

관 리 번 호

서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역

정 밀 안 전 점 검 [1·2종 터 널]

2022. 12

서울문산고속도로(주)
(주) 명 성 엔 지 니 어 링

정밀안전점검

125mm

3mm

1
·
2
종
터
널

2
0
2
2
·
1
2

서울문산고속도로

169mm

제 출 문

서울문산고속도로주식회사 귀하

귀사와 계약 체결한 『서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검) 용역』을
성실히 수행하고 그 결과를 본 터널 정밀안전점검 보고서에 수록하여 부속자료와 함께
제출합니다.

2022년 12월 31일

(주)명성엔지니어링

대표이사 김선무(인)



가. 일반현황

용역명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	2종
준공일	2020년 11월 06일	점검금액(천원)		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 225	시설물규모	연장 376.0m, 폭 10.7m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	- 라이닝 천단부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 재균열, 조인트부 들뜸, 박락, 누수 등 - 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박락 등 - 공동구 덮개 파손 - 포장부 박리 - 갱문 점검계단 유실, 배수로 균열부 백태 및 파손, 측면 토사유실
주요 보수·보강	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수 - 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구분	성명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 회 군	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 라이닝 균열 및 갱문 배수로 파손, 측면유실 - 진전 여부
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

봉대산터널(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견

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

책임기술자 : 이 상 훈 (서명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 보장			상태평가 결과 : B
결함발생부재	상태 평가 결과	결함종류	보수 보장(안)
라이닝 콘크리트	b	•균열(cw=0.3mm미만, 이상) •망상균열 •조인트부 들뜸, 박락, 누수	•표면보수, 주입보수 •표면보수 •단면보수
갱문	b	•점검계단 유실, 배수로 백태	•재설치, 정비
사면	a	•상태양호	-
공동구	b	•덮개 파손	•덮개 재설치
배수시설	a	•상태양호	-
포장부	b	•박리	•단면보수
부속시설	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
—	—	해당사항 없음	—	—

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—

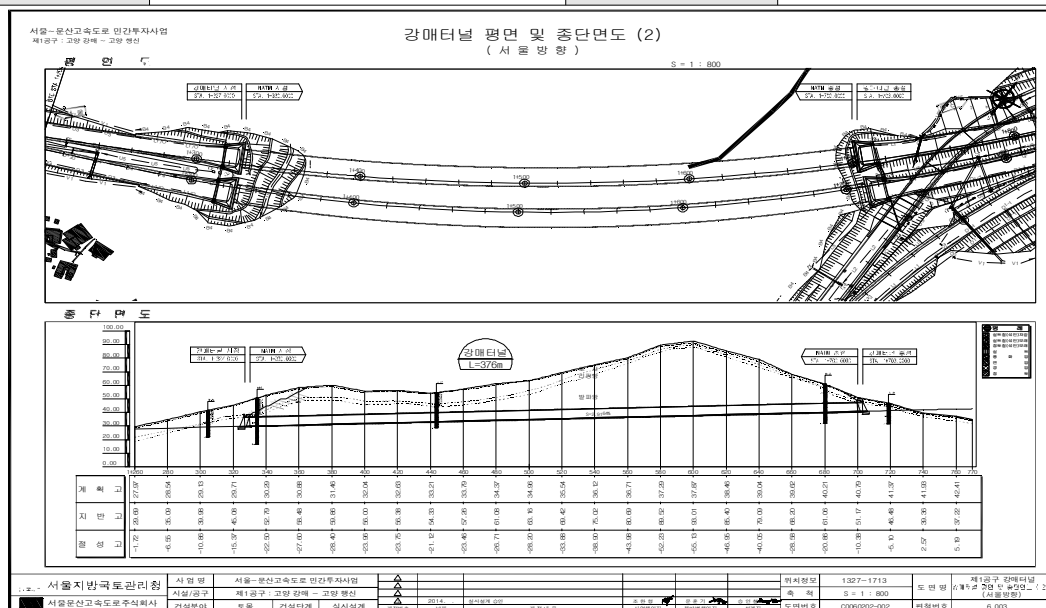
라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	26.5~28.3	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	57.0~58.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
종합 평가	- 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 - 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

봉대산터널(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

시설물명	봉대산터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000095
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점: 경기도 고양시 덕양구 강매동 225 / 종점: 경기도 고양시 덕양구 강매동 193-12		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	376.0m	설 계 사	(주)다산컨설팅
내공단면	폭 : 10.7m, 높이 6.5m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.9164%	착 공	2015년 11월 07일
평균선형	R=1,200m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	개문형식	면벽식
주요공법	개착 + NATM	보조공법	-



중평면도

봉대산터널(서울) 전경사진

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

가. 일반현황

용역명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	2종
준공일	2020년 11월 06일	점검금액(천원)		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매로 164	시설물규모	연장 386.0m, 폭 10.7m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 라이닝 천단부 균열 및 재균열(cw=0.3mm미만, 이상), 조인트부 들뜸, 누수 등 • 라이닝 측벽부 망상균열, 백태 등 • 공동구 덮개 파손 • 포장부 균열, 파손
주요 보수·보강	• 표면보수 • 주입보수 • 단면보수 • 재설치, 실링

다. 책임(참여)기술자 현황

구분	성명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 회 군	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 라이닝 균열 - 진전 여부
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

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

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : B
결함발생부재	상태 평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
라이닝 콘크리트	b	- 균열(cw=0.3mm미만, 이상) - 조인트부 들뜸, 누수	- 표면보수, 주입보수 - 단면보수
갯문	a	상태양호	-
사면	a	상태양호	-
공동구	b	덮개 파손	덮개 재설치
배수시설	a	상태양호	-
포장부	b	- 균열 - 파손	- 실링 - 단면보수
부속시설	a	상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
—	—	해당사항 없음	—	—

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—

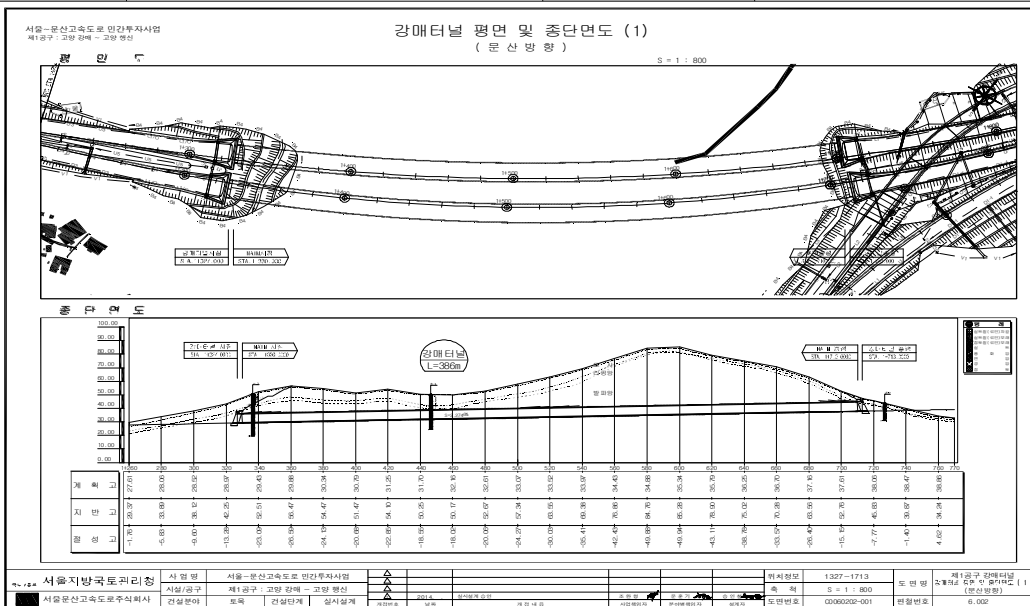
라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	26.1~28.0	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	58.0~59.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

봉대산터널(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

시설물명	봉대산터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000096
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점: 경기도 고양시 덕양구 강매로 164 / 종점: 경기도 고양시 덕양구 강매동 산 5-2		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	386.0m	설 계 사	(주)다산컨설턴트
내공단면	폭 : 10.7m, 높이 6.5m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.2746%	착 공	2015년 11월 07일
평균선형	R=1,000m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	갱문형식	면벽식
주요공법	개착 + NATM	보조공법	-



중평면도

봉대산터널(문산) 전경사진



진입부 전경



진출부 전경



내부 전경



배수시설 전경



소화시설 전경



조명시설 전경

성라산터널(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용역명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	2중
준공일	2020년 11월 06일	점검금액(천원)		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-67(성사동)	시설물규모	연장 257.0m, 폭 13.0m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 라이닝 천단부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 조인트부 들뜸 등 • 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열, 조인트부 들뜸 등 • 공동구 덮개 파손, 파손 • 포장부 들뜸 • 갭문 균열, 갭문배수로 균열
주요 보수·보강	• 표면보수 • 주입보수 • 단면보수 • 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 회 군	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 라이닝 균열 - 진전유무
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

성라산터널(서울) 정밀안전점검 요약표

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

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 보장			상태평가 결과 : B
결함발생부재	상태 평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
라이닝 콘크리트	b	- 균열(cw=0.3mm미만, 이상) - 조인트부 들뜸	- 표면보수, 주입보수 - 단면보수
갯문	b	배면 균열	표면보수
사면	a	상태양호	-
공동구	b	- 파손 - 덮개 파손	- 단면보수 - 덮개 재설치
배수시설	b	상태양호	-
포장부	b	들뜸	단면보수
부속시설	a	상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
—	—	해당사항 없음	—	—

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—

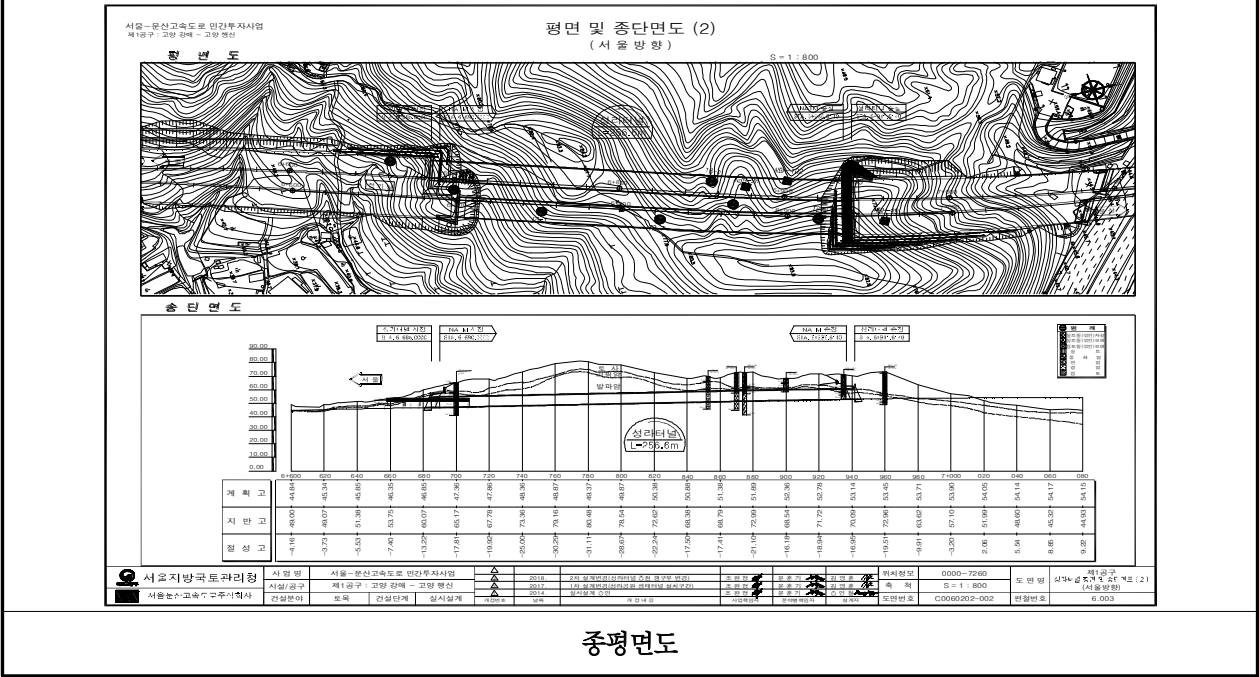
라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	26.3~28.2	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	56.0~58.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
종합 평가	- 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 - 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

성라산터널(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

시설물명	성라산터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000097
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-67(성사동) 종점 : 경기도 고양시 덕양구 강매동 225		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	257.0m	설 계 사	(주)다산건설턴트
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.4%	착 공	2015년 11월 07일
평균선형	-	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	개문형식	면벽식
주요공법	개착 + NATM	보조공법	-



성라산터널(서울) 전경사진

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

성라산터널(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용역명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	2중
준공일	2020년 11월 06일	점검금액(천원)		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-74(성사동)	시설물규모	연장 240.0m, 폭 13.0m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 라이닝 천단부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 백태, 조인트부 들뜸, 실링재 미시공 등 • 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열, 백태, 누수 등 • 공동구 파손 • 포장부 망상균열, 파손 • 갭문 균열
주요 보수·보강	• 표면보수 • 주입보수 • 단면보수 • 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구분	성명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 회 군	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 라이닝 균열 - 진전유무
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

성라산터널(문산) 정밀안전점검 요약표

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

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 보장			상태평가 결과 : B
결함발생부재	상태 평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
라이닝 콘크리트	b	- 균열(cw=0.3mm미만, 이상) - 백태 - 조인트부 들뜸, 박락	- 표면보수, 주입보수 - 표면보수 - 단면보수
갯문	b	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수
사면	a	상태양호	-
공동구	b	파손	단면보수
배수시설	b	상태양호	-
포장부	b	망상균열, 파손	단면보수
부속시설	a	상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
—	—	해당사항 없음	—	—

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—

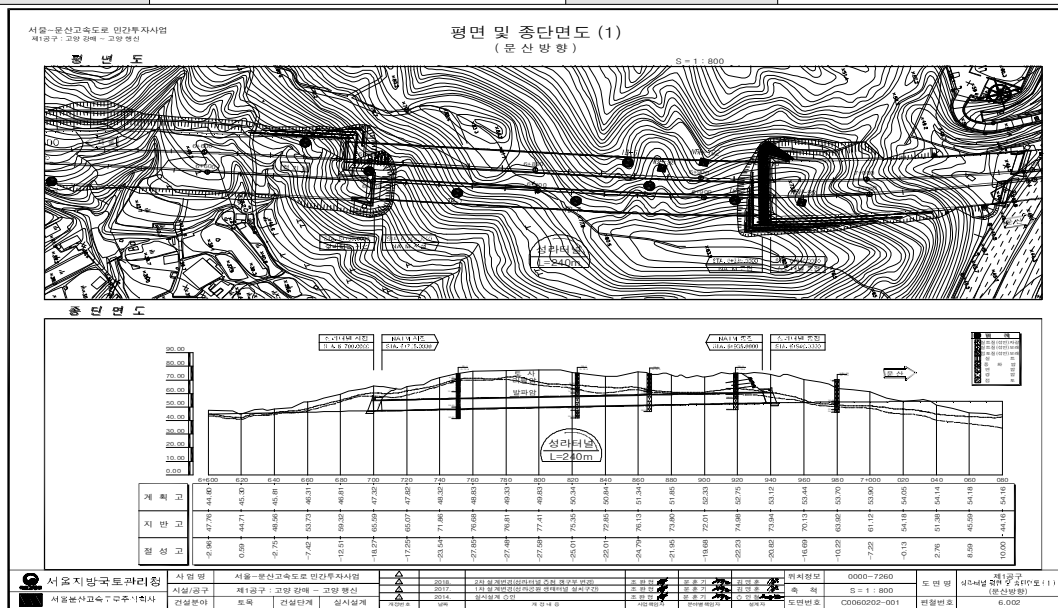
라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	26.2~28.1	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	57.0~57.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
종합 평가	- 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 - 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

성라산터널(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

시설물명	성라산터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000098
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-74(성사동) 종점 : 경기도 고양시 덕양구 성사동 267-3		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	240.0m	설 계 사	(주)다산컨설팅
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.4%	착 공	2015년 11월 07일
평균선형	-	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	개문형식	면벽식
주요공법	개착 + NATM	보조공법	-



중평면도

성라산터널(문산) 전경사진

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

전달산터널(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용역명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	2중
준공일	2020년 11월 06일	점검금액(천원)		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 일산동구 문봉동 산 28-10	시설물규모	연장 308.0m, 폭 13.0m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 라이닝 천단부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 재균열, 망상균열, 조인트부 들뜸 등 • 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열, 누수 • 공동구 균열(cw=0.3mm이상), 파손 • 포장부 균열, 파손 • 갭문 균열
주요 보수·보강	• 표면보수 • 주입보수 • 단면보수 • 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구분	성명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 회 군	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 라이닝 균열 - 진전유무
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

견달산터널(서울) 정밀안전점검 요약표

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

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 보장			상태평가 결과 : B
결함발생부재	상태 평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
라이닝 콘크리트	b	- 균열(cw=0.3mm미만, 이상) - 망상균열, 백태 - 조인트부 들뜸, 박락	- 표면보수, 주입보수 - 표면보수 - 단면보수
갯문	a	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수
사면	a	상태양호	-
공동구	b	균열(cw=0.3mm이상), 파손	주입보수, 단면보수
배수시설	b	상태양호	-
포장부	b	- 균열 - 파손	- 실링 - 단면보수
부속시설	a	상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
—	—	해당사항 없음	—	—

다. 내진성능 검토 수행 여부

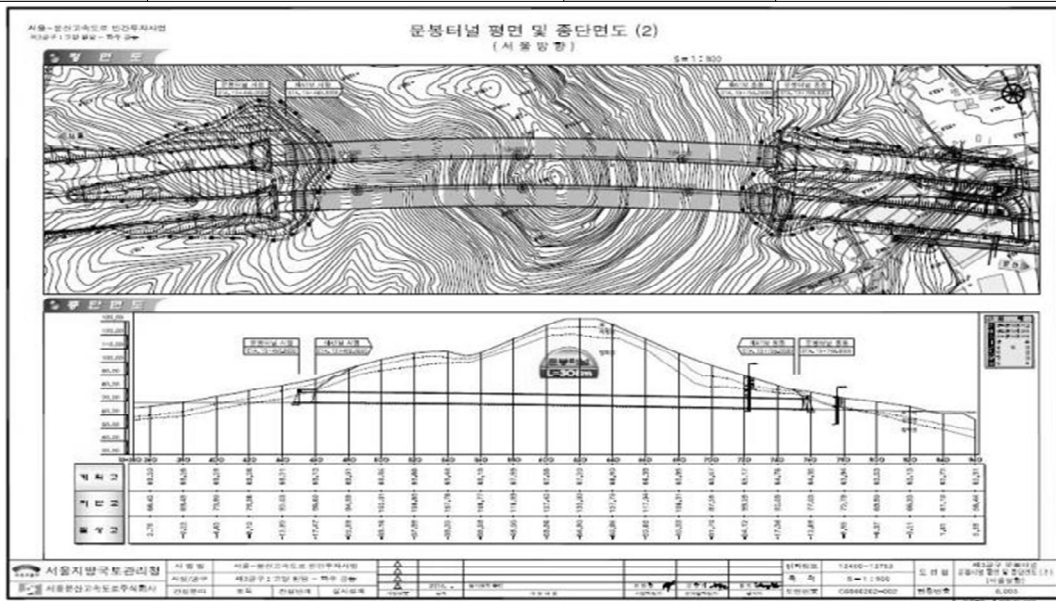
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—

라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	26.7~28.4	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	57.0~58.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
종합 평가	- 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 - 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

작성일 : 2022년 11월 24일

시설물명	견달산터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000043
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 일산동구 문봉동 산 28-10 종점 : 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-56		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	308.0m	설 계 사	(주)신성엔지니어링
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	동남이엔씨
종단기울기	2.040%	착 공	2015년 11월 07일
평균선형	R=2,025m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	개문형식	면벽식
주요공법	개착 + NATM	보조공법	-



중평면도

전달산터널(서울) 전경사진

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

전달산터널(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용역명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	2중
준공일	2020년 11월 06일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 일산동구 문봉동 산 28-10	시설물규모	연장 303.0m, 폭 13.0m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 라이닝 천단부 균열(cw=0.3mm이상), 재균열, 백태, 조인트부 들뜸 등 • 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만), 망상균열, 누수흔적 • 공동구 상태양호 • 포장부 파손 • 갭문 균열, 망상균열
주요 보수·보강	• 표면보수 • 주입보수 • 단면보수 • 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구분	성명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 회 군	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 라이닝 균열 - 진전유무
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

견달산터널(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견	
- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 견달산터널(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. - 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.	
책임기술자 : 이 상 훈 (서명)	

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 보장			상태평가 결과 : A
결함발생부재	상태 평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
라이닝 콘크리트	a	- 균열(cw=0.3mm미만, 이상) - 백태 - 조인트부 들뜸	- 표면보수, 주입보수 - 표면보수 - 단면보수
갯문	a	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수
사면	a	상태양호	-
공동구	a	상태양호	-
배수시설	b	상태양호	-
포장부	b	파손	단면보수
부속시설	a	상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
—	—	해당사항 없음	—	—

다. 내진성능 검토 수행 여부

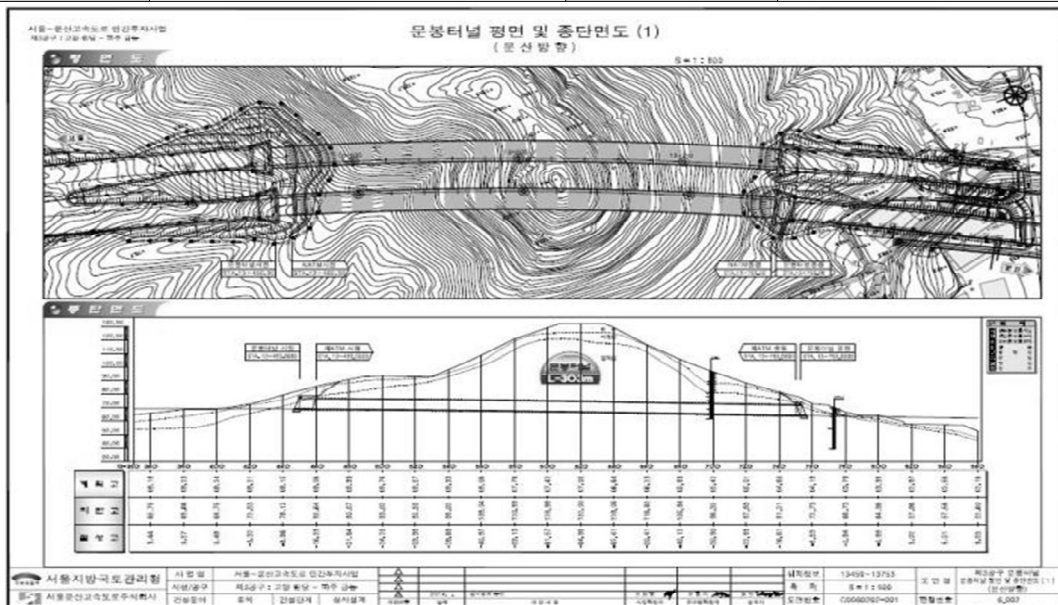
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—

라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	26.1~28.0	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	57.0~58.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
종합 평가	- 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 - 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

작성일 : 2022년 11월 24일

시설물명	견달산터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000044
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 일산동구 문봉동 산 28-10 종점 : 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-56		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	303.0m	설 계 사	(주)신성엔지니어링
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	동남이엔씨
종단기울기	2.040%	착 공	2015년 11월 07일
평균선형	R=2,000m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	갱문형식	면벽식
주요공법	개착 + NATM	보조공법	-



중평면도

전달산터널(문산) 전경사진



진입부 전경



진출부 전경



내부 전경



배수시설 전경



소화시설 전경



조명시설 전경

금촌터널(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용역명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	2종
준공일	2020년 11월 06일	점검금액(천원)		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 금릉동 산 14-34	시설물규모	연장 364.0m, 폭 10.7m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 라이닝 천단부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 재균열, 백태, 조인트부 들뜸 등 • 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만), 조인트부 들뜸, 백태 • 공동구 균열(cw=0.3mm 이상), 덮개 파손 • 포장부 파손 • 갭문 균열, 재료분리 • 사면 누수
주요 보수·보강	• 표면보수 • 주입보수 • 단면보수 • 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구분	성명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 라이닝 균열, 사면 누수 - 진진유무
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

금촌터널(서울) 정밀안전점검 요약표

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

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 보장			상태평가 결과 : B
결함발생부재	상태 평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
라이닝 콘크리트	b	•균열(cw=0.3mm미만, 이상) •백태 •조인트부 들뜸	•표면보수, 주입보수 •표면보수 •단면보수
갯문	b	•균열	•표면보수
사면	b	•누수	•주의관찰
공동구	b	•균열(cw=0.3mm이상) •덮개 파손	•주입보수, 단면보수 •덮개 재설치
배수시설	b	•상태양호	-
포장부	b	•파손	•단면보수
부속시설	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
—	—	해당사항 없음	—	—

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—

라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	27.0~28.6	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	58.5~59.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
종합 평가	- 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 - 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

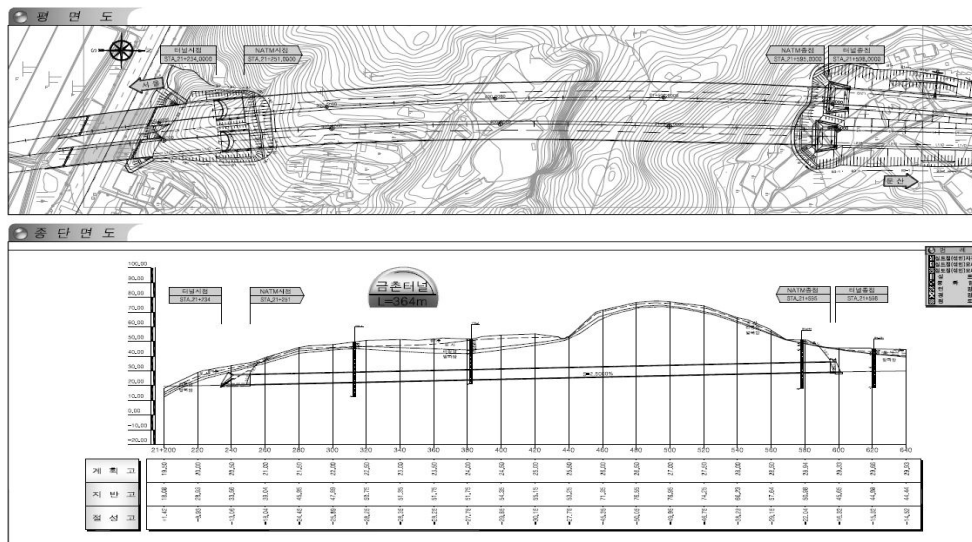
금촌터널(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

시설물명	금촌터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000059
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 파주시 금릉동 산 14-34 / 종점 : 경기도 파주시 아동동 산 55-7		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	364.0m	설 계 사	(주)신성엔지니어링
내공단면	폭 : 10.7m, 높이 6.5m	시 공 사	(주)대우건설
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)신성엔지니어링
종단기울기	2.500%	착 공	2015년 11월 07일
평균선형	R=2,000m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	개문형식	시점 : 원통절개식 종점 : 면벽식
주요공법	개착 + NATM	보조공법	-

서해~문산고속도로 민간투자사업
제4공구: 파주 끝내 - 파주 내포

금촌터널 종평면도 (2)
(서울방향)



중평면도

금촌터널(서울) 전경사진



진입부 전경



진출부 전경



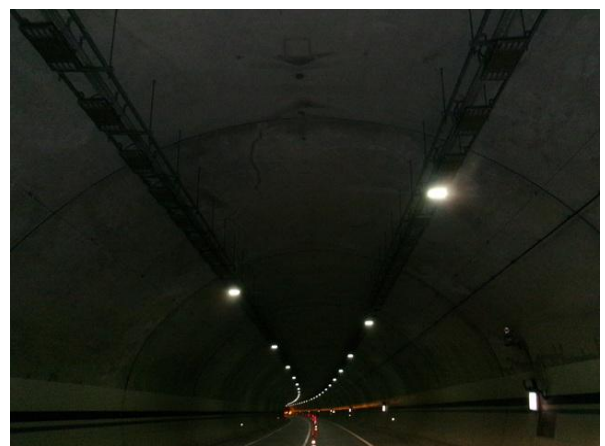
내부 전경



배수시설 전경



소화시설 전경



조명시설 전경

금촌터널(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용역명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대표자	정 대 창		
시설물 구분	터널	종 류	도로터널	종 별	2중
준공일	2020년 11월 06일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	경기도 파주시 금릉동 산 14-34	시설물규모	연장 354.0m, 폭 10.7m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 라이닝 천단부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 재균열, 백태, 조인트부 들뜸, 박리 등 • 라이닝 측벽부 백태 • 공동구 균열(cw=0.3mm미만), 덮개 파손, 파손 • 포장부 균열, 파손 • 갭문 파손
주요 보수·보강	• 표면보수 • 주입보수 • 단면보수 • 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구분	성명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 라이닝 균열 - 진전유무
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

금촌터널(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견	
- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 금촌터널(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. - 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.	
책임기술자 : 이 상 훈 (서명)	

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 보장			상태평가 결과 : A
결함발생부재	상태 평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
라이닝 콘크리트	a	•균열(cw=0.3mm미만, 이상) •백태 •조인트부 들뜸, 박리	•표면보수, 주입보수 •표면보수 •단면보수
갯문	a	•파손	•단면보수
사면	a	•상태양호	-
공동구	b	•균열(cw=0.3mm미만), 파손 •덮개 파손	•표면보수, 주입보수, 단면보수 •덮개 재설치
배수시설	b	•상태양호	-
포장부	b	•균열 •파손	•실링 •단면보수
부속시설	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
—	—	해당사항 없음	—	—

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—

라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	26.2~28.1	24.0	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	58.0~58.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
종합 평가	- 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 - 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			

금촌터널(문산) 현황표

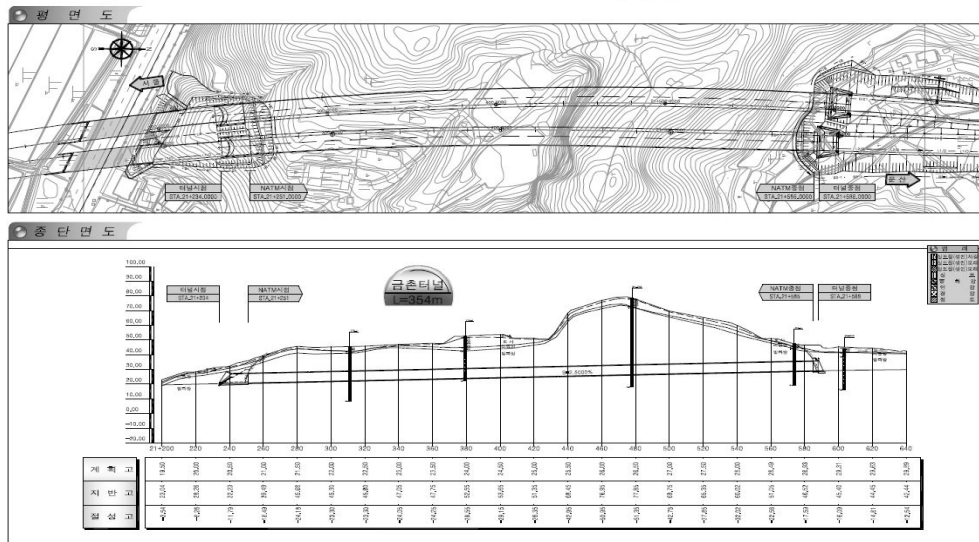
작성일 : 2022년 11월 24일

시설물명	금촌터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000060
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 파주시 금릉동 산 14-34 / 종점 : 경기도 파주시 아동동 산 55-7		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	354.0m	설 계 사	(주)신성엔지니어링
내공단면	폭 : 10.7m, 높이 6.5m	시 공 사	(주)대우건설
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)신성엔지니어링
중단기울기	2.500%	착 공	2015년 11월 07일
평균선형	R=2,000m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	개문형식	시점 : 원통절개식 종점 : 면벽식
주요공법	개착 + NATM	보조공법	-

서울-문산고속도로 민간투자사업
제4공구 : 파주-양주 - 파주-내포

금촌터널 종평면도 (1)
(문산방향)

S = 1 : 800



종평면도

금촌터널(문산) 전경사진



진입부 전경



진출부 전경



내부 전경



배수시설 전경

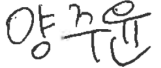
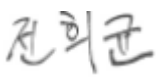
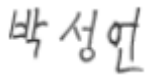


소화시설 전경

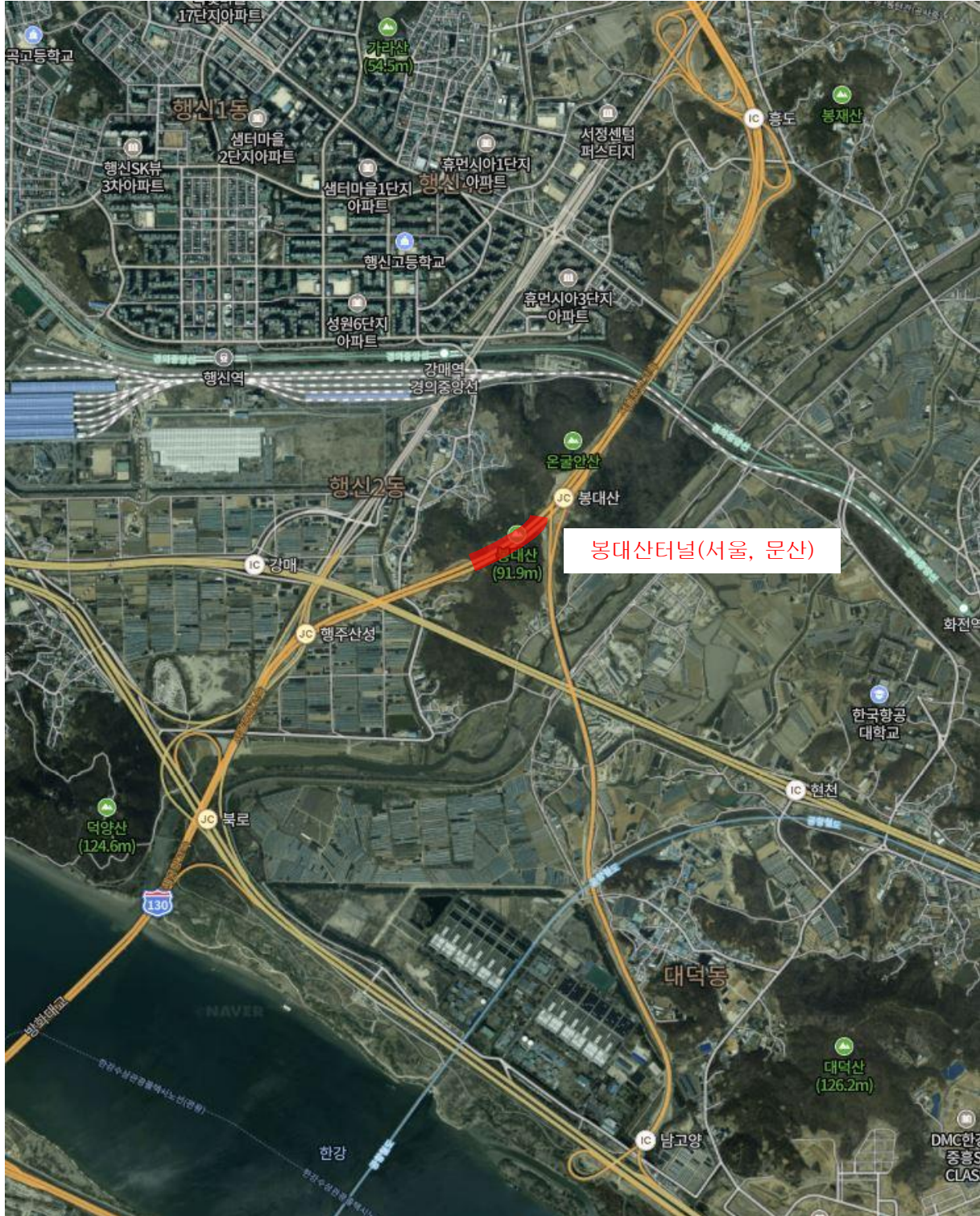


조명시설 전경

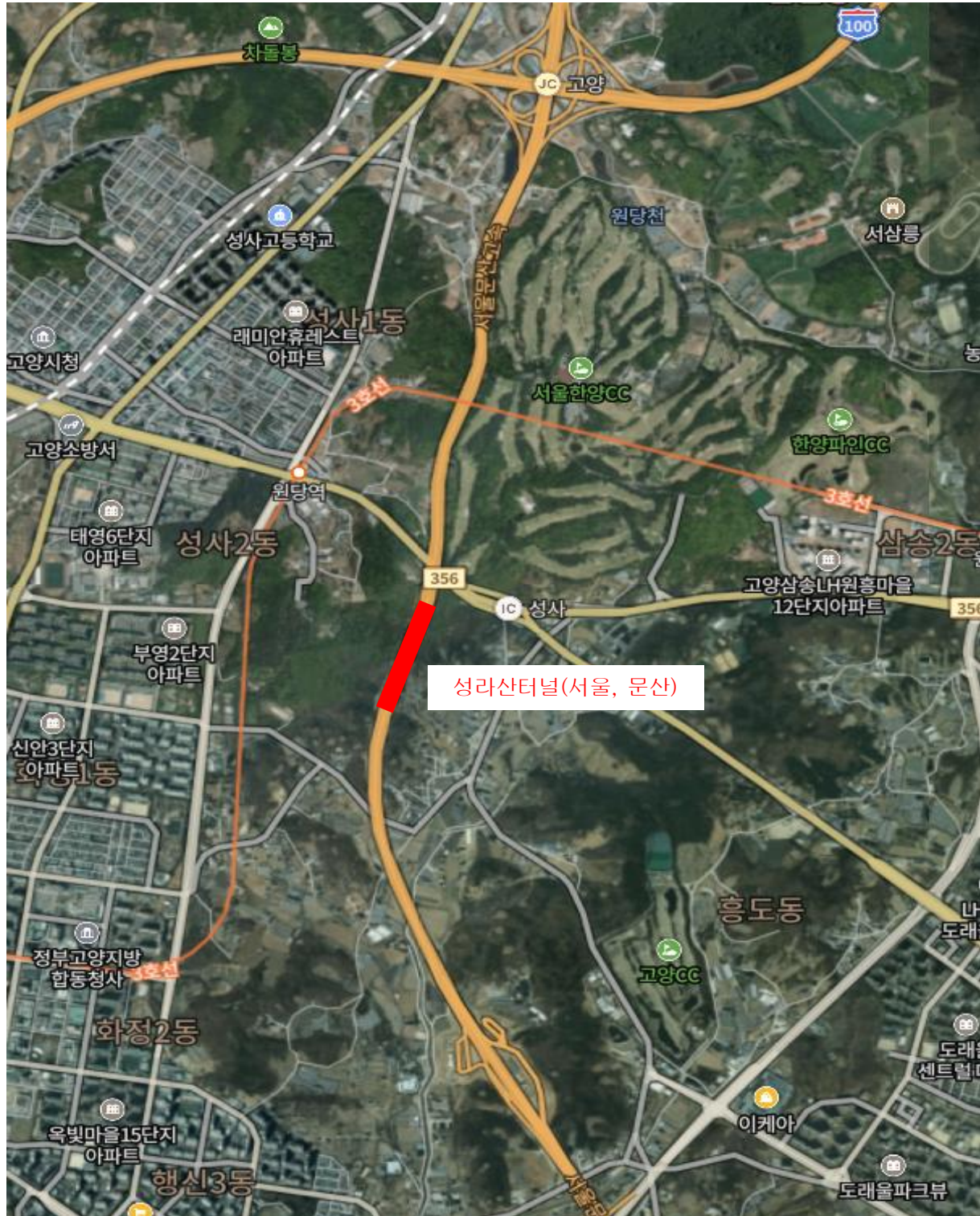
참 여 기 술 자 명 단

참여구분	참여분야	이 름	등 급	직 책	날 인
사업 책임기술자	사업책임	이 상 훈	특급기술자	부 장	
참여기술자	보고서 작성 및 외관조사	정 지 운	특급기술자	이 사	
	보고서 작성 및 외관조사	장 진 원	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	황 상 윤	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	서 동 진	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	양 주 윤	초급기술자	과 장	
	보고서 작성 및 외관조사	손 기 영	초급기술자	대 리	
	보고서 작성 및 외관조사	전 희 균	초급기술자	주 임	
	보고서 작성 및 외관조사	박 성 언	초급기술자	사 원	

시설물의 위치도



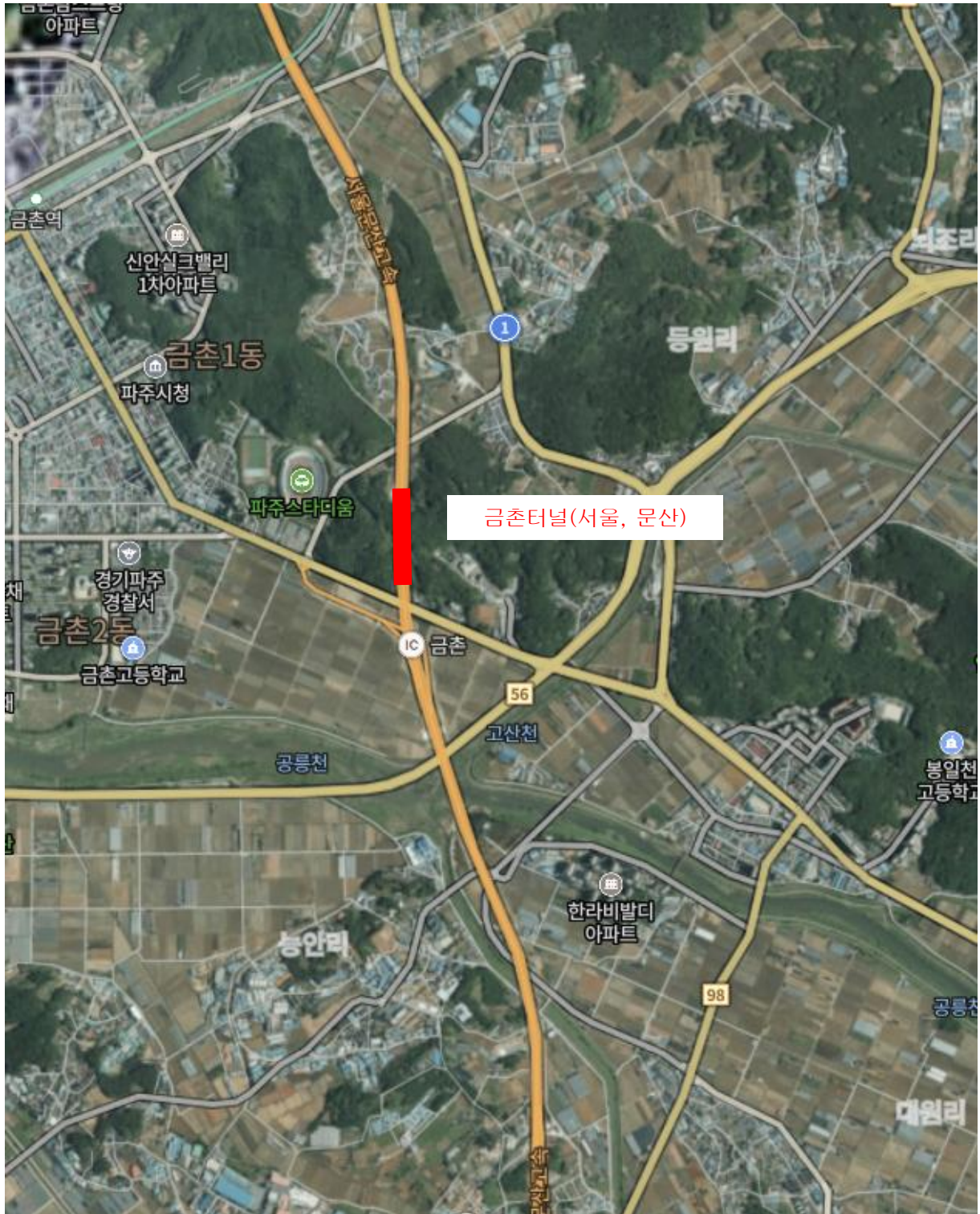
시설물의 위치도



시설물의 위치도



시설물의 위치도



보고서 목차

- ◎제출문
- ◎정밀안전점검 결과표, 요약표, 현황표, 위치도, 전경
- ◎요약문(요약보고서 별도제출)

제 1 편 공통편

제 1 장 정밀안전점검 개요	1
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 범위 및 내용	3
1.3 과업수행 절차 및 일정	5
1.4 대상시설물 개요	7
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황	8
1.6 시설물 기호의 정의	9
제 2 장 자료수집 및 분석	11
2.1 개요	13
2.2 자료수집 현황	13
2.3 설계 및 시공자료	14
2.4 기존 점검 및 진단자료	14
2.5 시설물의 보수·보강자료	14
2.6 내진설계 여부 확인	14
2.7 자료수집 및 분석 결과요약	14
제 3 장 현장조사 및 시험	15
3.1 시설물의 점검사항	17
3.2 현장조사 요령	19
3.3 재료시험 항목 및 수량	22

3.4 터널 부재별 점검항목 및 상태평가 기준	23
3.5 내구성조사 및 결과분석 방법	44

제 4 장 보수·보강 및 유지관리 방안 49

4.1 보수공법 개요	51
4.2 보수·보강 우선순위	51
4.3 보수공법	52
4.4 유지관리 방안	63

제 2 편 시설물편

1. 봉대산터널(서울,문산)	67
2. 성라산터널(서울,문산)	169
3. 견달산터널(서울,문산)	259
4. 금촌터널(서울,문산)	369

■ 부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 측정, 시험 계측성과표
4. 상태평가 결과자료
5. 시설물관리대장 사본
6. 현황조사 사진첩
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료 일체

제1편 공 통 편

제1장 정밀안전점검 개요

제2장 자료수집 및 분석

제3장 현장조사 및 시험

제4장 보수·보강 및 유지관리방안

제1장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상시설물 개요

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 시설물 기호의 정의

제 1 장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” (이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제 11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수·보강방법 제시) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 의한 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 위하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

본 정밀안전점검은 경험과 기술을 갖춘 전문가가 용역 발주자와 충분한 사전 업무범위 및 내용을 협의한 후 수행하였으며, 근접 육안조사를 기본으로 필요 시 접근장비를 이용한 정밀 외관조사를 실시하되 현장조사 시에는 각종 안전조치를 취하였다. 현장 외관조사 결과 및 각종 측정 및 시험결과를 바탕으로 상태평가 결과를 도출하고 점검결과에 따라 적정한 보수 보강방법을 제시하였다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 조사결과 검토 및 분석
- 4) 시설물의 상태평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 6) 보수·보강 및 유지관리방안 제시
- 7) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원, 2021.12)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

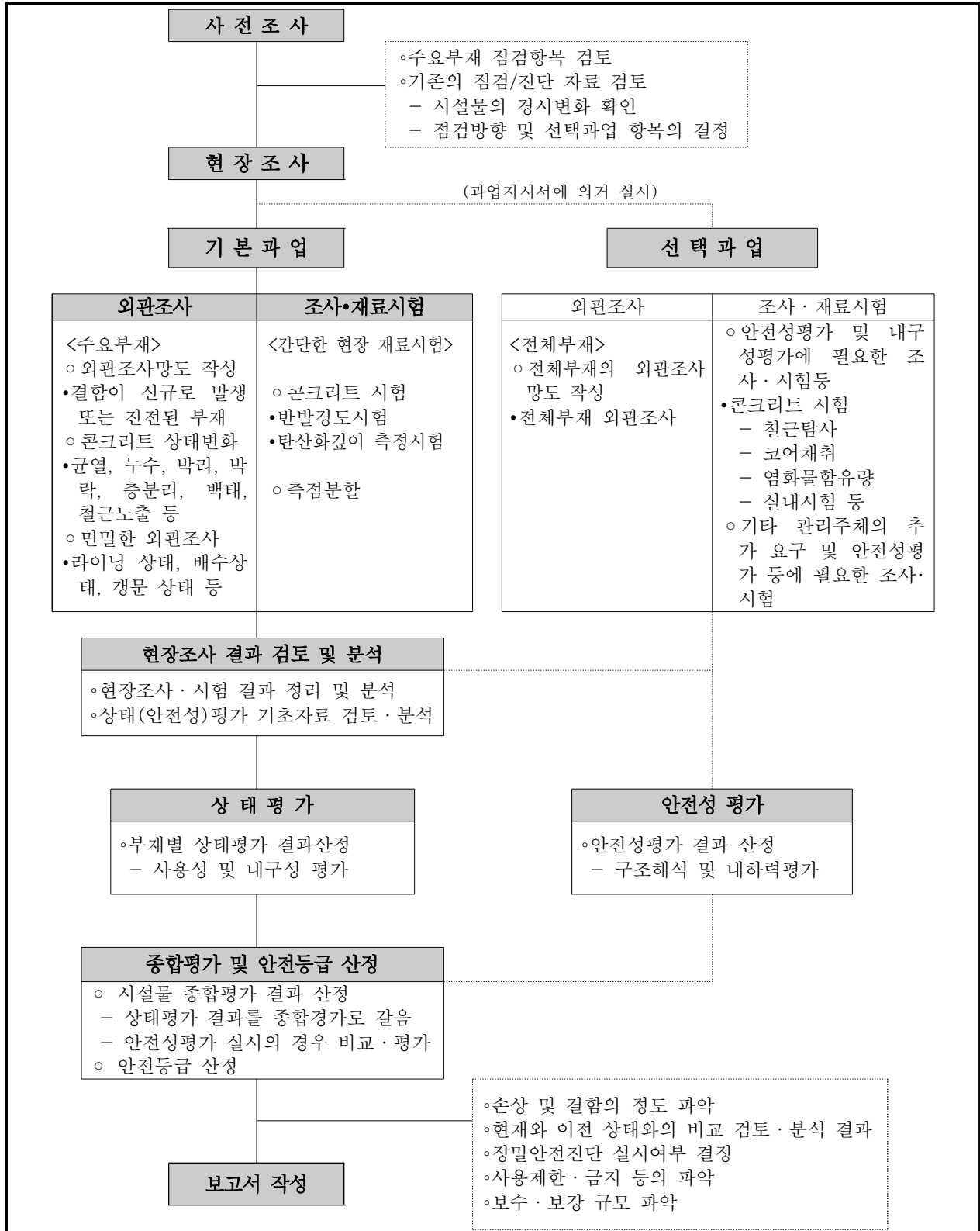
【표 1.2.1】과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토 (초기점검, 22년 상반기 정기안전점검)	시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2021.21) 적용
현장 조사 및 시험	현장 조사	1) 터널의 제원 및 시공상태 조사 2) 터널 손상현황 등 외관조사 3) 외관망도 작성	
	현장 시험	1) 반발경도시험 2) 탄산화시험	
상태평가		1) 외관조사 결과 분석 2) 현장시험 결과 분석 3) 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 4) 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견(안전등급 지정)	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 중점점검사항 제시 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 보고서 작성 2) 성과품 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 과업의 정밀안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 터널 정밀안전점검 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전점검 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 일정

공 종		2022년 8월 18일 ~ 2022년 12월 31일											비 고	
		8월		9월			10월			11월		12월		
		18	10	20	30	10	20	31	15	30	15	31		
1. 자료수집 및 분석													- 8/18 착수	
· 관계도서 수집 및 분석 현장답사 및 점검계획 수립														
2. 현장조사 및 시험													-현장조사 및 시험 -구조물별 조사팀 운영 -필요시 추가조사	
· 외관조사 · 재료시험 및 측정														
3. 상태평가													-현장조사와 내업작업 병행 실시	
· 상태평가 결과작성														
4. 종합평가 및 안전등급 지정														
· 종합평가 · 안전등급 지정														
5. 보수·보강 및 유지관리 방안 제시														
· 보수·보강방안 제시 · 유지관리방안 제시														
6. 보고서 작성													- 12/31 준공예정	
· 보고서 작성 · 보고서 수정 및 납품														
공정율(%)	진행	5	7	10	10	10	10	15	15	5	5	8		
	누계	5	12	22	32	42	52	67	82	87	92	100		

1.4 대상시설물 개요

NO	공구	구조물명	위치	연장(m)	차로수	형식	종별	비고
1	1	봉대산터널(서울)	덕양구 강매동 225	376.0	2	NATM	2중	
2	1	봉대산터널(문산)	덕양구 강매로 164	386.0	2	NATM	2중	
3	1	성라산터널(서울)	덕양구 홍도로 425-67	257.0	3	NATM	1중	
4	1	성라산터널(문산)	덕양구 홍도로 425-74	240.0	3	NATM	1중	
5	3	견달산터널(서울)	일산동구 문봉동 산 28-10	308.0	3	NATM	1중	
6	3	견달산터널(문산)	일산동구 문봉동 산 28-10	303.0	3	NATM	1중	
7	4	금촌터널(서울)	파주시 금릉동 산 14-34	364.0	2	NATM	2중	
8	4	금촌터널(문산)	파주시 금릉동 산 14-34	354.0	2	NATM	2중	

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	
비파괴 시험	콘크리트 슈미트해머	콘크리트 강도조사	
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 먼처리	
	햄머드릴	콘크리트 탄산화 조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	Rc-Radar	철근배근측정	
접근 장비	고소 점검차(스카이)	외관조사시 근접조사	

1.6 시설물 기호의 정의

1) 터널 기호 정의

터널 시설물에 대한 외관조사를 수행함에 있어 아래와 같이 천단부, 측벽부 및 기타 부재 등에 대한 위치별, 부재별 기호를 정의하여 과업의 효율성과 통일성을 기하고자 하였다.

