0.00 | 0 | 0.80 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S161~S165 | 0.00 | 0 | 3.20 | 4 | 0.00 | 0 | 0.18 | 1 |
| | S166~S170 | 0.00 | 0 | 2.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S171~S175 | 0.02 | 1 | 2.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S176~S180 | 0.00 | 0 | 4.20 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S181~S185 | 0.00 | 0 | 2.60 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S186~S190 | 0.00 | 0 | 3.50 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S191~S195 | 0.00 | 0 | 2.20 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 0.00 | 0 | 2.20 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 0.04 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S206~S210 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S211~S215 | 0.19 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S216~S220 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 0.08 | 2 | 0.60 | 2 | 0.00 | 0 | 0.13 | 13 |
| | S226~S230 | 0.15 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 0.04 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.02 | 1 |
| | S236~S240 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S241~S245 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S246~S250 | 0.00 | 0 | 3.20 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S251~S255 | 0.00 | 0 | 5.20 | 9 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S256~S260 | 0.00 | 0 | 0.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S261~S265 | 0.04 | 1 | 0.40 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 0.03 | 2 | 1.40 | 2 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| 소 계 | | 0.73 | 20 | 97.20 | 118 | 0.00 | 0 | 10.48 | 20 |
| 합 계 | | 12.32 | 135 | 131.4 | 1566 | 11.00 | 11 | 10.86 | 23 |

공동구 S4 파손

공동구 S98 덮개 철근노출

공동구 S2 덮개 박리

공동구 S8 덮개 파손

공동구 S134 타일 균열

공동구 S1 타일 탈락

【사진 3.11】 공동구 손상현황

### 2) 기 진단결과와의 비교·분석

전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 배수시설 상면의 균열 및 파손이 추가 조사되었다. 공용중 중차량 통행에 의한 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다. 공동구 균열 및 박락, 덮개파손, 타일 균열이 추가 조사되었다. 균열 및 타일 균열은 누락으로 판단되며 공동구 박락, 덮개파손 등은 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생한 손상으로 판단된다.

【표 3.34】 배수시설 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 균열 | 561ea / 500.10m | 612ea / 548.60m | ⬆ 48.50m | 신규손상 |
| 파손 | 5ea / 1.17㎡ | 6ea / 1.26㎡ | ⬆ 0.09㎡ | 신규손상 |

【표 3.35】 공동구 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 균열 (폭 0.3㎜미만) | 26ea / 14.10m | 27ea / 14.60m | ⬆ 0.50m | 신규손상 |
| 균열 (폭 0.3㎜이상) | 27ea / 12.80m | 37ea / 20.00m | ⬆ 7.20m | 신규손상 |
| 재료분리 | 7ea / 3.44㎡ | 7ea / 3.44㎡ | - - | 변동없음 |
| 박리 | 2ea / 0.64㎡ | 2ea / 0.64㎡ | - - | 변동없음 |
| 박락 | 6ea / 7.43㎡ | 18ea / 17.29㎡ | ⬆ 9.86㎡ | 변동없음 |
| 철근노출 | 3ea / 0.07㎡ | 3ea / 0.07㎡ | - - | 변동없음 |
| 철근부식 | 2ea / 0.50㎡ | 2ea / 0.50㎡ | - - | 변동없음 |
| 덮개재료분리 | 1ea / 0.40㎡ | 1ea / 0.40㎡ | - - | 변동없음 |
| 덮개박리 | 3ea / 25.41㎡ | 3ea / 25.41㎡ | - - | 변동없음 |
| 덮개파손 | 97ea / 7.41㎡ | 135ea / 12.32㎡ | ⬆ 4.91㎡ | 변동없음 |
| 타일균열 | 151ea / 126.20m | 156ea / 131.40m | ⬆ 5.20m | 신규손상 |
| 타일탈락 | 11ea / 11ea | 11ea / 11ea | - - | 변동없음 |
| 타일파손 | 23ea / 10.86㎡ | 23ea / 10.86㎡ | - - | 변동없음 |

### 3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생된 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.
  - 공동구의 주요 손상으로는 균열, 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출, 철근부식, 덮개 박리, 덮개 재료분리, 덮개 파손, 타일균열, 타일탈락, 타일파손이 조사되었다.
  - 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2㎜이하의 횡방향 균열이 다수 발생된 상태이다. 균열 폭 0.2㎜이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.
  - 공동구 측벽에 발생한 박리, 박락, 덮개파손은 추가 조사되었으며 공용기간 증대에 의한 노후화로 인하여 발생된 것으로 판단된다.

## 3.2.3 부대시설

### 가. 포장

차령터널의 포장은 콘크리트 포장으로 두께는 t=330㎜로 시공되어 있다. 표면은 횡방향 타이닝 처리가 되어 있는 것으로 조사되었으며 편도 2차로이다.

포장 전경

포장 전경

【사진 3.12】 포장 전경

### 1) 외관조사 결과

■ 주요 손상은 종방향 균열, 긁힘, 박리, 파손이 조사되었다.

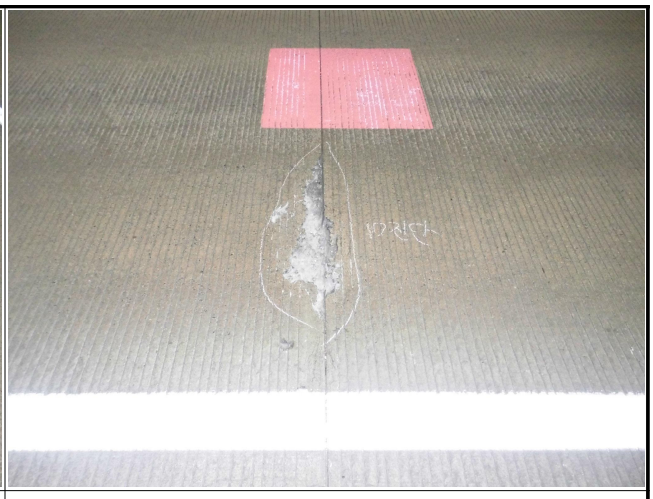
【표 3.36】포장 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 포장균열 | | 포장긁힘 | | 포장박리 | | 포장파손 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m/개소 | | m/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 포장 | S1~S5 | 1.50 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.02 | 1 |
| | S6~S10 | 5.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.05 | 2 |
| | S11~S15 | 8.50 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S16~S20 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.15 | 1 |
| | S21~S25 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.11 | 2 |
| | S26~S30 | 12.50 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S31~S35 | 14.00 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S36~S40 | 11.00 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S41~S45 | 10.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S46~S50 | 5.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S51~S55 | 3.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S56~S60 | 12.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S61~S65 | 11.00 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S66~S70 | 25.00 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S71~S75 | 16.50 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.39 | 3 |
| | S76~S80 | 14.00 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S81~S85 | 26.00 | 6 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S86~S90 | 30.00 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S91~S95 | 24.00 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S96~S100 | 24.00 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S101~S105 | 31.00 | 7 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S106~S110 | 23.00 | 3 | 0.00 | 0 | 4.00 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S111~S115 | 32.00 | 4 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.04 | 1 |
| | S116~S120 | 30.00 | 4 | 0.01 | 1 | 0.00 | 0 | 0.04 | 1 |
| | S121~S125 | 45.00 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S126~S130 | 45.00 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S131~S135 | 9.00 | 1 | 0.00 | 0 | 1.80 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S136~S140 | 45.00 | 5 | 0.00 | 0 | 1.38 | 3 | 0.00 | 0 |
| | S141~S145 | 45.00 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S146~S150 | 9.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.25 | 1 | 0.00 | 0 |
| | S151~S155 | 9.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S156~S160 | 9.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.90 | 1 | 0.22 | 4 |
| 소 계 | | 585.00 | 99 | 0.01 | 1 | 8.33 | 7 | 1.06 | 19 |

【표 3.37】포장 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 포장균열 | | 포장긁힘 | | 포장박리 | | 포장파손 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m/개소 | | m/개소 | | ㎡/개소 | | ㎡/개소 | |
| 포장 | S161~S165 | 9.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S166~S170 | 5.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S171~S175 | 11.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S176~S180 | 27.00 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S181~S185 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.04 | 1 |
| | S186~S190 | 8.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.07 | 2 |
| | S191~S195 | 12.00 | 2 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S196~S200 | 45.00 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S201~S205 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S206~S210 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S211~S215 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S216~S220 | 0.00 | 0 | 0.05 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S221~S225 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S226~S230 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S231~S235 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.32 | 3 |
| | S236~S240 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S241~S245 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.01 | 1 |
| | S246~S250 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S251~S255 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.05 | 2 |
| | S256~S260 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.06 | 2 |
| | S261~S265 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| | S266~S268 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 117.00 | 16 | 0.05 | 5 | 0.00 | 0 | 0.58 | 14 |
| 합 계 | | 702.00 | 115 | 0.06 | 6 | 8.33 | 7 | 1.64 | 33 |

포장 S58 균열



포장 S21 파손

【사진 3.13】갱문 손상현황

### 2) 기 진단결과와의 비교·분석

전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 포장 균열, 긁힘, 박리, 파손장이 추가 조사되었다. 공용중 중차량 통행 및 충격에 의한 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.38】포장 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 포장균열 | 24ea / 130.50m | 115ea / 702.00m | ⬆ 571.50㎡ | 신규손상 |
| 포장긁힘 | 1ea / 0.01㎡ | 6ea / 0.06㎡ | ⬆ 0.05㎡ | 신규손상 |
| 포장박리 | 6ea / 8.08㎡ | 7ea / 8.33㎡ | ⬆ 0.25㎡ | 신규손상 |
| 포장파손 | 31ea / 1.53㎡ | 33ea / 1.64㎡ | ⬆ 0.11㎡ | 신규손상 |

### 3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

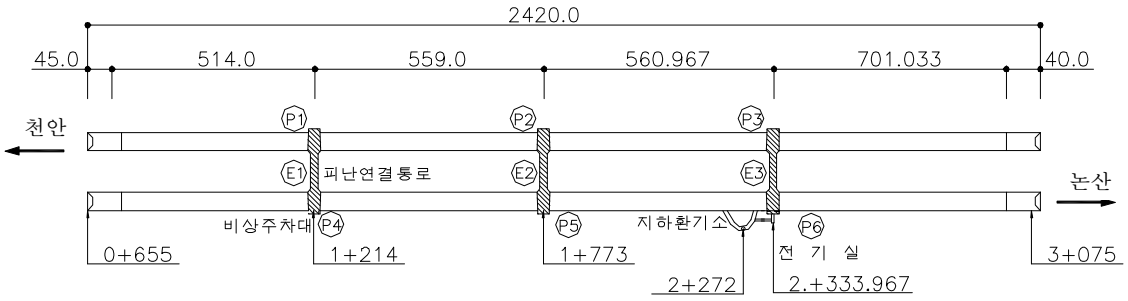
- 포장에 발생된 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 윤하중에 의한 반복하중에 의해 발생된 것으로 판단된다.
- 포장긁힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생된 것으로 조사되었다.
- 손상 물량은 소폭의 변동이 있으며, 대체로 전차 조사 상태에서 현저한 손상의 진전은 없는 것으로 판단된다.
- 조사된 손상은 전반적으로 규모가 크거나, 심화되어 주행에 영향을 미칠만한 특정 부위는 없는 상태로 판단되어 현 상태로 유지관리하도록 제안하였다.

## 나. 피난연락갱

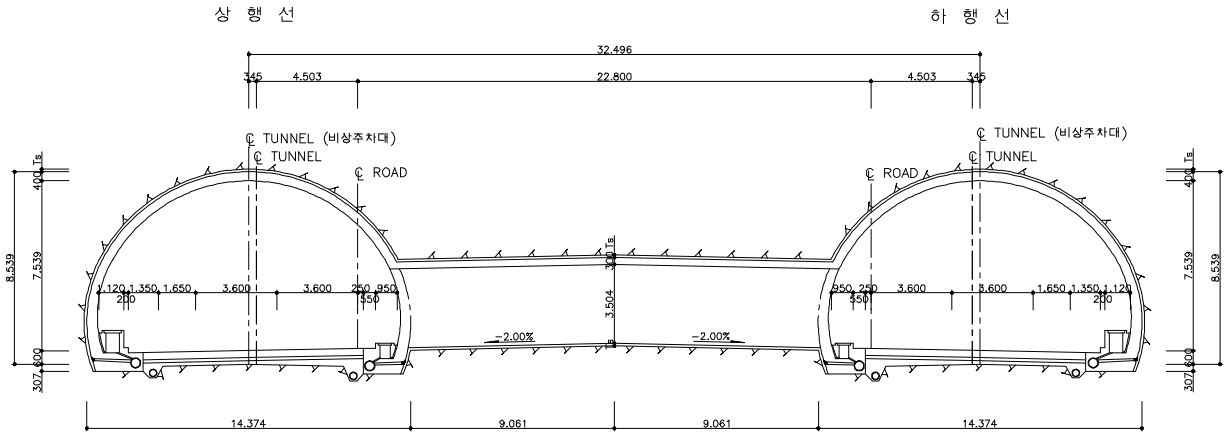
차령터널의 피난연락갱은 총 3개소가 설치되어 있으며 전단면에 걸쳐 타일마감재가 시고공되어 있는 것으로 조사되었다.

【표 3.39】피난연락갱 현황

| 구분 | 본선 연결 SPAN No. | 준공도면 위치 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 피난연락갱 E1 | S82 | Sta. 1+214 | |
| 피난연락갱 E2 | S145 | Sta. 1+773 | |
| 피난연락갱 E3 | S207 | Sta. 2+334 | |




a. 피난연락갱 위치도




b. 피난연락갱 횡단면도

**【그림 3.6】피난연락갱 일반도**

| 피난연락갱 E1 전경 | 피난연락갱 E2 전경 |
|---|---|

**【사진 3.14】피난연락갱 전경**

### 1) 외관조사 결과

- 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.

【표 3.40】 피난연락갱 외관조사 결과

| 구분 | 스판번호 | 천단부 박락 | |
|---|---|---|---|
| | | ㎡/개소 | |
| 피난연락갱 | E1 | 0.01 | 1 |
| | E2 | 0.00 | 0 |
| | E3 | 0.00 | 0 |
| 소 계 | | 0.01 | 1 |

### 2) 기 진단결과와의 비교·분석

전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 손상의 진전은 없는 것으로 분석되었다.

【표 3.41】 피난연락갱 기 점검 결과 비교

| 손상내용 | 손상물량 | | 손상물량 비 교 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 2017년 12월 정기점검 (개소/물량) | 2018년 정밀안전진단 (개소/물량) | | |
| 천단부 박락 | 1ea / 0.01㎡ | 1ea / 0.01㎡ | - - | 변동없음 |

## 다. 환기시설

차령터널의 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

| | |
|---|---|
| | |
| JET-FAN 전경 | JET-FAN 부착 전경 |

【사진 3.15】피난연락갱 전경

### 3.2.4 부속시설

차령터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 비상전화시설, CCTV, 비상방송설치, LED 표지판 등이 설치되어 있다.

| | |
|---|---|
| | |
| 조명시설 전경 | 소화전 전경 |

【사진 3.16】부속시설 전경

비상전화 전경

터널 진입 차단시설 전경

터널 진입 LED 표지판 전경

차량 유도등 설치 전경

【사진 3.17】부속시설 전경

### 1) 외관조사 결과

- 소화기 및 소화전 등의 소방방재시설은 갓길측 점검자 통로 측벽에 설치되어 있으며 각 지점별로 설치상태 및 보유상태는 적정한 것으로 조사되었다.
- 천단부 양측에 조명시설이 설치되어 있으며 입구부에 차량통제표지판과 차량 진입 차단시설의 설치상태는 양호한 것으로 조사되었다.

# 3.3 콘크리트 내구성조사

## 3.3.1 개 요

### 가. 개 요

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 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017. 01, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

### 나. 조사 현황 및 위치

#### 1) 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정, 염화물함유량시험, 균열깊이 조사 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.42】 콘크리트 비파괴시험 현황

| 항 목 | 기준수량 | 수 량(개소) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | 터널 | 기준 | 실시 | |
| 반발경도 시 험 | • 총수량 = (총연장÷200m)×2개소 | 25 | 25 | 동일부위 시험 |
| 초음파 전달속도시험 | • 총수량 = (총연장÷200m)×2개소 | 25 | 25 | |
| 철근탐사 시 험 | • 총연장 1,000m 미만 = 4개소<br>• 총연장 1,000m 이상<br>= 최초 4개소 + 500m당 1개소 추가 | 7 | 7 | |
| 탄산화 깊이 측정 | <상동> | 7 | 7 | |
| 염화물 함유량시험 | <상동> | 7 | 7 | |
| 균열깊이 조 사 | • 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정 | - | 3 | $C_w$=0.3㎜이상 균열 |

### 2) 내구성조사 위치 선정사유

외관조사 결과에 따라 내구성의 상태 비교를 위하여 손상이 발생한 손상부와 손상이 발생하지 않은 건전부에 각각 시험을 실시하였으며, 그에 따라 라이닝 콘크리트의 천단부와 측벽부에 실시하였다.

### 3) 조사 사진

| 반발경도 시험 | 초음파 탐상 시험 | 탄산화 깊이 시험 | 철근탐사 시험 |
|---|---|---|---|

【사진 3.18】 콘크리트 내구성조사 전경

### 4) 콘크리트 내구성조사 위치도

【그림 3.7】 콘크리트 내구성조사 위치도

## 3.3.2 시험내용 및 평가기준

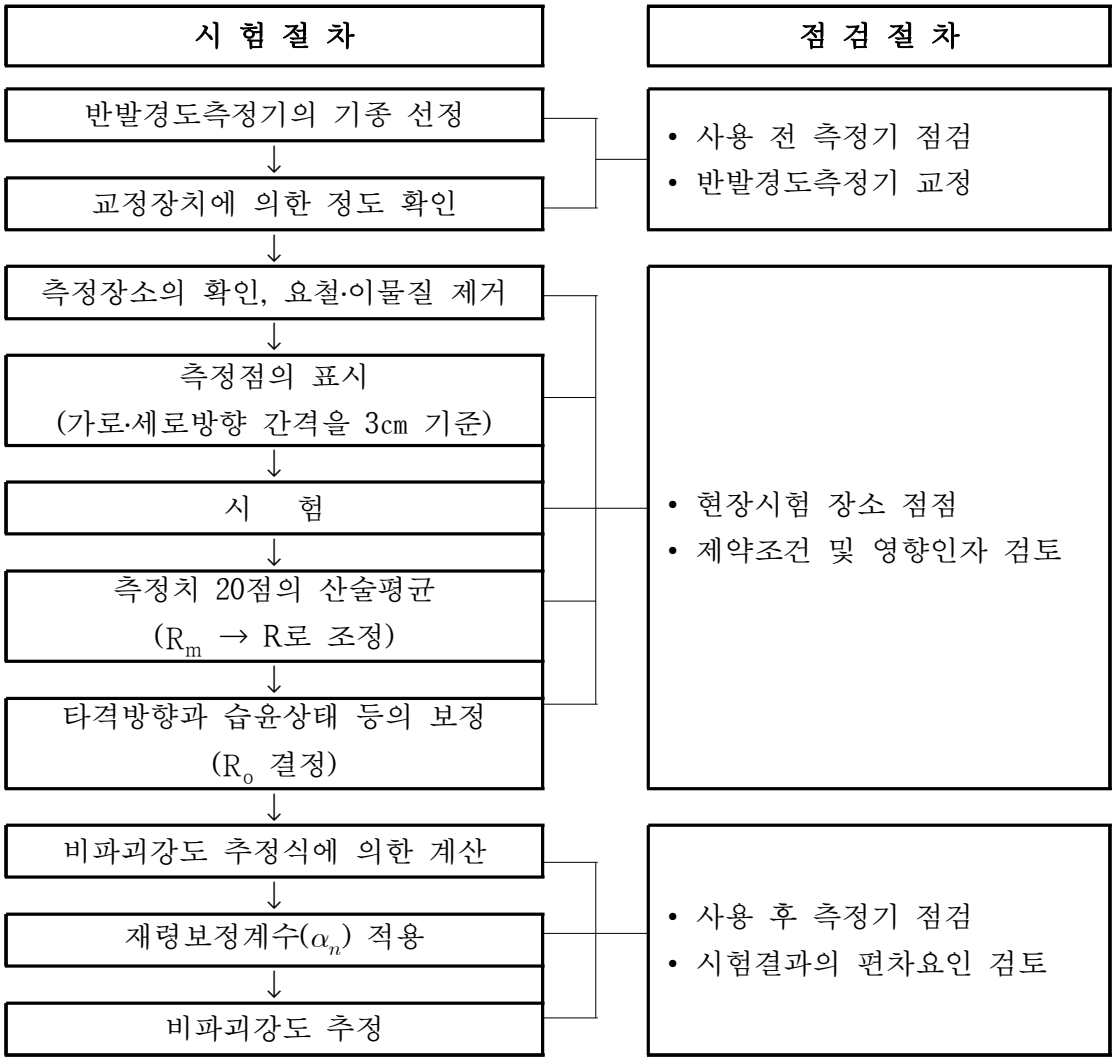
### 가. 콘크리트 강도시험

#### 1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추

정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도($F_c$)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

**① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차**




**【그림 3.8】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차**

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3㎝를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값($R_m$)을 구한다. 산술평균값($R_m$)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다.

### ② 보정반발경도($R_o$)

【표 3.43】 보정반발경도($R_o$)

◈ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

$\Delta R_1$ : 타격방향에 따른 보정값

$\Delta R_2$ : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값($\Delta R_1$)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함

⇒ 하향 타격(-90° )의 경우 : (+)값으로 보정

상향 타격(+90° )의 경우 : (-)값으로 보정

| α / R | 보 정 값 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | +90° | +45° | -45° | -90° |
| 10 | - | - | +2.4 | +3.2 |
| 20 | -5.4 | -3.5 | +2.5 | +3.4 |
| 30 | -4.7 | -3.1 | +2.3 | +3.1 |
| 40 | -3.9 | -2.6 | +2.0 | +2.7 |
| 50 | -3.1 | -2.1 | +1.5 | +2.2 |
| 60 | -2.2 | -1.6 | +1.3 | +1.7 |

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값($\Delta R_2$)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨

⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : $\Delta R_2$ = +3으로 보정

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2$ = +5로 보정

### ③ 압축강도의 추정

보정반발경도($R_o$)로부터 압축강도($F_c$)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3.44】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

| 구 분 | 추 정 식(MPa) | 비 고 |
|---|---|---|
| 일본재료학회 | $F_c = -18.0 + 1.27R_o$ | **금회 적용(식①)** |
| 동경 건축재료 검사소 | $F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$ | - |
| 일본건축학회 | $F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$ | **금회 적용(식②)** |
| U.S Army | $F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$ | - |

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)

#### ④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도($F_{28}'$)로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 $\alpha$는 아래 표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

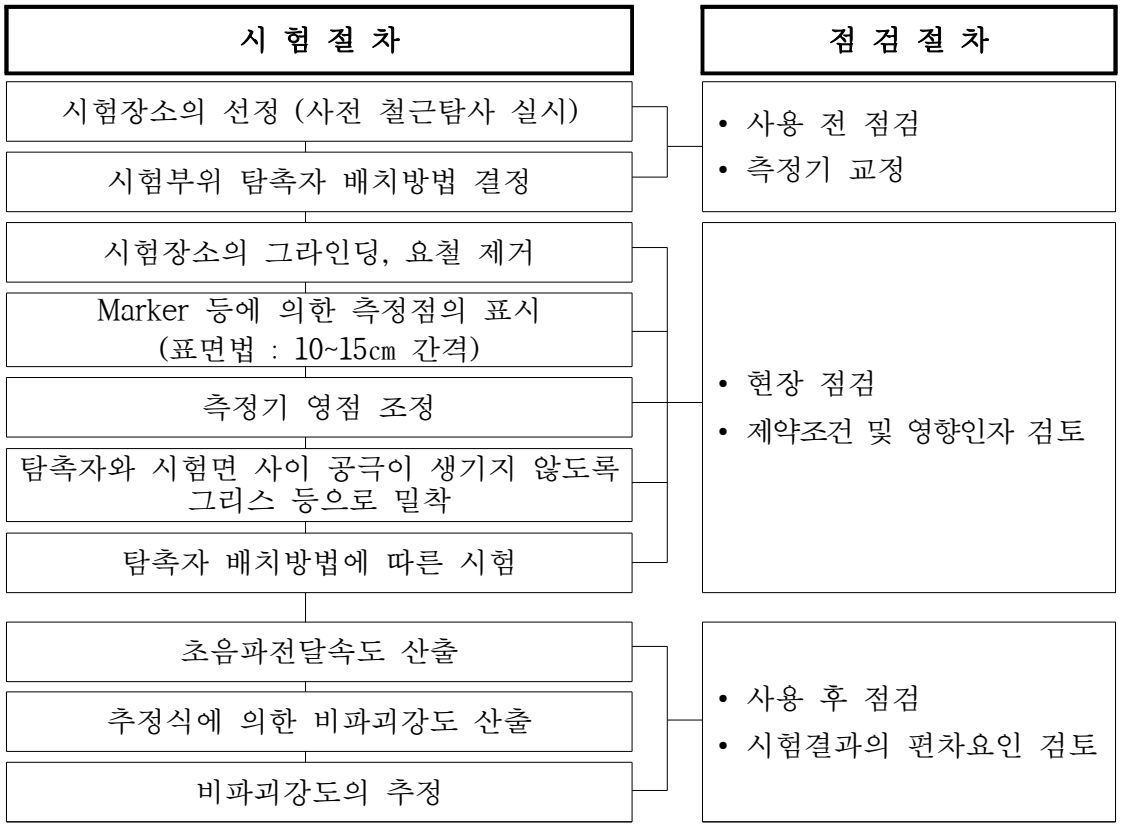
【표 3.45】재령계수 $\alpha$ 값

| 재령(일) | 10 | 20 | 28 | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 | 500 | 1000 | 3000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| α | 1.55 | 1.12 | 1.00 | 0.87 | 0.78 | 0.74 | 0.72 | 0.70 | 0.67 | 0.65 | 0.63 |

### 2) 초음파전달속도시험

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나, 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질 비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

#### ① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



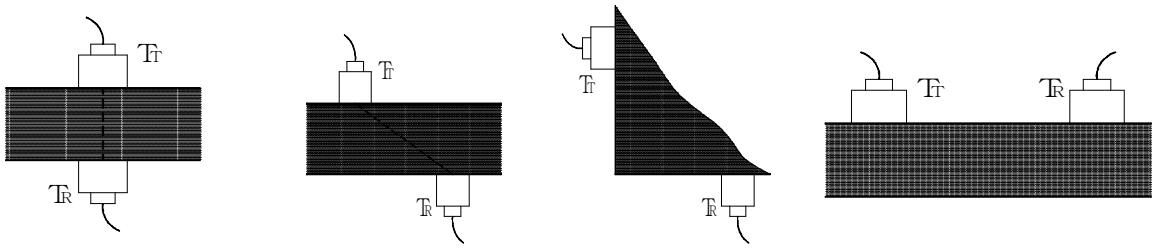

【그림 3.9】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

### ② 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

초음파전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 아래 식에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도(Velocity)} = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}}$$

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.




(a)직접법 (b)간접법 (C)표면법

【그림 3.10】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

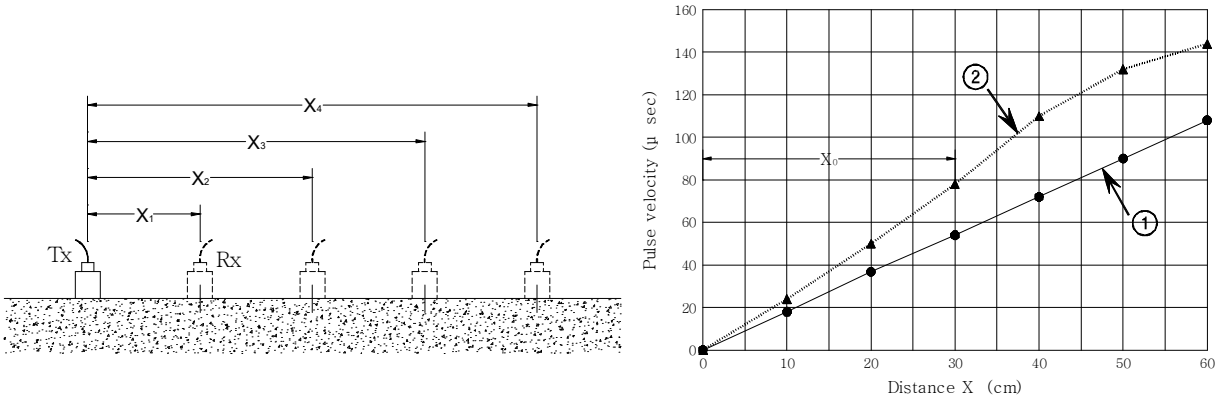
여기서, $V_d$ : 직접법에 의한 초음파 속도

$V_i$ : 표면법에 의한 초음파 속도

직접법과 표면법의 초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 보편적으로 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있다.

보다 정확한 직접법과 표면법의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법을 수행한 동일 조건의 구조물이나, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

표면법은 등간격(100~150㎜)으로 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리($X_i$)에 따른 전달시간($T_i$)을 측정하고, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도($V_i$)로 한다.




【그림 3.11】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性)검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 다음 식에 의해서 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\Sigma (X_i - \overline{X})(T_i - \overline{T}))^2}{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 \Sigma (T_i - \overline{T})^2}$$

여기서, $\overline{X}$, $\overline{T}$는 거리 및 전달시간의 평균값

### ③ 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 $r^2$값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 $V_i$를 계산하였다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파전달속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.46】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

| 구 분 | 추 정 식(MPa) | 비 고 |
|---|---|---|
| 일본건축학회 | $F_c = (215\,V_d - 620) \times 0.098$ | **금회 적용(식④)** |
| 일본토목학회 | $F_c = (102\,V_d - 117) \times 0.098$ | **금회 적용(식③)** |
| 한전기술연구원 | $F_c = (339.1\,V_d - 1107) \times 0.098$ | - |
| 谷川의 제안식 | $F_c = (172.5\,V_d - 499.6) \times 0.098$ | - |

※ $V_d$ : 직접법에 의한 초음파전달속도(㎞/s)

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단) 참조

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

## 나. 철근탐사시험

### 1) 개 요

본 시험은 전자파레이더를 이용한 철근탐사 시험기(RC Radar)를 활용하여 철근콘크리트 구조물에 배근된 철근간격, 콘크리트 피복을 측정하기 위해 실시한다.

철근콘크리트 구조물의 부재 내부에 배근되어 있는 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있으므로 철근탐사는 설계 당시와 같이 콘크리트 내에 배근되어 있는 철근의 배근상태 및 피복두께를 파악하기 위하여 실시한다.

### 2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래【그림 3.12】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

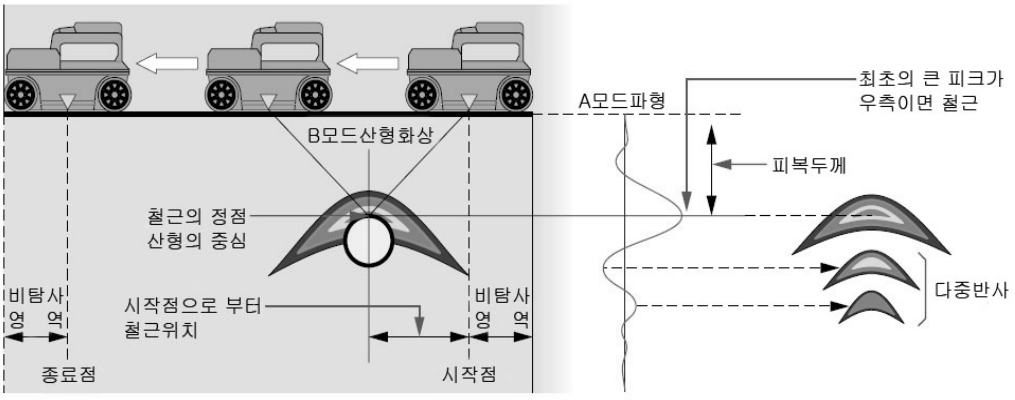
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도($3\times10^8$ m/sec)

$\varepsilon_r$ : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

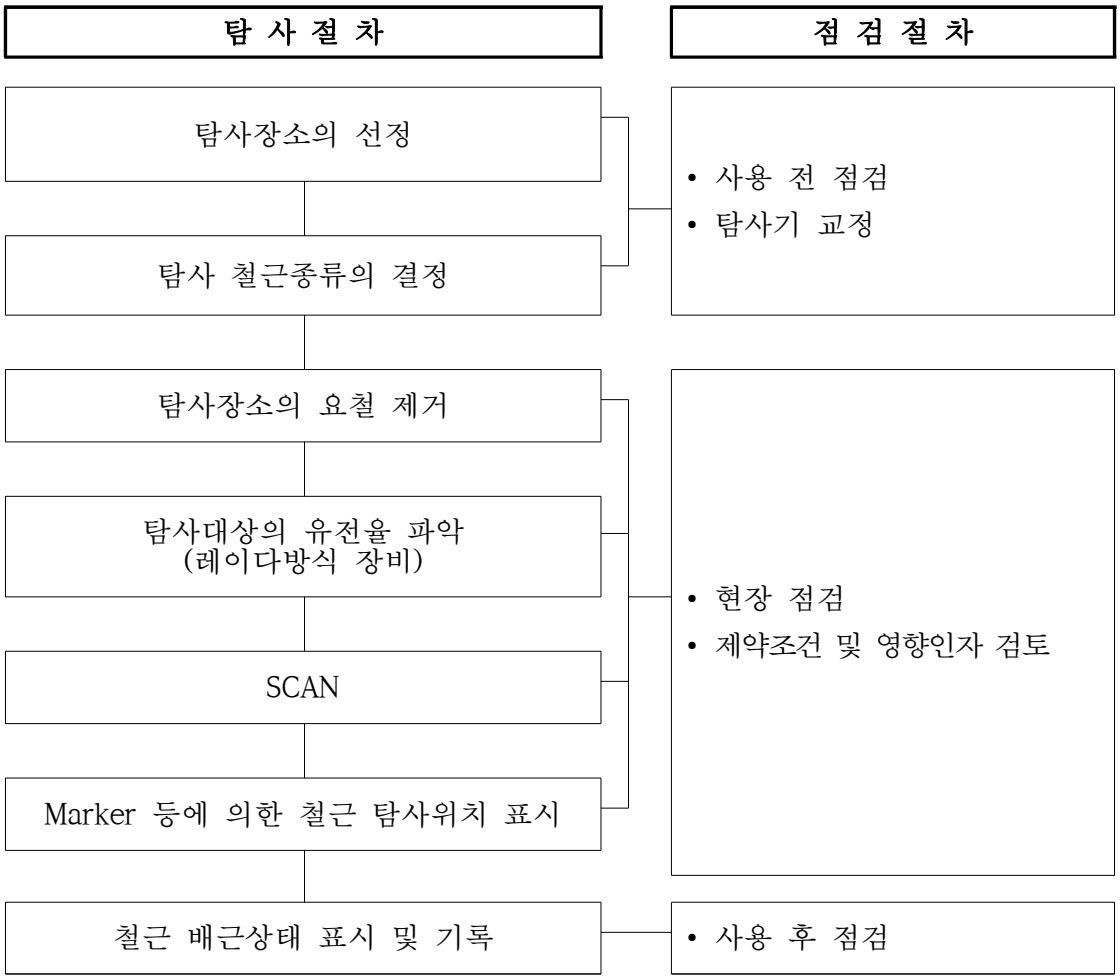
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$




【그림 3.12】철근탐사 측정원리

### 3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.




【그림 3.13】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

### 4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

#### ① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
  - 탐사심도 200㎜이내
  - 탐사대상 철근지름이 ⌀6㎜이상
  - 콘크리트의 질이 균일한 곳
  - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
  - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
  - 100㎜이하의 피치로 배근되어 있는 경우
  - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

**② 적용한계**

- 탐사대상 물체의 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우
- 비유전율에 따라 피복두께의 차이가 있으므로 탐사 대상물의 비유전율을 추정하기 어려움
- 철근직경과 복철근 및 경사철근의 판독 불가능
- 탐사대상 표면에 요철이 많은 장소는 탐사결과의 신뢰성 저하
- 안테나의 사용으로 좁고, 짧은 위치의 탐사 불편

## 다. 탄산화깊이 측정

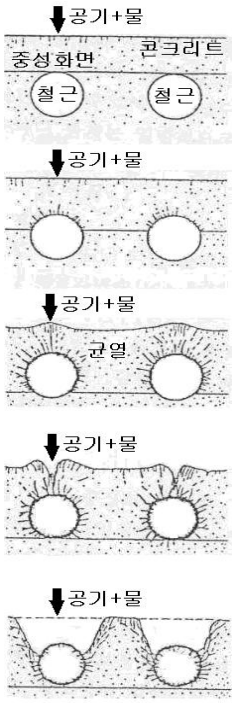
### 1) 개 요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생되는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.

$$\underset{\text{수산화칼슘}}{Ca(OH)_2} + \underset{\text{탄산가스}}{CO_2} \rightarrow \underset{\text{탄산칼슘}}{CaCo_3} + \underset{\text{물}}{H_2O}$$

(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 $1\times10^{-6}$㎜ 두께의 수산화물($\gamma-Fe_2O_3\cdot nH_2O$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

| | |
|---|---|
|  | STEP 1<br>• 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음<br>(약간의 건조수축에 의한 균열)<br>STEP 2<br>• 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생<br>STEP 3<br>• 철근의 윗면이 팽창함<br>• 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임<br>STEP 4<br>• 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨<br>• 철근단면적이 감소함<br>STEP 5<br>• 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨<br>• 내구성능은 없음 |

**【그림 3.14】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하**

### 2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

**【표 3.47】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인**

| 구분 | 영향인자 | 탄산화 속도 |
|---|---|---|
| 내적 요인 | 시멘트의 종류 | • 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름<br>• 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트 |
| | 골재의 종류 | • 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름 |
| | 계면활성제 종류 | • 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함 |
| | 압축강도 | • 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름 |
| | 물-시멘트비 | • 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름 |
| | 시공 정밀도 | • 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름 |
| | 콘크리트 결함부 | • 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름 |

【표 3.48】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

| 구분 | 영향인자 | 탄산화 속도 |
|---|---|---|
| 외적 요인 | 온도 | • 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름<br>• 20~50°C 사이에서는 영향이 크지 않음 |
| | 이산화탄소 농도 | • 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름<br>• 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼 |
| | 습도 | • 상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대 |
| | 실내, 실외 | • 실내의 탄산화 속도가 빠름 |

### 3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

### 4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화 속도계수)$^2$

잔존수명예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

### 5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.49】탄산화 상태평가 기준

| 기 준 | 탄산화 잔여 깊이 | 철근부식의 가능성 |
|---|---|---|
| a | • 30㎜이상 | • 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음 |
| b | • 10㎜이상 ~ 30㎜미만 | • 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음 |
| c | • 0㎜이상 ~ 10㎜미만 | • 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음 |
| d | • 0㎜미만 | • 철근부식 발생 |
| e | - | - |

## 라. 염화물함유량시험

### 1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

염화물의 콘크리트 침투를 구분해 보면 일반적으로 두가지로 크게 구분할 수 있다.

하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우이고, 다른 하나는 방동대책으로서 염화칼슘($CaCl_2$)과 염화나트륨(NaCl)의 살포에 의해 염화물이 침투하는 경우이다.

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레쉬 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘($CaCl_2$)의 사용, ③ 염화칼슘($CaCl_2$)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl)을 주로 함유한 것)의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

콘크리트 중에 함유하는 염화물은 ① 가용성 염화물(수용성 염화물), ② 전 염화물(산 용해성 염화물)의 2종류로 분류할 수 있다. ①의 가용성 염화물로는 콘크리트에서 물에 의해 유출되는 염화물이고, ②의 전 염화물은 콘크리트를 강한 산으로 용해함으로써 유출되는 염화물이다. 가용성 염화물의 측정은 콘크리트의 세공용액 속에 용해되어 있는 유리 염화물의 양을 구하는 경우로 측정할 수 있고 유출온도 등 시험방법의 자세한 내용은 제안되고 있는 각 방법에 따라 약간 차이가 있다. 일본 콘크리트공학협회(JCI)에서는 가용성 염화물을 「경화콘크리트 중에 함유된 50℃의 온수에 녹는 염화물」이라 정의하여 측정방법을 정하고 있다.

전 염화물량과 가용성 염화물량과의 차이는 시멘트 수화물에 고정되어 있는 염화물로써 판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 0.3~1.2kg/m³ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 0.3~0.6kg/m³ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m³ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³ 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³ 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

### 2) 평가기준

#### ① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/㎥이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/㎥까지 허용

#### ② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.50】염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

| 부재의 종류 | 최대 수용성 염소이온($Cl^-$), 시멘트의 중량에 대한 비(%) |
|---|---|
| 프리스트레스트 콘크리트 | 0.06 |
| 염화물에 노출된 철근콘크리트 | 0.15 |
| 건조상태 또는 습기로부터 차단된 철근콘크리트 | 1.00 |
| 기타 철근콘크리트 | 0.30 |

#### ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)

【표 3.51】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

| 기 준 | 전염화물 이온량(kg/m³ ) | 철근부식의 가능성 |
|---|---|---|
| a | • 염화물 < 0.3kg/m³ | • 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음 |
| b | • 0.3kg/m³ < 염화물 ≤ 1.2kg/m³ | • 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음 |
| c | • 1.2kg/m³ < 염화물 ≤ 2.5kg/m³ | • 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음 |
| d | • 염화물 ≥ 2.5kg/m³ | • 철근 부식발생 |
| e | - | - |

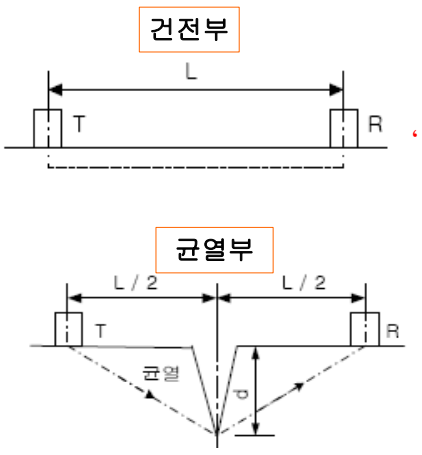
## 마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 $T_c$-$T_o$법으로 구한다.

$T_c$-$T_o$법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래 그림과 같이 각각 측정하고, 양자의 데이터 비교에 의해 균열깊이를 산출하는 것이다. 본 방법에서는 균열부분을 중심으로 하여 송신탐촉자와 수신탐촉자를 등간격으로 배치한다. 송신탐촉자(T)로부터 발신된 종파초음파가 그림 중의 점선과 같이 콘크리트 내를 전파하고 균열 선단부를 경유해서 수신탐촉자(R)에 도달하기까지의 시간 $T_c$를 구한다.

비교용으로서 같은 콘크리트 부재에서 균열이 없는 부분을 대상으로 송신탐촉자와 수신탐촉자의 거리 L과 초음파가 전파하는 시간 $T_o$를 구해 다음 식을 적용하여 균열깊이를 구한다. 본 과업에서는 X=10㎝를 적용하였다.

$$d = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{(T_c^2)}{(T_o^2)} - 1}$$




< 균열깊이 조사 개요도 >

< 균열깊이 조사현황 >

【그림 3.15】 $T_c$-$T_o$법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

## 3.3.3 시험결과 및 분석

### 가. 콘크리트 강도시험

차령터널(천안)의 콘크리트 비파괴강도시험은 라이닝 콘크리트에서 반발경도시험 25개소 및 초음파전달속도시험 25개소를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

#### 1) 비파괴강도 시험결과

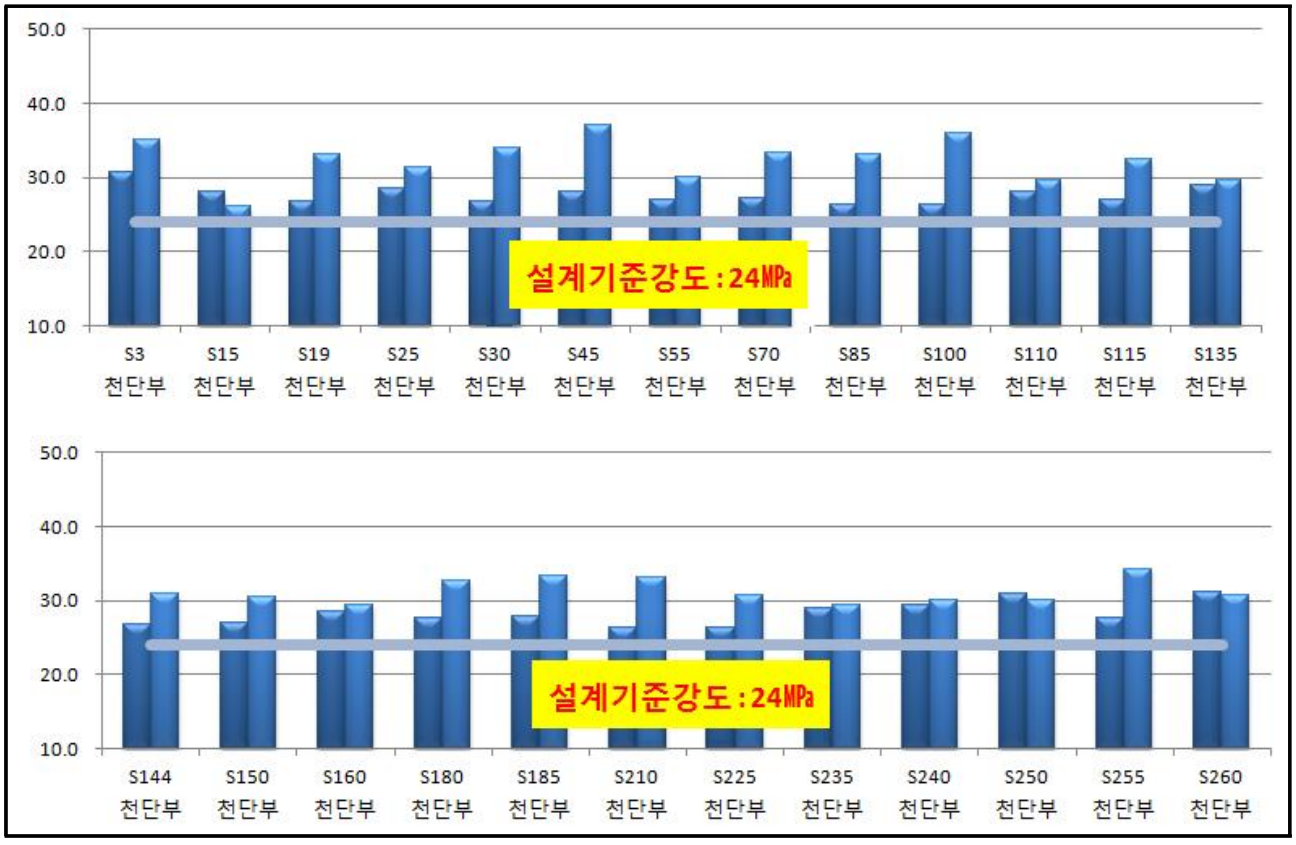
- 검토결과, 설계기준 대비 평균 천안방향 : 109.6～130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 차령터널 라이닝 콘크리트에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.52】 차령터널(천안) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

| 시험위치 | | 비파괴시험 | | 반발경도법 (MPa) | | 초음파속도법 (MPa) | | 반발경도법 평균 | 초음파속도법 평균 | 설계기준강도 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 반발경도 ($R_o$) | 초음파속도 ($V_d$) | 식① | 식② | 식③ | 식④ | | | |
| 상부구조 | S3 천단부 | 53.2 | 4.578 | 31.2 | 30.2 | 34.3 | 35.7 | 30.7 | 35.0 | 24.0 |
| | S15 천단부 | 48.8 | 4.011 | 27.7 | 28.2 | 28.6 | 23.8 | 28.0 | 26.2 | |
| | S19 천단부 | 46.8 | 4.452 | 26.1 | 27.3 | 33.0 | 33.0 | 26.7 | 33.0 | |
| | S25 천단부 | 49.7 | 4.337 | 28.4 | 28.6 | 31.9 | 30.6 | 28.5 | 31.3 | |
| | S30 천단부 | 46.8 | 4.505 | 26.1 | 27.3 | 33.6 | 34.2 | 26.7 | 33.9 | |
| | S45 천단부 | 48.8 | 4.704 | 27.7 | 28.2 | 35.6 | 38.4 | 28.0 | 37.0 | |
| | S55 천단부 | 47.0 | 4.253 | 26.3 | 27.4 | 31.0 | 28.9 | 26.9 | 30.0 | |
| | S70 천단부 | 47.8 | 4.473 | 26.9 | 27.7 | 33.2 | 33.5 | 27.3 | 33.4 | |
| | S85 천단부 | 46.3 | 4.452 | 25.7 | 27.0 | 33.0 | 33.0 | 26.4 | 33.0 | |
| | S100 천단부 | 46.1 | 4.641 | 25.5 | 27.0 | 34.9 | 37.0 | 26.3 | 36.0 | |
| | S110 천단부 | 49.1 | 4.221 | 27.9 | 28.3 | 30.7 | 28.2 | 28.1 | 29.5 | |
| | S115 천단부 | 47.2 | 4.410 | 26.4 | 27.4 | 32.6 | 32.2 | 26.9 | 32.4 | |
| | S135 천단부 | 50.4 | 4.221 | 29.0 | 28.9 | 30.7 | 28.2 | 29.0 | 29.5 | |
| | S144 천단부 | 46.9 | 4.316 | 26.2 | 27.3 | 31.7 | 30.2 | 26.8 | 31.0 | |
| | S150 천단부 | 47.2 | 4.284 | 26.4 | 27.4 | 31.4 | 29.5 | 26.9 | 30.5 | |
| | S160 천단부 | 49.6 | 4.211 | 28.3 | 28.5 | 30.6 | 28.0 | 28.4 | 29.3 | |
| | S180 천단부 | 48.2 | 4.421 | 27.2 | 27.9 | 32.7 | 32.4 | 27.6 | 32.6 | |
| | S185 천단부 | 48.5 | 4.473 | 27.5 | 28.0 | 33.2 | 33.5 | 27.8 | 33.4 | |

【표 3.53】 차령터널(천안) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 (계속)

| 시험위치 | | 비파괴시험 | | 반발경도법 (MPa) | | 초음파속도법 (MPa) | | 반발 경도법 평균 | 초음파 속도법 평균 | 설계 기준 강도 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 반발경도 ($R_o$) | 초음파속도 ($V_d$) | 식① | 식② | 식③ | 식④ | | | |
| 상부구조 | S210 천단부 | 46.3 | 4.463 | 25.7 | 27.0 | 33.1 | 33.3 | 26.4 | 33.2 | 24.0 |
| | S225 천단부 | 46.1 | 4.295 | 25.5 | 27.0 | 31.5 | 29.7 | 26.3 | 30.6 | |
| | S235 천단부 | 50.5 | 4.211 | 29.1 | 28.9 | 30.6 | 28.0 | 29.0 | 29.3 | |
| | S240 천단부 | 51.2 | 4.253 | 29.6 | 29.2 | 31.0 | 28.9 | 29.4 | 30.0 | |
| | S250 천단부 | 53.6 | 4.253 | 31.5 | 30.3 | 31.0 | 28.9 | 30.9 | 30.0 | |
| | S255 천단부 | 48.2 | 4.536 | 27.2 | 27.9 | 33.9 | 34.8 | 27.6 | 34.3 | |
| | S260 천단부 | 53.9 | 4.305 | 31.8 | 30.5 | 31.6 | 29.9 | 31.2 | 30.8 | |
| | 평 균 | | | 27.6 | 28.1 | 32.2 | 31.4 | 27.9 | 31.8 | |
| | 표준편차 | | | 1.86 | 1.05 | 1.60 | 3.34 | 1.45 | 2.46 | |
| | 변동계수 | | | 6.73 | 3.73 | 4.96 | 10.66 | 5.19 | 7.75 | |




【그림 3.16】 터널 라이닝 콘크리트 평균압축강도 추정결과

【표 3.54】 비파괴강도 시험결과 분석

| 구 분 | 시험방법 | 평균강도(A) | 설계기준강도(B) | A/B×100(%) |
|---|---|---|---|---|
| 라이닝 콘크리트 | 반발경도법 | 26.3～31.2 | 24.0 | 109.6～130.0 |
| | 초음파속도법 | 26.2～37.0 | | 109.2～154.2 |

### 2) 기 진단결과와의 비교·분석

| 구 분 | 시험방법 | 2013년 정밀안전진단 | 2018년 정밀안전진단 |
|---|---|---|---|
| 라이닝 콘크리트 | 반발경도법 | 25.7～27.6 | 26.3～31.2 |
| | 초음파속도법 | 24.2～27.4 | 26.2～37.0 |

## 나. 철근탐사시험

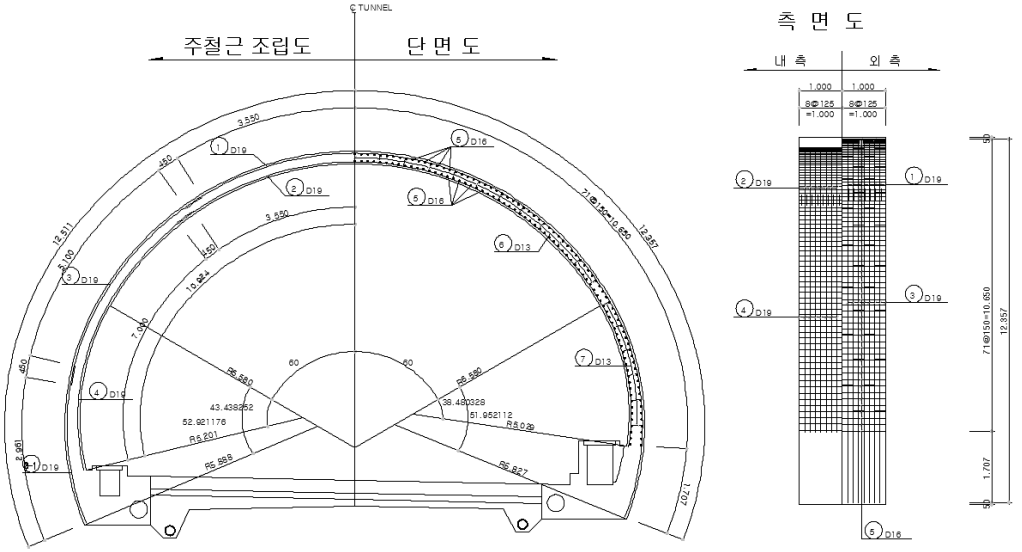
철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 7개소에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

### 1) 철근탐사 시험결과

【표 3.55】 차령터널(천안) 철근탐사 시험결과

| 시험위치 | | 철근종류 | 측정치(㎜) | | 설계치(㎜) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 배근간격 | 피복두께 | 배근간격 | 피복두께 | |
| 상부 구조 | S2 측벽부 | 주철근 | 140~160 | 81~86 | 150 | 34.0 | 양호 |
| | | 배력철근 | 210 | 95 | 200 | 66.0 | 양호 |
| | S3 천단부 | 주철근 | 135~155 | 74~79 | 150 | 34.0 | 양호 |
| | | 배력철근 | 195~205 | 112~119 | 200 | 66.0 | 양호 |
| | S82 천단부 | 주철근 | 115~135 | 36~44 | 125 | 40.5 | 양호 |
| | | 배력철근 | 135~150 | 69~77 | 150 | 59.5 | 양호 |
| | S144 천단부 | 주철근 | 105~120 | 52~67 | 125 | 40.5 | 양호 |
| | | 배력철근 | 125~145 | 107~117 | 150 | 59.5 | 양호 |
| | S205 천단부 | 주철근 | 105~125 | 49 | 125 | 40.5 | 양호 |
| | | 배력철근 | 140~160 | 65~72 | 150 | 59.5 | 양호 |
| | S266 천단부 | 주철근 | 150~160 | 60~62 | 150 | 34.0 | 양호 |
| | | 배력철근 | 195~205 | 103~105 | 200 | 66.0 | 양호 |
| | S268 측벽부 | 주철근 | 135~155 | 49~60 | 150 | 34.0 | 양호 |
| | | 배력철근 | 205 | 67~69 | 200 | 66.0 | 양호 |

【표 3.56】 차령터널(천안) 철근탐사 시험결과 (계속)




### 2) 기 진단결과와의 비교

| 구 분 | 2013년 정밀안전진단 | | 2018년 정밀안전진단 | |
|---|---|---|---|---|
| | 배근간격 | 피복두께 | 배근간격 | 피복두께 |
| 라이닝 콘크리트 | 146～151 | 46～50 | 135～160 | 49～86 |

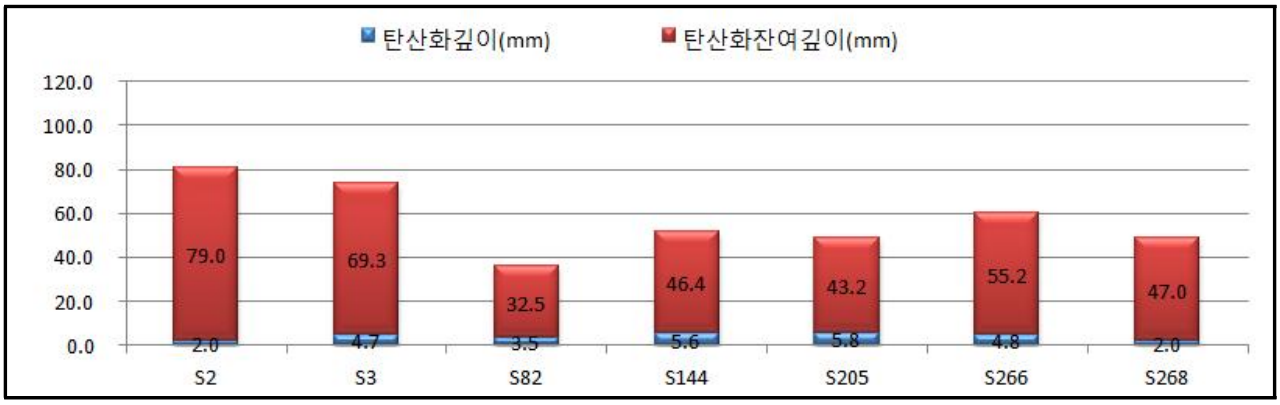
## 다. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가되었다.