【표 1.6.1】 터널 시설물 부재별 기호

·C : 천단부	·어깨 : C~SL 중간점
·RC : 우측천단부	·LC : 좌측천단부
·RW : 우측벽부	·LW : 좌측벽부
·SL : 터널 단면중 최대폭을 형성하는 점 중 최상부의 점의 종방향 연결선	
·천단부 : 터널의 천단을 포함한 좌우어깨 사이의 구간	
·측벽부 : 터널 어깨 하부로부터 바닥부에 이르는 구간	

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개요

2.2 자료수집 현황

2.3 설계 및 시공 자료

2.4 기존 점검 및 진단자료

2.5 시설물 보수·보강 자료

2.6 내진설계 여부 확인

2.7 자료수집 및 분석 결과요약

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 개요

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 관련 자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

2.2 자료수집 및 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◦ 공 통 - 준공 내역서, 실시설계 보고서 - 각종 계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	(FMS 보유)
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(중·형) - 상,하단부 구조물도	보유	준 공 도 (FMS 보유)
시설물 관리대장	◦ 기본 현황 ◦ 상제 제원 ◦ 유지관리 이력	보유	(FMS 보유)
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록 - 각종 시험 기록 ◦ 사고기록	보유	(FMS 보유)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	2019년 하반기 최초 정밀안전점검
시설물 보수·보강 자료		보유	주기적인 보수실시 보강 미실시

2.3 설계 및 시공 자료

대상시설물은 준공도를 보유하고 있으며, 금회 준공도 참조하여 점검을 실시하였다. 검토 여부는 각 시설물의 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

2.4 기존 점검 및 진단 자료

각 시설물의 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

2.5 시설물 보수·보강 자료

대상시설물은 보수 및 보강은 2장 자료수집 및 검토편에 수록 하였다.

NO	보수 시기	내 용	보수비(천원)	비고
1	—	—	—	

2.6 내진설계 여부 확인

대상시설물은 내진설계는 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

NO	시설물명	내진등급	비고
1	—	—	

2.7 자료수집 및 분석 결과요약

대상시설물은 준공도를 보유하고 있어 금회 점검시 참조하여 점검을 실시하였다.

제3장 현장조사 및 시험

3.1 시설물의 점검사항

3.2 현장조사 요령

3.3 재료시험 항목 및 수량

3.4 터널 부재별 점검항목 및 상태평가 기준

3.5 내구성조사 및 결과분석 방법

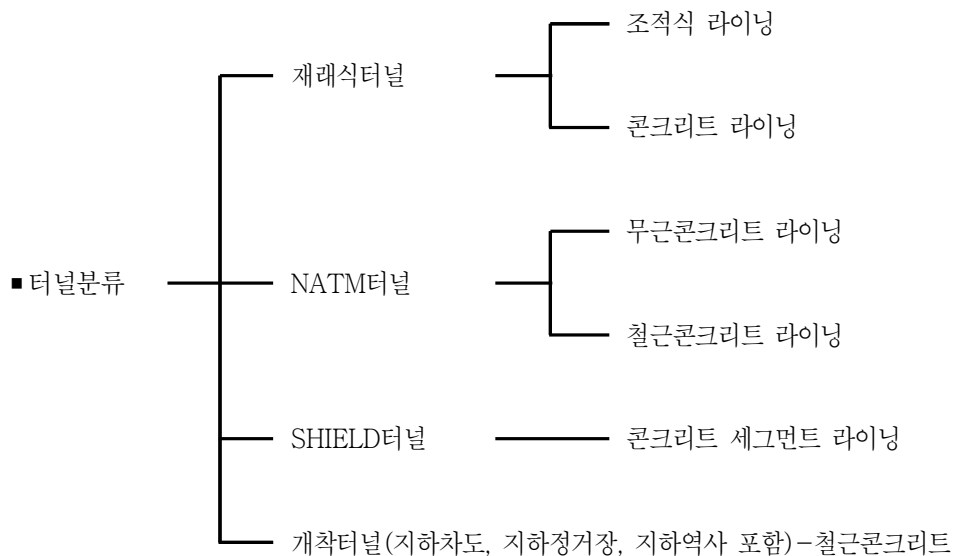
제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 시설물의 점검사항

가. 일반

시설물의 상태평가 시 점검사항은 구조물의 특성에 따라 다를 수 있으므로 수정, 보완하여 사용한다. 각 세부시설별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검 부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

터널 시공방법 및 라이닝의 재질에 따라 터널을 분류하면 다음과 같다.



【그림 3.1.1】 터널 라이닝 시공방법에 따른 터널 분류

나. 시설물 상태변화의 점검항목

1) 상태변화 점검항목

시설물의 상태변화에 따른 평가는 터널의 라이닝 및 주변 시설물로 구분하며, 지하차도는 철근 콘크리트 구조물과 주변상태 등을 상태평가 시 점검사항은 다음과 같다.

【표 3.1.1】 터널의 상태변화 점검항목

구 분	평 가 항 목	비 고
라이닝 상태	◦ 균열 ◦ 누수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 탄산화, 염화물)	
터널주변 상태 등	◦ 배수상태 ◦ 지반상태 ◦ 갱문상태 ◦ 특수조건 : 추가점수 부여	

2) 정밀안전점검 점검항목

【표 3.1.2】 정밀안전점검 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
터널내부	<면밀한 외관조사> - 라이닝 등 주요변상 · 균열, 누수, 파손 및 손상 · 박리, 박락, 백태 · 철근노출 등 - 기타조사 <간단한 측정> - 반발경도법에 의한 강도조사 - 탄산화 시험	- 슈미트 해머 - 균열경 및 균열측정기 - 망치, 카메라, 손전등, 필기도구, 줄자, - 탄산화 시험기구
터널외부	<외관조사> - 갱문의 주요변상 · 균열, 침하 등 - 환기구 상태(덮개 등) - 점검로 상태(점검자의 안전확보를 위한 상태 등) - 기타조사	

【표 3.1.3】 터널의 일반적인 사전조사 항목

사전조사 항목	검 토 내 용
기초 자료조사 및 검토	- 과업지시서 - 지반조사 현황 및 결과 - 지반분류 현황 및 평가 - 지반 및 재료 특성치 조사 - 기타 폐광 등 터널과 관련된 모든 자료 조사
터널 해석방법 및 결과분석	- 사용 프로그램 확인 - 해석용 입력자료 분석 - 표준 지보패턴 - 콘크리트 라이닝 해석 - 보조 공법의 유무 및 적정성
설계도면 검토	- 터널의 단면 검토 - 방수 및 배수 시스템(System) - 콘크리트 라이닝 철근보강 유무 - 타입(Type)(패턴별 적용구간) - 발파패턴 - 시공순서도 - 해석결과와 설계도면 일치성 비교

3.2 현장조사 요령

가. 측점 분할

1) 일반사항

- 측점 분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 터널의 진행 방향으로 위치를 표시하는 작업을 말한다.
- 예비조사와 기타 사전조사 시에 입수한 자료를 검토하여 도면에서의 표기 방식을 참고로 현장에서 해당 위치를 표시하고, 위치 표시는 현장에서 쉽게 식별될 수 있도록 하여 추후 유지관리 시에도 활용할 수 있어야 한다.

2) 조사수량 및 측정방법

- 정밀안전점검(필요시) 및 정밀안전진단 시 측점 분할 간격은 각종 현장 조사 시 좌우로 확인 가능한 거리인 5.0m 내외가 적당하며 면밀한 조사가 필요한 구간에 대하여는 별도로 세분해야 하고, 내업 정리 및 분석 작업은 필요에 따라 5~50m간격으로 조정 가능하다.

3) 결과분석

- 국부적인 표면 오염이나 습기 등이 있는 경우 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성 펜 등으로 표시 하며 석필, 분필 등으로 표시할 수도 있다. 철도 터널, 도로터널과 같이 현장에서 기 표시된 측점은 반드시 확인하여야 한다.
- 측점분할은 통상 터널 입구부터 시작하여 출구에서 끝나며 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면 변화 구간, 횡갱구간, 소화전, 응급 대피소 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 위치를 파악하여, 측점 분할함으로써 오차를 줄인다.

나. 내부결함 탐사

1) 일반사항

라이닝의 내부결함(라이닝 두께, 배면공동의 규모 등)과 라이닝 내부의 강지보 설치 및 철근의 배근 상태를 파악하기 위하여 비파괴검사 방법과 보링(Boring)등을 실시하여 조사한다.

2) 조사방법

① 타음검사

햄머(Hammer)로 라이닝 표면을 타격하여 햄머의 반발방향과 타격음에 의해 이상 유무를 조사하는 수단으로 정성적인 방법이지만 적정한 라이닝두께의 유무, 배면공동의 유무, 박리부분의 검사, 압축파괴의 유무, 라이닝표면의 열화상태를 조사하는 방법이다.

건전한 콘크리트라이닝은 타격음이 청음을 내고, 열화된 라이닝은 둔한 소리를 낸다. 또 라이닝배면에 공동이 있는 경우와 압축파괴된 부위도 역시 둔한 음을 낸다. 특히 벽돌·석적으로 시공된 경우의 건전한 라이닝은 금속성의 음을 낸다.

② 전자파법(레이다 탐사법)

100MHz~1GHz정도의 높은 주파수의 전자파를 콘크리트중에 방사하여 라이닝 배면에서의 반사파를 잡아 그 파형을 해석하는 것으로 라이닝 콘크리트의 두께, 공동의 유무를 판정하는 방법이다.

③ 라이닝 보링(Boring)조사

라이닝 두께와 배면의 공동, 지질상황 등을 직접 보링(Boring)에 의해 조사하는 방법으로 사전에 위치, 깊이등에 대해 충분히 검토하여 실시할 필요가 있다.

④ 내시경조사

보링(Boring)또는 드릴링에 의해 천공 후 공내에 내시경 조사장비를 삽입하여 라이닝 배면의 상황을 육안 관찰하는 방법이다.

다. 배수상태조사

배수상태조사는 터널과 같은 시설물의 운영 중 발생하는 용수, 강수가 터널 주변의 지표수 및 지하수에 영향을 미쳐 시설물의 안전상태를 미리 예측하고 대처하기 위해 실시하며, 주요 내용은 다음과 같다.

- 시추자료, 지표의 용수지점, 우물의 수위 등으로 지하수위 등고선을 그리고 그 흐름방향이나 구배를 찾아서 터널용수의 유무나 갈수범위 등을 추정한다. 또한 지하수가 불투수층으로 막혀 낮은 지하수층과 지하수층으로 분리되는 경우 대수층으로 분류한다.
- 위의 결과를 참조하여 터널 주변의 배수상태 즉, 내부와 외부상태를 검토한다.

라. 지반상태조사 (지형 및 지질조사 포함)

1) 현장시험

- 현장시험은 지반정보를 구하는 중요한 방법으로서 특히 지층구성이나 거시적 지반정보를 얻는 것과 원지반 상태 그대로에서 각종 지반정보를 얻는 것이 특징이다.
- 불교란 시료를 채취하기 어려워서 실내시험에서 공학적 특성을 측정할 수 없는 구간에서는 현장 원위치 시험을 실시하여 지반특성을 측정한다.

2) 현장시험의 종류와 적용

시추공을 이용한 시험법에는 시추공 저면을 이용하는 것이 있으며, 시험목적으로 분류하면 원위치 지반의 강도와 변형계수 등의 역학적 정보를 얻기 위한 것과 지하수 정보나 물리 정보를 얻기 위한 것이 있다.

3) 풍화변질 및 단층파쇄대

터널에 영향을 줄 수 있는 범위 등을 조사한다.

마. 갯문상태 조사

갯문은 터널 입·출부에 위치하여 터널의 안전성에 유해요소를 작용하므로 손상상태를 파악하여 시설물 유지관리에 활용한다.

바. 특수조건조사

전력구 터널, 전차선을 설치한 터널 등에서 누수로 인한 낙수 및 동결위험도를 조사하여 시설물 유지관리에 활용한다.

3.3 재료시험 항목 및 수량

가. 재료시험 항목 및 평가방법

【표 3.3.1】 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 라이닝	○ 측점분할 ○ 콘크리트 강도 (비파괴 : 반발경도시험) ○ 탄산화깊이 측정 시험	○ 콘크리트 강도 (국부파괴 : 코어시험) ○ 염화물함유량시험

【표 3.3.2】 정밀안전점검의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험법 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 탄산화 깊이 측정 시험	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택과업	○ 콘크리트강도 - 국부파괴시험법 : 코어시험	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사 시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근위치 탐사
	○ 콘크리트 염화물 함유량	○ 시료채취 및 평가

나. 재료시험 기준수량

【표 3.3.3】 정밀안전점검 기본과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 5~20m 간격	○ 책임기술자 조정 가능
반발경도시험	○ 총수량 = (총연장 ÷ 300m) 개소	○ 책임기술자가 상향조정 가능
탄산화깊이 측정	○ 철근콘크리트 구조물 - 총연장 1,000m 미만 : 2개소 - 총연장 1,000m 이상 : 최소 2개소 + 1,000m 당 1개소 추가	○ 책임기술자가 상향조정 가능

3.4 터널 부재별 점검항목 및 상태평가 기준

3.4.1 상태평가 기준

가. 일반

1) 기본시설 및 부대시설

터널의 기본시설과 부대시설은 [표 3.4.1]과 같다.

터널 부대시설 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기재갱 등은 상태평가지 기본시설에 포함하여 평가한다.

시설물의 중요도 및 규모 등이 상대적으로 큰 연직갱/경사갱, 환기구, 피난연락갱, 연결터널 등은 별도평가 후 부대시설 가중치를 적용하여 시설물을 평가한다.

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

터널 갱구부에 비탈면 또는 옹벽 등이 존재하는 경우 상태평가기준은 본 세부지침에서 설정하고 있는 상태평가기준을 각각 적용한다.

【표 3.4.1】 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류

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

2) 상태평가 항목

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

【표 3.4.2】 터널 상태평가 항목

구 분		평 가 항 목
터널상태 평 가	라이닝 상 태	○균 열 ○누 수 ○파손 및 손상 ○재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	터널주변 상 태	○배수상태 ○지반상태 ○갱문상태 ○공동구상태 ○특수조건 : 도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널 (추가점수 부여)

나. 기본시설 결함지수 산정기준

1) 터널별 결함지수 산정기준

터널 시설물 분류에 따른 터널별 상태평가를 위한 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다. 여기서, 라이닝 결함지수(f)는 터널주변 항목점수를 제외한 라이닝만의 결함점수인 총점 36점(조적식 : 26점, 무근콘크리트 : 27점)으로 계산되며, 터널 결함지수(F)는 라이닝의 결함점수 및 터널주변 결함점수를 모두 합한 총점 43점(조적식 : 33점, 무근콘크리트 : 34점, 지하차도 등 : 42점)으로 계산하여 상태평가 결과를 산정하면 된다. NATM터널(철근콘크리트 라이닝)과 TBM터널(세그먼트 라이닝), 개착식터널(BOX형 철근콘크리트 구조물), 지하차도의 정밀안전점검 시 선택과업인 염화물 함유량 시험이 미 실시 된 경우에는 책임기술자의 판단에 따라 전차 보고서 자료를 활용하거나 라이닝 결함지수의 총점을 34점으로 조정하여 적용할 수 있다.

(가) 채래식터널(조적식 라이닝)

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	줄눈균열	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	
	재질 열화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
터 널 주 변	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		덧개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{26}$ 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{33}$							

(나) 재래식터널(무근콘크리트 라이닝)

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	균열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누수	0	1	2	3	4~5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터 널 주 변	배수상태	오염됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2~3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손상 : 0.5~1					
	공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
		이물질 퇴적 및 침수 : 1					
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{27}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{34}$							

(다) NATM터널(무근콘크리트 라이닝, 지하정거장 및 지하역사 포함)

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	균열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누수	0	1	2	3	4~5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터 널 주 변	배수상태	오염됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손상 : 0.5~1					
	공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
		$\text{라이닝 결함지수 (f)} = \frac{\sum \text{결함점수}}{27}, \text{터널결함지수 (F)} = \frac{\sum \text{결함점수}}{34}$					

(마) TBM 터널(콘크리트 세그먼트 라이닝)

TBM(Tunnel Boring Machine)터널은 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버력처리까지 기계화·시스템화되어 있는 대규모 굴착기계를 말하며, 일반적으로 open TBM과 shield TBM으로 구분한다. 본 상태평가기준은 콘크리트 세그먼트 라이닝이 설치되는 TBM터널에 적용한다.

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	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	
	재 질 열 화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박 락	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	—	
터 널 주 변	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		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1 ~ 3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{43}$							

(바) 개착식터널(BOX형 철근콘크리트 구조물)

개착식터널에 대한 상태평가는 철근콘크리트구조물의 평가방법에 준하며, 본 상태평가 기준을 적용하는 경우 철근콘크리트 구조물에 대한 평가방법을 적용한다.

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
철근 콘크리트 구조물	균열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누수	0	1	2	3	4~5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 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
		탄산화	0	1	2	3	—
	염화물	0	1	1	2	—	
터널 주변	배수상태	오염됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손상 : 0.5~1					
	공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
$\text{라이닝 결함지수 (f)} = \frac{\Delta \text{결함점수}}{36}, \text{터널결함지수 (F)} = \frac{\Delta \text{결함점수}}{43}$							

(사) 지하차도, 지하정거장 및 지하역사

지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 대한 상태평가는 철근콘크리트구조물의 평가방법에 준하여 적용한다.

지하차도의 부대시설인 U-Type 옹벽의 상태평가는 제13장 「옹벽」에서 설정하고 있는 상태평가기준을 적용하여 각각 평가한다.

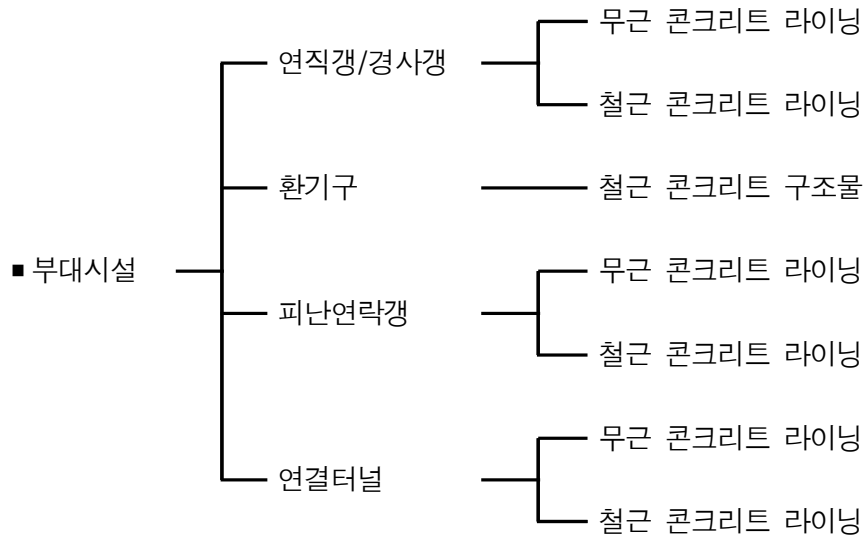
평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
철근콘크리트 구조물	균열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누수	0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상	0	0	1	2	3
	재질 열화	박리	0	0	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2
		백태	0	0	1	1
		재료분리	0	0	1	1
		철근노출	0	1	2	3
		탄산화	0	1	2	3
		염화물	0	1	1	2
주변상태	배수상태	오염됨 : 1~2				
		배수불량 또는 막힘 : 3~4				
	갯문(접속부) 상태	손상 : 1~2				

$$\text{철근콘크리트 결함지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}, \quad \text{터널결함지수 (F)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{42}$$

다. 부대시설 결함지수 산정기준

1) 터널 부대시설 분류

터널 부대시설 중에서 중요도 및 규모가 상대적으로 큰 별도평가 부대시설을 기능 및 구조물의 재질에 따라 분류하면 [그림 3.4.1]과 같다.



【그림 3.4.1】 부대시설 분류

2) 부대시설 상태평가 항목

터널 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가지 고려해야할 주요 평가항목은 다음 [표 3.4.3]과 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. 환기구 덮개의 경우 유지관리 조사 항목 및 내용은 건축물 세부지침을 준용하며, 환기구 덮개의 조사결과는 관리주체의 유지관리방안 제시에 활용한다.

【표 3.4.3】 부대시설 상태평가 항목

구 분	평 가 항 목
부 대 시 설 상 태 평 가	◦균 열 ◦누 수 ◦파손 및 손상 ◦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 결합점수에 따른 가중치를 정하였으며, 부대시설 평가기준은 기존의 산정 개념과 유사하게 보수적인 관점에서 하위상태에 비중을 두어 산정한다.

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

$$\text{시설물의 결합지수(F)} = \text{기본시설 결합지수(F)} \times \text{부대시설 가중치(W)}$$

【표 3.4.4】 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.0	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결합지수	$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
시설물 상태평가	문제점이 없는 최상 의 상태	기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있으나 기본 시설 기능 수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시설에 영향을 주는 상태	기본시설의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

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

$$\text{부대시설의 결합지수(f)} = \sum(f_n) / N$$

여기서, f_n : 개별 부대시설의 상태평가 결합지수

N : 개별 부대시설의 개수

부대시설 상태평가 결과 산정

- A등급(우수) : 터널 결합지수(f) $0.00 \leq f < 0.15$
- B등급(양호) : 터널 결합지수(f) $0.15 \leq f < 0.30$
- C등급(보통) : 터널 결합지수(f) $0.30 \leq f < 0.55$
- D등급(미흡) : 터널 결합지수(f) $0.55 \leq f < 0.75$
- E등급(불량) : 터널 결합지수(f) $0.75 \leq f$

4) 부대시설 결함지수 산정기준

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

(가) 무근 콘크리트

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
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
재 질 열 화	박 리	0	0	1	1	1
	충분리 및 박락	0	0	1	2	3
	백 태	0	0	1	1	1
	재료분리	0	0	1	1	1

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

(나) 철근 콘크리트

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
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
재 질 열 화	박 리	0	0	1	1	1
	충분리 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	—

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

3.4.2 상태평가 항목 및 기준

가. 기본시설 상태평가 항목 및 기준

평가항목은 5단계로 세분하였고, 평가항목별 상태평가기준은 터널 상태평가 결과와의 차이를 두기 위하여 소문자 a, b, c, d, e 로 표기한다.

세부기준은 기존 국내기준과 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 설문조사를 통한 실무자들의 의견과 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 조사될 경우에는 하향평가 한다. 터널 라이닝의 상태평가 단위길이는 일반적으로 30m를 기준으로 한다. 상태평가 단위길이는 터널 라이닝의 신축이음(약 20~30m)을 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 조정할 수 있다.

1) 균 열

평가기준 구 분		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	무균 (균열)	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과 3.0mm 이하	3.0mm 초과
	철근 (균열)	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과
개착터널	BOX(균열)	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과
조적식 라이닝	줄눈균열	없 음	아주 경미한 줄눈깨짐	벽돌 2개소 이하	벽돌 2개소 초과 ~5개소미만	벽돌 5개소 이상

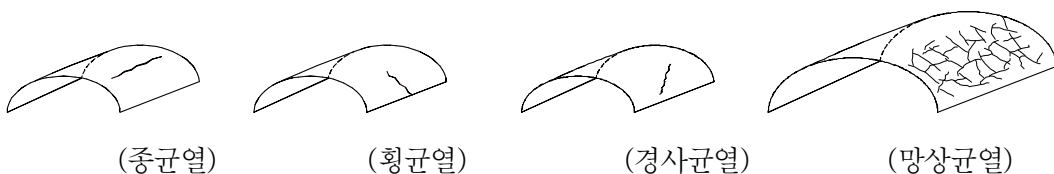
주) 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 "d" 이하 또는 고정 균열의 경우 면적을 20% 이상으로 "e" 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

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

※ 진행성 여부의 판별은 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 균열 단부의 확대 폭 및 깊이, 단차의 시간에 따른 변화를 조사하여 판단한다.

② 균열형상은 종균열, 횡균열, 경사균열, 망상균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열의 평가 및 균열이 다음 스팬(Span)에 연속적으로 이어져 있는 경우는 책임기술자의 판단에 의하여 평가결과는 하향조정할 수 있다.



- ③ 균열의 발생위치는 천장부, 어깨부, 측벽부로 표기하며, 균열에 의한 단차가 발생하였거나 구조체를 관통하는 균열일 경우 책임기술자의 판단에 의해 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 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 면적율에 관계없이 평가는 1단계 하향조정하고, "d"이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.
- ⑤ 조적식 라이닝의 경우 줄눈깨짐의 연속성 정도에 따라 평가는 하향 조정하도록 한다.
- ⑥ 보수·보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.
- ⑦ 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율 20% 이상과 구조적 균열 및 단차균열일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.
 - 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하다.

The diagram shows a rectangular structure with overall width A and height B. Inside, a smaller rectangle represents a crack with length L and a fixed width of 0.25m. The crack is labeled '균열' (Crack). The outer boundary is labeled '구조체표면' (Structure Surface).

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

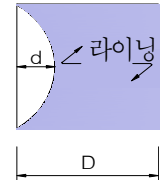
2) 누 수

평가기준 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. 2) 아치부에 발생된 누수가 일어 고드름이 형성된 경우와 측벽부에 발생된 누수가 일어나서 건축한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 평가를 하향조정 하도록 한다. 3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 평가를 하향조정하고, 그 원인을 정밀조사하도록 한다. 4) 누수가 배수공과 시공이음, 신축이음의 결합, 균열, 배면공동, 수맥 등의 영향으로 인하여 발생될 경우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발 시킬 수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다. 5) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적요인을 반영하여 평가할 수 있다. 6) 보수·보강부위는 누수상태(수질, 수량, 물흐름)의 변화 유무 등을 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다. 7) 누수형상은 점상누수, 선상누수, 면상누수로 구분하며 누수위치는 천단부, 어깨부, 측벽부, 바닥부로 구분하여 평가함				

주) 상태평가 결과가 “d” 이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있거나 고드름 및 측빙 등으로 차량통행에 현저한 지장을 주는 경우 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

3) 파손 및 손상

평가기준		a	b	c	d	e
구 분						
콘크리트 라이닝	손 상 도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10cm×10cm미만)	중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만)	극심한 손상 (30cm×30cm이상)
조적식 라이닝	손상두께	없 음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1~2개	벽돌 2개 이상
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. ※ 손상도 = d (파손 및 손상두께) / D (라이닝두께) - 여기서, 손상도 평가 시 기준면적은 설계두께의 2배와 같은 일 변의 길이를 갖는 정사각형의 면적 또는 이와 동일한 면적을 갖는 독립된 부위 2) 조적식 라이닝에서 파손 및 손상두께는 벽돌두께를 기준으로 적용한다. 3) 조적식 라이닝인 경우 파손 및 손상면적은 벽돌크기를 기준으로 하여 산정 하도록 한다. 4) 지반탐사 등으로 측정된 라이닝 두께가 설계두께에 못 미치는 경우에는 이를 손상으로 평가 할 수 있다. 5) 파손 및 손상발생부위는 아치부와 측벽부로 구분하며, 아치부에 파손 및 손상이 발생하여 낙하위험이 있는 경우 평가는 하향조정한다. 6) 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.				



주) 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)

평가기준 구 분	a	b	c	d	e
박 리	없 음	6mm 미만	6mm 이상 25mm 미만	25mm이상 이거나 조골재 손실	박리가 극심하 여 즉시 보수를 요하는 상태
층분리 및 박락	없 음	깊이 12mm미만 또는 직경 75mm미만	깊이 12~25mm미만 또는 직경 75~150mm미만	깊이 25mm이상 또는 직경 150mm이상	박락이 극심하 여 즉시 보수를 요하는 상태
백 태, 재료분리	없 음	면적율 5%미만	면적율 5%이상 ~10%미만	면적율 10%이상 ~20%미만	면적율 20%이상
철근노출	없 음	면적율 1%미만	면적율 1%이상 ~3%미만	면적율 3%이상 ~5%미만	면적율 5%이상
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 ~30mm 미만	0mm 이상 ~10mm 미만	0mm 미만	-
전염화물 이온량	0.3kg/m ³ 이 하	0.3kg/m ³ 초과 ~1.2kg/m ³ 미만	1.2kg/m ³ 이상 ~2.5kg/m ³ 미만	2.5kg/m ³ 이상	-
해 설	1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변환경영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리·층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 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. 평가는 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다. <일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)> 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. 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm 또는 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다. <일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)> 8) 박리, 층분리 및 박락의 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.				

주) 탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량에 대한 상태평가 결과가 “d” 등급이고, 철근노출의 상태평가 결과가 “e” 등급이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

5) 배수상태

구 분	오 염 됨	배수불량 및 막힘 (배수시설 작동불량)
결함점수	1 (1~2)	2 (3~4)
해 설	1) 배수상태는 지하수를 유도하여 배수를 허용하는 배수형 터널의 경우에 한하며, 배수형터널이 아닌 경우에는 전문가의 판단에 따라 별도로 적용하도록 한다. 2) 배수된 물의 함유성분에 의한 오염이 우려되는 경우에는 수질을 조사하여 오염의 원인을 평가하도록 한다. 3) 배수된 물에 토사가 섞여 나오는 경우에는 계속적인 토사유출로 라이닝 배면에 문제가 발생할 가능성이 있으므로 토사유출량과 터널안정성에 대해 정밀조사하도록 한다. 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.	

주) : 결함점수에서 ()은 지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 적용한다.

6) 지반상태

구 분	풍화변질 및 단층파쇄대			
	풍화변질	단 층 파 쇄 대		
		영향범위 외	영향범위 내	
			중소규모 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. 2) 지반상태가 터널에 영향을 미치는 범위는 0.5D를 기준으로 한다. (여기서, D는 터널의 직경을 의미함) 3) 지반의 풍화변질상태는 육안으로 확인할 수 있는 갱구부 주변의 지반이나 노출된 암반으로부터 평가하도록 한다. 4) 터널에 직접적인 영향을 주는 지질구조(단층, 습곡, 선구조선)의 영향은 지질도나 시공자료, 지표지질조사결과 그리고 필요시 인공위성사진, 항공사진 등을 이용하여 검토하도록 한다. 5) 이완토압, 편토압, 소성압 등으로 인하여 내공변위가 발생한 경우에는 단층파쇄대의 영향범위 내에 해당하는 점수를 부여한다. 6) 도심지 터널의 경우 낮은 심도로 인하여 불량지반, 복합지반에 위치하는 경우에 지반상태를 평가하고 영향범위에 따른 점수를 부여한다.			

7) 갯문(접속부)상태

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

주) : 결함점수에서 ()은 지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 적용한다.

8) 공동구상태

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 가리키며, 일반적으로 배수시설과 병행하여 시공된다. 2) 공동구의 오염상태, 덮개파손, 이물질의 퇴적이나 침수 등을 조사하여 상태를 평가하도록 한다.	

9) 특수조건(추가점수)

구 분	도심지 토사터널		전력구터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D)	제한범위 (1D 미만)	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 검토분석하고 터널에 영향을 미치는 범위를 고려하여 이를 반영한다. 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. 3) 기타 일반적인 터널조건과 다른 특수터널인 경우, 조사자의 판단에 따라 상태평가에 특수조건을 부과하여 가점하도록 한다.				

나. 부대시설 상태평가 항목 및 기준

1) 균 열

구 분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
무근 콘크리트 라이닝	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과 3.0mm 이하	3.0mm 초과
철근 콘크리트 라이닝	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과
철근 콘크리트 구조물 (개착 구조물)	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과

주) 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 "d" 이하 또는 고정 균열의 경우 면적율 20% 이상으로 "e" 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

기본시설 균열 해설 참조

2) 누 수

기본시설 누수 참조

3) 파손 및 손상

구 분 \ 평가기준		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손 상 도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10cm×10cm미만)	중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만)	극심한 손상 (30cm×30cm이상)
조적식 라이닝	손상두께	없 음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1~2개	벽돌 2개 이상
해 설		기본시설 파손 및 손상의 해설 참조				

주) 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

3.4.3 상태평가 결과 산정방법

가. 기본시설 상태평가결과 산정

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저 평가결과의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

② 라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다

③ 라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 라이닝 단위길이별 평가 항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

② 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

① 터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갯문, 공동구상태의 결함점수를 부여한다.

② 특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

4) 제4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균 값과 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

② 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

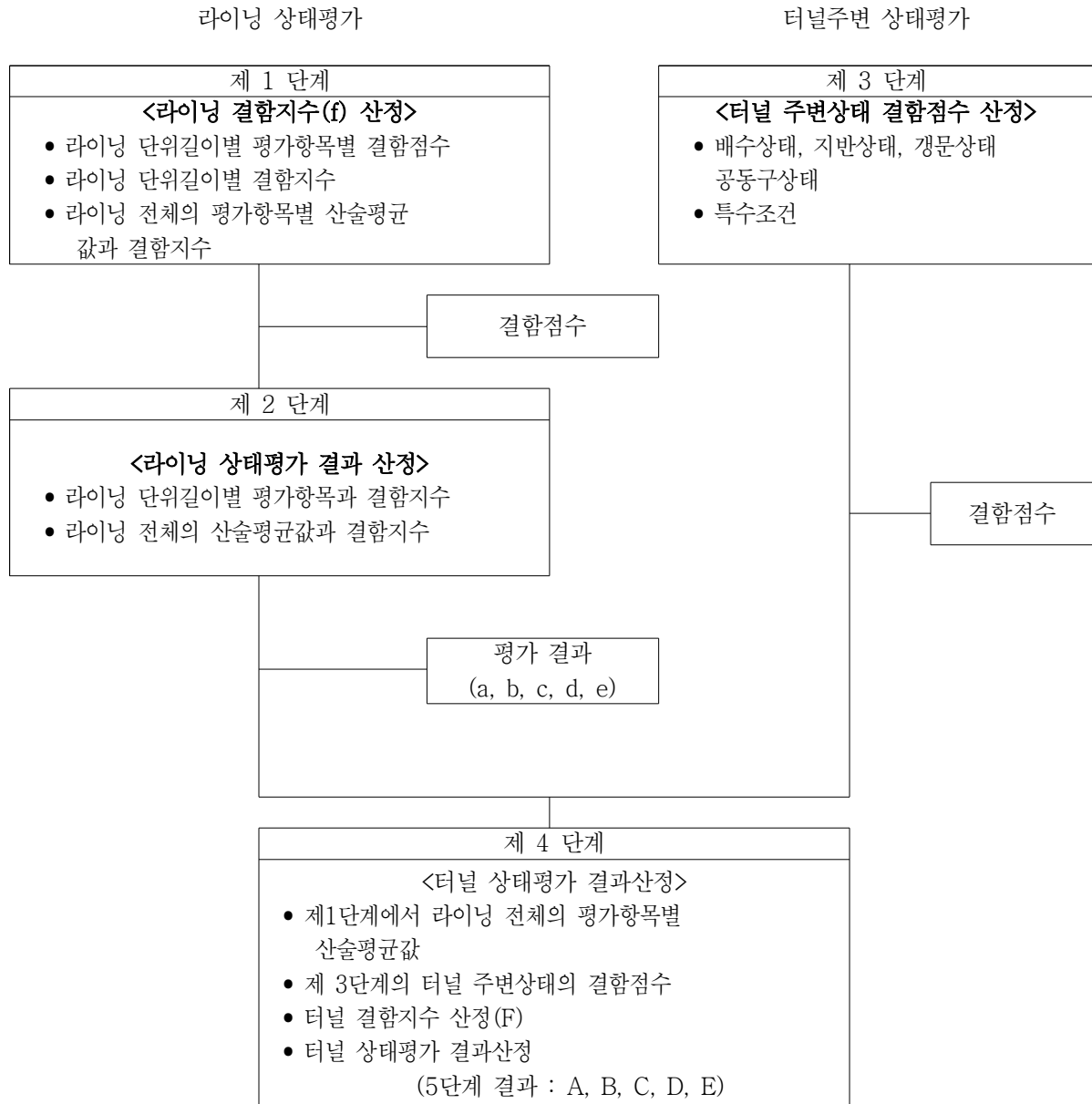
③ 터널 상태평가 결과 산정

- A등급(우수) : 터널 결함지수(F)	$0.00 \leq F < 0.15$
- B등급(양호) : 터널 결함지수(F)	$0.15 \leq F < 0.30$
- C등급(보통) : 터널 결함지수(F)	$0.30 \leq F < 0.55$
- D등급(미흡) : 터널 결함지수(F)	$0.55 \leq F < 0.75$
- E등급(불량) : 터널 결함지수(F)	$0.75 \leq F$

5) 조합시 연장별 평가방법

한 개의 터널에 여러 개의 구조형식이 있는 경우 다음과 같은 산정방법에 의해 상태평가 결과를 산정한다.

- ① 한 터널의 철근구간, 무근구간, 조적구간에 대해 제1단계의 라이닝 평가항목별 결함점수 산술평균값에 주변상태점수를 합하여 결함점수 산정후 각 구간별 결함지수를 각각 산정한다.
- ② 연장별 가중치를 산정한다. (연장별가중치 = 해당구간 연장/ 전체연장)
- ③ Σ (각 구간별 결함지수×연장별 가중치)를 구한 후 결함지수에 대한 5단계(A, B, C, D, E) 중 해당 상태평가 결과를 산정한다.



【그림 3.4.2】 상태평가 결과 산정절차

3.5 내구성조사 및 결과분석 방법

3.5.1 반발경도법

1) 개요

반발경도법은 콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 압축강도를 측정하는 방법으로, 측정방법, 적용 가능한 강도범위, 판정식 및 판정의 평가방법에 대한 고려가 강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

2) 반발경도법 시험 일반

반발경도의 원리는 슈미트햄머로 경화콘크리트를 타격시 반발경도(R)와 콘크리트 압축강도(f_{ck})와의 사이에 특정관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

슈미트햄머는 대상물의 표면에서 직접 측정한 반발경도(R)를 타격각도에 따른 보정값($\angle R$)을 고려하여 수정반발경도(R_o)를 구하고, 이 값으로부터 재령에 대한 영향을 보정한 후 제안되고 있는 여러 산출식을 적용하여 콘크리트 강도를 산출한다.

일반적으로 타격시의 반발경도는 타격에너지 및 타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다.

즉, 반드시 재료의 강도와 일률적인 관계가 성립되는 것은 아니며 특히, 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트햄머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우에 반발경도는 타격면에서 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 있으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하므로 비파괴 강도는 참고자료로 활용한다.

3) 측정방법

① 적용방법

a. 측정부재의 선정

- i) 부재의 두께 10cm이상인 장소 선정하고 보, 기둥 등 모서리로부터 3~6cm 이상 떨어진 장소에서 측정
- ii) 측정면은 균질하고, 평활한 평면부를 고른다.

b. 반발경도 측정방법

- i) 측정대상 면에 도장이 되어 있는 경우는 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출시킨다. 측정부위에 대하여 연마석을 이용하여 콘크리트 면을 편평하게 갈아낸 후 분말 기타부착물을 붙어 없앤 뒤에 측정한다.
- ii) 타격은 수직면에 직각으로 서서히 힘을 가하며 한다.

iii) 1개소의 측정은 모퉁이에서 3cm이상 들어간 곳에서 가로, 세로 3cm 간격의 가로 4줄, 세로 5줄의 교차점 20점에 대하여 타격하여 데이터를 획득한다.

iv) 측정된 20개의 데이터 중 타격시 반향음이 이상하거나 타격치의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 경우는 이상치(Error)로 보고 제외 시켰다. 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발경도(R)로 하였다.

② 타격방법 및 재령에 따른 보정계수 적용

a. 타격방향

타격방향은 수평방향이 일반적이나, 수평 이외의 타격시에는 반발경도(R)가 중력에 의해 변화하는 것을 보정하기 위하여 타격각도에 따른 보정치를 다음표의 값으로 보정하여야 한다.

【표 3.5.1】 타격방향 보정치

반발경도 R	수 평 과 이 루 는 각 도			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	-6	-	+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	-2.0	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.7	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

b. 콘크리트 재령에 따른 콘크리트 압축강도의 보정

장기재령의 콘크리트 강도추정에 있어 일반적으로 적용되는 관계식이나 도표에서 재령에 따른 보정계수를 적용할 필요성이 있다. 일반적으로 수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면강도가 높기 때문에 재령 28일 강도 추정식으로 구한 압축강도로 수정하여야 하며, 수정계수는 다음의 표와 같다.

【표 3.5.2】 재령에 의한 보정표

材令	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22
材令	18日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	32日	34日	36日
n	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95
材令	38日	40日	42日	44日	46日	48日	50日	52日	54日	56日	58日	60日	62日	64日	66日
n	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85
材令	68日	70日	72日	74日	76日	78日	80日	82日	84日	86日	88日	90日	100日	125日	150日
n	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
材令	175日	200日	250日	300日	400日	500日	750日	1000日	2000日	3000日					
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63					

4) 콘크리트 강도의 환산

◆ 본 과업에서의 적용 강도 추정식

구분	계산식	비 고
식 ①	$F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o \text{ (MPa)}$	일본 재료학회 강도 추정식
식 ②	$F_c = (7.3 \times R_o + 100) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	일본 건축학회식
식 ③	$F_c = (15.2 \times R_o - 112.8) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	과학기술부(고강도 콘크리트일 때 사용)
식 ④	$F_c = (2.304 \times R_o - 38.80)$	권영웅 외(고강도콘크리트일 때 사용)

여기서, F_c : 추정강도(kg/cm^2), R_o : 반발경도

3.5.2 탄산화 측정

1) 탄산화 시험 목적 및 측정원리

강재는 건전한 콘크리트인 알칼리 환경에서는 강재 표면에 부동태 피막이 생겨 부식이 발생되지 않는다. 환경적 요인 중 CO_2 의 영향을 받으면 콘크리트는 중성으로 변화되며, 이 환경에서 강재는 부식하게되므로 강재를 포함한 구조물에서 탄산화깊이의 측정은 중요한 검사항목이라 할 수 있다.

탄산화에 의하여 pH값이 감소됨에 따라 콘크리트 내부의 환경이 알칼리성에서 중성쪽으로 변해가며 내부의 철근을 둘러싼 알칼리성 부동태 피막을 불안정하게 하여 부식 발생을 유발시킨다. 시험방법은 페놀프탈레인 1%용액을 분무하였을 때 pH값이 9이하에서는 무색, 이보다 높은 pH값에서는 적색을 나타내므로 간편하게 식별할 수 있다.

2) 시험방법

- 측정부위를 드릴로 천공, 모서리부 국부파손한 부재의 표면을 솔질, 물청소 등으로 표면을 깨끗이 한다.
- 시약을 스프레이 등으로 측정면에 분무한다. 분무 시기는 표면청소 직후 또는 물청소를 하였을 경우 표면이 완전히 건조되었을 때 실시한다.

【표 3.5.3】 측정면의 조건에 따른 탄산화 시험방법

case	측정면	청소방법 전처리법	시약의 분무 시기	탄산화깊이의 측정시기 (분무후의 경과시간)
I - 1	드릴링, 파취면	blow불기	직후	직후
I - 2			3~6시간후	1~10분후
I - 3			1~7일후	1분~2일후

3) 탄산화속도계수 산정

탄산화속도는 경과시간 상의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화 깊이 C는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

4) 탄산화 상태평가 기준

- 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용한다.
- 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

【표 3.5.4】 탄산화 상태평가 기준

등급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	·30mm 이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	·10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	·0mm 이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	·0mm미만	철근부식 발생
e	—	—

제4장 보수·보강 및 유지관리 방안

4.1 보수공법 개요

4.2 보수·보강 우선순위

4.3 보수공법

4.4 유지관리 방안

제 4 장 보수·보강 및 유지관리 방안

4.1 보수공법 개요

교통량의 증가와 교통하중의 중량화, 사용환경상의 변화로 인해 시설물에 대한 손상이 가중될 수 있으며, 손상이 진행될수록 보수·보강에 따른 막대한 시간과 비용이 증가하고 있는 추세이며, 차량의 안전통행에도 영향을 끼치는 사례가 발생하고 있다.

본 정밀점검 결과에 따라 구조물의 내구성, 방수성, 안전성, 기밀성 및 미관을 고려하여 보수공법을 선정하며, 보수공법에 있어서 균열의 원인, 보수범위와 규모, 환경조건, 안전, 공사기간, 경제성 등을 고려하여 소기의 목적이 달성되도록 하고자 한다.

4.2 보수·보강 우선순위

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수 방안은 다음 사항을 원칙으로 하여 다음과 같이 보수·보강 우선순위를 결정하였다.

① 구조물의 직접적인 안전성과 관련 있는 손상을 최우선으로 한다.

② 보수보다 보강을 우선으로 한다.

③ 전체 시설물에서의 우선순위 결정은 각 시설물이 가지는 중요도, 방치 시 결함의 규모가 증대되거나 사용성 저하가 우려되는 손상 등을 종합검토 후 우선순위를 결정한다.

구 분	구조물 상태	설 계	보수·보강
1순위	▶ 부재의 손상 상태가 전체구조물에 즉각적영향, 시민안전 위협 등 ※ 0.3mm이상 균열, 철근노출 등	즉시 보수설계착수	익년도 보수완료
2순위	▶ 부재의 손상도 심각(D,E급), 방치시 전체구조물 안전성 영향, 주요노선 등 ※ 단면손상, 조인트부 박락, 파손 등	익년도 보수설계착수	2년내 보수완료
3순위	▶ 방치시 장래보수, 보강 비용의 급증 ※ 0.3mm미만 균열, 망상균열, 백태, 덮개 파손 등	3년내 보수설계착수	4년내 보수완료
4순위	▶ 내구성 증진을 위한 연차보수 필요	—	유지관리

4.3 보수공법

4.3.1 균열 보수방안

폭 0.3mm이상의 균열은 표면처리공법에 의한 보수시 부재의 탄성거동, 보수 재료 자체의 건조수축 등으로 인해 재 손상 재발이 빈번하므로 주입공법에 의한 보수가 바람직한 것으로 판단된다.

1) 균열 보수공법 분류

【표 4.3.1】 균열 보수공법 분류

보수 목적	균열 현상·원인		균열폭 (mm)	보 수 공 법				
				표면처리 공 법	주입 공법	충전 공법	그밖의 공법	
							침투성방수제 도 포 공 법	기타
방수성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 작음	0.2이하	○	△		○	
			0.2~1.0	△	○	○		
		균열폭의 변동이 큼	0.2이하	△	△		○	
			0.2~1.0	○	○	○		
내구성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 작음	0.2이하	○	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0이상		△	○		
		균열폭의 변동이 큼	0.2이하	△	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0이상		△	○		
	철근부식		—					□
	염 해		—					□
	반응성골재		—					□

※ ○ 적당 △ 조건에 따라 적당 □ 기타

2) 균열 보수시 주입제 선정안

【표 4.3.2】 균열 보수공법 분류

구 분	저점도 EPOXY 주입제	무기질계 주입제	유기질계 주입제
장 점	-시공이 간편하다 -시공비가 적다 -시멘트모탈, 콘크리트철근에 강력히 접착된다. -내수성, 내후성 우수하다. -미세한 크랙까지 완전히 주입가능하다. -작업성이 우수하고 저압 주입용으로 적합하다. -경화 후 수축이 거의 없다. -전압 동시 주입공법이며 이동성이 간편하고 주입량을 관리하기도 좋다 -광범위한 범위에 대량의 주입이 가능	-습윤 및 건조지역적용이 가능하다. -내화화성이 크다 -접착력 및 강도가 크다. -콘크리트 친화재인 무기질 재료이다. -압축강도 1020kg/cm² 으로 우수함. -무수축성이다. -주입후 미관이 양호하다.	-시공이 간편하다
단 점	-공사비가 일반 재료에 비해 다소 비싸다. -보수 중 완전 건조가 된 상태이어야 효과가 크다.	-빙점이하에서는 사용을 금한다.	-공사비가 다소 비싸다. -유기질계이므로 시간에 따라 주입재의 변형이 발생할 수 있다.
시공방법	-균열을 건조시킨다 -씰링재를 균열틈에 봉합한다. -주입구를 설치한다 -주입한다. -마감한다.	-씰링재를 사용하여 인젝터를 크랙주위에 고정시킨다. -무기질주입제를 믹싱하여 인젝션 포트에 담는다. -균열부에 삽입하고 서서히 압력을 가한다. -주입이 끝나면 씰링재와 인젝터를 제거한다. -표면처리를 한다.	-균열주위에 팩커를 설치하기 위해 천공을 한다. -주입구 팩커 설치 -유기질계 충전 -마감
추천안	○		
선 정 배 경	보수효과(방수성, 내구성 등)를 고려할 때 습기 및 물에 강하고 접착력이 우수한 저점도 에폭시 수지를 사용한 균열주입보수가 적정할 것으로 판단된다.		