### 1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.57】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

| 시험위치 | | 탄산화 깊이 (㎜) | 실측 피복두께 (㎜) | 탄산화 잔여깊이 (㎜) | 탄산화 속도계수 (A) | 잔존 수명 (년) | 평가 등급 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 라이닝 콘크리트 | S2 측벽부 | 2.0 | 81.0 | 79.0 | 0.50 | 100년이상 | a | 양호 |
| | S3 천단부 | 4.7 | 74.0 | 69.3 | 1.18 | 100년이상 | a | 양호 |
| | S82 천단부 | 3.5 | 36.0 | 32.5 | 0.88 | 100년이상 | a | 양호 |
| | S144 천단부 | 5.6 | 52.0 | 46.4 | 1.40 | 100년이상 | a | 양호 |
| | S205 천단부 | 5.8 | 49.0 | 43.2 | 1.45 | 100년이상 | a | 양호 |
| | S266 천단부 | 4.8 | 60.0 | 55.2 | 1.20 | 100년이상 | a | 양호 |
| | S268 측벽부 | 2.0 | 49.0 | 47.0 | 0.50 | 100년이상 | a | 양호 |




【그림 3.17】 탄산화 깊이 측정결과

### 2) 기 진단결과와의 비교

| 구 분 | 2013년 정밀안전진단<br>잔여깊이(㎜) | 2018년 정밀안전진단<br>잔여깊이(㎜) |
|---|---|---|
| 라이닝 콘크리트 | 39.2~43.8 | 32.5~79.0 |

## 라. 염화물함유량 시험

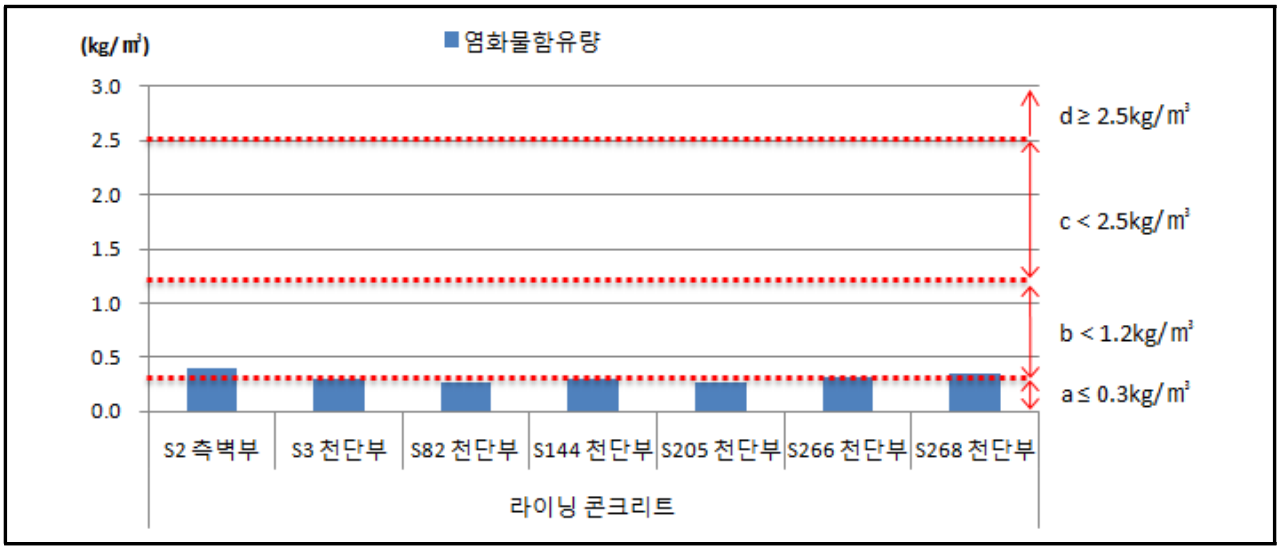
### 1) 염화물함유량 시험 결과

염화물함유량 시험은 총 7개소에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 그 결과 건전부 구간에서 b등급 이상으로 평가되었다.

【표 3.58】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

| 시험위치 | | 실측 피복두께 (㎜) | 염화물 함유량 | | 평가 결과 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $Cl^-$(%) | $Cl^-$(kg/㎥) | | |
| 라이닝 콘크리트 | S2 측벽부 (건전부) | 81.0 | 0.0179 | 0.405 | b | |
| | S3 천단부 (건전부) | 74.0 | 0.0130 | 0.295 | a | |
| | S82 천단부 (건전부) | 36.0 | 0.0122 | 0.276 | a | |
| | S144 천단부 (건전부) | 52.0 | 0.0132 | 0.298 | a | |
| | S205 천단부 (건전부) | 49.0 | 0.0119 | 0.270 | a | |
| | S266 천단부 (건전부) | 60.0 | 0.0142 | 0.321 | b | |
| | S268 측벽부 (건전부) | 49.0 | 0.0156 | 0.354 | b | |

※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/㎥) = 전 염화물 함유량($Cl^-$)% / 100 × 콘크리트 단위중량(2,263kg/㎥)




【그림 3.18】 염화물시험 측정결과

### 2) 기 진단결과와의 비교

| 구 분 | 2013년 정밀안전진단 $Cl^-$(kg/㎥) | 2018년 정밀안전진단 $Cl^-$(kg/㎥) |
|---|---|---|
| 라이닝 콘크리트 | 0.158~0.226 | 0.270~0.405 |

## 마. 균열깊이 측정결과

균열깊이측정을 위해 현장외관조사 시 확인된 폭 0.3㎜이상 균열을 선정하였으며, 초음파 속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다. 이에 콘크리트 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3㎜이상 균열에는 주입보수를 실시하는 것이 적절하다고 판단된다.

【표 3.59】 균열깊이 조사결과

| 시험위치 | | 균열폭 (㎜) | 초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec) | | 균열깊이 (㎜) | 피복두께 (㎜) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 건전부 (To) | 균열부 (Tc) | | | |
| 라이닝 | SPAN 80 | 0.3 | 29.4 | 103.2 | 50.4 | 490.0 | |
| | SPAN 82 | 0.3 | 33.6 | 131.2 | 56.6 | 490.0 | |
| | SPAN 115 | 0.3 | 35.1 | 125.7 | 51.5 | 480.0 | |

# 3.4 터널 측량

## 3.4.1 개 요

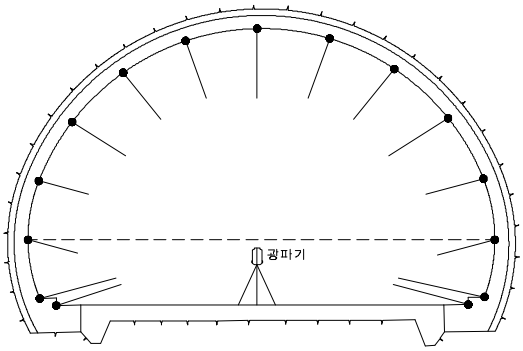
터널의 단면 변화 및 터널의 전반적인 현황을 파악하고, 준공도면과 비교하여 터널의 변형 여부를 확인하고 유지관리 자료로 활용할 수 있도록 터널측량을 실시하였다.

## 3.4.2 단면측량

### 가. 단면 측량 현황

단면조사는 외관조사 결과에 따라 터널 내공단면이 불규칙한 곳에 대해서는 정확한 단면 상태 및 시공상태의 파악을 위해 광파거리측정기를 이용하여 측정하며 준공도면상의 단면과 실측단면의 차이를 통해 시설한계선을 만족하고 있는지를 검토하며 이를 보수·보강 대책 수립시와 유지관리 업무 수행시에 활용할 수 있도록 실시한다.

단면 측량은 차량의 원활한 운행 가능 여부를 판단하기 위해 시설물의 정량적 크기를 결정하기 위한 측정방법으로, 단면측량 시 측정된 결과는 설계도면과 일치하는지 여부를 확인하였으며, 기존측량 결과 값 이 없으므로 금회 측정한 값을 초기값으로 활용하여 향후 유지관리 시 비교 대상값을 제안을 하고자 금회 단면 14개소에 대하여 측정하였다.




단면측점 : 20 point

계측 현황

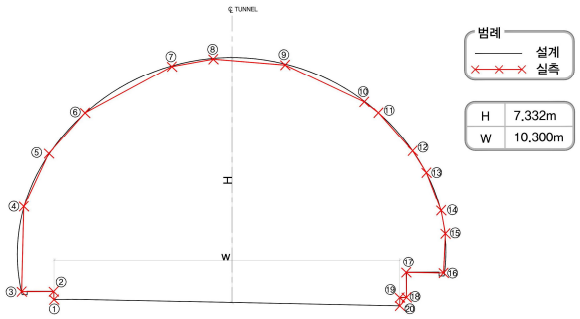
【그림 3.19】 단면측량 현황

## 나. 단면측량 결과

【표 3.60】 단면측량 결과

SPAN 4

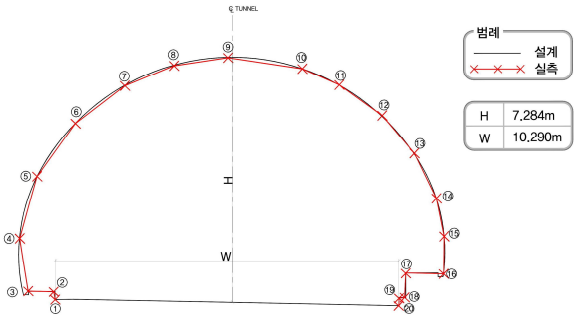
S4




| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | 100° 04′ 50″ | 8.292 | |
| 2 | 98° 26′ 16″ | 8.264 | |
| 3 | 97° 34′ 59″ | 9.207 | |
| 4 | 81° 36′ 37″ | 9.162 | |
| 5 | 70° 37′ 35″ | 8.817 | |
| 6 | 60° 14′ 24″ | 8.341 | |
| 7 | 40° 05′ 31″ | 7.224 | |
| 8 | 30° 45′ 44″ | 6.687 | |
| 9 | 12° 57′ 22″ | 5.719 | |
| 10 | 346° 26′ 36″ | 4.594 | |
| 11 | 340° 06′ 00″ | 4.144 | |
| 12 | 320° 00′ 19″ | 3.919 | |
| 13 | 308° 46′ 37″ | 3.757 | |
| 14 | 289° 54′ 28″ | 3.581 | |
| 15 | 278° 38′ 50″ | 3.534 | |
| 16 | 259° 10′ 04″ | 3.503 | |
| 17 | 254° 35′ 50″ | 2.413 | |
| 18 | 230° 55′ 30″ | 2.665 | |
| 19 | 236° 52′ 43″ | 2.547 | |
| 20 | 232° 51′ 35″ | 2.674 | |

SPAN 22

S22




| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1 | 101° 36′ 35″ | 6.536 | |
| 2 | 99° 28′ 18″ | 6.534 | |
| 3 | 98° 20′ 20″ | 7.288 | |
| 4 | 85° 54′ 25″ | 7.483 | |
| 5 | 71° 09′ 21″ | 7.337 | |
| 6 | 55° 41′ 44″ | 7.014 | |
| 7 | 40° 19′ 43″ | 6.661 | |
| 8 | 26° 35′ 37″ | 6.348 | |
| 9 | 11° 41′ 49″ | 6.041 | |
| 10 | 349° 50′ 54″ | 5.675 | |
| 11 | 337° 34′ 08″ | 5.523 | |
| 12 | 320° 59′ 12″ | 5.391 | |
| 13 | 305° 05′ 17″ | 5.325 | |
| 14 | 288° 50′ 33″ | 5.304 | |
| 15 | 276° 28′ 01″ | 5.284 | |
| 16 | 264° 15′ 40″ | 5.263 | |
| 17 | 262° 53′ 19″ | 4.129 | |
| 18 | 252° 55′ 15″ | 4.252 | |
| 19 | 251° 52′ 34″ | 4.099 | |
| 20 | 248° 50′ 02″ | 4.163 | |

## 【표 3.61】 단면측량 결과

| SPAN 44 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S44 | | | | 6 | 55° 57′ 48″ | 7.575 | |
| | | | | 7 | 41° 13′ 12″ | 7.074 | |
| | | | | 8 | 26° 17′ 10″ | 6.549 | |
| | | | | 9 | 12° 34′ 14″ | 6.085 | |
| | | | | 10 | 348° 16′ 39″ | 5.379 | |
| | | | | 11 | 335° 25′ 57″ | 5.118 | |
| | | | | 12 | 321° 38′ 40″ | 4.888 | |
| | | | | 13 | 306° 40′ 20″ | 4.718 | |
| | | | | 14 | 291° 00′ 25″ | 4.605 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 273° 57′ 48″ | 4.522 | |
| 1 | 99° 59′ 08″ | 7.276 | | 16 | 263° 38′ 17″ | 4.501 | |
| 2 | 98° 20′ 41″ | 7.251 | | 17 | 261° 35′ 44″ | 3.391 | |
| 3 | 97° 33′ 45″ | 7.893 | | 18 | 249° 55′ 16″ | 3.530 | |
| 4 | 86° 58′ 54″ | 8.214 | | 19 | 248° 28′ 35″ | 3.394 | |
| 5 | 71° 37′ 51″ | 8.021 | | 20 | 245° 03′ 18″ | 3.485 | |

| SPAN 66 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S66 | | | | 6 | 55° 18′ 32″ | 7.307 | |
| | | | | 7 | 41° 18′ 32″ | 6.910 | |
| | | | | 8 | 25° 27′ 40″ | 6.450 | |
| | | | | 9 | 12° 20′ 27″ | 6.087 | |
| | | | | 10 | 346° 33′ 37″ | 5.498 | |
| | | | | 11 | 331° 23′ 25″ | 5.249 | |
| | | | | 12 | 316° 17′ 10″ | 5.079 | |
| | | | | 13 | 300° 35′ 59″ | 4.993 | |
| | | | | 14 | 286° 26′ 54″ | 4.930 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 270° 10′ 20″ | 4.877 | |
| 1 | 100° 36′ 44″ | 6.912 | | 16 | 262° 24′ 10″ | 4.851 | |
| 2 | 98° 43′ 10″ | 6.893 | | 17 | 251° 39′ 45″ | 3.740 | |
| 3 | 97° 47′ 29″ | 7.667 | | 18 | 250° 21′ 59″ | 3.875 | |
| 4 | 85° 55′ 15″ | 7.866 | | 19 | 247° 21′ 59″ | 3.727 | |
| 5 | 71° 12′ 56″ | 7.700 | | 20 | 247° 16′ 23″ | 3.804 | |

## 【표 3.62】 단면측량 결과

| SPAN 88 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S88 | | | | 6 | 55° 43′ 30″ | 7.794 | |
| | | | | 7 | 39° 47′ 02″ | 7.165 | |
| | | | | 8 | 25° 27′ 17″ | 6.575 | |
| | | | | 9 | 12° 12′ 47″ | 6.061 | |
| | | | | 10 | 339° 53′ 48″ | 5.042 | |
| | | | | 11 | 330° 35′ 13″ | 4.835 | |
| | | | | 12 | 315° 05′ 50″ | 4.574 | |
| | | | | 13 | 301° 29′ 28″ | 4.439 | |
| | | | | 14 | 285° 42′ 48″ | 4.309 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 271° 48′ 00″ | 4.249 | |
| 1 | 99° 31′ 42″ | 7.534 | | 16 | 263° 42′ 42″ | 4.219 | |
| 2 | 97° 53′ 16″ | 7.516 | | 17 | 261° 10′ 50″ | 3.117 | |
| 3 | 97° 02′ 54″ | 8.234 | | 18 | 248° 38′ 31″ | 3.270 | |
| 4 | 85° 05′ 42″ | 8.511 | | 19 | 246° 49′ 54″ | 3.117 | |
| 5 | 70° 51′ 48″ | 8.285 | | 20 | 243° 27′ 37″ | 3.199 | |

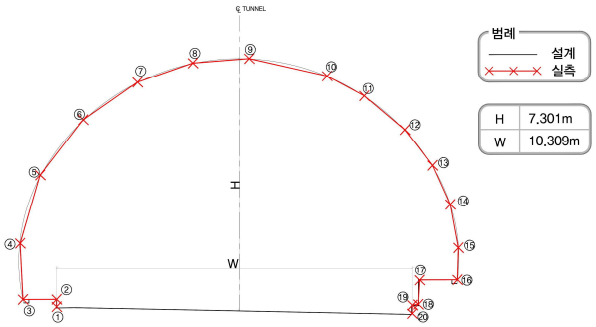
| SPAN 110 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S110 | | | | 6 | 55° 28′ 01″ | 7.381 | |
| | | | | 7 | 40° 39′ 24″ | 6.933 | |
| | | | | 8 | 25° 16′ 17″ | 6.460 | |
| | | | | 9 | 12° 27′ 59″ | 6.092 | |
| | | | | 10 | 348° 19′ 08″ | 5.508 | |
| | | | | 11 | 335° 58′ 41″ | 5.285 | |
| | | | | 12 | 320° 14′ 02″ | 5.076 | |
| | | | | 13 | 305° 06′ 29″ | 4.957 | |
| | | | | 14 | 290° 47′ 48″ | 4.883 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 275° 45′ 35″ | 4.830 | |
| 1 | 100° 35′ 05″ | 6.995 | | 16 | 264° 09′ 56″ | 4.787 | |
| 2 | 98° 47′ 17″ | 6.953 | | 17 | 262° 21′ 43″ | 3.672 | |
| 3 | 97° 37′ 52″ | 7.888 | | 18 | 251° 35′ 25″ | 3.790 | |
| 4 | 85° 46′ 03″ | 7.947 | | 19 | 250° 25′ 57″ | 3.653 | |
| 5 | 70° 21′ 36″ | 7.761 | | 20 | 247° 00′ 05″ | 3.742 | |

## 【표 3.63】 단면측량 결과

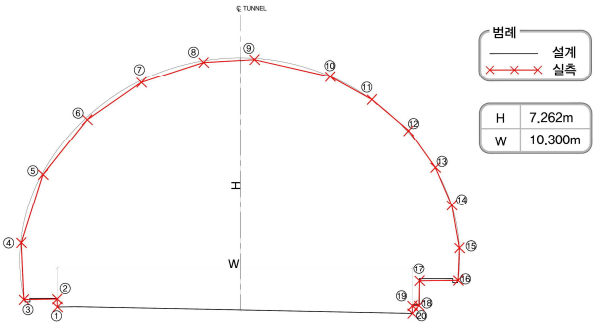
| SPAN 132 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S132 | | | | 6 | 55° 13′ 30″ | 7.344 | |
| | | | | 7 | 40° 21′ 06″ | 6.904 | |
| | | | | 8 | 25° 32′ 42″ | 6.461 | |
| | | | | 9 | 12° 47′ 14″ | 6.101 | |
| | | | | 10 | 348° 28′ 51″ | 5.523 | |
| | | | | 11 | 335° 47′ 37″ | 5.291 | |
| | | | | 12 | 320° 51′ 22″ | 5.093 | |
| | | | | 13 | 305° 21′ 33″ | 4.974 | |
| | | | | 14 | 290° 38′ 10″ | 4.910 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 274° 11′ 10″ | 4.856 | |
| 1 | 100° 34′ 28″ | 6.932 | | 16 | 264° 30′ 42″ | 4.836 | |
| 2 | 98° 36′ 00″ | 6.913 | | 17 | 262° 25′ 30″ | 3.711 | |
| 3 | 97° 28′ 05″ | 7.656 | | 18 | 251° 46′ 59″ | 3.851 | |
| 4 | 85° 39′ 20″ | 7.895 | | 19 | 250° 32′ 31″ | 3.700 | |
| 5 | 70° 54′ 07″ | 7.729 | | 20 | 247° 47′ 03″ | 3.782 | |

| SPAN 154 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S154 | | | | 6 | 56° 12′ 19″ | 7.325 | |
| | | | | 7 | 39° 35′ 44″ | 6.841 | |
| | | | | 8 | 25° 54′ 41″ | 6.438 | |
| | | | | 9 | 12° 46′ 14″ | 6.073 | |
| | | | | 10 | 348° 49′ 22″ | 5.505 | |
| | | | | 11 | 335° 24′ 11″ | 5.273 | |
| | | | | 12 | 320° 50′ 36″ | 5.093 | |
| | | | | 13 | 304° 41′ 40″ | 4.734 | |
| | | | | 14 | 290° 39′ 09″ | 4.922 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 282° 22′ 20″ | 4.898 | |
| 1 | 100° 36′ 59″ | 6.927 | | 16 | 264° 14′ 51″ | 4.860 | |
| 2 | 98° 59′ 47″ | 6.898 | | 17 | 262° 17′ 12″ | 3.740 | |
| 3 | 97° 51′ 14″ | 7.732 | | 18 | 251° 37′ 14″ | 3.888 | |
| 4 | 85° 32′ 51″ | 7.874 | | 19 | 250° 27′ 30″ | 3.725 | |
| 5 | 70° 08′ 55″ | 7.679 | | 20 | 247° 29′ 41″ | 3.803 | |

## 【표 3.64】 단면측량 결과

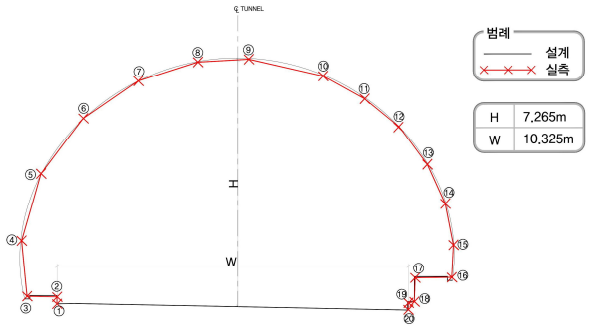
| SPAN 176 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S176 | | | | 6 | 55° 28′ 30″ | 7.380 | |
|  | | | | 7 | 40° 31′ 21″ | 6.934 | |
| | | | | 8 | 26° 26′ 09″ | 6.509 | |
| | | | | 9 | 11° 59′ 04″ | 6.090 | |
| | | | | 10 | 349° 40′ 13″ | 5.542 | |
| | | | | 11 | 336° 57′ 11″ | 5.300 | |
| | | | | 12 | 320° 06′ 58″ | 5.075 | |
| | | | | 13 | 305° 10′ 42″ | 4.957 | |
| | | | | 14 | 290° 40′ 19″ | 4.881 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 275° 36′ 50″ | 4.824 | |
| 1 | 100° 23′ 43″ | 6.962 | | 16 | 264° 18′ 29″ | 4.797 | |
| 2 | 98° 38′ 55″ | 6.933 | | 17 | 262° 30′ 14″ | 3.710 | |
| 3 | 97° 36′ 31″ | 7.896 | | 18 | 251° 56′ 39″ | 3.825 | |
| 4 | 85° 40′ 41″ | 7.931 | | 19 | 250° 46′ 22″ | 3.675 | |
| 5 | 70° 37′ 37″ | 7.766 | | 20 | 247° 15′ 22″ | 3.755 | |



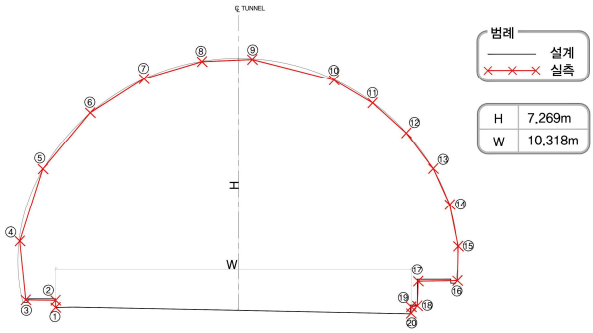
| SPAN 198 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S198 | | | | 6 | 55° 34′ 15″ | 7.384 | |
|  | | | | 7 | 40° 41′ 26″ | 6.930 | |
| | | | | 8 | 24° 55′ 45″ | 6.438 | |
| | | | | 9 | 11° 48′ 35″ | 6.049 | |
| | | | | 10 | 349° 58′ 46″ | 5.509 | |
| | | | | 11 | 335° 30′ 03″ | 5.231 | |
| | | | | 12 | 320° 00′ 35″ | 5.025 | |
| | | | | 13 | 304° 45′ 55″ | 4.884 | |
| | | | | 14 | 290° 36′ 48″ | 4.794 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 275° 31′ 03″ | 4.730 | |
| 1 | 100° 22′ 26″ | 7.069 | | 16 | 263° 50′ 28″ | 4.698 | |
| 2 | 98° 30′ 18″ | 7.038 | | 17 | 261° 55′ 03″ | 3.588 | |
| 3 | 97° 36′ 35″ | 7.999 | | 18 | 250° 45′ 23″ | 3.743 | |
| 4 | 85° 40′ 53″ | 8.027 | | 19 | 249° 32′ 28″ | 3.589 | |
| 5 | 70° 42′ 49″ | 7.811 | | 20 | 246° 36′ 51″ | 3.663 | |

## 【표 3.65】 단면측량 결과

| SPAN 220 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S220 | | | | 6 | 55° 34′ 11″ | 7.371 | |
| | | | | 7 | 40° 15′ 27″ | 6.906 | |
| | | | | 8 | 24° 59′ 02″ | 6.430 | |
| | | | | 9 | 11° 38′ 47″ | 6.035 | |
| | | | | 10 | 349° 54′ 55″ | 5.500 | |
| | | | | 11 | 335° 17′ 17″ | 5.224 | |
| | | | | 12 | 320° 54′ 23″ | 5.034 | |
| | | | | 13 | 305° 01′ 14″ | 4.918 | |
| | | | | 14 | 290° 13′ 14″ | 4.856 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 275° 31′ 11″ | 4.819 | |
| 1 | 100° 43′ 57″ | 6.975 | | 16 | 263° 57′ 19″ | 4.774 | |
| 2 | 99° 02′ 03″ | 6.937 | | 17 | 262° 00′ 35″ | 3.706 | |
| 3 | 97° 52′ 39″ | 7.807 | | 18 | 251° 02′ 30″ | 3.849 | |
| 4 | 85° 44′ 48″ | 7.917 | | 19 | 249° 56′ 50″ | 3.697 | |
| 5 | 70° 46′ 33″ | 7.756 | | 20 | 247° 00′ 58″ | 3.767 | |




| SPAN 242 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S242 | | | | 6 | 54° 14′ 11″ | 7.459 | |
| | | | | 7 | 40° 03′ 31″ | 6.981 | |
| | | | | 8 | 25° 39′ 56″ | 6.484 | |
| | | | | 9 | 12° 52′ 35″ | 6.059 | |
| | | | | 10 | 349° 05′ 10″ | 5.404 | |
| | | | | 11 | 335° 13′ 07″ | 5.115 | |
| | | | | 12 | 320° 24′ 07″ | 4.895 | |
| | | | | 13 | 305° 01′ 09″ | 4.768 | |
| | | | | 14 | 291° 04′ 59″ | 4.698 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 275° 59′ 15″ | 4.654 | |
| 1 | 100° 29′ 34″ | 7.176 | | 16 | 263° 26′ 28″ | 4.637 | |
| 2 | 98° 51′ 55″ | 7.143 | | 17 | 261° 01′ 54″ | 3.510 | |
| 3 | 97° 49′ 19″ | 7.997 | | 18 | 249° 54′ 04″ | 3.665 | |
| 4 | 85° 30′ 59″ | 8.121 | | 19 | 248° 28′ 05″ | 3.510 | |
| 5 | 69° 51′ 04″ | 7.911 | | 20 | 245° 39′ 52″ | 3.578 | |



## 【표 3.66】 단면측량 결과

| SPAN 254 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S254 | | | | 6 | 55° 32′ 41″ | 7.403 | |
| | | | | 7 | 39° 25′ 54″ | 6.913 | |
| | | | | 8 | 24° 37′ 49″ | 6.441 | |
| | | | | 9 | 11° 30′ 54″ | 6.046 | |
| | | | | 10 | 349° 58′ 47″ | 5.497 | |
| | | | | 11 | 332° 44′ 09″ | 5.161 | |
| | | | | 12 | 320° 18′ 04″ | 4.990 | |
| | | | | 13 | 304° 14′ 53″ | 4.885 | |
| | | | | 14 | 290° 15′ 45″ | 4.844 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 275° 13′ 54″ | 4.814 | |
| 1 | 100° 37′ 57″ | 7.006 | | 16 | 264° 07′ 42″ | 4.812 | |
| 2 | 98° 51′ 24″ | 6.961 | | 17 | 262° 14′ 23″ | 3.677 | |
| 3 | 97° 49′ 24″ | 7.716 | | 18 | 251° 12′ 42″ | 3.816 | |
| 4 | 85° 23′ 40″ | 7.936 | | 19 | 249° 59′ 29″ | 3.660 | |
| 5 | 70° 21′ 36″ | 7.772 | | 20 | 246° 58′ 35″ | 3.735 | |

| SPAN 267 | | | | 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S267 | | | | 6 | 55° 12′ 11″ | 6.802 | |
| | | | | 7 | 40° 40′ 18″ | 6.522 | |
| | | | | 8 | 25° 53′ 37″ | 6.249 | |
| | | | | 9 | 10° 09′ 03″ | 5.994 | |
| | | | | 10 | 349° 23′ 06″ | 5.719 | |
| | | | | 11 | 335° 35′ 33″ | 5.591 | |
| | | | | 12 | 319° 26′ 43″ | 5.509 | |
| | | | | 13 | 306° 33′ 49″ | 5.489 | |
| | | | | 14 | 290° 32′ 34″ | 5.510 | |
| 구분 | 각도 | 거리(m) | 비고 | 15 | 275° 39′ 48″ | 5.492 | |
| 1 | 102° 16′ 45″ | 6.336 | | 16 | 264° 08′ 29″ | 5.481 | |
| 2 | 100° 08′ 19″ | 6.300 | | 17 | 262° 43′ 51″ | 4.358 | |
| 3 | 99° 02′ 46″ | 7.048 | | 18 | 253° 27′ 33″ | 4.478 | |
| 4 | 85° 46′ 20″ | 7.239 | | 19 | 252° 26′ 38″ | 4.315 | |
| 5 | 69° 59′ 08″ | 7.082 | | 20 | 249° 46′ 31″ | 4.381 | |

### 다. 단면측량 결과 분석

터널 단면측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.

【표 3.67】 단면측량 결과 분석

| Span | 높이 (m) | | 폭 (m) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 측량결과 | 설계치 | 측량결과 | 설계치 | |
| S4 | 7.332 | 7.332 | 10.300 | 10.300 | |
| S22 | 7.284 | | 10.290 | | |
| S44 | 7.251 | | 10.326 | | |
| S66 | 7.277 | | 10.302 | | |
| S88 | 7.301 | | 10.291 | | |
| S110 | 7.288 | | 10.300 | | |
| S132 | 7.282 | | 10.302 | | |
| S154 | 7.256 | | 10.321 | | |
| S176 | 7.301 | | 10.309 | | |
| S198 | 7.262 | | 10.300 | | |
| S220 | 7.265 | | 10.325 | | |
| S242 | 7.269 | | 10.318 | | |
| S254 | 7.271 | | 10.324 | | |
| S267 | 7.303 | | 10.300 | | |

## 3.4.3 종단측량

### 가. 종단 측량 현황

종단 측량은 터널 종단 구배의 파악을 위해 광파거리측정기를 이용하여 측정하며 준공도면상의 구배와 실측 구배의 차이를 통해 설계도서상의 구배를 만족하고 있는지를 검토하며 이를 보수·보강 대책 수립시와 유지관리 업무 수행시에 활용할 수 있도록 실시한다.

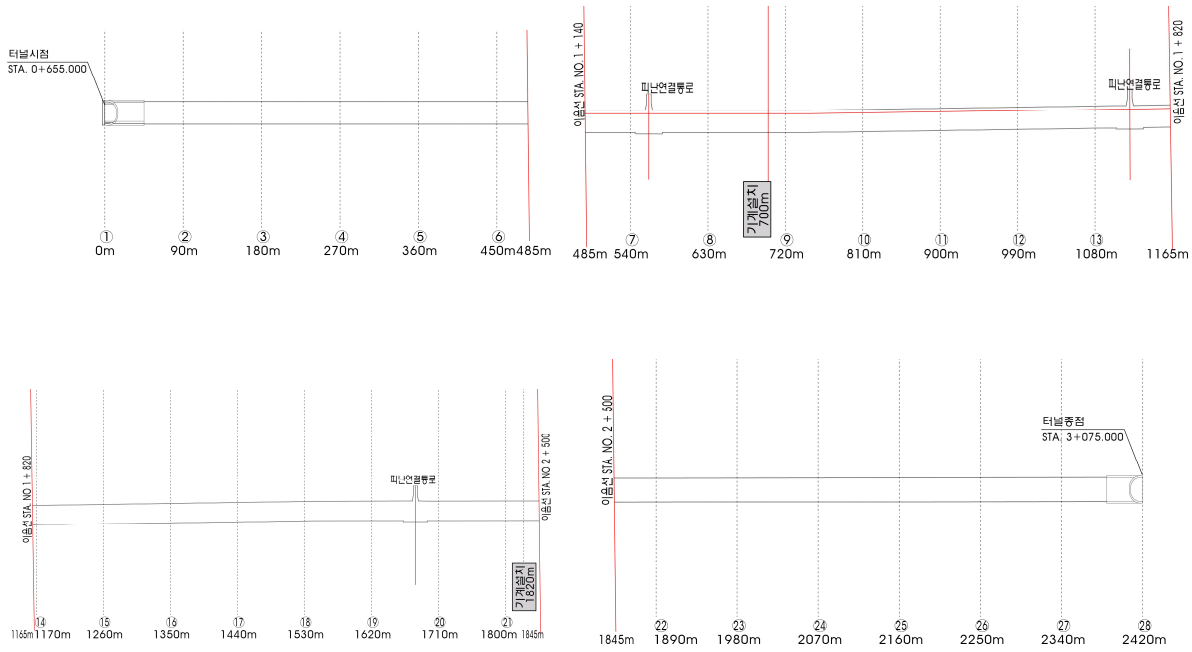
터널 종단 측량은 광파거리측정기를 700m와 1280m에 설치하여 측량을 실시하였으며, 터널 입구부터 터널 출구까지 측정간격 약 90m 범위에서 총 28개소를 선정하여 측량을 실시하였다.

측량 현황

측량 현황

【사진 3.19】종단측량 전경

## 나. 종단 측량 결과



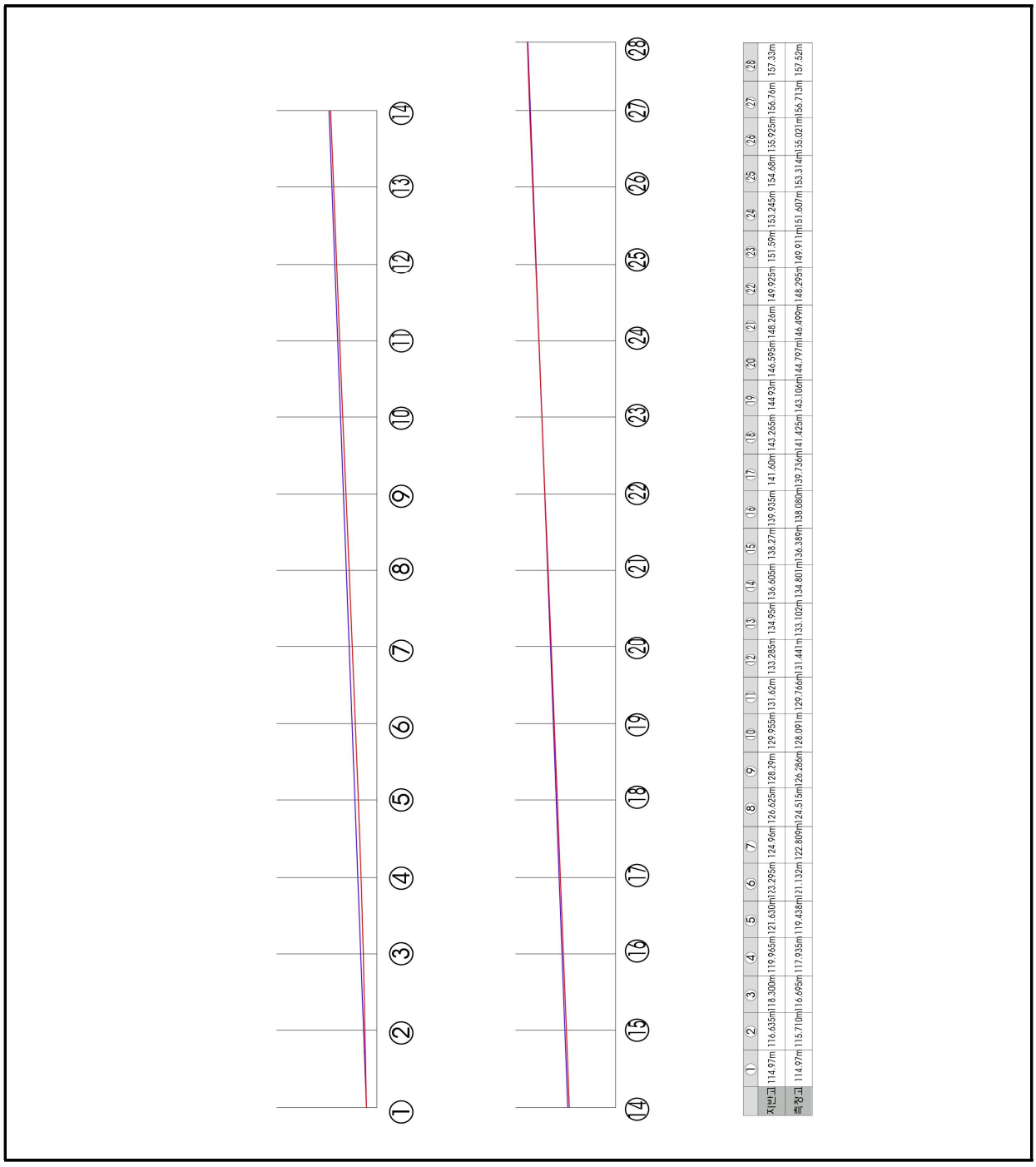

【그림 3.20】종단측량 현황

【표 3.68】 종단측량 결과

| 측점 No. | 측점위치 | 측점거리 | 기계와 수평거리 | 측량값 (기계와 고저차) | 지반고 (설계값) | 측정고 (측정값) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 시점 | 0m | 695m | 9.815m | 114.970m | 114.970m | ± 0m |
| 2 | S10 | 91m | 604m | 9.075m | 116.635m | 115.710m | -0.925m |
| 3 | S20 | 180m | 515m | 8.090m | 118.300m | 116.695m | -1.605m |
| 4 | S30 | 273m | 423m | 6.850m | 119.965m | 117.935m | 2.030m |
| 5 | S40 | 360m | 335m | 5.347m | 121.630m | 119.438m | 2.192m |
| 6 | S50 | 450m | 245m | 3.653m | 123.295m | 121.132m | 2.163m |
| 7 | S60 | 540m | 155m | 1.976m | 124.960m | 122.809m | -2.151m |
| 8 | S70 | 630m | 65m | 0.270m | 126.625m | 124.515m | -2.110m |
| 9 | S80 | 666m | 29m | -1.501m | 128.290m | 126.286m | -2.004m |
| 10 | S90 | 821m | 126m | -3.306m | 129.955m | 128.091m | -1.864m |
| 11 | S100 | 911m | 216m | -4.981m | 131.620m | 129.766m | -1.854m |
| 12 | S110 | 1,001m | 306m | -6.656m | 133.285m | 131.441m | -1.844m |
| 13 | S120 | 1,091m | 396m | -8.317m | 134.950m | 133.102m | -1.848m |
| 14 | S130 | 1,181m | 486m | -10.016m | 136.605m | 134.801m | -1.804m |
| 15 | S140 | 1,266m | 571m | -11.604m | 138.270m | 136.389m | -1.881m |
| 16 | S150 | 1,358m | 663m | -13.295m | 139.935m | 138.080m | -1.855m |
| 17 | S160 | 1,447m | 752m | -14.951m | 141.600m | 139.736m | -1.864m |
| | | | 375m | 6.098m | | | |
| 18 | S170 | 1,537m | 285m | 4.409m | 143.265m | 141.425m | -1.840m |
| 19 | S180 | 1,627m | 195m | 2.728m | 144.930m | 143.106m | -1.824m |
| 20 | S190 | 1,717m | 105m | 1.037m | 146.595m | 144.797m | -1.798m |
| 21 | S200 | 1,807m | 15m | -0.665m | 148.260m | 146.499m | -1.761m |
| 22 | S210 | 1,899m | 77m | -2.401m | 149.925m | 148.295m | -1.630m |
| 23 | S220 | 1,985m | 163m | -4.017m | 151.590m | 149.911m | -1.679m |
| 24 | S230 | 2,075m | 253m | -5.712m | 153.245m | 151.607m | -1.638m |
| 25 | S240 | 2,165m | 343m | -7.408m | 154.680m | 153.314m | -1.366m |
| 26 | S250 | 2,255m | 433m | -9.115m | 155.925m | 155.021m | -0.904m |
| 27 | S260 | 2,345m | 523m | -10.807m | 156.760m | 156.713m | -0.047m |
| 28 | 종점 | 2,417m | 595m | -12.167m | 157.330m | 157.520m | +0.190m |

## 다. 종단 측량 결과 분석

터널 종단측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.




【그림 3.21】 종단측량 분석결과

# 3.5 GPR 탐사

## 3.5.1 개요

### 가. 목적

GPR탐사를 이용하여 터널 라이닝 배면공동 발생여부를 파악하여 터널의 안정성 확보를 위한 제반자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

### 나. 탐사구간 및 일정

탐사위치 : 충남 천안시 동남구 광덕면 원덕리, 논산~천안고속도로(차령터널)

탐사기간 : 2017년 11월 21일 ~ 12월 01일

### 다. 탐사 내용

| Span 번호. | 탐사방향 | 측선(STA.) | GPR Line No. | 조사연장 |
|---|---|---|---|---|
| 004-008 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K138.0~261K174.0 | L-1 | 36m |
| 008-012 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K174.0~261K210.0 | L-2 | 36m |
| 012-016 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K210.0~261K246.0 | L-3 | 36m |
| 016-020 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K246.0~261K282.0 | L-4 | 36m |
| 020-024 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K282.0~261K318.0 | L-5 | 36m |
| 024-028 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K318.0~261K354.0 | L-6 | 36m |
| 028-032 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K354.0~261K390.0 | L-7 | 36m |
| 032-036 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K390.0~261K426.0 | L-8 | 36m |
| 036-040 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K426.0~261K462.0 | L-9 | 36m |
| 040-044 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K462.0~261K498.0 | L-10 | 36m |
| 044-048 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K498.0~261K534.0 | L-11 | 36m |
| 048-052 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K534.0~261K570.0 | L-12 | 36m |
| 052-056 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K570.0~261K606.0 | L-13 | 36m |
| 056-060 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K606.0~261K642.0 | L-14 | 36m |
| 060-064 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K642.0~261K678.0 | L-15 | 36m |
| 064-068 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K678.0~261K714.0 | L-16 | 36m |
| 068-072 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K714.0~261K750.0 | L-17 | 36m |
| 072-076 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K750.0~261K786.0 | L-18 | 36m |
| 076-080 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K786.0~261K822.0 | L-19 | 36m |
| 080-084 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K822.0~261K866.0 | L-20 | 44m |

| Span 번호. | 탐사방향 | 측선(STA.) | GPR Line No. | 조사연장 |
|---|---|---|---|---|
| 084-088 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K866.0~261K905.0 | L-21 | 39m |
| 088-092 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K905.0~261K941.0 | L-22 | 36m |
| 092-096 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K941.0~261K977.0 | L-23 | 36m |
| 096-100 | 종방향 터널 상단좌측 | 261K977.0~262K013.0 | L-24 | 36m |
| 100-104 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K013.0~262K049.0 | L-25 | 36m |
| 104-108 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K049.0~262K085.0 | L-26 | 36m |
| 108-112 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K085.0~262K121.0 | L-27 | 36m |
| 112-116 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K121.0~262K157.0 | L-28 | 36m |
| 116-120 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K157.0~262K193.0 | L-29 | 36m |
| 120-124 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K193.0~262K229.0 | L-30 | 36m |
| 124-128 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K229.0~262K265.0 | L-31 | 36m |
| 128-132 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K265.0~262K301.0 | L-32 | 36m |
| 132-136 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K301.0~262K337.0 | L-33 | 36m |
| 136-140 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K337.0~262K370.0 | L-34 | 33m |
| 140-144 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K370.0~262K409.0 | L-35 | 39m |
| 144-148 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K409.0~262K446.0 | L-36 | 37m |
| 148-152 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K446.0~262K480.0 | L-37 | 34m |
| 152-156 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K480.0~262K516.0 | L-38 | 36m |
| 156-160 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K516.0~262K552.0 | L-39 | 36m |
| 160-164 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K552.0~262K588.0 | L-40 | 36m |
| 164-168 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K588.0~262K624.0 | L-41 | 36m |
| 168-172 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K624.0~262K660.0 | L-42 | 36m |
| 172-176 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K660.0~262K696.0 | L-43 | 36m |
| 176-180 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K696.0~262K732.0 | L-44 | 36m |
| 180-184 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K732.0~2612K768.0 | L-45 | 36m |
| 184-188 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K768.0~262K804.0 | L-46 | 36m |
| 188-192 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K804.0~262K840.0 | L-47 | 36m |
| 192-196 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K840.0~262K876.0 | L-48 | 36m |
| 196-200 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K876.0~262K912.0 | L-49 | 36m |
| 200-204 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K912.0~262K948.0 | L-50 | 36m |
| 204-208 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K948.0~262K988.0 | L-51 | 40m |
| 208-212 | 종방향 터널 상단좌측 | 262K988.0~263K021.0 | L-52 | 33m |
| 212-216 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K021.0~263K054.0 | L-53 | 33m |
| 216-220 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K054.0~263K090.0 | L-54 | 36m |
| 220-224 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K090.0~263K126.0 | L-55 | 36m |
| 224-228 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K126.0~263K162.0 | L-56 | 36m |

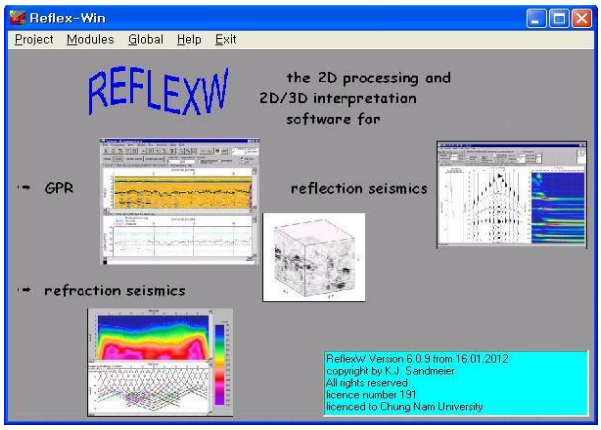
| Span 번호. | 탐사방향 | 측선(STA.) | GPR Line No. | 조사연장 |
|---|---|---|---|---|
| 228-232 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K162.0~263K198.0 | L-57 | 36m |
| 232-236 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K198.0~263K234.0 | L-58 | 36m |
| 236-240 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K234.0~263K270.0 | L-59 | 36m |
| 240-244 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K270.0~263K306.0 | L-60 | 36m |
| 244-248 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K306.0~263K342.0 | L-61 | 36m |
| 248-252 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K342.0~263K378.0 | L-62 | 36m |
| 252-256 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K378.0~263K414.0 | L-63 | 36m |
| 256-260 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K414.0~263K450.0 | L-64 | 36m |
| 260-264 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K450.0~263K486.0 | L-65 | 36m |
| 264-266 | 종방향 터널 상단좌측 | 263K486.0~263K504.0 | L-66 | 18m |
| 004-008 | 종방향 터널 상단중심 | 261K138.0~261K174.0 | C-1 | 36m |
| 008-012 | 종방향 터널 상단중심 | 261K174.0~261K210.0 | C-2 | 36m |
| 012-016 | 종방향 터널 상단중심 | 261K210.0~261K246.0 | C-3 | 36m |
| 016-020 | 종방향 터널 상단중심 | 261K246.0~261K282.0 | C-4 | 36m |
| 020-024 | 종방향 터널 상단중심 | 261K282.0~261K318.0 | C-5 | 36m |
| 024-028 | 종방향 터널 상단중심 | 261K318.0~261K354.0 | C-6 | 36m |
| 028-032 | 종방향 터널 상단중심 | 261K354.0~261K390.0 | C-7 | 36m |
| 032-036 | 종방향 터널 상단중심 | 261K390.0~261K426.0 | C-8 | 36m |
| 036-040 | 종방향 터널 상단중심 | 261K426.0~261K462.0 | C-9 | 36m |
| 040-044 | 종방향 터널 상단중심 | 261K462.0~261K498.0 | C-10 | 36m |
| 044-048 | 종방향 터널 상단중심 | 261K498.0~261K534.0 | C-11 | 36m |
| 048-052 | 종방향 터널 상단중심 | 261K534.0~261K570.0 | C-12 | 36m |
| 052-056 | 종방향 터널 상단중심 | 261K570.0~261K606.0 | C-13 | 36m |
| 056-060 | 종방향 터널 상단중심 | 261K606.0~261K642.0 | C-14 | 36m |
| 060-064 | 종방향 터널 상단중심 | 261K642.0~261K678.0 | C-15 | 36m |
| 064-068 | 종방향 터널 상단중심 | 261K678.0~261K714.0 | C-16 | 36m |
| 068-072 | 종방향 터널 상단중심 | 261K714.0~261K750.0 | C-17 | 36m |
| 072-076 | 종방향 터널 상단중심 | 261K750.0~261K786.0 | C-18 | 36m |
| 076-080 | 종방향 터널 상단중심 | 261K786.0~261K822.0 | C-19 | 36m |
| 080-084 | 종방향 터널 상단중심 | 261K822.0~261K866.0 | C-20 | 44m |
| 084-088 | 종방향 터널 상단중심 | 261K866.0~261K905.0 | C-21 | 39m |
| 088-092 | 종방향 터널 상단중심 | 261K905.0~261K941.0 | C-22 | 36m |
| 092-096 | 종방향 터널 상단중심 | 261K941.0~261K977.0 | C-23 | 36m |
| 096-100 | 종방향 터널 상단중심 | 261K977.0~262K013.0 | C-24 | 36m |
| 100-104 | 종방향 터널 상단중심 | 262K013.0~262K049.0 | C-25 | 36m |
| 104-108 | 종방향 터널 상단중심 | 262K049.0~262K085.0 | C-26 | 36m |

| Span 번호. | 탐사방향 | 측선(STA.) | GPR Line No. | 조사연장 |
|---|---|---|---|---|
| 108-112 | 종방향 터널 상단중심 | 262K085.0~262K121.0 | C-27 | 36m |
| 112-116 | 종방향 터널 상단중심 | 262K121.0~262K157.0 | C-28 | 36m |
| 116-120 | 종방향 터널 상단중심 | 262K157.0~262K193.0 | C-29 | 36m |
| 120-124 | 종방향 터널 상단중심 | 262K193.0~262K229.0 | C-30 | 36m |
| 124-128 | 종방향 터널 상단중심 | 262K229.0~262K265.0 | C-31 | 36m |
| 128-132 | 종방향 터널 상단중심 | 262K265.0~262K301.0 | C-32 | 36m |
| 132-136 | 종방향 터널 상단중심 | 262K301.0~262K337.0 | C-33 | 36m |
| 136-140 | 종방향 터널 상단중심 | 262K337.0~262K370.0 | C-34 | 33m |
| 140-144 | 종방향 터널 상단중심 | 262K370.0~262K409.0 | C-35 | 39m |
| 144-148 | 종방향 터널 상단중심 | 262K409.0~262K446.0 | C-36 | 37m |
| 148-152 | 종방향 터널 상단중심 | 262K446.0~262K480.0 | C-37 | 34m |
| 152-156 | 종방향 터널 상단중심 | 262K480.0~262K516.0 | C-38 | 36m |
| 156-160 | 종방향 터널 상단중심 | 262K516.0~262K552.0 | C-39 | 36m |
| 160-164 | 종방향 터널 상단중심 | 262K552.0~262K588.0 | C-40 | 36m |
| 164-168 | 종방향 터널 상단중심 | 262K588.0~262K624.0 | C-41 | 36m |
| 168-172 | 종방향 터널 상단중심 | 262K624.0~262K660.0 | C-42 | 36m |
| 172-176 | 종방향 터널 상단중심 | 262K660.0~262K696.0 | C-43 | 36m |
| 176-180 | 종방향 터널 상단중심 | 262K696.0~262K732.0 | C-44 | 36m |
| 180-184 | 종방향 터널 상단중심 | 262K732.0~2612K768.0 | C-45 | 36m |
| 184-188 | 종방향 터널 상단중심 | 262K768.0~262K804.0 | C-46 | 36m |
| 188-192 | 종방향 터널 상단중심 | 262K804.0~262K840.0 | C-47 | 36m |
| 192-196 | 종방향 터널 상단중심 | 262K840.0~262K876.0 | C-48 | 36m |
| 196-200 | 종방향 터널 상단중심 | 262K876.0~262K912.0 | C-49 | 36m |
| 200-204 | 종방향 터널 상단중심 | 262K912.0~262K948.0 | C-50 | 36m |
| 204-208 | 종방향 터널 상단중심 | 262K948.0~262K988.0 | C-51 | 40m |
| 208-212 | 종방향 터널 상단중심 | 262K988.0~263K021.0 | C-52 | 33m |
| 212-216 | 종방향 터널 상단중심 | 263K021.0~263K054.0 | C-53 | 33m |
| 216-220 | 종방향 터널 상단중심 | 263K054.0~263K090.0 | C-54 | 36m |
| 220-224 | 종방향 터널 상단중심 | 263K090.0~263K126.0 | C-55 | 36m |
| 224-228 | 종방향 터널 상단중심 | 263K126.0~263K162.0 | C-56 | 36m |
| 228-232 | 종방향 터널 상단중심 | 263K162.0~263K198.0 | C-57 | 36m |
| 232-236 | 종방향 터널 상단중심 | 263K198.0~263K234.0 | C-58 | 36m |
| 236-240 | 종방향 터널 상단중심 | 263K234.0~263K270.0 | C-59 | 36m |
| 240-244 | 종방향 터널 상단중심 | 263K270.0~263K306.0 | C-60 | 36m |
| 244-248 | 종방향 터널 상단중심 | 263K306.0~263K342.0 | C-61 | 36m |
| 248-252 | 종방향 터널 상단중심 | 263K342.0~263K378.0 | C-62 | 36m |

| Span 번호. | 탐사방향 | 측선(STA.) | GPR Line No. | 조사연장 |
|---|---|---|---|---|
| 252-256 | 종방향 터널 상단중심 | 263K378.0~263K414.0 | C-63 | 36m |
| 256-260 | 종방향 터널 상단중심 | 263K414.0~263K450.0 | C-64 | 36m |
| 260-264 | 종방향 터널 상단중심 | 263K450.0~263K486.0 | C-65 | 36m |
| 264-266 | 종방향 터널 상단중심 | 263K486.0~263K504.0 | C-66 | 18m |
| 004-008 | 종방향 터널 상단우측 | 261K138.0~261K174.0 | R-1 | 36m |
| 008-012 | 종방향 터널 상단우측 | 261K174.0~261K210.0 | R-2 | 36m |
| 012-016 | 종방향 터널 상단우측 | 261K210.0~261K246.0 | R-3 | 36m |
| 016-020 | 종방향 터널 상단우측 | 261K246.0~261K282.0 | R-4 | 36m |
| 020-024 | 종방향 터널 상단우측 | 261K282.0~261K318.0 | R-5 | 36m |
| 024-028 | 종방향 터널 상단우측 | 261K318.0~261K354.0 | R-6 | 36m |
| 028-032 | 종방향 터널 상단우측 | 261K354.0~261K390.0 | R-7 | 36m |
| 032-036 | 종방향 터널 상단우측 | 261K390.0~261K426.0 | R-8 | 36m |
| 036-040 | 종방향 터널 상단우측 | 261K426.0~261K462.0 | R-9 | 36m |
| 040-044 | 종방향 터널 상단우측 | 261K462.0~261K498.0 | R-10 | 36m |
| 044-048 | 종방향 터널 상단우측 | 261K498.0~261K534.0 | R-11 | 36m |
| 048-052 | 종방향 터널 상단우측 | 261K534.0~261K570.0 | R-12 | 36m |
| 052-056 | 종방향 터널 상단우측 | 261K570.0~261K606.0 | R-13 | 36m |
| 056-060 | 종방향 터널 상단우측 | 261K606.0~261K642.0 | R-14 | 36m |
| 060-064 | 종방향 터널 상단우측 | 261K642.0~261K678.0 | R-15 | 36m |
| 064-068 | 종방향 터널 상단우측 | 261K678.0~261K714.0 | R-16 | 36m |
| 068-072 | 종방향 터널 상단우측 | 261K714.0~261K750.0 | R-17 | 36m |
| 072-076 | 종방향 터널 상단우측 | 261K750.0~261K786.0 | R-18 | 36m |
| 076-080 | 종방향 터널 상단우측 | 261K786.0~261K822.0 | R-19 | 36m |
| 080-084 | 종방향 터널 상단우측 | 261K822.0~261K866.0 | R-20 | 44m |
| 084-088 | 종방향 터널 상단우측 | 261K866.0~261K905.0 | R-21 | 39m |
| 088-092 | 종방향 터널 상단우측 | 261K905.0~261K941.0 | R-22 | 36m |
| 092-096 | 종방향 터널 상단우측 | 261K941.0~261K977.0 | R-23 | 36m |
| 096-100 | 종방향 터널 상단우측 | 261K977.0~262K013.0 | R-24 | 36m |
| 100-104 | 종방향 터널 상단우측 | 262K013.0~262K049.0 | R-25 | 36m |
| 104-108 | 종방향 터널 상단우측 | 262K049.0~262K085.0 | R-26 | 36m |
| 108-112 | 종방향 터널 상단우측 | 262K085.0~262K121.0 | R-27 | 36m |
| 112-116 | 종방향 터널 상단우측 | 262K121.0~262K157.0 | R-28 | 36m |
| 116-120 | 종방향 터널 상단우측 | 262K157.0~262K193.0 | R-29 | 36m |
| 120-124 | 종방향 터널 상단우측 | 262K193.0~262K229.0 | R-30 | 36m |
| 124-128 | 종방향 터널 상단우측 | 262K229.0~262K265.0 | R-31 | 36m |
| 128-132 | 종방향 터널 상단우측 | 262K265.0~262K301.0 | R-32 | 36m |

| Span 번호. | 탐사방향 | 측선(STA.) | GPR Line No. | 조사연장 |
|---|---|---|---|---|
| 132-136 | 종방향 터널 상단우측 | 262K301.0~262K337.0 | R-33 | 36m |
| 136-140 | 종방향 터널 상단우측 | 262K337.0~262K370.0 | R-34 | 33m |
| 140-144 | 종방향 터널 상단우측 | 262K370.0~262K409.0 | R-35 | 39m |
| 144-148 | 종방향 터널 상단우측 | 262K409.0~262K446.0 | R-36 | 37m |
| 148-152 | 종방향 터널 상단우측 | 262K446.0~262K480.0 | R-37 | 34m |
| 152-156 | 종방향 터널 상단우측 | 262K480.0~262K516.0 | R-38 | 36m |
| 156-160 | 종방향 터널 상단우측 | 262K516.0~262K552.0 | R-39 | 36m |
| 160-164 | 종방향 터널 상단우측 | 262K552.0~262K588.0 | R-40 | 36m |
| 164-168 | 종방향 터널 상단우측 | 262K588.0~262K624.0 | R-41 | 36m |
| 168-172 | 종방향 터널 상단우측 | 262K624.0~262K660.0 | R-42 | 36m |
| 172-176 | 종방향 터널 상단우측 | 262K660.0~262K696.0 | R-43 | 36m |
| 176-180 | 종방향 터널 상단우측 | 262K696.0~262K732.0 | R-44 | 36m |
| 180-184 | 종방향 터널 상단우측 | 262K732.0~2612K768.0 | R-45 | 36m |
| 184-188 | 종방향 터널 상단우측 | 262K768.0~262K804.0 | R-46 | 36m |
| 188-192 | 종방향 터널 상단우측 | 262K804.0~262K840.0 | R-47 | 36m |
| 192-196 | 종방향 터널 상단우측 | 262K840.0~262K876.0 | R-48 | 36m |
| 196-200 | 종방향 터널 상단우측 | 262K876.0~262K912.0 | R-49 | 36m |
| 200-204 | 종방향 터널 상단우측 | 262K912.0~262K948.0 | R-50 | 36m |
| 204-208 | 종방향 터널 상단우측 | 262K948.0~262K988.0 | R-51 | 40m |
| 208-212 | 종방향 터널 상단우측 | 262K988.0~263K021.0 | R-52 | 33m |
| 212-216 | 종방향 터널 상단우측 | 263K021.0~263K054.0 | R-53 | 33m |
| 216-220 | 종방향 터널 상단우측 | 263K054.0~263K090.0 | R-54 | 36m |
| 220-224 | 종방향 터널 상단우측 | 263K090.0~263K126.0 | R-55 | 36m |
| 224-228 | 종방향 터널 상단우측 | 263K126.0~263K162.0 | R-56 | 36m |
| 228-232 | 종방향 터널 상단우측 | 263K162.0~263K198.0 | R-57 | 36m |
| 232-236 | 종방향 터널 상단우측 | 263K198.0~263K234.0 | R-58 | 36m |
| 236-240 | 종방향 터널 상단우측 | 263K234.0~263K270.0 | R-59 | 36m |
| 240-244 | 종방향 터널 상단우측 | 263K270.0~263K306.0 | R-60 | 36m |
| 244-248 | 종방향 터널 상단우측 | 263K306.0~263K342.0 | R-61 | 36m |
| 248-252 | 종방향 터널 상단우측 | 263K342.0~263K378.0 | R-62 | 36m |
| 252-256 | 종방향 터널 상단우측 | 263K378.0~263K414.0 | R-63 | 36m |
| 256-260 | 종방향 터널 상단우측 | 263K414.0~263K450.0 | R-64 | 36m |
| 260-264 | 종방향 터널 상단우측 | 263K450.0~263K486.0 | R-65 | 36m |
| 264-266 | 종방향 터널 상단우측 | 263K486.0~263K504.0 | R-66 | 18m |
| 총 조사연장 | 7,098m | | | |

## 라. 탐사장비 및 해석소프트웨어

<table>
<tr>
<td> </td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>탐사장비 : MALA GPR system</td>
<td>해석소프트웨어 : ReflexW (ver.6.09)</td>
</tr>
</table>

【그림 3.22】탐사장비 및 해석소프트웨어

### 1) 장비 제원

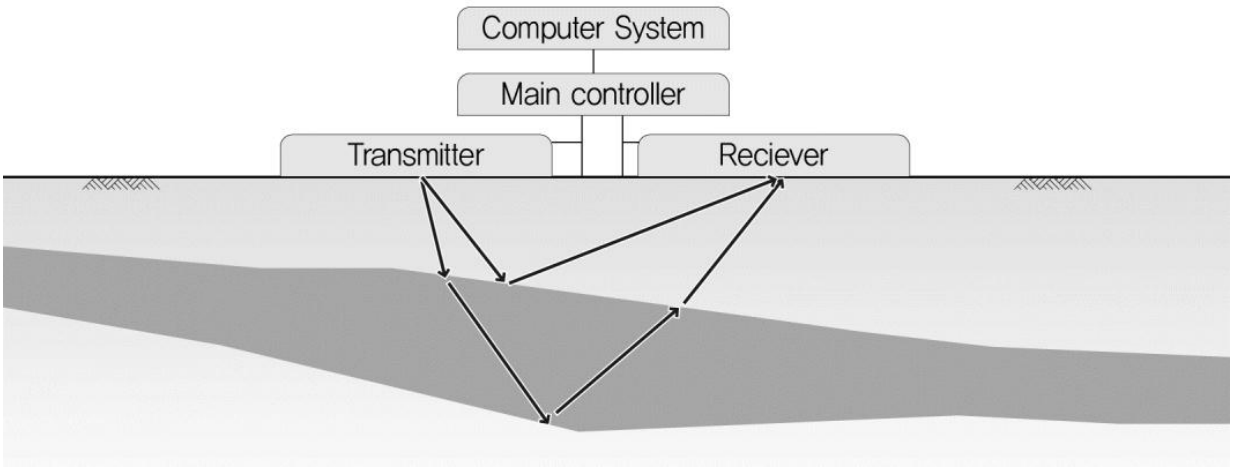
【표 3.69】GPR 탐사 장비 제원

| 명 칭 | 사 양 | | 제작회사 |
|---|---|---|---|
| Control System | Model | MALA ProEx | •MALA GeoScience, (Sweden) |
| | Gain | 46db ± 3db | |
| | S T C | -40db± 3db | |
| | Display | 11 inch CRT(8 colors), 256×256 bit | |
| | Number of Samples | 168 | |
| | Time window | 28us | |
| | Output | 20VppMAX | |
| Antenna | Type | surface, shielded | •MALA GeoScience, (Sweden) 500MHz antenna |
| | Frequency | 500MHz | |
| | Receive gain | 19dB | |
| | Antenna separation | 0.019m | |
| | Volume | 69×32×12cm | |
| | Source pulse | 2.5nsec | |
| | Weight | 6.0kg | |
| | Power | 12 Volts, 0.27Amp | |

## 3.5.2 탐사원리 및 방법

### 가. 시스템의 구성요소 및 탐사 원리

GPR 시스템은 크게 송신부, 수신부, 송·수신부를 제어하는 제어부, 그리고 자료의 기록, 처리를 담당하는 컴퓨터부로 나눌 수 있다. 제어부에서는 전원을 조절하는 송·수신부에 전원 공급과 디지털 프로세싱(digital processing), 타임 시컨싱(time sequencing) 및 컴퓨터와의 통신을 조절하는 기능을 담당한다. 송신부는 송신기와 안테나로 구성되며 제어부에서 송신 신호와 전원 공급을 받아 펄스(pulse) 형태의 전자파를 발생시켜 지반으로 방사시키는 기능을 가진다. 수신부는 수신기와 안테나로 이루어지며 제어부에서 전원 공급과 수신 시간의 제어를 통해 지하의 반사체에서 반사된 신호를 수신하여 디지털 형태로 변환시킨 후 제어부로 전송하는 역할을 담당한다. 이와 같은 GPR 시스템 구성과 탐사 원리를 <그림2.1> 에 나타내었다.




【그림 3.23】GPR 탐사 원리에 대한 모식도

### 나. GPR 탐사의 기초 이론

균질/등방성 매질에서의 전자기장의 전파거동을 설명하는 전자파의 기본 방정식(Helmholtz)은 다음과 같고,

$$\nabla^2 \overline{E} + k^2 \overline{E} = 0$$

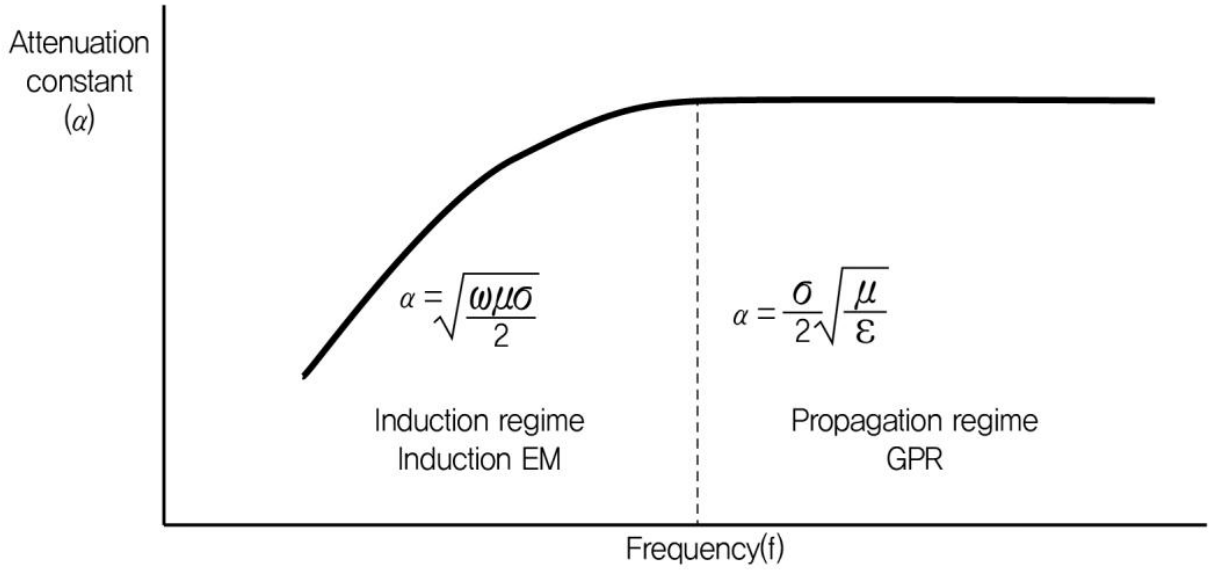
$$\nabla^2 \overline{H} + k^2 \overline{H} = 0$$

$$k^2 = \mu\varepsilon\omega^2 - j\mu\sigma\omega$$

$\because$ $\sigma$ : 전기전도도 $\mu$ : 투자율

$\varepsilon$ : 유전율 $\omega$ : 각주파수

은 $j\mu\sigma\omega$ 는 전도전류와 $\mu\varepsilon\omega^2$ 은 변위전류와 관계된 항으로, $k^2$ 에 따라서 전도전류가 우세한 유도영역과 변위전류가 우세한 전파영역으로 구분할 수 있다 【그림 3.24】.




**【그림 3.24】주파수 변화에 따른 유도영역과 변위영역**

### 1) 유도영역

이 영역은 저주파수 대역($f\langle 10^5[Hz]$) 으로 전도전류가 변위전류보다 우세한 영역 ($\mu\omega\sigma \gg \mu\varepsilon\omega^2$) 이다. 지하를 구성하는 대부분의 암석의 유전율은 매우 작은 반면 ($\varepsilon \fallingdotseq 10\varepsilon_0$), 전기전도도는 $\sigma\rangle\ 10^{-3}$ 으로 상당히 크기 때문에 이 영역에서는 전자기 유도 법칙에 의해 전자기장이 결정된다.

또한 이 영역에서 전파상수는 $k = \sqrt{-j\mu\sigma\omega}$ 로 주어져 전자기장은 매질의 전기전도도에 좌우되어, Helmholtz 방정식은 다음의

$$\nabla^2\overline{E} \fallingdotseq \mu\sigma\frac{\partial\overline{E}}{\partial t} = j\mu\sigma\omega\overline{E}$$

$$\nabla^2\overline{H} \fallingdotseq \mu\sigma\frac{\partial\overline{H}}{\partial t} = j\mu\sigma\omega\overline{H}$$

와 같은 분산 방정식이 되며, 전자탐사가 이영역에 속한다.

### 2) 전파영역

유도영역과 반대의 경우로 변위전류가 전도전류보다 우세한 영역 ( $\mu\omega\sigma \ll \mu\varepsilon\omega^2$) 으로 주파수는 10[$MHz$] 이상이고 매질의 전기전도도가 낮은 경우가 이 영역에 속한다. 이 영역에서 전파상수는 $k \fallingdotseq \sqrt{\mu\varepsilon\omega^2}$ 로 주어져 전자기장은 주로 매질의 유전율에 좌우된다. 따라서 Helmholtz 방정식은 다음의

$$\nabla^2 \overline{E} \fallingdotseq \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \overline{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \overline{H} \fallingdotseq \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \overline{H}}{\partial t^2}$$

와 같은 파동방정식으로 표현되어질 수 있으며, GPR 탐사가 이 영역에 속한다.

### 3) 전파영역에서의 전자파의 감쇠 및 속도

【그림 3.24】에서와 같이 전기전도도가 $\sigma$ 인 균일매질을 $z$ 방향으로 전파하는 평면 전자기파에서 전기장은 $x$ 성분만이 존재하고 자기장은 $y$ 성분만 존재한다면, Helmholtz 방정식의 해는

$$E_x(z,t) = E_0 e^{j(\omega t - kz)} = E_0 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} e^{j\omega t}$$

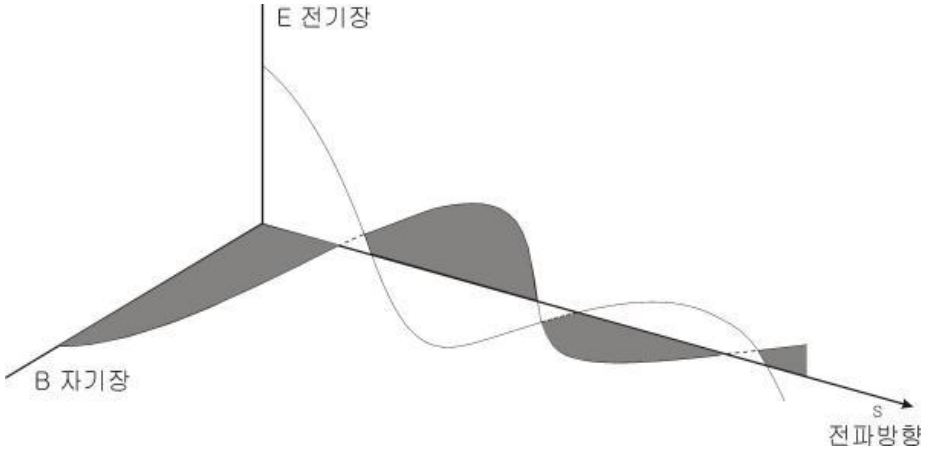
$$H_y(z,t) = \frac{1}{\eta} E_0 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} e^{j\omega t}$$

와 같이 주어진다. 여기서 $E_0$ 는 $z = 0$ 인 점에서의 전기장의 크기이고, $\eta = \sqrt{\frac{\omega\mu}{k}}$ 는 고유 임피던스이며, 단위는 [$\Omega$] 이다. 진공 중에서의 고유 임피던스 $\eta_0 = 120\pi$ [$\Omega$] 이다. 또한 $\alpha$ [dB/m] 는 감쇠상수 (attenuation constant) 이고, $\beta$ [rad/m] 는 위상상수 (phase constant) 로 다음과 같다.

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\mu\varepsilon}{2}\left(\sqrt{1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}}\right)-1}$$

$$\beta = \omega \sqrt{\frac{\mu\varepsilon}{2}\left(\sqrt{1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}}\right)+1}$$

이는 전자기파가 전파하면서 그 진폭이 감쇠한다는 것을 의미하며, 이 때 감쇠된 에너지는 열로 발산된다.




【그림 3.25】 균질/등방성 매질에서의 전자기파의 전파양상 모식도

고주파수 대역의 전자기파를 이용하는 GPR 탐사에서 전자파의 거동 특성 중 주된 관심은 파의 감쇠와 속도이고, 이 전파영역에서의 감쇠상수 및 위상상수는

$$\alpha = \frac{\sigma}{2}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \text{ [dB/m]}, \quad \beta = \omega\sqrt{\mu\varepsilon} \text{ [rad/m]}$$

로 표현할 수 있다.

또한 지하를 구성하는 암석의 투자율을 진공에서의 값과 같다고 가정하면 ($\mu = \mu_0$), 전자파의 속도 ($v$) 는

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon}} = \frac{c}{\varepsilon_r} = \frac{0.3}{\varepsilon_r} \text{ [m/nsec]}$$

이 되며, 이때 $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ 로 상대유전율, $c$ 는 진공에서의 전자파의 속도로 0.3 [m/nsec] 이다.

한편 전자파의 파장 ($\lambda$) 은

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{300}{f\sqrt{\varepsilon_r}} \text{ [m]}$$

로 $f$ 의 단위는 [MHz] 이다.

지하를 구성하는 암석의 상대 유전율은 대개 3 ~ 30 의 정도의 값을 가지므로 전자파의 속도는 0.06 ~ 0.175 [m/nsec] 이며, 표 1 은 암석 및 각종 물질에서의 상대 유전율 및 전자파의 속도를 나타낸 것이다.

물의 상대율은 80 으로 다른 물질에 비하여 대단히 크다. 따라서 지하 매질 내에 분포하는 수분의 함량은 전자파의 거동에 커다란 영향을 미치게 되고, 매질의 전도도가 클수록, 유전율이 작을수록 감쇠가 심하며, 전파속도는 단지 매질의 유전율에 좌우됨을 알 수 있다.

지하로 전파해 가는 전자파의 감쇠요인은 대략 3 가지로 나누어진다. 우선 GPR 탐사에서 이용하는 송신 안테나는 점원 (point source) 이므로 송신원에서 90° 의 원뿔 형태로 전파한다. 따라서 송신 안테나로부터 거리가 증가함에 따라 신호의 크기는 $\frac{1}{r}$ 의 비율로 감소한다. 또한 앞서 설명한 감쇠상수에 의하여 에너지의 일부가 열로 변환되면서 신호의 크기가 감쇠하며, 이를 흡수라 한다. 마지막으로 경계면에서 발생하는 전자파의 반사 및 투과에 의한 에너지 손실이 있다. 수직입사를 가정할 때 반사계수 $K$ 와 투과계수 $T$ 는

$$K = \frac{\sqrt{\varepsilon_2} - \sqrt{\varepsilon_1}}{\sqrt{\varepsilon_2} + \sqrt{\varepsilon_1}}, \quad T = 1 - K$$

이고, 여기서 $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$ 는 경계면 양쪽에서의 상대유전율이다. 따라서 각종 지질잡음 (미세불균질물) 이 많은 지역의 경우, GPR 탐사의 가탐심도는 작아진다.

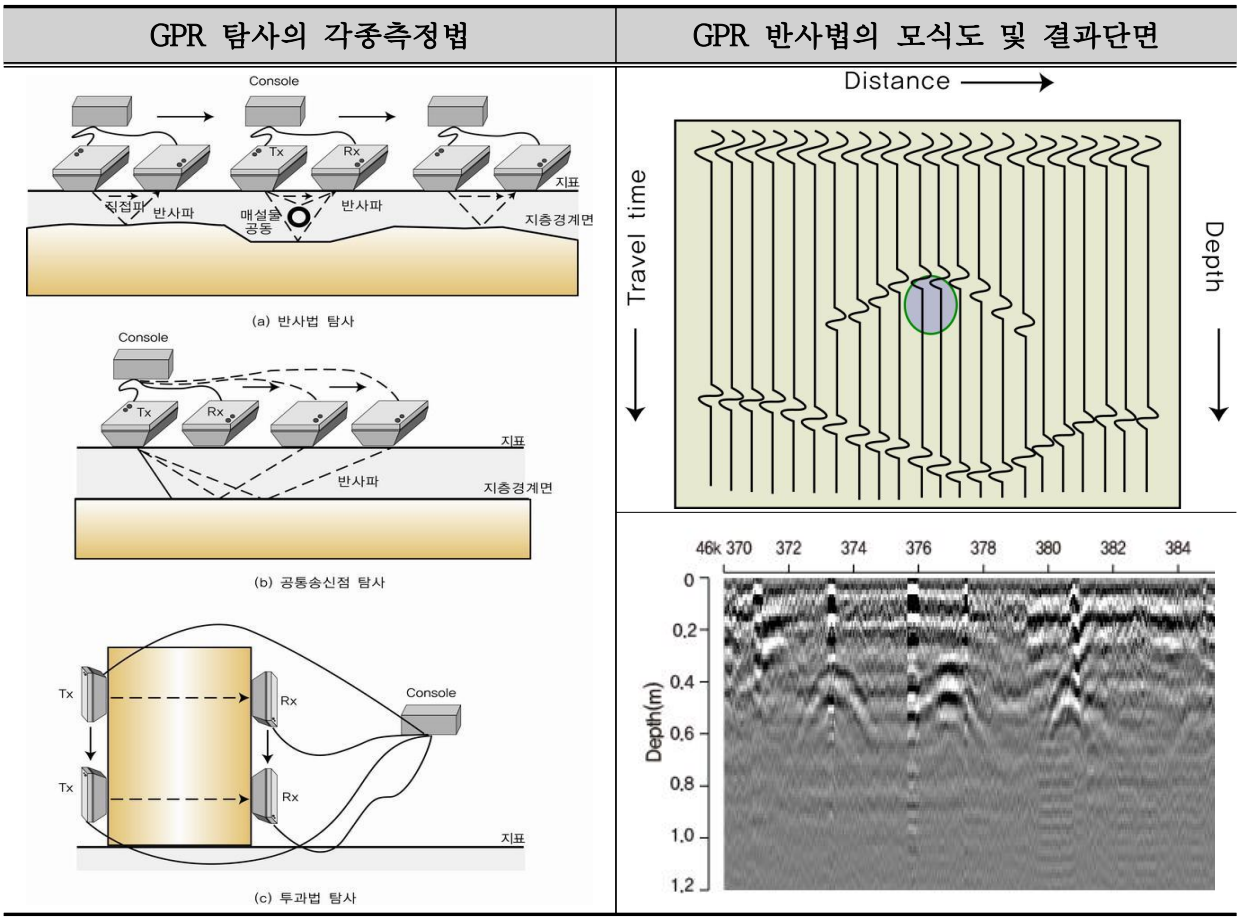
**【표 3.70】여러 물질들에 대한 상대유전율과 전자기파의 속도 (Reynolds, 1997)**

[ $v$ esdnl : ㎜/sec]

| 물 질 | $\varepsilon_r$ | $v$ | 물 질 | $\varepsilon_r$ | $v$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 공 기 | 1 | 300 | 젖은 모래 | 25~30 | 55~60 |
| 담 수 | 81 | 33 | 젖은 실트 | 10 | 95 |
| 해 수 | 81 | 33 | 젖은 점토 | 8~15 | 86~110 |
| 얼 음 | 3.2 | 167 | 마른 점토 | 3 | 173 |
| 마른 해안모래 | 10 | 95 | 늪 지 | 12 | 86 |
| 마른 모래 | 36 | 120~170 | 농경지역 | 15 | 77 |
| 일반 토양 | 16 | 75 | 젖은 사암 | 6 | 112 |
| 화강암 | 5~8 | 106~120 | 석 탄 | 4~5 | 134~150 |
| 석회암 | 7~9 | 100~113 | 석 영 | 4.3 | 145 |
| 돌로마이트 | 6.8~8 | 106~115 | 콘크리트 | 6~30 | 55~112 |
| 젖은 현무암 | 8 | 106 | 아스팔트 | 3~5 | 134~173 |
| 젖은 셰일 | 7 | 113 | PVC, 에폭시, 폴리에스틸 | 3 | 173 |

## 다. 탐사방법

GPR 탐사방법에는 반사법(reflection) 탐사, 공통중간점(CMP, Common Mid Point)/공통 송신점(csp, Common Shot Point) 탐사, 투과법(Transillumination) 탐사로 세 가지가 있으며 이에 대한 개략적인 모식도가 【그림 3.26】에 나타나 있다.




【그림 3.26】탐사 모식도

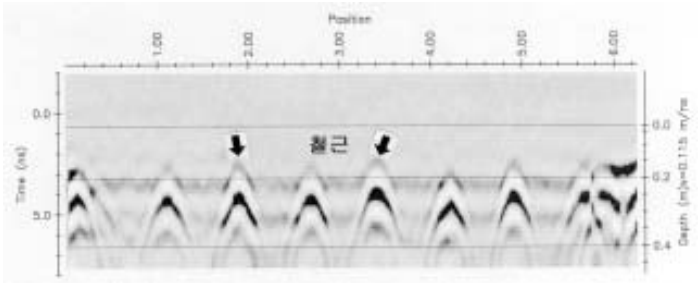
먼저, 반사법 탐사는 송수신 안테나의 거리를 일정하게 유지시키면서 측선을 따라 지표에서 탐사를 수행하여 지하 단면을 영상화하는 방법이다. 반사법탐사는 철근, 상하수도, 케이블 등의 매설물이나 지하공동과 같이 주변매질과 독립된 이상체, 또는 지하수면, 기반암 등의 연속된 지층 경계면을 영상화하는데 가장 많이 적용되는 탐사방법으로 이를 통해 지하 단면을 영상화하는 방법이 【그림 3.26】에 나타나 있다.

다음으로 공통중간점/송신점 탐사는 송수신 안테나의 거리를 일정하게 벌려가면서 탐사를 수행한다. 공통 중간점/송신점 탐사는 송수신 안테나의 간격이 멀어짐에 따라 지하 매질에서 반사되어 오는 레이다 파의 거리가 멀어지는데 이때 송수신 안테나의 거리와 전파 시간

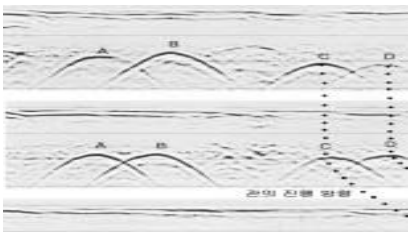
과의 관계를 통해 지하매질의 속도를 추정하는데 사용된다.

투과법 탐사에서는 지표와 터널사이의 지반조사, 또는 기둥, 보, 교각 같은 구조물의 비파괴 검사와 같이 송신 안테나는 매질의 한쪽에 수신 안테나는 반대쪽에 위치시켜서 탐사를 수행한다.

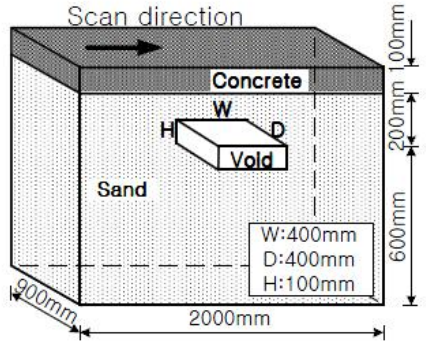
### 1) GPR 탐사결과 단면예



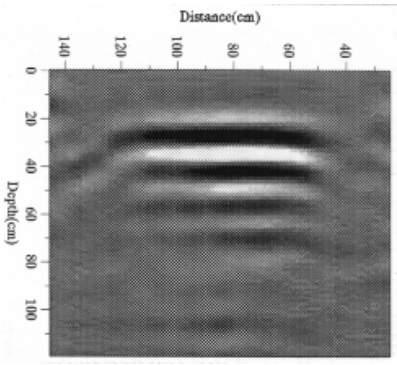

(A)



(B)




(C)




(D)

(A) 콘크리트 구조물 내부에 시공된 철근의 배근 간격과 누락 여부 등을 조사하기 위한 비파괴 안전진단 적용 사례로서 철근의 피복두께 약 15cm, 배근 간격 약 60cm로 시공되어 있음을 알 수 있다.

(B) 기존 대형 상수관의 위치 확인을 위해 수행한 탐사 예로서 A, B로 표시된 두 상수관은 설계도면과 동일하게 매설되어 있으나, C, D는 설계도면과 달리 관의 진행 방향이 틀어져 있음이 확인되었다. 측선간의 간격은 50m이다.

(C), (D) 공동 탐사를 위한 시험체 제작 및 GPR탐사 수행 결과 예로 공동의 존재가 확인되었음을 알 수 있다.

## 라. 자료 처리

GPR 탐사법의 자료처리 과정은 대부분의 경우 탄성파 반사법 자료처리 과정과 매우 흡사

하다. 일반적으로 적용될 수 있는 GPR 탐사자료의 처리 과정은 다음과 같다.

**① 데이터 편집**

현장에서 GPR탐사를 수행할 때 불규칙한 지형 및 장애물 등에 의해 연속적인 탐사가 어려운 경우 편의에 따라 분할된 측선마다 각각의 파일을 얻게 되며 장비의 기능 및 특성상 부득이하게 별도의 파일로 관리하는 경우가 발생할 수 있으므로, 수집된 현장 데이터는 분석 및 보고서 작성 시 편의를 위하여 사전에 데이터를 재편집할 필요가 있다.

**② 신호포화보정**

탐사 신호 중의 초기 시간대에는 지하매질을 전파, 반사된 신호가 아닌 공기를 통해 수신된 직접파가 기록되게 된다. 이러한 공기 중을 통해온 신호는 관심의 대상이 아니므로 제거되어야 하는데 이러한 처리과정을 DEWOW 또는 신호포화보정이라고 한다.

**③ 필터링**

노이즈를 제거하고 원래의 반사 신호를 강조하는 작업을 필터링이라고 하는데 이들을 제거하는 데에는 여러 가지 필터가 적용되고있다. 상관필터는 크게 자기상관필터와 상호상관 필터로 나눌 수 있는 자기상관 필터는 자료의 시간 도면에서 획득된 반사 신호를 그 자신으로 콘볼루션(Convolution)시키는 과정에서 그 결과 두드러진 반사면은 더욱 강조가 되어 보기가 쉬어지고 잡음 신호는 감쇠되며 다중 반사파 등을 제거할 수 있다.

**④ 스펙트럼 분석**

자료 처리의 목적은 신호 대 잡음비(S/N ratio)를 높이는데 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 자료의 주파수 성분을 확인하여 잡음대역을 알아내고 잡음의 감쇠 또는 제거를 위해 적절한 처리를 적용하는 것이 필요하며 이를 스펙트럼분석이라고 한다.

**⑤ 고도보정**

송신부와 수신부, 샘플링 간격사이의 고도차, 저속도층의 풍화 정도에 따르는 전자파의 속도변화, 지층의 두께 등에 따라 생기게 되는 반사 주시의 변화를 보정 해주는 것을 고도보정(Static Correction)이라 한다. 공기 파동에 의하여 GPR탐사 단면이 평탄하게 나타나면 표면 고도와 속도 고도 효과를 고려하지 않는다.

**⑥ 구조보정**

반사체가 경사를 이루고 있다면 전자파가 수직으로 전파, 반사한 실제의 위치가 왜곡되게 나타나 그 경사가 실제보다 완만하게 보이며 경사가 약 60° 이상일 경우의 반사체는 탐지되지 않는다. 결국, 구조보정은 이러한 반사체의 위치를 원위치로 하고 그 경사를 진경사로 만드는 자료 처리기술이다.

**⑦ 이득보정**

전자파 에너지는 매질 내를 전파할 때 전자파원으로부터 구형발상에 의한 진폭의 감쇠가 일어나는데 매질의 전기 전도도 등 여러 가지 요인에 의해 감쇠가 일어나 일반적으로 탐사자료의 후기 시간대 신호는 전기 시간대의 신호에 비해 대단히 미약하게 된다. 그러

므로 탐사의 목적에 맞는 양질의 자료 획득을 위해 전시간대에 걸쳐 신호의 수준을 일정하게 해주는 작업이 필요하다. 이러한 작업을 이득보정이라 한다.