4.3.2 단면 손상부 보수방안

1) 부재 단면 손상부

단면 손상부는 손상의 정도를 고려하여 다음 공법을 적용하는 것이 바람직하다.

【표 4.3.3】 단면 손상부 보수방안

손상현황	보수목적	적용공법
박리, 재료분리, 경미한 파손	보수단면이 적은 경우 내구성 저하방지 목적	단면보수공법
박락, 파손, 철근노출	단면결손부에 대한 내구성 및 보강 목적	단면복구공법
파손, 철근노출	단면복구 및 내하력 증가 목적	강판접착공법

2) 콘크리트 부재 단면 손상부 보수제 선정안

단면 손상부 보수 재료는 다음과 같이 선정하였다.

【표 4.3.4】 표면 손상부 보수제 선정방안

구 분	폴리머모르터계 시멘트 +철근방청	(침투성 접착강화제 + 급결시멘트) +철근방청	일반시멘트+철근방청
장점	-시공성이 좋다. -표면 접착력이 강하다. -고강도로서 충격이나 내후성이 강하다. -시공실적이 많다.	-시공성이 좋다. -표면 접착력이 강하다. -단시간내 지수효과가 큼	-시공이 간편하다. -표면 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 크다. -공사비가 저렴하다.
단점	-시공시 면이 완전건조 상태이어야 한다. -숙련공에 의한 시공이 요구된다. -재료가 다소 고가이다.	-5℃이하에서는 작업이 불가하다. -이중 재료 사용으로 공사비가 고가이다. -숙련공에 의한 시공이 요구된다.	-부착면 탈락 발생이 빈번하다. -손상면에 습기등 발생시 보수부 탈락이 빈번하다. -다른 재료 혼입시 공사비가 증대된다.
추천안	○		
선 정 배 경	콘크리트 부재의 단면손상부(박리, 박락, 경미한 파손) 부위는 표면접착력이 강하고 고강도로서 충격이나 진동에 강하며, 별도의 혼합재가 필요없이 내구성 확보가 가능한 폴리머 모르터계 시멘트에 의한 단면보수를 시행한다. 콘크리트 부재의 박락 및 파손정도가 심하여 철근이 노출될 경우는 단면복구공법에 의한 보수가 바람직하다.		

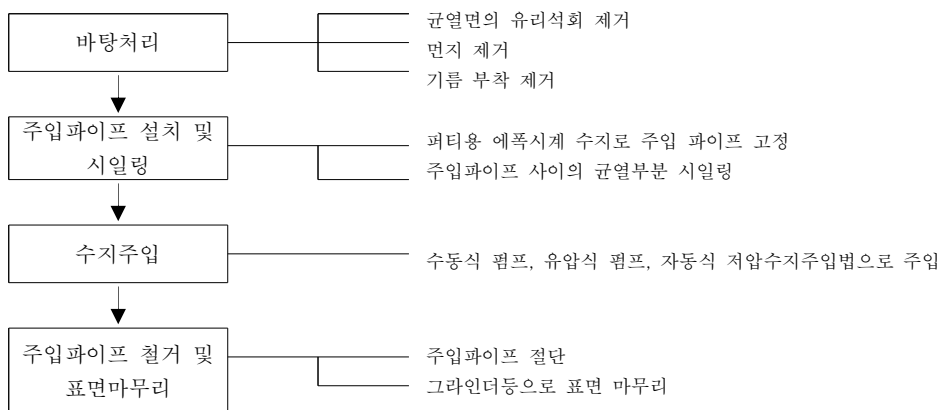
4.3.3 보수공법별 개요

◆ 균열보수공법

1) 개 요

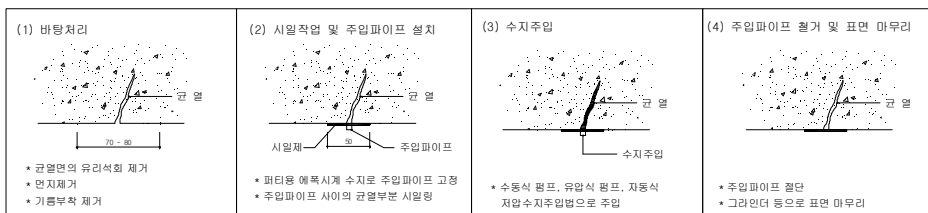
- * 균열부에 에폭시 수지를 주입하고 콘크리트와의 일체를 껴함.
- * 도로를 전면 공용 시공가능.
- * 구체의 방수성 향상.
- * 콘크리트의 노화 방지.
- * 철근의 방청 효과.
- * 내하력 증대 기대할수 없음.

2) 시공방법



3) 주의사항

- * 주입압력이 너무 크면 균열이 확대 되어 버린다.
- * 평균주입압 - 수동식 : $4\text{kg}/\text{cm}^2$
- 페달식 : $15\text{kg}/\text{cm}^2$
- 전동식 : $20\text{kg}/\text{cm}^2$
- 자동식 : $4\text{kg}/\text{cm}^2$
- * 시공시의 온도는 일반적으로 $10 \sim 30^\circ\text{C}$, 콘크리트 균열 표면의 온도는 10°C 를 표준.
- * 에폭시계 수지는 항상 냉암소에 밀봉 보관하여야 하며, 제조후 6개월 이상 경과한 것은 다시 시험하여 품질의 변질여부 확인.



균열이 작은 경우와 큰 경우(0.3mm)의 시공법 비교

구 분	TYPE - A	TYPE - B
파이프부착공법		
균열부 V커트 방법	에폭시 주입	에폭시 수지
파이프 종류	WASHER 파이프	일반 파이프
파이프 설치간격	20 ~ 30cm	20 ~ 30cm
균열의 폭	0.3mm 미만	0.3mm 미만

◆ 단면보수 공법

1. 공법개요

단면이 비교적 적은 경우의 보수에 사용되는 방법으로 단면보수의 하지처리 후에 보수에 적합한 강도로 혼합한 보수재를 주걱이나 손으로 눌러 붙여서 단면을 보수하는 공법이나 시공부위, 진동, 자중 등으로 보수재료가 떨어지는 경우도 있으므로 보수재료의 선정시 유의하며, 두껍게 발랐을 수축 균열도 주의해야 한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

- ① 기존콘크리트의 열화부위, 탄산화부분을 브레이커 및 그라인더를 이용하여 콘크리트 표면을 철거한다.
(THK=2~30m/m)
* 콘크리트 표면철거시 파편 및 분진이 발생하므로 보호안경 착용후 작업을 한다.
- ② 콘크리트 표면철거 후 고압세척기를 이용하여 표면을 고압세척한다.
* 고압세척의 압력은 노즐TIP에서 5000PSI(350kg/cm²)의 압력으로 한다.
* 압력이 높으므로 노즐방향이 사람을 향하지 않도록 하며, 보호장구 착용후 작업을 한다.
- ③ 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- ④ 대기나 콘크리트의 온도가 5℃이하 또는 24시간 이내에 5℃이하가 예상되거나, 시공후 8시간 이내에 비가 예상되면 시공을 해서는 안된다.
- ⑤ 대기 온도가 35℃ 이상일때에도 시공을 해서는 안된다.
- ⑥ 보존 및 보관방법
* 직사광선을 피해서 보관하여야 하며 제조일로부터 6개월간 보관이 가능하다.
- ⑦ 패칭재(모르타)가 패칭 후 양생에 주의한다.
* 양생시 양생포를 덮어 양생한다.작업장 주위를 깨끗이 정리한다.

◆ 단면복구 공법

1. 공법개요

콘크리트의 탈락, 박리, 박락등 단면 결손과 함께 철근이 노출된 경우의 콘크리트 보수공사에 적용한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

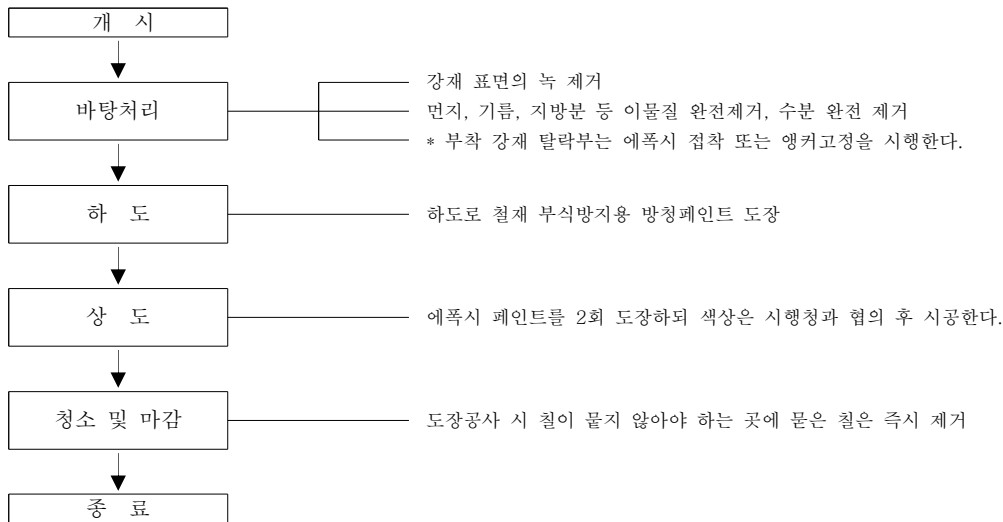
- ① 손상단면은 소형브레이커 등을 이용하여 철거(표면과 직각이 되도록 치핑)한다. THK=2~30m/m)
 - * 콘크리트 표면철거시 파편 및 분진이 발생하므로 보호안경 착용후 작업을 한다.
- ② 콘크리트 표면철거후 고압세척기를 이용하여 표면을 고압세척한다.
 - * 고압세척의 압력은 노즐TIP에서 5000PSI(350kg/cm²)의 압력으로 한다.
 - * 압력이 높으므로 노즐방향이 사람을 향하지 않도록 하며, 보호장구 착용후 작업을 한다.
- ③ 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- ④ 침투성 표면강화제 및 발청억제제는 온도가 5℃이하에서는 작업을 중지해야 한다.
 - * 표면이나 홀에 남지않도록 하고 표면의 잔재는 박리의 원인이 되므로 형깁등을 이용하여 제거한다.
- ⑤ 신, 구 접착재료의 접착력 증진을 위하여 G&W - 11 (수성폴리머물탈) 를 솔처리한다.
 - * 솔처리는 1회 THK = 1.5m/m 를 넘어서는 안된다.
 - * 5℃ 이하에서는 작업을 중지한다.
- ⑥ 기존 콘크리트 탈락부위는 탄산화 방지를 위하여 탄산화 방지제 및 동결융해 방지제를 바른다.
 - * 솔처리는 1회 THK = 10m/m 를 넘어서는 안된다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗하게 정리한다.

◆ 도장보수 공법

1. 공법개요

강재의 부식방지 및 미관확보를 위한 착색 두가지 기능을 장기간 유지할 수 있도록 강재의 부식을 완전히 제거하고 도장을 시행한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

- ① 도장재는 세부품질기준과 배합 및 희석에 관한사항, 환경조건 및 유효보관기간, 바탕준비에 관한 사항, 사용시 유해물질과 과다노출에 대한 보호 등 안전에 관한사항을 기술하여 감독 승인을 받는다.
- ② 오염, 먼지등은 닦아내고 용접, 접합부위 등에 부착된 불순물은 스크레이퍼, 와이어 브러쉬, 연마지 등으로 완전제거한다. 기름, 지방분 등의 부착물은 닦아낸 후 휘발유, 벤졸, 트리크렌, 솔벤트, 나프타 등으로 씻고 물로 다시 씻어낸다.
- ③ 바탕처리 후 철재면에 부착된 수분은 완전 건조시킨다.
- ④ 비가 오거나 상대습도 85% 초과시, 기온이 5℃ 미만일 경우 작업을 하지 않도록 한다.
- ⑤ 보존 및 보관방법
 - * 제조업자의 지침사항에 따른다.
- ⑥ 도장장재 양생중 외부 접촉을 차단한다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗이 정리한다.

◆ Sealant 보수

Sealant부는 내구년수 경과로 인해 열화될 수 있으므로 주기적인 보수가 필요하며, Sealant 재시공시는 숙련공에 의해 쉼재의 배합비, 시공을 정밀하게 하여야 한다.

◆ 포장 손상 보수공법

1. 아스팔트 표면처리 공법

가. 용도 및 목적

표면처리(Surface Treatment)는 아스팔트 포장의 표면에 부분적인 균열, 변형, 마모 및 붕괴와 같은 파손이 발생한 경우에 기존 포장에 2.5cm 이하의 얇은 층으로 시일링(Sealing)층을 시공하는 공법이다. 우기 또는 한냉기 전에 실시하면 양호한 상태로 포장을 유지할 수 있으므로 예방적인 조치로서 매우 효과적이다. 표면처리에는 일반적으로 다음과 같은 공법이 있다.

◆ 시일코우트(Seal Coat) 및 아마코우트(Armor Coat) (01-502,503,504)

◆ 카페트코우트(01-502,503,504)

◆ 포그시트(01-502,503,504)

◆ 슬러리시일(01-502,503,504)

◆ 수지계 표면처리(01-502,503,504)

나. 시공방법

1) 시일코우트(Seal Coat) 및 아마코우트(Armor Coat) : 시일코우트는 포장표면에 살포한 역청재료 위에 모래나 부순돌을 살포하여 부착하는 공법으로 이 공법을 2회이상 반복하여 두께를 두껍게 하는 것을 아마코우트라고 한다.

2) 카페트코우트(Carpet Coat) : 포장의 표면에 아스팔트 혼합물을 얇게 포설하여다지는 공법으로 일반적으로 쇄석, 스크리닝스, 모래, 석분 및 아스팔트를 혼합하여 두께 1.5 ~ 2.5cm로 포장한다. 표면처리로서는 효과가 크다. 또한 포장 후 조기에 교통개방이 가능하며 특수한 혼합물로는 미끄럼방지용 혼합물인 실리카샌트 아스팔트 및 내마모용 혼합물인 미세한 분말로 된 갭아스팔트콘크리트 등이 있다.

3) 포그시일(Fog Seal) : 물로 묽게한 유화아스팔트 MS(C)-2, MS(C)-3 또는 MS(A)-2, MS(A)-3(중발 잔유물의 침입도 100이하의 것)을 얇게 살포하여 작은 균열과 표면의 공극을 채워 노면을 소생시키는 공법으로 특히 교통량이 적은 곳에 사용하면 효과가 있다.

4) 슬러리 시일(Slurry Seal) : 유화 아스팔트, 잔골재, 석분과 적당량의 물을 가한 상온 혼합물을 슬러리 모양으로 만들어 얇게 포설하는 공법이다. 이 공법은 미세균열 및 표면

이 마모된 곳의 수리에 적용되고 있다.

5) 수지계 표면처리 : 포장표면에 에폭시수지 등을 살포 또는 도포해서 그 위에 경질골재를 살포, 고착시키는 것으로 특별히 미끄럼방지 효과를 기대할 수 있는 공법이다. 안료 또는 착색골재를 이용하여 착색포장을 겸용할 수 있다. 골재로는 에머리, 칼사이드 보그 사이트 등의 경질 골재를 이용하며 입경은 3.2~1.2mm의 범위의 것을 사용한다.

2. 아스팔트 패칭공법

가. 용도 및 목적

패칭이란 포트홀, 단차, 부분적인 균열 등 적은 면적의 손상된 곳을 직접 채우는 임시적인 방법과 불량 부분을 약간 크게 절취하여 수리하는 방법으로 구분할 수 있다. 전자는 특히 긴급성을 필요로 하는 경우에 쓰인다. 사용하는 재료는 기존 포장과 같은 재료를 사용하는 하는 것이 바람직하나 긴급히 대응하여야 하는 것과 기설 포장과 같은 재료를 얻기 어려울 때에는 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용해도 좋다. 패칭 재료는 일반적으로 가열 아스팔트 혼합물이 사용되며, 긴급을 요할때는 상온 아스팔트 혼합물도 사용된다.

◆ 가열 혼합식 방법

◆ 상온 혼합식 방법

◆ 구스아스팔트

나. 시공방법

1) 가열 혼합식 공법 : 가열 혼합식 공법에 의한 혼합물은 기존 포장과 부착이 좋고 내구성과 안정성이 우수하며 시공직후 안정되어 대형차 교통량이 많은 도로에 적합하다. 반면에 혼합물의 온도관리를 엄중히 하지 않아 온도가 떨어진 혼합물로 포설한 부분은 충분한 밀도가 얻어지지 않고 기존 포장과의 부착도 기대할 수 없게 된다. 따라서 혼합물의 운반에 있어 천막포 등으로 덮어 보온에 특히 주의하여 온도강하를 방지해야 한다.

2) 상온 혼합식 공법 : 상온 혼합식 공법에 사용하는 혼합물은 상온에서 취급하는 것이 특징이므로 운반과 포설에 편리하다. 상온 혼합물에 의한 포설에서도 가열 혼합식과 거의 같은 순서, 방법으로 시행하면 된다. 혼합물은 어느 기간 동안 저장할 수 있으나 가열 혼합물과 비교할 때 안정성, 내구성이 떨어지므로 대형차 교통량이 많은 도로에서는 긴급을 요하는 장소 이외에는 사용하지 않는 것이 좋다.

3) 구스아스팔트 : 가열 혼합식 공법과 거의 동일.

3. 아스팔트 오버레이공법

가. 용도 및 목적

기존 포장의 강도 부족을 보충하는 것 외에 노면의 평탄성 개량, 균열로 빗물의 침투를 방지하는 목적도 있다. 오버레이시 노면높이의 상승과 배수, 사하중 증가 등을 가져올 수 있으므로 여러 상황을 고려하여 공법을 채택하여야 한다. 이의 채택이 어려울 경우에는 절삭 오버레이, 재포장, 재생공법등을 검토할 필요가 있다. 오버레이를 시공하기에 앞서 기존 포장의 파손상황에 따라 적당한 수정을 한다.

나. 시공방법

- 노면을 깨끗이 청소하고, 쓰레기 등을 제거한다.
- 텍코우트 실시 : 일반적으로 아스팔트 유제(PK-4)를 이용한다. 살포량은 재래노면의 조도, 노화의 정도에 따라 다르지만, 일반적으로 0.4~1.0 l/m² 정도이다. 살포량이 너무 많으면 오버레이 후 노면에 블리딩 및 종단방향 요철이 생기게 된다. 유제의 살포는 일반적으로 시공면적이 작은 경우에는 엔진 콤프레셔를 사용하고, 면적이 큰 경우에는 아스팔트 디스트리뷰터를 사용하여 효율적인 시공이 가능하다.

4. 아스팔트 절삭오버레이공법

가. 용도 및 목적

아스팔트 포장표면에 연속적으로 또는 단속적으로 요철이 발생하여 평탄성이 불량하게 된 경우는 이 부분을 기계로 절삭하여 노면의 평탄성과 미끄럼 저항을 회복시키는 공법으로 소성변형이 일어난 곳에 효과적인 공법이다.

나. 시공방법

- 로드히터로 소정온도(60~180℃)까지 가열한다.
- 로타리 커트 또는 모터 그레이더의 그레이더로 절삭한다.
- 사람 또는 모터 스위퍼로 청소한다.
- 그대로 교통개방하거나 오버레이 시공을 한다.

5. 포장도로 균열보수공법(Road Seal)

가. 용도 및 목적

본 공법은 교면포장 파손, 균열부 보수 및 바닥판 균열, 철근콘크리트, 신축이음부보수에 주로 사용되며, 균열의 봉합을 주목적으로 한다.

나. 시공방법

- 시공부위 절단 및 깨기
- 압축공기 청소 및 Tape부착 : 신축 이음부에서 파편,미세먼지, 미량의 습기제거, 점착성 이물질 제거 후 포장 깨기 측면에 Tape를 부착한다.
- 시공부위 가열 및 백업제 서치 : 양호한 주입을 위하여 히트랜스를 사용해 시공부위를 가열 (약 70° C유지)한후 백업제를 설치한다.
- 1차 도포 및 지지판 설치 : 시공부위에 로드셀을 2mm~3mm정도로 1차도포 후 지지판(철판 : 5~6mm)을 설치한다
- 조인트제(로드셀)의 주입
- 마무리 작업 : 스퀴즈나 롤러로 평탄한면(평탄화)을 만든후 석회가루 또는 탈크가루를 표면에 살포해 냉각시키면 시공즉시 차량통행이 가능하다.

4.4 유지관리 방안

4.4.1 유지관리 개요

시설물 유지관리는 시설물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견하고 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전 및 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후 시설물의 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것을 목적으로 실시한다.

유지관리의 목적은 다음과 같다.

- ① 시설물의 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 보정한다.
- ② 시설물의 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
- ③ 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.
- ④ 보수, 보강, 개축 등의 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
- ⑤ 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여 예산의 최적 분배가 가능하게 한다.
- ⑥ 축적된 점검결과 분석을 통해 향후 설계, 시공될 교량의 개선을 기대할 수 있다.

시설물 유지관리의 목적은 다양하지만 그 중에서 가장 기본이 되는 것은 시설물의 현상을 주기적인 현장 점검을 통해 파악하고, 시설물의 안전성과 사용성에 악영향을 미칠 손상을 예방하거나 조기에 발견하여 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전한 시설물 이용을 보장하는 것이다.

축적된 점검자료를 분석하면 시간이 경과함에 따라 변해 가는 시설물의 상태를 예측할 수 있고, 이에 따라 적절한 유지관리 계획을 수립할 수 있게 된다.

또한, 유지관리면에서 본 설계, 시공상의 문제점과 개선점이 파악되어 유지관리를 고려한 설계, 시공을 가능케 하고, 결과적으로 시설물의 수명을 연장시킨다.

4.4.2 유지관리방안

1) 부재별 유지관리 중점방안

주요부재		중점 유지관리 사항
터널의 구조적 안전상태	터널 라이닝 표면점검	- 탈락 위험부분은 제거하거나 예방보수 - 천단, 측벽부 수지주입에 의한 보수부 재균열 발생여부 - 누수, 백태, 부식, 침식 등의 발생여부 - 터널내 각종시설, 앵커 등의 손상 여부점검
	터널내에 설치된 무거운 시설	- 정착상태 및 기초상태 점검(매1년) - 정밀조사(매5년)
터널내의 시설	조명 시설	- 조명등 작동상태 및 청소상태 - 조명등이 이상이 있으면 즉시 교체 - 조명등의 조도가 규정보다 70%이하이면 교체
	배수 시설	- 배수로 균열발생 여부 - 배수로 콘크리트 파손 상태 - 집수정 점검 및 퇴적물 퇴적상태
	정기적 청소	- 표면청소는 라이닝 표면에 매연, 유리석회, 백태, 슬라임(Slime), 유지 등의 부착물로 오염되어 있는 경우 이것을 제거하여야 하며, 만약 부착물을 방치하면 노후화가 촉진되고 갱내작업 환경을 악화시킨다.
터널 입·출구부	사면	- 사면의 안정상태 - 상부 지표면 침하여부 - 사면의 표면보호(녹생토) 유실여부 - 사면 도수로 및 측구 배수 상태
	옹벽, 갭문	- 기초의 부등침하 여부 - 배수 처리 상태 - 누수, 백태, 철근노출 등 열화 발생여부 - 보수부 재균열 발생여부
유지관리 작업에 따른 안전대책		- 터널의 유지관리를 위한 제반작업은 안전관리 규정을 준수하여 유지관리 인원의 안전에 만전을 기해야 한다. 또한 유지관리 작업으로 야기되는 분진, 소음, 가스 등으로부터 유지관리원이 보호될 수 있도록 안전장구를 갖추고 작업해야 한다.

2) 유지관리 지침

본 과업을 통하여 제시된 외관조사망도를 바탕으로 본 보고서『제1편 제3장 현장조사 및 시험』에서 제시한 「시설물의 점검사항」을 참고하여 유지관리 한다.

※ 시설물 점검시 각 시설물별 유지관리 지침과 외관 조사망도 활용 요망.

※ 시설물 보수·보강 이력사항에 대한 기록관리 철저 요망.

※ 시설물의 보수는 제1편 제4장을 참조하며, 보강 필요부재에 대해서는 충분한 검토 및 보수 실시설계 후 제시된 방안으로 보강하는 것이 바람직하다.

※ 보수·보강 수행시 공사에 따른 특기사항은 기록, 정리하여 향후 유지관리 자료로 활용할 수 있도록 하여야 한다.

제2편 시 설 물 편

1.

봉대산터널(서울,문산)

- 1.1 시설물 개요
- 1.2 자료수집 및 분석
- 1.3 현장조사
- 1.4 콘크리트 내구성 조사
- 1.5 현장조사 및 시험 결과요약
- 1.6 상태평가
- 1.7 종합평가 및 안전등급 지정
- 1.8 보수·보강 및 유지관리 방안
- 1.9 종합결론

1. 봉대산터널(서울,문산)

1.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동에 위치한 2종 터널시설물로서, 총 연장 376.0m(서울), 386.0m(문산), 폭 10.7m, 높이 6.50m로 시공되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 봉대산터널(서울) 일반사항

시설물명	봉대산터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000095
노선명	고속국도 17호선	관리번호	—
위 치	시점: 경기도 고양시 덕양구 강매동 225 / 종점: 경기도 고양시 덕양구 강매동 193-12		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	376.0m	설 계 사	(주)다산건설턴트
내공단면	폭 : 10.7m, 높이 6.5m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.9164%	주요공법	개착 + NATM
평균선형	R=1,200m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	—	갹문형식	면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

【표 1.1.2】 봉대산터널(문산) 일반사항

시설물명	봉대산터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000096
노선명	고속국도 17호선	관리번호	—
위 치	시점: 경기도 고양시 덕양구 강매로 164 / 종점: 경기도 고양시 덕양구 강매동 산 5-2		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	386.0m	설 계 사	(주)다산건설턴트
내공단면	폭 : 10.7m, 높이 6.5m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.2746%	주요공법	개착 + NATM
평균선형	R=1,000m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	—	갱문형식	면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

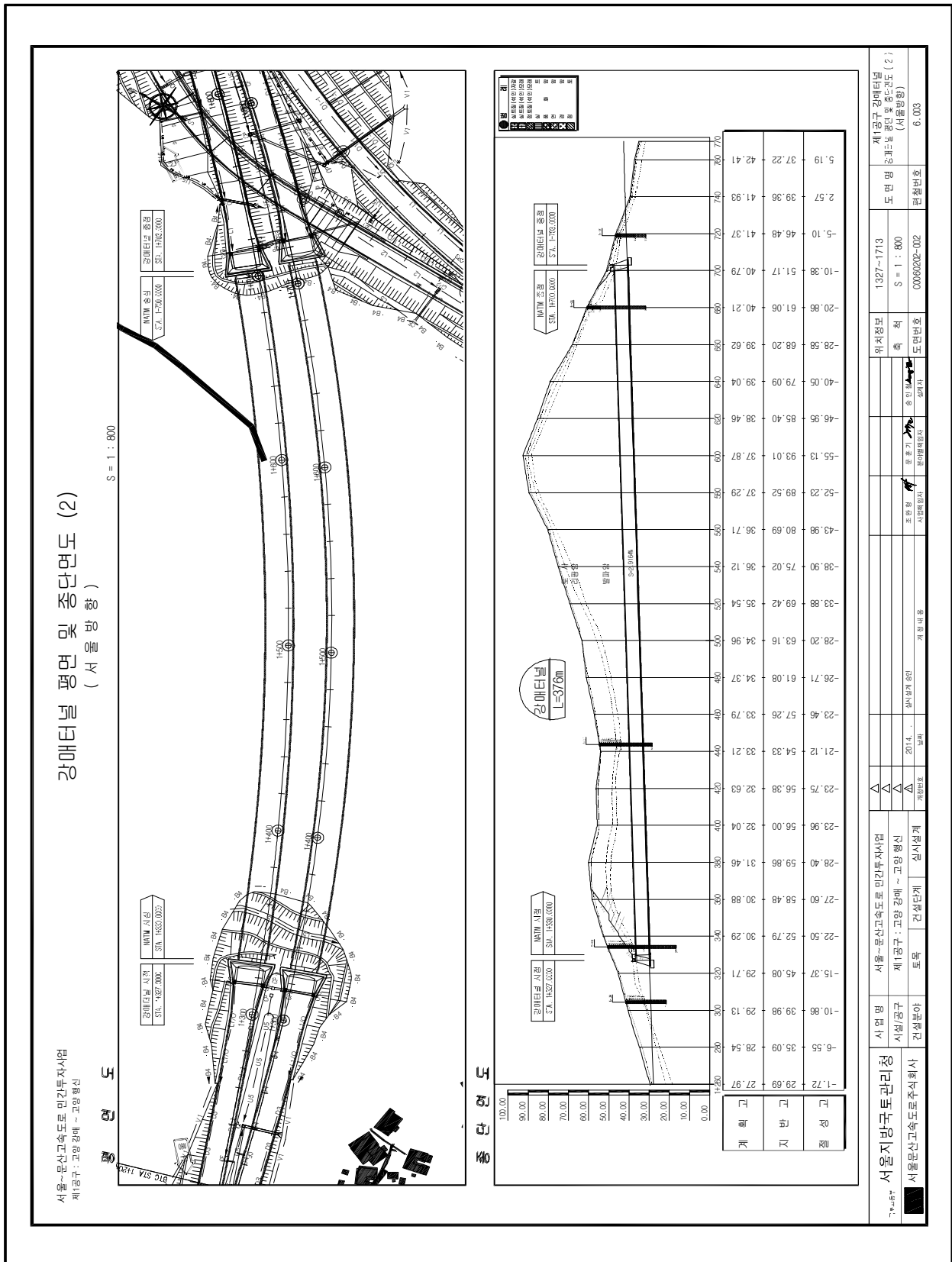
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

【그림 1.1.2】 부재별 현황(서울)

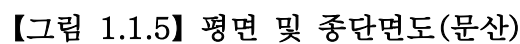
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

【그림 1.1.3】 부재별 현황(문산)

1.1.3 시설물 일반도



【그림 1.1.4】 평면 및 종단면도(서울)



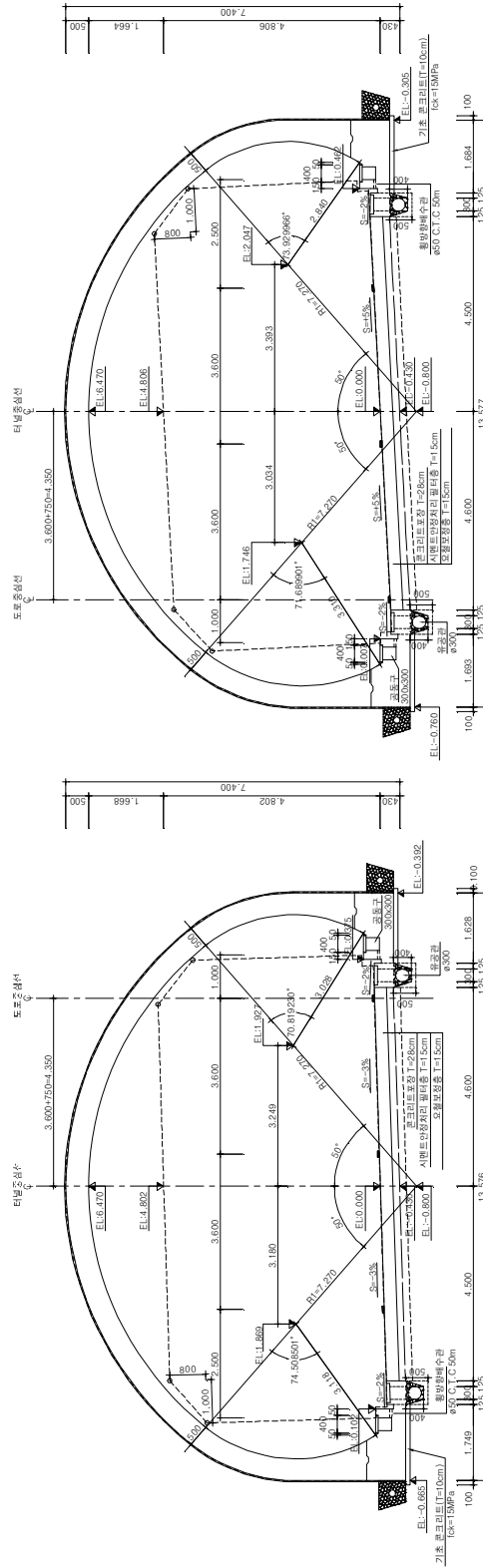
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 교량 강매 ~ 교양 행선

개착터널 표준단면도 (1) (시점부)

S = 1 : 50

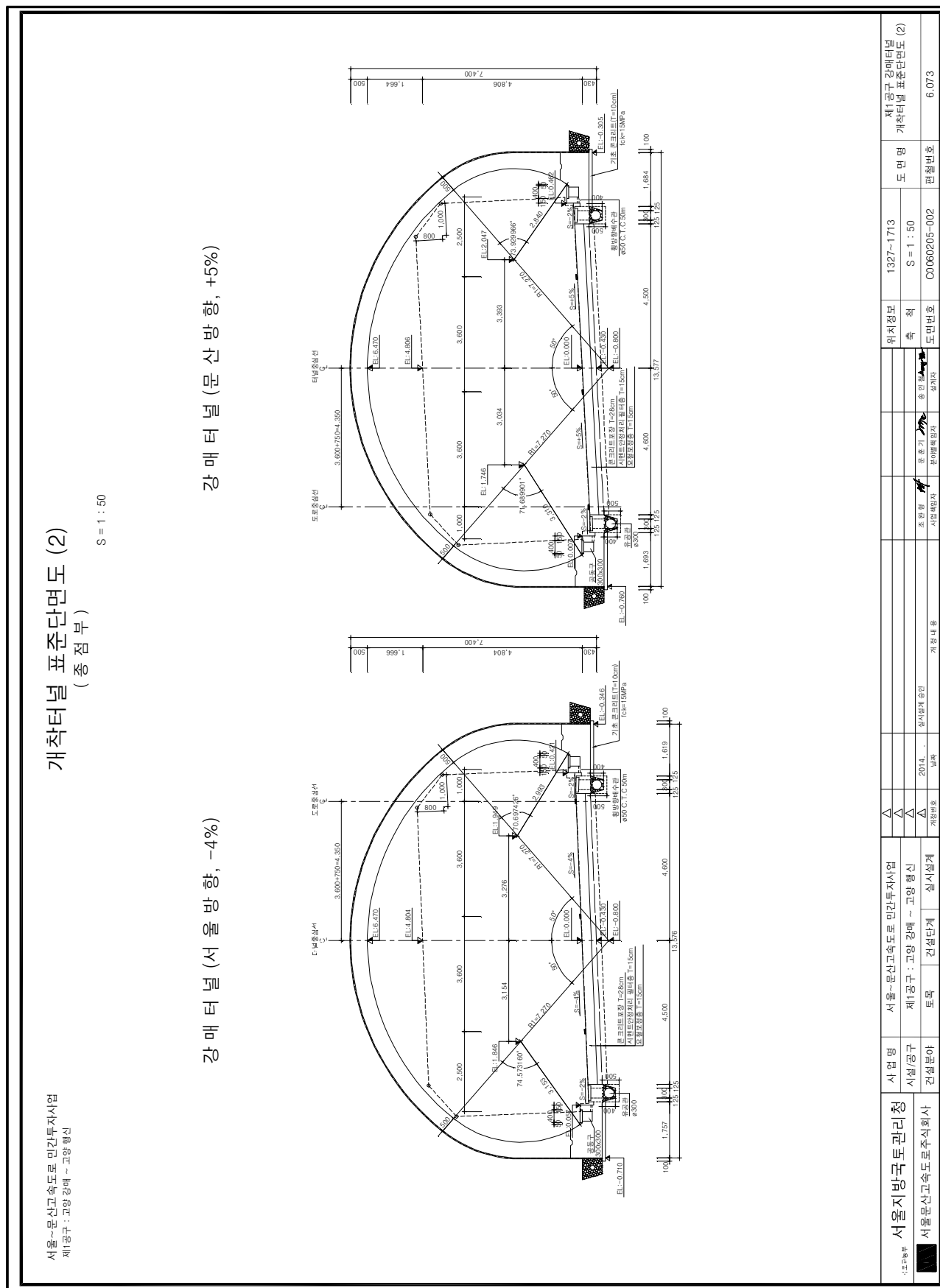
강매 터널 (서울 방향, -3%)

강매 터널 (문산 방향, +5%)



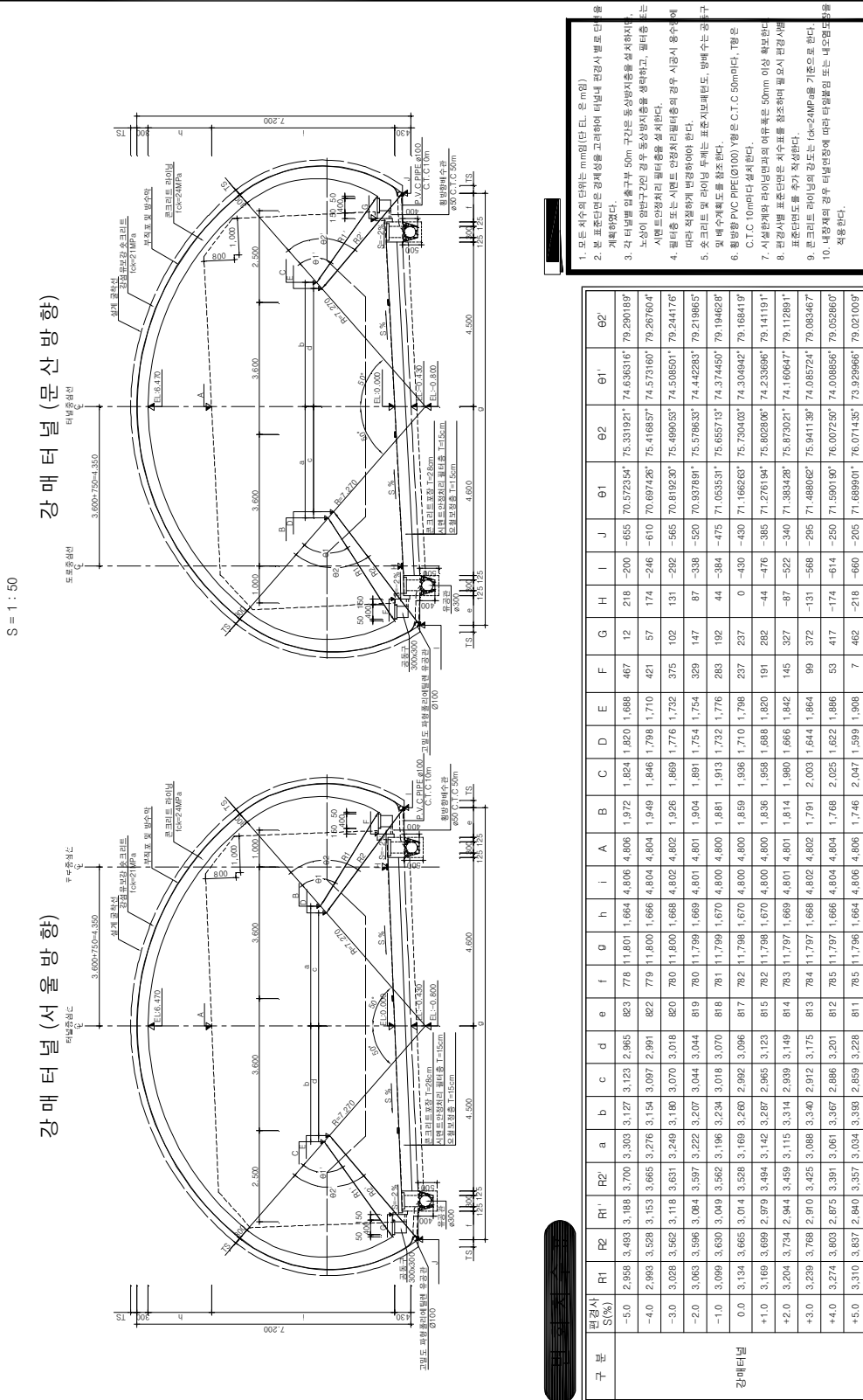
【그림 1.1.6】 개착터널 표준단면도(시점부)

국·교유	서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업	△						위치정보	1327~1713	도면명	제1공구 강매터널 개착터널 표준단면도 (1)	6.072
	시설/공구	제1공구 : 교양 강매 ~ 교양 행선		△						축척	S = 1 : 50			
	건설분야	토목	건설단계	설시성계	2014. .	설시단계 승인	설시단계 승인	설시단계 승인	설시단계 승인	도면번호	C0060205-001			
서울문산고속도로 주식회사		토목	건설단계	설시성계	2014. .	설시단계 승인	설시단계 승인	설시단계 승인	설시단계 승인	도면번호	C0060205-001	판정번호	6.072	



본선 표준단면도 (1)

서울-문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신



1. 모든 치수의 단위는 mm(단, EL.은 m(정))
2. 본 표준단면은 전체성을 고려하여 터널내 전경사별로 단면을 개량하였다.
3. 각 터널별 입출구부 50m 구간은 동상방지층을 설치하지 않음에 따라 입출구부 50m 구간은 동상방지층을 설치한다.
4. 필터층 또는 시멘트 포장층이 필터층의 경우 시공시 용수차에 따라 적절하게 변경하여야 한다.
5. 아웃리트 및 라이닝 두께는 표준지보배면도, 방배수는 강구 및 배수계측도를 참조한다.
6. 환풍용 PVC PIPE(φ100) Y형은 C.T.C 50m마다, T형은 C.T.C 10m마다 설치한다.
7. 시멘트제와 라이닝면과의 여유폭은 50mm 이상 확보한다.
8. 관상사별 표준단면은 차수표를 참조하여 필요시 변경한다.
9. 관크리트 라이닝의 경우 또는 (8x24MPa)를 기준으로 한다.
10. 내장재의 경우 터널면용에 따라 터널면용 또는 내도면용에 적용한다.

서울시 방국토관리청 영토관리과	사업명	서울-문산고속도로 민간투자사업	△	위치정보	1327-1713	도면명	제1공구 강매터널 본선 표준단면도 (1)
	시정/공구	제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신	△	속	S = 1 : 50	도면번호	C0060203-001
서울문산고속도로주식회사	건설분야	토목	△	도면작성	도면번호	6.007	
	건설단계	실시단계	△	도면작성	도면번호	6.007	

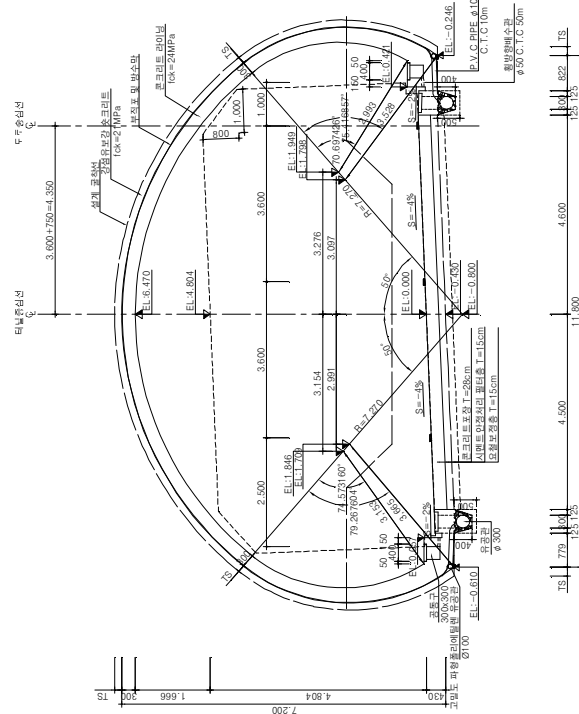
【그림 1.1.8】 본선 표준단면도(1)

서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신

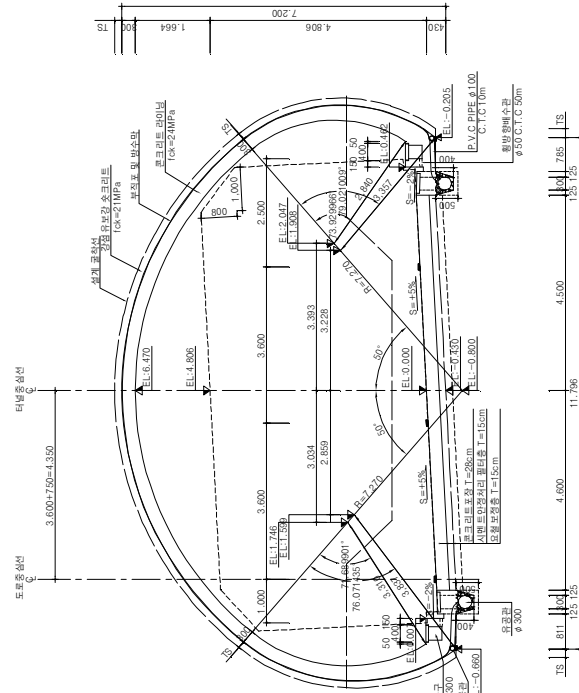
본선 표준단면도 (2)

S = 1 : 50

강 매 터 널 (서 울 방 향, -4%)

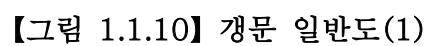


강 매 터 널 (문 산 방 향, +5%)



【그림 1.1.9】 본선 표준단면도(2)

서울지방방국토관리청 서울고속도로	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업	△						위치정보	1327~1713	도면명	개·공구 강매터널 본선 표준단면도 (2)
	시정/공구	제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신	△						축척	S = 1 : 50		
	건설분야	토목	건설단계	실시단계	2014 -	상사보제 승인	본 호기	승인 일자	도면번호	C0060203-002	관철번호	6.008
서울문산고속도로 주식회사		토목	건설단계	실시단계	2014 -	상사보제 승인	본 호기	승인 일자	도면번호	C0060203-002	관철번호	6.008







1.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울문산고속도로 민간투자산업 건설공사 1공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

1.2.1 설계자료 검토

가. 지반 시추조사

시추조사는 지표로부터 지하 깊은 곳을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 시험공을 굴진하여 지반의 성상을 조사하고, 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료를 제공하기 위한 목적으로 실시된다. 시추조사는 노선구간에 대하여 지반의 수직적 특성 즉, 지층의 성층상태와 각 지층의 지반 공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도, 절리간격 등을 파악하며, 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 표준관입시험을 한국산업규격(KS F2307)에 의거 연속성 있게 실시하였으며, 코어 회수율을 높여 정확한 암질상태를 파악하기 위하여 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit를 사용하였다. 채취된 암석 코어는 육안관찰에 의하여 암석 내에 분포된 불연속면 즉, 절리와 절리면의 충전물 등을 파악하고 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추 주상도에 기재하였다. 지하수위의 측정은 지하수체(Ground Water Body) 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면의 위치를 지표면과 일정한 기준면으로부터의 수직거리로 구하였다.

【표 1.2.1】 시추작업 장비

시추작업 전경(BH-30)	시추작업 전경(BH-234)
	

나. 기본 설계자료 분석

- ① 분포지층 : 표토층(붕적층), 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암, 경암
- ② 붕적층
 - 최상부층으로 지표하 0.3~0.8m 층후로 습윤한 상태로 분포하며, 갈색~적갈색, 암갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성
- ③ 풍화토
 - 지표하 0.3~0.8m에서 1.0~11.6m 층후로 분포
 - 갈색, 암갈색~적갈색, 편마암의 상부풍화대로 암편섞인 실트질 모래로 구성
 - 일부 시추공에서 차별풍화로 인한 연경이 교호함
 - 습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
- ④ 풍화암
 - 지표하 1.5~12.0m에서 0.4~2.2m 층후로 분포
 - 습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도
- ⑤ 연암
 - 지표하 2.8~12.9m에서 1.7~21.3m 이상 층후로 분포
 - 담갈색, 담회색~암회색의 편마암으로 구성
 - TCR=52~100%, RQD=0~58%로 불량~보통양호한 암질 상태
 - 매우심한풍화~보통풍화, 약함~보통강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
- ⑥ 보통암
 - 지표하 2.5~18.0m에서 7.0~16.0m 이상 층후로 분포
 - 담회색~암회색의 편마암으로 구성
 - TCR=100%, RQD=25~80%로 불량~양호한 암질 상태
 - 보통풍화~약간풍화, 보통강함~강함, 보통균열~약간균열의 상태
- ⑦ 경암
 - 지표하 4.5~9.5m에서 5.5~22.5m 이상 층후로 분포
 - 담회색~암회색의 편마암으로 구성
 - TCR=100%, RQD=31~100%로 보통양호~매우양호한 암질 상태
 - 보통풍화~약간풍화, 보통강함~강함, 보통균열~약간균열의 상태

다. 지형 및 지질

1) 지질 개요

사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 열리상화강암이 분포하고 있다. 또한, 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적은 상태이다.

2) 지형특성

과업노선의 산계는 영주산-고봉산-왕릉산-월룡산을 잇는 북북서방향의 산능이 발달되어 있으며, 공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월룡산 등 비교적 고산능이 발달되어 있다. 수계는 사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천과 공릉천, 문산천이 분포하였다. 창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입된다.

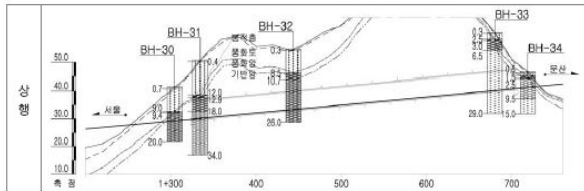
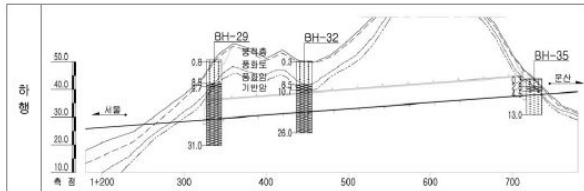
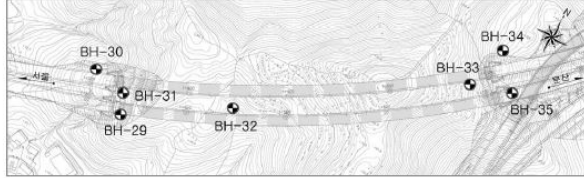
3) 분포암종 특성

구 분	지질특성
흑운모 편마암	· 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음 → 편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로 강도는 강하고 변형이 적음 · 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편리가 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임
화강암	· 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입 · 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성 변형에 가까운 변형 특성을 보임

라. 지반조사보고서

○ 강매터널(BH-29, 30, 31, 32, 33, 34, 35)

■ 조사위치 및 지층단면도



■ 지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/ROD
봉적층	0.0	0.3~0.8	실트질 모래	-
풍화토	0.3~0.8	1.0~11.6	실트질 모래	9/30~50/5
풍화암	1.5~12.0	0.4~2.2	실트질 모래	50/8~50/4
연 암	2.8~12.9	1.7~21.3	편마암	52~100/0~58%
보통암	2.5~18.0	7.0~16.0	편마암	100%/25~80%
경 암	4.5~9.5	5.5~22.5	편마암	100%/31~100%

3.1 탄성파탐사

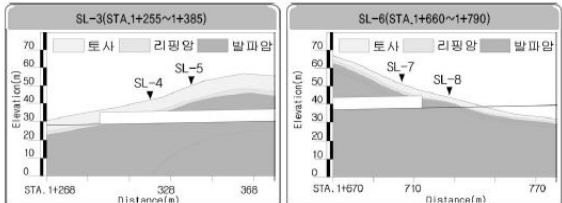
3.1.1 터널구간

○ 강매터널

■ 위치도



■ 종단 탐사결과



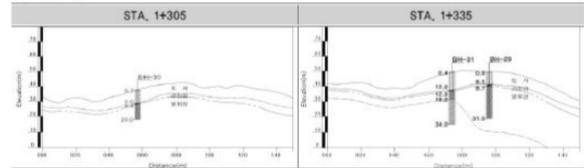
구 분	탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평균(m)	추정심도	층 후(m)	평균(m)
토 사	700 이하	0.0~8.9	6.8~8.9	7.2	0.0~4.2	1.5~4.2	2.8
리핑암(풍화암)	700~1,200	6.8~11.1	1.2~2.7	2.1	1.5~4.7	0.1~2.1	1.2
연 암	1,200~1,900	8.0 이상	20.3~32.8	25.1	2.9~8.4	0.7~3.3	1.8
보통암	1,900~2,900	31.5 이상	-	-	3.5~9.7	1.3~1.4	1.4
경 암	2,900 이상	-	-	-	4.5 이상	-	-

■ 분석결과

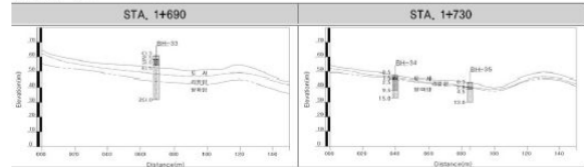
- 시점부 토사층(제1속도층)의 평균 층후는 7.2m, 리핑암(제2속도층)의 평균 층후는 2.1m이고, 종점부 토사층(제1속도층)의 평균 층후는 2.8m, 리핑암(제2속도층)의 평균 층후는 1.2m로 확인됨
- 시점부는 종점부에 비하여 저속도층이 두껍게 분포하여 종점부로 갈수록 발파암이 상부에 출현함

구 분	지 층 계 요
봉적층	• 최상부층으로 지표와 0.3~0.8m 층후로 분포하며 습윤한 상태로 분포 • 갈색~적갈색, 암갈색의 자갈석인 실트질 모래로 구성
풍화토	• 지표와 0.3~0.8m에서 1.0~11.6m 층후로 분포 • 갈색, 암갈색~적갈색, 편마암의 상부층으로 암면석인 실트질 모래로 구성 • 일부 사후공에서 자갈층으로 인한 연경이 고조함 • 습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상태임도
풍화암	• 지표와 1.5~12.0m에서 0.4~2.2m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며, 매우조밀한 상태임도
연 암	• 지표와 2.8~12.9m에서 1.7~21.3m 이상 층후로 분포 • 암갈색, 암화색~암화색의 편마암으로 구성 • TCR/ROD는 52~100/0~58%로 불량~보통양호한 암질 상태 • 매우심한풍화~보통풍화, 약함~보통강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
보통암	• 지표와 2.5~18.0m에서 7.0~16.0m 이상 층후로 분포 • 암화색~암화색의 편마암으로 구성 • TCR/ROD는 100/25~60%로 불량~양호한 암질 상태 • 보통풍화~약간풍화, 보통강함~강함, 보통균열~약간균열의 상태
경 암	• 지표와 4.5~9.5m에서 5.5~22.5m이상 층후로 분포 • 암화색~암화색의 편마암으로 구성 • TCR/ROD는 100/31~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 • 보통풍화~약간풍화, 보통강함~강함, 보통균열~약간균열의 상태

■ 시점부 횡단



■ 종점부 횡단



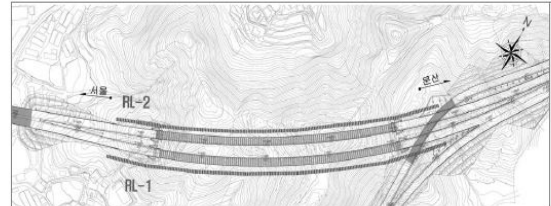
- 강매터널 종점부 토사층(층후 : 1.5~2.8m)에 비해 시점부 토사층(층후 : 8.5~12.0m)이 발달
- 터널통과구간은 기반암으로 분포가 되어 위치 및 지형에 따라 불규칙한 암질상태

3.2 전기비저항탐사

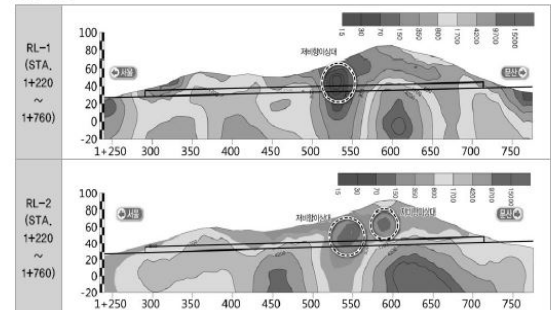
3.2.1 터널구간

○ 강매터널

■ 탐사위치도



■ 탐사결과



■ 분석결과

- 강매터널 구간의 저비저항 이상대는 하행(RL-1) : 1개소, 상행(RL-2) : 2개소로 총 3개소가 분포하는 것으로 예상되며, 터널 계획고 하부~상부에 존재할 것으로 판단됨
- 터널 계획고의 전기비저항 값은 150Q m~10,000Q m 전기비저항대 분포
- 상행 STA. 1+520~1+620, 하행 STA. 1+510~1+570에서 350Q m이하의 저비저항 이상대 분포
- 저비저항 이상대는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향인 것으로 판단됨
- 하행에 비해 상행의 전기비저항 값이 비교적 낮게 나타나며, 하행 STA. 1+620~1+680 저비저항대는 고비저항대 내에 저비저항대가 혼재되어 있어 소규모 파쇄대의 영향인 것으로 예상됨

2.1 터널구간 성과분석

2.1.1 터널구간 일반분류

○ RMR에 의한 일반분류

구성요소	산정식	범위	지반등급	Output
- 점하중지수 (I_{sc}) - RQD - 불연속면의 간격 (J_n) - 불연속면의 상태 (J_s) - 지하수 조건 (J_w) - 불연속면의 방향 (J_o)	6가지 변수의 합계 점수 ($I_{sc} + RQD + J_n + J_s + J_w + J_o$)	0~100	Very Poor ~ Very Good	- 지보하중 (P) = $(100 - RMR) / 100 \times \gamma \times B$ - 한지변형계수(E_m) = $2 \times RMR - 100$ - 점하중, 내부마찰각 - 터널폭에 따른 자립시간

■ 암반등급기준

평점합계	81~100	61~80	41~60	21~40	20 이하
등급/평가	I/매우양호	II/양호	III/보통	IV/불량	V/매우불량

■ 분류결과

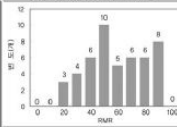
공 번	구 분	분류구간 (G.L.~m)	점하중지수 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (mm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급	
강매터널	BH-29	상부1D	9.7~14.7	1.98~2.59	11~18	0~160	12	Wet	유리	29~32
				4~7	3	5			7	-2
		통과구간	14.7~21.4	1.98~5.6	18~58	0~230	10~16	Wet~Damp	유리	29~52
				4~12	3~13	5~8			7~10	-2
		하부1D	21.4~31.0	2.4~5.98	24~58	10~320	12~16	Wet~Damp	유리	37~52
				7~12	3~13	5~8			7~10	-2
	BH-30	통과구간	9.4~12.4	1.9~3.96	0~53	0~350	8~16	Flow~Damp	유리	18~52
				4~7	3~13	5~8			0~10	-2
		하부1D	12.4~20.0	3.19~4.4	12~53	0~350	16~19	Wet~Damp	유리	39~54
				7~12	3~8	5~8			7~10	-2
	BH-31	통과구간	13.9~20.6	1.99~4.4	0~51	0~340	10~20	Flow~Damp	유리	20~61
				4~12	3~13	5~8			0~10	-2
		하부1D	20.6~34.0	4.4~5.59	25~80	0~750	16~28	Wet~Dry	유리	46~80
				12	8~17	5~10			7~15	-2

○ 강매터널 3차원 암반등급 산정

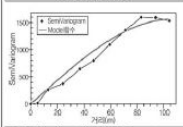
■ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

- RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- 결과값이 상관성과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

시추자료 암반분류 분석

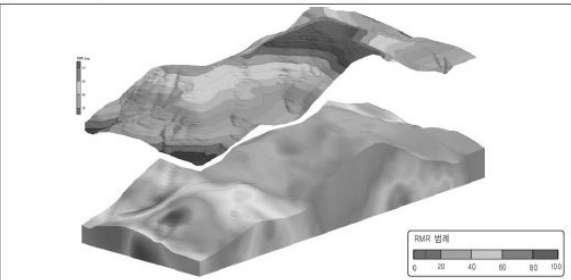


반변동도 분석

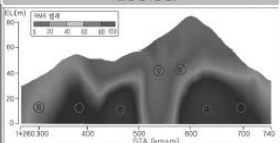


구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

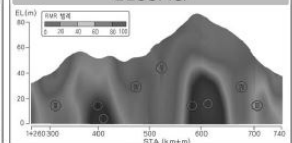
■ 터널구간 암반등급도 분석



서울방향(상형)



문산방향(하형)



- 서울방향의 암반등급은 IV~I 등급으로 이루어지며, STA.1+500~600지점은 매우불량~불량한 암질상태
- 문산방향의 암반등급은 IV~V등급으로 이루어지며, STA.1+450~550, 1+650~700지점은 불량~매우불량한 암질상태

(계속)

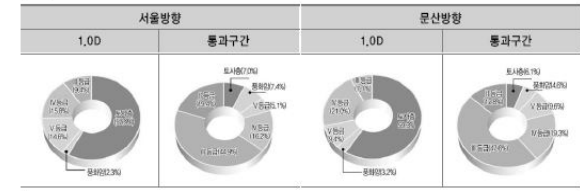
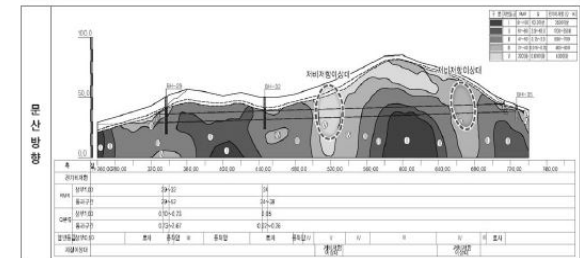
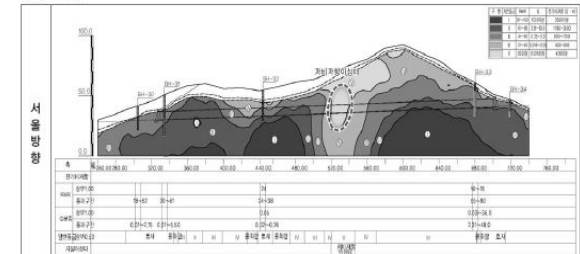
공번	구분	분류구간 (G.L.~m)	점하중지수 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (mm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급	
강매터널	BH-32	상부1D	10.7~11.8	1.9 4	0 3	0~80 5	10	Drop	유리	24
							4	-2	IV	
		통과구간	11.8~18.5	1.61~2.01 4~7	0~6 3	0~110 5	10~21	Drop~Wet 4~7	유리 -2	24~38 IV
		하부1D	18.5~26.0	1.81~4.41 4~12	6~34 3~8	0~300 5~8	10~22	Wet~Drop 4~7	유리 -2	24~47 IV~III
	BH-33	상부1D	3.0~13.9	1.9~6.72 4~12	0~90 3~20	0~500 5~10	6~26	Flow~Damp 0~10	유리 -2	16~76 V~II
		통과구간	13.9~20.6	4.78~6.0 12	31~86 8~17	0~360 8~10	22~28	Wet~Dry 7~15	유리 -2	55~80 III~II
		하부1D	20.6~29.0	4.15~6.0 12	82~100 17~20	50~540 10	28~30	Dry 15	유리 -2	80~85 II~I
BH-34	하부1D	5.4~15.0	4.02~6.4 12	57~97 13~20	10~510 8~10	24~28	Damp~Dry 10~15	유리 -2	65~83 II~I	
BH-35	하부1D	5.6~13.0	4.22~5.64 12	70~93 13~20	10~500 8~10	26~28	Damp~Dry 10~15	유리 -2	67~83 II~I	

○ Q-System에 의한 일반분류

개요		평가	산정방법
• 1974년 NGI의 Barton 등에 의해 제안 • 200여개의 기 시공된 터널의 보강설계를 통계하여 암반상태와 보강방의 관계분석 • 1993년 지보패널을 가진 38개항에서 강성유보강 스틱리트를 사용하는 9개항 수정(Grimstad and Barton)		0.001 ~1,000	$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_s}{J_o} \times \frac{J_r}{SRF}$ • RQD/ J_n : 암괴크기의 척도 • J_s/J_o : 암괴사이의 마찰각 척도 • J_r/SRF : 작용응력 척도
분류항목	지반조사 활용	분류항목	지반조사 활용
RQD	• 시추코어측정, 공내영상촬영 등을 통한 코어의 손상여부 판단	J_n	• 시추코어, 공내영상촬영 등을 통한 자료획득
J_n	• 시추코어, 공내영상촬영 등의 자료감색을 통한 자료 획득	J_s	• 수압시험에 의한 투수계수 등 자료 활용
J_r	• 시추코어, 실내시험결과(JRC)참조	J_o	• 시추코어의 암반상태 • 암석시험 결과

2.1.4 암반등급도

○ 강매터널



- 서울 및 문산방향의 1.0D구간은 토사층(57.9~59.3%)이 우세하게 분포하여 매우불량한 암질상태를 보임
- 서울 및 문산방향의 통과구간은 N~III등급(61.1~66.9%)우세하게 분포하여 보통~불량한 암질상태를 보임

1.2.2 시설물 점검이력

가. 서울방향

대상시설물은 2종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 1.2.2】 봉대산터널(서울) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	1,054	봉대산터널(서울)의 외관조사 결과, 라이닝 측벽부 파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기 건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	1,054	봉대산터널(서울)의 외관조사 결과 갭문 배면배수로 균열, 라이닝 측벽부 균열, 파손, 공동구 균열, 박락, 덮개파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기 건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	표면처리, 주입보수, 단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	1,054	- 라이닝 콘크리트 측벽부 파손, 균열(0.3mm미만) - 갭문 배면배수로 균열(0.3mm이상) - 공동구 균열(0.3mm이상), 박락, 덮개파손 - 측벽부 균열(0.3mm미만)
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	표면처리, 주입보수, 단면보수

나. 문산방향

대상시설물은 2종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 1.2.3】 봉대산터널(문산) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	1,083	봉대산터널(문산)의 외관조사 결과, 라이닝 천단부 들뜸, 공동구 덮개파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	1,083	봉대산터널(문산)의 외관조사 결과 갭문 측면배수로 이격, 균열(0.3mm이상), 라이닝 천단부 들뜸, 균열(0.3mm미만), 공동구 덮개파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	표면처리, 주입보수, 단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	1,083	- 라이닝 천단부 들뜸, 균열(0.3mm미만) - 갭문 측면배수로 이격, 균열(0.3mm이상) - 공동구 덮개파손
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	표면처리, 주입보수, 단면보수

1.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

가. 서울방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

나. 문산방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

1.2.4 시설물 보수 이력

가. 서울방향

【표 1.2.4】 봉대산터널(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

나. 문산방향

【표 1.2.5】 봉대산터널(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

1.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 1.2.6】 내진설계 여부 확인

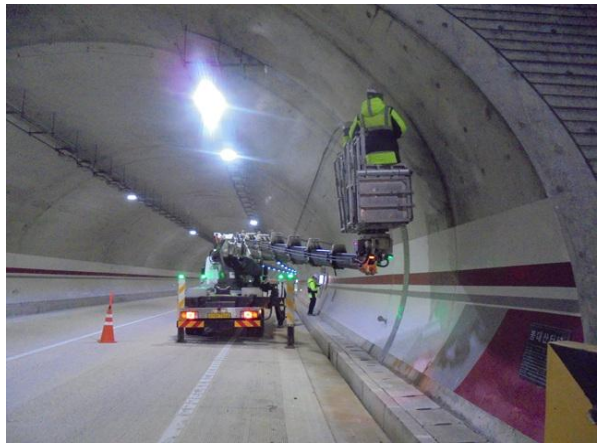
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
· 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

1.3 현장조사

1.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 검토자료를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 현장조사를 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S01~S46(서울) S01~S45(문산)	도보, 고소점검차	2022.10.12	
			
통제 전경		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
터널 라이닝 비파괴시험		터널 라이닝 비파괴시험	

【그림 1.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

나. 터널 구간 분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 비파괴 시험, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 터널 내에 측점표시 또는 구간이 명확하게 구분되어 있지 않는 경우는 구간분할에 따른 오차를 최소화할 수 있도록 구분되어야 하며 통상적으로 현장에서 직접 확인이 가능한 시공(신축)이음부를 기준으로 분할하는 것이 타당하다. 본 터널은 서울방향 376.0m(46SPAN), 문산방향 386.0m(45SPAN)로 다음 그림과 같이 분할하였다.

SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근
S01	2.9	철근	S17	9.1	철근	S33	7.3	무근
S02	3.0	철근	S18	8.9	철근	S34	8.9	무근
S03	8.9	철근	S19	9.0	무근	S35	8.9	무근
S04	9.0	무근	S20	9.0	무근	S36	8.9	무근
S05	8.0	무근	S21	9.1	무근	S37	9.0	무근
S06	9.0	무근	S22	8.9	무근	S38	8.9	무근
S07	8.9	무근	S23	9.0	철근	S39	9.0	무근
S08	9.0	무근	S24	8.9	철근	S40	9.0	무근
S09	9.0	무근	S25	9.0	철근	S41	8.9	철근
S10	8.9	무근	S26	8.9	철근	S42	8.9	철근
S11	9.0	무근	S27	9.0	무근	S43	8.7	철근
S12	8.9	철근	S28	7.1	무근	S44	9.2	철근
S13	8.9	철근	S29	7.2	무근	S45	3.2	철근
S14	9.0	철근	S30	9.0	무근	S46	2.8	철근
S15	8.9	철근	S31	8.9	무근	—		
S16	8.9	철근	S32	7.3	무근	—		

【그림 1.3.2】 서울방향 Span별 시공현황

SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근
S01	5.8	철근	S16	9.0	철근	S31	9.0	무근
S02	9.0	철근	S17	9.1	철근	S32	9.0	무근
S03	9.1	철근	S18	9.0	철근	S33	9.0	무근
S04	8.8	무근	S19	9.0	철근	S34	9.0	무근
S05	8.9	무근	S20	8.8	철근	S35	9.0	무근
S06	7.0	무근	S21	8.9	철근	S36	8.9	무근
S07	7.0	철근	S22	9.0	철근	S37	9.1	무근
S08	9.0	철근	S23	9.0	철근	S38	9.0	무근
S09	9.0	철근	S24	9.1	무근	S39	9.0	무근
S10	9.0	철근	S25	9.0	무근	S40	9.0	무근
S11	9.1	철근	S26	9.0	무근	S41	7.4	무근
S12	9.0	철근	S27	9.0	무근	S42	7.5	철근
S13	9.0	철근	S28	9.0	무근	S43	9.0	철근
S14	9.0	철근	S29	9.0	무근	S44	8.9	철근
S15	9.0	철근	S30	9.0	무근	S45	5.9	철근

【그림 1.3.3】 문산방향 Span별 시공현황

1.3.2 서울방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 300mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다. 주요 점검사항으로는 라이닝 균열 및 누수여부, 조인트부 박리, 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



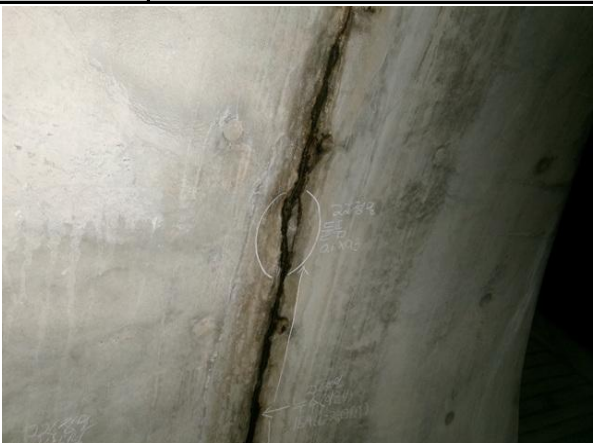
【사진 1.3.1】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 보수부 재균열(cw=0.3mm미만, 이상), 조인트부 들뜸, 종점부 누수 손상이 조사되었다. 또한, 금회 현장조사에서 고소차를 통한 근접조사로 인해 신규 및 추가 손상이 조사되었다.

【표 1.3.1】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	54.0	8	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	53.0	8	건조수축 및 온도변화	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	27.0	3	보수재 열화	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	36.0	4	보수재 열화	
	누수(스며있음)	EA	2	2	라이닝 내부 방수시트 국부 손상	
	조인트부 들뜸, 박락, 재들뜸	m ²	0.03	1	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S23 천단부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S05 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S10 천단부 재균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S26 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 보수재 열화	원 인	건조수축, 보수재 열화
대 책	표면보수	대 책	주입보수
			
현 황	S45 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S45 천단부 조인트부 누수
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	라이닝 내부 방수시트 국부 손상
대 책	단면보수	대 책	주의관찰 후 조치

【사진 1.3.2】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 일부 구간에서 보수부 재균열 등이 조사되었다. 라이닝 균열은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생된 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 조인트부 누수손상은 스며있는 상태로서 낙수흔적은 없는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 지속적으로 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 1.3.3】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 망상균열과 국부적으로 콘크리트 박락 손상이 조사되었다. 또한, 금회 조사에서 라이닝 하단부에 망상균열이 추가 발생된 것으로 조사되었다.

【표 1.3.2】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	8.5	5	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	4.0	1	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	439.0	33	건조수축 및 온도변화	
	콘크리트 박락	m ²	0.25	1	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S33 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S29 측벽부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S21 측벽부 망상균열	현 황	S38 측벽부 박락
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	거푸집 조기탈형, 하단부 응력집중
대 책	표면처리	대 책	단면보수

【사진 1.3.4】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열 및 망상균열이며, 국부적으로 조인트부 박락 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐 불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.
- 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수, 주입 보수 등의 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 박락의 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갭문

본 터널의 갭문은 시·종점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 1.3.5】 갭문 전경

① 조사결과

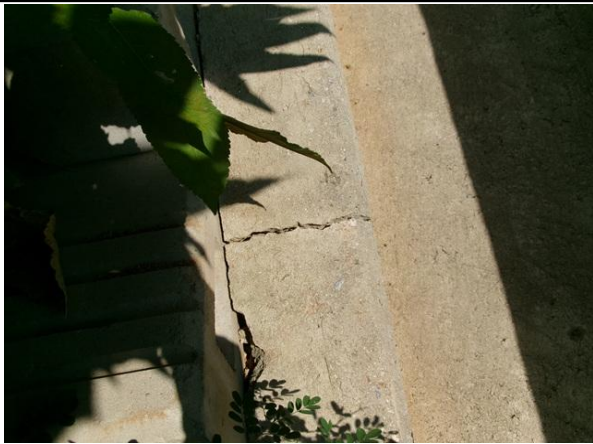
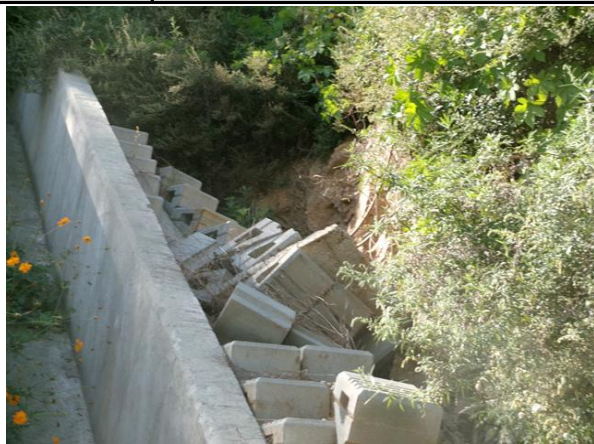
갭문 외관조사 결과, 기 점검이후 균열 손상에 대한 보수가 실시된 상태이며, 배수로는 일부 구간에 균열부 백태, 파손 손상이 조사되었다. 또한, 갭문 측면 점검계단은 하부 토사가 강우로 인한 침식으로 표층유실이 발생되었으며, 이로 인해 배수로 하단에 토사퇴적, 점검계단 유실이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 1.3.3】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	배수로 균열부 백태	m ²	0.2	1	초기 건조수축, 우수유입	
	배수로 파손	m ²	0.15	1	시공미흡, 배수로 자중	
	측면 표층유실	m ²	20.0	1	강우로 인한 토사침식	
	측면 토사퇴적	m ²	9.0	1	갯문 측면 표층유실	
	측면 점검계단 유실	m ²	5.0	1	점검계단 하부 표층유실	

			
현 황	시점측 갯문 균열보수	현 황	시점측 갯문 균열보수
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—
			
현 황	시점측 갯문 균열보수	현 황	시점측 갯문 배수로 균열부 백태
원 인	—	원 인	균열부 우수유입
대 책	—	대 책	표면처리

【사진 1.3.6】 갯문 손상현황

			
현 황	시점측 갭문 파손	현 황	중점측 갭문 측면 표층유실
원 인	시공미흡, 배수로 자중	원 인	강우로 인한 토사침식
대 책	단면보수	대 책	성토후 마대쌓기, 점검계단 재시공
			
현 황	중점측 갭문 토사퇴적	현 황	중점측 갭문 점검계단 유실
원 인	성토부 표층유실	원 인	점검계단 하부 표층유실
대 책	정비	대 책	성토후 마대쌓기, 점검계단 재시공

【사진 1.3.6】 갭문 손상현황(계속)

② 손상 발생원인 및 대책방안

갭문의 경우 시점측에서 배수로 균열부 백테, 파손 손상이 조사되었으며, 이는 균열 손상의 우수유입, 손상확대로 인한 손상으로 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다. 측면에 발생한 표층유실 손상은 강우시 토사침식으로 인한 손상으로 배수로 토사퇴적, 점검계단 유실의 원인으로 확대된 상태이다. 표층유실 손상에 대해서는 성토 후 마대쌓기 등의 조치를 실시하고, 점검계단의 재시공이 요구되며, 배수로의 토사퇴적은 원활한 배수를 위해 정비를 실시한다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 조사되었다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 1.3.7】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 사면의 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 1.3.4】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

갯문 주위 사면 상태는 양호한 상태이며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 1.3.8】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 기 점검이후 균열손상은 보수가 실시되었으며, 덮개 파손이 일부 조사되었다. 배수시설의 경우 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 1.3.5】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	덮개 파손	EA	3	3	공용중 외부충격	

			
현 황	S20공동구 덮개 파손	현 황	S44 공동구 덮개 파손
원 인	공용중 외부충격	원 인	공용중 외부충격
대 책	덮개 교체	대 책	덮개 교체

【사진 1.3.9】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 발생한 덮개 파손은 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 공동구는 점검자의 안전점검시 보도로서 활용하는 만큼 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 차량의 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 나란하게 종방향 타이닝을 시공한 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장패임 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 1.3.10】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 전반적으로 손상이 없는 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 경미한 박리 손상이 조사되었다. 기 실시된 점검이후 갯길측 균열 손상에 대해서는 보수가 실시되었다.

【표 1.3.6】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	박리	m ²	0.05	1	공용년수 증가로 인한 재료열화	

			
현 황	S27 포장부 균열 보수완료	현 황	S36 포장부 갓길측 박리
원 인	-	원 인	공용년수 증가로 인한 재료열화
대 책	-	대 책	단면보수

【사진 1.3.11】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장에 발생한 박리는 공용년수 증가로 인한 재료열화, 시공이음부 구간 시공미흡에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 범위는 경미하며, 시급한 보수보다는 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



【사진 1.3.12】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 터널 내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 1.3.7】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—

【사진 1.3.13】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

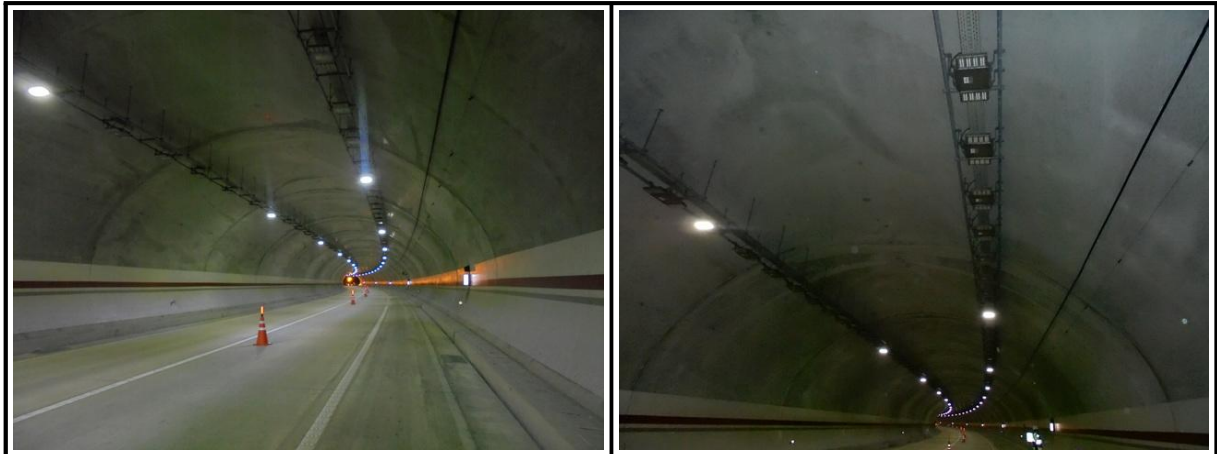
③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

1.3.3 문산방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 300mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였으며, 라이닝 균열 및 누수여부, 박리, 박락, 철근노출, 배부름 및 변형 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



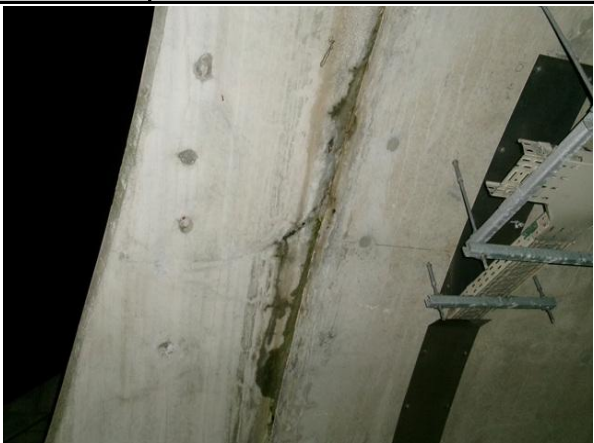
【사진 1.3.14】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 재균열(폭 0.3mm미만, 이상), 종점부 누수, 국부적으로 콘크리트 들뜸 손상이 조사되었다.

【표 1.3.8】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm이상)	m	65.0	8	건조수축 및 온도변화	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	18.0	2	보수미흡	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	162.0	18	보수미흡	
	누수(스며있음)	EA	2	2	방수시트 국부 손상	
	조인트부 들뜸, 재들뜸	m ²	0.72	11	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S05 천단부 재균열(0.3mm이상)	현 황	S21 천단부 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	보수재료 열화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S37 천단부 재균열(0.3mm미만)	현 황	S15 천단부 조인트부 들뜸
원 인	보수재료 열화	원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량
대 책	표면처리	대 책	단면보수
			
현 황	S18 천단부 조인트부 깨들뜸	현 황	S46 천단부 누수
원 인	보수미흡, 재료열화	원 인	라이닝 내부 방수시트 국부 손상
대 책	단면보수	대 책	주의관찰 후 조치

【사진 1.3.15】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 일부 구간에서 재균열 등이 조사되었다. 라이닝 균열은 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸 및 재들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다.
- 누수손상은 스며있는 상태로 낙수흔적은 없는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재손상정도는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 1.3.16】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부에 발생한 주요 손상은 망상균열이며, 국부적으로 측벽하단 균열부 백태 등의 손상이 조사되었다.

【표 1.3.9】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	망상균열	m ²	946.0	55	건조수축 및 온도변화	
	균열부 백태	m ²	0.5	2	균열부 우수유입	

			
현 황	S10~11 측벽부 망상균열	현 황	S32 측벽부 망상균열
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	표면처리
			
현 황	S40~42 측벽부 망상균열	현 황	S45 측벽부 하단 균열부 백태
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	균열부 우수유입
대 책	표면처리	대 책	표면처리

【사진 1.3.17】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 망상균열 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 필요하다.
- 측벽부 하단에 발생한 균열부 백태는 라이닝에 발생한 균열부에 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갭문

본 터널의 갭문은 시·종점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



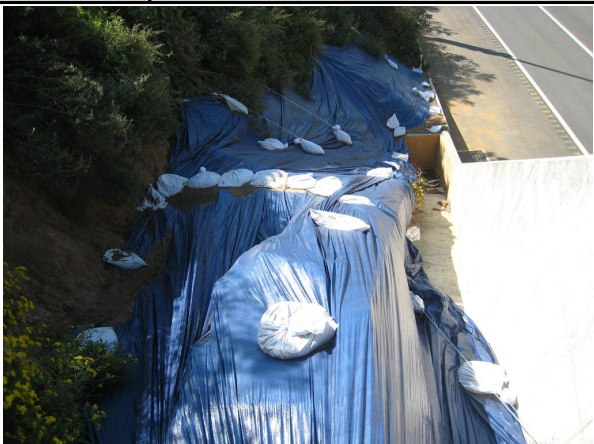
【사진 1.3.18】 갭문 전경

① 조사결과

갭문 외관조사 결과, 기 점검이후 균열 및 이격 손상에 대한 보수가 실시되었으며, 시점측에 발생한 토사유실은 임시 보수를 실시한 것으로 조사되었다.

【표 1.3.10】 갭문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갭문	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	시점측 갭문 배수로 균열 보수완료	현 황	시점측 갭문 배수로 이격 보수완료
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-
			
현 황	시점측 갭문 측면 토사유실 임시보수	현 황	시점측 갭문 측면 토사유실 임시보수
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

【사진 1.3.19】 갭문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갭문의 경우 시·종점측 모두 손상이 없는 상태로 조사되었으며, 시점측 갭문에 조사된 임시보수 구간은 추가 유실 방지 및 미관을 고려한 조치가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 판단된다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 1.3.20】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 1.3.11】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널 사면의 경우 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 1.3.21】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 균열 손상에 대한 보수가 실시되었으며, 일부 구간에서 덮개 파손이 조사되었다. 배수시설의 경우 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 1.3.12】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	덮개 파손	EA	4	4	공용중 외부충격	

			
현 황	S12 공동구 덮개 파손	현 황	S08 공동구 균열 보수완료
원 인	공용중 외부충격	원 인	—
대 책	덮개 교체	대 책	—

【사진 1.3.22】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구는 공용중 외부 충격 등에 의해 덮개 파손이 조사되었다. 기 발생한 손상은 점검자의 안전사고 예방차원에서 파손된 덮개에 대해서는 교체가 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 수평하게 종방향 타이닝으로 시공된 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장패임 등에 중점을 두고 외관 조사를 실시하였다.



【사진 1.3.23】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 갓길측에 발생한 균열 손상은 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었으며, 그 외 균열, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 1.3.13】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	균열	m	1.5	3	건조수축 및 온도변화	
	파손	m ²	0.01	1	중차량 반복통행, 공용기간 증가	

			
현 황	S10 포장부 갓길측 균열 보수완료	현 황	S39 포장부 파손
원 인	-	원 인	중차량 반복통행, 공용기간 증가
대 책	-	대 책	단면보수

【사진 1.3.24】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장에 발생한 균열, 파손 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 통과차량의 주행성 확보를 위해 보수가 필요하며, 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



【사진 1.3.25】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 터널내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 1.3.14】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	-	-	-	-	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

【사진 1.3.26】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

1.3.4 외관조사 총괄표

가. 서울방향

【표 1.3.15】 서울방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	54.0	8	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	53.0	8	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	27.0	3	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	36.0	4	
	누수(스며있음)	EA	2	2	
	조인트부 들뜸, 박락, 재들뜸	m ²	0.03	1	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	8.5	5	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	4.0	1	
	망상균열	m ²	439.0	33	
	콘크리트 박락	m ²	0.25	1	
갯문	배수로 균열부 백태	m ²	0.2	1	
	배수로 파손	m ²	0.15	1	
	측면 표층유실	m ²	20.0	1	
	측면 토사퇴적	m ²	9.0	1	
	측면 점검계단 유실	m ²	5.0	1	
공동구	덮개 파손	EA	3	3	
포장부	박리	m ²	0.05	1	

나. 문산방향

【표 1.3.16】 문산방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm이상)	m	65.0	8	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	18.0	2	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	162.0	18	
	누수(스며있음)	EA	2	2	
	조인트부 들뜸, 채들뜸	m ²	0.72	11	
라이닝 측벽부	망상균열	m ²	946.0	55	
	균열부 백태	m ²	0.5	2	
공동구	덮개 파손	EA	4	4	
포장부	균열	m	1.5	3	
	파손	m ²	0.01	1	

1.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

1.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 1.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

구분	분석방법	기준수량			실행수량
측점분할	—	5~20m 간격			
반발경도 시험	반발경도법	총수량 = (총연장 ÷ 300)개소	3개소		3개소
탄산화깊이 측정	페놀프탈레인법	총연장 1,000미만 = 2개소 총연장 1,000이상 최소 2개소 + 1,000m당 1개소 추가	2개소		2개소

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

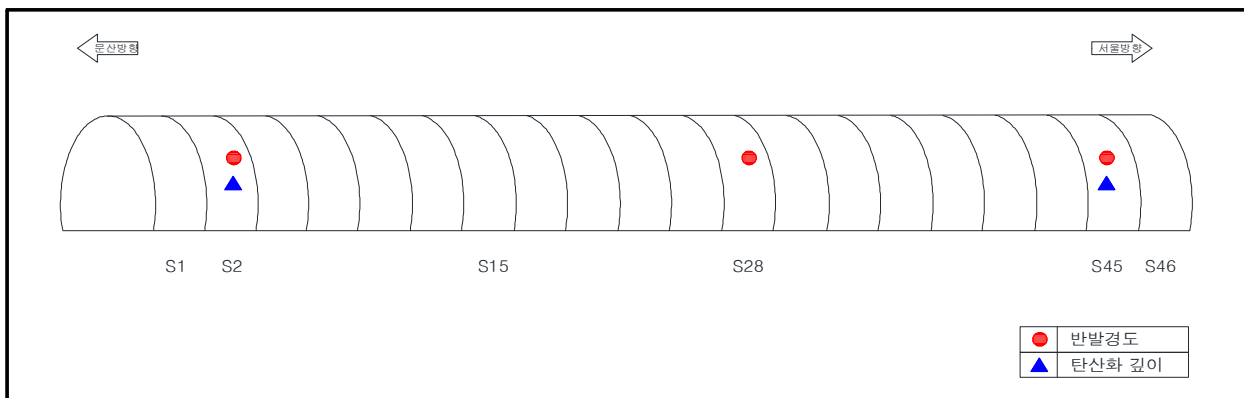
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 천단부 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 조사 사진

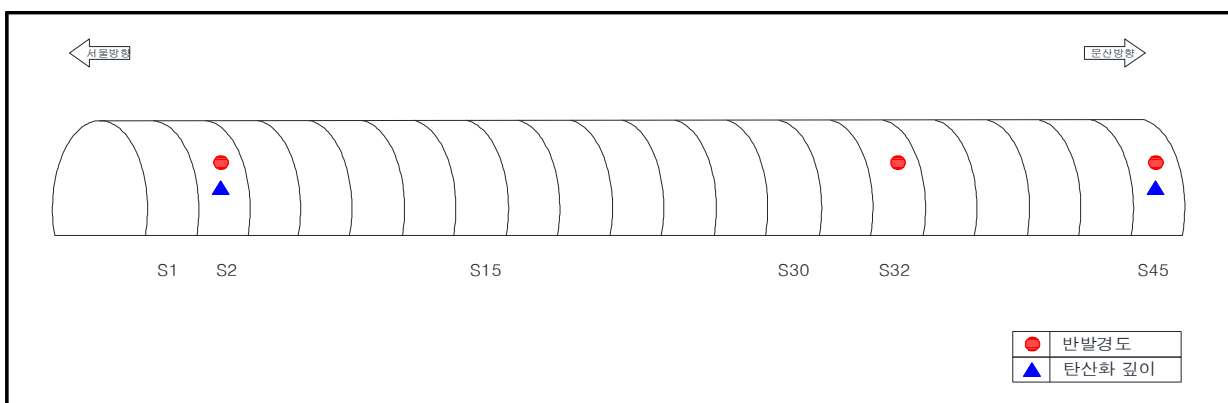


【사진 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도.



【그림 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울)



【그림 1.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산)

1.4.2 시험결과 및 분석

가. 서울방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 1.4.2】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S02 라이닝	46.2	27.3	28.7	0.67	24.0	
	S28 라이닝	44.5	25.8	27.9	0.67		
	S45 라이닝	45.1	26.3	28.2	0.67		
	평 균	45.3	26.5	28.3	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.5~28.3MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 1.4.3】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.5~28.3	24.0	110.4~117.9

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 1.4.4】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S02	3.0	60.0	57.0	2.12	100년이상	a
	S45	2.0	60.0	58.0	1.41	100년이상	a

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

【표 1.4.5】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	2.0~3.0	57.0~58.0	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 1.4.6】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S02 라이닝	44.5	25.8	27.9	0.67	24.0	
	S32 라이닝	44.8	26.1	28.0	0.67		
	S45 라이닝	45.2	26.4	28.2	0.67		
	평 균	44.8	26.1	28.0	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.1~28.0MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 1.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.1~28.0	24.0	108.7~116.6

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 1.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S02	1.0	60.0	59.0	0.71	100년이상	a
	S45	2.0	60.0	58.0	1.41	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 1.0~2.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 1.4.9】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	1.0~2.0	58.0~59.0	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

1.5 현장조사 및 시험 결과요약

1.5.1 서울방향

가. 외관조사 결과요약

【표 1.5.1】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	54.0	8	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	53.0	8	주입보수
	재 균열	cw=0.3mm미만	보수재 열화	m	27.0	3	표면보수
		cw=0.3mm이상	보수재 열화	m	36.0	4	주입보수
	누수(스며있음)		라이닝 내부 방수시트 손상	EA	2	2	주의관찰
	조인트부 들뜸, 박락, 재들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.03	1	단면보수
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	8.5	5	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	4.0	1	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	439.0	33	표면보수
	콘크리트 박락		거푸집 조기탈형, 다짐불량 하단부 응력집중	m ²	0.25	1	단면보수
갯문	배수로 균열부 백태		초기 건조수축, 우수유입	m ²	0.2	1	표면보수
	배수로 파손		시공미흡, 배수로 자중	m ²	0.15	1	단면보수
	측면 표층유실		강우로 인한 토사침식	m ²	20.0	1	마대쌓기
	측면 토사퇴적		갯문 측면 표층유실	m ²	9.0	1	정비
	측면 점검계단 유실		점검계단 하부 표층유실	m ²	5.0	1	재시공
공동구	덮개 파손		외부충격	EA	3	3	재설치
포장부	박리		공용년수 증가로 인한 재료열화	m ²	0.05	1	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 1.5.2】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
봉대산 터널 (서울)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.5~28.3	fck=24.0	· 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		57.0~58.0 (잔여깊이)	a 등급	· 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

1.5.2 문산방향

가. 외관조사 결과요약

【표 1.5.4】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	65.0	8	주입보수
	재 균열	cw=0.3mm미만	보수재 열화	m	18.0	2	표면보수
		cw=0.3mm이상	보수재 열화	m	162.0	18	주입보수
	누수(스며있음)		방수시트 국부 손상	EA	2	2	주의관찰
	조인트부 들뜸, 재들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.72	11	단면보수
라이닝 측벽부	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	946.0	55	표면보수
	백태		균열부 우수유입	m ²	0.5	2	표면보수
공동구	덮개 파손		외부충격	EA	4	4	재설치
포장부	균열		건조수축 및 온도변화	m	1.5	3	실링
	파손		중차량 반복통행, 공용기간 증가	m ²	0.01	1	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 1.5.5】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
봉대산 터널 (문산)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.1~28.0	fck=24.0	· 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		58.0~59.0 (잔여깊이)	a 등급	· 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

1.6 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

1.6.1 상태평가 등급산정

가. 서울방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스판 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 1.6.1】 서울방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
봉대산터널 (서울)	NATM(철근)	S01~S03, S12~S18 S23~S26, S41~S46	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S04~S11, S19~S22 S27~S40	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 1.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S1~S3	c	a	a	a	a	a	a	a	a	6	b
S12~S14	b	a	a	a	b	a	a	a	—	4	a
S15~S16	b	a	a	a	b	a	a	a	—	4	a

【표 1.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S17~S18	b	a	a	a	b	a	a	a	—	4	a
S23~S24	b	a	a	a	b	a	a	a	—	4	a
S25~S26	c	a	a	a	b	a	a	a	—	6	b
S41~S43	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
S44~S46	b	b	b	a	b	a	a	a	a	5	a

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 1.6.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
S4~S6	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S7~S9	b	a	a	a	b	a	a	4	a
S10~S11	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S19~S20	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S21~S22	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S27~S29	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S30~S32	b	a	a	a	a	a	a	4	a
S33~S35	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S36~S38	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S39~S40	c	a	a	a	a	a	a	6	b

【표 1.6.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

나. 문산방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스판 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 1.6.4】 문산방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
봉대산터널 (문산)	NATM(철근)	S01~S03, S07~S23 S42~S45	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S04~S06, S24~S41	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 1.6.5】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S1~S3	b	a	b	a	a	b	a	a	a	4	a
S7~9	c	a	b	a	b	a	a	a	—	6	b
S10~S12	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S13~S15	b	a	b	a	a	a	a	a	—	4	a
S16~S18	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S19~S21	c	a	a	a	a	a	a	a	—	6	b
S22~S23	c	a	a	a	b	a	a	a	—	6	b
S42~S43	c	a	a	a	b	a	a	a	—	6	b
S44~S45	b	b	a	a	a	a	a	a	a	5	a

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 1.6.6】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
S4~S6	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S24~S26	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S27~S29	c	a	b	a	b	a	a	6	b
S30~S32	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S33~S35	c	a	b	a	b	a	a	6	b
S36~S38	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S39~S41	c	a	a	a	b	a	a	6	b

1.6.2 상태평가 결과

가. 서울방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
20	4.500	0.000	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	6.630
															0.154

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
26	5.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	7.600
													0.224

3) 터널 상태평가 결과

봉대산터널(서울)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.154	144.5	0.384	0.197	B
무근콘크리트	0.224	231.5	0.616		

나. 문산방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
24	4.890	0.000	0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	7.000
															0.163

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
21	6.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	8.000
													0.235

3) 터널 상태평가 결과

봉대산터널(문산)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.163	228.5	0.592	0.192	B
무근콘크리트	0.235	157.5	0.408		

1.6.3 상태평가 결과요약

본 과업대상은 초기점검 이후로 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 현장조사 및 시험을 토대로 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편(2021.12)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 산출하였다.

가. 서울방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.197로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.192로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

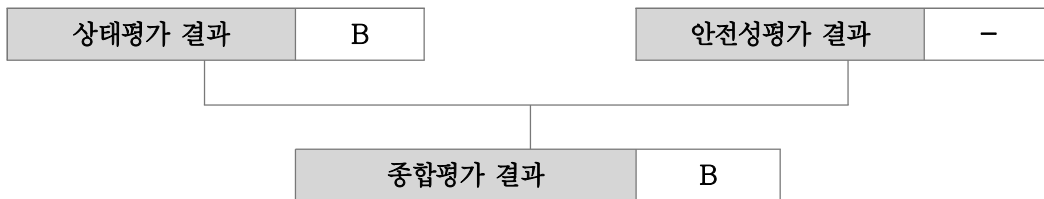
- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

1.7 종합평가 및 안전등급 지정

1.7.1 종합평가 결과

가. 서울방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 같음하였으며, 그 다음과 같다.

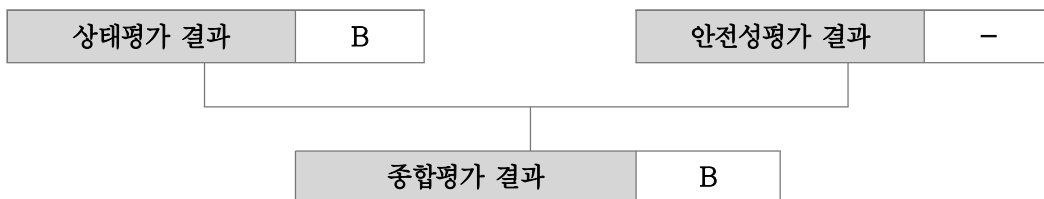


【그림 1.7.1】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

나. 문산방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 같음하였으며, 그 다음과 같다.