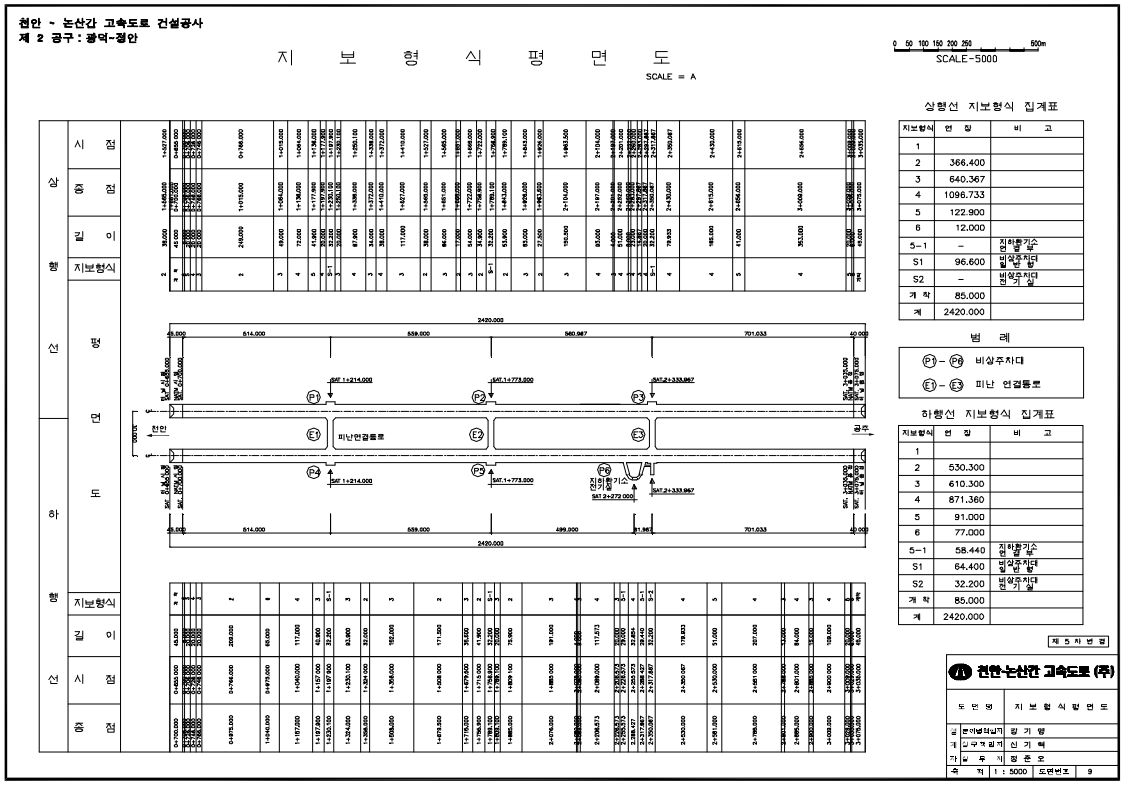
## 3.5.3 탐사결과

### 가. 성과분석

#### 1) 탐사위치 및 구간

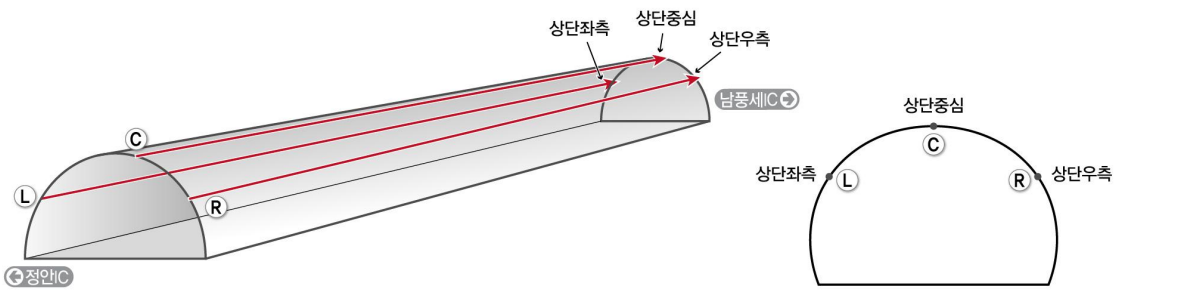
천안 ~ 논산간 고속도로 제2공구 차령터널 라이닝 배면공동 GPR 탐사구간

**차령터널**



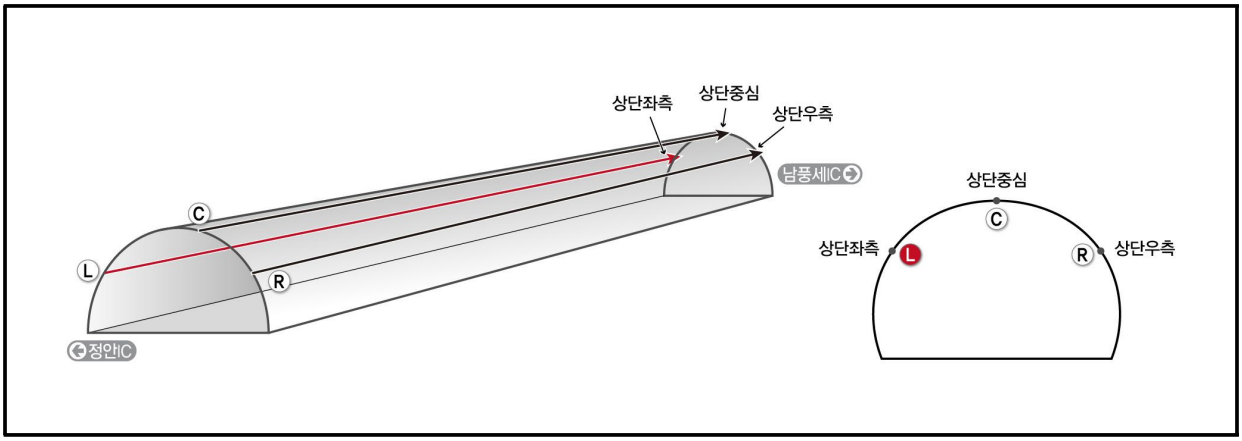

#### 2) 탐사구간

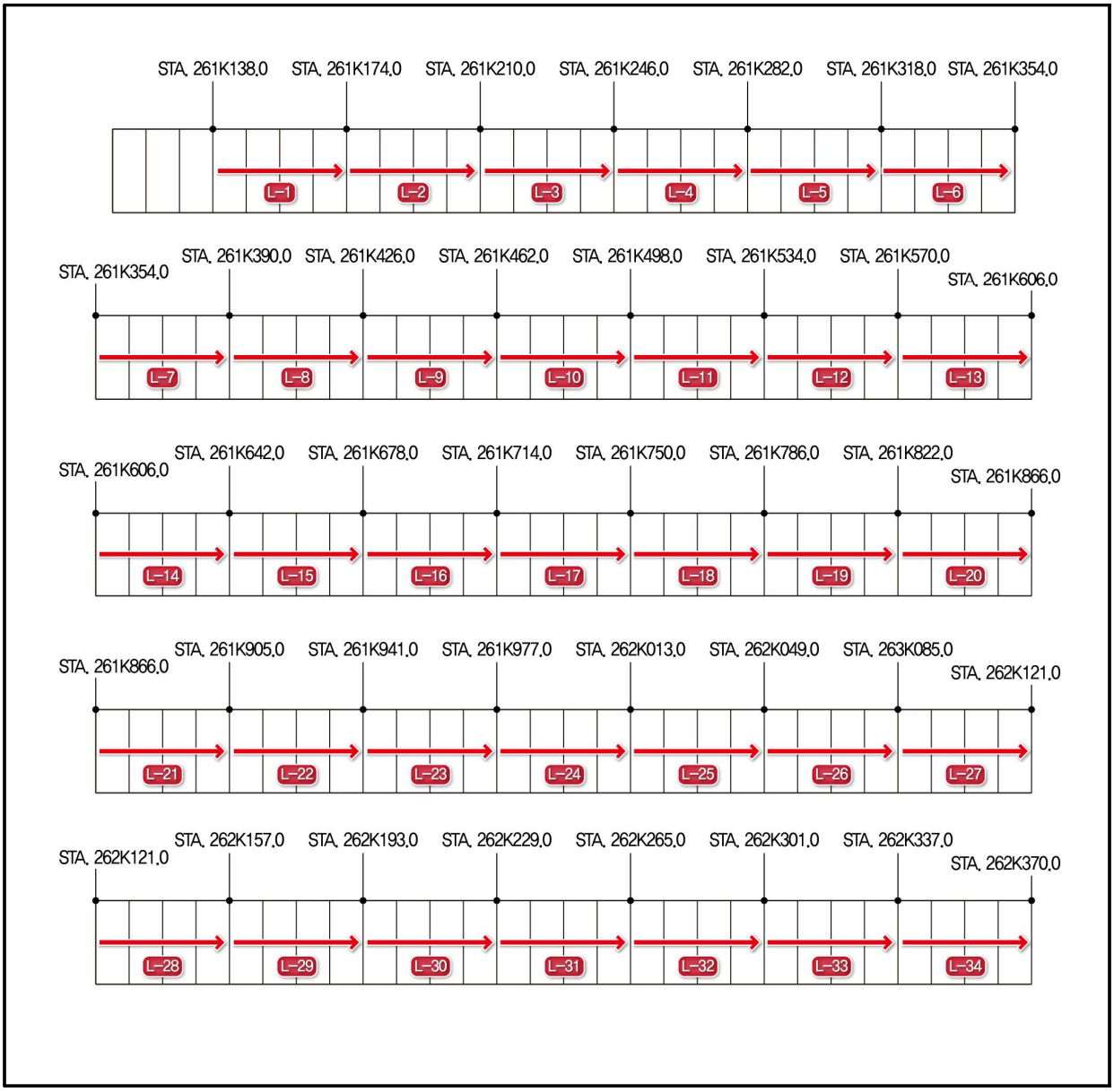
**차령 터널**

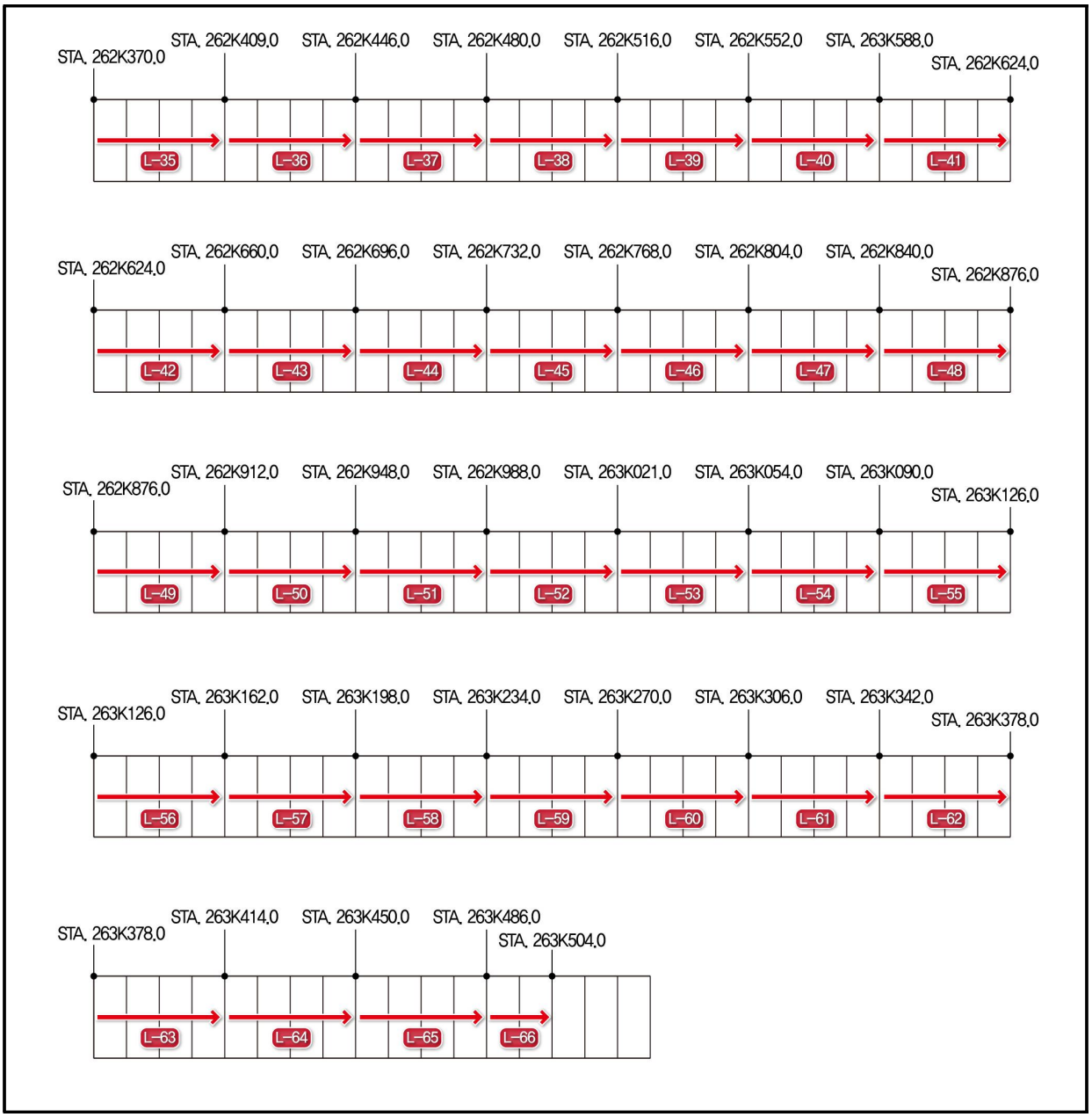


## 나. 터널 종방향 상단좌측

### 1) 측선설정



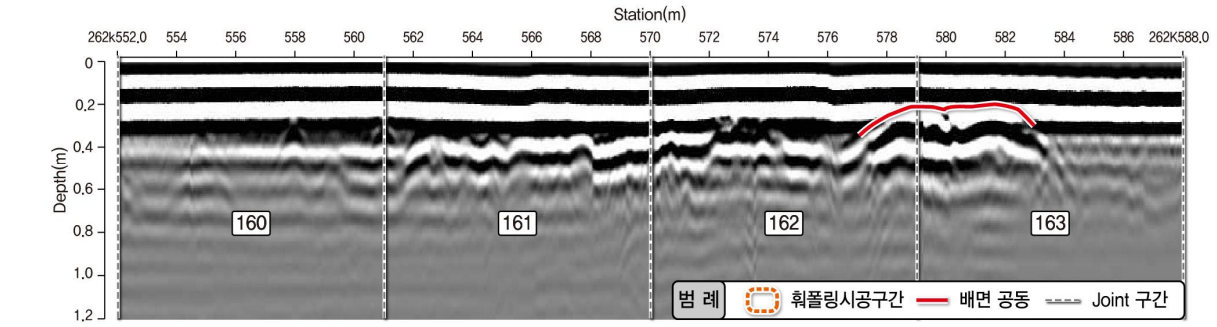



### 2) 공동 탐지 측선

| 공동 탐지 측선 | 공동 위치(STA.) |
|---|---|
| L-40 | 262k 578.0 ~ 262k 582.0 |
| L-41 | 262k 606.0 ~ 262k 610.0 |
| L-51 | 262k 957.0 ~ 262k 961.0 |
| L-51 | 262k 973.0 ~ 262k 977.0 |
| L-59 | 263k 261.0 ~ 263.k 265.0 |

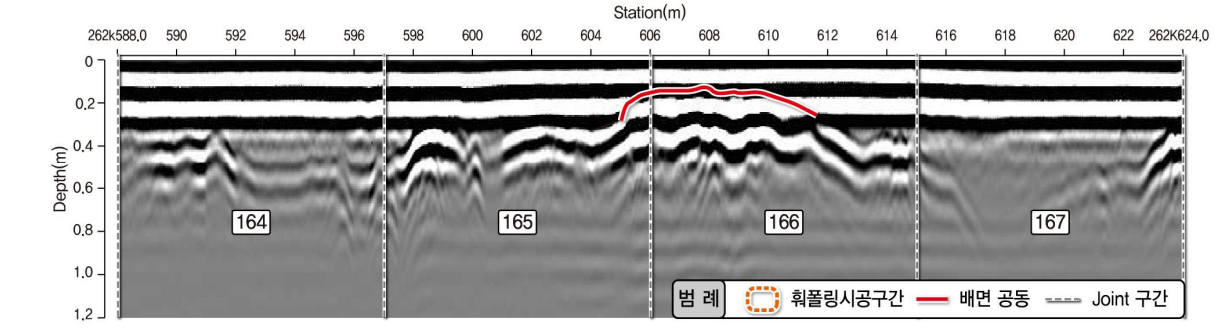
### ① L-40(STA. 262K552.0 ~ 262K588.0)

조사연장 36m



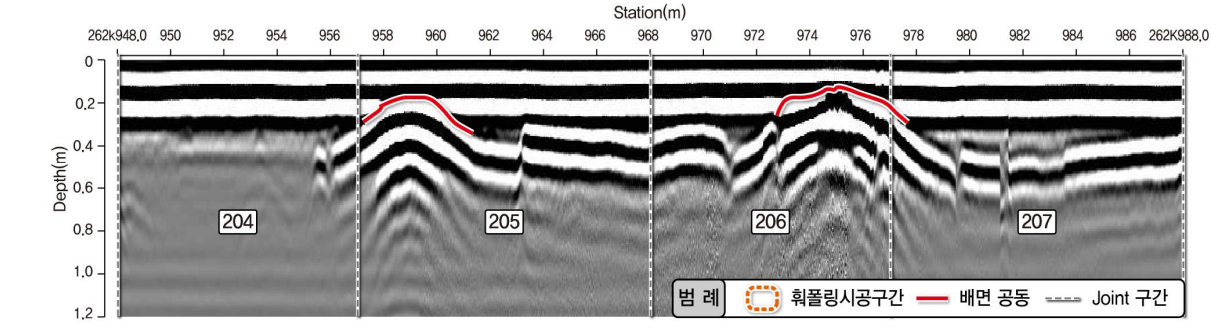

### ② L-41(STA. 262K588.0 ~ 262K624.0)

조사연장 36m



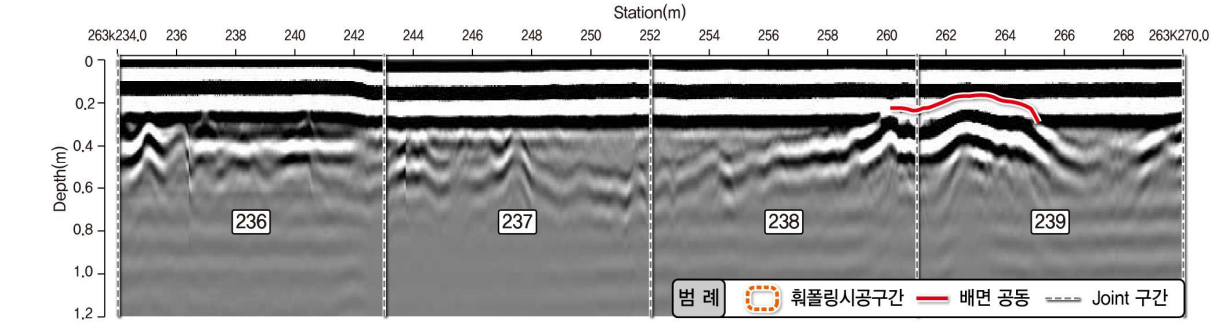

### ③ L-51(STA. 262K948.0 ~ 262K988.0)

조사연장 40m




### ④ L-59(STA. 263K234.0 ~ 263K270.0)

조사연장 36m



### 3) 성과분석

STA.261k138.0 ~ 263k504.0구간의 종방향으로 천단부 좌측 1개소를 설정하여 탐사한 결과임

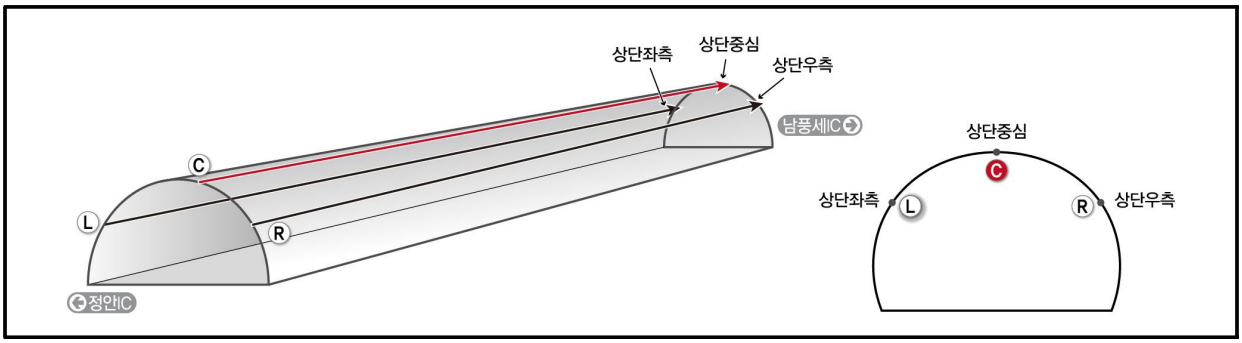
탐사결과 라이닝두께는 대체로 0.2~0.7m 내외로 나타남

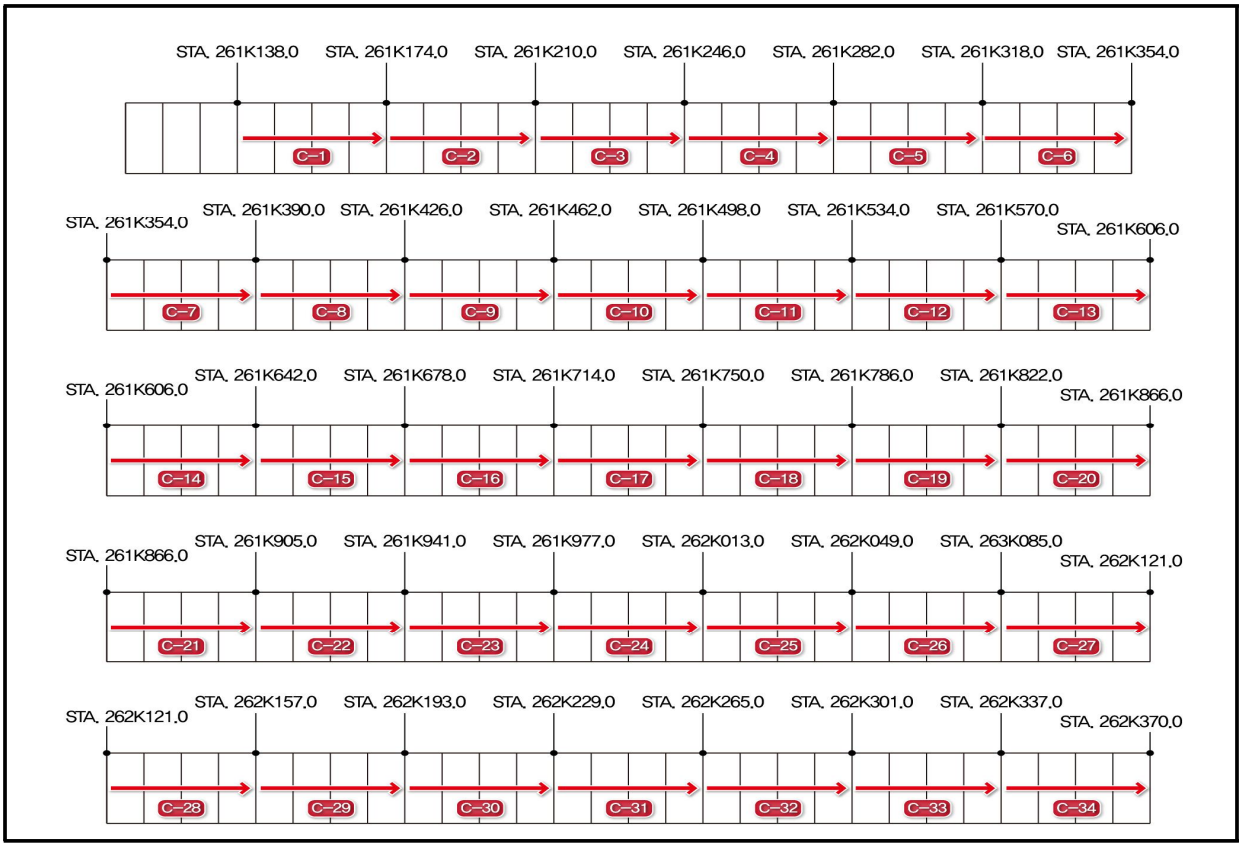
탐사결과 배면공동으로 예상되는 반응이 종단면에서 5개소 판단됨

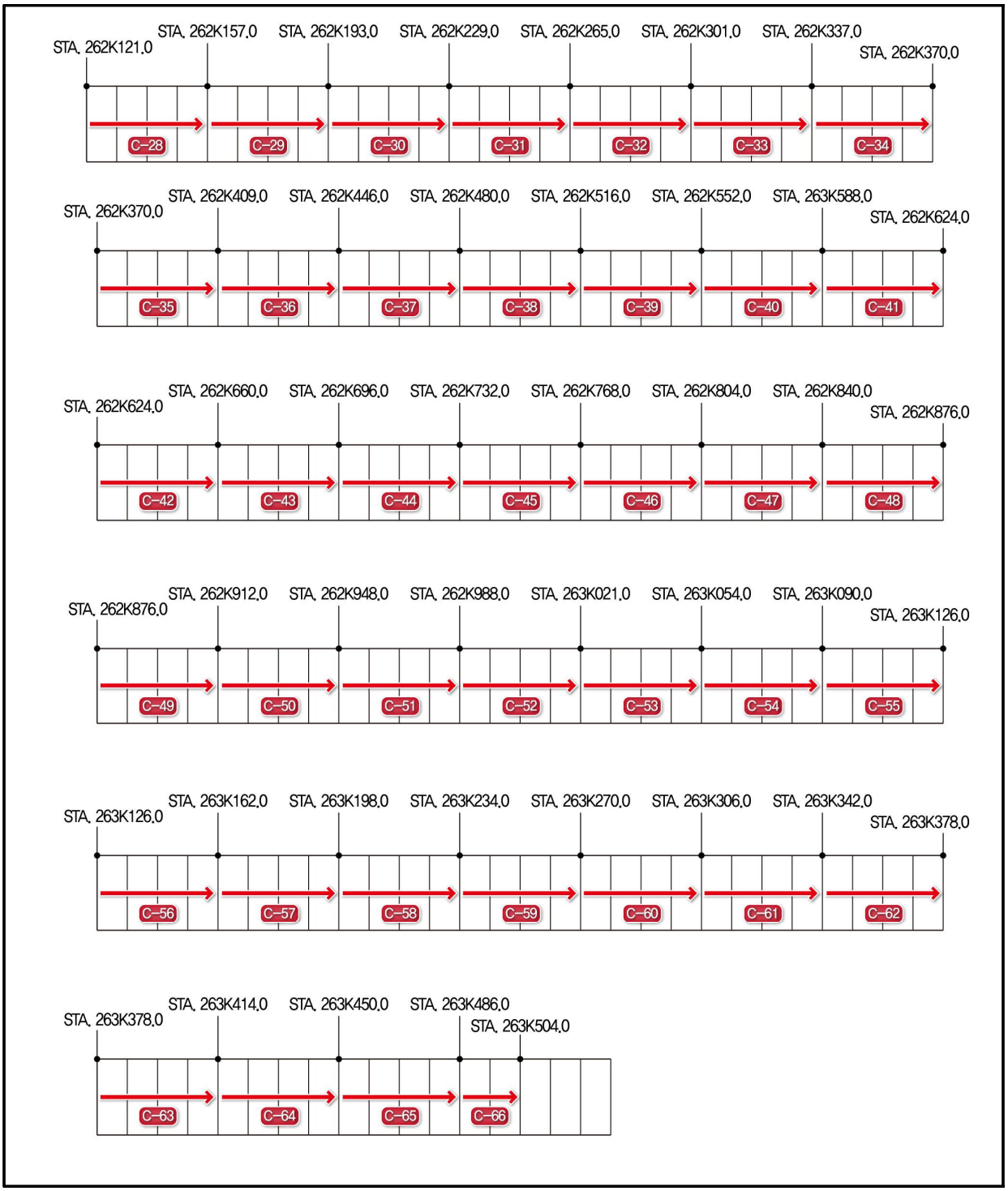
훠폴링 시공구간에서는 PVC파이프나 와이어등의 영향으로 레이더 신호가 투과하지 못하여 반사파 이벤트를 얻지 못하였으며, 터널 천단부 일부 구간에서의 구조물과 접지단자 홈 등의 영향으로 신호가 양호하지 못한 구간이 존재

## 다. 터널 종방향 상단중심

### 1) 측선설정



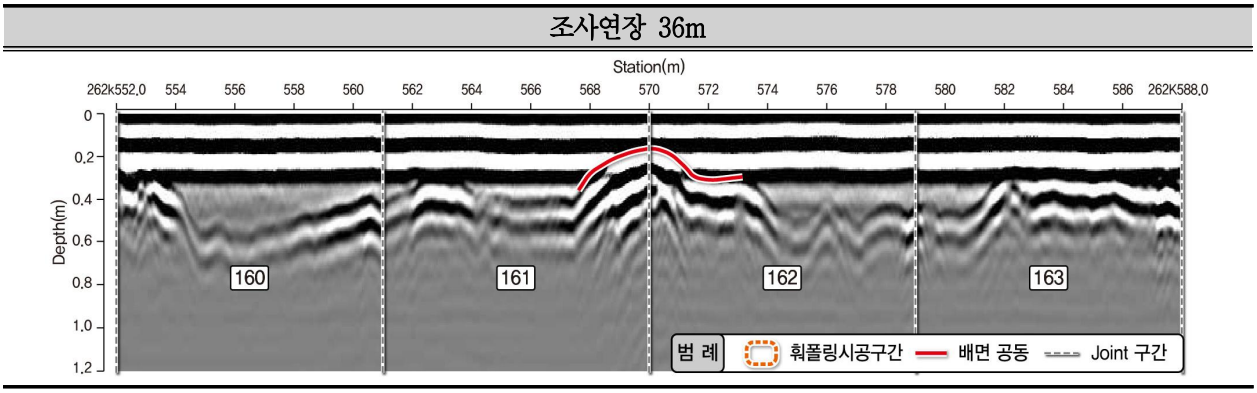





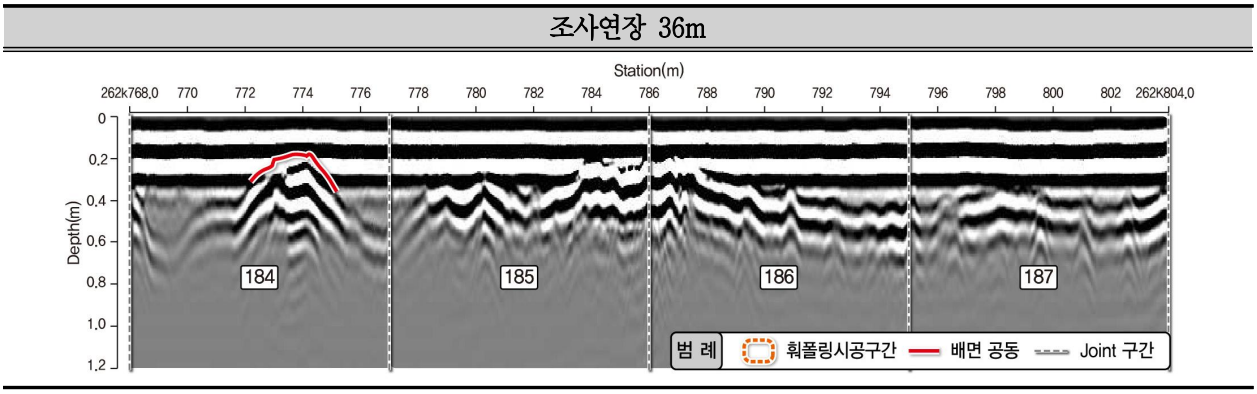

### 2) 공동 탐지 측선

| 공동 탐지 측선 | 공동 위치(STA.) |
|---|---|
| C-40 | 262k 568.0 ~ 262k 572.0 |
| C-46 | 262k 772.0 ~ 262k 775.0 |
| C-60 | 263k 299.0 ~ 263k 302.0 |

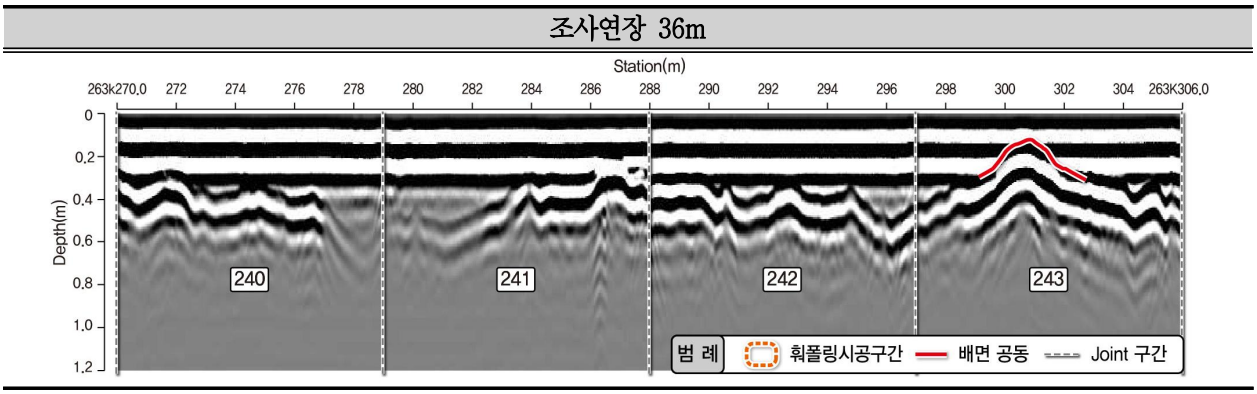
① C-40(STA. 262K552.0 ~ 262K588.0)




② C-46(STA. 262K768.0 ~ 262K804.0)




③ C-60(STA. 263K270.0 ~ 263K306.0)




### 3) 성과분석

STA.261k138.0 ~ 263k504.0구간의 종방향으로 천단부 중심 1개소를 설정하여 탐사한 결과임

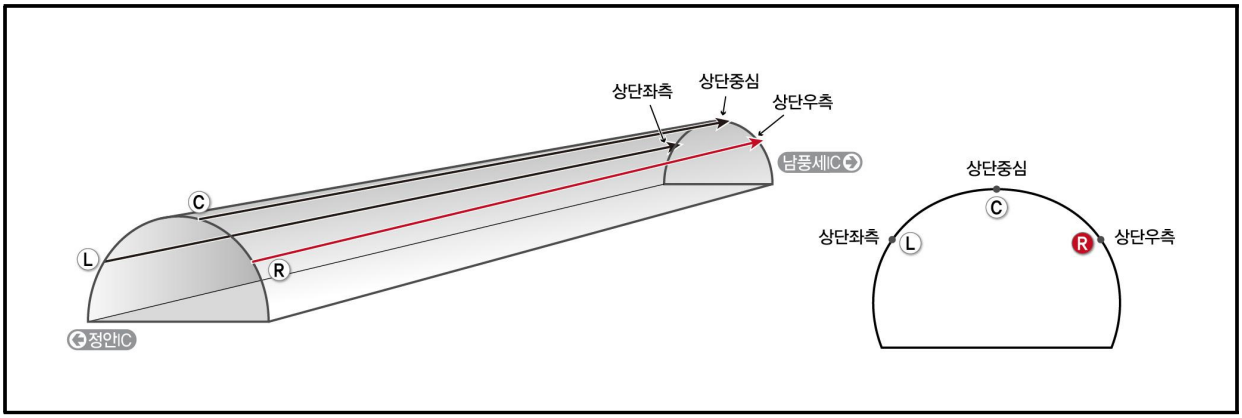
탐사결과 라이닝두께는 대체로 0.2~0.7m 내외로 나타남

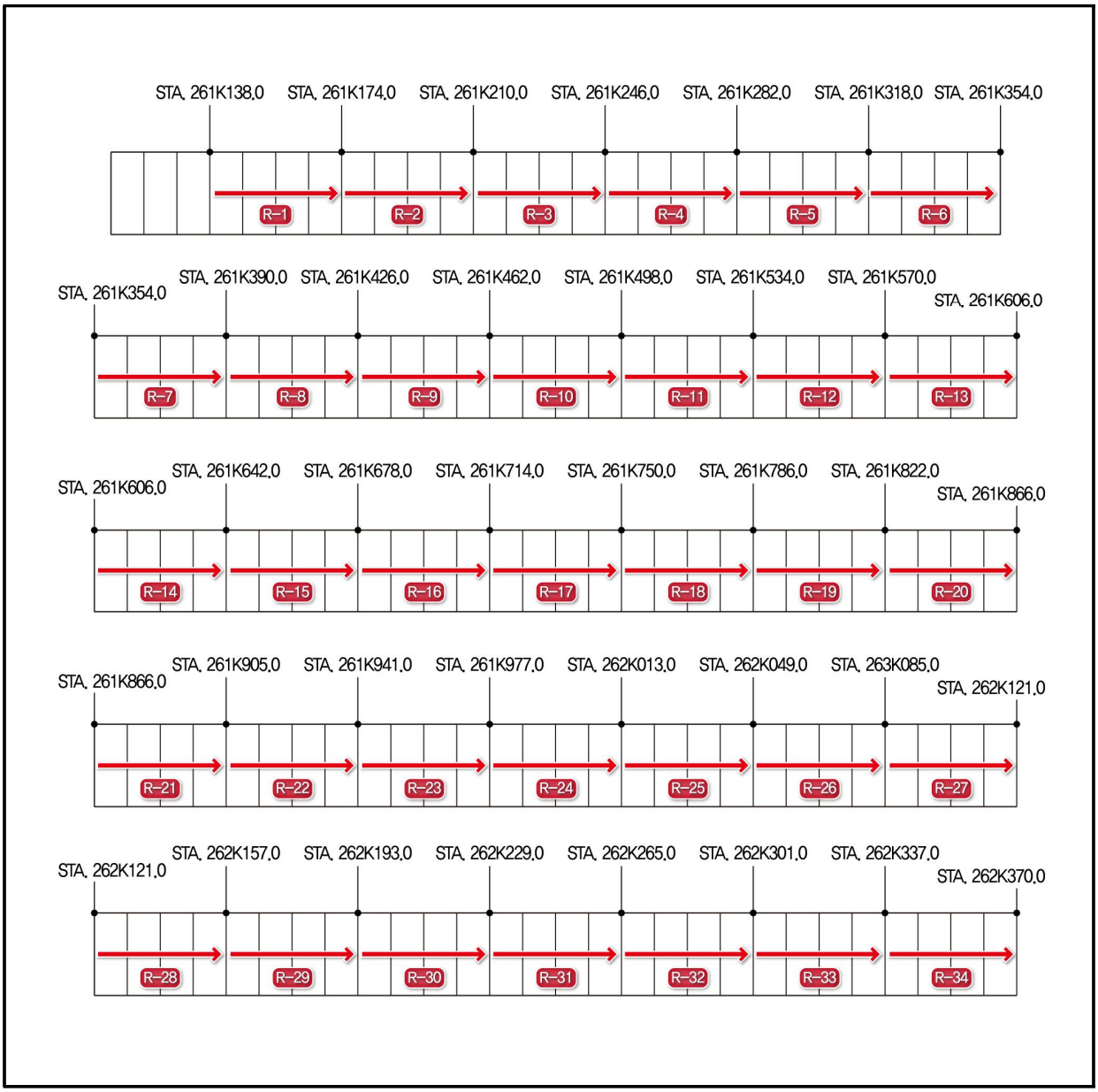
탐사결과 배면공동으로 예상되는 반응이 종단면에서 3개소 판단됨

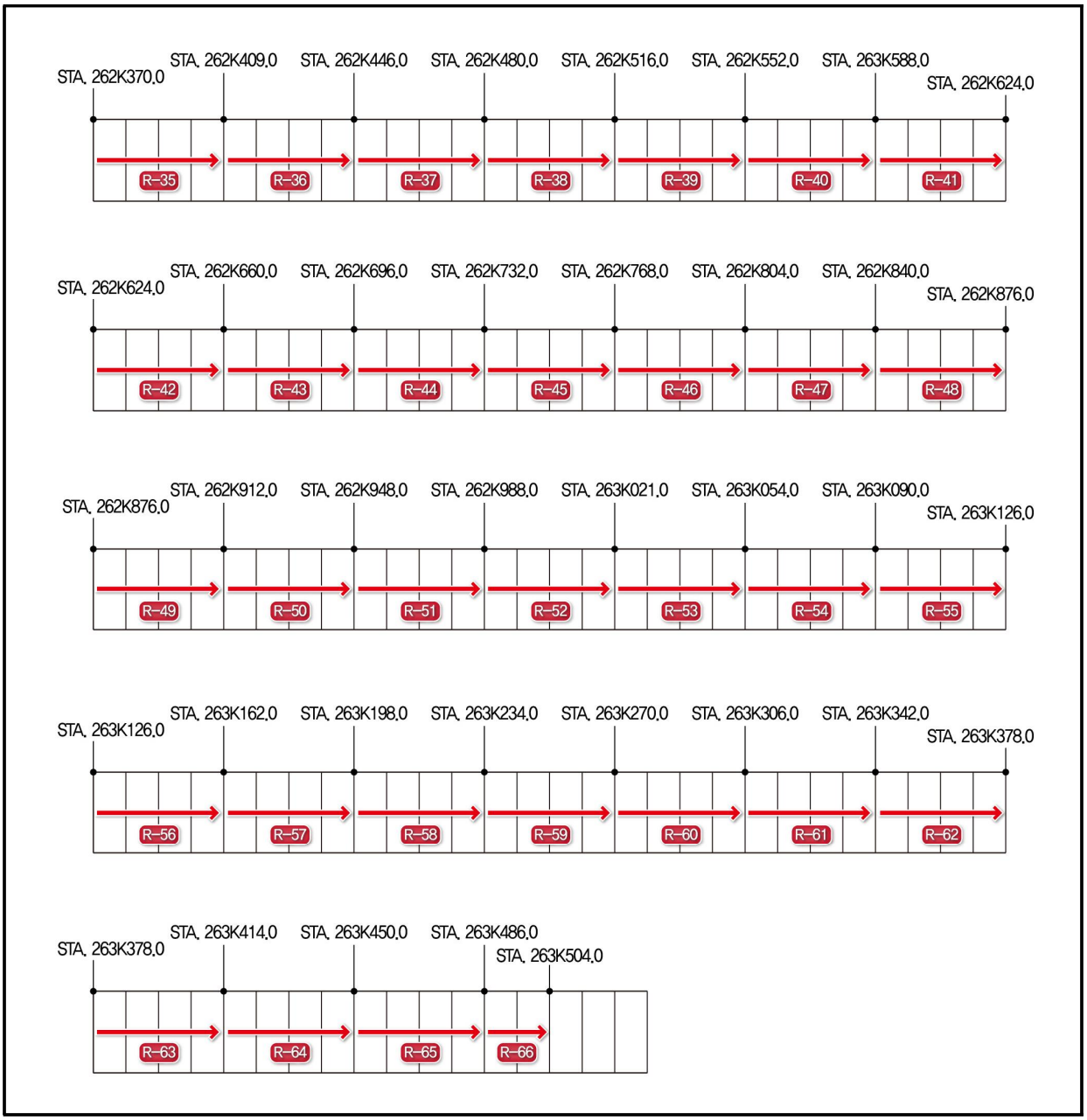
훠폴링 시공구간에서는 PVC파이프나 와이어등의 영향으로 레이더 신호가 투과하지 못하여 반사파 이벤트를 얻지 못하였으며, 터널 천단부 일부 구간에서의 구조물과 접지단자 홈 등의 영향으로 신호가 양호하지 못한 구간이 존재

## 라. 터널 종방향 상단우측

### 1) 측선설정



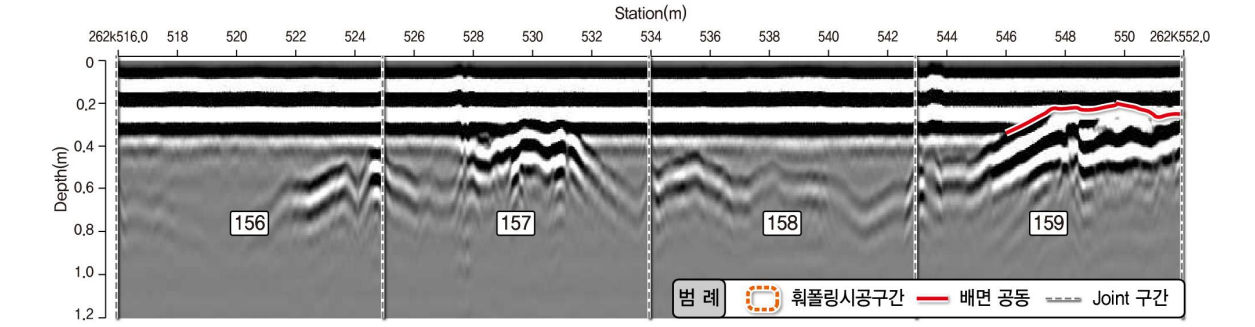



### 2) 공동 탐지 측선

| 공동 탐지 측선 | 공동 위치(STA.) |
|---|---|
| R-39~40 | 262k 546.0 ~ 262k 555.0 |
| R-42~43 | 262k 658.0 ~ 262k 663.0 |

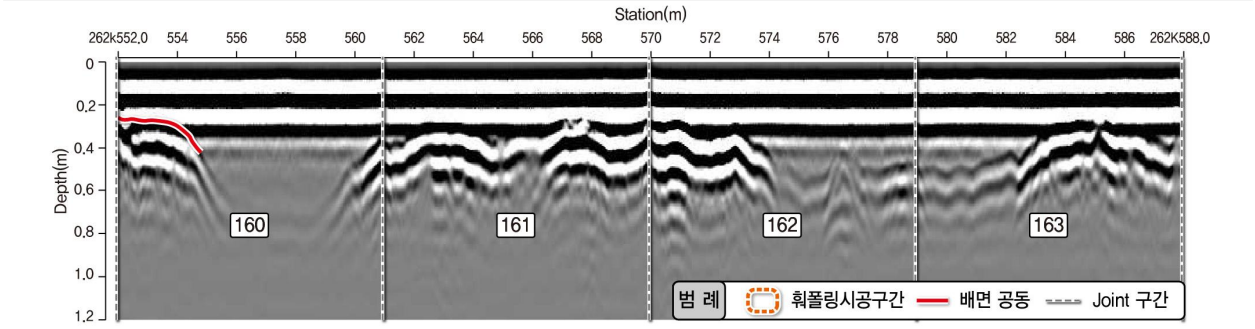
### ① R-39(STA. 262K516.0~262K552.0)

조사연장 36m



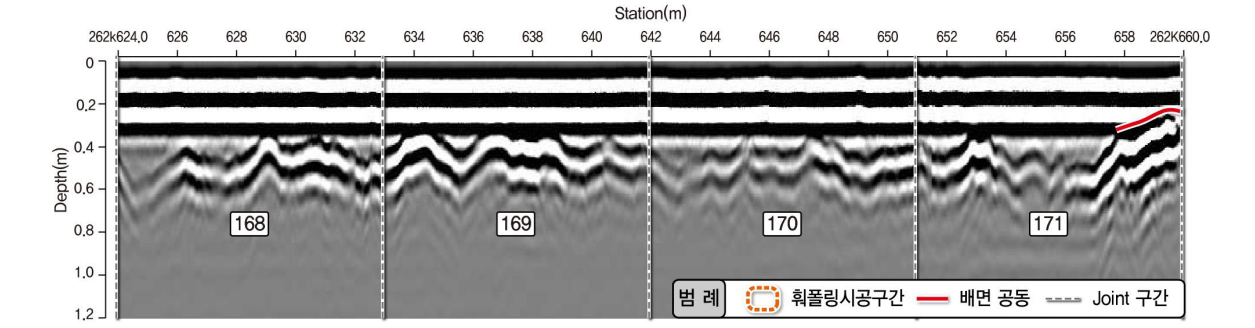

### ② R-40(STA. 262K552.0~262K588.0)

조사연장 36m



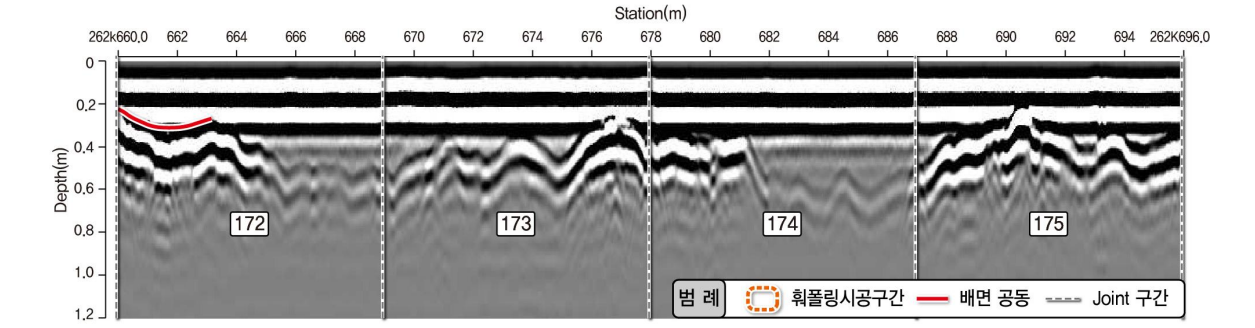

### ③ R-42(STA. 262K624.0~262K660.0)

조사연장 36m




### ④ R-43(STA. 262K660.0~262K696.0)

조사연장 36m



**3) 성과분석**

STA.261k138.0 ~ 263k504.0구간의 종방향으로 천단부 우측 1개소를 설정하여 탐사한 결과임

탐사결과 라이닝두께는 대체로 0.2~0.7m 내외로 나타남

탐사결과 배면공동으로 예상되는 반응이 종단면에서 2개소 판단됨

훠폴링 시공구간에서는 PVC파이프나 와이어등의 영향으로 레이더 신호가 투과하지 못하여 반사파 이벤트를 얻지 못하였으며, 터널 천단부 일부 구간에서의 구조물과 접지단자 홈 등의 영향으로 신호가 양호하지 못한 구간이 존재

# 3.6 현장조사 및 시험 결과요약

## 3.6.1 현장조사 결과

○ 라이닝 천장부 및 어깨부의 외관조사 결과 균열 및 망상균열이 조사되었으며 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 균열폭 0.3㎜이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다. 금회 조사된 균열폭 0.3㎜이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 라이닝 신축이음부에 박락이 발생하였으며 발생원인은 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다.

○ 측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스판구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생된 손상으로 판단된다. 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3㎜ 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2㎜ 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다. 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가 경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로서 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을

미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 긁힘, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.

○ 갱문에 발생된 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생된 손상으로 판단된다.

○ 갱구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.

○ 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생된 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.

○ 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2㎜이하의 횡방향 균열이 다수 발생된 상태이다. 균열 폭 0.2㎜이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.

○ 포장에 발생된 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 윤하중에 의한 반복하중에 의해 발생된 것으로 판단된다. 포장긁힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생된 것으로 조사되었다.

○ 피난연락갱은 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.

○ 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

### 3.6.2 시험 및 측정 결과

○ 비파괴강도 측정결과, 설계기준 대비 평균 109.6~130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었으며 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

○ 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

○ 탄산화깊이 측정치와 최소 피복두께를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가되었다.

○ 염화물함유량 시험은 건전부 구간에서 “b등급” 이상으로 평가되었다.

○ 균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다.

### 3.6.3 터널 측량 결과

○ 터널 단면측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.

○ 터널 종단측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.

### 3.6.4 GPR 탐사 결과

○ GPR탐사단면으로부터 공동의 정확한 두께를 측정할 수는 없지만 반사면의 강도, 반사형태등으로 추정하였다. 조사된 총 10개소의 배면공동은 연장 1.0~3.0m, 추정두께 0.2m 이내로서 그 규모가 크지 않아 즉각적인 보수보다는 주기적인 육안관찰 및 GPR탐사를 통해 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

# 제 4장 시설물의 상태평가

## 4.1 개 요

## 4.2 상태평가 항목 및 기준

## 4.3 상태평가 결과

# 제 4장 시설물의 상태평가

## 4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2010. 12」의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전진단의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

## 4.2 상태평가 항목 및 기준

### 4.2.1 부재별 상태평가 적용범위

#### 가. 기본시설 및 부대시설

터널의 기본시설과 부대시설은 다음 아래의 표와 같다. 터널 부대시설 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기재갱 등은 상태평가시 기본시설에 포함하여 평가한다.

상태평가 대상구간에 무근콘크리트 라이닝과 철근콘크리트 라이닝 또는 개착터널과 NATM터널 구간이 교호하여 시공된 경우 각각 평가 후 각 길이를 환산한 가중치를 적용한 가중산술평균 방법으로 평가한다.

**【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위**

| 기본시설물 | 부대시설물 |
|---|---|
| · 본선라이닝 | · 연직갱 및 경사갱 |
| · 갱문 | · 환기구 |
| · 개착터널 | · 피난연락갱 |
| · 지하차도 | · 연결터널(환기시설) |
| · 지하정거장 | · 갱구부옹벽 |

## 나. 상태평가 항목

터널의 상태평가는 라이닝 상태평가와 터널주변 상태평가로 구분하여 실시하며 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

【표 4.2】 터널 상태평가 항목

| 구분 | | 평 가 항 목 |
|---|---|---|
| 상태 평가 | 라이닝 상 태 | · 균열, 누수, 파손 및 손상<br>· 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물) |
| | 터널주변 상 태 | · 배수상태, 지반상태, 갱문상태, 공동구 상태<br>· 특수조건 : 도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널(추가점수 부여) |

## 다. 기본시설 결함지수 산정

### 1) 터널별 결함지수 산정기준

터널 시설물 분류에 따른 터널별 상태평가를 위한 결함 점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다. 여기서, 라이닝 결함지수는 터널주변 항목점수를 제외한 라이닝만의 결함점수인 총점 36점(무근콘크리트 : 27점)점으로 계산되며, 터널 결함지수(F)는 라이닝의 결함점수 및 터널주변 결함점수를 모두 합한 총점 43점(무근콘크리트 : 34점)으로 계산하여 상태평가 결과를 산정하면 된다.

① NATM터널(무근콘크리트 라이닝)

【표 4.3】 NATM터널(무근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준

| 평 가 기 준 | | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0≤f<0.15 | 0.15≤f<0.30 | 0.30≤f<0.55 | 0.55≤f<0.75 | 0.75≤f |
| 라이닝 | 균 열 | | 0~2 | 3~5 | 6~8 | 9~11 | 12~13 |
| | 누 수 | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4~5 |
| | 파손 및 손상 | | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | 재질열화 | 박리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 층분리 및 박락 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | 백태 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 재료분리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 터널주변 | 배수상태 | | 오 염 됨 : 1 | | | | |
| | | | 배수불량 또는 막힘 : 2 | | | | |
| | 지반상태 | | 풍화변질 및 단층파쇄대 | | 영향범위 내 : 2 ~ 3 | | |
| | | | | | 영향범위 외 : 1 | | |
| | 갱문상태 | | 손 상 : 0.5 ~ 1 | | | | |
| | 공동구상태 | | 덮개파손 및 오염됨 : 0.5 | | | | |
| | | | 이물질 퇴적 및 침수 : 1 | | | | |
| 특수조건 | | | 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1 ~ 3 | | | | |

라이닝 결함지수(f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{27}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{34}$

② NATM터널(철근콘크리트 라이닝)

**【표 4.4】NATM터널(철근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준**

| 평 가 기 준 | | | a<br>0≤f<0.15 | b<br>0.15≤f<0.30 | c<br>0.30≤f<0.55 | d<br>0.55≤f<0.75 | e<br>0.75≤f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 라이닝 | 균 열 | | 0~2 | 3~5 | 6~8 | 9~11 | 12~13 |
| | 누 수 | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4~5 |
| | 파손 및 손상 | | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | 재질열화 | 박리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 층분리 및 박락 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | 백태 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 재료분리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 철근노출 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | 탄 산 화 | 0 | 1 | 2 | 3 | − |
| | | 염 화 물 | 0 | 1 | 1 | 2 | − |
| 터널주변 | 배수상태 | | 오 염 됨 : 1 | | | | |
| | | | 배수불량 또는 막힘 : 2 | | | | |
| | 지반상태 | | 풍화변질 및 단층파쇄대 | | 영향범위 내 : 2~3 | | |
| | | | | | 영향범위 외 : 1 | | |
| | 갱문상태 | | 손 상 : 0.5~1 | | | | |
| | 공동구상태 | | 덮개파손 및 오염됨 : 0.5 | | | | |
| | | | 이물질 퇴적 및 침수 : 1 | | | | |
| 특수조건 | | | 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3 | | | | |

라이닝 결함지수(f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{36}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{43}$

④ 개착식터널

**【표 4.5】개착식터널 결함지수 산정기준**

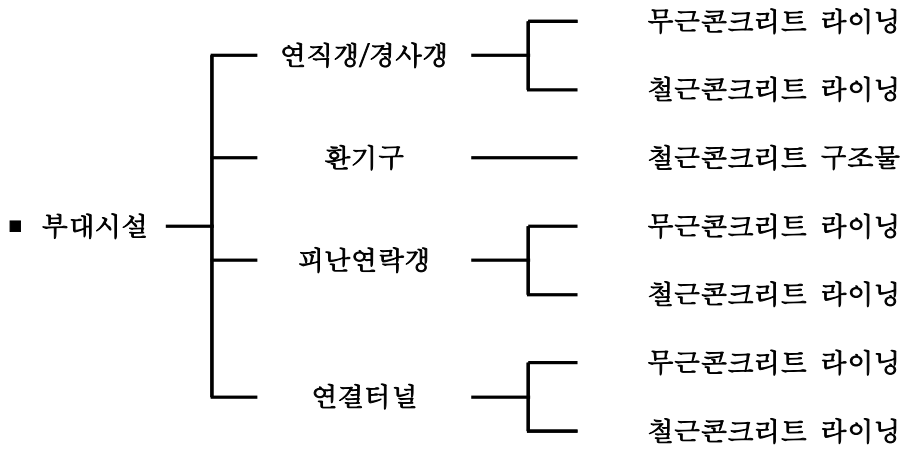
| 결 함 등 급 | | | a<br>0≤f<0.15 | b<br>0.15≤f<0.30 | c<br>0.30≤f<0.55 | d<br>0.55≤f<0.75 | e<br>0.75≤f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 라이닝 | 균 열 | | 0~2 | 3~5 | 6~8 | 9~11 | 12~13 |
| | 누 수 | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4~5 |
| | 파손 및 손상 | | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | 재질열화 | 박리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 층분리 및 박락 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | 백태 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 재료분리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 철근노출 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | 탄 산 화 | 0 | 1 | 2 | 3 | − |
| | | 염 화 물 | 0 | 1 | 1 | 2 | − |
| 터널주변 | 배수상태 | | 오 염 됨 : 1 | | | | |
| | | | 배수불량 또는 막힘 : 2 | | | | |
| | 지반상태 | | 풍화변질 및 단층파쇄대 | | 영향범위 내 : 2~3 | | |
| | | | | | 영향범위 외 : 1 | | |
| | 갱문상태 | | 손 상 : 0.5~1 | | | | |
| | 공동구상태 | | 덮개파손 및 오염됨 : 0.5 | | | | |
| | | | 이물질 퇴적 및 침수 : 1 | | | | |
| 특수조건 | | | 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3 | | | | |

라이닝 결함지수(f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{36}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{43}$

## 라. 부대시설 결함지수 산정기준

### 1) 터널 부대시설 분류

터널 부대시설 중에서 중요도 및 규모가 상대적으로 큰 별도평가 부대시설을 기능 및 구조물의 재질에 따라 분류하면 【그림 4.1】과 같다.