【그림 1.7.2】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

1.7.2 안전등급 지정

가. 서울방향

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

【표 1.7.1】 서울방향 안전등급 지정

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

나. 문산방향

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

【표 1.7.2】 문산방향 안전등급 지정

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

1.8 보수·보강 및 유지관리방안

1.8.1 보수·보강 방안

가. 서울방향

【표 1.8.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	54.0	8	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	53.0	8	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	27.0	3	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	36.0	4	주입보수	하자
	누수(스며있음)	EA	2	2	주의관찰	하자
	조인트부 들뜸, 박락, 채들뜸	m ²	0.03	1	단면보수	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	8.5	5	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	4.0	1	주입보수	하자
	망상균열	m ²	439.0	33	표면보수	하자
	콘크리트 박락	m ²	0.25	1	단면보수	하자
갯문	배수로 균열부 백태	m ²	0.2	1	표면보수	2순위
	배수로 파손	m ²	0.15	1	단면보수	2순위
	측면 표층유실	m ²	20.0	1	마대쌓기	2순위
	측면 토사퇴적	m ²	9.0	1	정비	2순위
	측면 점검계단 유실	m ²	5.0	1	재시공	2순위
공동구	덮개 파손	EA	3	3	재설치	3순위
포장부	박리	m ²	0.05	1	단면보수	3순위

나. 문산방향

【표 1.8.2】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm이상)	m	65.0	8	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	18.0	2	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	162.0	18	주입보수	하자
	누수(스며있음)	EA	2	2	주의관찰	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸	m ²	0.72	11	단면보수	하자
라이닝 측벽부	망상균열	m ²	946.0	55	표면보수	하자
	균열부 백태	m ²	0.5	2	표면보수	하자
공동구	덮개 파손	EA	4	4	재설치	2순위
포장부	균열	m	1.5	3	실링	3순위
	파손	m ²	0.01	1	단면보수	2순위

1.8.2 개략공사비

가. 서울방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 1.8.3】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	54.0	20.25	m ²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	53.0	79.50	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	27.0	10.13	m ²	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	36.0	54.00	m	—	—	하자
	누수(스며있음)	주의관찰	2	3.00	EA	—	—	하자
	조인트부 들뜸, 박락, 재들뜸	단면보수	0.03	0.05	m ²	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	8.5	3.19	m ²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	4.0	6.00	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	439.0	658.50	m ²	—	—	하자
	콘크리트 박락	단면보수	0.25	0.38	m ²	—	—	하자
갯문	배수로 균열부 백태	표면보수	0.2	0.30	m ²	—	—	하자
	배수로 파손	단면보수	0.15	0.22	m ²	—	—	하자
	측면 표층유실	마대쌓기	20.0	30.00	m ²	—	—	하자
	측면 토사퇴적	정비	9.0	13.50	m ²	—	—	하자
	측면 점검계단 유실	재시공	5.0	6	m ²	—	—	하자
	덮개 파손	재설치	3	4.50	EA	—	—	하자
공동구	박리	단면보수	0.05	0.08	m ²	—	—	하자
포장부	박락/파손	단면보수	0.07	0.11	m ²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비에서 제외함.

나. 문산방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 1.8.4】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	65.0	97.50	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	18.0	6.75	m ²	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	162.0	243.00	m	—	—	하자
	누수(스며있음)	주의관찰	2	3.00	EA	—	—	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸	단면보수	0.72	1.08	m ²	—	—	하자
라이닝 측벽부	망상균열	표면보수	946.0	1,419.0	m ²	—	—	하자
	균열부 백태	표면보수	0.5	0.75	m ²	—	—	하자
공동구	덮개 파손	재설치	4	6.00	EA	—	—	하자
포장부	균열	실링	1.5	2.25	m	—	—	하자
	파손	단면보수	0.01	0.02	m ²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

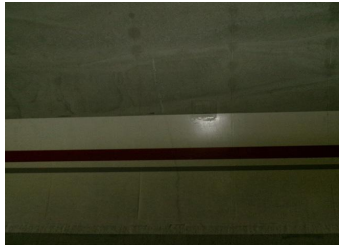
주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비에서 제외함.

1.8.3 유지관리방안

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

가. 서울방향

【표 1.8.5】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 재균열 •조인트부 들뜸, 박락 •누수(스며있음)	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •콘크리트 박락	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•배수로 균열부 백태, 파손 •표층유실, 토사퇴적 •점검계단 유실	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
공동구	•덮개 파손 및 열화	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 박리	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

나. 문산방향

【표 1.8.6】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 재균열 •조인트부 들뜸, 재들뜸 •누수(스며있음)	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•망상균열 •균열부 백태	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
공동구	•덮개 파손 및 열화	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 균열, 파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

1.9 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동에 위치하며 연장 376.0m(서울), 386.0m(문산), 폭 10.7m, 높이 6.5m의 터널로, 종단선형은 약 2.9% 경사를 이루고 있다. 터널본선은 NATM으로 시공된 난형식의 터널로서, 시·중점측 갱문형식은 면벽식으로 시공되었고, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 2중 터널시설물이다. 금회 정밀안전점검에서 시공자료 분석을 포함, 현장외관 조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

1.9.1 서울방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 일부 구간에서 보수부 재균열 등이 조사되었다. 라이닝 균열은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 조인트부 누수손상은 스며있는 상태로서 낙수흔적은 없는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 지속적으로 주의 관찰을 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열 및 망상균열이며, 국부적으로 조인트부 박락 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 박락의 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

2) 갱문

- 갱문의 경우 시점측에서 배수로 균열부 백태, 파손 손상이 조사되었으며, 이는 균열 손상의 우수유입, 손상확대로 인한 손상으로 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다. 측면에 발생한 표층유실 손상은 강우시 토사침식으로 인한 손상으로 배수로 토사퇴적, 점검계단 유실의 원인으로 확대된 상태이다. 표층유실 손상에 대해서는 성토 후 마대쌓기 등의 조치를 실시하고, 점검계단의 재시공이 요구되며, 배수로의 토사퇴적은 원활한 배수를 위해 정비를 실시한다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 기 점검이후 균열손상은 보수가 실시되었으며, 덮개 파손이 일부 조사되었다. 배수시설의 경우 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 공동구에 발생한 덮개 파손은 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 공동구는 점검자의 안전점검시 보도로서 활용하는 만큼 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하다.

5) 포장면

- 포장부 외관조사 결과, 전반적으로 손상이 없는 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 경미한 박리 손상이 조사되었다. 기 실시된 점검이후 갓길측 균열 손상에 대해서는 보수가 실시되었다. 콘크리트 포장에 발생한 박리는 공용년수 증가로 인한 재료열화, 시공이음부 구간 시공미흡에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 범위는 경미하며, 시급한 보수보다는 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.5~28.3MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 2.0mm~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급”으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.197 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 봉대산터널(서울)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
- ① 라이닝 균열 및 재균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 봉대산터널(서울)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 봉대산터널(서울)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

1.9.2 문산방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부는 균열 및 재균열(폭 0.3mm미만, 이상), 종점부 누수, 국부적으로 콘크리트 들뜸 손상이 조사되었다. 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 일부 구간에서 재균열 등이 조사되었다. 라이닝 균열은 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸 및 재들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다. 누수손상은 스며있는 상태로 낙수흔적은 없는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재손상정도는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부에 발생한 주요 손상은 망상균열이며, 국부적으로 측벽하단 균열부 백태 등의 손상이 조사되었다. 망상균열 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 필요하다. 측벽부 하단에 발생한 균열부 백태는 라이닝에 발생한 균열부에 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 갯문

- 갯문의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시점측 갯문에 조사된 임시보수 구간은 추가 유실 방지 및 미관을 고려한 조치가 필요한 것으로 판단된다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 균열 손상에 대한 보수가 실시되었으며, 일부 구간에서 덮개 파손이 조사되었다. 배수시설의 경우 전반적으로 양호한 상태이다.

5) 포장면

- 포장부 외관조사 결과, 갓길측에 발생한 균열 손상은 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었으며, 그 외 균열, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다. 콘크리트 포장에 발생한 균열, 파손 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 통과차량의 주행성 확보를 위해 보수가 필요하며, 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.1~28.0MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 1.0~2.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급”으로 평가되었으며, 환산결합도 점수는 0.192 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 봉대산터널(문산)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.

- ① 라이닝 균열 및 재균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 봉대산터널(문산)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생된 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 봉대산터널(문산)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

1.9.3 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

1.9.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2.

성라산터널(서울,문산)

2.1 시설물 개요

2.2 자료수집 및 분석

2.3 현장조사

2.4 콘크리트 내구성 조사

2.5 현장조사 및 시험 결과요약

2.6 상태평가

2.7 종합평가 및 안전등급 지정

2.8 보수·보강 및 유지관리 방안

2.9 종합결론

2. 성라산터널(서울,문산)

2.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동에 위치한 1종 터널시설물로서, 총 연장 257.0m(서울), 240.0m(문산), 폭 13.0m, 높이 7.40m로 시공되어 있다.

2.1.1 일반사항

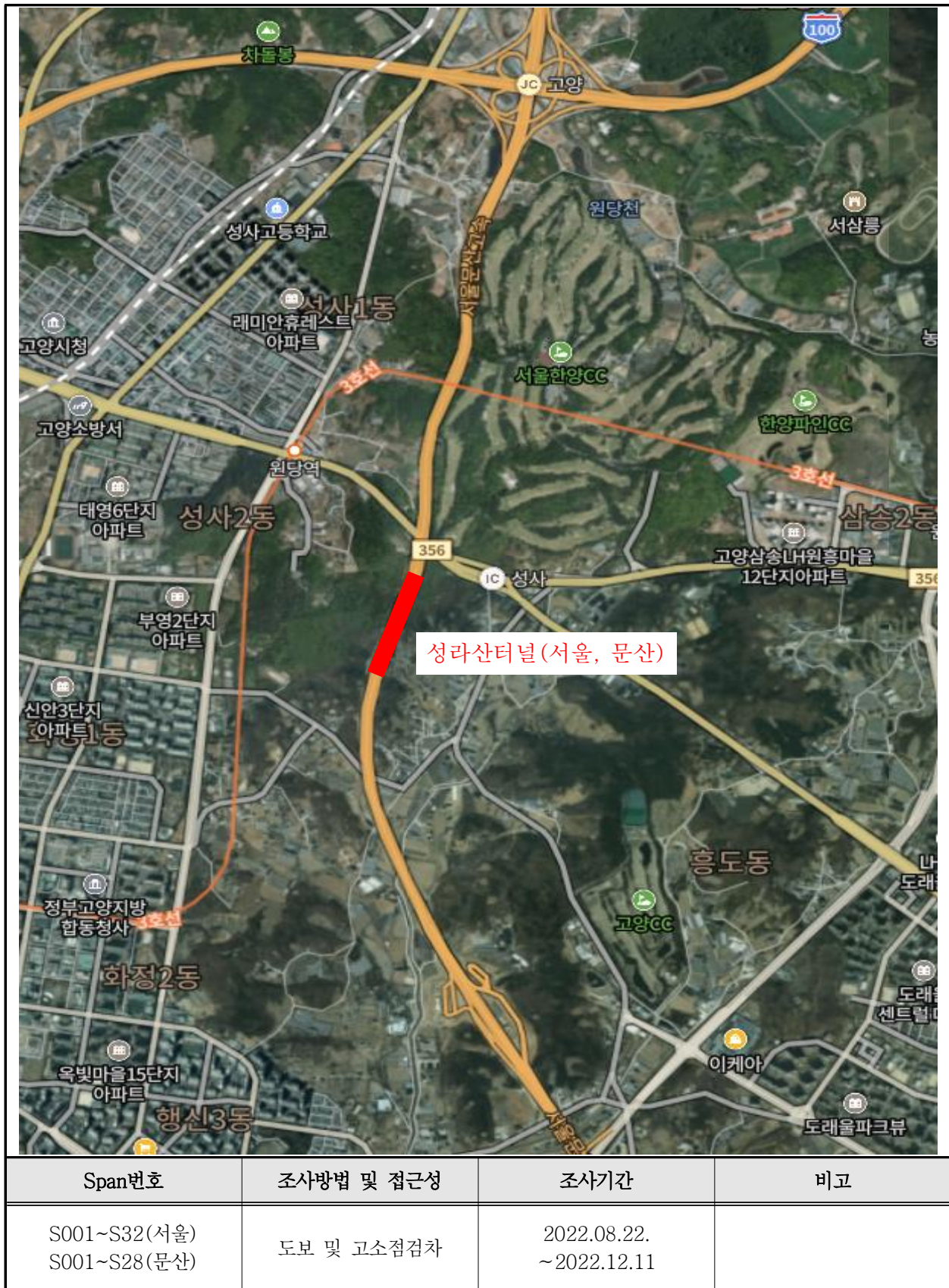
【표 2.1.1】 성라산터널(서울) 일반사항

시설물명	성라산터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000097
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-67(성사동) 종점 : 경기도 고양시 덕양구 강매동 225		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	257.0m	설 계 사	(주)다산컨설팅
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.4%	주요공법	개착 + NATM
준 공	2020년 11월 06일	개문형식	면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

【표 2.1.2】 성라산터널(문산) 일반사항

시설물명	성라산터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000098
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-74(성사동) 종점 : 경기도 고양시 덕양구 성사동 267-3		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	240.0m	설 계 사	(주)다산컨설팅
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)동일기술공사
종단기울기	2.4%	주요공법	개착 + NATM
준 공	2020년 11월 06일	개문형식	면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

2.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 2.1.1】 위치도

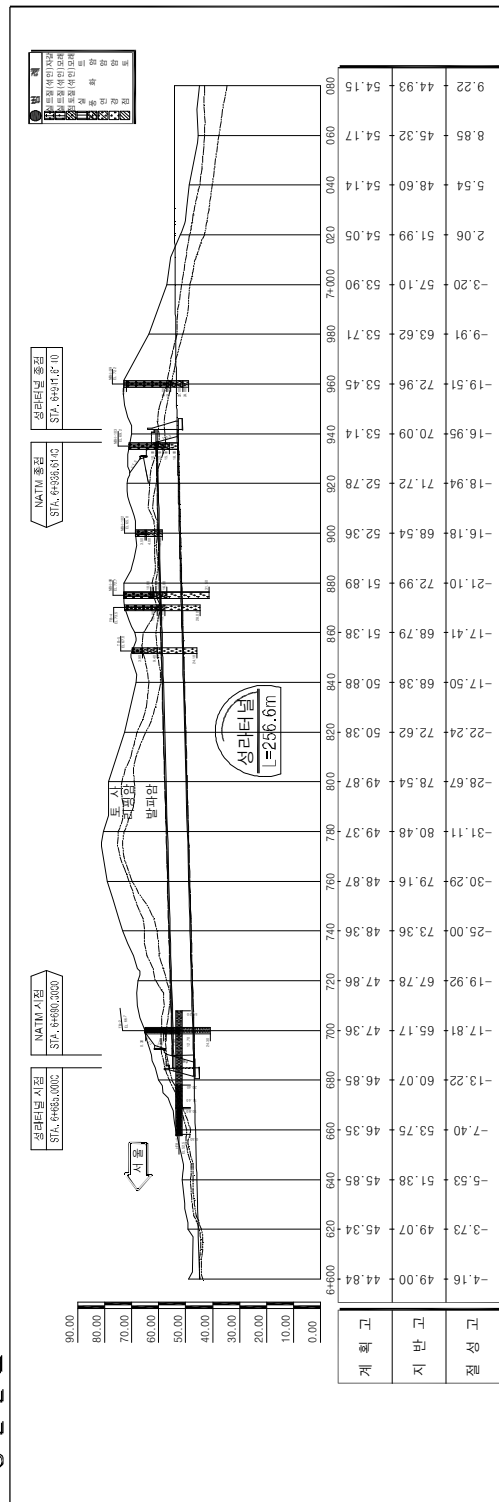
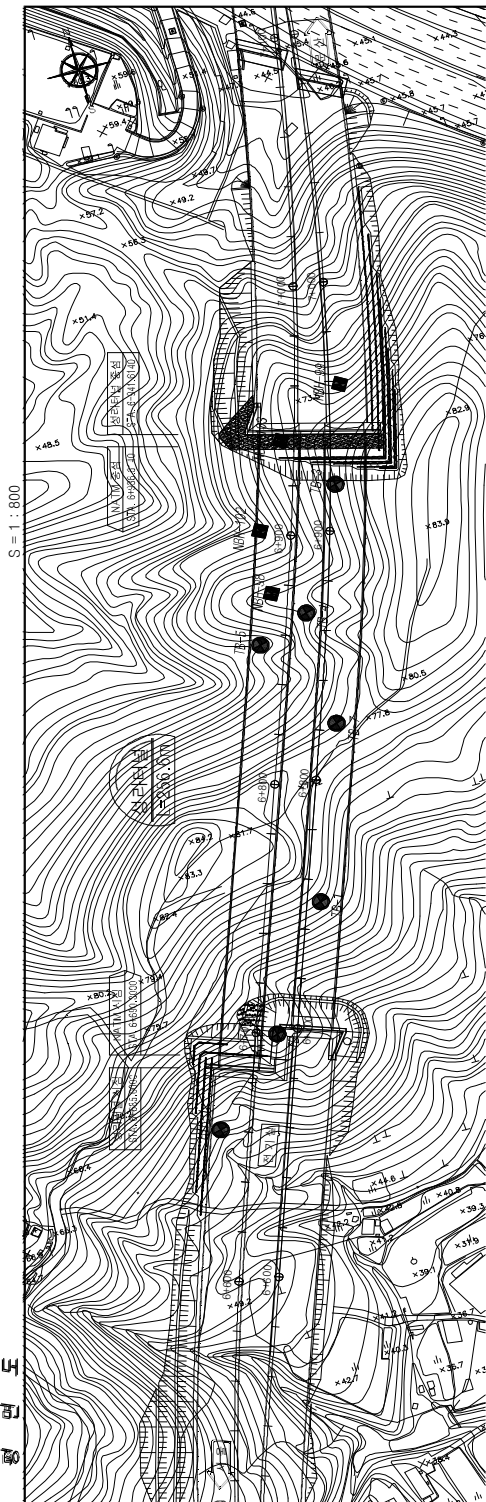
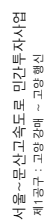
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

【그림 2.1.2】 부재별 현황(서울)

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

【그림 2.1.3】 부재별 현황(문산)

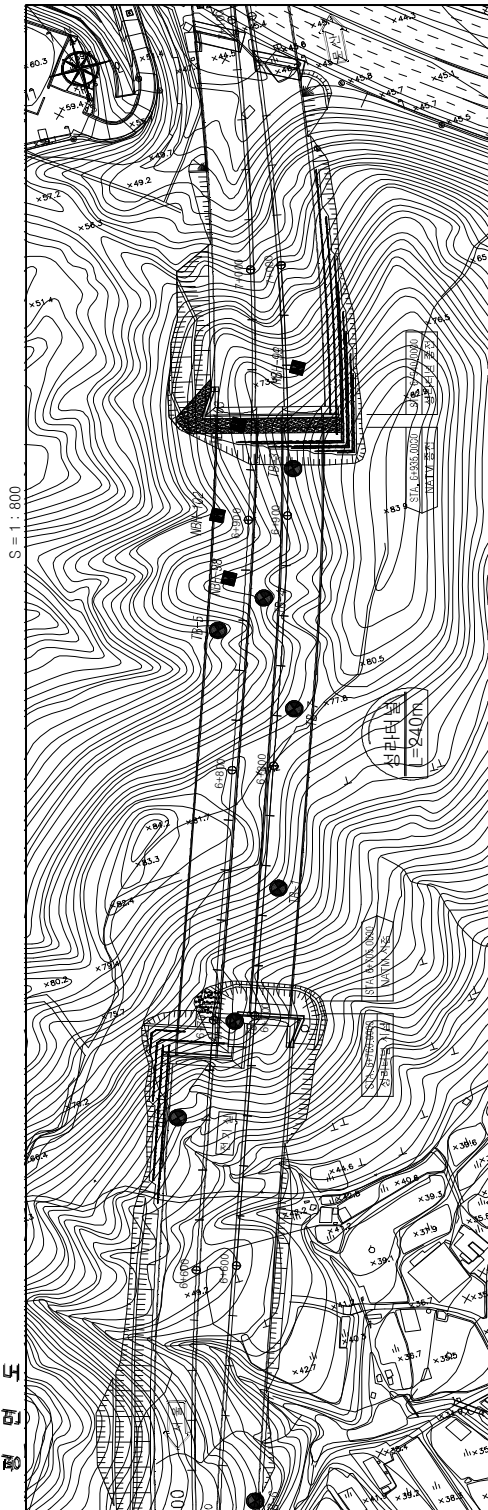
(2) 나 (400)
만 (500)
죽 (400)
미 (400)
미 (400)

[illegible]

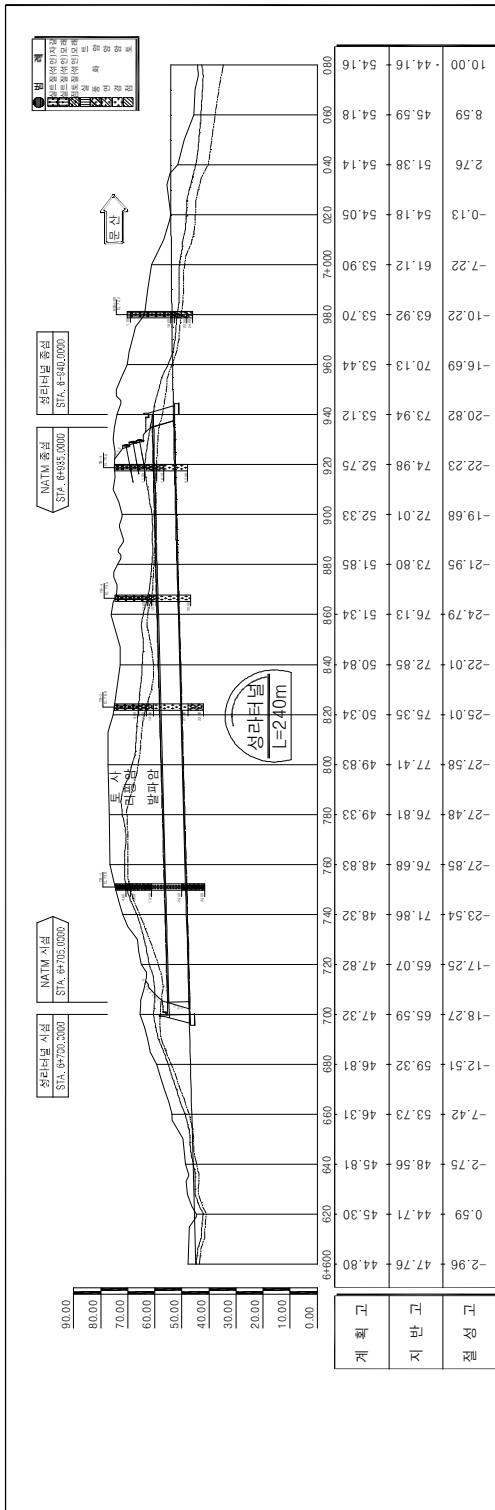
【그림 2.1.4】 평면 및 종단면도(서울)

평면 및 종단면도 (1)
(문산 방향)

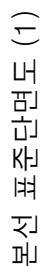
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강해 ~ 고양 행신



종단면도



서울지방국토관리청										서울~문산고속도로 민간투자사업										제1공구 : 고양 강해 ~ 고양 행신									
서울문산고속도로주식회사										시정/공구										건설분야									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용										조항명										조항명									
기정 내용																													

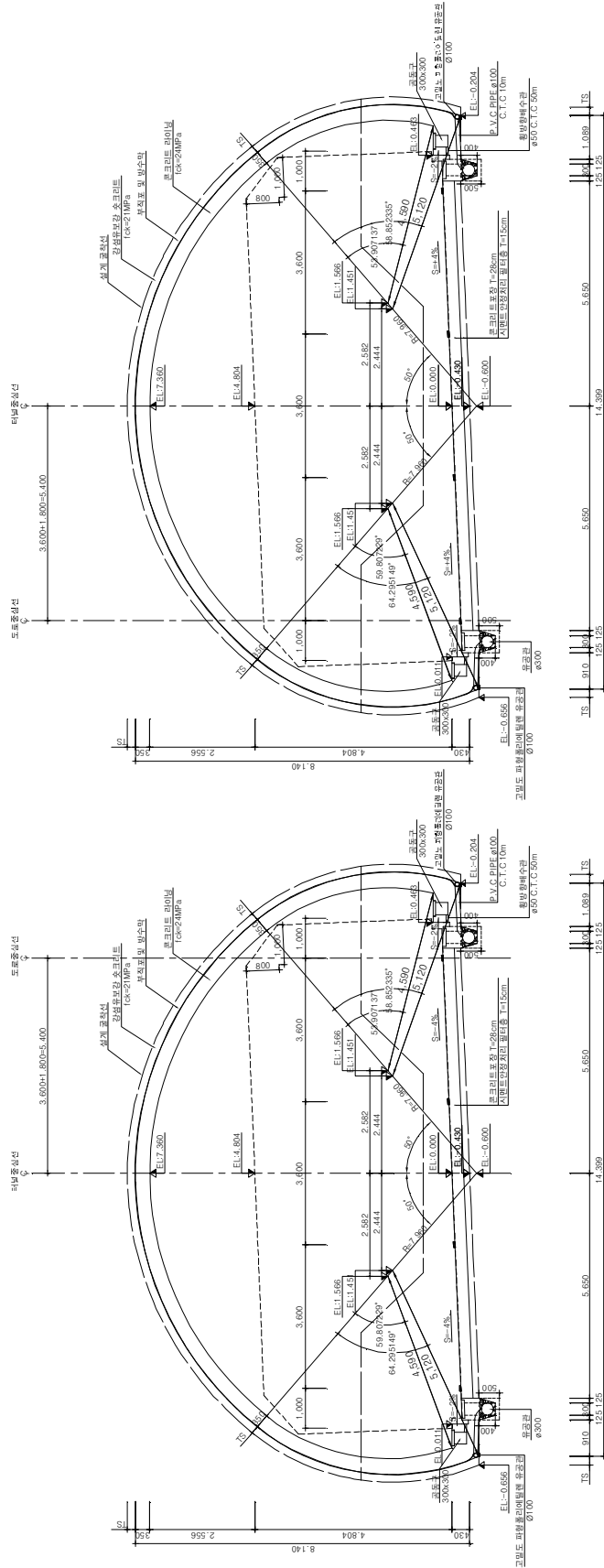


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신

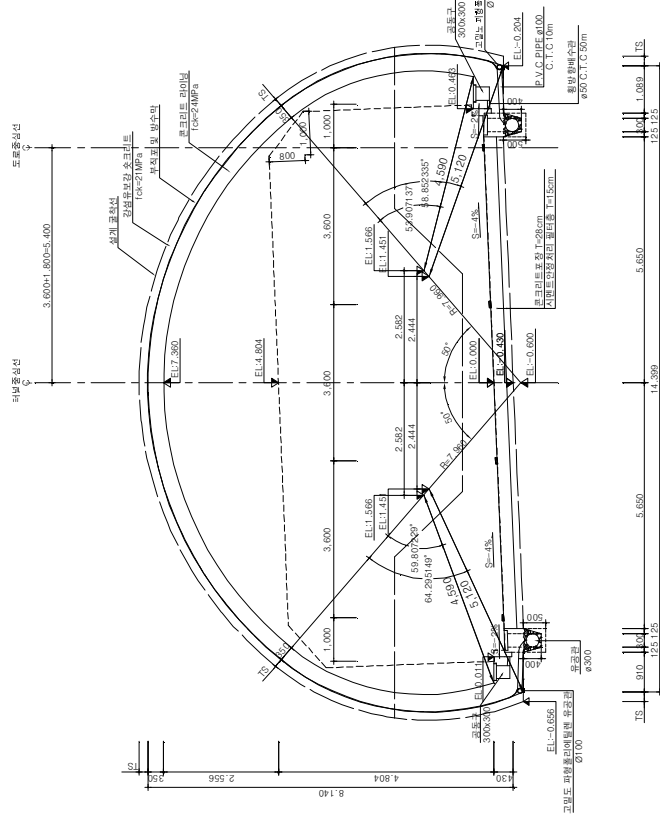
본선 표준단면도 (2)

S = 1 : 50

성라터널 (문산방향, +4%)



성라터널 (서울방향, -4%)



【그림 2.1.7】 개착터널 표준단면도(중점부)

	서울지방국토관리청	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업	△	2018.	2차 설계변경(성라터널 종전 경구부 변경)	조한정	문종기	김명준	위서정	0000-7260	제1공구
		시행/공구	제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신	△	2017.	1차 설계변경(성라터널 성라터널 설치구간)	조한정	문종기	김명준	속	S = 1 : 50	본선 표준단면도 (2)
	서울문산고속도로주주회사	건설분야	토목	건설단계	실시설계	2014.	3차 설계 변경	문종기	송인철	도면번호	C0060203-002	판정번호
						2014.	3차 설계 변경	문종기	송인철	상가자	6.008	

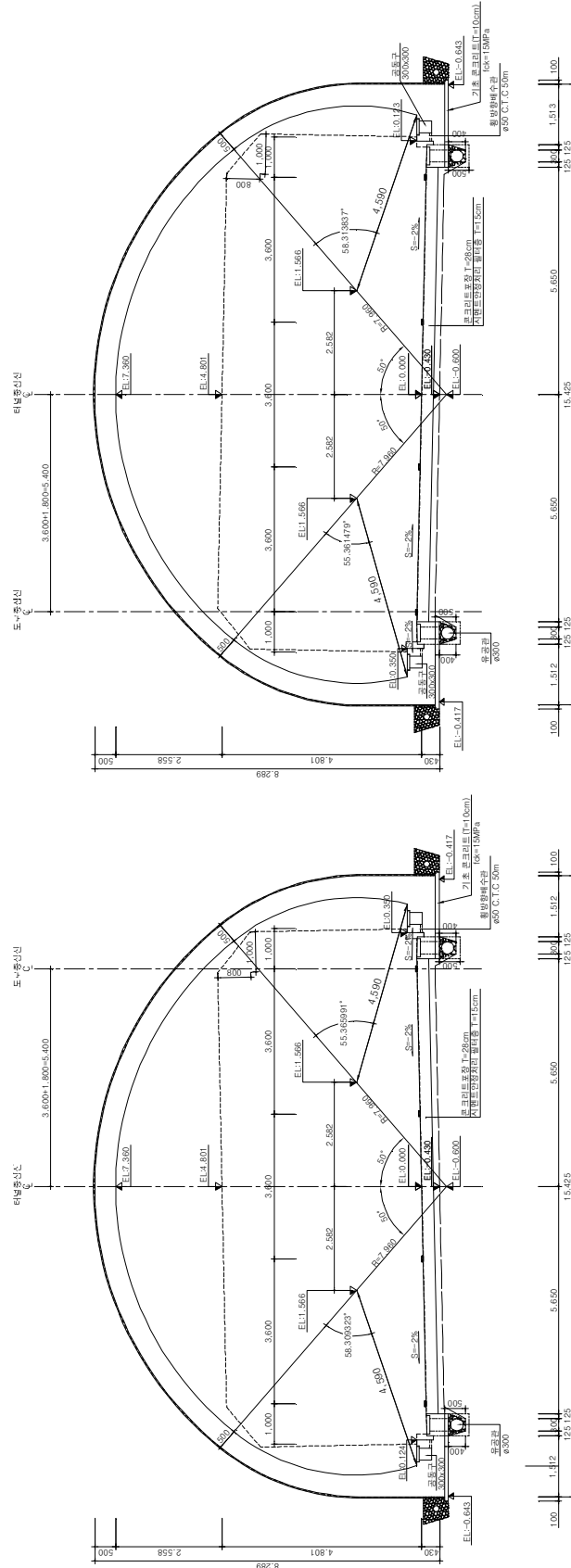
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신

개착터널 표준단면도 (1) (시점 부)

S = 1 : 50

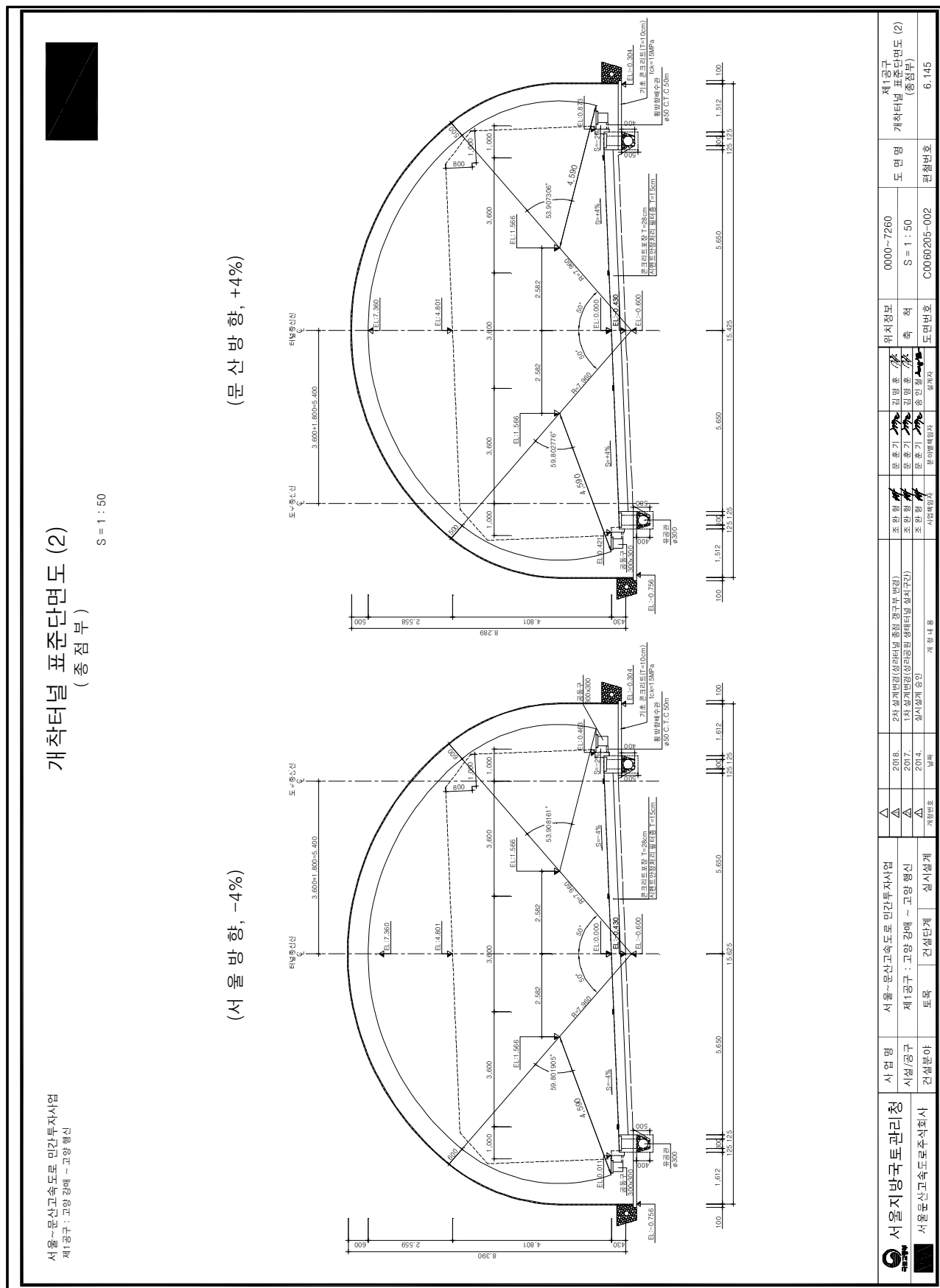
(서울 방향, -2%)

(문산 방향, -2%)



서울지방국토관리청 서울문산고속도로주식회사	시업명	서울~문산고속도로 민간투자사업	△	2018.	2차 설계변경(성라산터널 종점 경구부 박경)	조한형	문호기	김민준	위서정	0000~7260	도면명	제1공구 개착터널 표준단면도 (1)
	시설/공구	제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신	△	2017.	1차 설계변경(성라산터널 설계구간)	조한형	문호기	김민준	속척	S = 1 : 50	도면번호	(시점부)
서울문산고속도로주식회사 건설분야	토목	건설단계	실시설계	2014.	설계단계 승인	조한형	문호기	김민준	도면번호	C0060205-001	판정번호	6.144
	날짜	개장번호	개장내용	날짜	설계단계 승인	시업책임자	분야책임자	승인자	도면번호	C0060205-001	판정번호	6.144

【그림 2.1.8】 본선 표준단면도(1)



【그림 2.1.9】 본선 표준단면도(2)

시점마개무이반도 (2)

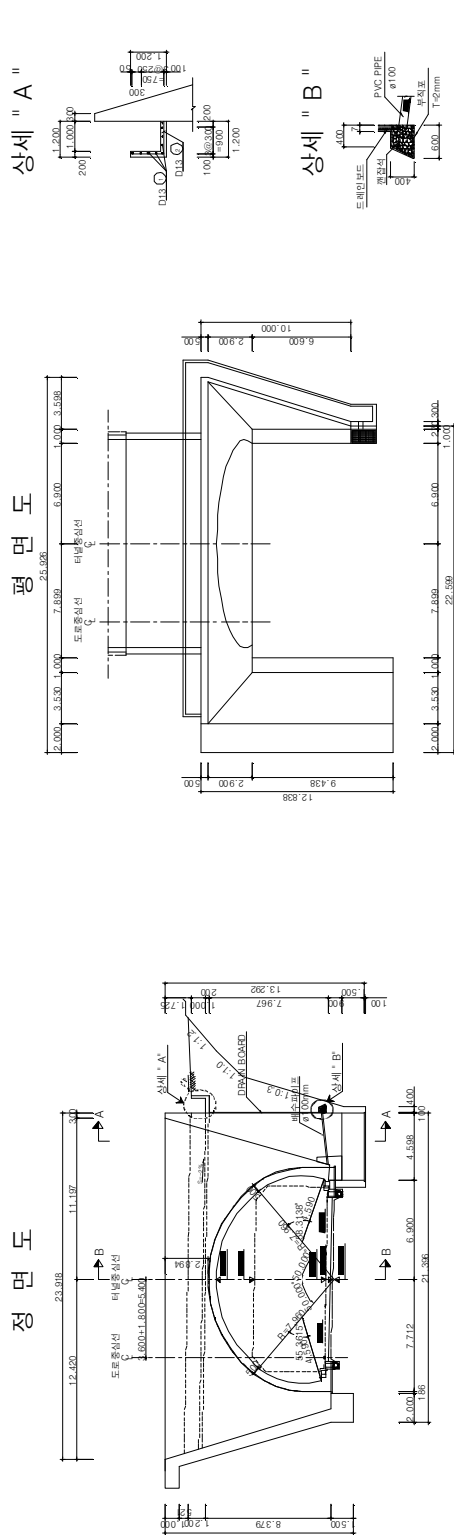
 $S = 1 : 150$ 

표
계
집
근
철

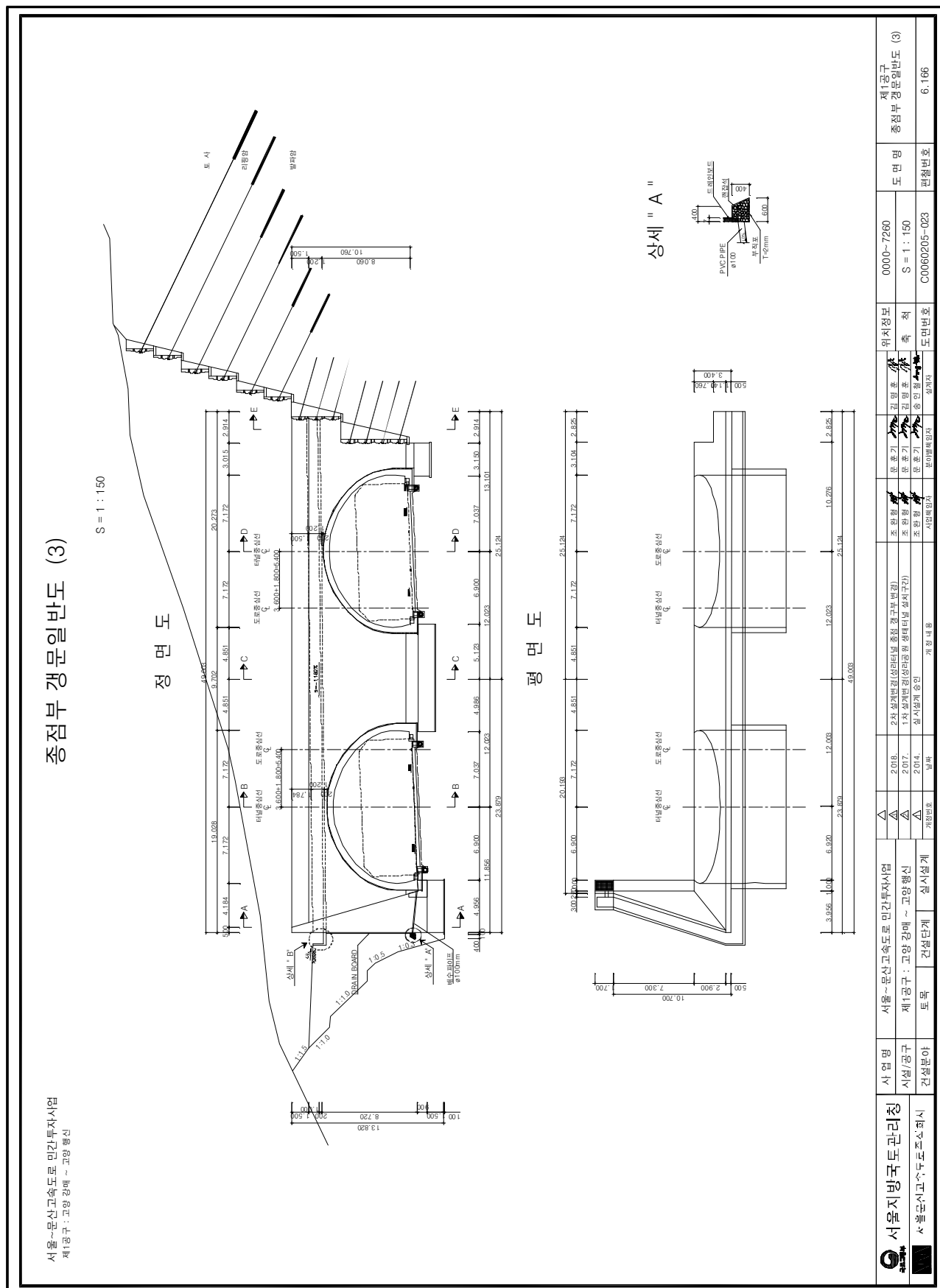
(SD300)				(1ME)			
번호	직경	길이	갯수	총 길이	단위중량	총 중량	비고
		(m)		(m)	(kg/m)	(ton)	
1	D13	1.000	9	9.000			3.0% 합중
2		2.450	3.3	8.085			
합계				17.085	0.995	0.017	0.018

NOTE

- [illegible]

[illegible]

【그림 2.1.10】 갯문 일반도(1)

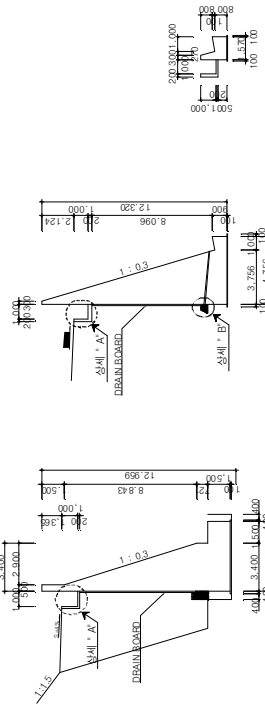


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양강매 ~ 고양행신

표
계
집
금
철

NOTE

- [illegible]



【그림 2.1.12】 갯문 일반도(3)

2.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울문산고속도로 민간투자산업 건설공사 1공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 설계자료 검토

가. 지반 시추조사

시추조사는 지표로부터 지하 깊은 곳을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 시험공을 굴진하여 지반의 성상을 조사하고, 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료를 제공하기 위한 목적으로 실시된다. 시추조사는 노선구간에 대하여 지반의 수직적 특성 즉, 지층의 성층상태와 각 지층의 지반 공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도, 절리간격 등을 파악하며, 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 표준관입시험을 한국산업규격(KS F2307)에 의거 연속성 있게 실시하였으며, 코어 회수율을 높여 정확한 암질상태를 파악하기 위하여 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit를 사용하였다. 채취된 암석 코어는 육안관찰에 의하여 암석 내에 분포된 불연속면 즉, 절리와 절리면의 충전물 등을 파악하고 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추 주상도에 기재하였다. 지하수위의 측정은 지하수체(Ground Water Body) 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면의 위치를 지표면과 일정한 기준면으로부터의 수직거리로 구하였다.

【표 2.2.1】 시추작업 장비

시추작업 전경(TB-3)	시추작업 전경(HTB-1)
	

나. 기본 설계자료 분석

- ① 분포지층 : 표토층(붕적층), 풍화토, 풍화암, 연암, 경암
- ② 붕적층
 - TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 지표하 0.3~1.5m 층후로 분포
 - 암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함
 - 습윤한 상태이며, 보통 조밀한 상대밀도로 분포
- ③ 풍화토
 - 지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포
 - 암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성
 - 습윤한 상태이며, 느슨~매우 조밀한 상대밀도
- ④ 풍화암
 - TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포
 - 편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해
 - 습윤한 상태이며, 매우 조밀한 상대밀도를 보임
- ⑤ 연암
 - 지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포
 - 암갈색, 담회색, 암회색, 갈색의 화강편마암으로 구성
 - TCR=17~100%, RQD=0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태
 - 심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
- ⑥ 경암
 - 지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m 이상 층후로 분포
 - 담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성
 - TCR=97~100%, RQD=50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태
 - 보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

다. 지형 및 지질

1) 지질 개요

사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포하고 있다. 또한, 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적은 상태이다.

2) 지형특성

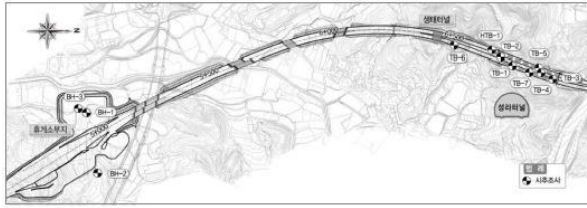
과업노선의 산계는 영주산-고봉산-왕릉산-월룡산을 잇는 북북서방향의 산능이 발달되어 있으며, 공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월룡산 등 비교적 고산능이 발달되어 있다. 수계는 사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천과 공릉천, 문산천이 분포하였다. 창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입된다.

3) 분포암종 특성

구 분	지질특성
흑운모 편마암	· 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음 → 편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로 강도는 강하고 변형이 적음 · 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편리가 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임
화강암	· 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입 · 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성 변형에 가까운 변형 특성을 보임

라. 지반조사보고서

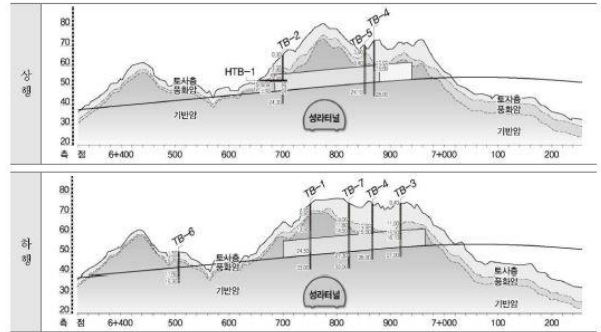
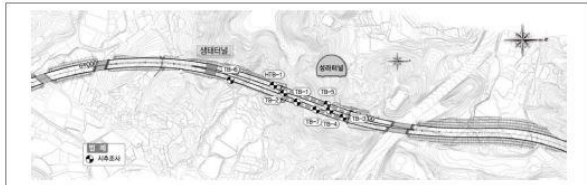
2.1.1 시추조사 위치



구분	공번	좌표	표고	구분	공번	좌표	표고
		X Y	(EL,m)			X Y	(EL,m)
성라산터널	TB-1	560,762.00 186,566.00	73.9	성라산터널	HTB-1	560,680.36 186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69 186,535.40	66.7	성라산터널	TB-6	560,530.00 186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00 186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH-1	559,070.96 186,753.06	16.4
	TB-4	560,874.57 186,593.93	73.5		BH-2	559,115.20 186,992.49	23.8
	TB-5	560,867.00 186,574.00	67.0		BH-3	559,038.13 186,737.77	16.3
	TB-6	560,829.00 186,592.00	76.0				
	TB-7						

2.1.2 지층분포 현황

- 성라산터널 및 생태터널
- 조사위치 및 지층단면도



구분	층원심도(m)	층 두께(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
불적층	0.0	0.3~1.5	산트질 모래	13/30
풍화암	0.0~1.5	2.5~12.0	산트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암면 및 산트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100/50~100%

구분	지층개요
불적층	TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층두로 분포 ·암갈색, 적갈색의 산트질 모래로 구성되어 자갈이 포함되기도 함 ·습윤한 상태이며, 보충조밀한 상태임으로 분포
풍화암	·지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층두로 분포 ·암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 산트질 모래로 구성 ·습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상태임으로
풍화암	TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층두로 분포 ·편마암의 하부 풍화대로 굴절시 암면 및 산트질 모래로 분포 ·습윤한 상태이며, 매우조밀한 상태임으로 보충
연암	·지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층두로 분포 ·암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 ·TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 ·심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	·지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m 이상 층두로 분포 ·담회색, 암회색, 암갈색의 화강편마암으로 구성 ·TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 ·보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

(계속)

1.1 터널구간 성과분석

1.1.1 터널구간 암반분류

- RMR에 의한 암반분류

구성요소	산정식	범위	지반등급	Output
·점하중지수 (I _{sc}) ·RQD ·불연속면의 간격 (J ₁) ·불연속면의 상태 (J ₂) ·지하수 조건 (J ₃) ·불연속면의 방향 (J ₄)	·6가지 변수의 합계 점수 (I _{sc} + RQD + J ₁ + J ₂ + J ₃ + J ₄)	0~100	Very Poor ~ Very Good	·지보하중 (P) = (100-RMR)/100 × γB ·원지반강성계수(E _m) = 2 × RMR - 100 ·점착력, 내부마찰각 ·터널폭에 따른 자립시간

■ 암반등급기준

평정합계	81~100	61~80	41~60	21~40	20 이하
등급/평가	I/매우양호	II/양호	III/보통	IV/불량	V/매우불량

■ 분류결과

공번	구분	분류구간 (GL-m)	일축강도 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (cm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급
(서울문산고속도로) 성라산터널	TB-2	상부1D	7.9~9.2	40	10	< 6	Wet	보통	30
				4	3	5	7	-5	IV
		동과구간	9.2~17.8	40~74	11~98	6~60	Wet	보통	33~64
	TB-4			4~7	3~20	8~10	7	-5	II~IV
		하부1D	17.8~24.3	70	80~99	6~60	Wet	보통	60~65
				7	17~20	8~10	7	-5	II~III
(문산) 생태터널	TB-5	동과구간	13.4~21.0	40~70	70~76	6~20	Wet	보통	50~57
				4~7	13~17	8	7	-5	III
		하부1D	21.0~28.0	70	66~100	6~60	Wet	보통	53~62
	TB-7			7	13~20	8~10	7	-5	II~III
		상부1D	3.9~10.1	40~70	15~98	6~20	Wet~Damp	보통	31~64
				4~7	3~20	8	7~10	-5	II~IV
HTB-1	동과구간			70	92~98	20~80	Wet	보통	63~67
				7	20	10	7	-5	II
		하부1D	18.7~24.1	70	85~92	6~60	Wet	보통	57~67
	HTB-1			7	17~20	8~10	7	-5	II~III
		동과구간	27.3~50.2	70	50~100	6~60	Wet	보통	52~67
				7	8~20	8~10	7	-5	II~III

공 번	구 분	분류구간 (GL~m)	일축강도 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (cm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급		
성라산터널(서울,문산)	TB-1	상부1D	8,8~17,4	40~70	0~75	6이하~60	18~23	Wet	보통	32~55	
				4~7	3~13	5~10		7	-5	III~IV	
		동과구간	17,4~26,0	42,2~70	19~82	6~20	20~25	Wet	보통	37~59	
				4~7	3~17	8		7	-5	III~IV	
		하부1D	26,0~33,0	40	9~61	6이하~60	20	Wet	보통	34~47	
				4	3~13	5~8		7	-5	III~IV	
	TB-3	동과구간	15,5~22,1	40~70	19~93	6~60	7~10	Wet~Damp	보통	36~65	
				4~7	3~20	8~10		7~10	-5	II~III	
		하부1D	22,1~27,0	70~73,5	79~94	20~80	22	Wet	보통	58~61	
				7	17~20	10		7	-5	II~III	
		TB-4	상부1D	13,4~14,5	40	25	6~20	20	Damp	보통	45
					4	8	8		10	-5	III
	동과구간		14,5~23,1	40~70	70~76	6~20	23	Wet	보통	50~57	
				4~7	13~17	8		7	-5	III	
	하부1D		23,1~28,0	70	66~100	6~60	23	Wet	보통	53~62	
				7	13~20	8~10		7	-5	II~III	
	TB-7	상부1D	11,8~16,0	40~70	0~87	6이하~60	16~25	Damp	보통	33~64	
				4~7	3~17	5~10		10	-5	II~III	
동과구간		16,0~24,5	57,4~70	55~96	6~60	21~22	Wet~Damp	보통	52~61		
			7	13~20	8~10		7~10	-5	II~III		
하부1D		24,5~33,0	40~70	18~75	6~20	16~21	Wet	보통	37~51		
			4~7	3~13	8		7	-5	III~IV		

- Q-System에 의한 암반분류

개요	평가	산정방법
·1974년 NGI의 Barton 등에 의해 제언 ·200여개의 기 시공된 터널의 보강설계를 통해 하여 ·암반상태와 보강량의 관계분석 ·1993년 지보판 등을 기본 38개항에서 강성유보강 숫자크리트를 사용하는 9개항 수정(Grimstad and Barton)	0.001 ~ 1,000	$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_{n-1}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-2}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-3}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-4}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-5}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-6}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-7}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-8}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-9}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-10}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-11}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-12}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-13}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-14}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-15}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-16}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-17}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-18}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-19}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-20}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-21}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-22}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-23}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-24}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-25}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-26}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-27}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-28}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-29}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-30}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-31}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-32}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-33}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-34}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-35}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-36}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-37}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-38}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-39}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-40}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-41}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-42}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-43}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-44}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-45}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-46}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-47}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-48}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-49}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-50}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-51}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-52}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-53}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-54}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-55}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-56}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-57}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-58}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-59}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-60}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-61}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-62}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-63}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-64}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-65}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-66}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-67}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-68}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-69}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-70}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-71}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-72}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-73}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-74}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-75}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-76}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-77}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-78}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-79}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-80}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-81}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-82}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-83}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-84}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-85}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-86}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-87}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-88}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-89}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-90}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-91}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-92}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-93}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-94}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-95}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-96}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-97}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-98}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-99}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-100}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-101}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-102}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-103}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-104}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-105}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-106}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-107}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-108}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-109}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-110}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-111}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-112}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-113}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-114}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-115}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-116}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-117}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-118}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-119}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-120}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-121}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-122}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-123}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-124}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-125}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-126}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-127}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-128}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-129}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-130}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-131}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-132}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-133}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-134}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-135}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-136}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-137}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-138}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-139}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-140}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-141}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-142}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-143}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-144}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-145}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-146}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-147}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-148}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-149}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-150}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-151}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-152}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-153}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-154}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-155}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-156}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-157}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-158}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-159}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-160}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-161}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-162}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-163}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-164}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-165}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-166}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-167}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-168}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-169}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-170}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-171}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-172}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-173}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-174}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-175}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-176}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-177}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-178}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-179}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-180}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-181}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-182}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-183}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-184}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-185}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-186}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-187}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-188}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-189}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-190}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-191}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-192}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-193}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-194}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-195}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-196}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-197}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-198}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-199}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-200}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-201}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-202}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-203}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-204}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-205}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-206}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-207}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-208}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-209}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-210}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-211}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-212}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-213}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-214}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-215}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-216}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-217}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-218}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-219}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-220}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-221}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-222}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-223}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-224}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-225}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-226}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-227}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-228}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-229}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-230}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-231}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-232}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-233}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-234}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-235}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-236}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-237}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-238}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-239}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-240}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-241}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-242}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-243}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-244}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-245}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-246}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-247}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-248}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-249}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-250}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-251}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-252}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-253}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-254}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-255}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-256}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-257}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-258}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-259}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-260}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-261}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-262}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-263}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-264}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-265}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-266}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-267}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-268}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-269}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-270}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-271}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-272}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-273}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-274}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-275}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-276}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-277}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-278}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-279}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-280}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-281}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-282}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-283}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-284}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-285}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-286}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-287}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-288}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-289}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-290}}{J_n} \cdot \frac{J_{n-291}}{J_n} \cdot$

■ Q-System에 의한 일반적인 지반등급산정 기준

Q값의 범위	1000~400	400~100	100~40	40~10	10~4	4~1	1~0.1	0.1~0.01	0.01~0.001
암반등급	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
암질	지극히 양호	극히 양호	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량	극히 불량	지극히 불량

■ 사업구간 Q값 적용 범위

암반등급	I	II	III	IV	V
암질	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량
Q값의 범위	40.0 이상	10.0~40.0	4.0~10.0	1.0~4.0	1.0 이하

■ 분류결과

공명	구분	분류구간 (G, L(=m))	RQD(%)	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q-Value	등급
서울방향	상부ID	7.9~9.2	10	4~6	2	2.0	0.5	2.5	0.333~0.550	V
	통과구간	9.2~17.8	11~98	4	2	0.75~6.0	0.5	2.5	1.267~13.067	II~V
	하부ID	17.8~24.3	80~99	4	2	0.75	0.5	2.5	10.667~13.200	II
	통과구간	13.4~21.0	70~76	4~6	2~3	0.75~6.0	0.5~0.66	2.5	1.167~4.40	III~IV
	하부ID	21.0~28.0	66~100	4	3	6.0	0.5	2.5	1.650~2.5	IV
	상부ID	3.9~10.1	15~98	2~6	2~3	0.75~6.0	0.5~0.66	2.5	0.167~39.2	II~IV
문산방향	상부ID	10.1~16.7	92~98	4~6	3	0.75~6.0	0.5	2.5	2.300~19.6	II~IV
	통과구간	18.7~24.1	85~92	4	3	0.75~6.0	0.5	2.5	2.125~18.40	II~IV
	하부ID	27.3~50.2	50~100	4~9	3	0.75~6.0	0.5	2.5	1.250~20.0	II~IV
	통과구간	8.8~17.4	0~75	4~6	2~3	0.75	0.5	2.5	0.889~10.0	III~V
	하부ID	17.4~26.0	19~82	4~12	2	0.75	0.5	2.5	0.844~10.933	II~V
	통과구간	26.0~33.0	9~61	6~9	2	0.75	0.5	2.5	0.889~6.422	III~V
서울방향	상부ID	15.5~22.1	19~93	4~6	2	0.75~2.0	0.5~0.66	2.5	0.836~12.4	II~V
	통과구간	22.1~27.0	78~94	4	2	6.0	0.5	2.5	1.317~1.567	IV
	하부ID	13.4~14.5	25	4	2	0.75	0.66	2.5	4.400	III
	통과구간	14.5~23.1	70~76	4~6	3	6.0	0.5	2.5	1.167~2.0	IV
	하부ID	23.1~28.0	66~100	4	3	6.0	0.5	2.5	1.650~2.5	IV
	상부ID	11.8~16.0	0~67	4~9	2	0.75~2.0	0.66	2.5	0.293~15.312	II~V
문산방향	통과구간	16.0~24.5	55~96	6	2	6.0	0.5~0.66	2.5	0.611~1.217	IV~V
	하부ID	24.5~33.0	18~75	6	2	0.75~6.0	0.5	2.5	0.50~1.667	IV~V

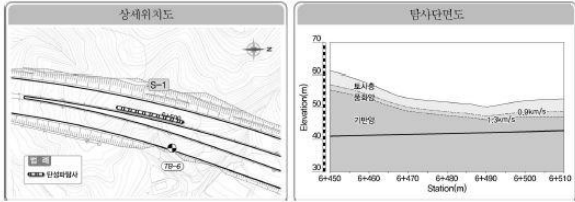
3.1 굴절법탄성파탐사

○ 탐사 위치도



○ 탐사 결과

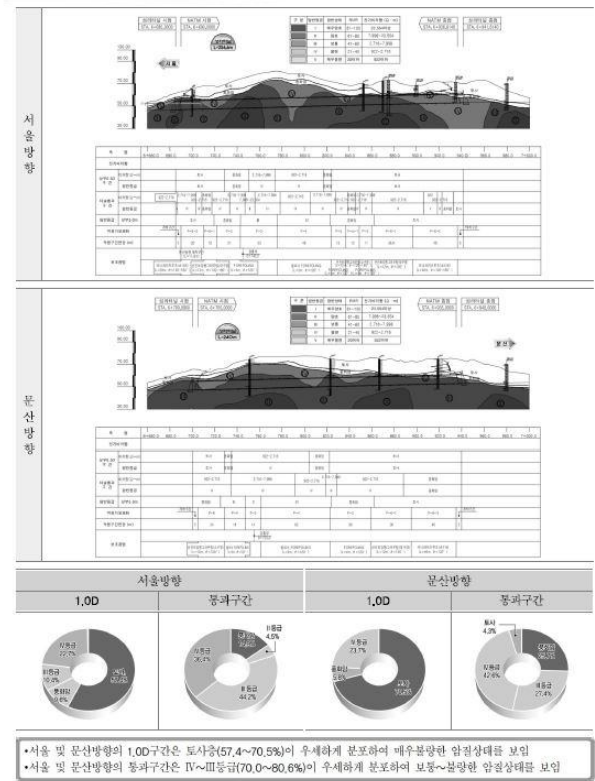
■ S-1



구분	제1층(토사)	제2층(중회암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL~4.71m 출현

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

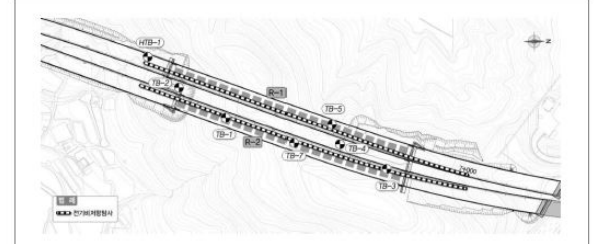
1.1.3 암반등급도



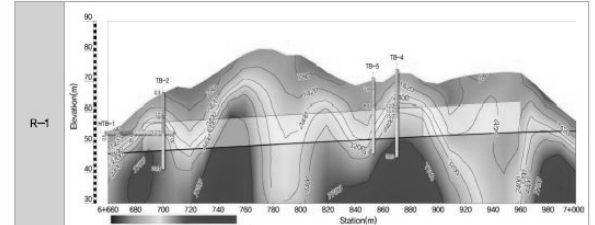
3.2 전기비저항탐사

○ 성라산터널 서울방향

■ 탐사 위치도



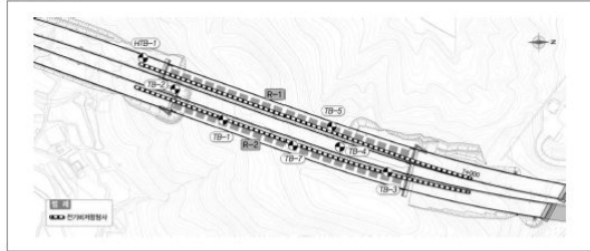
■ 탐사 결과



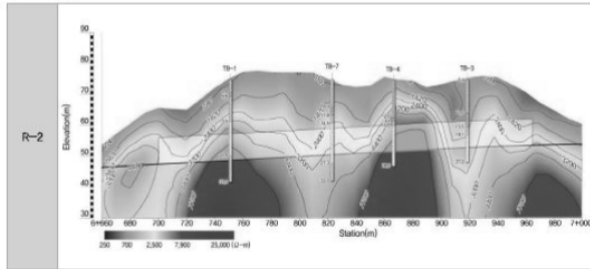
■ 분석결과

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

○성라터널 문산방향
■탐사위치도



■탐사결과



■분석결과

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

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수의 분포

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

○터널구간

공 번	지 하 수 위		공 번	지 하 수 위		공 번	지 하 수 위	
	GL,-m	EL,+m		GL,-m	EL,+m		GL,-m	EL,+m
TB-1	7,4	66,5	TB-4	15,5	58,0	TB-7	17,6	58,4
TB-2	6,1	60,6	TB-5	6,8	60,2	-	-	-
TB-3	17,0	59,0	TB-6	3,6	43,5	-	-	-

○기타구간(휴게소 부지)

공 번	지 하 수 위		공 번	지 하 수 위		공 번	지 하 수 위	
	GL,-m	EL,+m		GL,-m	EL,+m		GL,-m	EL,+m
BH-1	3,2	13,2	BH-2	6,6	17,2	BH-3	3,5	12,8

○결과분석

구 분	지하수위	
	GL,-m	EL,+m
터널구간	3,6~17,6	43,5~66,5
기타구간 (휴게소 부지)	3,2~6,6	12,8~17,2

- 지하수위 측정결과 터널구간 GL,- 3,5~17,6m, 기타구간 : GL,- 3,2~6,6m 범위로 분포

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

- 자중범 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하점도 및 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 장성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL,-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2,0	풍화토	-	96,3	111,9
	TB-2	11,0	연 암	화강편마암	980,3	1,166,2
	TB-3	13,0	풍화암	-	156,1	231,1
	TB-3	17,0	연 암	화강편마암	598,9	908,3

○결과분석

구 분	변형계수(D,MPa)			탄성계수(E,MPa)		
	풍화토	풍화암	연 암	풍화토	풍화암	연 암
성라터널	96,3	156,1	598,9~980,3	111,9	231,1	908,3~1,166,2

- 풍화토의 변형계수는 96,3MPa, 풍화암은 156,1MPa, 연암은 598,9~980,3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

- 풍화대중에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 실제지반점수 자료로 활용
- 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(φ) 측정

○시험결과

구 분	공 번	심 도(GL,-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3,0	풍화토	22,5	28,1
	TB-3	12,0	풍화암	31,1	31,4

○결과분석

구 분	점착력(c, kPa)		마찰각(φ, °)	
	풍화토	풍화암	풍화토	풍화암
성라터널	22,5	31,1	28,1	31,4

- 시험결과 점착력(c)는 풍화토 22,5kPa, 풍화암 31,1kPa로 산정되며, 마찰각(φ)은 풍화토 28,1°, 풍화암 31,4°로 나타남

4.2.2 투수시험

- 조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행
- 지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL,-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL,-m)
성라터널	TB-1	2,0 ~ 3,0	풍화토	SM	$1,95 \times 10^{-6}$	7,4
	TB-2	2,0 ~ 3,0	풍화토	SM	$3,08 \times 10^{-6}$	6,1
	TB-3	12,0 ~ 13,0	풍화암	-	$4,53 \times 10^{-6}$	17,0
	TB-4	8,0 ~ 9,0	풍화토	SM	$2,07 \times 10^{-6}$	15,5

○결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	$1,96 \times 10^{-6} \sim 3,08 \times 10^{-6} \text{cm/s}$	$4,53 \times 10^{-6} \text{cm/s}$

4.2.3 수압시험

- 터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 패턴을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○시험결과

구 분	공 번	심 도(GL,-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB-1	7,0 ~ 12,0	연 암	$3,06 \times 10^{-6}$	0,11	Dilation
	TB-2	16,0 ~ 21,0	경 암	$1,28 \times 10^{-6}$	0,08	Dilation
	TB-3	20,0 ~ 25,0	경 암	$2,49 \times 10^{-6}$	0,04	Dilation
	TB-6	6,0 ~ 11,0	연 암	$4,76 \times 10^{-6}$	0,14	Dilation

○결과분석

구 분	투수계수(cm/s)		평균 Lugeon	
	연 암	경 암	연 암	0경 암
성라터널	$3,06 \times 10^{-6} \sim 4,76 \times 10^{-6}$	$1,28 \times 10^{-6} \sim 2,49 \times 10^{-6}$	0,11~0,14	0,04~0,08

2.2.2 시설물 점검이력

가. 서울방향

대상시설물은 1종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.2】 성라산터널(서울) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	721	성라산터널(서울)의 외관조사 결과, 라이닝 천단부 들뜸, 측벽부 박락, 공동구 박락 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	721	성라산터널(서울)의 외관조사 결과 갭문 배면배수로균열(0.3mm이상), 라이닝 천단부 들뜸, 폐콘크리트미제거, 측벽부 박락, 공동구 박락, 덮개파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	주입보수, 단면보수, 정비
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	721	- 갭문 배면배수로균열(0.3mm이상) - 포장부 들뜸 - 라이닝 콘크리트 천단부 들뜸, 폐콘크리트미제거, 측벽부 박락 - 공동구 박락, 덮개파손
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	주입보수, 단면보수, 정비

나. 문산방향

대상시설물은 1종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.3】 성라산터널(문산) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	673	성라산터널(문산)의 외관조사 결과, 라이닝 천단부 백태, 들뜸, 측벽부 균힘, 공동구 박락 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	백태보수, 단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	673	성라산터널(문산)의 외관조사 결과 라이닝 천단부 백태, 균열(0.3mm이상), 들뜸, 측벽부 균힘, 공동구 박락 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	주입보수, 백태보수, 단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	673	- 라이닝 콘크리트 천단부 백태, 균열(0.3mm이상) 들뜸, 재들뜸 - 라이닝 콘크리트 측벽부 균힘 - 공동구 덮개파손
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	주입보수, 백태보수, 단면보수

2.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

가. 서울방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

나. 문산방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

2.2.4 시설물 보수 이력

가. 서울방향

【표 2.2.4】 성라산터널(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

나. 문산방향

【표 2.2.5】 성라산터널(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

2.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 2.2.6】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
· 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

2.3 현장조사

2.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 검토 자료를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 현장조사를 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S01~S32(서울) S01~S28(문산)	도보, 고소점검차	2022.10.12	
			
통제 전경		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
터널 라이닝 비파괴시험		터널 라이닝 비파괴시험	

【그림 2.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

나. 터널 구간 분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 비파괴 시험, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 터널 내에 측점포시 또는 구간이 명확하게 구분되어 있지 않는 경우는 구간분할에 따른 오차를 최소화할 수 있도록 구분되어야 하며 통상적으로 현장에서 직접 확인이 가능한 시공(신축)이음부를 기준으로 분할하는 것이 타당하다. 본 터널은 서울방향 257.0m(32SPAN), 문산방향 240.0m(28SPAN)로 다음 그림과 같이 분할하였다.

SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근
S01	3.8	철근	S12	8.9	무근	S23	8.9	철근
S02	8.9	철근	S13	9.1	무근	S24	8.9	철근
S03	9.1	철근	S14	8.9	무근	S25	9.0	철근
S04	9.0	철근	S15	8.9	무근	S26	8.8	철근
S05	8.9	철근	S16	9.0	무근	S27	8.7	철근
S06	9.0	철근	S17	9.0	철근	S28	8.6	철근
S07	8.9	철근	S18	8.8	철근	S29	8.4	철근
S08	9.1	무근	S19	8.9	철근	S30	9.1	철근
S09	8.8	무근	S20	9.4	철근	S31	4.8	철근
S10	9.0	무근	S21	8.6	철근	S32	3.3	철근
S11	8.9	무근	S22	8.9	철근	—		

【그림 2.3.2】 서울방향 Span별 시공현황

SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근
S01	8.2	철근	S11	9.0	무근	S21	9.1	철근
S02	9.1	철근	S12	8.8	무근	S22	9.0	철근
S03	6.7	철근	S13	9.0	무근	S23	8.9	철근
S04	7.9	철근	S14	8.9	무근	S24	9.0	철근
S05	8.9	무근	S15	8.9	무근	S25	9.1	철근
S06	8.8	무근	S16	8.9	철근	S26	9.0	철근
S07	8.9	무근	S17	9.1	철근	S27	8.6	철근
S08	9.0	무근	S18	9.0	철근	S28	8.2	철근
S09	8.9	무근	S19	9.0	철근	—		
S10	8.8	무근	S20	9.1	철근	—		

【그림 2.3.3】 문산방향 Span별 시공현황

2.3.2 서울방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 350mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다. 주요 점검사항으로는 라이닝 균열 및 누수여부, 조인트부 박리, 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.1】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 조인트부 들뜸 손상이 조사되었으며, 국부적으로 페콘 크리트 미제거 손상이 확인되었다.

【표 2.3.1】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	10.0	1	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	130.0	13	건조수축 및 온도변화	
	콘크리트 들뜸	m ²	1.69	19	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	
	페콘크리트 미제거	m ²	0.45	1	마감 미흡	

			
현 황	S09 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S05 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S29 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S10 천단부 콘크리트 들뜸
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량
대 책	주입보수	대 책	단면보수
			
현 황	S26 천단부 콘크리트 들뜸	현 황	S02 천단부 폐콘크리트 미제거
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	마감 미흡
대 책	단면보수	대 책	정비

【사진 2.3.2】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 기 손상은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 페콘크리트 미제거 손상은 시공이후 마감 미흡에 따른 현황으로, 손상부 탈락시 주행차량에 낙하우려가 있으므로 조치를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.3】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 망상균열과 국부적으로 콘크리트 들뜸 손상이 조사되었다. 또한, 금회 조사에서 라이닝에 망상균열이 추가 발생된 것으로 조사되었다.

【표 2.3.2】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	28.0	4	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	7.0	2	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	161.0	18	건조수축 및 온도변화	
	콘크리트 들뜸	m ²	0.15	2	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S03 측벽부 망상균열	현 황	S09 측벽부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S28 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S31 측벽부 들뜸
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	거푸집 조기탈형, 하단부 응력집중
대 책	표면처리	대 책	단면보수

【사진 2.3.4】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열 및 망상균열이며, 국부적으로 조인트부 들뜸 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.
- 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸은 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갭문

본 터널의 갭문은 시·중점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 2.3.5】 갭문 전경

① 조사결과

갭문 외관조사 결과, 기 점검이후 균열 손상에 대한 보수가 실시된 상태이며, 배수로는 일부 구간에 균열부 백태, 파손 손상이 조사되었다. 또한, 갭문 측면 점검계단은 하부 토사가 강우로 인한 침식으로 표층유실이 발생되었으며, 이로 인해 배수로 하단에 토사퇴적, 점검계단 유실이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 2.3.3】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	2	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	건조수축 및 온도변화	
	배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	1.0	1	건조수축 및 온도변화	

			
현 황	시점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	종점측 갯문 배수로 전경
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	—
대 책	표면처리	대 책	—
			
현 황	종점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	종점측 갯문 배수로 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수

【사진 2.3.6】 갯문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갯문의 경우 균열 및 배수로 균열 손상이 조사되었으며, 초기 건조수축 및 온도변화에 의한 것으로 판단되며, 손상 확대 방지를 위한 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 조사되었다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.7】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 사면의 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.4】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

갯문 주위 사면 상태는 양호한 상태이며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.8】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 기 점검이후 균열손상은 보수가 실시되었으며, 덮개 파손이 일부 조사되었다. 배수시설의 경우 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.3.5】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	덮개 파손, 박락	EA	2	2	공용중 외부충격	
	박락	m ²	0.03	1	외부 충격	



【사진 2.3.9】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 발생한 덮개 파손 및 박락 손상은 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 공동구는 점검자의 안전점검시 보도로서 활용하는 만큼 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하고, 박락 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시한다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 차량의 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 나란하게 종방향 타이닝을 시공한 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장패임 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.10】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 전반적으로 손상이 없는 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 경미한 들뜸 손상이 조사되었다.

【표 2.3.6】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	들뜸	m ²	0.02	1	공용년수 증가로 인한 재료열화	

현 황	포장부 전반적으로 상태양호	현 황	S36 포장부 갓길측 들뜸
원 인	—	원 인	공용년수 증가로 인한 재료열화
대 책	—	대 책	단면보수

【사진 2.3.11】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

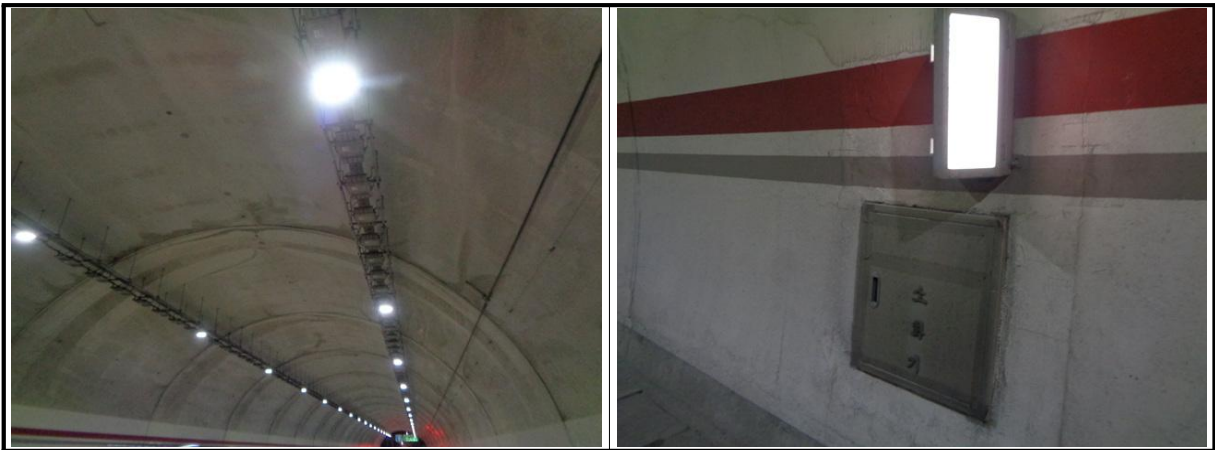
콘크리트 포장에 발생한 들뜸은 공용년수 증가로 인한 재료열화, 시공이음부 구간 시공미흡에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 범위는 경미하며, 시급한 보수보다는 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



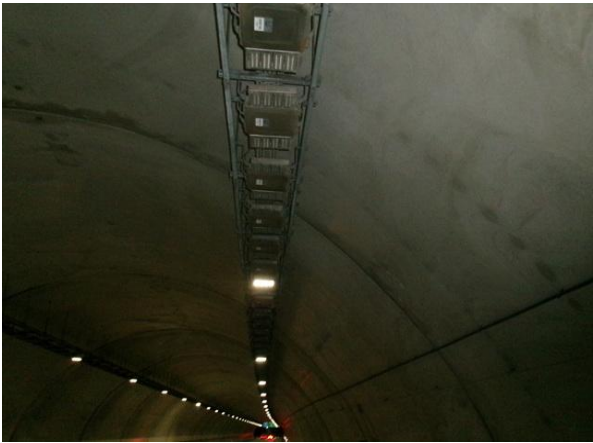
【사진 2.3.12】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 터널 내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 2.3.7】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	-	-	-	-	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

【사진 2.3.13】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.3.3 문산방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 350mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였으며, 라이닝 균열 및 누수여부, 박리, 박락, 철근노출, 배부름 및 변형 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



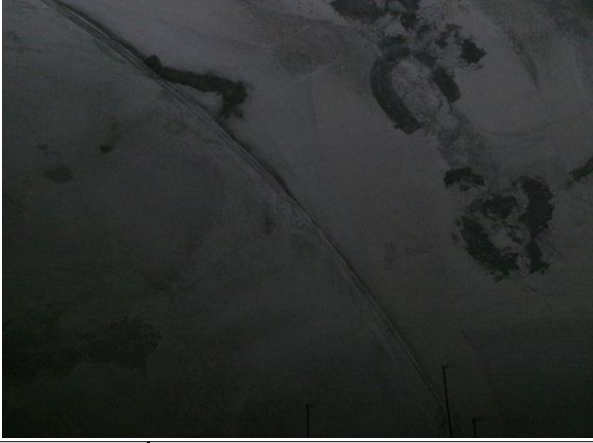
【사진 2.3.14】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 재균열(폭 0.3mm미만, 이상), 종점부 누수, 국부적으로 콘크리트 들뜸 손상이 조사되었다.

【표 2.3.8】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	77.0	9	건조수축 및 온도변화	
	백태, 누수흔적	m ²	0.63	5	균열부 우수유입, 우수흔적	
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	m ²	0.65	11	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	
	실링재 미시공	m	12.0	1	시공미흡	

			
현 황	S05 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S11 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S11 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S01 천단부 누수흔적
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	갱문주변 우수유입
대 책	단면보수	대 책	주의관찰 후 조치
			
현 황	S03 천단부 백태	현 황	S28 천단부 실링재 미시공
원 인	손상부 우수유입	원 인	시공 미흡
대 책	표면처리	대 책	실란트 재시공

【사진 2.3.15】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열이며, 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다.
- 백태, 누수흔적 손상은 손상부 우수유입이 원인인 것으로 판단되며, 백태 손상은 손상 확대방지를 위한 보수를 실시하고, 누수흔적 손상은 경미한 상태로, 시급한 보수보다는 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



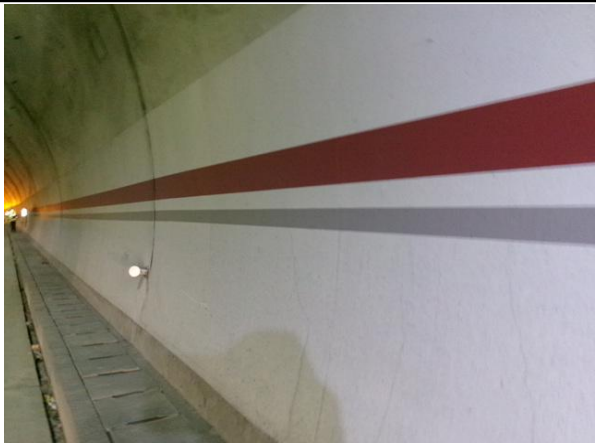
【사진 2.3.16】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부에 발생한 주요 손상은 망상균열이며, 국부적으로 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 백태, 긁힘, 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 2.3.9】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm이상)	m	2.0	1	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	594.0	33	건조수축 및 온도변화	
	균열부 백태	m ²	0.05	1	균열부 우수유입	
	긁힘	m ²	1.2	1	외부 충격	
	누수	EA	2	2	라이닝 내부 방수시트 국부손상	

			
현 황	S13 측벽부 망상균열	현 황	S16 측벽부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S28 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S27 측벽부 균열부 백태
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	균열부 우수유입
대 책	표면처리	대 책	표면처리

【사진 2.3.17】 라이닝 측벽부 손상현황

			
현 황	S27 측벽부 조인트부 누수	현 황	S28 측벽부 조인트부 누수
원 인	라이닝 내부 방수시트 국부손상	원 인	라이닝 내부 방수시트 국부손상
대 책	주의관찰	대 책	주의관찰

【사진 2.3.17】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 균열 및 망상균열 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부 발생한 균열부 백태는 라이닝에 발생한 균열부에 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부 하단에 발생한 누수손상은 스며있는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 지속적으로 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갯문

본 터널의 갯문은 시·종점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 2.3.18】 갯문 전경

① 조사결과

갯문 외관조사 결과, 기 점검이후 손상의 진전은 없는 대체로 양호한 상태이며, 시·중점측 갯문에서 일부 균열 손상이 확인되었다.

【표 2.3.10】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	6.0	3	건조수축 및 온도변화	

현 황	시점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	중점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	표면처리

【사진 2.3.19】 갯문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

개문의 경우 시·중점측 균열 손상이 발생하였으며, 시공초기 건조수축으로 인해 발생된 비 구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 판단된다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.20】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 2.3.11】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널 사면의 경우 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 2.3.21】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 균열 손상에 대한 보수가 실시되었으며, 일부 구간에서 파손이 조사되었다. 배수시설의 경우 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 2.3.12】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	파손	m ²	0.02	1	공용중 외부충격	

			
현 황	S12 공동구 파손	현 황	S08 공동구 상태양호
원 인	공용중 외부충격	원 인	-
대 책	단면보수	대 책	-

【사진 2.3.22】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구는 공용중 외부 충격 등에 의해 파손이 조사되었으며, 기 발생한 손상은 점검자의 안전사고 예방차원에서 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 수평하게 종방향 타이닝으로 시공된 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장패임 등에 중점을 두고 외관 조사를 실시하였다.



【사진 2.3.23】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 갓길측에 발생한 균열 손상은 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었으며, 그 외 균열, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 2.3.13】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	망상균열	m ²	4.0	1	건조수축 및 온도변화	
	파손	m ²	2.0	1	중차량 반복통행, 공용기간 증가	

현 황	S04 포장부 망상균열	현 황	S18 포장부 갓길측 파손
원 인	표면 건조수축, 지속적인 차량통행	원 인	공용기간 증가
대 책	표면처리	대 책	단면보수

【사진 2.3.24】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장에 발생한 망상균열, 파손 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 기 발생한 손상은 통과차량의 주행성 확보를 위해 보수가 필요하며, 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



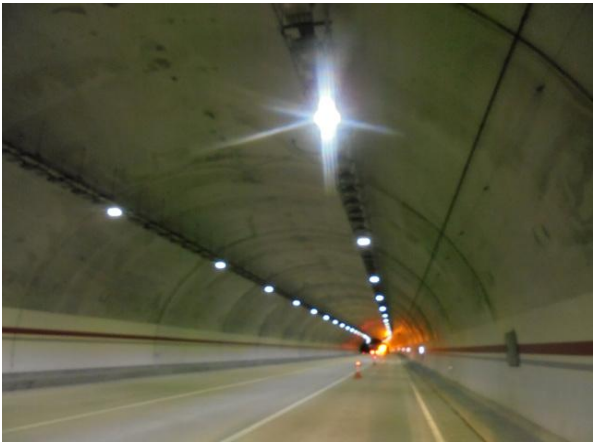
【사진 2.3.25】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 터널내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 2.3.14】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

【사진 2.3.26】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.3.4 외관조사 총괄표

가. 서울방향

【표 2.3.15】 서울방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	10.0	1	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	130.0	13	
	콘크리트 들뜸	m ²	1.69	19	
	폐콘크리트 미제거	m ²	0.45	1	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	28.0	4	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	7.0	2	
	망상균열	m ²	161.0	18	
	콘크리트 들뜸	m ²	0.15	2	
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	2	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)	m	1.0	1	
공동구	덜개 파손, 박락	EA	2	2	
	박락	m ²	0.03	1	
포장부	들뜸	m ²	0.02	1	

나. 문산방향

【표 2.3.16】 문산방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	77.0	9	
	백태, 누수흔적	m ²	0.63	5	
	조인트부 들뜸, 채들뜸, 박락	m ²	0.65	11	
	실링재 미시공	m	12.0	1	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	2.0	1	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	
	망상균열	m ²	594.0	33	
	균열부 백태	m ²	0.05	1	
	긁힘	m ²	1.2	1	
	누수	EA	2	2	
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	6.0	3	
공동구	파손	m ²	0.02	1	
포장부	망상균열	m ²	4.0	1	
	파손	m ²	2.0	1	

2.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

2.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 2.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

구분	분석방법	기준수량			실행수량
측점분할	—	5~20m 간격			
반발경도 시험	반발경도법	총수량 = (총연장 ÷ 300)개소	2개소	2개소	2개소
탄산화깊이 측정	페놀프탈레인법	총연장 1,000미만 = 2개소 총연장 1,000이상 최소 2개소 + 1,000m당 1개소 추가	2개소	2개소	2개소

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

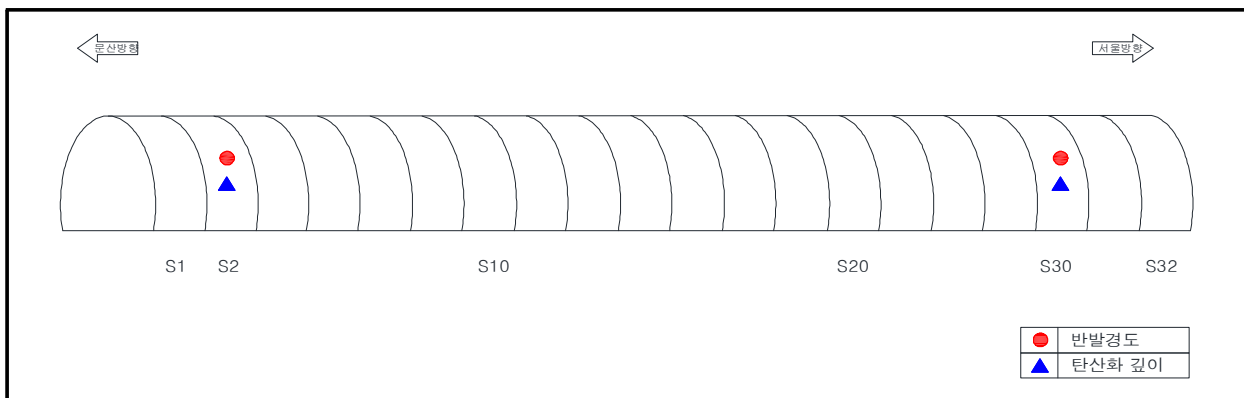
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 천단부 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 조사 사진

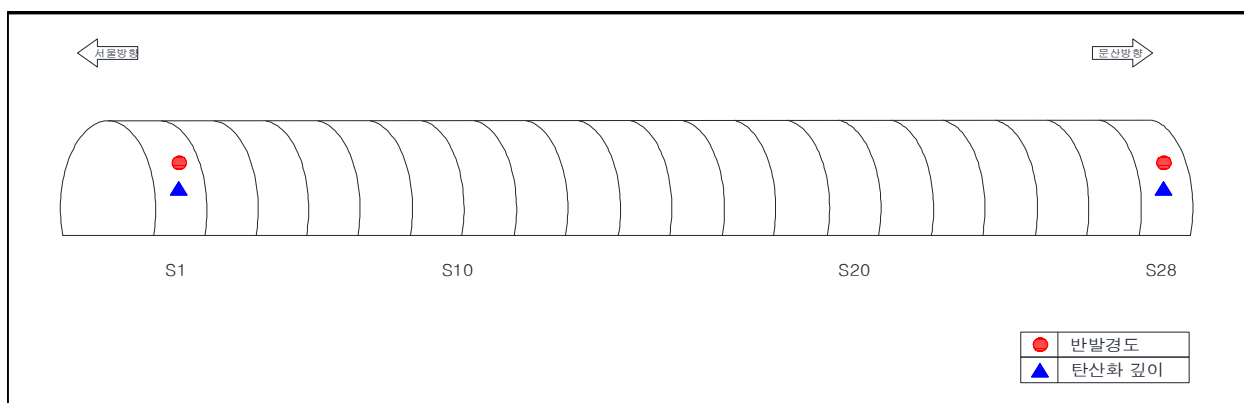


【사진 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울)



【그림 2.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산)

2.4.2 시험결과 및 분석

가. 서울방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 2.4.2】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S2 라이닝	45.3	26.4	28.3	0.67	24.0	
	S30 라이닝	44.8	26.1	28.0	0.67		
	평 균	44.4	26.3	28.2	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.3~28.2MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 2.4.3】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.3~28.2	24.0	109.5~117.7

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 2.4.4】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S2	2.0	60.0	58.0	1.41	100년이상	a
	S30	4.0	60.0	56.0	2.83	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 2.0mm~4.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 2.4.5】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	2.0~4.0	56.0~58.0	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 2.4.6】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S1 라이닝	45.5	26.6	28.4	0.67	24.0	
	S28 라이닝	44.4	25.7	27.8	0.67		
	평 균	45.0	26.2	28.1	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.2~28.1MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 2.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.2~28.1	24.0	109.2~117.1

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 2.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S1	2.5	60.0	57.5	1.77	100년이상	a
	S28	3.0	60.0	57.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 2.5~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 2.4.9】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	2.5~3.0	57.0~57.5	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.5 현장조사 및 시험 결과요약

2.5.1 서울방향

가. 외관조사 결과요약

【표 2.5.1】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	54.0	8	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	53.0	8	주입보수
	콘크리트 들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	1.69	19	단면보수
	폐콘크리트 미제거		마감 미흡	m ²	0.45	1	정비
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	28.0	4	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	7.0	2	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	161.0	18	표면보수
	콘크리트 들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 하단부 응력집중	m ²	0.15	2	단면보수
갯문	균열(cw=0.3mm미만)		건조수축 및 온도변화	m ²	4.0	2	표면보수
	균열(cw=0.3mm이상)		건조수축 및 온도변화	m ²	3.0	1	주입보수
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)		건조수축 및 온도변화	m ²	1.0	1	주입보수
공동구	덮개 파손		외부충격	EA	2	2	재설치
	박락		공용년수 증가로 인한 재료열화	m ²	0.03	1	단면보수
포장부	들뜸		공용년수 증가로 인한 재료열화	m ²	0.02	1	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 2.5.2】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
성라산 터널 (서울)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.3~28.2	fck=24.0	• 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		56.0~58.0 (잔여깊이)	a 등급	• 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

2.5.2 문산방향

가. 외관조사 결과요약

【표 2.5.4】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	9.0	1	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	77.0	9	주입보수
	백태, 누수흔적		균열부 우수유입, 우수흔적	m ²	0.63	5	표면보수
	조인트부 들뜸, 채들뜸, 박락		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.65	11	단면보수
	실링재 미시공		시공미흡	m	12.0	1	실링
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	2.0	1	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	3.0	1	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	594.0	33	표면보수
	균열부 백태		균열부 우수유입	m ²	0.05	1	표면보수
	긁힘		외부 충격	m ²	1.2	1	단면보수
	누수		라이닝 내부 방수시트 국부손상	EA	2	2	주의관찰
갯문	균열(cw=0.3mm미만)		건조수축 및 온도변화	m	6.0	3	표면보수
공동구	파손		공용중 외부충격	m ²	0.02	1	단면보수
포장부	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	4.0	1	표면보수
	파손		중차량 반복통행, 공용기간 증가	m ²	2.0	1	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 2.5.5】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
성라산 터널 (문산)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.2~28.1	fck=24.0	• 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		57.0~57.5 (잔여깊이)	a 등급	• 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

2.6 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

2.6.1 상태평가 등급산정

가. 서울방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스판 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 2.6.1】 서울방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
성라산터널 (서울)	NATM(철근)	S01~S07, S17~S32	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S08~S16	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S1~S3	b	a	a	a	a	b	a	a	a	4	a
S4~S5	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S6~S7	d	a	a	a	b	a	a	a	—	8	b

【표 2.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
S17~S19	c	a	a	a	b	a	a	a	—	6	b
S20~S22	b	a	b	a	a	a	a	a	—	4	a
S23~S25	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S26~S28	b	a	b	a	a	a	a	a	—	4	a
S29~S32	c	a	b	a	b	a	a	a	a	6	b

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.6.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
S8~S10	c	a	b	a	b	a	a	7	b
S11~S13	c	a	a	a	b	a	a	7	b
S14~S16	c	a	b	a	b	a	a	7	b

나. 문산방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스팬 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 2.6.4】 문산방향 구간현황

구분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
성라산터널 (문산)	NATM(철근)	S01~S04, S16~S28	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S05~S15	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.6.5】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
S1~S2	a	a	b	a	a	a	a	a	a	0	a
S3~S4	b	a	a	a	a	b	a	a	—	4	a
S16~S18	c	a	b	a	b	a	a	a	—	8	b
S19~S21	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S22~S24	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
S25~S26	b	a	b	a	b	a	a	a	—	4	a
S27~S28	b	a	a	a	a	a	a	a	a	4	a

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 2.6.6】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
S5~S7	c	a	b	a	b	a	a	6	b
S8~S10	c	a	b	a	b	a	a	7	b
S11~S13	b	a	a	a	b	a	a	4	a
S14~S15	c	a	a	a	a	a	a	7	b

2.6.2 상태평가 결과

가. 서울방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
23	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	7.000
															0.163

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
9	7.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	9.000
													0.265

3) 터널 상태평가 결과

성라산터널(서울)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.163	178.5	0.697	0.194	B
무근콘크리트	0.265	77.5	0.303		

나. 문산방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
17	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	6.000
															0.140

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
11	6.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	8.000
													0.235

3) 터널 상태평가 결과

성라산터널(문산)					
구조물	구간별 결합지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결합점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.140	145.0	0.604	0.177	B
무근콘크리트	0.235	95.0	0.396		

2.6.3 상태평가 결과요약

본 과업대상은 초기점검 이후로 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 현장조사 및 시험을 토대로 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편(2021.12)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 산출하였다.

가. 서울방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.194로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.177로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

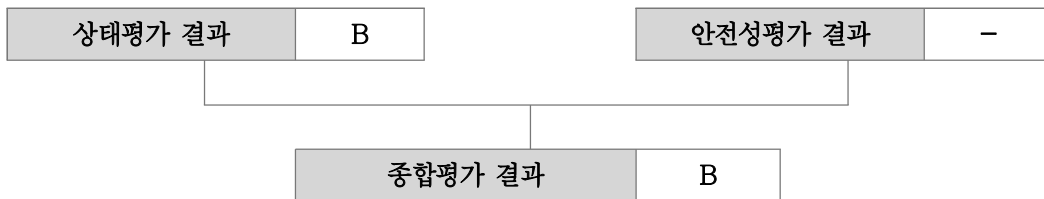
- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2.7 종합평가 및 안전등급 지정

2.7.1 종합평가 결과

가. 서울방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하였으며, 그 다음과 같다.

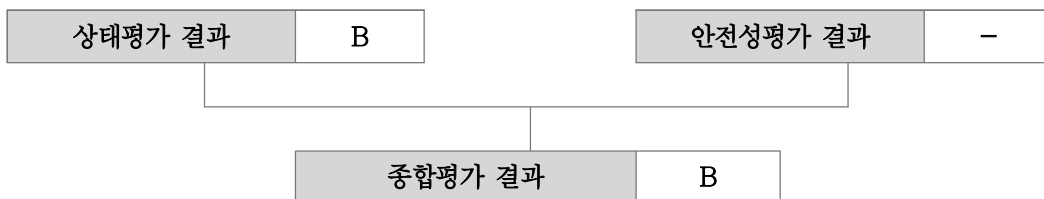


【그림 2.7.1】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

나. 문산방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하였으며, 그 다음과 같다.



【그림 2.7.2】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

2.7.2 안전등급 지정

가. 서울방향

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

【표 2.7.1】 서울방향 안전등급 지정

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

나. 문산방향

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

【표 2.7.2】 문산방향 안전등급 지정

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

2.8 보수·보강 및 유지관리방안

2.8.1 보수·보강 방안

가. 서울방향

【표 2.8.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	10.0	1	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	130.0	13	주입보수	하자
	콘크리트 들뜸	m ²	1.69	19	단면보수	하자
	폐콘크리트 미제거	m ²	0.45	1	정비	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	28.0	4	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	7.0	2	주입보수	하자
	망상균열	m ²	161.0	18	표면보수	하자
	콘크리트 들뜸	m ²	0.15	2	단면보수	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	2	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	주입보수	하자
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)	m	1.0	1	주입보수	하자
공동구	덮개 파손, 박락	EA	2	2	재시공	하자
	박락	m ²	0.03	1	단면보수	하자
포장부	들뜸	m ²	0.02	1	단면보수	하자

나. 문산방향

【표 2.8.2】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	77.0	9	주입보수	하자
	백태, 누수흔적	m ²	0.63	5	표면보수	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	m ²	0.65	11	단면보수	하자
	실링재 미시공	m	12.0	1	실란트 재시공	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	2.0	1	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3.0	1	주입보수	하자
	망상균열	m ²	594.0	33	표면보수	하자
	균열부 백태	m ²	0.05	1	표면보수	하자
	긁힘	m ²	1.2	1	단면보수	하자
	누수	EA	2	2	주의관찰	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	6.0	3	표면보수	하자
공동구	파손	m ²	0.02	1	단면보수	하자
포장부	망상균열	m ²	4.0	1	표면보수	하자
	파손	m ²	2.0	1	단면보수	하자

2.8.2 개략공사비

가. 서울방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 2.8.3】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	10.0	3.75	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	130.0	195.00	m	—	—	하자
	콘크리트 들뜸	단면보수	1.69	2.54	m²	—	—	하자
	폐콘크리트 미제거	정비	0.45	0.68	m²	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	28.0	10.50	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	7.0	10.50	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	161.0	241.50	m²	—	—	하자
	콘크리트 들뜸	단면보수	0.15	0.22	m²	—	—	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	4.0	1.50	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	3.0	4.50	m	—	—	하자
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	1.0	1.50	m	—	—	하자
공동구	덮개 파손, 박락	채시공	2	3.00	EA	—	—	하자
	박락	단면보수	0.03	6	m²	—	—	하자
포장부	들뜸	단면보수	0.02	0.03	m²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비에서 제외함.

나. 문산방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 2.8.4】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	9.0	13.50	m	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	77.0	115.50	m	—	—	하자
	백태, 누수흔적	표면보수	0.63	0.95	m ²	—	—	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	단면보수	0.65	0.98	m ²	—	—	하자
	실링재 미시공	실란트 채시공	12.0	18.00	m	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	2.0	0.75	m ²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	3.0	4.5	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	594.0	891.0	m ²	—	—	하자
	균열부 백태	표면보수	0.05	0.08	m ²	—	—	하자
	긁힘	단면보수	1.2	1.80	m ²	—	—	하자
	누수	주의관찰	2	3.00	EA	—	—	하자
갹문	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	6.0	2.25	m ²	—	—	하자
공동구	파손	단면보수	0.02	0.03	m ²	—	—	하자
포장부	망상균열	표면보수	4.0	6.00	m ²	—	—	하자
	파손	단면보수	2.0	3.00	m ²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 급회 개략공사비에서 제외함.