【그림 4.1】부대시설 분류

### 2) 부대시설 상태평가 항목

터널 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음 아래의 표와 같다.

부대시설 중에 숏크리트, 록볼트 등으로 터널의 안전성이 확보되거나 지반이 견고하여 풍화의 우려가 없고 사용상 지장이 없어 콘크리트 라이닝을 생략한 경우에는 책임기술자가 현장여건을 고려하여 상태평가 항목 및 평가기준을 조정할 수 있다.

【표 4.6】부대시설 상태평가 항목

| 구 분 | 평 가 항 목 |
|---|---|
| 부 대 시 설<br>상 태 평 가 | · 균 열<br>· 누 수<br>· 파손 및 손상<br>· 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물) |

### 3) 부대시설 가중치

부대시설 평가결과를 기본시설을 포함한 전체시설물의 상태평가 결과에 반영하기 위한 방법으로 다음과 같이 기본시설과 별도로 부대시설 결함점수에 따른 가중치를 정하였으며,

부대시설 평가기준은 기존의 산정 개념과 유사하게 보수적인 관점에서 하위상태에 비중을 두어 산정한다.

부대시설 가중치 적용은 기본시설 결함지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체 시설물의 결함지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

시설물의 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)

**【표 4.7】부대시설의 가중치**

| 가중치(W) | 1.0 | 1.00 | 1.02 | 1.05 | 1.10 |
|---|---|---|---|---|---|
| 부대시설 결함지수 | 0≦f<0.15 | 0.15≦f<0.30 | 0.30≦f<0.55 | 0.55≦f<0.75 | 0.75≦f |
| 시설물 상태평가 | · 문제점이 없는 최상의 상태 | · 기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태 | · 부재의 손상이 있으나 기본시설 기능 수행에 문제가 없는 상태 | · 부재의 손상이 중대하여 기본시설에 영향을 주는 상태 | · 기본시설의 기능 수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태 |

부대시설의 상태평가는 개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결함지수를 산정하고 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

부대시설의 결함지수(f) = Σ(fn) / N

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

부대시설 상태평가 결과 산정

- A등급(우수) : 터널 결함지수(f) 0.00≦f＜0.15
- B등급(양호) : 터널 결함지수(f) 0.15≦f＜0.30
- C등급(보통) : 터널 결함지수(f) 0.30≦f＜0.55
- D등급(미흡) : 터널 결함지수(f) 0.55≦f＜0.75
- E등급(불량) : 터널 결함지수(f) 0.75≦f

### 4) 부대시설 결함지수 산정기준

터널 부대시설 구조물 분류에 따른 상태평가를 위한 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

① 무근 콘크리트

**【표 4.8】 부대시설(무근콘크리트) 결함지수 산정기준**

| 평가기준 | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0≦f<0.15 | 0.15≦f<0.30 | 0.30≦f<0.55 | 0.55≦f<0.75 | 0.75≦f |
| 균 열 | | 0~2 | 3~5 | 6~8 | 9~11 | 12~13 |
| 누 수 | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4~5 |
| 파손 및 손상 | | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 재질열화 | 박 리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 층분리 및 박락 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | 백 태 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 재료분리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

$$\text{부대시설 결함지수(f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{27}$$

② 철근 콘크리트

**【표 4.9】 부대시설(철근콘크리트) 결함지수 산정기준**

| 평가기준 | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0≦f<0.15 | 0.15≦f<0.30 | 0.30≦f<0.55 | 0.55≦f<0.75 | 0.75≦f |
| 균 열 | | 0~2 | 3~5 | 6~8 | 9~11 | 12~13 |
| 누 수 | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4~5 |
| 파손 및 손상 | | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 재질열화 | 박 리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 층분리 및 박락 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | 백 태 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 재료분리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 철근노출 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 탄 산 화 | 0 | 1 | 2 | 3 | - |
| | 염 화 물 | 0 | 1 | 1 | 2 | - |

$$\text{부대시설 결함지수(f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$$

## 4.2.2 상태평가 항목 및 기준

### 가. 기본시설 상태평가 항목 및 기준

#### 1) 균열

【표 4.10】 균열 상태평가 기준

| 구 분 | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 콘크리트 라이닝 | 무근(균열) | 0.1㎜미만 | 0.1㎜이상 0.3㎜미만 | 0.3㎜이상 1.0㎜미만 | 1.0㎜이상 3.0㎜미만 | 3.0㎜이상 |
| | 철근(균열) | 0.1㎜미만 | 0.1㎜이상 0.3㎜미만 | 0.3㎜이상 0.5㎜미만 | 0.5㎜이상 0.7㎜미만 | 0.7㎜이상 |
| 개착식터널 | BOX(균열) | 0.1㎜미만 | 0.1㎜이상 0.3㎜미만 | 0.2㎜이상 0.5㎜미만 | 0.3㎜이상 0.7㎜미만 | 0.7㎜이상 |

※ 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 “d” 이하 또는 고정균열의 경우 면적율 20% 이상으로 “e” 이면 중대결함으로 본다.

<해 설>

① 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며, 진행성이 확인되는 경우 평가는 하향조정하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.

※ 진행성 여부의 판별은 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용해 판단한다.

② 균열형상은 종균열, 경사균열, 망상균열, 횡균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열의 평가는 하향조정할 수 있다.

(종균열)

(횡균열)

(경사균열)

(망상균열)

③ 균열이 다음 스판에 연속적으로 이어져 있는 경우 평가는 하향조정할 수 있다.

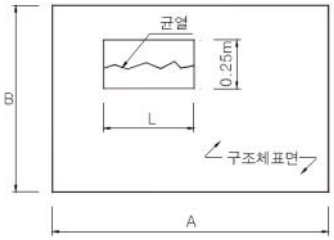
④ 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다. 콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근 사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다.

⑤ 보수 · 보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.

⑥ 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과을 기재하고, 면적율이 20% 이상과 구

조적 균열 및 단차 균열일 경우는 a→b, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.

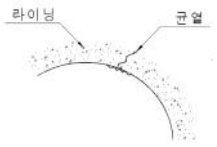
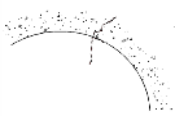
- 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.




$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{구조체표면 (점검단위) 면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이(L)} \times 0.25}{\text{A} \times \text{B(m)}} \times 100 = \%$$

2) 누수

【표 4.11】 누수 상태평가 기준

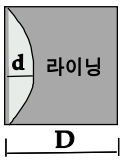
| 구 분 | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|
| 누 수 | 없 음 | 스며 있음   | 떨 어 짐  | 흐 름 | 분 출 |
| 해 설 | 1) 누수발생부위는 아치부와 측벽부, 노면으로 구분하며, 아치부에 누수가 발생하여 차량통행에 지장을 주는 경우 평가는 하향조정하도록 한다.<br>2) 아치부에 발생된 누수가 얼어 고드름이 형성된 경우와 측벽부에 발생된 누수가 얼어서 건축한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 평가를 하향조정 하도록 한다.<br>3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 평가를 하향조정하고, 그 원인을 정밀조사하도록 한다.<br>4) 누수가 배수공과 시공이음의 결함, 균열, 배면공동, 수맥 등의 영향으로 인하여 발생될 경우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발시킬수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다.<br>5) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적 요인을 반영하여 평가할 수 있다.<br>6) 보수·보강부위는 누수상태(수질, 수량, 물흐름)의 변화 유무 등을 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다. | | | | |

※ 상태평가 결과가 “d” 이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있거나, 고드름 및 측빙 등으로 통행에 현저한 지장을 주는 경우 중대한 결함으로 본다.

### 3) 파손 및 손상

【표 4.12】파손 및 손상 상태평가 기준

| 구 분 | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 콘크리트 라이닝 | 손상도 | 없음 | 1/6미만 | 1/6이상 1/3미만 | 1/3이상 1/2미만 | 1/2이상 |
| | 손상 면적 | 없음 | 아주 경미한 상태 | 경미한 손상 (1cm×10cm미만) | 중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만) | 극심한 손상 (30cm×30cm이상) |
| 해 설 | | 1) 손상도는 콘크리트 라이닝에 대한 것으로 라이닝 두께에 대한 손상된 두께를 말하며, 일반적으로 라이닝 설계두께를 기준으로 하고, 라이닝 측정두께가 있는 경우 이를 기준으로 한다.<br>※ 손상도 = d(파손 및 손상두께)/D(라이닝두께) | | | | |
| | | 2) 조적식 라이닝에서 파손 및 손상두께는 벽돌두께를 기준으로 적용한다.<br>3) 조적식 라이닝인 경우 파손 및 손상면적은 벽돌크기를 기준으로 하여 산정하도록 한다.<br>4) 지반탐사 등으로 측정된 라이닝 두께가 설계두께에 못 미치는 경우에는 이를 손상으로 평가 할 수 있다.<br>5) 파손 및 손상발생부위는 아치부와 측벽부로 구분하며, 아치부에 파손 및 손상이 발생하여 낙하위험이 있는 경우 평가는 하향조정한다.<br>6) 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향조정할 수 있다. | | | |




※ 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가 결과가 “d” 이하이면 중대한 결함으로 본다.

### 4) 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 중성화, 염화물)

【표 4.13】 재질열화 상태평가 기준

| 구 분 | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|
| 박리 | 없 음 | 0.5㎜미만 | 0.5㎜이상<br>1.0㎜미만 | 1.0㎜이상<br>25㎜미만 | 25㎜이상 이거나<br>조골재 손실 |
| 층분리<br>및 박락 | 없 음 | 깊이 12㎜미만<br>또는<br>직경 75㎜미만 | 깊이12~25㎜미만<br>또는<br>직경75~150㎜미만 | 깊이 25㎜이상 또는<br>직경 150㎜이상 | 박락이 극심하여<br>즉시 보수를 요하는<br>상태 |
| 백태,<br>재료분리 | 없 음 | 면적율<br>5%미만 | 면적율 5~10% | 면적율 10~20% | 면적율 20%이상 |
| 철근노출 | 없 음 | 면적율<br>1%미만 | 면적율 1~3%미만 | 면적율 3~5%미만 | 면적율 5%이상 |
| 탄산화<br>잔여깊이 | 30㎜이상 | 10㎜이상 ~<br>30㎜미만 | 0㎜이상 ~<br>10㎜미만 | 0㎜미만 | - |
| 전염화물<br>이온량 | 0.3kg/m³<br>이하 | 0.3kg/m³초과<br>~<br>0.12kg/m³미만 | 0.12kg/m³이상 ~<br>0.25kg/m³미만 | 0.25kg/m³이상 | - |
| 해 설 | 1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변환경 영향 등에 따라 열화 되는 특성을 나타낸다.<br>2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다.<br>3) 박리·층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다.<br>4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다.<br>5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다.<br>또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.<br>6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용하며, 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.<br>평가는 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다.<br><일본구조물진단기술협회 『비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼』(2003년)><br>7) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하며, 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.<br>염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10㎜ 또는 20㎜)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다.<br><일본구조물진단기술협회 『비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼』(2003년)><br>8) 박리, 층분리 및 박락의 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향조정할 수 있다. | | | | |

※ 탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량에 대한 상태평가 결과가 "d"이고, 철근노출의 상태평가 결과가 " e"이면 중대한 결함으로 본다.

### 5) 배수상태

【표 4.14】 배수상태 상태평가 기준

| 구 분 | 오 염 됨 | 배수불량 및 막힘 |
|---|---|---|
| 결함점수 | 1 (1~2) | 2 (3~4) |
| 해 설 | 1) 배수상태는 지하수를 유도하여 배수를 허용하는 배수형 터널의 경우에 한하며, 배수형 터널이 아닌 경우에는 전문가의 판단에 따라 별도로 적용하도록 한다.<br>2) 배수된 물의 함유성분에 의한 오염이 우려되는 경우에는 수질을 조사하여 오염의 원인을 평가하도록 한다.<br>3) 배수된 물에 토사가 섞여 나오는 경우에는 계속적인 토사유출로 라이닝 배면에 문제가 발생할 가능성이 있으므로, 토사유출량과 터널안전성에 대해 정밀조사 하도록 한다.<br>4) 집수정이 설치된 경우 배수시설(펌프설비 등)의 작동유무, 정착상태, 전원설비상태 등을 점검하고, 작동이 안되거나 정착이 불량한 경우 관리주체에 통보하여 교체 또는 수리 등의 조치가 가능하도록 하여야 한다. | |

※ 결함점수에서 ( )은 지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 적용한다.

### 6) 지반상태

【표 4.15】 지반상태 상태평가 기준

| 구 분 | 풍화변질 및 단층파쇄대 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 풍화변질 | 단 층 파 쇄 대 | | |
| | | 영향범위 외 | 영향범위 내 | |
| | | | 중·소규모 단층 | 대규모 단층 |
| 결함점수 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 해 설 | 1) 기시공된 터널에서는 주변지반상태를 육안으로 확인하는 것이 쉽지 않으므로 설계 및 시공자료를 참고하여 판단하도록 하며, 안전성 평가시 지반조사를 실시하여 지반상태를 평가하도록 한다.<br>2) 지반상태가 터널에 영향을 미치는 범위는 0.5D를 기준으로 한다.<br>3) 지반의 풍화변질상태는 육안으로 확인할 수 있는 갱구부 주변의 지반이나 노출된 암반으로부터 평가하도록 한다.<br>4) 터널에 직접적인 영향을 주는 지질구조(단층, 습곡, 선구조선)의 영향은 지질도나 시공자료, 지표지질조사결과 그리고 필요시 인공위성사진, 항공사진 등을 이용하여 검토하도록 한다.<br>5) 이완토압, 편토압, 소성압 등으로 인하여 내공변위가 발생한 경우에는 단층파쇄대의 영향범위 내에 해당하는 점수를 부여한다.<br>6) 도심지 터널의 경우 낮은 심도로 인하여 불량지반, 복합지반에 위치하는 경우에 지반 상태를 평가하고, 영향범위에 따른 점수를 부여한다. | | | |

### 7) 갱문(접속부)상태

【표 4.16】 갱문(접속부)상태 상태평가 기준

| 구 분 | 손 상 | |
|---|---|---|
| | 보통인 상태 | 불량한 상태 |
| 결함점수 | 0.5 ( 1 ) | 1 ( 2 ) |
| 해 설 | 1) 갱구부는 터널의 입출구부로서 차량의 통행에 직접적인 영향을 주기 때문에 갱문(접속부)상태를 반영하여 손상여부를 평가한다.<br>2) 갱문(접속부)의 평가방법은 일반 콘크리트구조물에서의 평가방법에 준하며, 특히 주변지반의 변화상태 등에 유의하여야 한다.<br>3) 갱문(접속부)에 심각한 손상이 발생한 경우, 주변 지반조사를 실시하여 손상원인을 규명하도록 한다. | |

※ : ( )은 지하차도에 적용한다.

### 8) 공동구 상태

【표 4.17】 공동구상태 상태평가 기준

| 구 분 | 덮개파손 및 오염됨 | 이물질 퇴적 및 침수 |
|---|---|---|
| 결함점수 | 0.5 | 1 |
| 해 설 | 1) 통신케이블, 신호용케이블, 전기케이블 등의 보호를 위해 터널내에 설치되는 공간을 가르키며, 일반적으로 배수구와 병행하여 시공된다.<br>2) 공동구의 오염상태, 덮개파손, 이물질의 퇴적이나 침수 등을 조사하여 상태를 평가하도록 한다. | |

### 9) 특수조건(추가점수)

【표 4.18】 특수조건(추가점수) 상태평가 기준

| 구 분 | 도심지 토사터널 | | 전력구터널, 전차선을 설치한 터널 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 주의범위 (1D~2D) | 제한범위 (1D미만) | 측벽부 낙수 | 아치부 낙수 | 동결위험 |
| 결함점수 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 해 설 | 1) 도심지 토사터널은 터널심도, 인접시설물(건축물, 철도, 도로 등)과의 거리 등을 검토·분석하고, 터널에 영향을 미치는 범위를 고려하여 이를 반영한다.<br>2) 전력구터널, 전차선을 설치한 터널은 전기를 사용하므로, 누전문제에 대한 위험성을 상태평가에 추가 반영하도록 하고, 특히 전차선을 설치한 터널은 동결시 차량운행에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 반영한다.<br>3) 기타 일반적인 터널조건과 다른 특수터널인 경우, 조사자의 판단에 따라 상태평가에 특수조건을 부과하여 가점하도록 한다. | | | | |

## 나. 부대시설 상태평가 항목 및 기준

### 1) 균 열

【표 4.19】 균열 상태평가 기준

| 구 분 \ 평가기준 | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|
| 무근 콘크리트 라이닝 | 0.1㎜미만 | 0.1㎜이상<br>0.3㎜미만 | 0.3㎜이상<br>1.0㎜미만 | 1.0㎜이상<br>3.0㎜미만 | 3.0㎜이상 |
| 철근 콘크리트 라이닝 | 0.1㎜미만 | 0.1㎜이상<br>0.3㎜미만 | 0.3㎜이상<br>0.5㎜미만 | 0.5㎜이상<br>0.7㎜미만 | 0.7㎜이상 |
| 철근 콘크리트 구조물<br>(개착 구조물) | 0.1㎜미만 | 0.1㎜이상<br>0.3㎜미만 | 0.3㎜이상<br>0.5㎜미만 | 0.5㎜이상<br>0.7㎜미만 | 0.7㎜이상 |

※ 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 “d” 이하 또는 고정 균열의 경우 면적율 20% 이상으로 “e” 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

### 2) 누 수

■ 기본시설 누수 참조

### 3) 파손 및 손상

【표 4.20】 파손 및 손상 상태평가 기준

| 구 분 \ 평가기준 | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 콘크리트 라이닝 | 손 상 도 | 없 음 | 1/6미만 | 1/6이상<br>1/3미만 | 1/3이상<br>1/2미만 | 1/2이상 |
| | 손상면적 | 없 음 | 아주 경미한 상태 | 경미한 손상<br>(10㎝×10㎝미만) | 중간 손상<br>(10㎝×10㎝이상,<br>30㎝×30㎝미만) | 극심한 손상<br>(30㎝×30㎝이상) |
| 조적식 라이닝 | 손상두께 | 없 음 | 벽돌부분 손상 | 벽돌 1개 이하 | 벽돌 1~2개 | 벽돌 2개 이상 |

※ 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가 결과가 “d” 이하이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

### 4) 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

■ 기본시설 재질열화 참조

### 4.2.3 상태평가 등급 산정방법

#### 가. 기본시설 상태평가 결과 산정

**1) 1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정**

라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다.

라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때 라이닝 단위길이별 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

**2) 2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정**

라이닝 단위길이별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

라이닝 전체의 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

**3) 3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정**

터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갱문, 공동구상태의 결함점수를 부여한다.

특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

**4) 4단계 : 터널 상태평가 결과 산정**

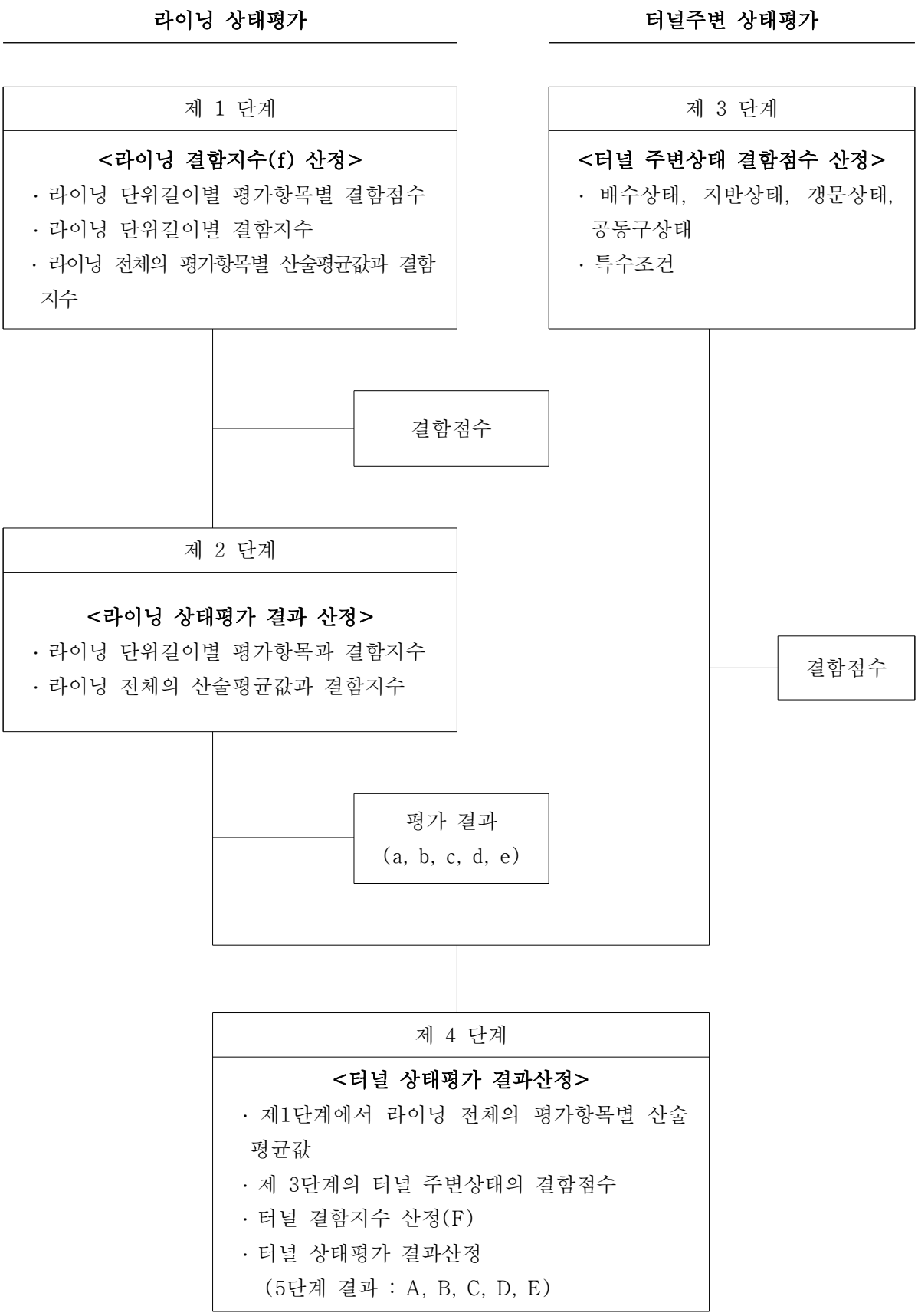
제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과, 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

터널 상태평가 결과 산정

【표 4.21】 터널 상태평가 결과 산정

| 기 준 | A(우수) | B(양호) | C(보통) | D(미흡) | E(불량) |
|---|---|---|---|---|---|
| 터 널<br>결함지수 | 0.00≤F<0.15 | 0.15≤F<0.30 | 0.30≤F<0.55 | 0.55≤F<0.75 | 0.75≤F |




【그림 4.2】 상태평가 결과 산정절차

## 나. 부대시설 상태평가 결과 산정

### 1) 1단계 : 부대시설 결함지수(f) 산정

평가단위별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

부대시설 평가단위별 결함지수를 구한다.

부대시설에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 부대시설 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

### 2) 2단계 : 전체 부대시설 상태평가 결과 산정

부대시설별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.

평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.

개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결함지수를 산정하고 전체 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

부대시설의 결함지수(f) = $\sum$(fn)/N

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

### 3) 3단계 : 전체 시설물 상태평가 결과 산정

기본시설 결함지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체시설물의 결함지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계 (A, B, C, D, E)로 매긴다.

시설물의 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)

**【표 4.22】부대시설의 가중치**

| 가중치(W) | 1.0 | 1.00 | 1.02 | 1.05 | 1.10 |
|---|---|---|---|---|---|
| 부대시설 결함지수 | 0≦f<0.15 | 0.15≦f<0.30 | 0.30≦f<0.55 | 0.55≦f<0.75 | 0.75≦f |
| 시설물 상태평가 | · 문제점이 없는 최상의 상태 | · 기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태 | · 부재의 손상이 있 으나 기본시설 기능 수행에 문 제가 없는 상태 | · 부재의 손상이 중대하여 기본 시 설에 영향을 주 는 상태 | · 기본시설의 기능 수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태 |

### 4) 부대시설 결함지수 산정기준

터널 부대시설 구조물 분류에 따른 상태평가를 위한 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

① 무근 콘크리트

**【표 4.23】 부대시설(무근콘크리트) 결함지수 산정기준**

| 평가기준 | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0≦f<0.15 | 0.15≦f<0.30 | 0.30≦f<0.55 | 0.55≦f<0.75 | 0.75≦f |
| 균 열 | | 0~2 | 3~5 | 6~8 | 9~11 | 12~13 |
| 누 수 | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4~5 |
| 파손 및 손상 | | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 재질열화 | 박 리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 층분리 및 박락 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | 백 태 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 재료분리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

$$\text{부대시설 결함지수(f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{27}$$

② 철근 콘크리트

**【표 4.24】 부대시설(철근콘크리트) 결함지수 산정기준**

| 평가기준 | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0≦f<0.15 | 0.15≦f<0.30 | 0.30≦f<0.55 | 0.55≦f<0.75 | 0.75≦f |
| 균 열 | | 0~2 | 3~5 | 6~8 | 9~11 | 12~13 |
| 누 수 | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4~5 |
| 파손 및 손상 | | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 재질열화 | 박 리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 층분리 및 박락 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | 백 태 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 재료분리 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | 철근노출 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 탄 산 화 | 0 | 1 | 2 | 3 | - |
| | 염 화 물 | 0 | 1 | 1 | 2 | - |

$$\text{부대시설 결함지수(f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$$

# 4.3 상태평가 결과

## 4.3.1 차령터널(천안)

### 가. 기본시설

#### 1) 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과

【표 4.25】무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과

| 망도 번호 | S/N | 연장 (m) | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/m³) | | | |
| 008 | 8 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 9 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 4.0 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 10 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 009 | 11 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 12 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 13 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0.12 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 14 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 15 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.3 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 1 | 0.037 |
| 010 | 16 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.02 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 1 | 0.037 |
| | 17 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 3 | 0.111 |
| | 18 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 19 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 20 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 011 | 21 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 22 | 9 | 0.1 | 3/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 3 | 0.111 |
| | 23 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 24 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 25 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| 012 | 26 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 27 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 28 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 29 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 30 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 013 | 31 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 32 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 33 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 1.0 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 3 | 0.111 |
| | 34 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0.2 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 35 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| 014 | 36 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 37 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 38 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 39 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 40 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 015 | 41 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 42 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 43 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0.8 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 44 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0.8 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 45 | 9 | 0.1 | 3/b | 없음 | 0/a | 1.0 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 4 | 0.148 |
| 산술평균 | | | 2.868 | | 0.000 | | 0.053 | | 0.000 | | 0.079 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 3.000 | 0.111 |

## 【표 4.26】 무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속)

| 망도 번호 | S/N | 연장 (m) | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/m³) | | | |
| 016 | 46 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 47 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 48 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 49 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 50 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 017 | 51 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 52 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 53 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 54 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 55 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.16 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 3 | 0.111 |
| 018 | 56 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 57 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 58 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 59 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0.01 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 60 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0.02 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 019 | 61 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 62 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 63 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 64 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 65 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 020 | 66 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 67 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 68 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 69 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.2 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 70 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.2 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 021 | 71 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 72 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 73 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 74 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 75 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0.5 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 022 | 76 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 77 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 78 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 79 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 1.2 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 9 | 0.333 |
| 023 | 85 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 024 | 86 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0.2 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 87 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 88 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 89 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 90 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 025 | 91 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 92 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 93 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 94 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 95 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 산술평균 | | | 1.222 | | 0.000 | | 0.022 | | 0.000 | | 0.022 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 1.267 | 0.047 |

## 【표 4.27】 무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속)

| 망도 번호 | S/N | 연장 (m) | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/㎥) | | | |
| | 96 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 97 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 026 | 98 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 99 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 100 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 101 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0.05 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 102 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 3 | 0.111 |
| 027 | 103 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 104 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 105 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 106 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 3 | 0.111 |
| | 107 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| 028 | 108 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 109 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 110 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 111 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 112 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 029 | 113 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 114 | 9 | 0.1 | 3/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 3 | 0.111 |
| | 115 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 116 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 117 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 030 | 118 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 119 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 120 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 121 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 122 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 031 | 123 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 124 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 125 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 126 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 127 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 032 | 128 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0.2 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 129 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 6 | 0.222 |
| | 130 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 131 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 132 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| 033 | 133 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 134 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 135 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 136 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 137 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 034 | 138 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 139 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 1 | 0.037 |
| | 140 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 산술평균 | | | 1.756 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.067 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 1.800 | 0.067 |

## 【표 4.28】 무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속)

| 망도 번호 | S/N | 연장 (m) | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/m³) | | | |
| 035 | 141 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 036 | 147 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 148 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 149 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 150 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| 037 | 151 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 152 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 153 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 154 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 155 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 038 | 156 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 157 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 158 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 159 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 160 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 039 | 161 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 162 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 163 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 164 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 165 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 040 | 166 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 167 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 168 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 169 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 170 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 041 | 171 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 172 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 173 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 174 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 175 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 042 | 176 | 9 | 0.2 | 4/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 4 | 0.148 |
| | 177 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 178 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 179 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 180 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 043 | 181 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 182 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 183 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 184 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 185 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 044 | 186 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 5 | 0.185 |
| | 187 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 188 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 189 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 190 | 9 | 0.2 | 4/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 4 | 0.148 |
| 산술평균 | | | 5.556 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.044 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 5.600 | 0.207 |

## 【표 4.29】 무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속)

| 망도 번호 | S/N | 연장 (m) | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/m³) | | | |
| 045 | 191 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 192 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| | 193 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0.01 | 0/b | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 194 | 9 | 0.2 | 4/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 4 | 0.148 |
| | 195 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 046 | 196 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 197 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 198 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 199 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 200 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 047 | 201 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 202 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 203 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 048 | 209 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 210 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 049 | 211 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 212 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 213 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 214 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 215 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 050 | 216 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 217 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 218 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 219 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 220 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 051 | 221 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 222 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 223 | 9 | 0.2 | 4/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 4 | 0.148 |
| | 224 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 225 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 052 | 226 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 227 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 228 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 229 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 230 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 053 | 231 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 232 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 233 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 234 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 235 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 2 | 0.074 |
| 054 | 236 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 237 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 238 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 239 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 240 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| 산술평균 | | | 5.267 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.022 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 5.289 | 0.196 |

## 【표 4.30】 무근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속)

| 망도 번호 | S/N | 연장 (m) | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/m³) | | | |
| 055 | 241 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 242 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 243 | 9 | 0.2 | 4/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 4 | 0.148 |
| | 244 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 245 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 056 | 246 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 247 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 248 | 9 | 0.1 | 1/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 1 | 0.037 |
| | 249 | 9 | 0.2 | 4/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 4 | 0.148 |
| | 250 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 057 | 251 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 252 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 253 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 254 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 255 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| 058 | 256 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 257 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| | 258 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.1 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 8 | 0.296 |
| | 259 | 9 | 0.3 | 7/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 7 | 0.259 |
| | 260 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | / | - | / | - | / | 0 | 0.000 |
| 산술평균 | | | 3.950 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.200 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 4.150 | 0.154 |

## 【표 4.31】 철근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과

| 망도 번호 | S/N | 연장 (m) | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/m³) | | | |
| 007 | 1 | 10 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 0 | 0.000 |
| | 2 | 9 | 0.1 | 3/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 79 | 0/a | 0.405 | 1/b | 3 | 0.111 |
| | 3 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 69 | 0/a | 0.295 | 0/a | 8 | 0.296 |
| | 4 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 5 | 0.185 |
| | 5 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 5 | 0.185 |
| 008 | 6 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 5 | 0.185 |
| | 7 | 9 | 0.1 | 3/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 3 | 0.111 |
| 022 | 80 | 13 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 8 | 0.296 |
| 023 | 81 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 0 | 0.000 |
| | 82 | 11 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 32 | 0/a | 0.276 | 0/a | 8 | 0.296 |
| | 83 | 11 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 0 | 0.000 |
| | 84 | 12 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 0 | 0.000 |
| 035 | 142 | 10 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 8 | 0.296 |
| | 143 | 11 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 5 | 0.185 |
| | 144 | 8 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 46 | 0/a | 0.298 | 0/a | 0 | 0.000 |
| 036 | 145 | 11 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 5 | 0.185 |
| | 146 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | - | - | - | 5 | 0.185 |
| 산술평균 | | | 4.000 | | 0.00 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.059 | | 4.000 | 0.148 |

【표 4.32】철근콘크리트 라이닝 결함지수 및 상태평가 결과(계속)

| 망도 번호 | S/N | 연장 (m) | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/㎥) | | | |
| 047 | 204 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 2 | 0.074 |
| | 205 | 11 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 43 | 0/a | 0.270 | 0/a | 0 | 0.000 |
| 048 | 206 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 0 | 0.000 |
| | 207 | 11 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 5 | 0.185 |
| | 208 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 5 | 0.185 |
| 059 | 261 | 9 | 0.3 | 8/c | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 8 | 0.296 |
| | 262 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 0 | 0.000 |
| | 263 | 9 | 0 | 0/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 0 | 0.000 |
| | 264 | 9 | 0.1 | 3/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 3 | 0.111 |
| | 265 | 9 | 0.1 | 2/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 2 | 0.074 |
| 060 | 266 | 9 | 0.2 | 5/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 55 | 0/a | 0.321 | 1/b | 5 | 0.185 |
| | 267 | 9 | 0.1 | 3/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | – | – | – | – | 3 | 0.111 |
| | 268 | 10 | 0.1 | 3/b | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 47 | 0/a | 0354 | 1/b | 3 | 0.111 |
| 산술평균 | | | 2.769 | | 0.00 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | | 0.154 | | 2.769 | 0.102 |

### 2) 터널 주변상태 결함점수 산정

■ 터널 주변상태에 대한 결함점수 및 산정근거

– 배수상태 : 배수의 지장이 없는 상태로서 0점 부여

– 지반상태 : 지반의 풍화변질 및 단층파쇄대 영양범위 외 이므로 1점 부여

– 갱문상태 : 도장박리 등 일부 손상이 조사되어 0.5점 부여

– 공동구 상태 : 균열, 덮개 손상등 일부 손상이 조사되어 0.5점 부여

– 특수조건 : 라이닝에 낙수와 동결 위험이 없으므로 점수 미반영

【표 4.33】터널 주변상태 결함점수 산정결과

| 구분 | 배수상태 | 지반상태 | 갱문상태 | 공동구상태 | 특수조건 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 결함점수 | 0.0 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 2.0 |

### 3) 기본시설 상태평가 결과

■ 본 터널의 라이닝과 주변상태를 평가한 결과 기본시설의 상태평가 결과는 결함지수 0.216으로 'b'로 평가 되었다.

【표 4.34】 기본시설 상태평가 결과

| 구분 | 라이닝 | | | | | | | | | | 터널 주변 | 결함 점수 | 결함 지수 (A) | 연장비 (B) | 연장비 고려 결함지수 (A)*(B) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 균열 | 누수 | 파손 및 손상 | 재질열화 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 박리 | 층분리 및 박락 | 백태 | 재료 분리 | 철근 노출 | 탄산화 | 염화물 | | | | | |
| 무근 | 3.34 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | 2.00 | 5.42 | 0.160 | 0.848 | 0.136 |
| 철근 | 3.97 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 2.00 | 6.37 | 0.148 | 0.152 | 0.023 |
| | | | | | | | | | | | 결함지수 | | | | 0.159 |
| | | | | | | | | | | | 기본시설 상태평가 결과 | | | | b |

## 나. 부대시설

■ 부대시설은 피난연락갱에 대하여 실시하였으며, 결함지수 및 상태평가 결과는 다음 표와 같다.

### 1) 부대시설 결함지수 및 상태평가 결과

【표 4.35】 부대시설(피난연락갱) 결함지수 및 상태평가 결과

| S/N | 형식 | 균열 | | 누수 | | 파손 및 손상 | | 박리 | | 박락 | | 백태 | | 재료 분리 | | 철근 노출 | | 탄산화 | | 염화물 | | 결함 점수 합계 | 라이닝 결함 지수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 균열폭 (mm) | | | | | | 깊이 (mm) | | 깊이 (mm) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 면적율 (%) | | 잔여 깊이 (mm) | | 이온량 (kg/㎥) | | | |
| #1 | 철근 | 0 | 1/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0.01 | 1/c | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | | - | | 1.01 | 0.028 |
| #2 | 철근 | 0 | 1/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | | - | | 1.00 | 0.028 |
| #3 | 철근 | 0 | 1/a | 없음 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | 0 | 0/a | - | | - | | 1.00 | 0.028 |
| 산술평균 | | 1.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.003 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | - | | - | | 1.00 | 0.028 |

### 2) 부대시설 결함지수 및 상태평가 결과

■ 본 터널의 부대시설을 결함점수로 환산한 결과, 모든 부대시설 결함점수가 0.00≤F≤0.15로서, 문제점이 없는 상태로 평가되었다.

## 다. 상태평가 결과

- 본 터널의 라이닝 결함점수 및 터널 주변 결함점수를 모두 합한 터널 결함지수 총점에 의한 상태평가 시 철근콘크리트와 무근콘크리트 구간으로 구분하여 산정하고 각각의 연장 비율에 의해 본 터널의 상태평가 결과를 산정하였다. 또한, 부대시설에 대한 결함지수는 0.00≤F≤0.15 로서 부대시설에 대한 가중치(W)는 1.0을 적용하였다.

【표 4.36】 차령터널(천안) 상태평가 결과

| 기본시설 결함지수(F) | 부대시설 결함지수(F) | 부대시설 가중치(W) | 차령터널(천안) 결함지수(F) | 차령터널(천안) 상태평가 결과 |
|---|---|---|---|---|
| 0.159 | 0.028 | 1.0 | 0.159 | B |

【표 4.37】 기 진단결과와의 상태평가 결함도 점수 비교

| 구 분 | | 2013년 진단 결과 | 금회 진단 결과 | 비고 | 가중치 변화요인 |
|---|---|---|---|---|---|
| 기본시설 | 무근 콘크리트 | b | b | = | · 균열보수 실시 |
| | 철근 콘크리트 | b | b | = | |
| 부대시설 (결함점수) | 피난연락갱 | a | a | = | · 변화없음 |
| 합 계 | | B | B | = | · 변화없음 |

- 최종 상태평가 결과, “B”로 평가되었으며, 2013년 정밀안전진단 이후 구조적 영향을 미칠만한 손상에 진전은 없는 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.232 ⇨ 0.159로 감소한 것으로 분석되었다.
- 상태평가 결과 라이닝 콘크리트의 경우 전반적으로 균열 보수가 실시됨에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

# 제 5장 안전성 평가

## 5.1 개요

## 5.2 구조해석

## 5.3 응답변위법을 이용한 내진검토

# 제 5장 안전성 평가

## 5.1 개 요

터널의 콘크리트 라이닝은 터널 주변 지반상태, 환경조건 및 주지보재의 지보능력을 고려하여 사용 목적에 적합한 설계를 하여야 한다. 또한 콘크리트 라이닝은 장기간 지반압 등의 하중을 견디고 누수 등에 의한 침식이나 변형 및 균열 등이 없는 내구적인 것이어야 한다.

본 보고서에서는 시공된 라이닝의 구조적 안정성을 검토하여 구조물의 내하력, 사용성 등을 검토하고 시설물의 구조적 기능적 안정성을 평가하고자 한다.

### 가. 재료특성 및 강도

【표 5.1】 재료특성 및 강도

| 구 분 | 설계강도(fck, MPa) | 탄성계수(Ec, MPa) | 단위중량(kN/㎥) |
|---|---|---|---|
| 콘 크 리 트 | 24 | 23,000 | 23.0 |
| 철 근 콘 크 리 트 | 24 | 23,000 | 25.0 |
| 철 근 | 300 | 210,000 | 78.5 |

### 나. 지반특성에 따른 물성치

【표 5.2】 지반특성에 따른 물성치

| 지보패턴 | 변형계수(MPa) | 단위중량(kN/㎥) | 프아송비(υ) |
|---|---|---|---|
| 무근구간 | 2,000 | 23.00 | 0.25 |
| 철근구간 | 2,000 | 23.00 | 0.25 |

### 다. 적용 설계법

#### 1) 강도 설계법

무근 및 철근 콘크리트 구조물의 설계방법은 부재의 파괴상태 또는 파괴에 가까운 상태에 기초를 둔 강도설계법으로 필요 철근량 산출 및 사용성 검토를 수행하여 안정성 및 내구성 확보

또한 콘크리트 라이닝의 형상은 축력이 무리없이 전달됨으로서 인장력이 발생되지 않는 형상이 되도록 하여야 하나 부득이 인장력이 발생할 시는 적절한 철근보강이 필요함

### 1) 강도설계법을 통한 무근 콘크리트 검토(콘크리트 구조기준, 2012)

| 구분 | 공칭강도 | 설계조건<br>(휨 모멘트와 축력을 동시에 받는 부재) |
|---|---|---|
| 설계적용 | •인장이 지배적일 경우 :<br>$\phi M_n = \phi \cdot 0.42 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot S$<br>•압축이 지배적일 경우 :<br>$\phi M_n = \phi \cdot 0.85 \cdot f_{ck} \cdot S$<br>•$\phi P_n = \phi \cdot 0.60 \cdot f_{ck} \cdot [1-(\frac{l_c}{32h})^2] \cdot A_g$<br>•$\phi V_n = \phi \cdot 0.11 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot b \cdot h$ | •인장면 검토 :<br>$M_u/S_m - P_u/A_g \leq 0.42\phi\lambda\sqrt{f_{ck}}$<br>•압축면 검토 :<br>$P_u/\phi P_n + M_u/\phi M_n \leq 1$<br>•전단력 검토 : $\phi V_n \geq V_u$ |

### 2) 강도설계법을 통한 철근 콘크리트 강도감소계수(콘크리트 구조기준, 2012)

【표 5.3】 강도설계법

| 부재 또는 하중의 종류 | | 강도감소계수(∅) |
|---|---|---|
| 축방향 인장부재 | | 0.85 |
| 압축지배 단면 | 나선철근 부재 | 0.70 |
| | 기타의 부재 | 0.65 |
| 전단과 비틀림 | | 0.75 |

## 라. 설계하중

### 1) 자 중

구조물의 자중계산에 사용되는 재료의 단위중량은 아래의 표에 나타낸 값을 적용하였다.

【표 5.4】 단위중량

| 철 근 콘 크 리 트 | 무 근 콘 크 리 트 | 강 재 |
|---|---|---|
| 25.0 kN/㎥ | 23.0 kN/㎥ | 78.5 kN/㎥ |

### 2) 이완하중

배수형 터널에서는 숏크리트와 록볼트 등의 1차 지보재가 터널 내구년한 동안 충분한 지보역활을 한다면 콘크리트 라이닝에서는 배수재 기능저하에 따른 잔류수압 이외의 하중은 작용하지 않는다. 그러나 지반조건 불량 및 숏크리트의 열화 등 1차 지보재가 지보능력을 상실한 경우를 대비하여 적용

【표 5.5】 지보패턴 이완하중

| 구분 | 이완하중 | 비 고 |
|---|---|---|
| 무근 구간 | P=0.5m | - |
| 철근 구간 | P=0.125(B)=1.69m | - |

### 3) 수 압

본 터널은 배수형 터널로서 지반내의 지하수는 터널 배수구를 통해 배수함으로써 내부라이닝은 수압을 받지 않도록 하는 것이 원칙이나, 터널에서 배수지체 현상을 고려하여 잔류수압 1/3Ht 적용

## 마. 하중조합(콘크리트 구조설계기준, 2012)

【표 5.6】 CASE별 하중조합

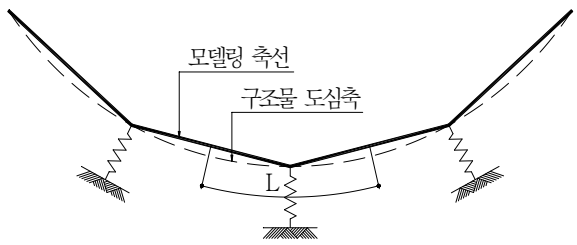
| 구 분 | 자 중 | 이완하중 | 잔류수압 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| CASE 1 | 1.2 | 1.6 | 1.6 | 강도 설계법 |
| CASE 2 | 1.2 | 1.4 | 1.4 | |
| CASE 3 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |

## 바. 지반 스프링 계수

라이닝 구조해석시 지반과의 경계조건은 라이닝이 지반쪽으로의 변형형상을 가질 때에 한해 압축스프링으로 모사할 수 있다. 이때, 스프링 계수는 지반의 물성치에 따라 달라지게 되며, 본 보고서에서는 라이닝의 곡률반경과 주위지반의 물성치에 대해 미공병단, AFTES 공식을 적용하여 지반 스프링 계수를 산정하였다.

$$K_S = \frac{E_S}{(1+v)R} \times L$$

- $K_S$ : 지반 스프링 계수
- $\frac{E_S}{R}$ : 단위 접선 길이당 지반 스프링 계수
- $E_S$ : 주변지반의 탄성계수
- $R$ : 등가 환산 라이닝 반경($R = \sqrt{A/\pi}$)
- $v$ : 포아송비




【그림 5.1】 지반스프링 계수

## 사. 구조해석

### 1) 구조해석 모델링

【표 5.7】 구조해석 모델링

| 구 분 | | 구조해석 모델링 |
|---|---|---|
| 모델링 및 사용요소 | | ○ 검토대상 라이닝부의 중심 축선을 따라 2D 보요소로 모델링 |
| 재 료 특 성 | | ○ 콘크리트의 탄성계수 적용 |
| 단 면 제 원 | | ○ 터널 종방향으로의 단위길이를 취해 콘크리트라이닝의 두께에 해당하는 단면상수 적용 |
| 경 계 조 건 | | ○ 미공병단 (AFTES 제안식)산정하여 스프링계수 적용 |
| 하중재하 | 자 중 | ○ 구조물의 단위중량에 따라 프로그램내에서 자동처리 |
| | 이완하중 | ○ 무근 구간의 터널은 이완하중고 0.5m 적용<br>○ 철근 구간의 터널은 Terzaghi의 암반하중 분류에 의한 이완하중 적용 |
| | 잔류수압 | 1/3Ht의 잔류수압 적용(암반 구간) |

### 2) 사용 프로그램

범용구조해석 프로그램인 Midas Civil를 이용하여 콘크리트 라이닝을 해석

2차원 및 3차원 프레임요소, Solid요소, Plate요소, Shell요소 및 Axisymmetric요소 등을 이용한 선형 정적해석 및 동적해석이 가능한 구조해석 프로그램

【표 5.8】 사용 프로그램

| 사 용 요 소 | 요 소 명 | 설계 적용 및 기본사항 |
|---|---|---|
| Midas Civil | ○ 유한요소법을 이용한 철강 및 RC구조물 정적/동적 해석 및 수화열, 비선형 해석<br>○ 2차원 Beam요소 모델 적용 | 구조물의 단면력 및 변위 산정 |
| RC Mania | ○ 구조해석 결과를 근거로 보, 슬래브, 벽체, 기둥 등의 단면을 설계하는 프로그램 | 강도설계법 |

## 아. 구조해석 흐름도

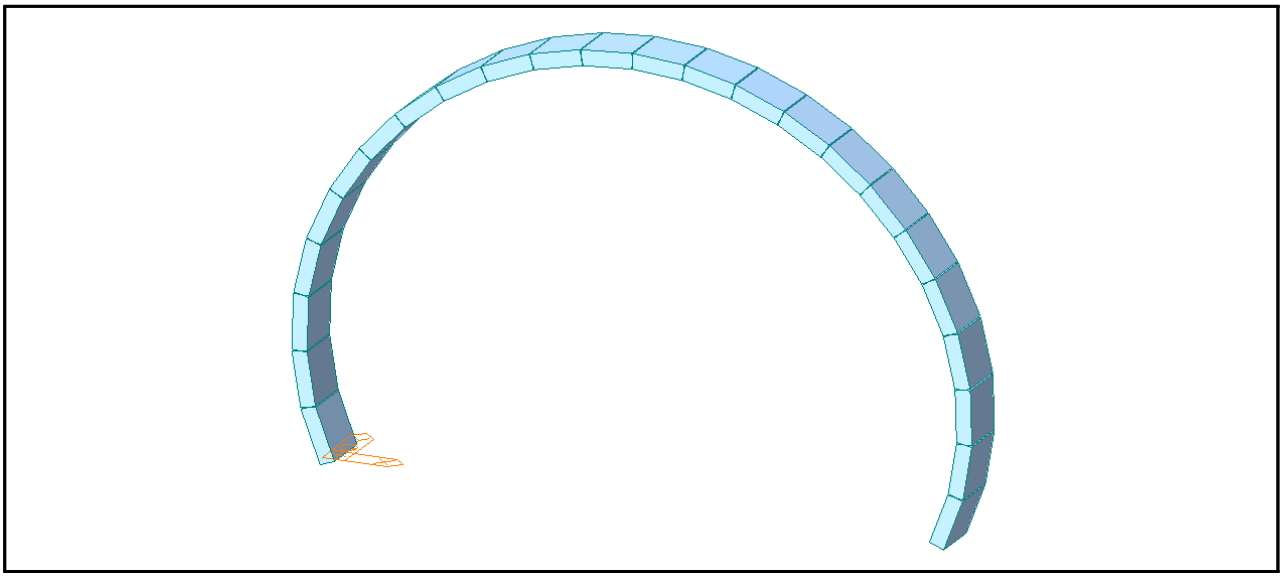
【그림 5.2】 구조해석 흐름도

# 5.2 구조해석

## 5.2.1 무근 콘크리트 라이닝

### 가. 검토단면 및 해석모델

본 검토단면은 무근 콘크리트 라이닝 구간으로 암반등급 보통암을 적용하여 검토하였다.



【그림 5.3】무근 콘크리트 라이닝 해석모델링

### 나. 단면제원

【표 5.9】단면제원

| B(m) | T(m) | A($m^2$) | I($m^4$) | Z($m^3$) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 0.300 | 0.300 | $2.250\times10^{-3}$ | $1.500\times10^{-2}$ | - |

### 다. 재료특성

○ 사용재료 : 2종 콘크리트 ($f_{ck}$ = 24 ㎫)

○ 콘크리트 탄성계수 : Ec = 23,000 ㎫

○ 콘크리트 단위중량 : $\gamma_t$ = 23.00 kN/m3

### 라. 경계조건 및 지반 스프링계수 산정

미공병단, AFTES 공식에 의해 라이닝의 곡률에 따라 지반물성치를 스프링계수로 변환

【표 5.10】 스프링계수 산정

| 구 분 | Es(㎫) | R(m) | υ(포아송비) | Ks단위길이(kN/㎥) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 암반등급(보통암) | 2,000 | 5.185 | 0.25 | 308,593 | 무근 콘크리트 라이닝 |

## 마. 하중산정

### 1) 자 중

○ 콘크리트 라이닝의 두께로 자동 전산처리(단위중량 23.0 kN/㎥ 적용)

### 2) 이완하중(단위중량 : 23.00 kN/m3)

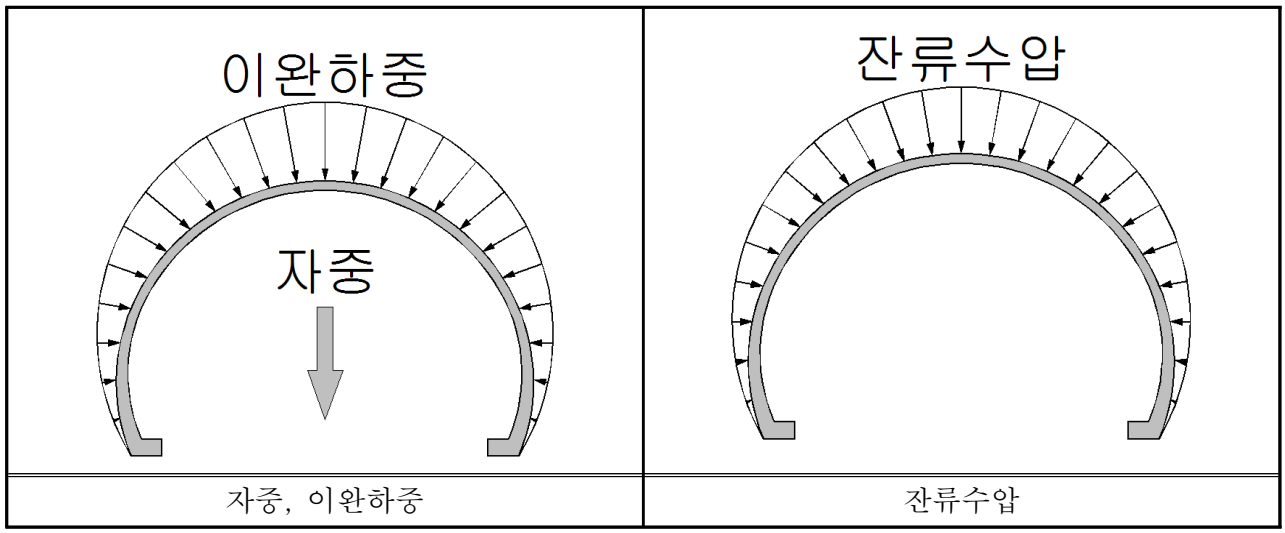
○ 이완하중고(HP) = 0.5 m

○ 이완하중 = Hp× γsub= 0.5m×13.00 kN/㎥ = 6.50 kN/㎡

### 3) 잔류수압

○ 잔류수압(Pw) = 터널 굴착면 높이 × 1/3 = 2.87 m

○ 잔류수압 범위 : 0 ~ 28.67 kN/㎡




자중, 이완하중 | 잔류수압

【그림 5.4】 하중산정

## 바. 해석결과

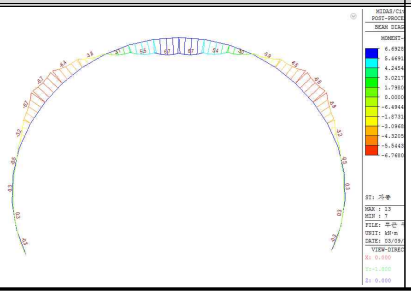
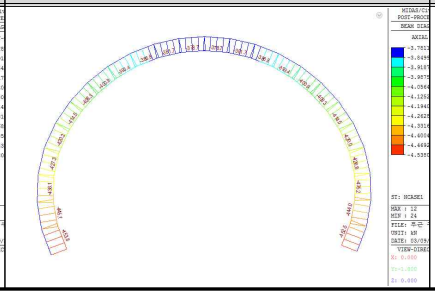
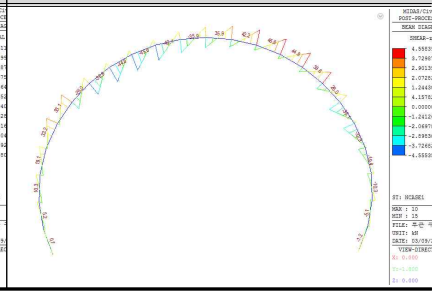
### 1) 단면력 검토 결과

| 단면 정보 | | | | 구분 | 공칭 강도 | 구분 | 공칭 강도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lC | 0.80 | Ag | 0.30 | ø Mn(인장) | 1.13 | ø Mn(압축) | 168.30 |
| H | 0.30 | S | 0.015 | | | | |
| B | 1.00 | Fck | 24 | ø Pn | 2359.50 | ø Vn | 88.90 |

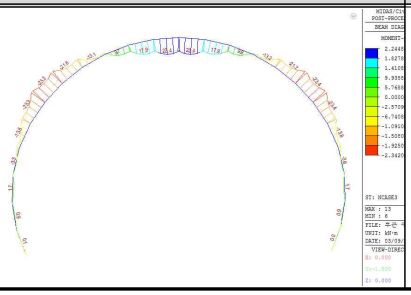
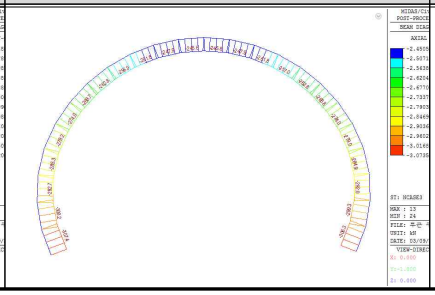
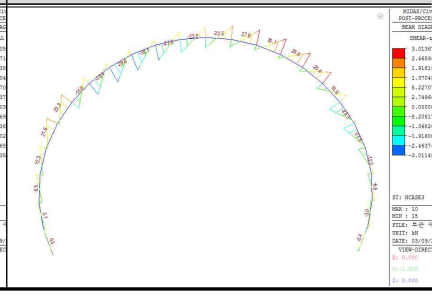
| 측점위치 | 모멘트 (kN · m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 인장면 | 압축면 | 전단응력 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Mu/s-Pu/Ag | Pu/ø Pn+Mu/ø Mn | V=Vmax/A |
| 천단부 | 33.20 | 378.70 | 45.60 | 0.95 | 0.36 | 45.60 |
| 어깨부 | 34.60 | 420.20 | 33.20 | 0.91 | 0.38 | 33.20 |
| 측벽부 | 5.10 | 436.10 | 10.30 | - | 0.22 | 10.30 |

### 2) 단면력도

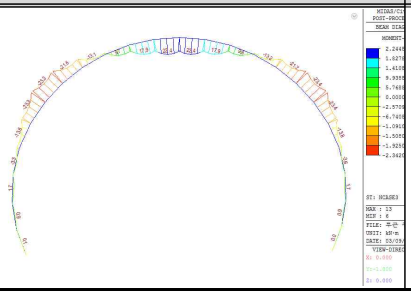
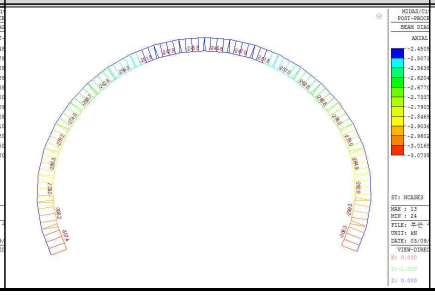
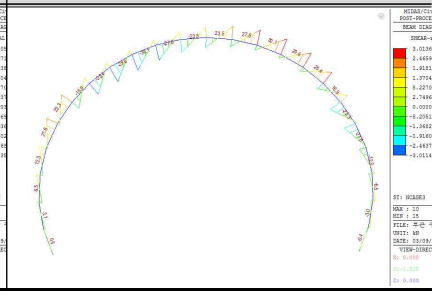
#### ① Case 1 : 1.2×자 중 + 1.6×이완하중 + 1.6×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

#### ② Case 2 : 1.2×자 중 + 1.4×이완하중 + 1.4×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

#### ③ Case 3 : 1.0×자 중 + 1.0×이완하중 + 1.0×잔류수압

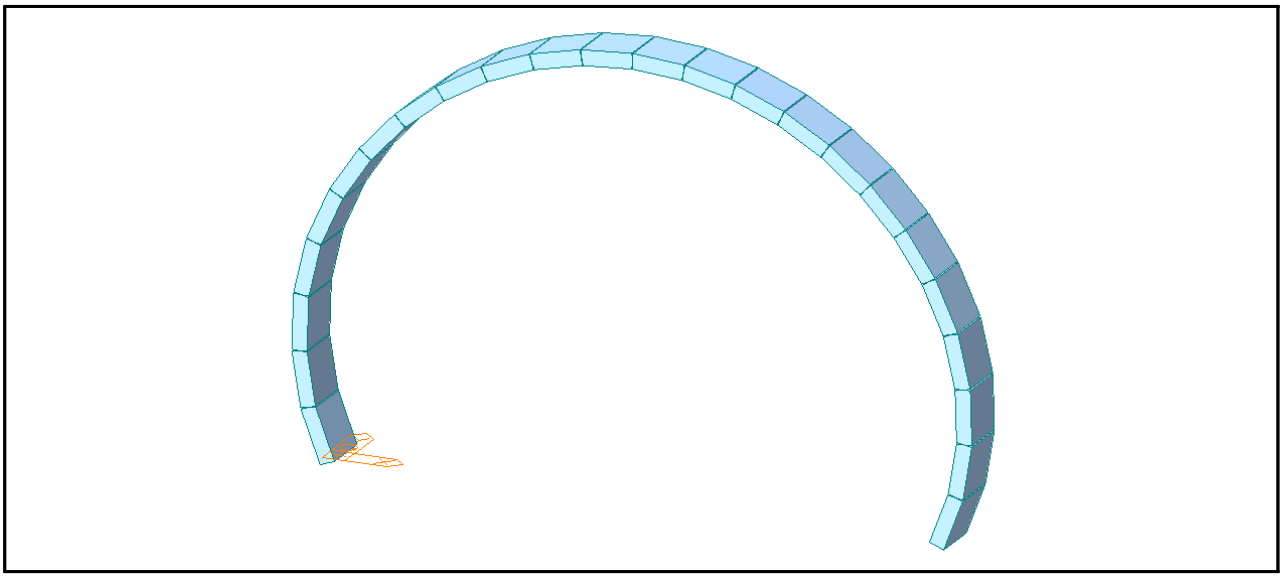
| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

강도설계법을 통한 단면력 검토 결과 소요강도를 초과하지 않으므로 철근보강 불필요

## 5.2.2 철근 콘크리트 라이닝

### 가. 검토단면 및 해석모델

본 검토단면은 철근 콘크리트 라이닝 구간으로 암반등급 보통암을 적용하여 검토하였다.



【그림 5.5】철근 콘크리트 라이닝 해석모델링

### 나. 단면제원

【표 5.11】단면제원

| B(m) | T(m) | A($m^2$) | I($m^4$) | Z($m^3$) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 0.300 | 0.300 | $2.250\times10^{-3}$ | $1.500\times10^{-2}$ | - |

### 다. 재료특성

○ 사용재료 : 2종 콘크리트 ($f_{ck}$ = 24 ㎫)

○ 콘크리트 탄성계수 : Ec = 23,000 ㎫

○ 콘크리트 단위중량 : $\gamma_t$ = 25.00 kN/m3

### 라. 경계조건 및 지반 스프링계수 산정

○ 미공병단, AFTES 공식에 의해 라이닝의 곡률에 따라 지반물성치를 스프링계수로 변환

【표 5.12】 스프링계수 산정

| 구 분 | Es(㎫) | R(m) | υ(포아송비) | Ks단위길이(kN/㎥) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 암반등급(보통암) | 2,000 | 5.185 | 0.25 | 308,593 | 철근 콘크리트 라이닝 |

## 마. 하중산정

### 1) 자 중

○ 콘크리트 라이닝의 두께로 자동 전산처리(단위중량 23.0 kN/㎥ 적용)

### 2) 이완하중(단위중량 : 23.00 kN/㎥)

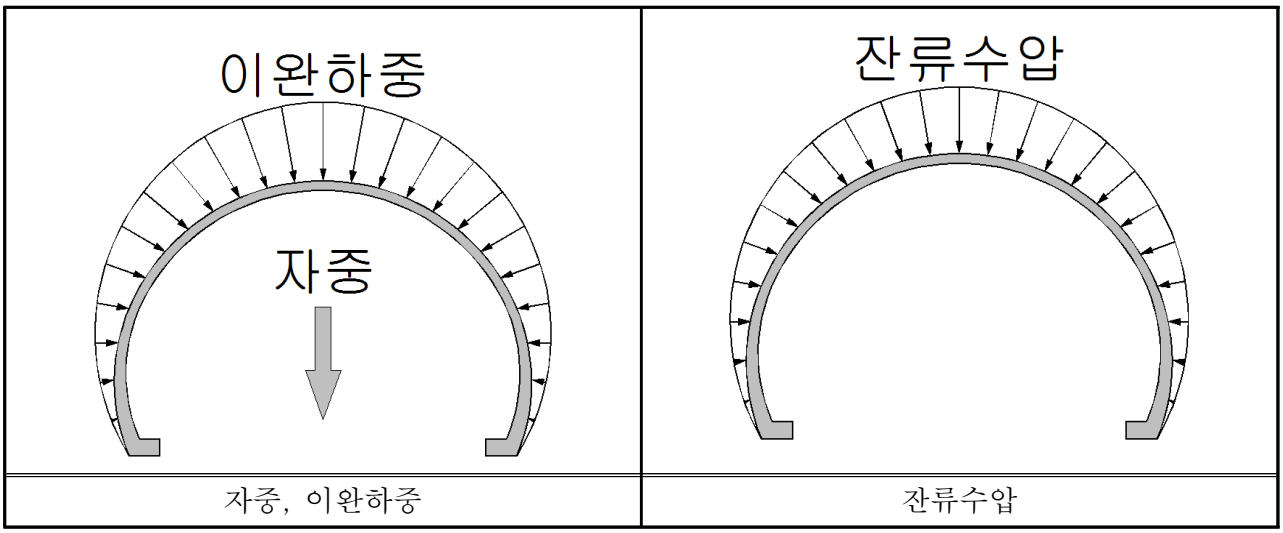
○ 이완하중고(HP) = 0.125×B(13.480m) = 1.69m(Terzaghi 암반하중)

○ 이완하중 = Hp× γt-Pw = 1.69m×23.00 kN/㎥-28.67 kN/㎡ = 10.09 kN/㎡

### 3) 잔류수압

○ 잔류수압(Pw) = 터널 굴착면 높이 × 1/3 = 2.87 m

○ 잔류수압 범위 : 0 ~ 28.67 kN/㎡




자중, 이완하중 | 잔류수압

【그림 5.6】 하중산정

## 바. 해석결과

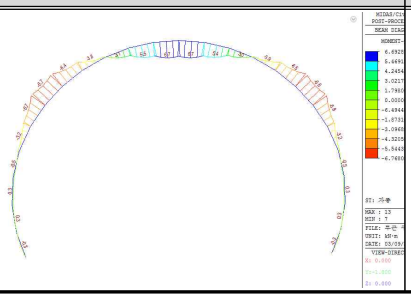
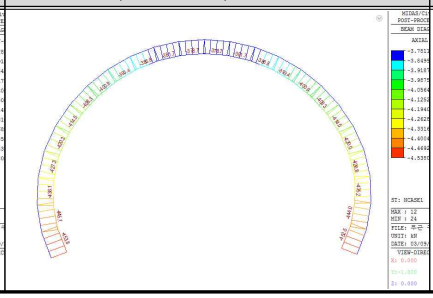
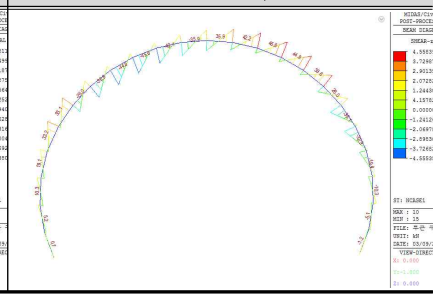
1) 단면력 검토 결과

| 단면 정보 | | | | 구분 | 공칭 강도 | 구분 | 공칭 강도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lC | 0.80 | Ag | 0.30 | ø Mn(인장) | 1.13 | ø Mn(압축) | 168.30 |
| H | 0.30 | S | 0.015 | | | | |
| B | 1.00 | Fck | 24 | ø Pn | 2359.50 | ø Vn | 88.90 |

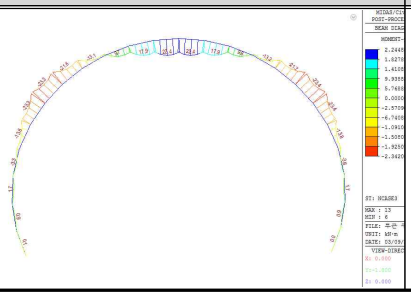
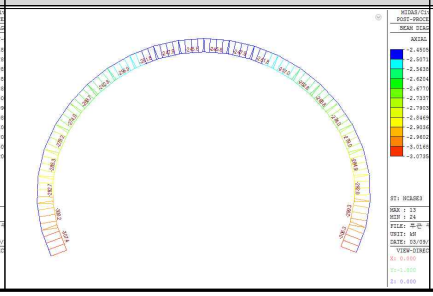
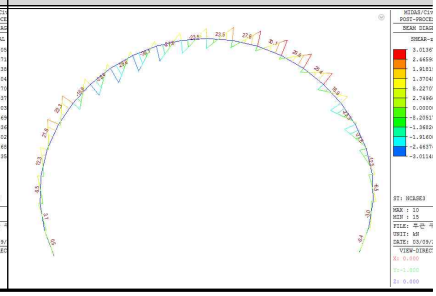
| 측점위치 | 모멘트 (kN · m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 인장면 Mu/s-Pu/Ag | 압축면 Pu/ø Pn+Mu/ø Mn | 전단응력 V=Vmax/A |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 천단부 | 36.50 | 417.00 | 50.10 | 1.04 | 0.39 | 50.10 |
| 어깨부 | 38.00 | 462.20 | 38.70 | 0.99 | 0.42 | 38.70 |
| 측벽부 | 5.60 | 479.30 | 11.40 | - | 0.24 | 11.40 |

### 2) 단면력도

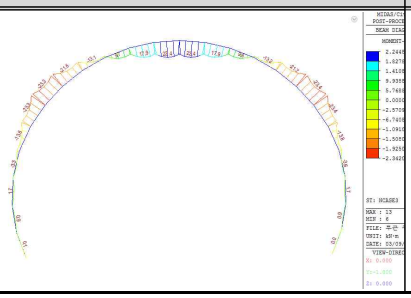
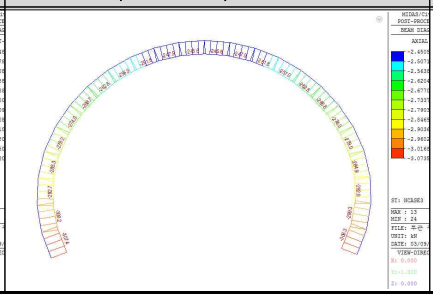
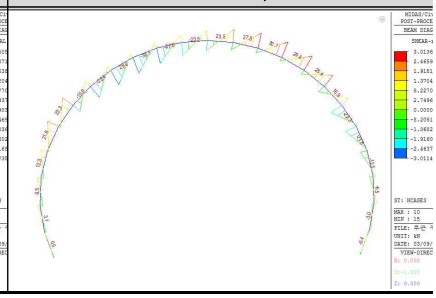
#### ① Case 1 : 1.2×자 중 + 1.6×이완하중 + 1.6×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

#### ② Case 2 : 1.2×자 중 + 1.4×이완하중 + 1.4×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

#### ③ Case 3 : 1.0×자 중 + 1.0×이완하중 + 1.0×잔류수압

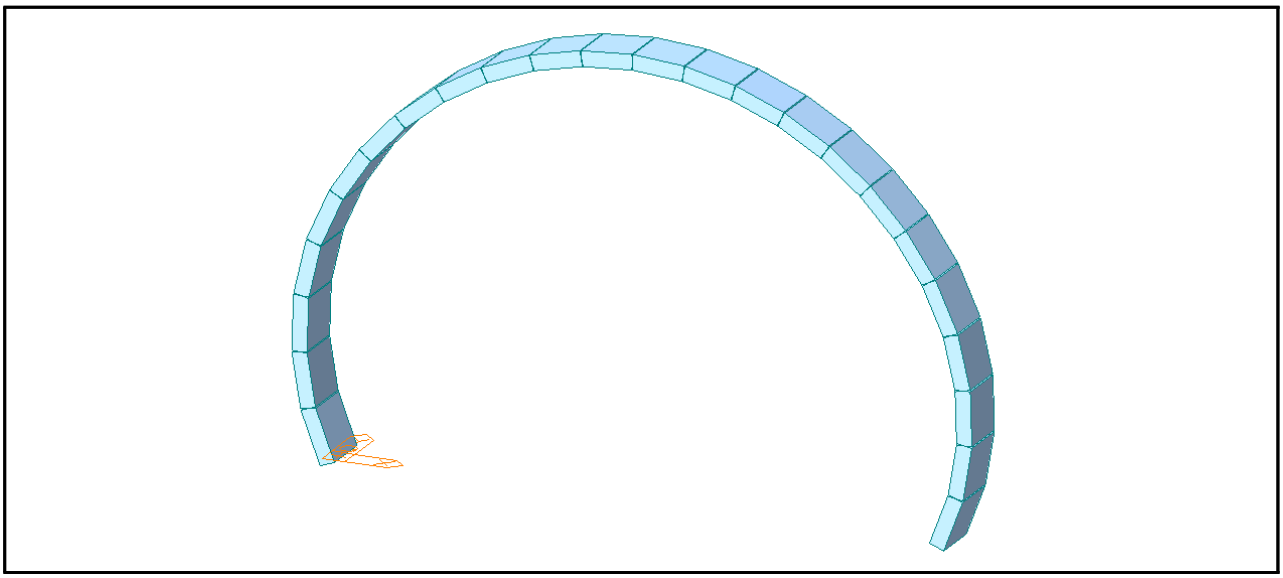
| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

강도설계법을 통한 단면력 검토 결과 소요강도를 초과하지 않으므로 철근보강이 불필요하나 터널 구조물의 장기적 안정성을 고려하여 주철근 D19@125, 전단철근 D13@600, 전단철근 D16@150 철근을 배근함

## 5.2.3 무근 콘크리트 라이닝(라이닝두께 0.2m적용)

### 가. 검토단면 및 해석모델

본 과업 수행시 GPR탐사 결과 일부 구간 공동이 관찰되었으며 공동구간의 콘크리트 라이닝 두께가 0.2m로 측정되어 무근 콘크리트 라이닝(t=0.2m) 구간을 적용하여 검토를 실시하였다.



【그림 5.7】무근 콘크리트 라이닝 해석모델링

### 나. 단면제원

【표 5.13】단면제원

| B(m) | T(m) | A($m^2$) | I($m^4$) | Z($m^3$) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 0.200 | 0.200 | $6.667\times10^{-4}$ | $6.667\times10^{-3}$ | - |

### 다. 재료특성

○ 사용재료 : 2종 콘크리트 ($f_{ck}$ = 24 ㎫)

○ 콘크리트 탄성계수 : $E_c$ = 23,000 ㎫

○ 콘크리트 단위중량 : $\gamma_t$ = 23.00 kN/$m^3$

### 라. 경계조건 및 지반 스프링계수 산정

미공병단, AFTES 공식에 의해 라이닝의 곡률에 따라 지반물성치를 스프링계수로 변환

【표 5.14】 스프링계수 산정

| 구 분 | $E_s$(MPa) | R(m) | $\upsilon$(포아송비) | Ks단위길이(kN/㎥) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 암반등급(보통암) | 2,000 | 5.185 | 0.25 | 308,593 | 무근 콘크리트 라이닝 |

## 마. 하중산정

### 1) 자 중

○ 콘크리트 라이닝의 두께로 자동 전산처리(단위중량 23.0 kN/㎥ 적용)

### 2) 이완하중(단위중량 : 23.00 kN/m³)

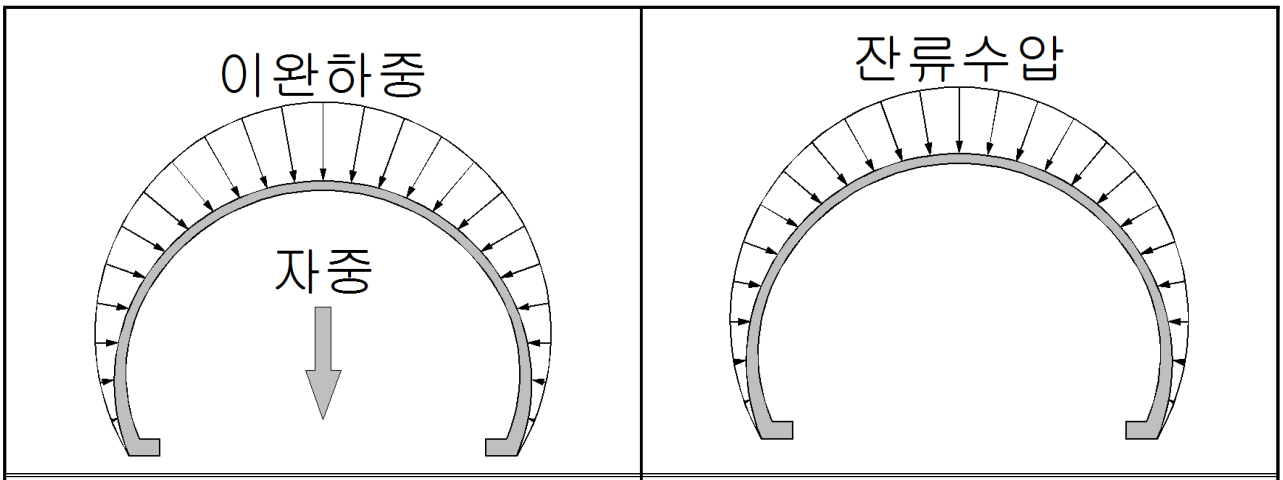
○ 이완하중고($H_P$) = 0.5 m

○ 이완하중 = $H_p \times \gamma_{sub}$ = 0.5m × 13.00 kN/㎥ = 6.50 kN/㎡

### 3) 잔류수압

○ 잔류수압($P_w$) = 터널 굴착면 높이 × 1/3 = 2.87 m

○ 잔류수압 범위 : 0 ~ 28.67 kN/㎡




자중, 이완하중 | 잔류수압

【그림 5.8】 하중산정

## 바. 해석결과

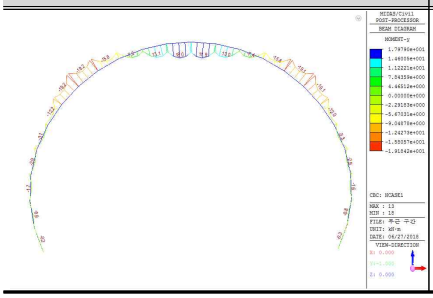
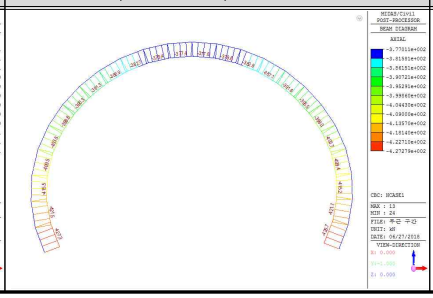
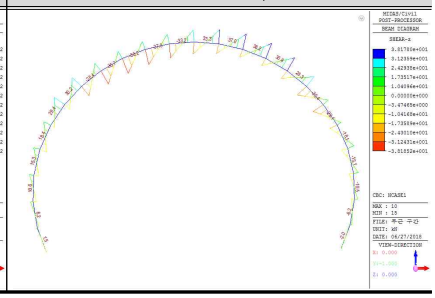
1) 단면력 검토 결과

| 단면 정보 | | | | 구분 | 공칭 강도 | 구분 | 공칭 강도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $l_C$ | 0.80 | $A_g$ | 0.20 | ø $M_n$(인장) | 1.13 | ø $M_n$(압축) | 74.80 |
| H | 0.20 | S | 0.007 | | | | |
| B | 1.00 | $F_{ck}$ | 24 | ø $P_n$ | 1559.30 | ø $V_n$ | 59.30 |

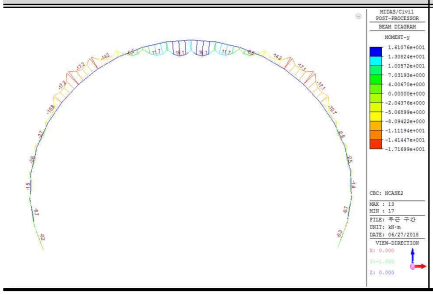
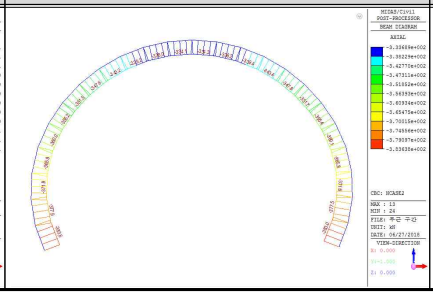
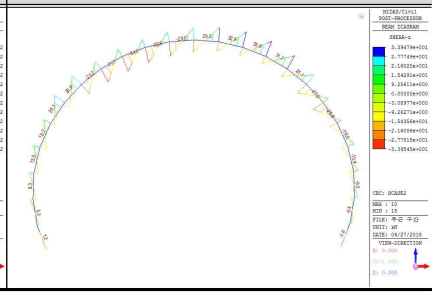
| 측점위치 | 모멘트 (kN · m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 인장면 | 압축면 | 전단응력 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $M_u/s-P_u/A_g$ | $P_u/\phi P_n+M_u/\phi M_n$ | $V=V_{max}/A$ |
| 천단부 | 18.00 | 377.40 | 38.20 | 0.81 | 0.48 | 38.20 |
| 어깨부 | 19.20 | 391.30 | 30.20 | 0.92 | 0.51 | 30.20 |
| 측벽부 | 2.90 | 409.50 | 15.30 | - | 0.30 | 15.30 |

### 2) 단면력도

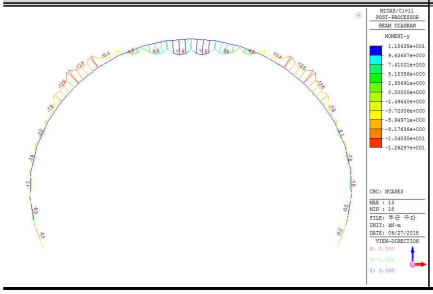
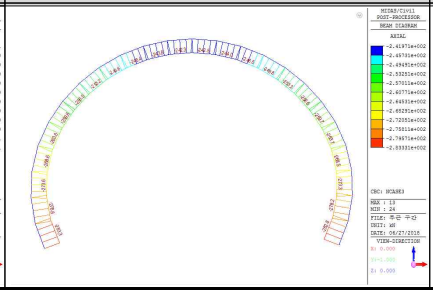
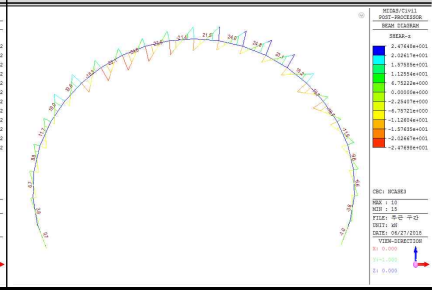
#### ① Case 1 : 1.2×자 중 + 1.6×이완하중 + 1.6×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

#### ② Case 2 : 1.2×자 중 + 1.4×이완하중 + 1.4×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

#### ③ Case 3 : 1.0×자 중 + 1.0×이완하중 + 1.0×잔류수압

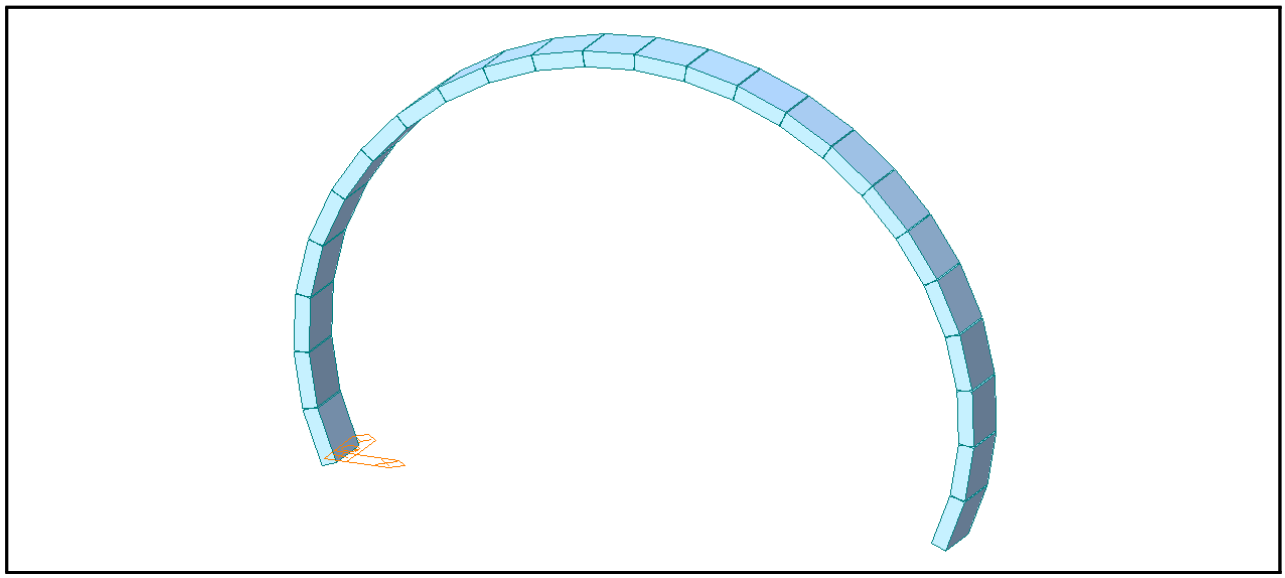
| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

강도설계법을 통한 단면력 검토 결과 소요강도를 초과하지 않으므로 철근보강 불필요

## 5.2.4 철근 콘크리트 라이닝(라이닝두께 0.2m적용)

### 가. 검토단면 및 해석모델

본 과업 수행시 GPR탐사 결과 일부 구간 공동이 관찰되었으며 공동구간의 콘크리트 라이닝 두께가 0.2m로 측정되어 철근 콘크리트 라이닝(t=0.2m) 구간을 적용하여 검토를 실시하였다.



【그림 5.9】철근 콘크리트 라이닝 해석모델링

### 나. 단면제원

【표 5.15】단면제원

| B(m) | T(m) | A($m^2$) | I($m^4$) | Z($m^3$) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 0.200 | 0.200 | $6.667\times10^{-4}$ | $6.667\times10^{-3}$ | - |

### 다. 재료특성

○ 사용재료 : 2종 콘크리트 ($f_{ck}$ = 24 ㎫)

○ 콘크리트 탄성계수 : $E_c$ = 23,000 ㎫

○ 콘크리트 단위중량 : $\gamma_t$ = 25.00 kN/$m^3$

### 라. 경계조건 및 지반 스프링계수 산정

○ 미공병단, AFTES 공식에 의해 라이닝의 곡률에 따라 지반물성치를 스프링계수로 변환

【표 5.16】 스프링계수 산정

| 구 분 | $E_s$(MPa) | R(m) | $\upsilon$(포아송비) | Ks단위길이(kN/㎥) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 암반등급(보통암) | 2,000 | 5.185 | 0.25 | 308,593 | 철근 콘크리트 라이닝 |

## 마. 하중산정

### 1) 자 중

○ 콘크리트 라이닝의 두께로 자동 전산처리(단위중량 23.0 kN/㎥ 적용)

### 2) 이완하중(단위중량 : 23.00 kN/㎥)

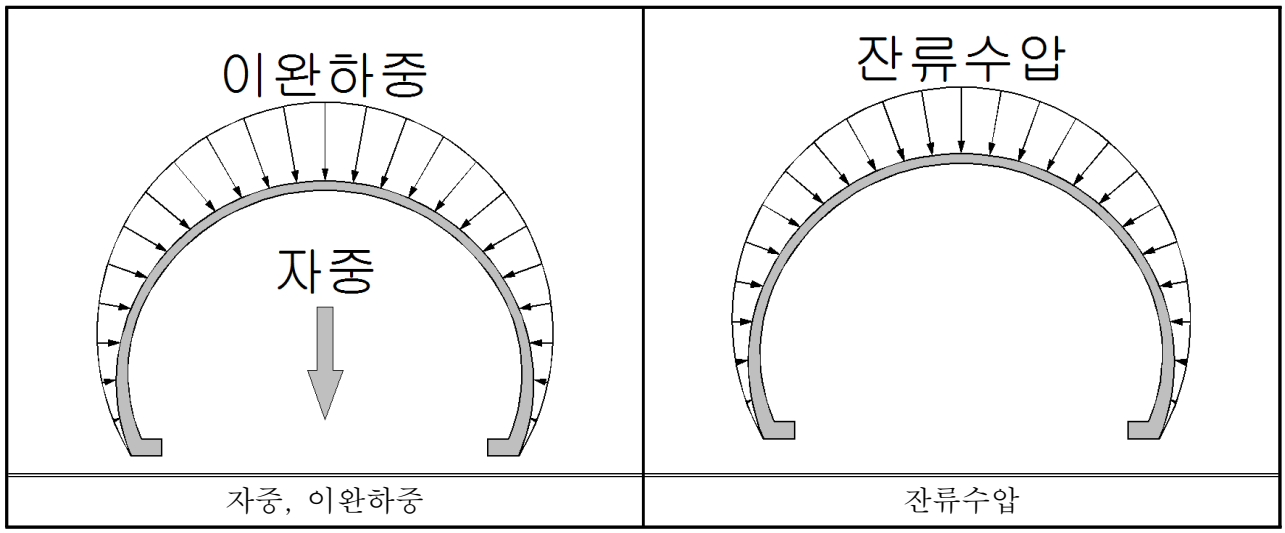
○ 이완하중고($H_P$) = 0.125×B(13.480m) = 1.69m(Terzaghi 암반하중)

○ 이완하중 = $H_p \times (\gamma_t - P_w)$ = 1.69m×23.00 kN/㎥-28.67 kN/㎡ = 10.09 kN/㎡

### 3) 잔류수압

○ 잔류수압($P_w$) = 터널 굴착면 높이 × 1/3 = 2.87 m

○ 잔류수압 범위 : 0 ~ 28.67 kN/㎡




자중, 이완하중 | 잔류수압

【그림 5.10】 하중산정

## 바. 해석결과

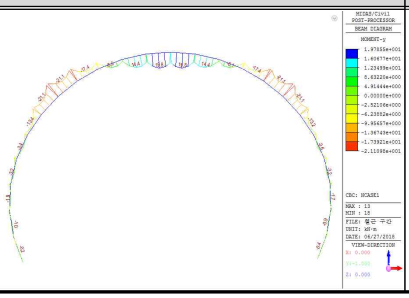
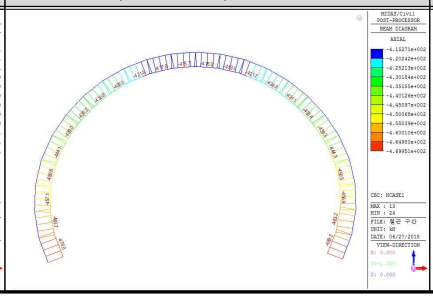
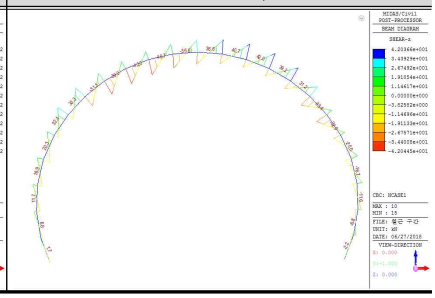
1) 단면력 검토 결과

| 단면 정보 | | | | 구분 | 공칭 강도 | 구분 | 공칭 강도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $l_C$ | 0.80 | $A_g$ | 0.20 | ø $M_n$(인장) | 1.13 | ø $M_n$(압축) | 74.80 |
| H | 0.20 | S | 0.007 | | | | |
| B | 1.00 | $F_{ck}$ | 24 | ø $P_n$ | 1559.30 | ø $V_n$ | 59.30 |

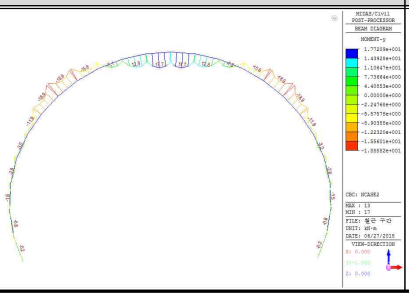
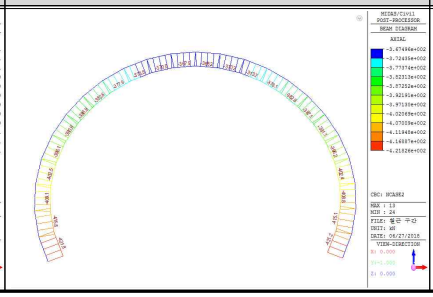
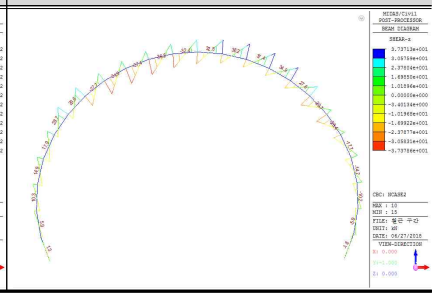
| 측점위치 | 모멘트 (kN · m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 인장면 | 압축면 | 전단응력 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $M_u/s-P_u/A_g$ | $P_u/\phi P_n+M_u/\phi M_n$ | $V=V_{max}/A$ |
| 천단부 | 19.80 | 415.70 | 42.00 | 0.89 | 0.53 | 42.00 |
| 어깨부 | 21.10 | 435.20 | 33.30 | 0.99 | 0.56 | 33.30 |
| 측벽부 | 3.20 | 463.70 | 16.70 | - | 0.34 | 16.70 |

### 2) 단면력도

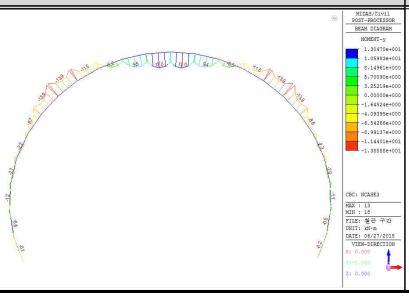
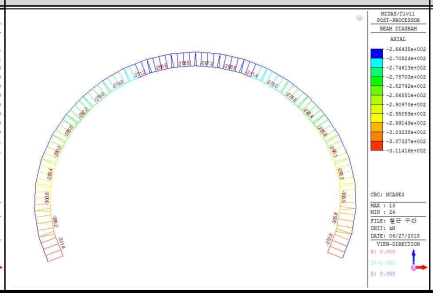
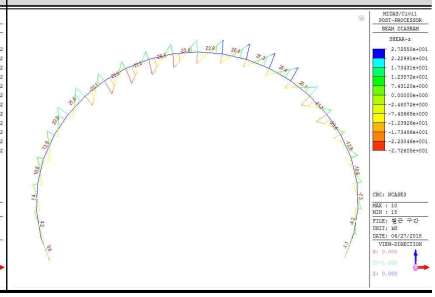
#### ① Case 1 : 1.2×자 중 + 1.6×이완하중 + 1.6×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

#### ② Case 2 : 1.2×자 중 + 1.4×이완하중 + 1.4×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

#### ③ Case 3 : 1.0×자 중 + 1.0×이완하중 + 1.0×잔류수압

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

강도설계법을 통한 단면력 검토 결과 소요강도를 초과하지 않으므로 철근보강이 불필요하나 터널 구조물의 장기적 안정성을 고려하여 주철근 D19@125, 전단철근 D13@600, 전단철근 D16@150 철근을 배근함

# 5.3 응답변위법을 이용한 내진검토

## 5.3.1 콘크리트 라이닝 내진검토

### 가. 설계 개요

현재 터널설계에 적용되고 있는 내진설계방법은 유사정적해석법, 응답변위법, 동적해석법으로 적용하고 있으나, 본 과업에서는 터널 설계기준 및 도로설계기준에 따라 응답변위법을 이용한 해석방법을 결정하였다.

응답변위법은 지진시 구조물의 변형이 주변지반의 변위에 지배적이라는 가정하에 지반의 변위와 주면전단력을 이용하여 지진해석을 수행하는 방법이다.

차령 터널 중 지진시 가장 취약 구간인 개착터널의 내진해석을 수행하여 안정성을 평가하고자 한다.

### 나. 설계지반 운동 수준 및 내진설계 기준

- 내진설계기준의 설정은 대상 구조물의 내진 등급, 설계 성능수준 및 설계지진가속도 등 내진설계에 필요한 기본정수 등을 결정하는 과정임
- 설계지진력에 대한 내진 안정성을 충분히 확보하도록 내진설계기준연구(국토해양부, 1997) 및 터널의 내진설계 점검표(서울시, 2000)에 제시된 내진성능 수준에 기초한 설계개념 적용

#### 1) 내진등급 기준

| 구분 | 시설물 | 기능수행 수준 | 붕괴방지 수준 |
|---|---|---|---|
| 특 등급 | ○파괴시 큰 재난이 초래될 수 있는 시설물<br>○기능이 마비될 경우 사회적으로 큰 영향을 줄 수 있는 시설물 | 200년 | 2,400년 |
| I 등급 | ○구조물이 피해를 입으면 많은 인명과 재산상의 손실을 줄 염려가 있는 경우 지진재해 복구에 중요한 역할을 담당하는 구조물 또는 국방상의 필요성에 의하여 분류되는 구조물(사회 국가적으로 중요한 시설물) | 100년 | 1,000년 |
| II 등급 | ○1등급 구조물을 제외한 구조물로 상당한 변형, 손상은 발생할 수 있지만 대규모의 피해가 초래되는 것은 방지해야 할 필요성이 있는 구조물(일반 시설물) | 50년 | 500년 |
| 비고 | ○분류기준은 구조물의 중요도, 인명피해 여부 및 피해규모 정도를 기준으로 함 | | |

### 2) 설계성능 수준

| 구분 | 설계개념 |
|---|---|
| 기능수행수준 | ○설계 지진하중 발생 후 터널이 원래의 기능을 유지하는 범위 내에서 부분적 경미한 피해는 허용하나 전체적인 붕괴는 허용하지 않는 수준 |
| 붕괴방지수준 | ○설계지진하중 발생 후 붕괴하지 않는 정도의 제한적인 구조적 피해는 허용되나, 구조물의 전체적인 붕괴는 허용하지 않고 긴급 보수를 통해 구조물의 기능을 회복할 수 있는 수준 |

### 3) 설계지반 운동수준 산정

#### ① 지진구역 구분

| 구분 | | 행정구역 |
|---|---|---|
| I 등급 | 시 | 서울특벽시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 울산광역시 |
| | 도 | 경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부 |
| II 등급 | 도 | 강원도 북부, 제주도, 전라남도 남서부 |

#### ② 지진구역 계수

| 지진구역 | I | II |
|---|---|---|
| 구역계수, Z(g) | 0.11 | 0.07 |

#### ③ 지중구조물의 내진등급

| 지진구역 | I | II |
|---|---|---|
| 교통시설 | 지하철, 철도·도로 터널 | 지하주차장, 지하보도 |
| 재현주기 | 1,000년 | 500년 |

#### ④ 재현주기에 따른 보정계수

| 재현주기 | 50년 | 100년 | 200년 | 500년 | 1,000년 | 2,000년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 위험도 계수 I | 0.40 | 0.57 | 0.73 | 1.00 | 1.40 | 2.00 |

#### ⑤ 재현주기에 따른 성능수준

| 재현주기 | 50년 | 100년 | 200년 | 500년 | 1,000년 | 2,000년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 기능수행수준 | II 등급 | I 등급 | 특등급 | - | - | - |
| 붕괴방지수준 | - | - | - | II 등급 | I 등급 | 특등급 |

⑥ 지반의 종류

| 지반분류 | 지반종류 | 상부 30.480m에 대한 평균 지반특성 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 전단파속도(m/sec) | 표준관입시험(NCH) | 비배수 전단강도(kPa) |
| SA | 경암 지반 | >1,500 | - | - |
| SB | 보통암 지반 | 760~1,500 | - | - |
| SC | 매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반 | 360~760 | >50 | >100 |
| SD | 단단한 토사지반 | 180~360 | 15~50 | 50~100 |
| SE | 연약한 토사지반 | <180 | <15 | <50 |
| SF | 부지고유의 특성평가가 요구되는 지반 | | | |

⑦ 지진계수 $C_a$, $C_v$

| 지반분류 | Ca | | Cv | |
|---|---|---|---|---|
| | I 구역 | II 구역 | I 구역 | II 구역 |
| SA | 0.09 | 0.05 | 0.09 | 0.05 |
| SB | 0.11 | 0.07 | 0.11 | 0.07 |
| SC | 0.13 | 0.08 | 0.18 | 0.11 |
| SD | 0.16 | 0.11 | 0.23 | 0.16 |
| SF | 0.22 | 0.17 | 0.37 | 0.23 |

다. 응답변위법 해석방법

- 해석 모델링은 2D-Beam 요소 사용하였으면 해석방법은 기존 철근 보강구간에 내진 해석을 하여 기존 철근 보강에 적정성을 판단함
- 지반스프링은 하중 적용시 인장 스프링이 자동적으로 탈락되도록 Nonlinear Boundary Condition을 사용한 Point Contact Element 요소 사용

1) 표층지반의 설계고유주기 산정

| 표층지반의 설계고유주기($T_{Dg}$) |
|---|
| $T_{Dg}=4\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i}{V_{SDi}}$ (sec) |
| TDg: 표층지반의 설계고유쥬기(sce) VsDi: 제 I층의 설계전단파속도(m/sec) |
| Hi: 제 I층의 두께(m) n: 기반면과 지표면 사이 수평층상지반의 개수 |

### 2) 동적 전단탄성계수

| 동적 전단탄성계수 |
|---|
| $G_S = \rho_s \cdot (V_{ss})^2$ (Pa) |
| $\rho$s: 지반의 질량밀도(kg/m) Vss : 해당구조물을 포함하는 지층의 평균 설계 전단탄성파 속도(m/sec) |

### 3) 동적 변형계수

| 동적 변형계수 |
|---|
| $E_D = 2(1+\nu_D) \times G_s$ |
| $\nu$ D: 평균 동포아송비 |

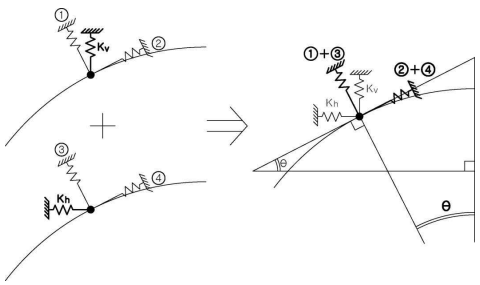
### 4) 지반 변위 산정

| 지진시 심도(Z)에 따른 지반변위 |
|---|
| $U(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_{Dg} \cdot \cos(\frac{\pi z}{2H})$ |
| $S_v = \frac{T_{Dg}}{2\pi} \cdot g \cdot S_a$ |
| TDg : 표층지반의 설계고유주기(sce) Sv : 표층의 설계지반속도(m/sce) |

### 5) 지반 반력계수

- 내진설계에서 지진시 변위에 의한 수평하중과 주면전단력이 작용하므로 수평스프링 및 전단스프링을 설치하여 해석을 수행한다.
- 터널의 아치부는 곡면의 부재이므로 수평, 전단스프링을 터널곡면에 대한 법선방향과 접선방향으로 분리하여 설치한다.

| 터널 곡면 스프링 계수의 산정 방식 |
|---|
| ■ 스프링의 연직성분 : 아치부 연직방향 스프링 지반반력계수+아치부 연직방향 전단지반반력계수<br>■ 스프링의 수평성분 : 아치부 수평방향 스프링 지반반력계수+아치부 수평방향 전단지반반력계수<br>■ 법선 및 접선방향 스프링 : 스프링의 수평성분과 수직성분의 합력을 법선 방향과 접선방향으로 분리 |



| 구분 | 수직방향 | 수평방향 |
|---|---|---|
| 지반스프링 | ○ $K_v = K_{vo} \times (\frac{B_v}{30})^{-(3/4)}$<br>○ $K_{vo} = \frac{1}{30} \times \alpha \times E_o$<br>○ $B_v = \sqrt{A_v \times A_v}$<br>○ 상시( $\alpha$ =4), 지진시( $\alpha$ =8) 적용 | ○ $K_h = K_{ho} \times (\frac{B_h}{30})^{-(3/4)}$<br>○ $K_{ho} = \frac{1}{30} \times \alpha \times E_o$<br>○ $B_h = \sqrt{B_v \times B_v}$<br>○ 상시( $\alpha$ =1), 지진시( $\alpha$ =2) 적용 |
| 전단스프링 | Kvs = $\lambda$ · Kv | Khs = $\lambda$ · Kh |

■ 법선방향스프링계수 : [수평방향 지반반력계수×sin $\theta$ +수직방향 지반반력계수×sin(90- $\theta$ )]×L
■ 접선방향스프링계수 : [수평방향 지반반력계수×cos $\theta$ -수직방향 지반반력계수×cos(90- $\theta$ )]×L
$\theta$ : 중심점으로부터 절점들 사이의 각 L : 각 부재의 길이

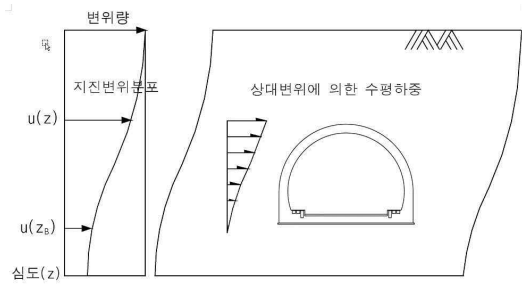
### 6) 지진시 주면전단력

| 주면전단력 | |
|---|---|
| $\tau(z) = \frac{G_S}{\pi H} \cdot S_v \cdot T_{Dg} \cdot \sin(\frac{\pi z}{2H})$ | |
| Gs : 동적 전단변형계수(Pa) | ■ 터널 아치부는 곡면의 부재이므로 주면전단력을 절점별 터널곡면에 대해 법선방향( $\tau$ n)과 접선방향 ( $\tau$ s)로 분리하여 모델링한 절점과 부재에 적용함 |

### 7) 관성력

| 지진시 관성력 |
|---|
| $P_I = W_{str} \times A_{hav}$ |
| $A_h(z) = A_h' + \frac{4}{\pi} ( S_a - A_h') \cdot \cos(\frac{\pi z}{2H})$ |
| W : 구조물 중량(N/m) Ahav : 설계 수평 지진계수 Ah' : 기반암의 설계수평지진계수 |

### 8) 지진시 수평하중

| 응답변위법 | 지진하중 개요도 |
|---|---|
| ■ 지진시 수평하중은 상대변위량을 이용하여 변위에 의한 지진력을 산정하여 적용함 |  |
| $P(z) = k_h \{U(z) - U(z_B)\}$ (N/m) | |
| kh: 대상구조물이 위치한 지반의 수평방향 지반반력계수 | |

■ 작용 수평력의 경우, 터널의 아치부는 곡면의 부재이므로 수평동토압을 작용면적으로 곱하여 모델링한 절점과 부재에 적용함 (이때 상부의 경우 라이닝 두께를 고려함)

### 9) 하중 조합

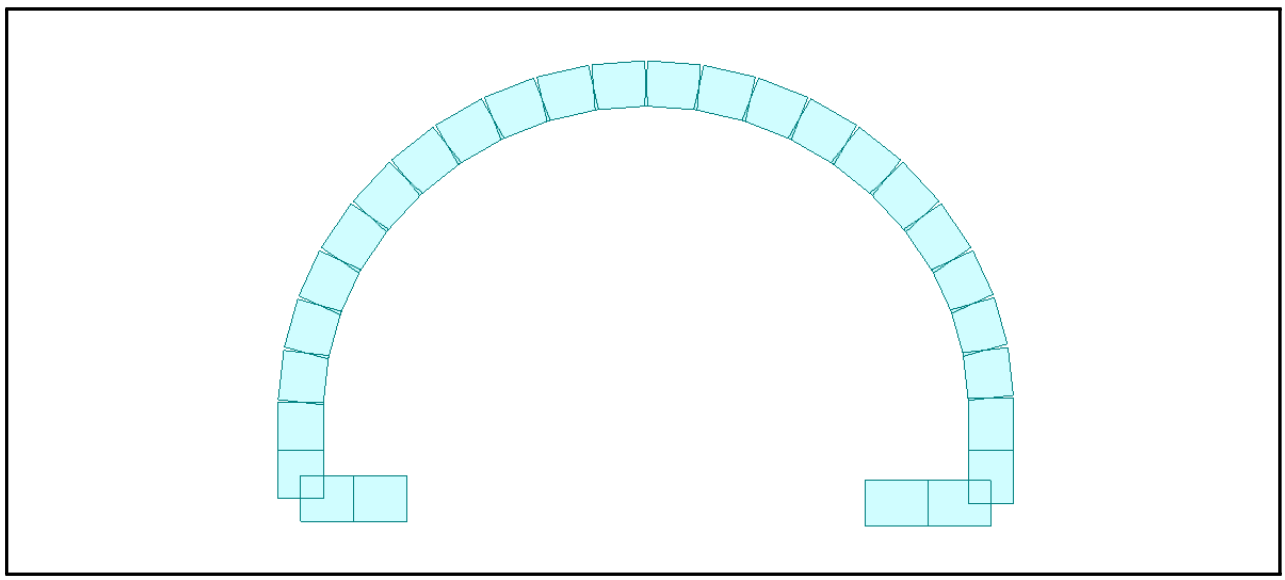
| 구분 | 자중 | 연직토압 | 수평토압 | 지진하중 |
|---|---|---|---|---|
| Case 1 | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 1.0 |
| Case 2 | 1.2 | 1.2 | 0.5 | 1.0 |
| Case 3 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
| Case 4 | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 1.0 |

## 다. 개착터널 콘크리트 라이닝 내진검토

### 1) 개착터널 [철근보강(경암)]

#### ① 검토단면 및 해석모델

본 검토단면은 개착터널 구간의 암반등급 경암을 적용하여 검토하였다.