2.8.3 유지관리방안

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

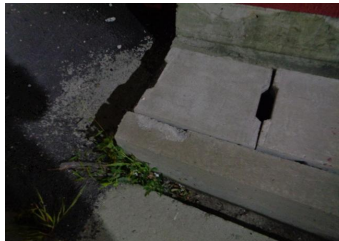
가. 서울방향

【표 2.8.5】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 재균열 •조인트부 들뜸, 박락 •페콘크리트 미제거	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •콘크리트 들뜸	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•균열, 배수로 균열	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
공동구	•덮개 파손, 박락 •파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 들뜸	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

나. 문산방향

【표 2.8.6】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열 •조인트부 들뜸, 박락 •백태, 누수흔적 •실링재 미시공	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •균열부 백태 •굽힘 •누수	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•균열	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
공동구	•파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 망상균열 •파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

2.9 종합결론

본 시설물은 경기도 덕양구 성사동에 위치하며 연장 240.0m(서울), 257.0m(문산), 폭 13.0m, 높이 7.4m의 터널로, 종단선형은 약 2.4.% 경사를 이루고 있다. 터널본선은 NATM으로 시공된 난형식의 터널로서, 시·중점측 갱문형식은 면벽식으로 시공되었고, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 1종 터널시설물이다. 금회 정밀안전점검에서 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

2.9.1 서울방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 기 손상은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 미제거 손상은 시공이후 마감 미흡에 따른 현황으로, 손상부 탈락시 주행차량에 낙하우려가 있으므로 조치를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열 및 망상균열이며, 국부적으로 조인트부 들뜸 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸은 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

2) 갱문

- 갱문의 경우 균열 및 배수로 균열 손상이 조사되었으며, 초기 건조수축 및 온도변화에 의한 것으로 판단되며, 손상 확대 방지를 위한 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구에 발생한 덮개 파손 및 박락 손상은 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 공동구는 점검자의 안전점검시 보도로서 활용하는 만큼 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하고, 박락 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시한다.

5) 포장면

- 콘크리트 포장에 발생한 들뜸은 공용년수 증가로 인한 재료열화, 시공이음부 구간 시공미흡에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상의 범위는 경미하며, 시급한 보수보다는 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.3~28.2MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 2.0mm~4.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급”으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.194 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 성라산터널(서울)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.

- ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 성라산터널(서울)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 성라산터널(서울)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.9.2 문산방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열이며, 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다. 백태, 누수흔적 손상은 손상부 우수유입이 원인인 것으로 판단되며, 백태 손상은 손상 확대방지를 위한 보수를 실시하고, 누수흔적 손상은 경미한 상태로, 시급한 보수보다는 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부에 발생한 균열 및 망상균열 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 측벽부 발생한 균열부 백태는 라이닝에 발생한 균열부에 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 측벽부 하단에 발생한 누수손상은 스며있는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 지속적으로 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

2) 갯문

- 갯문의 경우 시·종점측 균열 손상이 발생하였으며, 시공초기 건조수축으로 인해 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요하다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구는 공용중 외부 충격 등에 의해 파손이 조사되었으며, 기 발생한 손상은 점검자의 안전사고 예방차원에서 보수가 필요하다.

5) 포장면

- 크리트 포장에 발생한 망상균열, 파손 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 기 발생한 손상은 통과차량의 주행성 확보를 위해 보수가 필요하며, 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.2~28.1MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 2.5~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급”으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.177 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 성라산터널(문산)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.

- ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 성라산터널(문산)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 성라산터널(문산)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.9.3 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

2.9.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3.

견달산터널(서울,문산)

3.1 시설물 개요

3.2 자료수집 및 분석

3.3 현장조사

3.4 콘크리트 내구성 조사

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.6 상태평가

3.7 종합평가 및 안전등급 지정

3.8 보수·보강 및 유지관리 방안

3.9 종합결론

3. 견달산터널(서울,문산)

3.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동에 위치한 1종 터널시설물로서, 총 연장 308.0m(서울), 303.0m(문산), 폭 13.0m, 높이 7.4m로 시공되어 있다.

3.1.1 일반사항

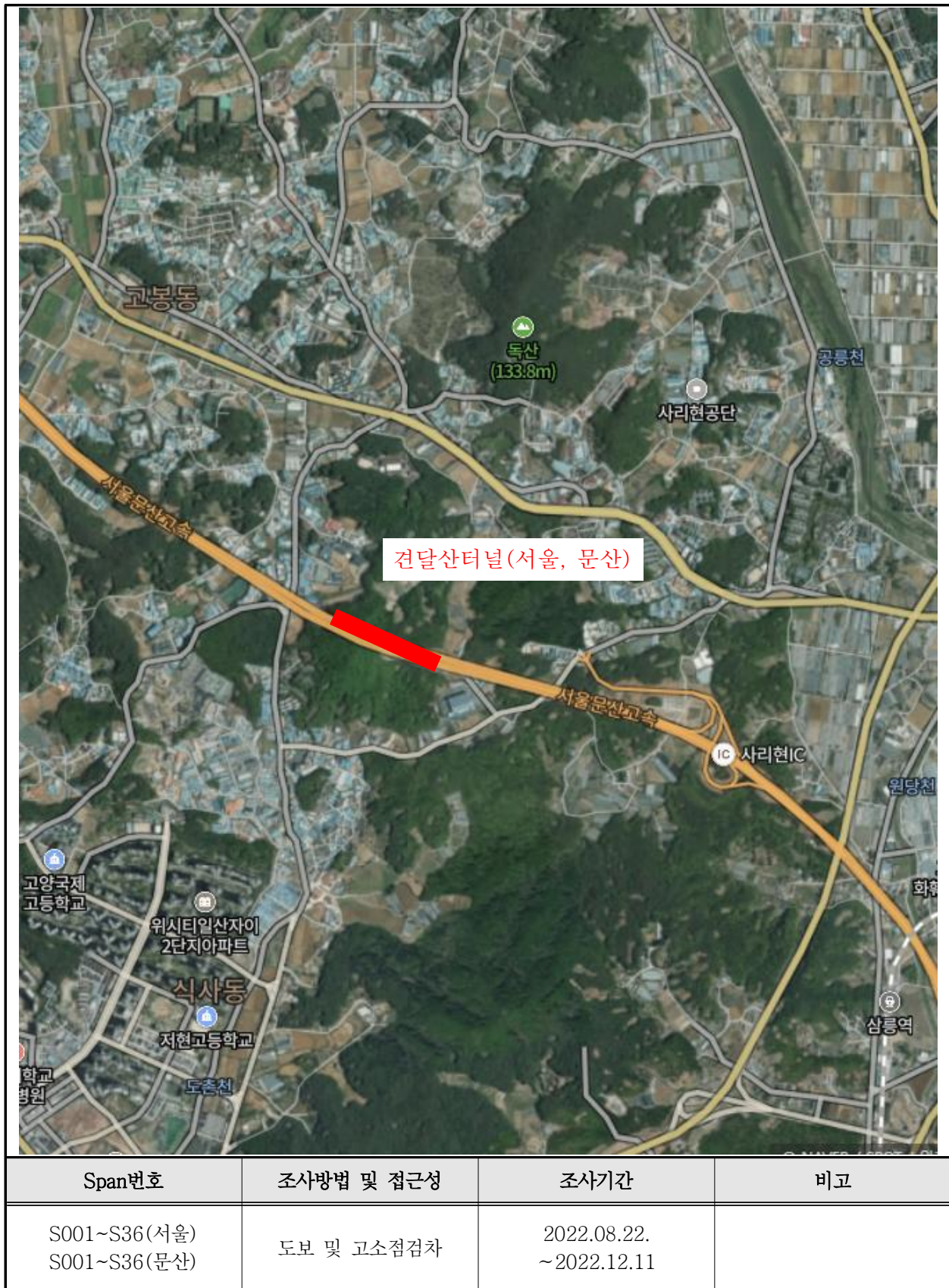
【표 3.1.1】 견달산터널(서울) 일반사항

시설물명	견달산터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000043
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 고양시 일산동구 문봉동 산 28-10 종점 : 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-56		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	308.0m	설 계 사	(주)신성엔지니어링
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	동남이엔씨
종단기울기	2.040%	주요공법	개착 + NATM
평균선형	R=2,025m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	갱문형식	면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

【표 3.1.2】견달산터널(문산) 일반사항

시설물명	견달산터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000044
노선명	고속국도 17호선	관리번호	—
위 치	시점 : 경기도 고양시 일산동구 문봉동 산 28-10 종점 : 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-56		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	3차선	환기방식	자연환기
연 장	303.0m	설 계 사	(주)신성엔지니어링
내공단면	폭 : 13.0m, 높이 7.4m	시 공 사	지에스건설(주)
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	동남이엔씨
종단기울기	2.040%	주요공법	개착 + NATM
평균선형	R=2,000m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	—	갱문형식	면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

3.1.2 위치도 및 전경사진



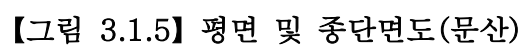
【그림 3.1.1】 위치도

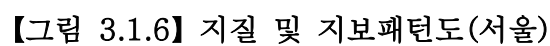
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

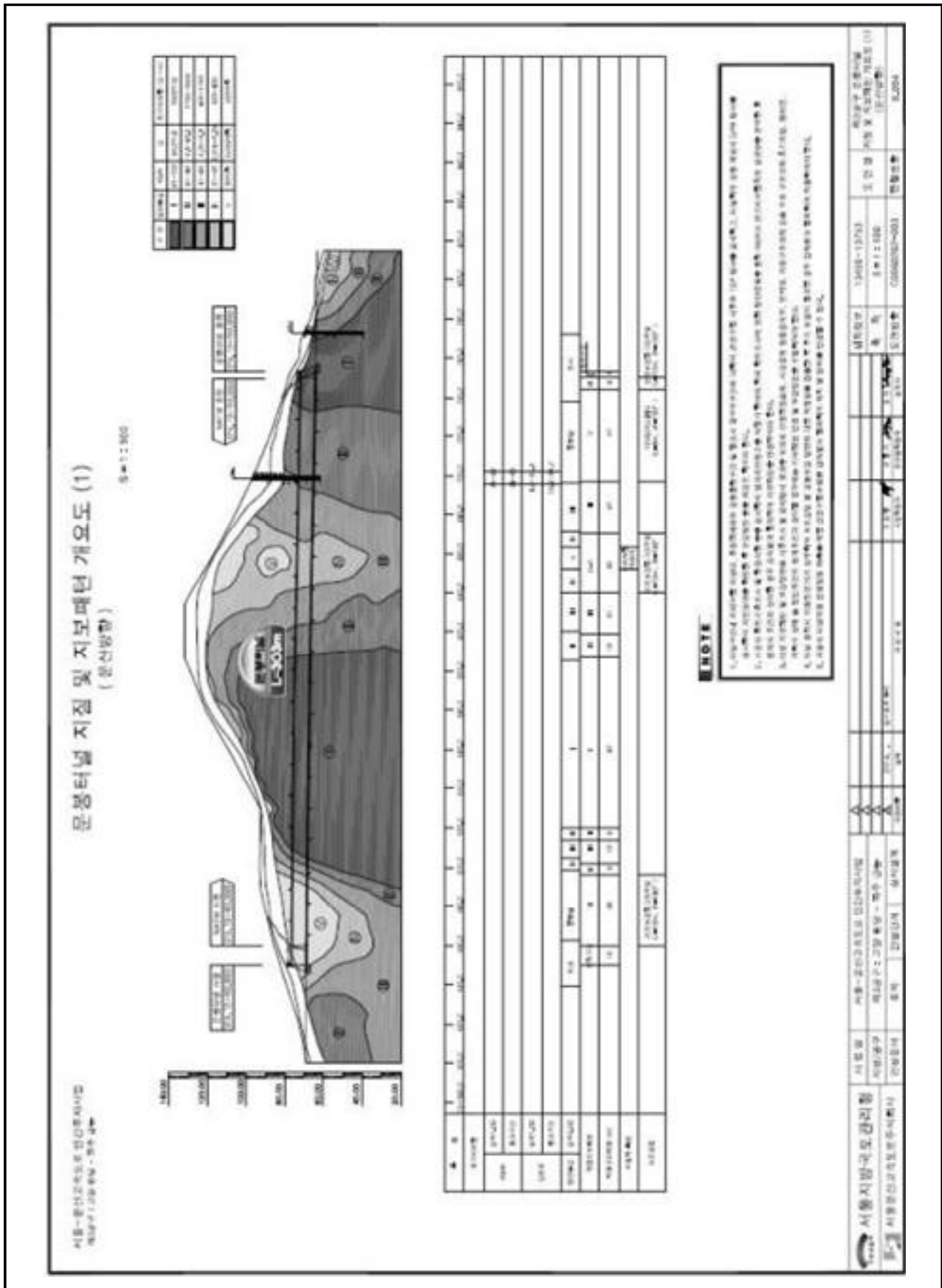
【그림 3.1.2】 부재별 현황(서울)

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

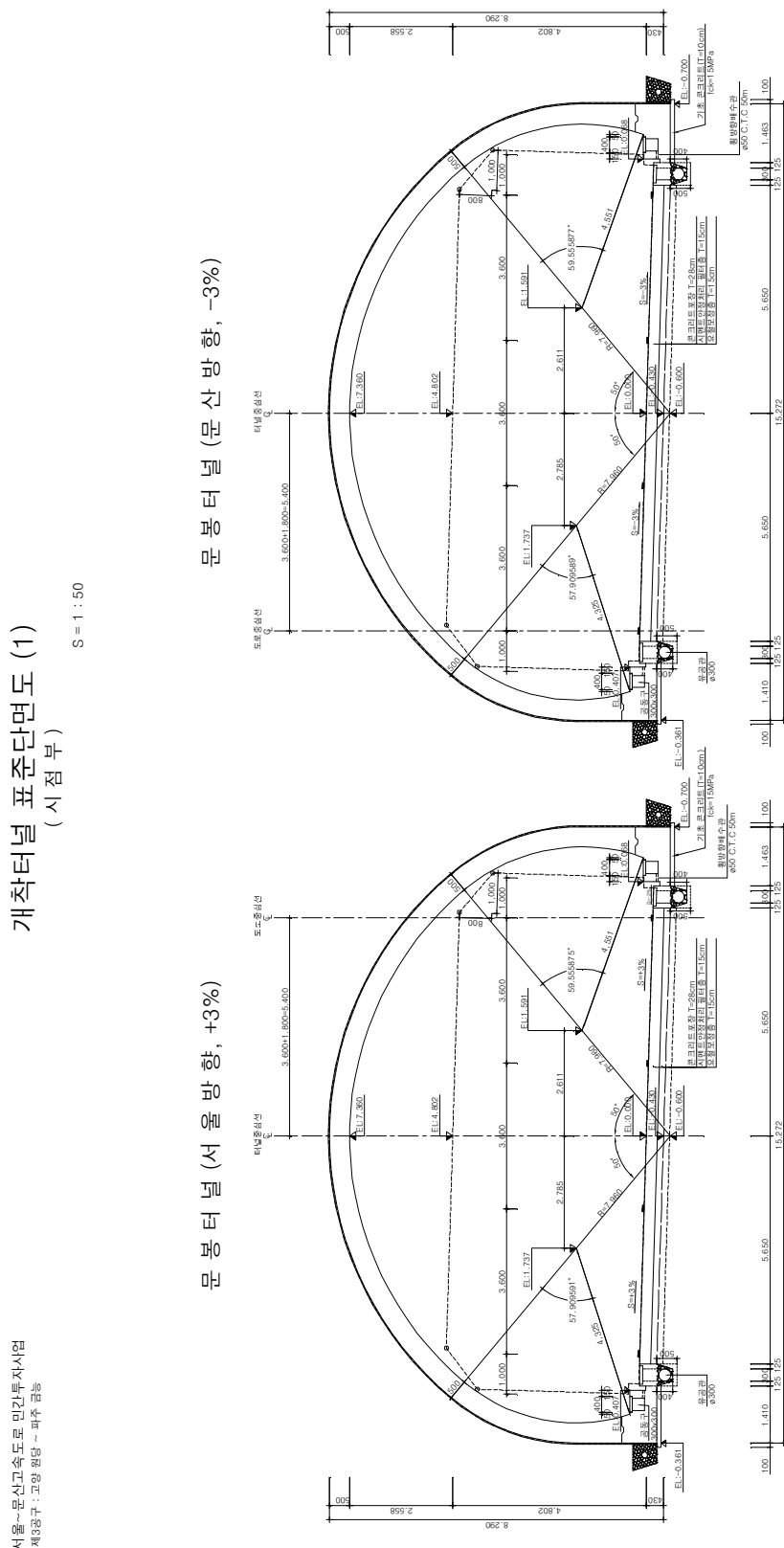
【그림 3.1.3】 부재별 현황(문산)



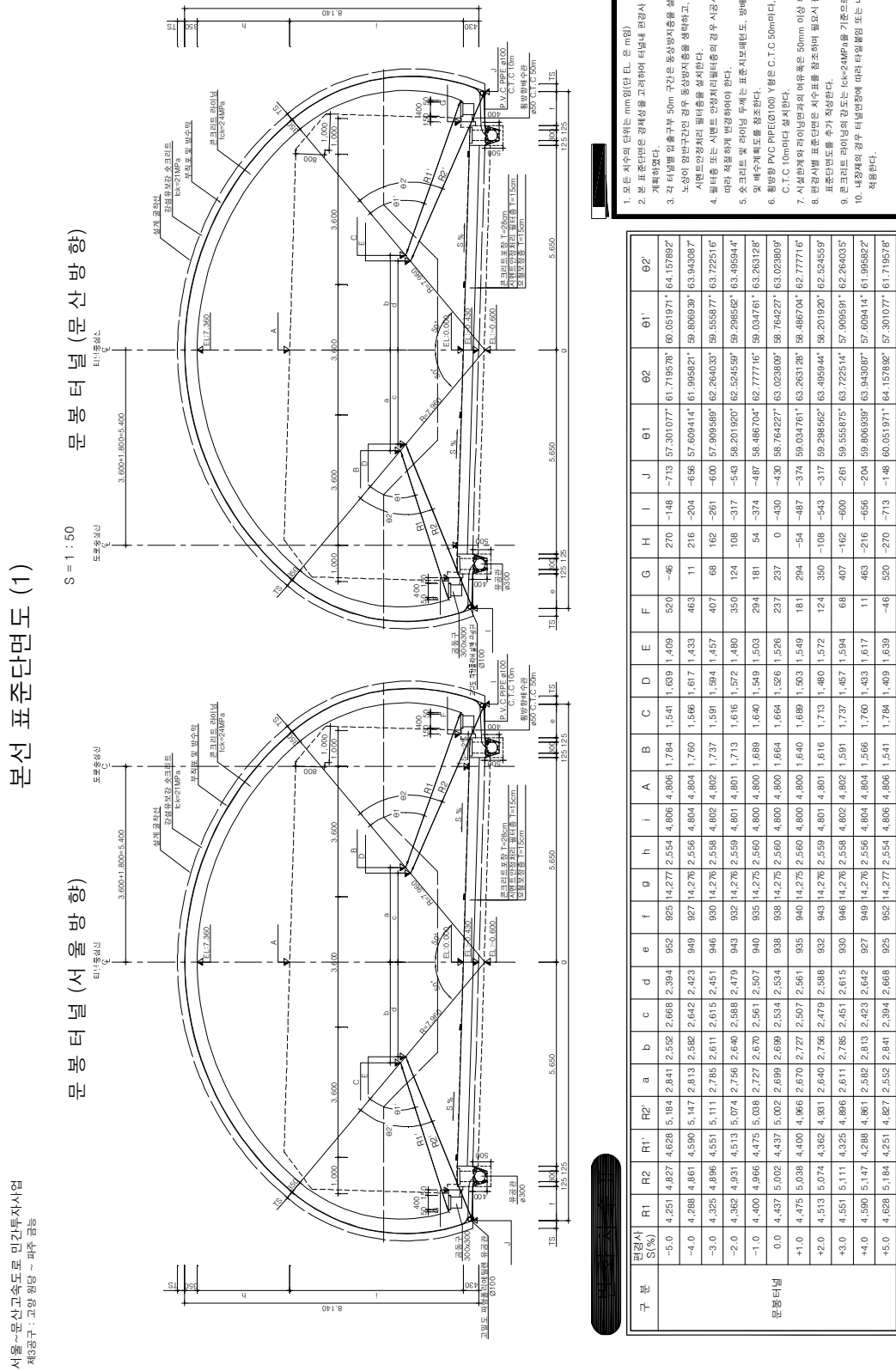




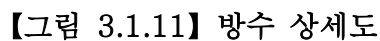
【그림 3.1.7】 평면 및 종단면도(문산)



【그림 3.1.8】 개착터널 표준단면도(시점부)



【그림 3.1.9】 본선 표준단면도



3.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울문산고속도로 민간투자산업 건설공사 3공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

3.2.1 설계자료 검토

가. 지반 시추조사

시추조사는 지표로부터 지하 깊은 곳을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 시험공을 굴진하여 지반의 성상을 조사하고, 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료를 제공하기 위한 목적으로 실시된다. 시추조사는 노선구간에 대하여 지반의 수직적 특성 즉, 지층의 성층상태와 각 지층의 지반 공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도, 절리간격 등을 파악하며, 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 표준관입시험을 한국산업규격(KS F2307)에 의거 연속성 있게 실시하였으며, 코어 회수율을 높여 정확한 암질상태를 파악하기 위하여 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit를 사용하였다. 채취된 암석 코어는 육안관찰에 의하여 암석 내에 분포된 불연속면 즉, 절리와 절리면의 충전물 등을 파악하고 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추 주상도에 기재하였다. 지하수위의 측정은 지하수체(Ground Water Body) 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면의 위치를 지표면과 일정한 기준면으로부터의 수직거리로 구하였다.

【표 3.2.1】 시추작업 장비

시추작업 전경(BH-30)	시추작업 전경(BH-234)
	

나. 기본 설계자료 분석

- ① 분포지층 : 표토층(붕적층), 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암, 경암
- ② 붕적층
 - 최상부층으로 지표하 0.3~7.5m 층후로 분포
 - 담갈색~암갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성
 - 습윤한 상태이며, 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
- ③ 풍화토
 - 지표하 0.3~7.5m에서 2.2~6.7m 층후로 분포하며 암편섞인 실트질 모래로 구성
 - 습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
- ④ 풍화암
 - 지표하 6.5~9.7m에서 0.6~6.8m 층후로 분포
 - 암갈색~담갈색이며 편마암의 하부풍화대로 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
 - 습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도
- ⑤ 연암
 - 지표하 4.8m에서 1.7m 층후로 분포
 - 암회색~암청색의 편마암으로 구성
 - TCR=100%, RQD=37%로 불량한 암질 상태
 - 매우심한풍화~보통풍화, 매우약함~보통강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
- ⑥ 보통암
 - 지표하 6.5~22.0m에서 3.0~9.0m 이상 층후로 분포
 - TCR=100%, RQD=40~60%로 보통의 암질 상태
 - BH-179공에서 일부 단층활면이 관찰되기도 함
 - 보통풍화~약간풍화, 보통강함~강함, 매우심한균열~약간균열의 상태
- ⑦ 경암
 - 지표하 7.6~19.0m에서 10.0~15.0m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성
 - TCR=100%, RQD=68~100%로 양호~매우양호한 암질 상태
 - 보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 매우심한균열~괴상의 상태

다. 지형 및 지질

1) 지질 개요

사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 열리상화강암이 분포하고 있다. 또한, 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적은 상태이다.

2) 지형특성

과업노선의 산계는 영주산-고봉산-왕릉산-월룡산을 잇는 북북서방향의 산능이 발달되어 있으며, 공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월룡산 등 비교적 고산능이 발달되어 있다. 수계는 사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천과 공릉천, 문산천이 분포하였다. 창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입된다.

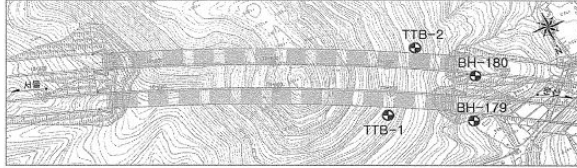
3) 분포암종 특성

구 분	지질특성
흑운모 편마암	· 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음 → 편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로 강도는 강하고 변형이 적음 · 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편리가 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임
화강암	· 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입 · 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성 변형에 가까운 변형 특성을 보임

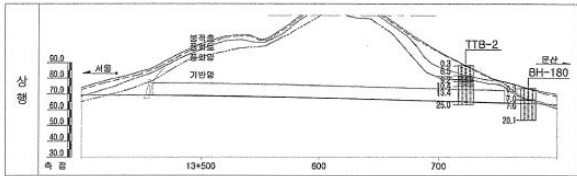
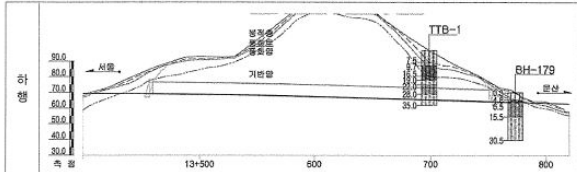
라. 지반조사보고서

○ 문봉터널(BH-179, 180, 제3차 공고 : TTB-1, 2)

■ 조사위치 및 지층단면도



• 문봉터널 시점부 및 종단부 구간은 민원 및 급경사 지역으로 조사 불가 → 시공 중 조사 계획 수립



■ 지층상태

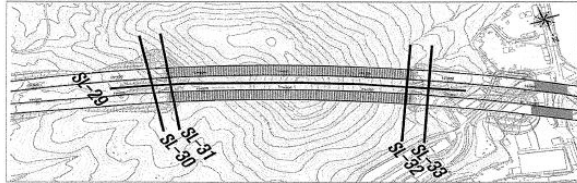
구 분	출현심도(m)	층 두(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
봉 적 층	0.0	0.3~7.5	실트질 모래	16/30~50/30
풍 화 토	0.3~7.5	2.2~6.7	실트질 모래	10/30~50/12
풍 화 암	6.5~9.7	0.6~6.8	실트질 모래	50/10~50/4
연 암	4.8	1.7	편마암	100%/37%

3.1 탄성파탐사

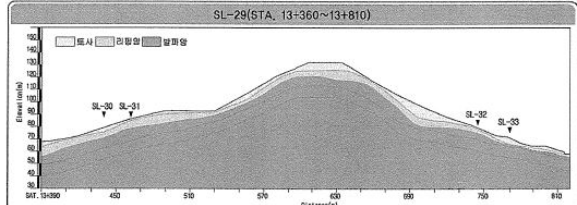
3.1.1 터널구간

○ 문봉터널

■ 탐사위치도



■ 종단 탐사결과



구 분	탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 두(m)	평균(m)
토 사	700 이하	0.0~10.0	0.3~10.0	2.9
리핑암(풍화암)	700~1,200	0.3~16.5	0.3~8.4	4.9
연 암	1,200~1,900	3.3~19.0	1.0~11.7	6.5
보통암	1,900~2,900	6.4~28.0	9.0~9.1	9.0
경 암	2,900 이상	13.1 이상	-	-

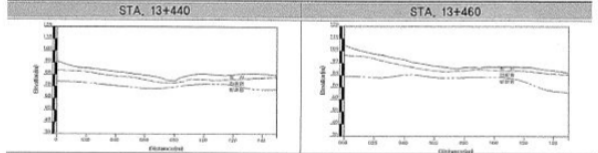
■ 분석결과

- 터널 시·종단부에 비하여 터널 중앙부로부터 갈수록 리핑암 또는 발파암이 지표에 노출되는 경향을 보임
- 토사층(제1속도층) 층두는 0.3~10.0m(평균 2.9m), 리핑암(제2속도층) 층두는 0.3~8.4m(평균 4.9m), 발파암은 3.3~19.0m 이상에서 나타남 것으로 예상됨
- 터널 종단부의 시추조사 결과와 비교하였을 때 탄성파 탐사 결과와 일치하는 것으로 확인됨

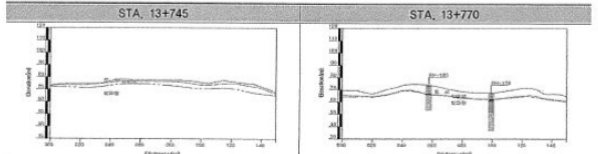
구 분	출현심도(m)	층 두(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
보 통 암	6.5~22.0	3.0~9.0	편마암	100%/40~60%
경 암	7.6~19.0	10.0~15.0	편마암	100%/68~100%

구 분	지 층 계 요
봉 적 층	• 최상부층으로 지표하 0.3~7.5m 층두로 분포 • 담갈색~임갈색의 자갈석인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 보통조일~매우조밀한 상태임
풍 화 토	• 지표하 0.3~7.5m에서 2.2~6.7m 층두로 분포하며 암편상인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상태임
풍 화 암	• 지표하 6.5~9.7m에서 0.6~6.8m 층두로 분포 • 담갈색~임갈색이며 편마암의 하부층화되어 암편이 협재된 실트질 모래로 분해 • 습윤한 상태이며, 매우조밀한 상태임
연 암	• 지표하 4.8m에서 1.7m 층두로 분포 • 암회색~암청색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100/37%로 불량한 암질 상태 • 매우심한풍화~보통풍화, 매우약한~보통강한, 매우심한균열~보통균열의 상태
보 통 암	• 지표하 6.5~22.0m에서 3.0~9.0m 층두로 분포 • TCR/RQD는 100/40~60%로 보통의 암질 상태 • BH-179공에서 일부 단층면이 관찰되기도 함 • 보통풍화~약간풍화, 보통강함~강함, 매우심한균열~약간균열의 상태
경 암	• 지표하 7.6~19.0m에서 10.0~15.0m 이상 층두로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100/68~100%로 양호~매우양호의 암질 상태 • 보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 매우심한균열~과산의 상태

■ 시점부 횡단

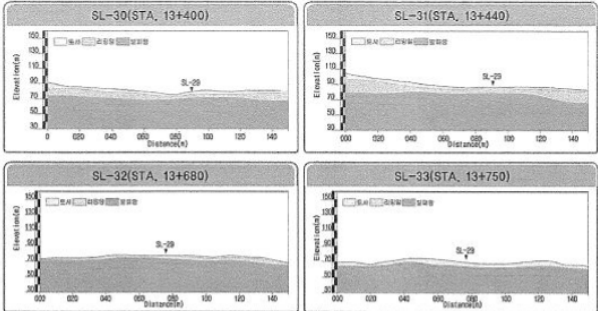


■ 종점부 횡단



- 문봉터널은 전체적으로 토사층이 균일하게 분포하지만 시점부에서 종점부로 갈수록 깊어지는 경향을 보임
- 터널통과구간은 기반암으로 분포가 되며 위치 및 지형에 따라 불규칙한 암질상태

■ 횡단 탐사결과



구 분	탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 두(m)	평균(m)
토 사	700 이하	0.0~7.8	1.8~7.8	3.8
리핑암(풍화암)	700~1,200	1.3~17.1	3.4~10.3	7.0
발 연 암	1,200~1,900	5.5~26.5	5.4~12.6	8.5
파 보통암	1,900~2,900	12.5~35.5	9.0~9.1	9.0
암 경 암	2,900 이상	21.5 이상	-	-
토 사	700 이하	0.0~8.7	1.5~8.7	3.6
리핑암(풍화암)	700~1,200	1.5~25.8	5.2~17.2	9.5
발 연 암	1,200~1,900	7.6~30.0	4.2~14.2	8.2
파 보통암	1,900~2,900	15.2~39.1	8.9~9.1	9.0
암 경 암	2,900 이상	24.3 이상	-	-
토 사	700 이하	0.6~2.7	0.3~2.7	1.2
리핑암(풍화암)	700~1,200	0.3~6.3	0.8~5.0	3.0
발 연 암	1,200~1,900	1.3~13.5	3.3~6.5	4.6
파 보통암	1,900~2,900	5.1~22.5	9.0~9.1	9.0
암 경 암	2,900 이상	14.2 이상	-	-
토 사	700 이하	0.0~7.0	2.1~7.0	4.7
리핑암(풍화암)	700~1,200	2.1~7.4	0.1~1.2	0.5
발 연 암	1,200~1,900	2.5~9.9	0.4~3.7	1.9
파 보통암	1,900~2,900	4.2~18.9	1.3~9.2	6.3
암 경 암	2,900 이상	7.7 이상	-	-

■ 분석결과

- 토사층(제1속도층) 평균 층두는 1.2~4.7m, 리핑암(제2속도층)은 0.5~9.5m, 발파암은 지표하 1.3~7.6m 이후에 출현함
- SL-33(STA. 13+750)를 제외하고, SL-30~32(STA.13+400, 440, 680) 탐사 축선은 토사, 리핑암, 발파암(연암, 보통암, 경암)순으로 지반선과 평행하게 속도층이 분포하는 것으로 확인됨
- SL-33(STA. 13+750)지점의 리핑암이 타 탐사 지점에 비해 상대적으로 얇게 분포함

2.1 터널구간 성과분석

2.1.1 터널구간 일반분류

○ RMR에 의한 일반분류

구성요소	산정식	범위	지반등급	Output
- 점하중지수 (Isu) - RQD - 불연속면의 간격 (Js) - 불연속면의 상태 (Jc) - 지하수 조건 (Jw) - 불연속면의 방향 (Ja)	$Isu + RQD + Js + Jc + Jw + Ja$	0~100	Very Poor ~Very Good	- 지보하중 (P) = (100-RMR)/100 × γ × B - 한지변형계수(E_m) = 2 × RMR - 100 - 절삭력, 내부마찰각 - 터널폭에 따른 지압시간

■ 일반등급기준

평정합계	81~100	61~80	41~60	21~40	20 이하
등급/평가	I/매우양호	II/양호	III/보통	IV/불량	V/매우불량

■ RMR 일반등급의 공학적 의미

구분	I등급	II등급	III등급	IV등급	V등급
평정합계	81~100	61~80	41~60	21~40	20 이하
평가	매우 양호 (Very Good)	양 호 (Good)	보 통 (Fair)	불 량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)
자립시간	15m당 10년	10m당 1년	5m당 1주일	2.5m당 10시간	1.0m당 30분
절삭력(kPa)	400 이상	300~400	200~300	100~200	100 이하
마찰 각(°)	45 이상	35~45	25~35	15~25	15 이하

■ 분류결과

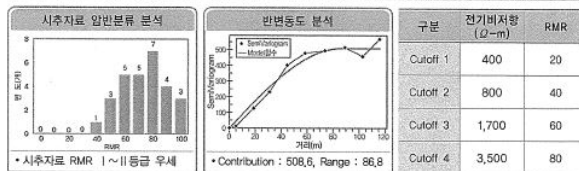
공번	구분	분류구간 (G.L.~m)	점하중지수 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (mm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급
BH-179	하부ID	5.7~20.7	2.09~5.62	37~79	10~800	15~27	Wet~Damp	유리	43~72
			7~12	8~17	8				III~II
BH-180	하부ID	9.4~20.1	4.46~6.4	76~100	30~1300	17~30	Wet~Damp	유리	59~90
			12	17~20	8~15				III~I

* 터널 하부1.0D 구간 분석결과 I ~ III등급으로 매우양호~보통양호한 암질상태

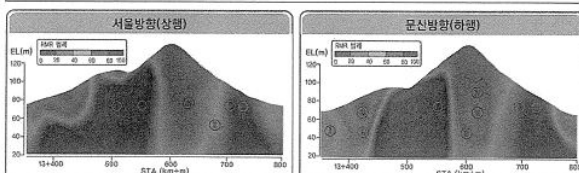
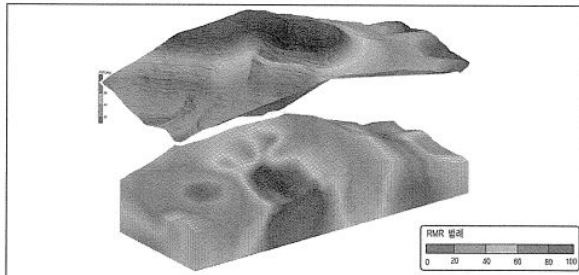
○ 문봉터널 3차원 일반등급 산정

■ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

- RMR, Q분류 등 일반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함



■ 터널구간 일반등급도 분석



- 서울방향의 일반등급은 I ~ IV등급으로 이루어져 STA.13+580~650지점은 불량한 암질상태
- 문산방향의 일반등급은 I ~ V등급으로 이루어져 STA.13+360~450, 580~650지점은 불량한 암질상태

○ Q-System에 의한 일반분류

개요	평가	산정방법
1974년 NGI의 Barton 등에 의해 제안 200여개의 기 시공된 터널의 보강설계를 통계하여 암반상태와 보강량의 관계 분석 1993년 지보패턴을 기준 38개항에서 강성유보강 스프레이를 사용하는 9개항 수정(Grimstad and Barton)	0.001 ~1,000	$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_s}{J_c} \times \frac{J_w}{SRF}$ - RQD/J_n : 암괴크기의 척도 - J_s/J_c : 암괴사이의 마찰각 척도 - J_w/SRF : 작용응력 척도

분류항목	지반조사 활용	분류항목	지반조사 활용
RQD	시추코어측정, 공내영상촬영 등을 통한 코어의 손상여부 판단	J _n	시추코어, 공내영상촬영 등을 통한 자료 획득
J _n	시추코어, 공내영상촬영 등의 자료 검색을 통한 자료 획득	J _w	수압시험에 의한 투수계수 등 자료 활용
J _c	시추코어, 실내시험결과(RC)참조	SRF	시추코어의 암반상태 · 암석시험 결과

■ Q-System에 의한 일반적 지반등급산정 기준

Q값의 범위	1000 ~400	100 ~40	10 ~4	1 ~0.1	0.1 ~0.01	0.01 ~0.001
암반등급	I	II	III	IV	V	VI
암질	지극히 양호	극히 양호	매우 양호	양호	보통	불량

■ 사업구간 Q값 적용 범위

암반등급	I	II	III	IV	V
Q값의 범위	63.0 이상	3.9~63.0	0.25~3.9	0.016~0.25	0.016 이하

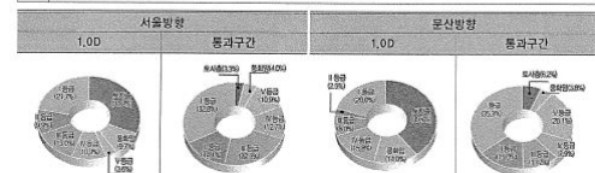
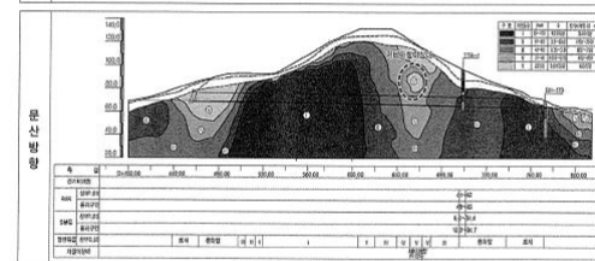
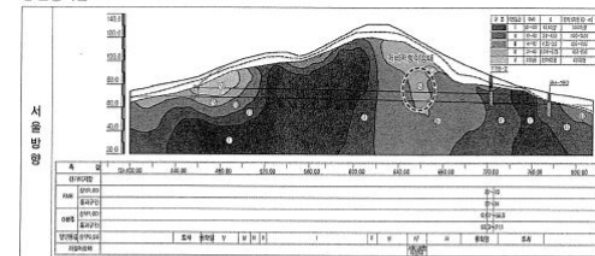
■ 분류결과

공번	구분	분류구간 (G.L.~m)	RQD(%)	J _n	J _s	J _c	J _w	SRF	Q-Value	등급
BH-179	하부ID	5.7~20.7	37~79	3.0~12.0	0.5~4.0	0.75~2.0	0.66~1.0	2.5	0.44~56.9	III~II
			76~100	4.0~12.0	2.0~4.0	0.75~2.0	0.66~1.0	2.5	1.76~53.3	III~II

* 터널 하부1.0D 구간 분석결과 II ~ III등급으로 양호~보통양호한 암질상태

2.1.4 일반등급도

○ 문봉터널



- 서울 및 문산방향의 1.0D구간은 토사~V등급(44.5~53.7%)이 분포하여 매우불량한 암질상태를 보임
- 서울 및 문산방향의 통과구간은 모든 등급이 고르게 분포하고 있으며 보통~양호한 암질상태를 나타냄

3.2.2 시설물 점검이력

가. 서울방향

대상시설물은 1종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 3.2.2】 견달산터널(서울) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	864	견달산터널(서울)의 외관조사 결과 공동구 파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	864	견달산터널(서울)의 외관조사 결과 라이닝 천단부 망상균열, 공동구 파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	표면처리, 단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	800	- 공동구 파손 - 라이닝 천단부 망상균열
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	표면처리, 단면보수

나. 문산방향

대상시설물은 1종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 3.2.3】 견달산터널(문산) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	850	견달산터널(문산)의 외관조사 결과, 라이닝 천단부 들뜸 재들뜸 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	850	견달산터널(문산)의 외관조사 결과, 라이닝 천단부 들뜸 재들뜸 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	800	- 라이닝 콘크리트 천단부 들뜸, 재들뜸
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	단면보수

3.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

가. 서울방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

나. 문산방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

3.2.4 시설물 보수 이력

가. 서울방향

【표 3.2.4】 견달산터널(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

나. 문산방향

【표 3.2.5】 견달산터널(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

3.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 3.2.6】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
· 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

3.3 현장조사

3.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 검토 자료를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 현장조사를 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S01~S36(서울) S01~S36(문산)	도보, 고소점검차	2022.10.13	
			
통제 전경		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
터널 라이닝 비파괴시험		터널 라이닝 비파괴시험	

【그림 3.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

나. 터널 구간 분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 비파괴 시험, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 터널 내에 측점포시 또는 구간이 명확하게 구분되어 있지 않는 경우는 구간분할에 따른 오차를 최소화할 수 있도록 구분되어야 하며 통상적으로 현장에서 직접 확인이 가능한 시공(신축)이음부를 기준으로 분할하는 것이 타당하다. 본 터널은 서울방향 308.0m(36SPAN), 문산방향 303.0m(36SPAN)로 다음 그림과 같이 분할하였다.

SPAN No.	SPAN 길이 (m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이 (m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이 (m)	철근/무근
S01	3.8	철근	S13	8.9	무근	S25	8.9	무근
S02	8.9	철근	S14	9.0	무근	S26	9.0	무근
S03	9.1	철근	S15	9.0	무근	S27	9.0	무근
S04	9.0	철근	S16	8.9	무근	S28	9.0	무근
S05	8.9	무근	S17	9.0	무근	S29	9.0	무근
S06	9.0	무근	S18	8.9	무근	S30	8.8	무근
S07	8.9	무근	S19	9.0	무근	S31	9.1	무근
S08	9.1	무근	S20	8.9	무근	S32	9.0	무근
S09	8.8	무근	S21	9.1	무근	S33	8.9	철근
S10	9.0	무근	S22	8.9	무근	S34	8.9	철근
S11	8.9	무근	S23	6.9	철근	S35	9.1	철근
S12	9.0	무근	S24	9.1	철근	S36	5.7	철근

【그림 3.3.2】 서울방향 Span별 시공현황

SPAN No.	SPAN 길이 (m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이 (m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이 (m)	철근/무근
S01	4.0	철근	S13	8.9	무근	S25	8.9	철근
S02	8.9	철근	S14	9.0	무근	S26	9.0	철근
S03	9.2	철근	S15	8.9	무근	S27	9.0	철근
S04	8.7	철근	S16	8.9	무근	S28	8.9	무근
S05	9.0	철근	S17	9.0	무근	S29	9.0	무근
S06	9.0	무근	S18	8.9	무근	S30	8.9	무근
S07	5.9	무근	S19	8.9	무근	S31	9.0	무근
S08	6.5	무근	S20	8.9	무근	S32	9.1	철근
S09	7.0	무근	S21	9.0	무근	S33	9.1	철근
S10	8.9	무근	S22	8.9	무근	S34	9.1	철근
S11	8.9	무근	S23	9.0	무근	S35	9.1	철근
S12	9.0	무근	S24	9.0	철근	S36	5.9	철근

【그림 3.3.3】 문산방향 Span별 시공현황

3.3.2 서울방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 350mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다. 주요 점검사항으로는 라이닝 균열 및 누수여부, 조인트부 박리, 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



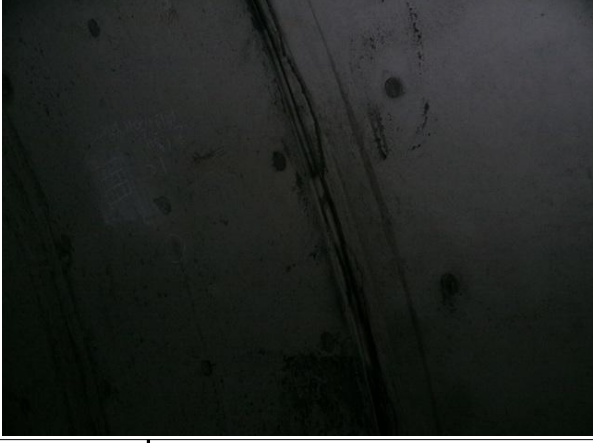
【사진 3.3.1】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부에 발생한 주요 손상으로는 균열 및 보수부 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만, 이상)이며, 그 외 망상균열, 조인트부 들뜸, 백태 손상이 조사되었다.

【표 3.3.1】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	5.0	1	건조수축 및 온도변화	
	균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	9.0	1	건조수축 및 온도변화	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	36.0	4	보수재 열화	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	157.0	19	보수재 열화	
	망상균열	m ²	8.0	2	건조수축 및 온도변화	
	조인트부 들뜸	m ²	0.2	2	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	
	백태, 균열부 백태	m ²	0.45	3	손상부 우수유입	

			
현 황	S17 천단부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S08 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S28 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S28 천단부 망상균열
원 인	건조수축, 보수재 열화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	주입보수	대 책	표면보수
			
현 황	S02 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S01 천단부 균열부 백태
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	균열부 우수유입
대 책	단면보수	대 책	표면보수

【사진 3.3.2】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열 및 재균열이며, 일부 구간에서 망상균열이 조사되었다. 라이닝 균열은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축에 따른 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 천단부 일부 구간에 발생한 백태 손상은 균열부를 통한 우수유입으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 손상부에 대해서는 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.3】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 균열(폭 0.3mm미만, 이상)이 일부 조사되었으며, 금회 점검에서 망상균열이 다수 발생한 것으로 조사되었다. 그 외 국부적으로 누수 손상이 조사된 것으로 확인되었다.

【표 3.3.2】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	24.5	13	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	2.0	1	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	356.5	24	건조수축 및 온도변화	
	누수	EA	1	1	라이닝 내부 방수시트 국부손상	

			
현 황	S27 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S29 측벽부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S32 측벽부 망상균열	현 황	S01 측벽부 균열부 누수
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	라이닝 내부 방수시트 국부손상
대 책	표면처리	대 책	주의관찰

【사진 3.3.4】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열 및 망상균열이며, 국부적으로 조인트부 들뜸 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.
- 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 조치가 필요하다.
- 균열부를 통한 누수 손상은 스며있는 상태로서 낙수흔적은 없는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 지속적으로 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갭문

본 터널의 갭문은 시·종점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 3.3.5】 갭문 전경

① 조사결과

갭문 외관조사 결과, 기 실시된 보수부의 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 일부 구간에서 균열이 신규로 조사되었다.

【표 3.3.3】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	1.0	1	건조수축 및 온도변화	

			
현 황	중점측 갯문 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	시점측 갯문 상태양호
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	-
대 책	표면보수	대 책	-

【사진 3.3.6】 갯문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갯문의 경우 중점측 일부 구간에서 균열 손상이 조사되었으며, 그 외는 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다. 기 조사된 손상에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 조사되었다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.7】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 사면의 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.3.4】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

갱문 주위 사면 상태는 양호한 상태이며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.8】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 기 점검이후 균열 및 파손 손상이 일부 발생하였으며, 그 외 대체로 양호한 것으로 조사되었다. 배수시설의 경우 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.5】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	균열(cw=0.3mm이상)	m	0.6	1	건조수축 및 온도변화	
	파손		0.03	1	공용중 외부충격	

현 황	S20공동구 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S21 공동구 파손
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	공용중 외부충격
대 책	주입보수	대 책	단면보수

【사진 3.3.9】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 발생한 균열 및 파손은 시공 초기 건조수축 및 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 손상부에 대해서는 내구성 저하방지 및 점검자의 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 차량의 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 나란하게 종방향 타이닝을 시공한 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장패임 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.10】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 전반적으로 손상이 없는 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 경미한 균열 및 파손 손상이 조사되었다.

【표 3.3.6】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	균열	m	0.6	1	건조수축 및 온도변화	
	파손	m ²	0.8	1	중차량 반복통행, 공용기간 증가	

			
현 황	S01 포장부 균열	현 황	S35 포장부 갓길측 파손
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	중차량 반복통행, 공용기간 증가
대 책	주입보수	대 책	단면보수

【사진 3.3.11】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장에 발생한 균열 및 파손 손상은 시공초기 건조수축 및 공용년수 증가로 인한 재료열화에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



【사진 3.3.12】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 터널 내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 3.3.7】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—

【사진 3.3.13】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3.3.3 문산방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 350mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였으며, 라이닝 균열 및 누수여부, 박리, 박락, 철근노출, 배부름 및 변형 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.14】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 재균열(폭 0.3mm이상)이 주로 발생하였으며, 국부적으로 백태, 콘크리트 들뜸 및 재들뜸 손상이 조사되었다.

【표 3.3.8】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm이상)	m	22.0	3	건조수축 및 온도변화	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	90.0	10	보수재료 열화	
	백태	m ²	0.02	1	손상부 외기유입	
	조인트부 들뜸, 재들뜸	m ²	0.94	11	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S15 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S17 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	긴조수축, 온도변화	원 인	보수재료 열화
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S25 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S01 천단부 백태
원 인	보수재료 열화	원 인	손상부 외기유입
대 책	표면처리	대 책	표면보수
			
현 황	S04 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S10 천단부 조인트부 재들뜸
원 인	거푸집 조기탈락, 재료열화	원 인	보수미흡, 재료열화
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 3.3.15】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열 및 재균열이며, 균열 손상은 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축에 의한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸 및 재들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



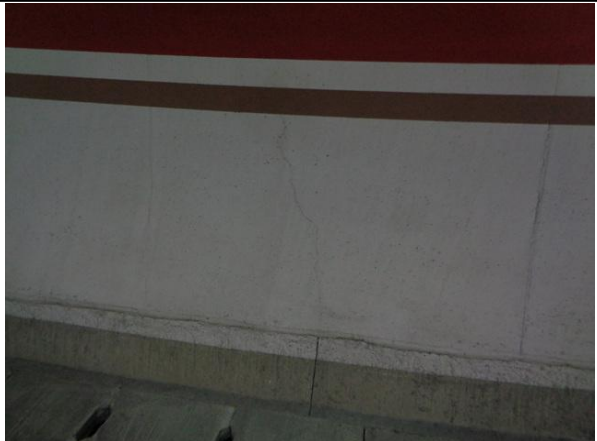
【사진 3.3.16】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 대체로 손상이 없는 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 균열, 망상균열, 누수흔적이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.9】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	3.0	2	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	9.0	1	건조수축 및 온도변화	
	누수흔적	m ²	0.5	2	우수유입	

			
현 황	S19 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S22 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	표면처리
			
현 황	S28 측벽부 망상균열	현 황	S36 측벽부 하단 누수흔적
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	우수유입
대 책	표면처리	대 책	표면처리

【사진 3.3.17】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 균열 및 망상균열 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면 보수 등의 조치가 필요하다.
- 측벽부 하단에 발생한 백태는 라이닝 일부 구간에 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갭문

본 터널의 갭문은 시·종점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 3.3.18】 갭문 전경

① 조사결과

갭문 외관조사 결과, 대체로 양호한 것으로 조사되었으며, 일부 구간에서 균열 및 망상균열 손상이 확인되었다.