【그림 5.11】 해석모델

### ② 단면제원

| B(m) | T(m) | A($m^2$) | I($m^4$) | Z($m^3$) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 0.900 | 0.900 | $2.075\times10^{-2}$ | $1.350\times10^{-2}$ | - |

### ③ 재료특성

○ 사용재료 : 2종 콘크리트 ($f_{ck}$ = 24 ㎫)

○ 콘크리트 탄성계수 : Ec = 23,000 ㎫

○ 콘크리트 단위중량 : $\gamma_t$ = 25.00 kN/m3

○ 성토재 단위중량 : $\gamma_t$ = 19,000 kN/m3

○ 성토재 내부마찰각 : $\phi$ = 30.00 °

○ 정지토압계수 : Ko = 0.5

### ④ 경계조건 및 지반 스프링계수 산정

| 심도 | 법선방향 스프링(kN/m) | | 접선방향 스프링(kN/m) | |
|---|---|---|---|---|
| | 기능수행수준 | 붕괴방지수준 | 기능수행수준 | 붕괴방지수준 |
| 10.00 | 117,403.5 | 75,138.3 | 109,126.7 | 69,841.1 |
| 10.08 | 130,643.0 | 83,611.5 | 92,868.9 | 59,436.1 |
| 10.31 | 141,647.2 | 90,654.2 | 75,022.1 | 48,014.1 |
| 10.70 | 150,227.7 | 96,145.7 | 55,891.6 | 35,770.6 |
| 11.22 | 156,237.8 | 99,992.2 | 35,804.8 | 22,915.0 |
| 11.88 | 159,574.6 | 102,127.8 | 15,105.3 | 9,667.4 |
| 12.65 | 160,181.1 | 102,515.9 | 5,852.6 | 3,745.7 |
| 13.52 | 158,046.8 | 101,149.9 | 26,710.3 | 17,094.6 |
| 14.41 | 153,208.3 | 98,053.3 | 47,111.1 | 30,151.1 |
| 15.36 | 145,748.3 | 93,278.9 | 66,705.7 | 42,691.7 |
| 16.34 | 135,794.6 | 86,908.5 | 85,159.0 | 54,501.8 |
| 17.30 | 123,517.4 | 79,051.1 | 102,155.2 | 65,379.3 |
| 18.26 | 123,517.4 | 79,051.1 | 102,155.2 | 65,379.3 |
| 18.35 | 123,517.4 | 79,051.1 | 102,155.2 | 65,379.3 |

### ⑤ 하중산정

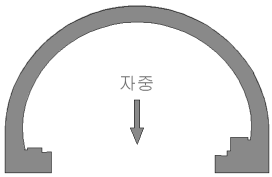
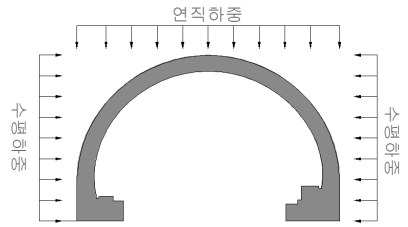
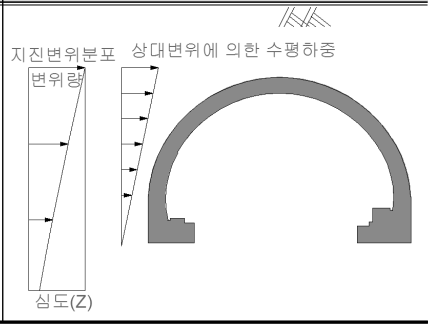
- 자 중

○ 콘크리트 라이닝의 두께로 자동 전산처리(단위중량 25.0 kN/$m^3$ 적용)

- 적용하중(토피고(HP) : 10.00m

○ 연직하중 = HP×$\gamma_t$= 10m×19kN/m3= 190 kN/m2

○ 수평하중 = 연직하중×정지토압계수(Ko)= 190 kN/m2×0.5= 95 kN/$m^2$

| 자중 | 이완하중 및 잔류수압 | 지진시 수평하중 |
|---|---|---|
|  |  |  |

### ⑥ 지진시 관성력

| 기능수행수준 | 붕괴방지수준 |
|---|---|
| 0.063 | 0.154 |

### ⑦ 지진시 수평동하중

【표 5.17】 지진시 수평동하중

| 심도 | 기능수행수준 | | 붕괴방지수준 | |
|---|---|---|---|---|
| | 상대변위(m) | 수평동토압(N) | 상대변위(m) | 수평동토압(N) |
| 10.00 | 1.035E-03 | 50.97 | 3.602E-03 | 113.48 |
| 10.08 | 1.028E-03 | 8.20 | 3.577E-03 | 18.26 |
| 10.31 | 1.006E-03 | 11.86 | 3.500E-03 | 26.42 |
| 10.70 | 9.691E-04 | 14.93 | 3.371E-03 | 33.24 |
| 11.22 | 9.163E-04 | 17.19 | 3.187E-03 | 38.27 |
| 11.88 | 8.474E-04 | 18.46 | 2.948E-03 | 41.11 |
| 12.65 | 7.621E-04 | 18.63 | 2.651E-03 | 41.48 |
| 13.52 | 6.605E-04 | 17.63 | 2.298E-03 | 39.24 |
| 14.41 | 5.498E-04 | 15.65 | 1.912E-03 | 34.84 |
| 15.36 | 4.263E-04 | 12.69 | 1.483E-03 | 28.25 |
| 16.34 | 2.927E-04 | 8.94 | 1.018E-03 | 19.91 |
| 17.30 | 1.560E-04 | 4.81 | 5.425E-04 | 10.70 |
| 18.26 | 1.377E-05 | 0.42 | 4.792E-05 | 0.94 |
| 18.35 | 0.000E+00 | 0.00 | 0.000E+00 | 0.00 |

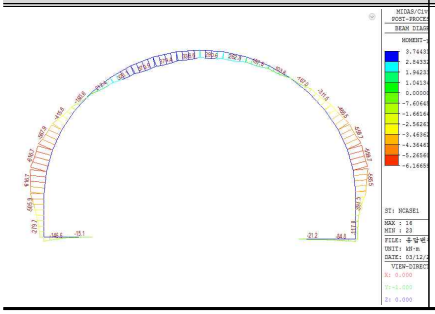
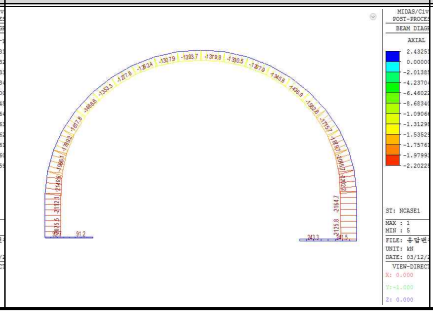
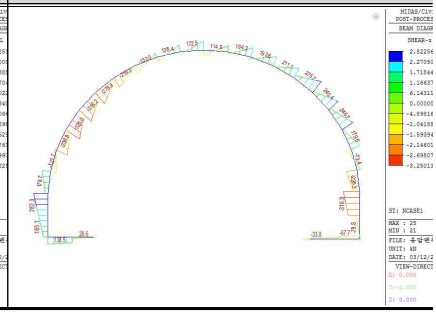
### ⑧ 지진시 주면 전단력

| 심도 | 법선방향 스프링(kN/m) | | 접선방향 스프링(kN/m) | |
|---|---|---|---|---|
| | 기능수행수준 | 붕괴방지수준 | 기능수행수준 | 붕괴방지수준 |
| 10.00 | 2.61 | 5.81 | -6.30 | -14.03 |
| 10.08 | 4.18 | 9.31 | -5.45 | -12.13 |
| 10.31 | 5.56 | 12.39 | -4.27 | -9.50 |
| 10.70 | 6.69 | 14.90 | -2.77 | -6.17 |
| 11.22 | 7.50 | 16.69 | -0.99 | -2.20 |
| 11.88 | 7.88 | 17.54 | 1.04 | 2.31 |
| 12.65 | 7.75 | 17.25 | 3.21 | 7.15 |
| 13.52 | 7.03 | 15.66 | 5.40 | 12.02 |
| 14.41 | 5.69 | 12.66 | 7.41 | 16.50 |
| 15.36 | 3.76 | 8.37 | 9.08 | 20.21 |
| 16.34 | 1.34 | 2.99 | 10.21 | 22.73 |
| 17.30 | 0.00 | 0.00 | 10.73 | 23.90 |
| 18.26 | 0.00 | 0.00 | 11.14 | 24.81 |
| 18.35 | 0.00 | 0.00 | 11.18 | 24.89 |

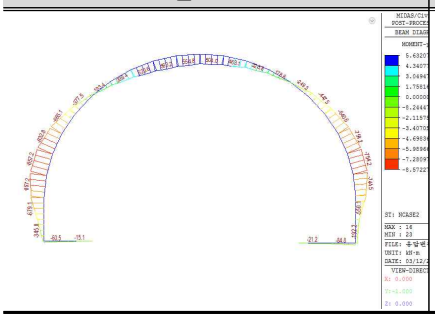
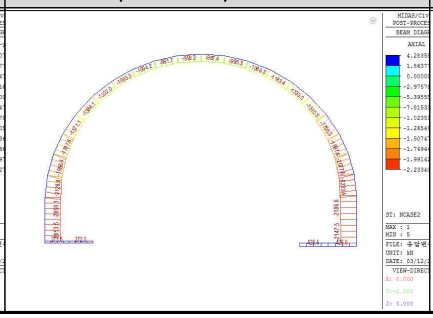
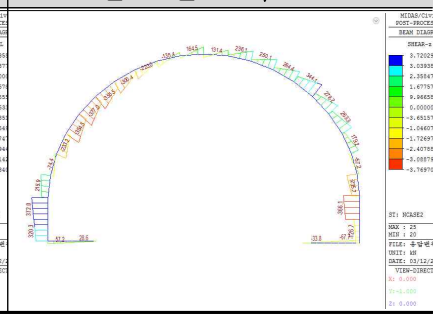
### ⑨ 해석결과 및 단면검토

- 기능수행수준

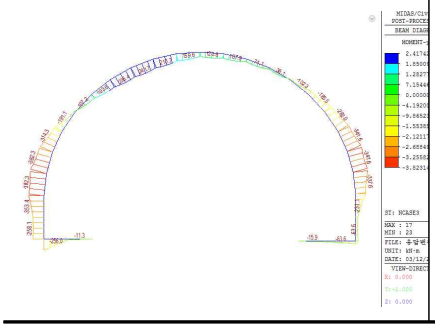
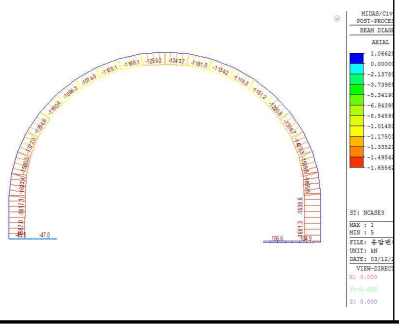
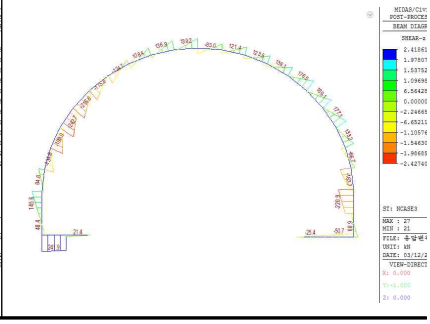
**Case 1 : 1.2×자 중 + 1.2×연직토압 + 1.0×수평토압 + 1.0×지진하중**

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

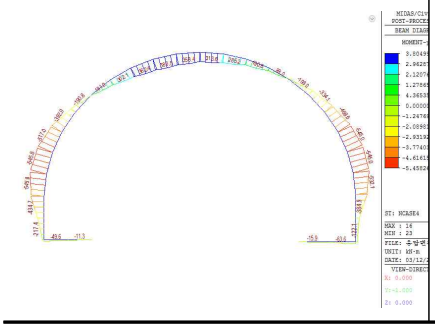
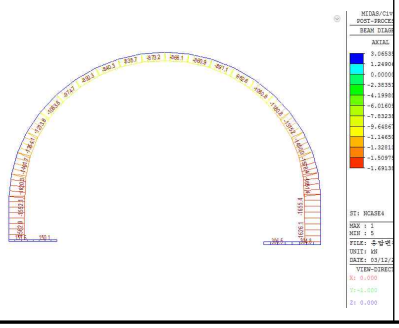
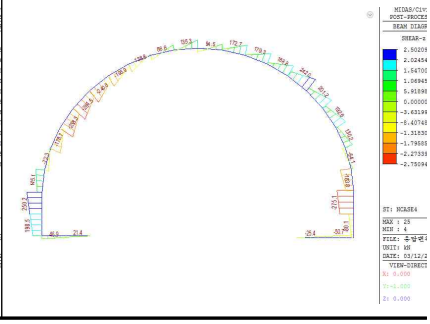
**Case 2 : 1.2×자 중 + 1.2×연직토압 + 0.5×수평토압 + 1.0×지진하중**

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

### Case 3 : 0.9×자 중 + 0.9×연직토압 + 1.0×수평토압 + 1.0×지진하중

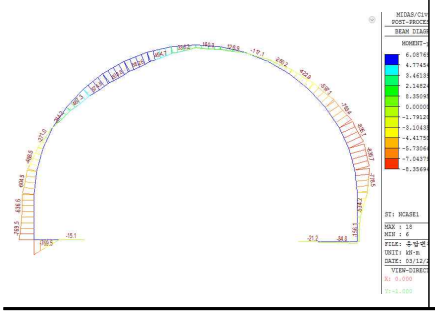
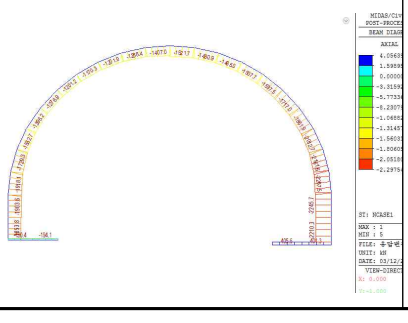
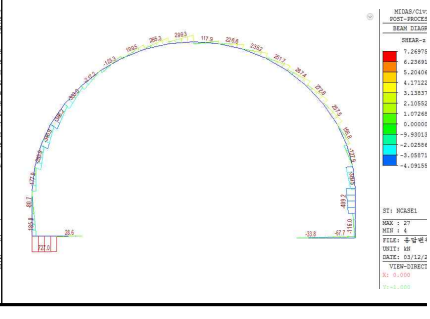
| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

### Case 4 : 0.9×자 중 + 0.9×연직토압 + 0.5×수평토압 + 1.0×지진하중

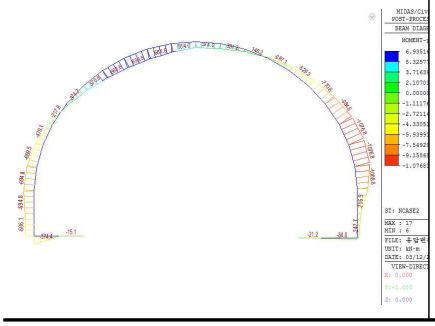
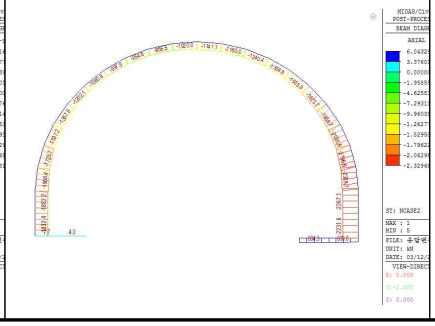
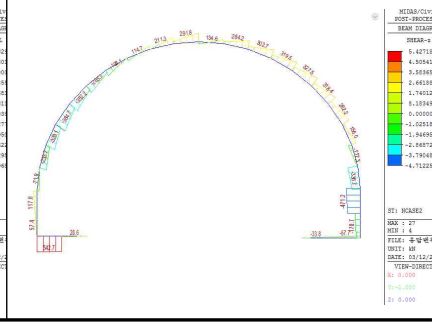
| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

- 붕괴방지수준

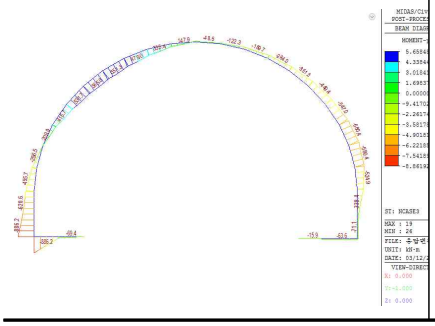
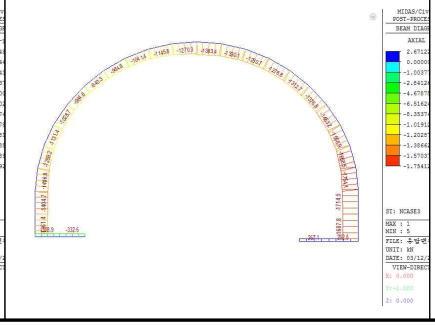
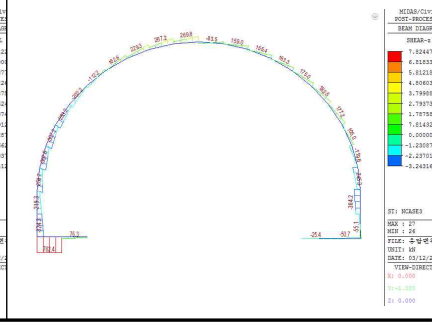
### Case 1 : 1.2×자 중 + 1.2×연직토압 + 1.0×수평토압 + 1.0×지진하중

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

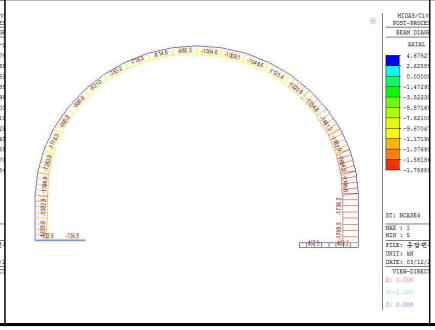
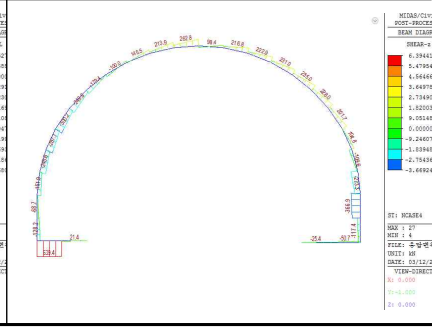
### Case 2 : 1.2×자 중 + 1.2×연직토압 + 0.5×수평토압 + 1.0×지진하중

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

### Case 3 : 0.9×자 중 + 0.9×연직토압 + 1.0×수평토압 + 1.0×지진하중

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
|  |  |  |

### Case 4 : 0.9×자 중 + 0.9×연직토압 + 0.5×수평토압 + 1.0×지진하중

| 모 멘 트 도 | 축 력 도 | 전 단 력 도 |
|---|---|---|
| |  |  |

- 기능수행수준

| 위치 | 해석 단면력 | | | 공칭 단면력 | | | 안전율 | 철근량 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트 (kN·m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 모멘트 (kN·m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | | 주철근 | 전단철근 |
| 천단부 | 562.3 | 1004.20 | 236.10 | 1781.48 | 3181.51 | 745.53 | 3.17 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 어깨부 | 857.20 | 2140.60 | 377.00 | 2116.48 | 5285.28 | 790.82 | 2.47 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 측벽부 | 353.40 | 1617.10 | 372.00 | 1701.17 | 7784.25 | 871.63 | 4.81 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 바닥부 | 256.00 | 45.50 | 241.90 | 738.13 | 131.19 | 707.32 | 2.88 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |

- 붕괴방지수준

| 위치 | 해석 단면력 | | | 공칭 단면력 | | | 안전율 | 철근량 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트 (kN·m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | 모멘트 (kN·m) | 축력 (kN) | 전단력 (kN) | | 주철근 | 전단철근 |
| 천단부 | 698.50 | 997.90 | 299.30 | 1409.04 | 2013.00 | 745.28 | 2.02 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 어깨부 | 1076.80 | 2196.60 | 384.70 | 2016.89 | 4114.33 | 793.05 | 1.87 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 측벽부 | 886.20 | 1361.40 | 471.20 | 1516.78 | 2330.10 | 861.44 | 1.71 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |
| 바닥부 | 676.80 | 132.80 | 639.40 | 743.48 | 145.88 | 710.80 | 1.10 | 인)D25@150<br>압)D32@150 | D16@600 |

**⑩ 철근량 검토 내용**

기존 철근보강으로 본 해석단면은 지진발생에 대한 충분한 안전율(최소 안전율 1.10)을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단됨.

## ⑪ 철근량 검토

- 기능수행수준

### ◈ 천단부

▷ 벽 체 검 토 조 건

fck = 24.0 MPa fy = 300.0 MPa λ = 1.00
Øc = 0.65 Øv = 0.75 α = 0.80
극한 모멘트 Mu = 562.300 KN·m 극 한 축 력 Pu = 1004.200 KN
단면의 두께 H = 900.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm
유 효 깊 이 D = 820.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm
작 용 편 심 e = 559.948 mm
인장측 철근 Ast = 3378.000㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 25 @ 150 mm
압축측 철근 Asc = 5294.667㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 32 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

c = 600/(600+fy)*d = 546.667 mm
k1 = 0.850 a = k1·c = 464.67 mm
Cck = 0.85·fck·B·H = 18,360,000.0 N
소성중심 x = (Cck·H/2 + fy·Asc·dc + fy·Ast·d)/(Cck + fy·Asc + fy·Ast) = 439.85 mm
콘크리트 Cc = 0.85·fck·a·b = 9,479,200.0 N
압축철근 Cs = (fs-0.85·fck)·Asc = 1,480,389.0 N
( εsc > εy --> fs = fy = 300.00 MPa )
인장철근 Ts = fy·Ast = 1,013,400.0 N
평형축력 Pb = Cc + Cs - Ts = 9,946,189.0 N
평형모멘트 Mb = Cc(x-a/2) + Cs(x-dc) + Ts(d-x) = 2,885,060,000.0 N·mm
평형편심 eb = Mb / Pb = 290.067 mm
e ≥eb -------> 인장파괴영역

▷ 기둥 강도 검토

철근의 응력을 Trial & Error Method로 계산한다.
c = 188.925 mm로 가정하면.. a = k1·c = 160.586 mm
εsc = 0.0017 fs = 300.00 MPa
Pn = 0.85·fck·a·b + Asc·(fsc-0.85·fck) - Ast·fy
= 3,742,951.0 N
Mn = 0.85·fck·a·b·(x-a/2) + Asc·fsc·(x-dc) + Ast·fst·(d-x) = 2,095,859,000.0 N·mm
e′ = Mn/Pn = 559.948 mm ≒ e = 559.948 mm ---> say O.K.
최외단 철근의 순인장변형률 εt = 0.01002
0.005 ≤ εt = 0.01002 -------> 인장지배단면
0.005 ≤ εt 이므로 강도감소계수를 0.85를 적용한다.
보정 Ø= 0.85
ØPn = 3181.509 KN ≥ Pu = 1004.200 KN ∴O.K
ØMn = 1781.480 KN·m ≥ Mu = 562.300 KN·m ∴O.K

▷ 전단력 검토

작용전단력 Vu = 236.100 KN
ØVc =Øv·1/6·(1+Pu/(14·Ag))·λ√(fck)·B·D/1000 = 542.166 KN
Øv·Vc = 542.166 KN ≥ Vu = 236.100 KN.. ∴전단철근 필요없음.

## ◈ 어깨부

▷ 벽 체 검 토 조 건

fck = 24.0 MPa fy = 300.0 MPa λ = 1.00
Øc = 0.65 Øv = 0.75 α = 0.80
극한 모멘트 Mu = 857.200 KN·m 극 한 축 력 Pu = 2140.600 KN
단면의 두께 H = 900.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm
유 효 깊 이 D = 820.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm
작 용 편 심 e = 400.449 mm
인장측 철근 Ast = 3378.000㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 25 @ 150 mm
압축측 철근 Asc = 5294.667㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 32 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

c = 600/(600+fy)*d = 546.667 mm
k1 = 0.850 a = k1·c = 464.67 mm
Cck = 0.85·fck·B·H = 18,360,000.0 N
소성중심 x = (Cck·H/2 + fy·Asc·dc + fy·Ast·d)/(Cck + fy·Asc + fy·Ast) = 439.85 mm
콘크리트 Cc = 0.85·fck·a·b = 9,479,200.0 N
압축철근 Cs = (fs-0.85·fck)·Asc = 1,480,389.0 N
( εsc > εy --> fs = fy = 300.00 MPa )
인장철근 Ts = fy·Ast = 1,013,400.0 N
평형축력 Pb = Cc + Cs - Ts = 9,946,189.0 N
평형모멘트 Mb = Cc(x-a/2) + Cs(x-dc) + Ts(d-x) = 2,885,060,000.0 N·mm
평형편심 eb = Mb / Pb = 290.067 mm
e ≥eb -------> 인장파괴영역

▷ 기둥 강도 검토

철근의 응력을 Trial & Error Method로 계산한다.
c = 364.688 mm로 가정하면.. a = k1·c = 309.984 mm
εsc = 0.0023 fs = 300.00 MPa
Pn = 0.85·fck·a·b + Asc·(fsc-0.85·fck) - Ast·fy
= 6,790,670.0 N
Mn = 0.85·fck·a·b·(x-a/2) + Asc·fsc·(x-dc) + Ast·fst·(d-x)
= 2,719,316,000.0 N·mm
e′ = Mn/Pn = 400.449 mm ≒ e = 400.449 mm ---> say O.K.
최외단 철근의 순인장변형률 εt = 0.00375
εy = 0.0015 < εt = 0.00375 < 0.005 -------> 변화구간단면
εy < εt < 0.005 이므로 0.65 ~ 0.85 사이에서 강도감소계수를 보간한다.
보정 Ø= 0.77831
ØPn = 5285.276 KN ≥ Pu = 2140.600 KN ∴O.K
ØMn = 2116.483 KN·m ≥ Mu = 857.200 KN·m ∴O.K

▷ 전단력 검토

작용전단력 Vu = 377.000 KN
ØVc =Øv·1/6·(1+Pu/(14·Ag))·λ√(fck)·B·D/1000 = 587.454 KN
Øv·Vc = 587.454 KN ≥ Vu = 377.000 KN.. ∴전단철근 필요없음.

## ◈ 측벽부

▷ 벽 체 검 토 조 건

fck = 24.0 MPa fy = 300.0 MPa λ = 1.00
Øc = 0.65 Øv = 0.75 α = 0.80
극한 모멘트 Mu = 353.400 KN·m 극 한 축 력 Pu = 1617.100 KN
단면의 두께 H = 900.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm
유 효 깊 이 D = 820.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm
작 용 편 심 e = 218.539 mm
인장측 철근 Ast = 3378.000㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 25 @ 150 mm
압축측 철근 Asc = 5294.667㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 32 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

c = 600/(600+fy)*d = 546.667 mm
k1 = 0.850 a = k1·c = 464.67 mm
Cck = 0.85·fck·B·H = 18,360,000.0 N
소성중심 x = (Cck·H/2 + fy·Asc·dc + fy·Ast·d)/(Cck + fy·Asc + fy·Ast)
= 439.85 mm
콘크리트 Cc = 0.85·fck·a·b = 9,479,200.0 N
압축철근 Cs = (fs-0.85·fck)·Asc = 1,480,389.0 N
( εsc > εy --> fs = fy = 300.00 MPa )
인장철근 Ts = fy·Ast = 1,013,400.0 N
평형축력 Pb = Cc + Cs - Ts = 9,946,189.0 N
평형모멘트 Mb = Cc(x-a/2) + Cs(x-dc) + Ts(d-x) = 2,885,060,000.0 N·mm
평형편심 eb = Mb / Pb = 290.067 mm
e < eb -------> 압축파괴영역

▷ 기둥 강도 검토

e_min = 94.287 mm < e = 218.539 mm
---> 철근의 응력을 Trial & Error Method로 계산한다.
c = 638.497 mm로 가정하면.. a = k1·c = 542.722 mm
fsc = 300.00 MPa, fst = 170.56 MPa
Pn = 0.85 fck·a·B + Asc·fsc - Ast·fst = 11,975,780.0 N
Mn = 0.85 fck·a·B·(x-a/2) + Asc·fsc·(x-dcc) - Ast·fst·(d-x)
= 2,617,179,000.0 N·mm
e′ = Mn/Pn = 218.539 mm ≒ e = 218.539 mm ---> say O.K.
최외단 철근의 순인장변형률 εt = 0.00085
εt = 0.00085 ≤ εy = 0.0015 -------> 압축지배단면
εt < εy 이므로 강도감소계수 Ø= 0.65를 적용한다.
ØPn = 7784.253 KN ≥ Pu = 1617.100 KN ∴O.K
ØMn = 1701.166 KN·m ≥ Mu = 353.400 KN·m ∴O.K

▷ 전단력 검토

작용전단력 Vu = 372.000 KN
ØVc =Øv·1/6·(1+Pu/(14·Ag))·λ√(fck)·B·D/1000 = 566.591 KN
Øv·Vc = 566.591 KN ≥ Vu = 372.000 KN.. ∴전단철근 필요없음.

## ◈ 바닥부

▷ 벽 체 검 토 조 건

fck = 24.0 MPa fy = 300.0 MPa λ = 1.00
Øc = 0.65 Øv = 0.75 α = 0.80
극한 모멘트 Mu = 256.000 KN·m 극 한 축 력 Pu = 45.500 KN
단면의 두께 H = 900.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm
유 효 깊 이 D = 820.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm
작 용 편 심 e = 5626.374 mm
인장측 철근 Ast = 3378.000㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 25 @ 150 mm
압축측 철근 Asc = 5294.667㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 32 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

c = 600/(600+fy)*d = 546.667 mm
k1 = 0.850 a = k1·c = 464.67 mm
Cck = 0.85·fck·B·H = 18,360,000.0 N
소성중심 x = (Cck·H/2 + fy·Asc·dc + fy·Ast·d)/(Cck + fy·Asc + fy·Ast) = 439.85 mm
콘크리트 Cc = 0.85·fck·a·b = 9,479,200.0 N
압축철근 Cs = (fs-0.85·fck)·Asc = 1,480,389.0 N
( εsc > εy --> fs = fy = 300.00 MPa )
인장철근 Ts = fy·Ast = 1,013,400.0 N
평형축력 Pb = Cc + Cs - Ts = 9,946,189.0 N
평형모멘트 Mb = Cc(x-a/2) + Cs(x-dc) + Ts(d-x) = 2,885,060,000.0 N·mm
평형편심 eb = Mb / Pb = 290.067 mm
e ≥eb -------> 인장파괴영역

▷ 기둥 강도 검토

철근의 응력을 Trial & Error Method로 계산한다.
c = 76.280 mm로 가정하면.. a = k1·c = 64.838 mm
εsc = -0.0001 fsc = -29.26 MPa
εsc < 0 ---> 압축측 철근이 인장됨
Pn = 0.85·fck·a·b + Asc·fsc - Ast·fy
= 154,343.0 N
Mn = 0.85·fck·a·b·(x-a/2) + Asc·fsc·(x-dc) + Ast·fst·(d-x)
= 868,391,500.0 N·mm
e′ = Mn/Pn = 5626.374 mm ≒ e = 5626.374 mm ---> say O.K.
최외단 철근의 순인장변형률 εt = 0.02925
0.005 ≤ εt = 0.02925 -------> 인장지배단면
0.005 ≤ εt 이므로 강도감소계수를 0.85를 적용한다.
보정 Ø= 0.85
ØPn = 131.192 KN ≥ Pu = 45.500 KN ∴O.K
ØMn = 738.133 KN·m ≥ Mu = 256.000 KN·m ∴O.K

▷ 전단력 검토

작용전단력 Vu = 241.900 KN
ØVc =Øv·1/6·(1+Pu/(14·Ag))·λ√(fck)·B·D/1000 = 503.959 KN
Øv·Vc = 503.959 KN ≥ Vu = 241.900 KN.. ∴전단철근 필요없음.

- 붕괴방지

## ◈ 천단부

▷ 벽 체 검 토 조 건

fck = 24.0 MPa fy = 300.0 MPa λ = 1.00
Øc = 0.65 Øv = 0.75 α = 0.80
극한 모멘트 Mu = 698.500 KN·m 극 한 축 력 Pu = 997.900 KN
단면의 두께 H = 900.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm
유 효 깊 이 D = 820.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm
작 용 편 심 e = 699.970 mm
인장측 철근 Ast = 3378.000㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 25 @ 150 mm
압축측 철근 Asc = 5294.667㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 32 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

c = 600/(600+fy)*d = 546.667 mm
k1 = 0.850 a = k1·c = 464.67 mm
Cck = 0.85·fck·B·H = 18,360,000.0 N
소성중심 x = (Cck·H/2 + fy·Asc·dc + fy·Ast·d)/(Cck + fy·Asc + fy·Ast) = 439.85 mm
콘크리트 Cc = 0.85·fck·a·b = 9,479,200.0 N
압축철근 Cs = (fs-0.85·fck)·Asc = 1,480,389.0 N
( εsc > εy --> fs = fy = 300.00 MPa )
인장철근 Ts = fy·Ast = 1,013,400.0 N
평형축력 Pb = Cc + Cs - Ts = 9,946,189.0 N
평형모멘트 Mb = Cc(x-a/2) + Cs(x-dc) + Ts(d-x) = 2,885,060,000.0 N·mm
평형편심 eb = Mb / Pb = 290.067 mm
e ≥eb -------> 인장파괴영역

▷ 기둥 강도 검토

철근의 응력을 Trial & Error Method로 계산한다.
c = 130.421 mm로 가정하면.. a = k1·c = 110.858 mm
εsc = 0.0012 fs = 231.96 MPa
Pn = 0.85·fck·a·b + Asc·(fsc-0.85·fck) - Ast·fy
= 2,368,239.0 N
Mn = 0.85·fck·a·b·(x-a/2) + Asc·fsc·(x-dc) + Ast·fst·(d-x)
= 1,657,696,000.0 N·mm
e′ = Mn/Pn = 699.970 mm ≒ e = 699.970 mm ---> say O.K.
최외단 철근의 순인장변형률 εt = 0.01586
0.005 ≤ εt = 0.01586 -------> 인장지배단면
0.005 ≤ εt 이므로 강도감소계수를 0.85를 적용한다.
보정 Ø= 0.85
ØPn = 2013.003 KN ≥ Pu = 997.900 KN ∴O.K
ØMn = 1409.041 KN·m ≥ Mu = 698.500 KN·m ∴O.K

▷ 전단력 검토

작용전단력 Vu = 299.300 KN
ØVc =Øv·1/6·(1+Pu/(14·Ag))·λ√(fck)·B·D/1000 = 541.915 KN
Øv·Vc = 541.915 KN ≥ Vu = 299.300 KN.. ∴전단철근 필요없음.

## ◈ 어깨부

▷ 벽 체 검 토 조 건

fck = 24.0 MPa fy = 300.0 MPa λ = 1.00
Øc = 0.65 Øv = 0.75 α = 0.80
극한 모멘트 Mu = 1076.800 KN·m 극 한 축 력 Pu = 2196.600 KN
단면의 두께 H = 900.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm
유 효 깊 이 D = 820.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm
작 용 편 심 e = 490.212 mm
인장측 철근 Ast = 3378.000㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 25 @ 150 mm
압축측 철근 Asc = 5294.667㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 32 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

c = 600/(600+fy)*d = 546.667 mm
k1 = 0.850 a = k1·c = 464.67 mm
Cck = 0.85·fck·B·H = 18,360,000.0 N
소성중심 x = (Cck·H/2 + fy·Asc·dc + fy·Ast·d)/(Cck + fy·Asc + fy·Ast)
= 439.85 mm
콘크리트 Cc = 0.85·fck·a·b = 9,479,200.0 N
압축철근 Cs = (fs-0.85·fck)·Asc = 1,480,389.0 N
( εsc > εy --> fs = fy = 300.00 MPa )
인장철근 Ts = fy·Ast = 1,013,400.0 N
평형축력 Pb = Cc + Cs - Ts = 9,946,189.0 N
평형모멘트 Mb = Cc(x-a/2) + Cs(x-dc) + Ts(d-x) = 2,885,060,000.0 N·mm
평형편심 eb = Mb / Pb = 290.067 mm
e ≥eb -------> 인장파괴영역

▷ 기둥 강도 검토

철근의 응력을 Trial & Error Method로 계산한다.
c = 252.214 mm로 가정하면.. a = k1·c = 214.382 mm
εsc = 0.0020 fs = 300.00 MPa
Pn = 0.85·fck·a·b + Asc·(fsc-0.85·fck) - Ast·fy
= 4,840,387.0 N
Mn = 0.85·fck·a·b·(x-a/2) + Asc·fsc·(x-dc) + Ast·fst·(d-x)
= 2,372,814,000.0 N·mm
e′ = Mn/Pn = 490.212 mm ≒ e = 490.212 mm ---> say O.K.
최외단 철근의 순인장변형률 εt = 0.00675
0.005 ≤ εt = 0.00675 -------> 인장지배단면
0.005 ≤ εt 이므로 강도감소계수를 0.85를 적용한다.
보정 Ø= 0.85
ØPn = 4114.329 KN ≥ Pu = 2196.600 KN ∴O.K
ØMn = 2016.892 KN·m ≥ Mu = 1076.800 KN·m ∴O.K

▷ 전단력 검토

작용전단력 Vu = 384.700 KN
ØVc =Øv·1/6·(1+Pu/(14·Ag))·λ√(fck)·B·D/1000 = 589.686 KN
Øv·Vc = 589.686 KN ≥ Vu = 384.700 KN.. ∴전단철근 필요없음.

## ◈ 측벽부

▷ 벽 체 검 토 조 건

fck = 24.0 MPa fy = 300.0 MPa λ = 1.00
Øc = 0.65 Øv = 0.75 α = 0.80
극한 모멘트 Mu = 886.200 KN·m 극 한 축 력 Pu = 1361.400 KN
단면의 두께 H = 900.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm
유 효 깊 이 D = 820.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm
작 용 편 심 e = 650.948 mm
인장측 철근 Ast = 3378.000㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 25 @ 150 mm
압축측 철근 Asc = 5294.667㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 32 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

c = 600/(600+fy)*d = 546.667 mm
k1 = 0.850 a = k1·c = 464.67 mm
Cck = 0.85·fck·B·H = 18,360,000.0 N
소성중심 x = (Cck·H/2 + fy·Asc·dc + fy·Ast·d)/(Cck + fy·Asc + fy·Ast)
= 439.85 mm
콘크리트 Cc = 0.85·fck·a·b = 9,479,200.0 N
압축철근 Cs = (fs-0.85·fck)·Asc = 1,480,389.0 N
( εsc > εy --> fs = fy = 300.00 MPa )
인장철근 Ts = fy·Ast = 1,013,400.0 N
평형축력 Pb = Cc + Cs - Ts = 9,946,189.0 N
평형모멘트 Mb = Cc(x-a/2) + Cs(x-dc) + Ts(d-x) = 2,885,060,000.0 N·mm
평형편심 eb = Mb / Pb = 290.067 mm
e ≥eb -------> 인장파괴영역

▷ 기둥 강도 검토

철근의 응력을 Trial & Error Method로 계산한다.
c = 142.447 mm로 가정하면.. a = k1·c = 121.080 mm
εsc = 0.0013 fs = 263.03 MPa
Pn = 0.85·fck·a·b + Asc·(fsc-0.85·fck) - Ast·fy
= 2,741,299.0 N
Mn = 0.85·fck·a·b·(x-a/2) + Asc·fsc·(x-dc) + Ast·fst·(d-x)
= 1,784,441,000.0 N·mm
e′ = Mn/Pn = 650.947 mm ≒ e = 650.948 mm ---> say O.K.
최외단 철근의 순인장변형률 εt = 0.01427
0.005 ≤ εt = 0.01427 -------> 인장지배단면
0.005 ≤ εt 이므로 강도감소계수를 0.85를 적용한다.
보정 Ø= 0.85
ØPn = 2330.104 KN ≥ Pu = 1361.400 KN ∴O.K
ØMn = 1516.775 KN·m ≥ Mu = 886.200 KN·m ∴O.K

▷ 전단력 검토

작용전단력 Vu = 471.200 KN
ØVc =Øv·1/6·(1+Pu/(14·Ag))·λ√(fck)·B·D/1000 = 556.401 KN
Øv·Vc = 556.401 KN ≥ Vu = 471.200 KN.. ∴전단철근 필요없음.

## ◈ 바닥부

▷ 벽 체 검 토 조 건

fck = 24.0 MPa fy = 300.0 MPa λ = 1.00
Øc = 0.65 Øv = 0.75 α = 0.80
극한 모멘트 Mu = 676.800 KN·m 극 한 축 력 Pu = 132.800 KN
단면의 두께 H = 900.000 mm 단 위 폭 B = 1000.000 mm
유 효 깊 이 D = 820.000 mm 피 복 두 께 Dc = 80.000 mm
작 용 편 심 e = 5096.385 mm
인장측 철근 Ast = 3378.000㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 25 @ 150 mm
압축측 철근 Asc = 5294.667㎟ 1단 (dc = 80mm) : D 32 @ 150 mm

▷ 평형상태 검토

c = 600/(600+fy)*d = 546.667 mm
k1 = 0.850 a = k1·c = 464.67 mm
Cck = 0.85·fck·B·H = 18,360,000.0 N
소성중심 x = (Cck·H/2 + fy·Asc·dc + fy·Ast·d)/(Cck + fy·Asc + fy·Ast) = 439.85 mm
콘크리트 Cc = 0.85·fck·a·b = 9,479,200.0 N
압축철근 Cs = (fs-0.85·fck)·Asc = 1,480,389.0 N
( εsc > εy --> fs = fy = 300.00 MPa )
인장철근 Ts = fy·Ast = 1,013,400.0 N
평형축력 Pb = Cc + Cs - Ts = 9,946,189.0 N
평형모멘트 Mb = Cc(x-a/2) + Cs(x-dc) + Ts(d-x) = 2,885,060,000.0 N·mm
평형편심 eb = Mb / Pb = 290.067 mm
e ≥eb -------> 인장파괴영역

▷ 기둥 강도 검토

철근의 응력을 Trial & Error Method로 계산한다.
c = 76.564 mm로 가정하면.. a = k1·c = 65.079 mm
εsc = -0.0001 fsc = -26.93 MPa
εsc < 0 ---> 압축측 철근이 인장됨
Pn = 0.85·fck·a·b + Asc·fsc - Ast·fy
= 171,628.7 N
Mn = 0.85·fck·a·b·(x-a/2) + Asc·fsc·(x-dc) + Ast·fst·(d-x) = 874,685,800.0 N·mm
e′ = Mn/Pn = 5096.385 mm ≒ e = 5096.385 mm ---> say O.K.
최외단 철근의 순인장변형률 εt = 0.02913
0.005 ≤ εt = 0.02913 -------> 인장지배단면
0.005 ≤ εt 이므로 강도감소계수를 0.85를 적용한다. 보정 Ø= 0.85
ØPn = 145.884 KN ≥ Pu = 132.800 KN ∴O.K
ØMn = 743.483 KN·m ≥ Mu = 676.800 KN·m ∴O.K

▷ 전단력 검토

작용전단력 Vu = 639.400 KN
ØVc =Øv·1/6·(1+Pu/(14·Ag))·λ√(fck)·B·D/1000 = 507.438 KN
Vu > Øv·Vc ..... ∴ 전단철근보강이 필요하다.
Øv·Vs = Øv·Av·fy·D / (s ×1000) = 203.361 KN
Øv·Vn = Øv·Vc + Øv·Vs = 710.799 KN ≥ Vu = 639.400 KN... ∴ O.K

# 제 6장 종합평가 및 안전등급 지정

## 6.1 종합평가

## 6.2 안전등급 지정

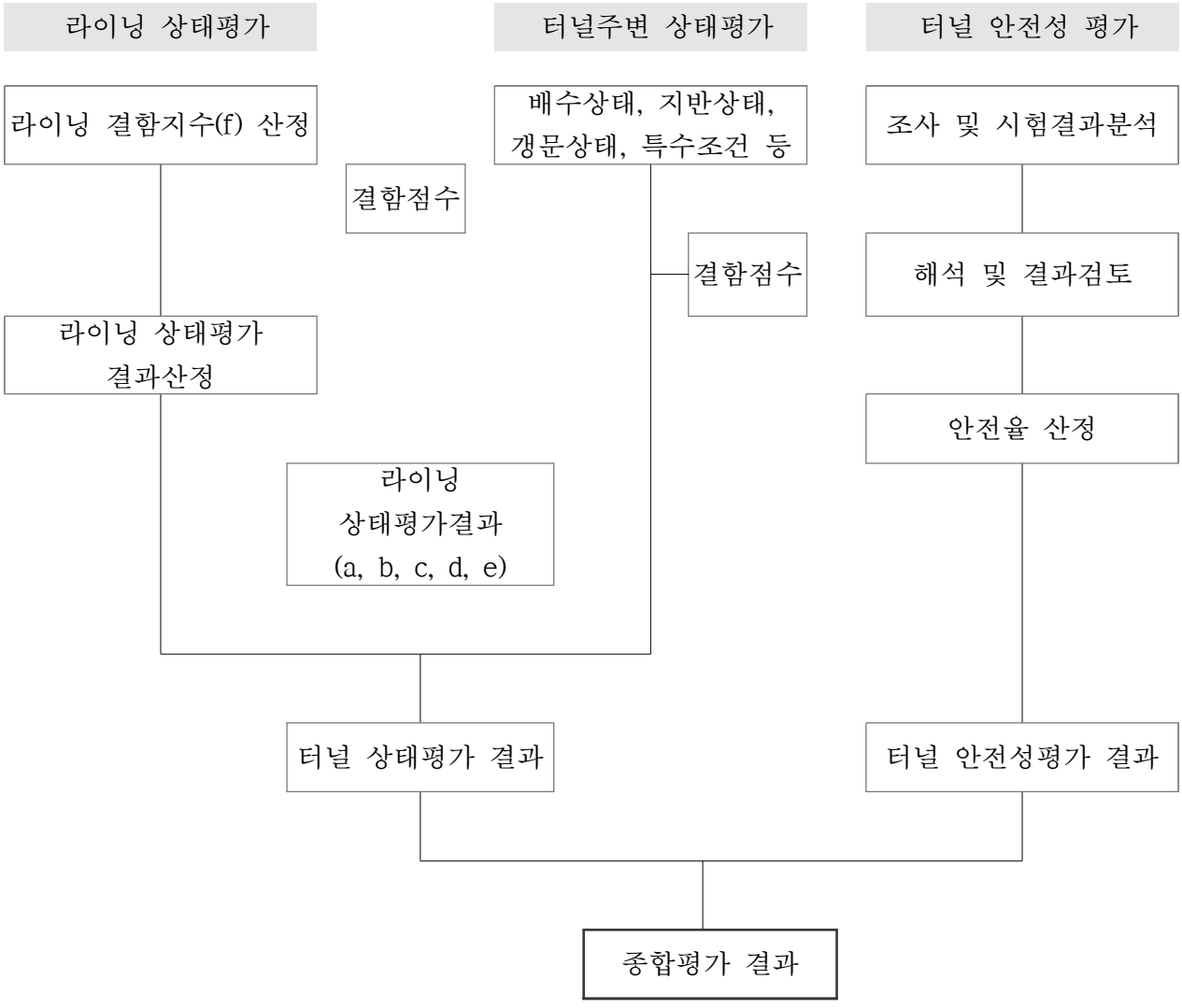
# 제 6장 종합평가 및 안전등급 지정

## 6.1 종합평가

### 6.1.1 종합평가 결과 산정방법

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

**■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)**




【그림 6.1】종합평가 결과 산정절차

## 6.1.2 종합평가 결과

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 차령터널(천안)의 종합평가 결과는 “B”로 평가되었다.

### 가. 상태평가 결과

【표 6.1】 상태평가 결과

| 구분 | 라이닝 | | | | | | | | | | 터널 주변 | 결함 점수 | 결함 지수 (A) | 연장비 (B) | 연장비 고려 결함지수 (A)*(B) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 균열 | 누수 | 파손 및 손상 | 재질열화 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 박리 | 층분리 및 박락 | 백태 | 재료 분리 | 철근 노출 | 탄산화 | 염화물 | | | | | |
| 무근 | 3.34 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | - | - | - | 2.00 | 5.42 | 0.160 | 0.848 | 0.136 |
| 철근 | 3.97 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 2.00 | 6.37 | 0.148 | 0.152 | 0.023 |
| | | | | | | | | | | | 결함지수 | | | | 0.159 |
| | | | | | | | | | | | 기본시설 상태평가 결과 | | | | b |

### 나. 안전성평가 결과

#### 1) 무근 콘크리트 라이닝 검토결과

【표 6.2】 안전성평가 결과(무근 콘크리트 라이닝)

| 구 분 | | 계수(Mu) | 설계(ϕMn) | 안전율(ϕMn/Mu) | 검토결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| 천 장 부 | 모멘트 | 33.20 | 168.30 | 5.07 | O.K |
| | 축 력 | 378.70 | 2359.50 | 6.23 | O.K |
| | 전단력 | 45.60 | 88.90 | 1.95 | O.K |
| 어 깨 부 | 모멘트 | 34.60 | 168.30 | 4.86 | O.K |
| | 축 력 | 420.20 | 2359.50 | 5.62 | O.K |
| | 전단력 | 33.20 | 88.90 | 2.68 | O.K |
| 측 벽 부 | 모멘트 | 5.10 | 168.30 | 33.00 | O.K |
| | 축 력 | 436.10 | 2359.50 | 5.41 | O.K |
| | 전단력 | 10.30 | 88.90 | 8.63 | O.K |

### 2) 철근 콘크리트 라이닝 검토결과

【표 6.3】 안전성평가 결과(철근 콘크리트 라이닝)

| 구 분 | | 계수(Mu) | 설계(ϕMn) | 안전율(ϕMn/Mu) | 검토결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| 천 장 부 | 모멘트 | 36.50 | 168.30 | 4.61 | O.K |
| | 축 력 | 417.00 | 2359.50 | 5.66 | O.K |
| | 전단력 | 50.10 | 88.90 | 1.77 | O.K |
| 어 깨 부 | 모멘트 | 38.00 | 168.30 | 4.43 | O.K |
| | 축 력 | 462.20 | 2359.50 | 5.10 | O.K |
| | 전단력 | 38.70 | 88.90 | 2.30 | O.K |
| 측 벽 부 | 모멘트 | 5.60 | 168.30 | 30.05 | O.K |
| | 축 력 | 479.30 | 2359.50 | 4.92 | O.K |
| | 전단력 | 11.40 | 88.90 | 7.80 | O.K |

## 다. 종합평가 결과

【표 6.4】 종합평가 결과

| 구조물명 | 상태평가 결과 | | 안전성평가 결과 | | 종합평가 결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 환산결함도점수 | 기준 | S·F | 기준 | |
| 차령터널 (천안) | 0.159 | B | 1.5이상 무근 콘크리트 라이닝<br>1.5이상 철근 콘크리트 라이닝 | A | B |
| 종합평가 | • 차령터널(천안)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B”로 평가됨<br>• 안전성평가 결과 라이닝 구간 모두 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨<br>• 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 차령터널(천안)은 “B등급”로 평가됨 | | | | |

# 6.2 안전등급

## 6.2.1 안전등급기준

정밀안전진단을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제10조의 2 및 「영」 제11조의 5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

**【표 6.5】 시설물의 안전등급**

| 안전등급 | 시설물의 상태 및 안전성 |
|---|---|
| A(우수) | • 문제점이 없는 최상의 상태 |
| B(양호) | • 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태 |
| C(보통) | • 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태 |
| D(미흡) | • 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태 |
| E(불량) | • 주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태 |

## 6.2.2 안전등급 지정

차령터널(천안)에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』로 안전등급 B등급으로 평가되었다.

**【표 6.6】 차령터널(천안) 안전등급**

| 안전등급 | 구조물명 | 안전등급 |
|---|---|---|
| | 차령터널(천안) | B등급(양호) |

# 제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수·보강 방안

7.3 보수·보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

# 제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

## 7.1 개요

본 과업 대상 터널인 차령터널(천안, 논산)은 천안논산선(이정 : 263.18km)상의 터널로 2002년 4차선(천안 : 2차선, 논산 : 2차선)으로 준공하였다.

터널의 외관조사에 따른 상태평가 결과 “B등급”으로 산정되어 발생한 손상에 대한 보수가 필요한 상태이고, 구조안전성평가 결과 내하력을 충분히 확보하고 있으며, 내진성능평가 결과 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단되었다.

본 장에서는 정밀안전진단 결과에 의한 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 토대로 터널의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방법을 제안하고자 한다. 이러한 보수 · 보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있다.

차령터널(천안방향)의 보수 · 보강방안에 대한 검토사항은 기존자료의 검토를 통한 보수·보강 이력을 조사하고 진단 결과에 따른 보수·보강 범위를 선정하며, 이에 따른 공법선정, 재료의 선정 등을 검토하여 보수·보강 긴급우선순위에 따른 보수시기를 결정하여야 한다.

**【표 7.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항**

| 검 토 순 서 | 내 용 |
|---|---|
| 기존자료분석 | 기존 점검 및 진단자료 분석, 설계도서 조사 |
| 보수·보강 이력검토 | 사용기간중 시설물의 보수·보강이력검토 |
| 보수·보강의 범위 선정 | 손상규모에 따른 보수여부 결정<br>구조물의 사용년한을 고려한 보수·보강 범위 산정 |
| 공법의 선정 | 구조물의 기능에 따른 공법선정<br>구조물의 주변환경 및 형식을 고려하여 공법선정<br>공법의 시공성 및 경제성 고려하여 결정 |
| 보수재료의 선정 | 기존의 재료와 물성이 같은 보수재 선택<br>구조물의 종류 및 환경조건 고려<br>구조물의 사용년한을 고려한 보수재 선택 |
| 보수시기 결정 | 구조적인 안전성, 내구성, 사용성, 결함, 열화의 중요도에 따라 우선순위 부여 |

# 7.2 보수·보강 방안

## 7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정

차령터널(천안방향)에 대한 정밀안전진단을 수행한 결과, 본 구조물은 시공시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생한 것으로 조사되었다.

진단시 조사된 콘크리트의 균열, 박리, 박락 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

보수 · 보강의 우선순위는 다음 표의 기준에 의해 구분하되 책임기술자의 판단하에 우선순위를 선정하였다.

또한, 직접 구조물에 발생한 손상이 아닌 경우 유지관리 방안에는 기술하되, 공사비 산정에는 반영하지 않았다.

**【표 7.2】보수 · 보강 우선순위 결정 기준**

| 구분 | 순위 | 내 용 |
|---|---|---|
| 단기 | 1순위 | •『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령』제18조(시설물의 중대한 결함)의 “대통령령으로 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실<br>•주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우<br>•철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우 |
| 중기 | 2순위 | •보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우<br>•차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상<br>•즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우 |
| 장기 | 3순위 | •기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상<br>•발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우 |
| 주의 관찰 | | •1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상<br>- 콘크리트의 0.2㎜이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외)<br>- 포장 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상(빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등)<br>- 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우 |

**차령터널(천안방향) 정밀안전진단 결과**

**상태평가결과**

- 상태평가결과 → "B" (0.159)
- 라 이 닝 : 0.2~0.3㎜ 균열, 망상균열, 박락
- 측 벽 부 : 0.2~0.3㎜ 균열, 백태, 파손, 긁힘, 타일균열, 타일긁힘, 타일박락, 타일파손, 타일탈락
- 갱 문 : 도장박리
- 배수시설 : 균열, 파손
- 공 동 구 : 0.2~0.3㎜ 균열, 재료분리, 박리, 박락, 철근노출, 덮개박리, 덮개파손,
- 포 장 : 균열, 긁힘, 박리, 파손
- 피난연락갱 : 천단부 박락

**안전성평가결과**

- 안전성평가 결과 → "A"
- 무근 콘크리트 라이닝 검토 결과
  - 최소 SF = 1.95
- 철근 콘크리트 라이닝 검토 결과
  - 최소 SF = 1.77

**보수, 보강방향**

| 1 순위 | 2 순위 | 3 순위 |
|---|---|---|
| | • 라이닝 0.3㎜이상 균열<br>• 라이닝 측벽부 파손<br>• 공동구 0.3㎜이상 균열, 덮개파손<br>• 라이닝 측벽부 백태, 긁힘, 타일박락, 파손, 탈락<br>• 배수시설 균열 및 파손<br>• 포장 박리, 파손 | • 공동구 덮개 박리 |

【그림 7.1】 보수·보강방안 추진방향

## 7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

【표 7.3】 보수·보강 일람표

| 구분 | 손상내용 | 손상 물량 | 단위 | 보수방안 | 우선 순위 |
|---|---|---|---|---|---|
| 라이닝 | 균열(0.3㎜미만) | 211.70 | m | 표면보수 | - |
| | 균열(0.3㎜이상) | 48.50 | m | 주입보수 | 2 |
| | 망상균열 | 64.50 | ㎡ | 표면보수 | - |
| | 박락 | 0.87 | ㎡ | 단면보수 | 2 |
| | 보수부 들뜸 | 0.18 | ㎡ | 주의관찰 | - |
| | 잡철물 | 0.01 | ㎡ | 주의관찰 | - |
| 측벽부 | 균열(0.3㎜미만) | 6.80 | m | 표면보수 | - |
| | 균열(0.3㎜이상) | 25.50 | m | 주입보수 | 2 |
| | 백태 | 0.06 | ㎡ | 표면보수 | 2 |
| | 파손 | 4.40 | ㎡ | 단면보수 | 2 |
| | 긁힘 | 0.04 | ㎡ | 단면보수 | - |
| | 줄눈몰탈박락 | 0.94 | ㎡ | 주의관찰 | - |
| | 줄눈파손 | 0.40 | ㎡ | 주의관찰 | - |
| | 타일균열 | 124.60 | m | 주의관찰 | - |
| | 타일긁힘 | 21.12 | ㎡ | 주의관찰 | - |
| | 타일박락 | 0.02 | ㎡ | 타일교체 | - |
| | 타일파손 | 2.39 | ㎡ | 타일교체 | - |
| | 타일탈락 | 35.00 | ea | 타일교체 | - |
| 갱문 | 도장박리 | 51.00 | ㎡ | 재도장 | - |
| 배수시설 | 균열 | 548.60 | m | 표면보수 | - |
| | 파손 | 1.26 | ㎡ | 단면보수 | 2 |
| 공동구 | 균열(0.3㎜미만) | 14.60 | m | 표면보수 | - |
| | 균열(0.3㎜이상) | 20.00 | m | 주입보수 | 2 |
| | 재료분리 | 3.44 | ㎡ | 표면보수 | - |
| | 박리 | 0.64 | ㎡ | 단면보수 | 2 |
| | 박락 | 17.29 | ㎡ | 단면보수 | 2 |
| | 철근노출 | 0.07 | ㎡ | 단면보수(방청) | 2 |
| | 철근부식 | 0.50 | ㎡ | 단면보수(방청) | 2 |
| | 덮개재료분리 | 0.40 | ㎡ | 단면보수 | - |
| | 덮개박리 | 25.41 | ㎡ | 단면보수 | 3 |
| | 덮개파손 | 12.32 | ㎡ | 단면보수 | 2 |
| | 타일균열 | 131.40 | m | 주의관찰 | - |
| | 타일탈락 | 11.00 | ea | 타일교체 | - |
| | 타일파손 | 10.86 | ㎡ | 타일교체 | - |

【표 7.4】 보수·보강 일람표(계속)

| 구분 | 손상내용 | 손상 물량 | 단위 | 보수방안 | 우선 순위 |
|---|---|---|---|---|---|
| 포장 | 포장균열 | 702.00 | m | 표면보수 | - |
| | 포장긁힘 | 0.06 | ㎡ | 주의관찰 | - |
| | 포장박리 | 8.33 | ㎡ | 단면보수 | 2 |
| | 포장파손 | 1.64 | ㎡ | 단면보수 | 2 |
| 피난연락갱 | 천단부 박락 | 0.01 | ㎡ | 주의관찰 | - |

## 7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

### 가. 콘크리트 균열보수 방안

#### 1) 진단 현황

본 터널에 라이닝 구조에 발생된 균열은 대부분 폭 0.1㎜~0.3㎜로 내구성 유지 및 진전방지를 위한 보수가 필요한 상태로서 폭 0.1~0.2㎜균열은 주의관찰 후 손상의 진전시 조치를, 폭0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

#### 2) 콘크리트 표면처리공법(c/w=0.3㎜미만)

**① 공법 개요**

콘크리트 표면이 노후 및 열화된 부위에 대해서 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수하는 방법이며 표면백태, 0.2㎜ 이하의 미세균열의 발생 부위에 적용한다. 또한, 보수 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

**② 시공방법 및 유의사항**

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100㎜를 와이어 브러쉬로 닦아 내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 므르터로 균일하게 도포한다.

균열폭의 변동이 큰 경우에는 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15㎜ 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50㎜, 두께 2~4㎜의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

| | |
|---|---|
| 표 면 처 리 | 콘크리트 열화부위, 백태발생 부위를 그라인더 등을 이용하여 표면처리 한다. |
| ↓ | |
| 표 면 청 소 | 콘크리트 표면처리후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척한다. 고압세척의 압력은 노즐 TIP에서 5,000 PSI (350kg/㎠)의 압력으로 한다. |
| ↓ | |
| 표면보호제 도포 | 표면보호를 위하여 표면 보호제를 도포한다.<br>제품 선정 후 제품의 시방규정에 의한 표준 도포량을 확인한다. |

**【그림 7.2】 콘크리트 표면처리 시공순서도**

### 3) 균열주입보수(c/w=0.3㎜이상)

#### ① 개요

균열(0.3㎜이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

#### ② 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

**【표 7.5】 수지주입공법의 종류**

| 압입식 공법 | 흡입식 공법 |
|---|---|
| · 수동식 주입 : 인력<br>· 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식<br>· 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력<br>· 자동주입식 기계주입 : 자동주입기 | · 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입 |

【표 7.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

| 형 상 | | 점도(20℃, cp) | 주입 가능한 균열 폭 |
|---|---|---|---|
| 액 상 | 저점도 | 500±200 | 0.1㎜ 전후 |
| | 고점도 | 1,500±500 | 0.2㎜ 전후 |
| Gel 상태 | | 6,000±1,000 | 0.5~5.0㎜ 전후 |

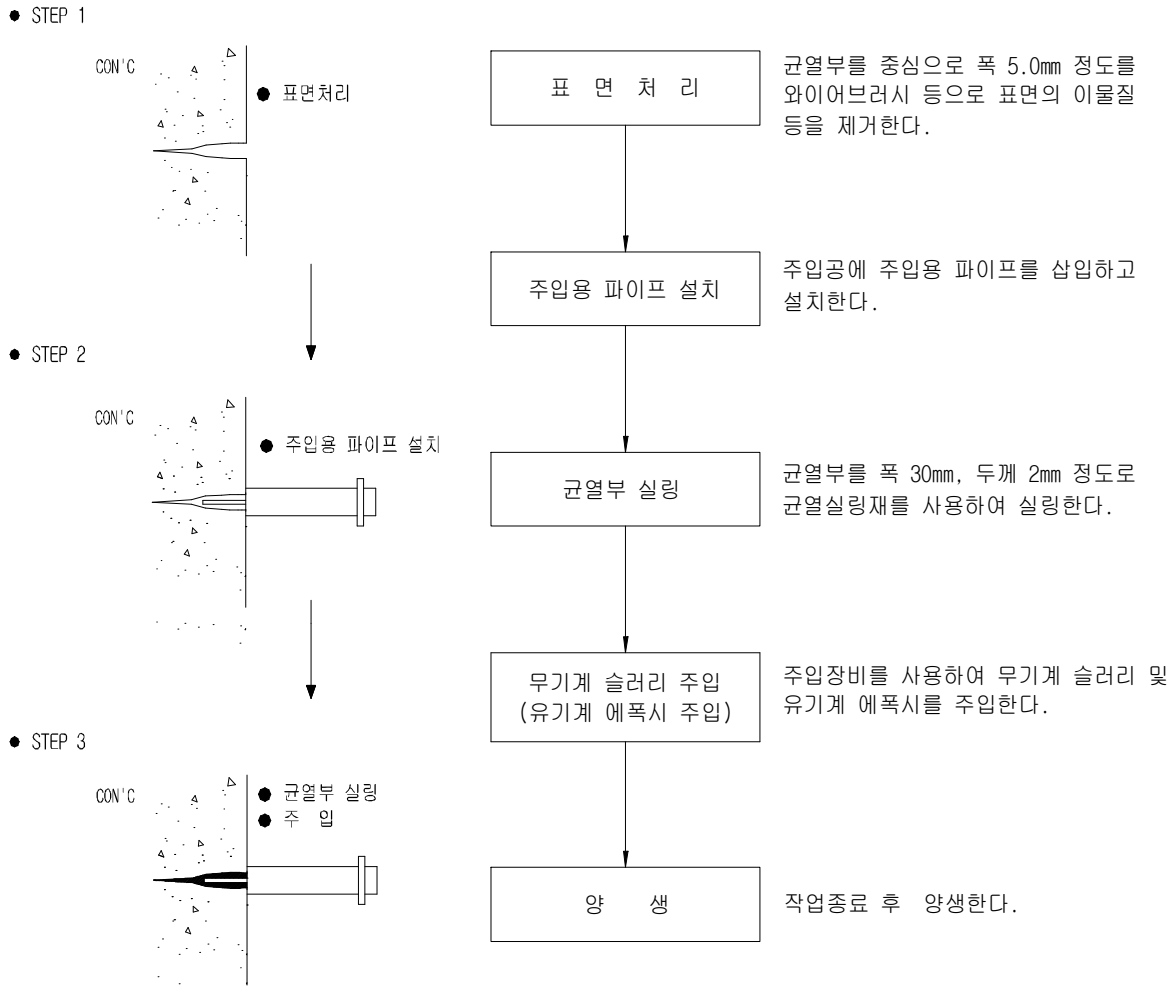
【표 7.7】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

| 균열 폭(㎜) | 주입파이프/패커간격(㎜) | 비고 |
|---|---|---|
| 0.3이하 | 50~100 | |
| 0.3~0.5 | 100~200 | |
| 0.5~1.0 | 150~250 | |
| 1.0이상 | 200~300 | |

【표 7.8】 에폭시계 수지의 규격

| 시험항목 | 시험방법 | 시험조건 | 실링 및 퍼티용 규격치 | 주입용 규격치 |
|---|---|---|---|---|
| 비 중 | KS M 3015 | 20℃ 7일간 | 1.7±0.2 | 1.2±0.2 |
| 사용가능시간 | 온도상승법 | 20℃ | 60이상 | 30이상 |
| 점 도 | JIS K 6838 | 〃 | - | 5,000이하 |
| 압축항복강도 | KS M 3015 | 20℃ 7일간 | 6.0이상 | 6.0이상 |
| 휨강도 | 〃 | 〃 | 3.5이상 | 4.0이상 |
| 인장강도 | 〃 | 〃 | 2.0이상 | 2.0이상 |
| 압축탄성계수 | ASTM D 695 | 〃 | 0.1~0.6 | 0.1~0.6 |
| 인장전단강도 | KS M 3722 | 〃 | 100이상 | 100이상 |
| 충격강도 | KS M 3015 | 〃 | 0.15이상 | 0.3이상 |
| 경 도 | ASTM D 2240 | 〃 | 80이상 | 80이상 |

### ③ 시공방법




【그림 7.3】 균열 보수공법 개요도

### ④ 시공시 주의사항

㉠ 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

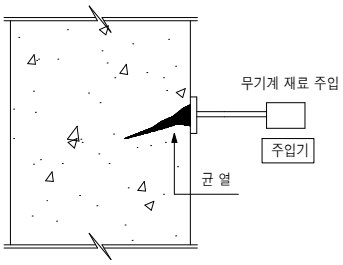
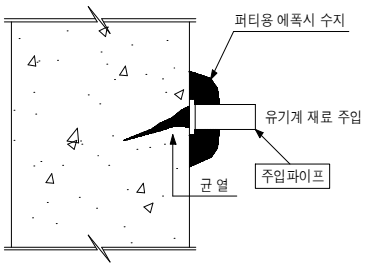
㉡ 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

㉢ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.

㉣ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

㉤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

【표 7.9】 주입공법 공법비교안

| 구 분 | 폴리머 슬러리시멘트 주입공법 | 에폭시 주입공법 |
|---|---|---|
| 개요도 |  |  |
| 공법 개요 | 균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법 | 균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법 |
| 시공 방법 | 표면처리→U.V컷팅→주입기설치→<br>균열부 씰링→폴리머슬러리<br>시멘트주입→단면복구 | 표면처리→U.V컷팅→주입기설치→<br>균열부 씰링→에폭시주입→단면복구 |
| 특징 | - 품질관리가 용이하고 재균열 발생우려 없음<br>- 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보<br>- 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보<br>- 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함<br>- 보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐<br>- 공정이 다소 복잡하여 시공전문가필요<br>- 유기계에 비해 접착강도 떨어짐 | - 인장, 휨강도가 우수함<br>- 건조한 환경에 유리함<br>- 경화시간이 빠름<br>- 시공실적 다수<br>- 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움<br>- 주입압력이 크면 균열이 확대되므로 주의<br>- 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름 |

## 나. 콘크리트 단면보수 방안

### 1) 진단 현황

본 터널의 단면손상은 라이닝 박락, 공동구 박리, 박락, 파손, 배수구 파손이 조사되었으며, 조사된 손상은 주의관찰, 내구성 유지 및 손상진전 방지차원의 보수가 필요한 상태이다.

### 2) 단면복구(보수)공법 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면복구(보수)공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로서 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 터널에서는 상기한 결함 중 콘크리트 파손부 및 철근노출, 부식부에 대한 보수방법으로 사용한다.

### 3) 단면복구(보수)시 털어내기 작업

단면복구(보수)시 털어내기 작업은 콘크리트 표면의 상황을 봐서 판단하는 것이 아니고 다음의 항목을 참고하여 털어내기 범위나 형상을 결정하는 것이 좋다.

#### ① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

보수 개소의 콘크리트를 털어낼 때에 탄산화 등에 의한 취약한 부분을 남기면, 기설콘크리트와 복구재료와의 충분한 부착강도를 얻을 수 없을 뿐 아니라, 균열이나 철근부식 재발의 원인이 된다. 따라서, 부재 내력에 영향을 미칠 수 없는 범위에서 열화부분을 모두 제거 할 필요가 있다. 열화부분을 효과적으로 확인하기 위해서는 탄산화깊이나 알칼리 반응성 생성물의 측정 등 열화요인과 관련된 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

#### ② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

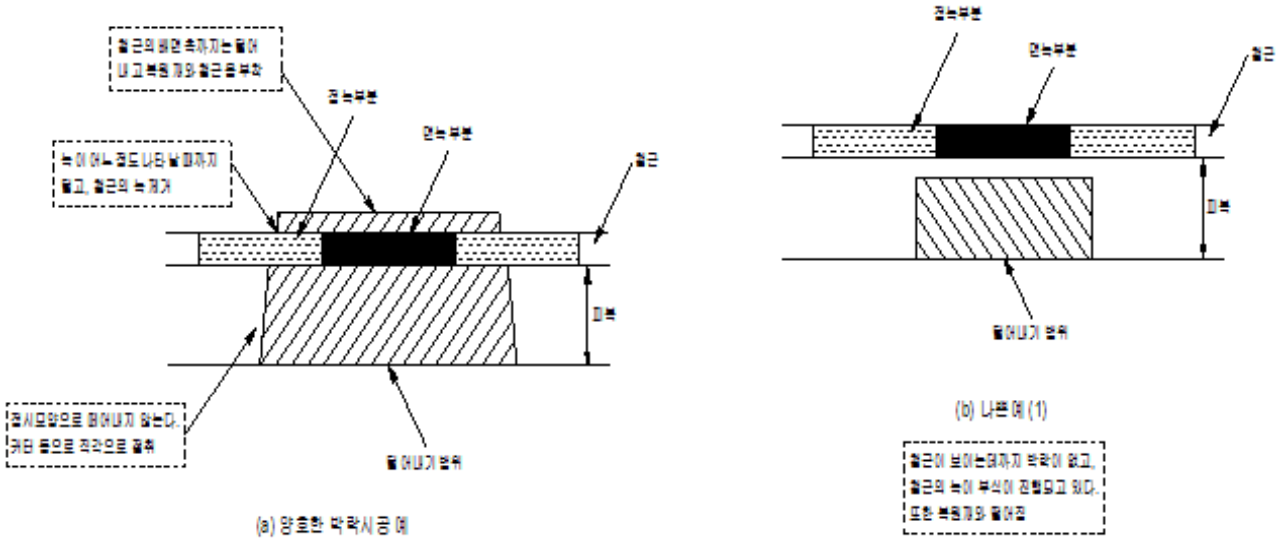
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

따라서, 녹제거를 확실하게 할 수 있도록 철근표면의 전면에 녹이 나오고 있는 부분(면녹의 부분)뿐만 아니라, 이것과 인접하면서 녹이 점상으로 나타나는 비교적 건전한 부분(점 녹의 부분)이 드러나는 범위까지 털어낼 필요가 있다. 한편, 털어내기 전에 면 녹의 범위를 파악하기 위해서는 자연전위 보정법에 근거하고 보정자연전위에서 -350mV보다 낮은 전위를 가리키는 부분이 이것에 해당한다.

또한 같은 이유로 녹의 제거는 철근의 전 주변에 대하여 실시하여야 하고, 철근은 박락된 부분(면)에서부터 뒷부분까지 파취할 필요가 있다. 이것은 단면복구(보수)재가 철근을 둘러싸는 것에 의한 부착성 향상에도 유효하다.

**③ 털어내기 형상**

콘크리트와 단면복구(보수)재와는 일반적으로 열팽창율이 다르기 때문에 복구재의 단부가 접시형상으로 되어 있으면, 온도신축에 의해 그 부분으로부터 박리현상을 보이는 우려가 있다. 이것을 방지하기 위해 털어내기시 단부가 접시형상으로 되는 것을 피하고, 될 수 있는 한 수직에 가까운 각도로 깊이 털어내는 것이 중요하다.




【그림 7.4】 단면복구(보수) 상세도

**4) 철근의 방청 처리**

털어내기에 의해 노출된 철근의 녹 제거는 특히 정성껏 실시할 필요가 있다. 일반적으로 와이어 브러시를 이용할 수 있는 것이 많지만, 보다 확실한 녹제거 방법은 샌드 블라스트, 워트제트 등을 쓰는 것이 좋다.

녹을 제거한 후는 철근에 방청재를 도포한다. 방청재에는 녹방지 도료, 아질산염계 방청재, 염분흡착제를 사용한 시멘트계 방청형 보수재가 있다. 일반적으로 철근부식의 억제는 철근부식효과가 있는 아질산염 이온이 함유된 것이 효과적이다.

액산의 아질산칼륨이나 아질산리튬을 철근이나 박락면에 직접 도포하여 아질산염이온을 같이 배합한 아질산염계 방청재가 있다. 염화물에 의한 부식의 경우 유효한 도포량은 아질산 이온량과 염화물량의 비율을 관리하여야 하며 많은 양의 충전이 필요한 경우 Paste나 모르터 등을 혼합하여 사용하는 등의 검토가 필요하다. 또한 최근 개발된 염분흡착재를 이용한 방청재는 해수성분을 함유한 수분이 있는 개소의 철근부식에 대응하여 아질산 이온을 도입 또는 함유한 염화물량의 저감효과가 있다.

염분흡착재는 콘크리트 제체중의 유해한 염화물이 흡착되어 저감되어지는 동시에 염분흡착제 자신이 기다리고 있는 아질산 이온을 방출하는 것에 의해 높은 방식재 효과를 얻을 수 있다.

### 5) 단면복구(보수) 재료

복구재의 선정은 열화의 요인, 손상 상황, 누수 상황 등을 감안하고, 기설의 철근이나 콘크리트와의 부착성, 시공성, 재료특성 등을 평가하고 시공개소에 적합한 것을 채용 할 필요가 있다. 특히 사용실적이나 적절한 시험방법 등에 의해 품질, 성능을 확인할 수 있는 복구재를 사용하는 것이 바람직하다. 단면복구(보수)재는 저수축성이 요구되며, 복구재 충전 후 경화전에 우려할만한 차량진동을 받는 부위는 조강형을 사용하고, 아치부나 슬래브하면 등 시공성을 중시할 경우는 경량형을 사용하고, 거푸집을 설치해서 충전할 경우는 고유동형을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.

일반적으로 단면복구(보수)재를 충전하기 전에 프라이머를 도포하는 경우가 많다. 프라이머는 기설 콘크리트와 복구재의 부착성 향상을 목적으로 한 에폭시 수지계, 복구재의 수분이 기설 콘크리트에 흡수되어 경화에 필요한 수분이 결핍하는 「드라이 아웃」 방지를 목적으로 한 수성 에멀션을 주재로 하는 재료 등이 있다.

**【표 7.10】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류**

| 분 류 | | 개 요 |
|---|---|---|
| 유기계 | 수지모르터 (에폭시수지 등) | 에폭시 등의 수지와 잔골재를 이용한 모르터로 고강도, 수밀, 경량, 접착성이 뛰어나고 섞어쓰기 용이하나 고가임 |
| 무기계 | 폴리머 시멘트 모르터 | 시멘트에 SBR, 포키시 등의 수지를 첨가한 모르터로 고강도, 수밀성 양호 |
| | 무수축 모르터 | 팽창재가 함유된 건조수축을 보상하는 것에 의해 억제하는 모르터 |

### 6) 단면복구(보수)시 유의 사항

① Lath 철망이나 Wire Mesh를 끼울 경우는 박리현상이 발생되지 않게 충분히 고정한 뒤 단면복구(보수)재를 충전한다.

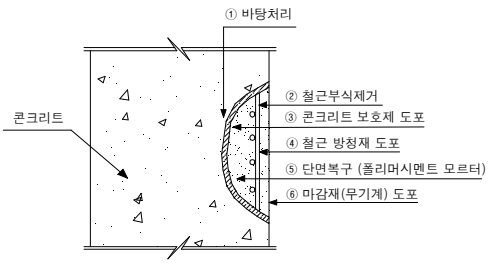
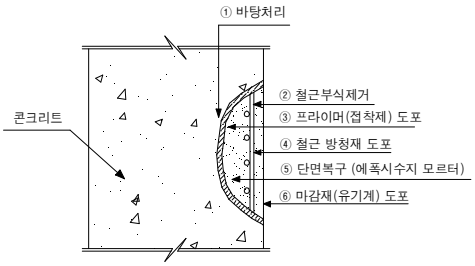
② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.

③ 보수 깊이가 깊은 개소의 충전은 여러층으로 시공할 경우 경계부위가 부착상의 약점이 되기 쉬우므로 정확한 작업이 요구된다.

④ 보수한 단면복구(보수)재가 낙하할 가능성이 있는 부위는 중점적으로 검사 및 점검을 실시한다. 또한, 재료의 선택에 따라 신구콘크리트접착재의 도포가 필요할 경우에는 도포 후 단면복구(보수)를 실시한다.

⑤ 털어내기 작업시 콘크리트 분진으로 인한 대기오염을 방지하기 위해 집진시설이나 물분사 등을 실시하여 도로주변의 환경오염에 주의하여야 한다.

**【표 7.11】 단면복구(보수) 공법비교안**

| 구 분 | 폴리머시멘트 모르터 공법 | 에폭시수지 모르터 공법 |
|---|---|---|
| 개 요 도 |  |  |
| 공법개요 | · 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법 | · 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법 |
| 시공방법 | · 치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계)도포 | · 치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포 |
| 특 징 | · 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음<br>· 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보<br>· 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수함<br>· 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함<br>· 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함<br>· 보통 형식의 것은 경화시간의 늦고 공기가 길어짐 | · 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함<br>· 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함<br>· 재료비가 폴리머 시멘트에 비해 저가임<br>· 경화시간이 빠름<br>· 방청효과가 확실하지 않음<br>· 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려<br>· 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 |

## 7.3 보수·보강 개략공사비

금회 진단에서 차령터널(천안방향)에 대한 부재 및 손상에 대하여 개략공사비를 산정하였으며, 보수공법별 단가는 한국도로공사 2018년 유지보수단가를 적용하여 산정하였다.

【표 7.12】 보수·보강 개략공사비

| 구분 | 손상내용 | 보수방안 | 손상 물량 | 보수 물량 | 단위 | 단가 (천원) | 개략 공사비 (천원) | 우선 순위 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 라이닝 | 균열(0.3㎜이상) | 주입보수 | 4.50 | 1.69 | ㎡ | 75 | 127 | 2 |
| | 박락 | 단면보수 | 4.35 | 6.53 | ㎡ | 230 | 1,502 | 2 |
| 측벽부 | 균열(0.3㎜이상) | 주입보수 | 25.50 | 9.56 | ㎡ | 50 | 478 | 2 |
| | 백태 | 표면보수 | 0.06 | 0.09 | ㎡ | 75 | 7 | 2 |
| | 파손 | 단면보수 | 4.40 | 6.60 | ㎡ | 230 | 1,518 | 2 |
| 배수시설 | 파손 | 단면보수 | 1.26 | 1.89 | ㎡ | 230 | 435 | 2 |
| 공동구 | 균열(0.3㎜이상) | 주입보수 | 20.00 | 7.50 | ㎡ | 75 | 563 | 2 |
| | 박리 | 단면보수 | 0.64 | 0.96 | ㎡ | 230 | 221 | 2 |
| | 박락 | 단면보수 | 17.29 | 25.94 | ㎡ | 230 | 5,966 | 2 |
| | 철근노출 | 단면보수(방청) | 0.07 | 0.11 | ㎡ | 250 | 28 | 2 |
| | 철근부식 | 단면보수(방청) | 0.50 | 0.75 | ㎡ | 250 | 188 | 2 |
| | 덮개박리 | 단면보수 | 25.41 | 38.12 | ㎡ | 230 | 8,768 | 3 |
| | 덮개파손 | 단면보수 | 12.32 | 18.48 | ㎡ | 230 | 4,250 | 2 |
| 포장 | 포장박리 | 단면보수 | 8.33 | 12.50 | ㎡ | 230 | 2,875 | 2 |
| | 포장파손 | 단면보수 | 1.64 | 2.46 | ㎡ | 230 | 566 | 2 |
| 순공사비 합계(천원) | | | | | | | | 27,492 |
| 제경비(순공사비×50%, 천원) | | | | | | | | 13,746 |
| 순위별 공사비 (제경비 포함) | | 1순위 | | | | | | - |
| | | 2순위 | | | | | | 28,086 |
| | | 3순위 | | | | | | 13,152 |
| 유지보수 개략공사비 총계 | | | | | | | | 41,238 |

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 포함한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 유지보수 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.
※ 면적환산 = 균열보수(0.3㎜미만) : L(길이) × 0.25m(폭)
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

# 7.4 유지관리방안

터널 유지관리는 터널의 공용수명 동안 터널의 안전성과 기능성을 유지하기 위하여 행하는 행위로써 손상발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 조치를 취하는 예방 유지관리와 손상발생 후 조치를 취하는 사후 유지관리로 나눌 수 있으나 유지관리의 주안점은 구조적 특성이나 손상유형을 고려하여 사전에 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하며 그 원인을 미리 해소하는 예방 활동에 목표를 두어야 한다.

## 7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

### 가. 중점유지관리 개요

차령터널(천안방향)은 금회 진단결과, 라이닝 및 측벽부에 발생한 균열 폭 0.2~0.3㎜ 균열, 박락, 파손과 배수시설 균열 및 파손, 공동구 균열 폭 0.2~0.3㎜ 균열, 박리, 박락, 철근노출, 덮개 손상 등이며 이에 대해 보수 실시 후 재손상 발생 여부 및 추가 손상진전 발생에 대한 주기적인 점검이 필요하다. 그 외 손상부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

### 나. 라이닝 폭 0.3㎜ 균열

#### 1) 선정사유

라이닝 천단부 및 측벽부의 외관조사 결과 폭 0.1~0.3㎜ 균열이 다수 조사되었다. 전반적으로 비구조적인 균열로 판단되나, 폭 0.3㎜ 균열의 경우 내구성 향상을 위하여 보수가 필요한 상태이다.

#### 3) 향후관리방안

발생한 균열(폭 0.3㎜이상)에 대하여 주입보수를 실시하고 보수부 재균열 발생 여부 및 진전여부를 주기적인 관찰 및 점검을 실시하여 유지관리 하는 것이 바람직하며, 그 외 균열부는 주의관찰 후 손상의 진전시 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

## 다. 부재별 중점유지관리 사항

본 터널에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

**【표 7.13】부재별 유지관리 중점사항**

| 부재구분 | 중 점 점 검 내 용 |
|---|---|
| 라이닝<br>천단부 | • 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열<br>• 신축이음부 박락 진전 여부 |
| 라이닝<br>측벽부 | • 폭 0.1~0.3㎜ 균열, 망상균열<br>• 타일균열, 타일긁힘, 타일파손, 타일박락, 타일탈락 등 진전 여부 |
| 갱문 | • 도장박리 진전 여부 |
| 배수시설 | • 종방향 균열<br>• 파손 진전여부 |
| 공동구 | • 폭 0.1~0.3㎜ 균열<br>• 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출, 철근부식<br>• 덮개 박리, 덮개 재료분리, 덮개 파손<br>• 타일균열, 타일탈락, 타일파손 |
| 교면포장 | • 포장부 균열 진전 여부<br>• 이음부 파손 진전 여부 |
| 피난연락갱 | • 천단부 박락 진전 여부 |
| 부속시설 | • 설치상태 및 관리상태, 작동상태 지속관리 |

## 7.4.2 유지관리시 점검요령

### 가. 갱문

【표 7.14】 갱문 점검항목

| 점 검 부 위 | 점 검 항 목 |
|---|---|
| ▷ 공통 | •균열<br>•누수<br>•변상(박리, 박락, 백태 등)<br>•경사도(부등침하)<br>•배수로 손상(토사유입, 물고임, 식생여부 등) |
| 점검 요령 | •점검방법<br>- 갱문의 양측부나 상부에서 가능한 한 근접하여 육안검사를 실시<br>- 필요시 사다리나 고소작업차를 이용하여 육안검사 실시<br>- 망치 등의 장비로 타격음 이용한 점검 실시<br>- 옹벽과의 경계부 단차 등의 변상 점검<br>- 갱문의 경사, 침하 등에 대한 조사 실시<br>- 동해나 열화가 심한 부위는 코어를 채취한 후 실내시험 실시<br>•손상발생시 조치<br>- 균열 및 단차, 누수 등 각 변상에 대한 외관방도 작성 후 사진촬영<br>- 진행성이 예상되는 변상은 판단을 위한 측정자 설치<br>- 변상의 진행성이 관측되면 즉시 전문가에 의한 현장자문 의뢰<br>•점검시 유의사항<br>- 통행 차량에 주의하여 안전하게 점검<br>- 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의 |
| 점검 도구 | •사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 야장 |

## 나. 라이닝

【표 7.15】 라이닝 점검항목

| 점 검 부 위 | 점 검 항 목 |
|---|---|
| ▷ 공통 | •균열<br>•누수<br>•변상(박리, 박락, 백태, 단차)<br>•동해, 고드름 |
| ▷ 개착부 | •철근노출, 부식 |
| ▷ 천정부 | •오염, Jet Pan 상태 |
| ▷ 아치부(어깨부) | •오염, 조명시설 상태 |
| ▷ 측벽부 | •오염, 타일탈락 |
| ▷ 시공이음부 | •압좌, 단차, 파손, 토사유입 |
| 점검 요령 | •점검방법<br>- 점검로를 이용, 도보로 이동하면서 점검 실시<br>- 천정부와 어깨부는 변상에 대한 의심이 가는 부분은 사다리나 고소작업차를 이용하여 근접조사 실시<br>- 점검망치를 이용하여 타격음을 이용한 라이닝 외관상태 파악<br>- 신축이음부는 누수가 많은 부위로서 누수조사와 아울러 경계부 단차, 압좌 등 점검<br>- 각종 설비 주변 라이닝 변상 여부 확인<br>- 터널 라이닝의 변형이 많이 조사된 위치는 내공변위 측정 실시<br>- 동해나 열화가 심한 부위는 코어를 채취하여 실내시험 실시<br>•손상발생시 조치<br>- 균열 및 단차, 누수 등 각 변상에 대한 외관망도 작성 후 사진촬영<br>- 진행성 판단을 위한 측정자, 내공변위 핀 설치<br>- 변상의 진행성이 관측되면 즉시 전문가에 의한 현장자문 의뢰<br>•점검시 유의사항<br>- 통행 차량에 주의하여 안전하게 점검<br>- 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의 |
| 점검 도구 | •사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장, 고휘도 써치 |

## 다. 라이닝 접속시설

【표 7.16】라이닝 접속시설 점검항목

| 점 검 부 위 | 점 검 항 목 |
|---|---|
| ▷ 공통 | •균열, 누수, 백태, 파손, 압좌, 변형 |
| ▷ 비상주차대 | •철근노출, 부식, 균열, 누수, 백태, 박락, 파손 등 |
| ▷ 피난연락통로 | •라이닝 점검항목 참조 |
| ▷ 외부공동구 | •누수, 파손, 토사유입, 침수, 오염, 이물질 퇴적 등 |
| 점검 요령 | •점검방법<br>- 라이닝 점검방법과 동일<br>•손상발생시 조치<br>- 라이닝에 발생된 조치방법과 동일<br>•점검시 유의사항<br>- 라이닝 점검시 유의사항과 동일 |
| 점검 도구 | •사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장, 고휘도 써치 |

## 라. 바닥부

【표 7.17】 바닥부 점검항목

| 점 검 부 위 | 점 검 항 목 |
|---|---|
| ▷ 공통 | •균열, 파손, 침수, 결빙, 이물질 퇴적 등 |
| ▷ 포장 | •침하, 융기 등 |
| ▷ 공동구 | •이음부 단차, 케이블 절선, 철근노출 및 부식, 공동구 덮개 파손, 개폐성 |
| ▷ 배수로 | •통수량, 흐름, 오염, 개폐성 |
| 점검 요령 | •점검방법<br>- 점검로를 이용하여 도보로 이동하면서 조사 실시<br>- 바닥부에 물기나 결빙이 된 경우는 물기의 출처 및 원인을 확인·기록<br>- 배수구는 덮개를 연 후에 내부상태를 조사하며, 덮개와 구조체의 파손여부를 확인<br>- 포장 덧씌우기 공사로 인해 배수구 덮개가 열리지 않는 구간도 있으므로 이에 대한 조사 실시<br>•손상발생시 조치<br>- 균열 및 침하, 융기 등 각 변상에 대한 외관망도 작성 후 사진촬영<br>- 바닥부의 누수자국에 대한 누수출처를 확인 후 다른 변상으로의 전이 여부를 파악<br>•점검시 유의사항<br>- 배수구를 이용하여 점검을 실시할 경우에는 차량 진행방향의 반대방향으로 조사 실시<br>- 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의 |
| 점검 도구 | •사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장, 고휘도 써치 |

## 마. 부속시설

【표 7.18】 부속시설 점검항목

| 점 검 부 위 | 점 검 항 목 |
|---|---|
| ▷환기시설 | •작동여부, 오염, 부식, 장착상태, 장착부 라이닝 균열 |
| ▷내장재 | •균열, 탈락, 들뜸, 오염 |
| ▷조명시설 | •조도, 부점등, 파손, 오염 |
| ▷소화전 | •보관함 개폐, 부식, 노즐노화, 안전핀 상태 등 |
| ▷각종표지판 | •파손, 위치의 적정성, 작동여부, 오염 |
| 점검 요령 | •점검방법<br>- 터널의 측벽이나 노면에 설치된 표지판, 전원설비, 비상시설의 점검은 도보로 이동하면서 장착여부 및 오염에 대한 조사를 실시하고, 천정부나 어깨부에 위치한 환기시설, 조명, 안내등 등은 상태파악 실시<br>- 필요시 고소작업차를 이용하여 근접조사 실시<br>- 터널의 부속시설들은 차량의 매연에 의한 오염이 심하므로 점검시 물세척을 실시하고 기능발휘 여부를 확인<br>•손상발생시 조치<br>- 작동이 안되거나 장착이 불량한 설비의 경우 접근하여 파손 및 배선불량, 고장 등을 확인한 후 전문가에 의한 수리요청<br>- 오염이 심한 표시판은 물세척을 실시하고, 타일 벽면의 청소는 연간 3회 이상을 실시하되 생분해 세척제를 사용하여 환경영향의 최소화와 작업시간을 최대한 단축<br>- 조명등과 같이 교체가 필요한 설비는 확인 후 즉시 교체<br>•점검시 유의사항<br>- 통행 차량에 주의하여 안전하게 점검(배수구를 이용하여 점검을 실시할 경우에는 차량 진행방향의 반대방향으로 조사 실시)<br>- 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의<br>- 전기시설의 접근시에는 안전장구를 반드시 착용 후 점검 |
| 점검 도구 | •사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 드라이버, 점검야장, 고휘도 써치 |

# 제 8장 종합결론

## 8.1 종합결론

## 8.2 현장조사 결과

## 8.3 시험 및 측정 결과

## 8.4 상태평가 결과

## 8.5 안전성평가 결과

## 8.6 결 언

# 제 8장 종합결론

## 8.1 종합결론

본 과업 대상 터널인 차령터널(천안방향)은 천안논산선(이정 : 263.18km)상의 터널로 2002년 4차선(천안 : 2차선, 논산 : 2차선)으로 준공하였다.

본 과업은 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사, 각종시험 및 구조안전성평가 등을 통한 차령터널(천안방향)의 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

## 8.2 현장조사 결과

○ 라이닝 천장부 및 어깨부의 외관조사 결과 균열 및 망상균열이 조사되었으며 폭 0.1~0.3㎜의 균열이 발생한 상태이다. 균열폭 0.3㎜이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다. 금회 조사된 균열폭 0.3㎜이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 라이닝 신축이음부에 박락이 발생하였으며 발생원인은 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다.

○ 측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스판구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생된 손상으로 판단된다. 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3㎜ 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2㎜ 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다. 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가

경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로서 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을 미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 긁힘, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.

○ 갱문에 발생된 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생된 손상으로 판단된다.

○ 갱구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.

○ 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생된 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.

○ 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2㎜이하의 횡방향 균열이 다수 발생된 상태이다. 균열 폭 0.2㎜이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.

○ 포장에 발생된 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 윤하중에 의한 반복하중에 의해 발생된 것으로 판단된다. 포장긁힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생된 것으로 조사되었다.

○ 피난연락갱은 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.

○ 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

## 8.3 시험 및 측정 결과

○ 비파괴강도 측정결과, 설계기준 대비 평균 109.6～130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었으며 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

○ 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

○ 탄산화깊이 측정치와 최소 피복두께를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가되었다.

○ 염화물함유량 시험은 건전부 구간에서 “b등급” 이상으로 평가되었다.

○ 균열깊이 측정결과, 폭 0.3㎜이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다.

○ 터널 단면측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.

○ 터널 종단측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.

○ GPR탐사단면으로부터 공동의 정확한 두께를 측정할 수는 없지만 반사면의 강도, 반사형태등으로 추정하였다. 조사된 총 10개소의 배면공동은 연장 1.0~3.0m, 추정두께 0.2m 이내로서 그 규모가 크지 않아 즉각적인 보수보다는 주기적인 육안관찰 및 GPR탐사를 통해 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

## 8.4 상태평가 결과

○ 차령터널(천안방향)의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내수성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급” 으로 평가되었다.

## 8.5 안전성평가 결과

○ 무근 콘크리트 라이닝에 대한 안전성평가 결과, 천장부 최소안전율이 1.95로, 어깨부 최소안전율이 2.68로, 측벽부 최소안전율이 5.41로 안전율 1.5를 상회하는 것으로 평가되었다. 철근 콘크리트 라이닝에 대한 안전성평가 결과, 천장부 최소안전율이 1.77로, 어깨부 최소안전율이 2.30로, 측벽부 최소안전율이 4.92로 안전율 1.5를 상회하는 것으로 평가되었다. 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

○ 응답변위법을 이용한 차령터널(천안방향)의 내진검토 결과 기존 철근보강으로 본 해석단면은 지진발생에 대한 충분한 안전율을 확보하고 있어 기능 수행수준 및 붕괴방지수준에 부합하는 것으로 판단된다.

## 8.6 결 언

○ 차령터널(천안방향)은 16년의 공용기간이 경과한 터널시설물로서, 주부재인 라이닝에 구조적 손상은 조사되지 않은 상태이다. 일부 발생한 손상들은 터널의 내구성 저하 방지를 위한 국부적인 보수 및 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 평가되었다.

○ 따라서, 본 터널의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 보수를 실시하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 현재의 상태를 유지하는 데에는 문제가 없을 것으로 판단된다.