【표 3.3.10】 갭문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갭문	균열(cw=0.3mm미만)	m	1.0	1	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	1.0	1	건조수축 및 온도변화	

			
현 황	시점측 갭문 망상균열	현 황	종점측 갭문 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면보수	대 책	표면보수

【사진 3.3.19】 갭문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갭문의 경우 일부 구간에서 조사된 균열, 망상균열은 시설물의 안전성에 미치는 영향은 없으나, 내구성 저하방지를 위한 조치가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 판단된다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.20】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.3.11】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널 사면의 경우 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.21】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구 및 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.3.12】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	공동구 상태양호	현 황	배수시설 상태양호
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—

【사진 3.3.22】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구는 공용중 외부 충격 등에 의해 덮개 파손이 조사되었다. 기 발생한 손상은 점검자의 안전사고 예방차원에서 파손된 덮개에 대해서는 교체가 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 수평하게 종방향 타이닝으로 시공된 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장파임 등에 중점을 두고 외관 조사를 실시하였다.



【사진 3.3.23】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 차량의 주행성에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않았으며, 일부 구간에서 파손이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 3.3.13】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	파손	m ²	0.08	3	중차량 반복통행, 공용기간 증가	

현 황	S15 포장부 파손	현 황	S32 포장부 파손
원 인	중차량 반복통행, 공용기간 증가	원 인	중차량 반복통행, 공용기간 증가
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 3.3.24】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장에 발생한 파손 등은 중차량의 반복통행에 의해 발생된 것으로 판단되며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



【사진 3.3.25】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 터널내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 3.3.14】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—

【사진 3.3.26】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3.3.4 외관조사 총괄표

가. 서울방향

【표 3.3.15】 서울방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	5.0	1	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	9.0	1	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	36.0	4	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	157.0	19	
	망상균열	m ²	8.0	2	
	조인트부 들뜸	m ²	0.2	2	
	백태, 균열부 백태	m ²	0.45	3	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	24.5	13	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	2.0	1	
	망상균열	m ²	356.5	24	
	누수	EA	1	1	
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	1.0	1	
공동구	균열(cw=0.3mm이상)	m	0.6	1	
	파손	m ²	0.03	1	
포장부	균열	m	0.6	1	
	파손	m ²	0.8	1	

나. 문산방향

【표 3.3.16】 문산방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm이상)	m	22.0	3	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	90.0	10	
	백태	m ²	0.02	1	
	조인트부 들뜸, 재들뜸	m ²	0.94	11	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	3.0	2	
	망상균열	m ²	9.0	1	
	누수흔적	m ²	0.5	2	
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	1.0	1	
	망상균열	m ²	1.0	1	
포장부	파손	m ²	0.08	3	

3.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

3.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 3.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

구분	분석방법	기준수량			실행수량
측점분할	—	5~20m 간격			
반발경도 시험	반발경도법	총수량 = (총연장 ÷ 300)개소	3개소		3개소
탄산화깊이 측정	페놀프탈레인법	총연장 1,000미만 = 2개소 총연장 1,000이상 최소 2개소 + 1,000m당 1개소 추가	2개소		2개소

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

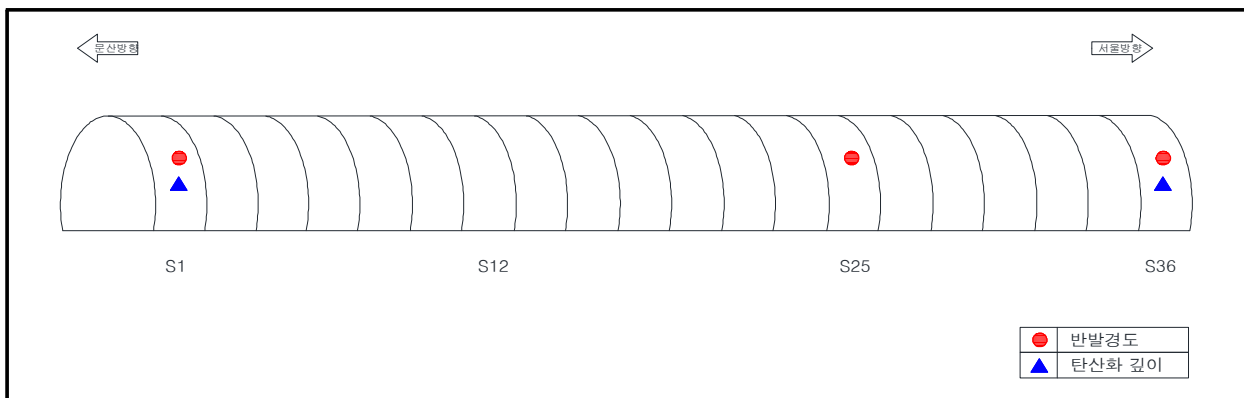
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 천단부 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 조사 사진

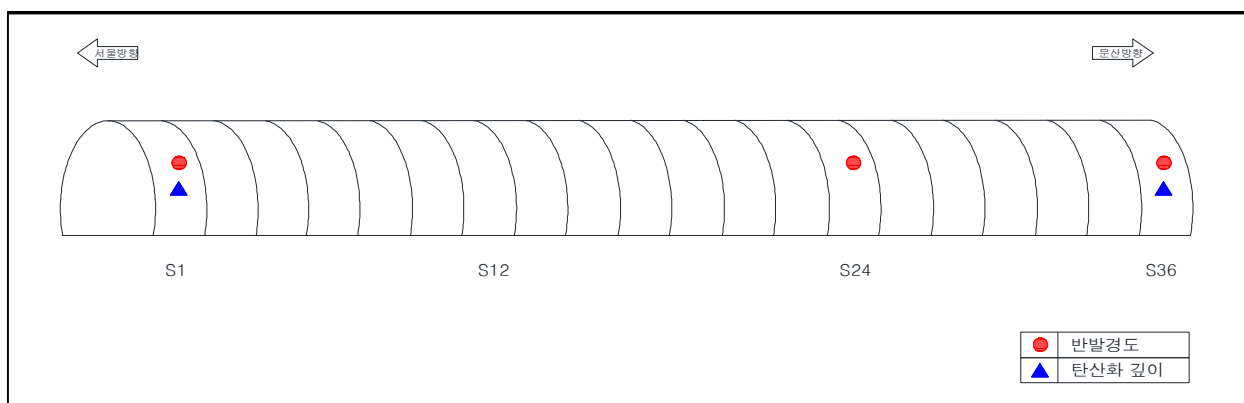


【사진 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울)



【그림 3.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산)

3.4.2 시험결과 및 분석

가. 서울방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.2】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S1 라이닝	45.9	27.0	28.5	0.67	24.0	
	S25 라이닝	45.5	26.7	28.4	0.67		
	S36 라이닝	45.1	26.3	28.2	0.67		
	평 균	45.5	26.7	28.4	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.7~28.4MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 3.4.3】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.7~28.4	24.0	111.2~118.3

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.4】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S1	1.5	60.0	58.5	1.06	100년이상	a
	S36	3.0	60.0	57.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 1.5mm~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.5】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	1.5~3.0	57.0~58.5	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발강도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.6】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S1 라이닝	44.4	25.7	27.8	0.67	24.0	
	S24 라이닝	44.4	25.7	27.8	0.67		
	S36 라이닝	45.9	27.0	28.5	0.67		
	평 균	44.9	26.1	28.0	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.1~28.0MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 3.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.1~28.0	24.0	108.7~116.7

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S1	3.0	60.0	57.0	2.12	100년이상	a
	S36	1.5	60.0	58.5	1.06	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 1.5~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.9】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	1.5~3.0	57.0~58.5	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 서울방향

가. 외관조사 결과요약

【표 3.5.1】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	5.0	1	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	9.0	1	주입보수
	재 균열	cw=0.3mm미만	보수재 열화	m	36.0	4	표면보수
		cw=0.3mm이상	보수재 열화	m	157.0	19	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	8.0	2	표면보수
	조인트부 들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.2	2	단면보수
	백태, 균열부 백태		손상부 우수유입	m ²	0.45	3	표면보수
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	24.5	13	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	2.0	1	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	356.5	24	표면보수
	누수		라이닝 내부 방수시트 국부손상	EA	1	1	주의관찰
갯문	균열(cw=0.3mm미만)		건조수축 및 온도변화	m	1.0	1	표면보수
공동구	균열(cw=0.3mm이상)		건조수축 및 온도변화	m	0.6	1	주입보수
	파손		공용중 외부충격	m ²	0.03	1	단면보수
포장부	균열		건조수축 및 온도변화	m	0.6	1	실링
	파손		중차량 반복통행, 공용기간 증가	m ²	0.8	1	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 3.5.2】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
견달산 터널 (서울)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.7~28.4	fck=24.0	· 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		57.0~58.5 (잔여깊이)	a 등급	· 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

3.5.2 문산방향

가. 외관조사 결과요약

【표 3.5.4】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	22.0	3	주입보수
	재 균열	cw=0.3mm이상	보수재료 열화	m	90.0	10	주입보수
	백태		손상부 외기유입	m ²	0.02	1	표면보수
	조인트부 들뜸, 재들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.94	11	단면보수
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)		건조수축 및 온도변화	m	3.0	2	표면보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	9.0	1	표면보수
	누수흔적		우수유입	m ²	0.5	2	표면보수
갭문	균열(cw=0.3mm미만)		건조수축 및 온도변화	m	1.0	1	표면보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	1.0	1	표면보수
포장부	파손		중차량 반복통행, 공용기간 증가	m ²	0.08	3	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 3.5.5】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
견달산 터널 (문산)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.1~28.0	fck=24.0	· 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		57.0~58.5 (잔여깊이)	a 등급	· 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

3.6 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

3.6.1 상태평가 등급산정

가. 서울방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스판 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 3.6.1】 서울방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
견달산터널 (서울)	NATM(철근)	S01~S04, S23~S24 S33~S35	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S05~S22, S25~S32	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S1~S2	c	a	b	a	a	b	a	a	a	6	b
S3~S4	a	a	a	a	a	a	a	a	—	0	a
S23~S24	d	a	a	a	b	a	a	a	—	8	b
S33~S34	b	a	a	a	b	a	a	a	—	4	a
S35~36	b	a	b	a	b	a	a	a	a	4	a

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.6.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
S5~S7	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S8~S10	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S11~S13	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S14~S16	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S17~S19	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S20~S22	c	a	a	a	a	a	a	7	b
S25~S27	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S28~S30	c	a	a	a	b	a	a	7	b
S31~S32	c	a	a	a	a	a	a	6	b

나. 문산방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스판 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 3.6.4】 문산방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
견달산터널 (문산)	NATM(철근)	S01~S05, S24~S27 S32~S35	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S06~S23, S28~S31	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.6.5】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
S1~S3	a	a	a	a	a	b	a	a	a	0	a
S4~S5	a	a	b	a	b	a	a	a	—	0	a
S24~S25	c	a	a	a	a	a	a	a	—	6	b
S26~S27	a	a	b	a	b	a	a	a	—	0	a
S32~S34	a	a	b	a	a	a	a	a	—	0	a
S35~S36	a	a	a	a	a	a	a	a	a	0	a

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.6.6】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
S6~S8	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S9~S11	c	a	b	a	b	a	a	6	b
S12~S14	b	a	b	a	b	a	a	4	a
S15~S17	a	a	b	a	a	a	a	0	a
S18~S20	a	a	a	a	a	a	a	0	a
S21~S23	a	a	b	a	a	a	a	0	a
S28~S29	a	a	b	a	a	a	a	0	a
S30~S31	a	a	a	a	b	a	a	0	a

3.6.2 상태평가 결과

가. 서울방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
9	4.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	6.400
															0.149

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
27	6.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	8.220
													0.242

3) 터널 상태평가 결과

견달산터널(서울)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.149	94.0	0.294	0.215	B
무근콘크리트	0.242	226.0	0.706		

나. 문산방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
13	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	2.500
															0.058

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
23	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	3.500
													0.103

3) 터널 상태평가 결과

견달산터널(문산)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.058	119.0	0.022	0.086	A
무근콘크리트	0.103	202.0	0.065		

3.6.3 상태평가 결과요약

본 과업대상은 초기점검 이후로 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 현장조사 및 시험을 토대로 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편(2021.12)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 산출하였다.

가. 서울방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.215로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.086로 “문제점이 없는 최상의 상태”인 A등급(우수, $0.00 < \text{결함지수} \leq 0.15$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

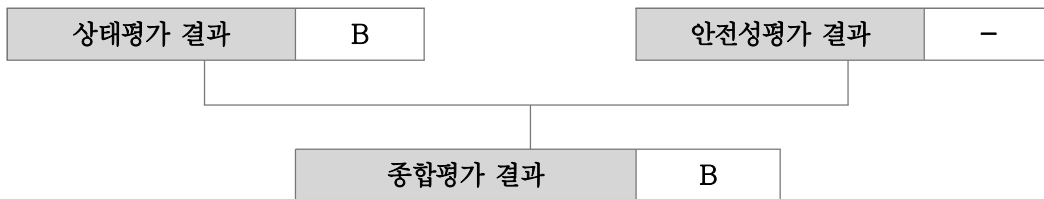
- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3.7 종합평가 및 안전등급 지정

3.7.1 종합평가 결과

가. 서울방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하였으며, 그 다음과 같다.

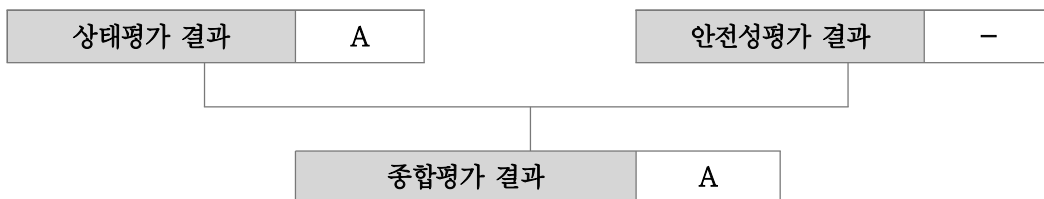


【그림 3.7.1】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

나. 문산방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하였으며, 그 다음과 같다.



【그림 3.7.2】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “A등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

3.7.2 안전등급 지정

가. 서울방향

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

【표 3.7.1】 서울방향 안전등급 지정

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

나. 문산방향

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

【표 3.7.2】 문산방향 안전등급 지정

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

3.8 보수·보강 및 유지관리방안

3.8.1 보수·보강 방안

가. 서울방향

【표 3.8.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	5.0	1	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	9.0	1	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	36.0	4	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	157.0	19	주입보수	하자
	망상균열	m ²	8.0	2	표면보수	하자
	조인트부 들뜸	m ²	0.2	2	단면보수	하자
	백태, 균열부 백태	m ²	0.45	3	표면보수	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	24.5	13	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	2.0	1	주입보수	하자
	망상균열	m ²	356.5	24	표면보수	하자
	누수	EA	1	1	주의관찰	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	1.0	1	표면보수	하자
공동구	균열(cw=0.3mm이상)	m	0.6	1	주입보수	하자
	파손	m ²	0.03	1	단면보수	하자
포장부	균열	m	0.6	1	주입보수	하자
	파손	m ²	0.8	1	단면보수	하자

나. 문산방향

【표 3.8.2】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm이상)	m	22.0	3	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	90.0	10	주입보수	하자
	백태	m ²	0.02	1	표면보수	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸	m ²	0.94	11	단면보수	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	3.0	2	표면보수	하자
	망상균열	m ²	9.0	1	표면보수	하자
	누수흔적	m ²	0.5	2	표면보수	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	m	1.0	1	표면보수	하자
	망상균열	m ²	1.0	1	표면보수	하자
포장부	파손	m ²	0.08	3	단면보수	하자

3.8.2 개략공사비

가. 서울방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 3.8.3】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	5.0	1.88	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	9.0	13.50	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	36.0	13.50	m²	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	157.0	235.50	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	8.0	12.00	m²	—	—	하자
	조인트부 들뜸	단면보수	0.2	0.30	m²	—	—	하자
	백태, 균열부 백태	표면보수	0.45	0.68	m²	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	24.5	9.19	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	2.0	3.00	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	356.5	534.75	m²	—	—	하자
	누수	주의관찰	1	1.50	EA	—	—	하자
갯문	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	1.0	0.38	m²	—	—	하자
공동구	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	0.6	6	m	—	—	하자
	파손	단면보수	0.03	0.05	m²	—	—	하자
포장부	균열	주입보수	0.6	0.90	m	—	—	하자
	파손	단면보수	0.8	1.20	m²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비에서 제외함.

나. 문산방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 3.8.4】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	22.0	33.00	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	90.0	135.00	m	—	—	하자
	백태	표면보수	0.02	0.03	m ²	—	—	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸	단면보수	0.94	1.41	m ²	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	3.0	1.13	m ²	—	—	하자
	망상균열	표면보수	9.0	13.5	m ²	—	—	하자
	누수흔적	표면보수	0.5	0.75	m ²	—	—	하자
갯문	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	1.0	0.38	m ²	—	—	하자
	망상균열	표면보수	1.0	1.50	m ²	—	—	하자
포장부	파손	단면보수	0.08	0.12	m ²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비에서 제외함.

3.8.3 유지관리방안

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

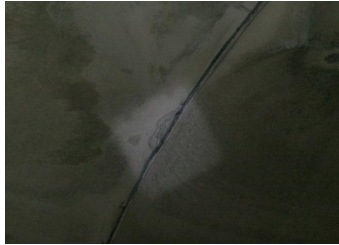
가. 서울방향

【표 3.8.5】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 재균열, 망상균열 •조인트부 들뜸, 박락 •백태, 균열부 백태	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •누수	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•균열	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
공동구	•균열 •파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•균열 •파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

나. 문산방향

【표 3.8.6】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 재균열 •조인트부 들뜸, 재들뜸 •백태	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •누수흔적	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•균열, 망상균열	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

3.9 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동에 위치하며 연장 308.0m(서울), 303.0m(문산), 폭 13.0m, 높이 7.4m의 터널로, 종단선형은 약 2.0% 경사를 이루고 있다. 터널본선은 NATM으로 시공된 난형식의 터널로서, 시·중점측 갱문형식은 면벽식으로 시공되었고, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 1종 터널시설물이다. 금회 정밀안전점검에서 시공자료 분석을 포함, 현장 외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

3.9.1 서울방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요 손상으로는 균열 및 보수부 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만, 이상)이며, 그 외 망상균열, 조인트부 들뜸, 백태 손상이 조사되었다. 조사된 균열은 라이닝 콘크리트의 초기 건조수축 및 온도변화에 의한 구속으로 인해 발생한 비구조적 균열로 판단되며, 기 발생한 균열은 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 보수가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 천단부 일부 구간에 발생한 백태 손상은 균열부를 통한 우수유입으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 손상부에 대해서는 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부는 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만, 이상), 망상균열과 국부적으로 누수 손상이 조사되었다. 측벽부에 발생한 균열 및 망상균열, 조인트부 들뜸 등의 손상은 건조수축 및 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 저하 방지를 위한 보수가 필요한 상태이다. 균열부를 통한 누수 손상은 스며있는 상태로서 낙수 흔적은 없는 상태이며, 내부 방수시트의 접합부의 수밀성 부족, 방수시트의 국부적인 손상이 원인인 것으로 판단된다. 현재는 경미한 상태이며, 시급한 보수보다는 지속적으로 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

2) 갱문

- 갱문의 경우 중점측 일부 구간에서 균열 손상이 조사되었으며, 그 외는 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다. 기 조사된 손상에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구에 발생한 균열 및 파손은 시공 초기 건조수축 및 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 손상부에 대해서는 내구성 저하방지 및 점검자의 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하다.

5) 포장면

- 콘크리트 포장에 발생한 균열 및 파손 손상은 시공초기 건조수축 및 공용년수 증가로 인한 재료열화에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 저하방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.7~28.4MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 1.5mm~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 "B등급"으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.215 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 전달산터널(서울)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
- ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 전달산터널(서울)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 전달산터널(서울)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

3.9.2 문산방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열 및 재균열이며, 균열 손상은 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축에 의한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸 및 재들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다.
- 측벽부에 발생한 균열 및 망상균열 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 필요하다. 측벽부 하단에 발생한 백태는 라이닝 일부 구간에 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 갯문

- 갯문의 경우 일부 구간에서 조사된 균열, 망상균열은 시설물의 안전성에 미치는 영향은 없으나, 내구성 지하방지를 위한 조치가 필요한 것으로 판단된다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구 및 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이다.

5) 포장면

- 콘크리트 포장에 발생한 파손 등은 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 지하방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.1~28.0MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 1.5~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “A등급”으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.086 으로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 견달산터널(문산)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
- ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
- ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 견달산터널(문산)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 견달산터널(문산)의 안전등급을 산정하면 「A」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

3.9.3 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

3.9.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4.

금촌터널(서울,문산)

- 4.1 시설물 개요
- 4.2 자료수집 및 분석
- 4.3 현장조사
- 4.4 콘크리트 내구성 조사
- 4.5 현장조사 및 시험 결과요약
- 4.6 상태평가
- 4.7 종합평가 및 안전등급 지정
- 4.8 보수·보강 및 유지관리 방안
- 4.9 종합결론

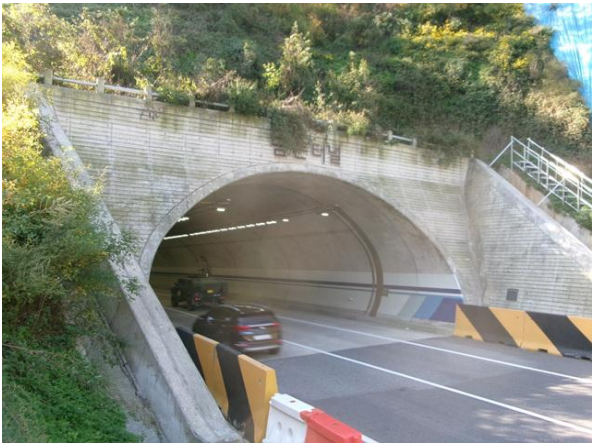
4. 금촌터널(서울,문산)

4.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 금릉동에 위치한 2중 터널시설물로서, 총 연장 364.0m(서울), 354.0m(문산), 폭 10.7m, 높이 6.50m로 시공되어 있다.

4.1.1 일반사항

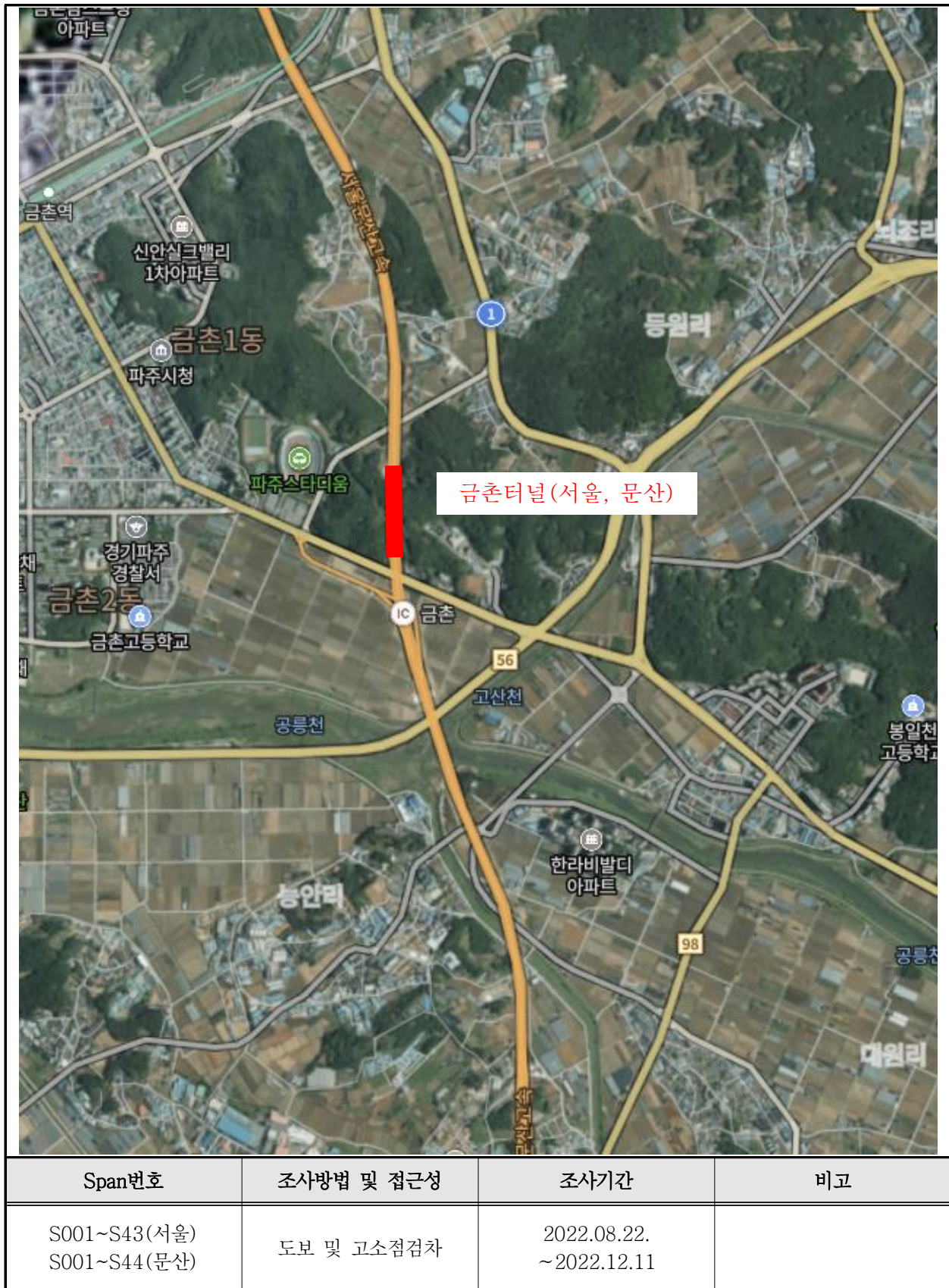
【표 4.1.1】 금촌터널(서울) 일반사항

시설물명	금촌터널(서울)	시설물번호	TU2020-0000059
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 파주시 금릉동 산 14-34 / 종점 : 경기도 파주시 아동동 산 55-7		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	364.0m	설 계 사	(주)신성엔지니어링
내공단면	폭 : 10.7m, 높이 6.5m	시 공 사	(주)대우건설
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)신성엔지니어링
종단기울기	2.500%	주요공법	개착 + NATM
평균선형	R=2,000m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	개문형식	시점 : 원통절개식 종점 : 면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

【표 4.1.2】 금촌터널(문산) 일반사항

시설물명	금촌터널(문산)	시설물번호	TU2020-0000060
노선명	고속국도 17호선	관리번호	-
위 치	시점 : 경기도 파주시 금릉동 산 14-34 / 종점 : 경기도 파주시 아동동 산 55-7		
터널형식	난형	관리주체	서울문산고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	354.0m	설 계 사	(주)신성엔지니어링
내공단면	폭 : 10.7m, 높이 6.5m	시 공 사	(주)대우건설
배수형식	측벽 하부배수	감 리 사	(주)신성엔지니어링
종단기울기	2.500%	주요공법	개착 + NATM
평균선형	R=2,000m	준 공	2020년 11월 06일
연결통로	-	갱문형식	시점 : 원통절개식 종점 : 면벽식
			
외부 전경		내부 전경	

4.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 4.1.1】 위치도

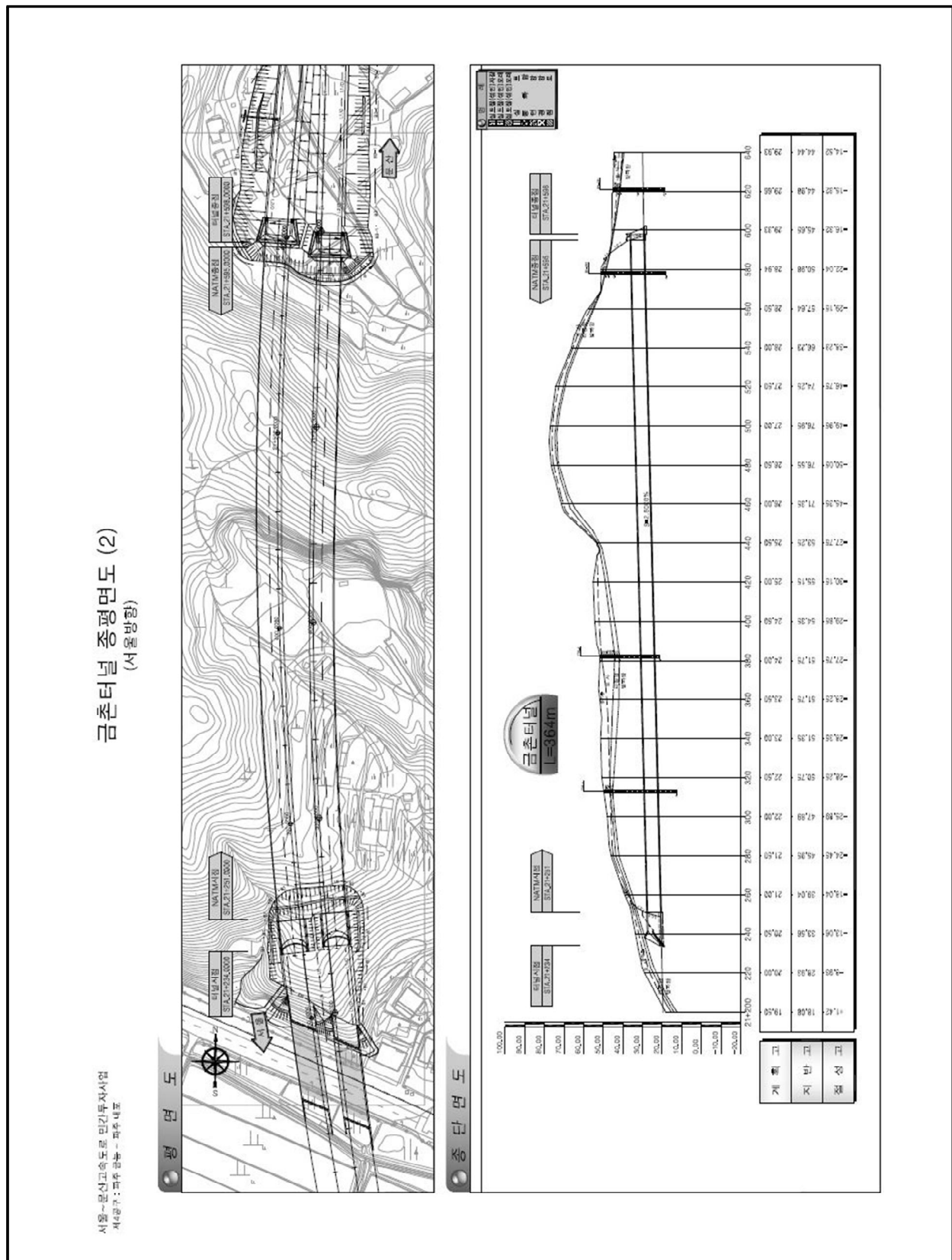
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

【그림 4.1.2】 부재별 현황(서울)

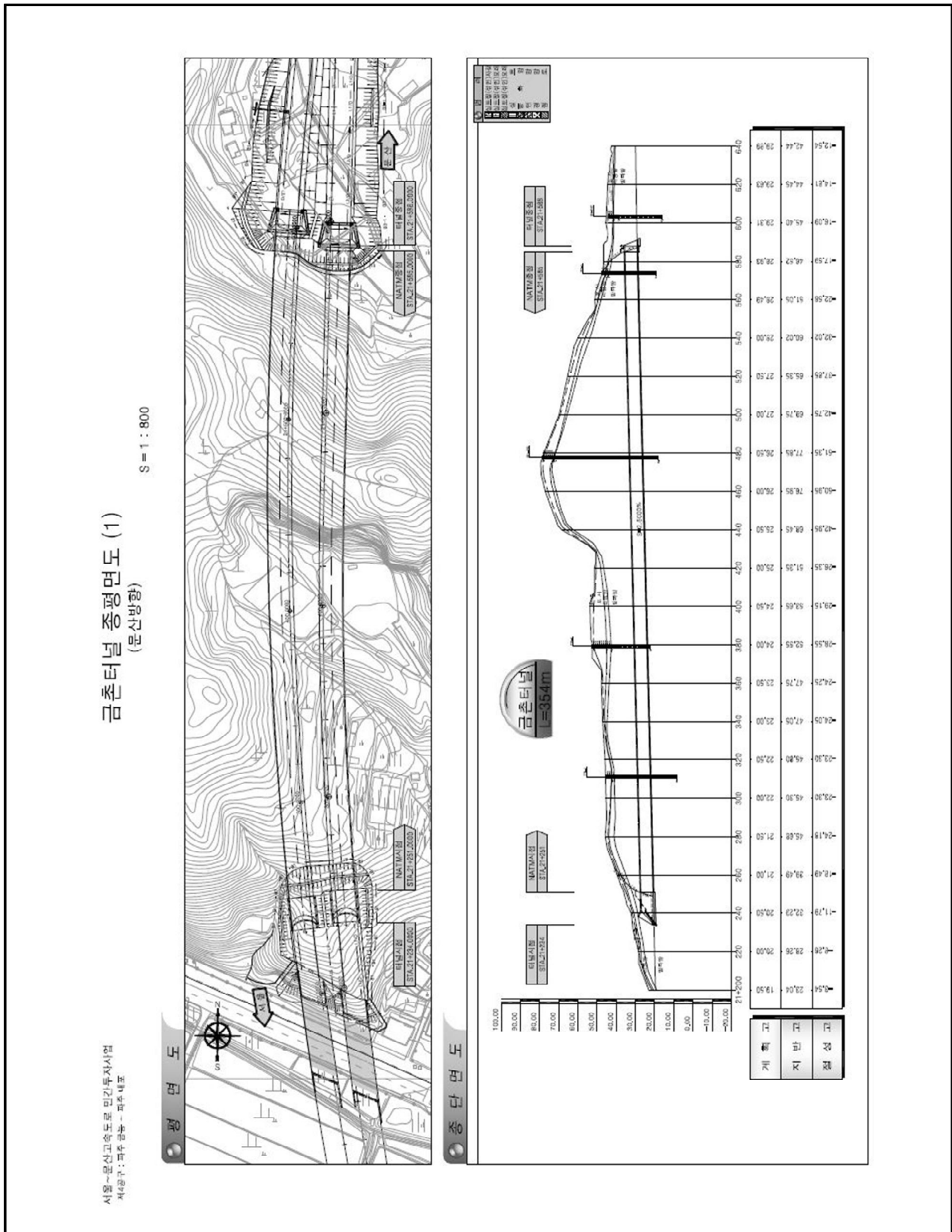
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수시설 전경
	
소화시설 전경	조명시설 전경

【그림 4.1.3】 부재별 현황(문산)

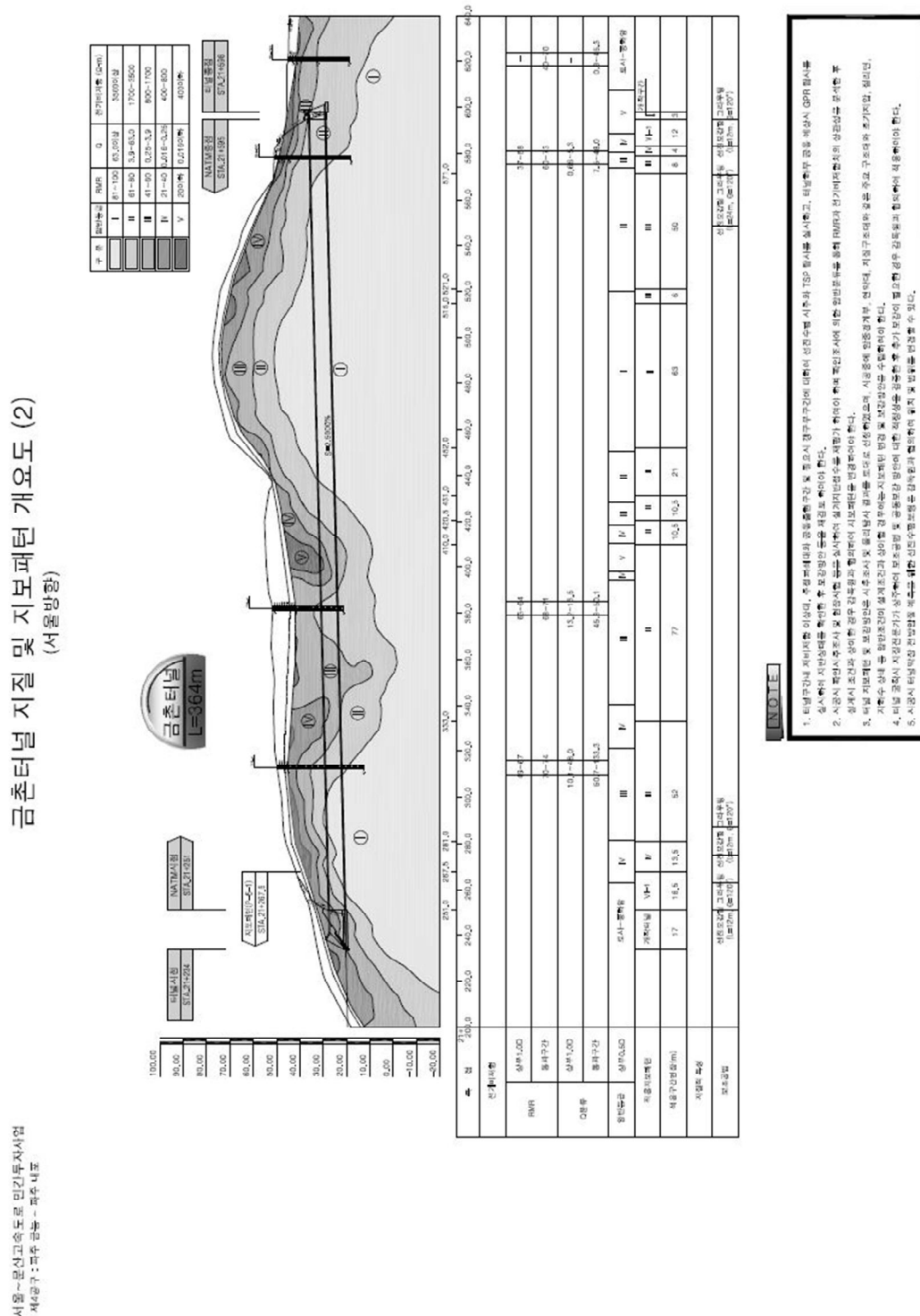
4.1.3 시설물 일반도



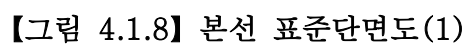
【그림 4.1.4】 평면 및 종단면도(서울)



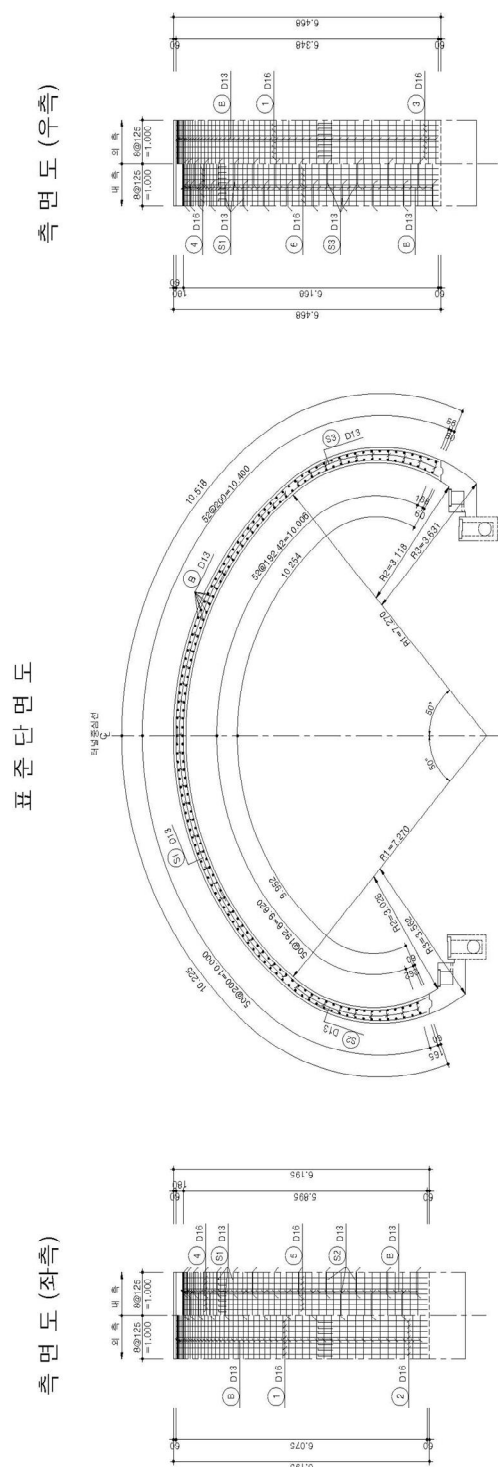
【그림 4.1.5】 평면 및 종단면도(문산)



【그림 4.1.6】 지질 및 지보패턴 개요도(서울)



콘크리트 라이닝 구조도 (1)
(무산방향 -3%, 포신 T-5, 5-1 구간)
S=1:50



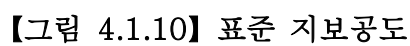
NOTE

1. 가늠자(리더)는 1mm를 정확히 측정할 수 있다.
2. 도면에서 2mm를 정확히 측정할 수 있다. SHOP DRAWING을 작성하여 실제 공사를 진행할 때 이를 사용해야 한다.
3. 도면에서 3mm를 정확히 측정할 수 있다. SHOP DRAWING을 작성하여 실제 공사를 진행할 때 이를 사용해야 한다.
4. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 실제 작업에 사용할 수 있는 철근의 굵기는 도면상의 굵기보다 2mm 이상 커야 한다.
5. 철근을 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다.
6. 철근을 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다.
7. 철근을 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다.
8. 철근을 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다.
9. 철근을 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다.
10. 철근을 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다. 철근의 굵기를 10mm를 정확히 측정할 수 있다.

표
류
재

시험 방법	경계기온광도 (k)	24.0 MPa
	중온광학 최대치수	24mm
필름 (SD30)	원본 필름 (F)	300.0 MPa

【그림 4.1.9】 본선 라이닝 구조도



4.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울문산고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

4.2.1 설계자료 검토

가. 지반 시추조사

시추조사는 지표로부터 지하 깊은 곳을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 시험공을 굴진하여 지반의 성상을 조사하고, 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료를 제공하기 위한 목적으로 실시된다. 시추조사는 노선구간에 대하여 지반의 수직적 특성 즉, 지층의 성층상태와 각 지층의 지반 공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도, 절리간격 등을 파악하며, 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 표준관입시험을 한국산업규격(KS F2307)에 의거 연속성 있게 실시하였으며, 코어 회수율을 높여 정확한 암질상태를 파악하기 위하여 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit를 사용하였다. 채취된 암석 코어는 육안관찰에 의하여 암석 내에 분포된 불연속면 즉, 절리와 절리면의 충전물 등을 파악하고 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추 주상도에 기재하였다. 지하수위의 측정은 지하수체(Ground Water Body) 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면의 위치를 지표면과 일정한 기준면으로부터의 수직거리로 구하였다.

【표 4.2.1】 시추작업 장비

시추작업 전경(BH-30)	시추작업 전경(BH-234)
	

나. 기본 설계자료 분석

- ① 분포지층 : 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암, 경암
- ② 매립층
 - 최상부층으로 지표하 0.5~2.0m 층후로 분포
 - 암갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
- ③ 붕적층
 - 지표하 0.0m에서 0.4~3.3m 층후로 분포
 - 암갈색~황갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
- ④ 퇴적층
 - 지표하 2.0m에서 1.5m 층후로 분포
 - 암갈색의 실트질 점토로 구성되며 표준관입시험 결과 연약~보통견고한 연경도
- ⑤ 풍화토
 - 지표하 0.4m에서 5.6m 층후로 분포하며 암편섞인 실트질 모래로 구성
 - 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
- ⑥ 풍화암
 - 지표하 6.0m에서 0.1m 층후로 분포하며 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
 - 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
- ⑦ 연암
 - 지표하 2.0~3.8m에서 1.6~2.7m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성
 - TCR=69~100%, RQD=18~31%로 매우불량~불량한 암질 상태
 - 심한풍화~약간풍화, 약함~강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
- ⑧ 보통암
 - 지표하 3.5~3.6m에서 2.9~9.0m 이상 층후로 분포
 - 암회색의 편마암으로 구성
 - TCR=83~100%, RQD=58~66%로 보통~양호한 암질 상태
 - 보통풍화~약간풍화, 매우약함~매우강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
- ⑨ 경암
 - 지표하 6.1~12.5m에서 13.5~54.4m 이상 층후로 분포
 - 암회색의 편마암으로 분포하며 BH-240, BH-242공 일부 절리면에서 단층활면이 관찰
 - TCR=87~100%, RQD=50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태

다. 지형 및 지질

1) 지질 개요

사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 열리상화강암이 분포하고 있다. 또한, 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적은 상태이다.

2) 지형특성

과업노선의 산계는 영주산-고봉산-왕릉산-월룡산을 잇는 북북서방향의 산능이 발달되어 있으며, 공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월룡산 등 비교적 고산능이 발달되어 있다. 수계는 사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천과 공릉천, 문산천이 분포하였다. 창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입된다.

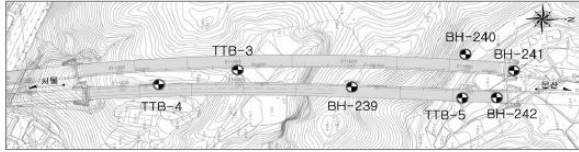
3) 분포암종 특성

구 분	지질특성
흑운모 편마암	· 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음 → 편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로 강도는 강하고 변형이 적음 · 흑운모편마암은 풍화에 약함 → 편리가 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임
화강암	· 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입 · 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성 변형에 가까운 변형 특성을 보임

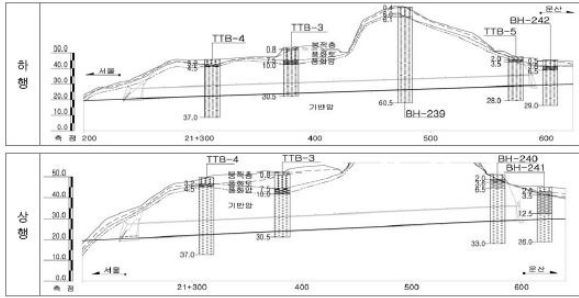
라. 지반조사보고서

○ 금촌터널(BH-239, 240, 241, 242, 제3차 공교: TTB-3, 4, 5)

■ 조사위치 및 지층단면도



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

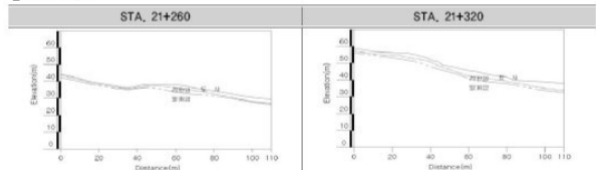


■ 지층상태

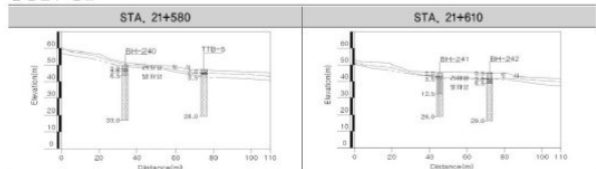
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/ROD
매 립 층	0.0	0.5~2.0	실트질 모래	13/30
봉 적 층	0.0~0.5	0.4~3.3	실트질 모래	4/30~8/30
퇴 적 층	2.0	1.5	실트질 점토	4/30~5/30
풍 화 토	0.4~0.8	5.6~6.7	실트질 모래	13/30~50/20
풍 화 암	2.0~7.5	0.1~2.5	실트질 모래	50/7
연 압	2.0~3.8	1.6~2.7	편마암	69~100%/18~31%
보 통 암	3.5~3.6	2.9~9.0	편마암	83~100%/58~100%
경 암	3.5~12.5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

구 분	지 층 개 요
매 립 층	• 최상부층으로 지표하 0.5~2.0m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈석인 실트질 모래로 구성되어 표준관입시험 결과 보통~단단한 상태임
봉 적 층	• 지표하 0.0m에서 0.4~3.3m 층후로 분포 • 암갈색~황갈색의 자갈석인 실트질 모래로 구성되어 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상태임
퇴 적 층	• 지표하 2.0m에서 1.5m 층후로 분포 • 암갈색의 실트질 점토로 구성되어 표준관입시험 결과 연약~보통연고한 연경도
풍 화 토	• 지표하 0.4m에서 5.6m 층후로 분포하여 암편상인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통~단단~매우조밀한 상태임
풍 화 암	• 지표하 6.0m에서 0.1m 층후로 분포하여 굴진시 암편이 접착된 실트질 모래로 분해 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우조밀한 상태임
연 압	• 지표하 2.0~3.8m에서 1.6~2.7m 층후로 분포하여 편마암으로 구성 • TCR/ROD는 69~100%/18~31%로 매우불량~불량한 암질 상태 • 실한물화~약간물화, 약함~강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
보 통 암	• 지표하 3.5~3.6m에서 2.9~9.0m 층후로 분포 • 암화색의 편마암으로 구성 • TCR/ROD는 83~100%/58~100%로 보통~양호한 암질 상태 • 보통물화~약간물화, 매우약함~매우강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	• 지표하 3.5~12.5m에서 13.5~54.4m이상 층후로 분포 • 암화색의 편마암으로 분포하여 BH-240, BH-242공 일부 절리면에서 단층활동이 관찰 • TCR/ROD는 87~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태

■ 시험부 횡단



■ 중점부 횡단



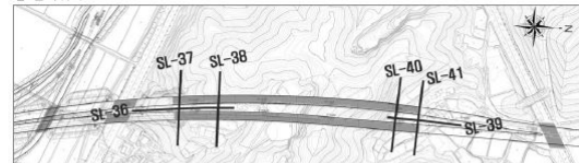
• 시추조사 결과 토사층은 2.0~7.5m 층후로 분포하며, 21+340~21+440 부근에서 깊어지는 경향을 보임
• 기반암층은 지표하 2.0~3.8m에서 출현하지만 터널통과구간의 암질상태는 불량함

3.1 탄성파탐사

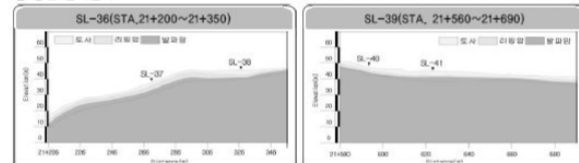
3.1.1 터널구간

○ 금촌터널

■ 탐사위치도



■ 종단 탐사결과

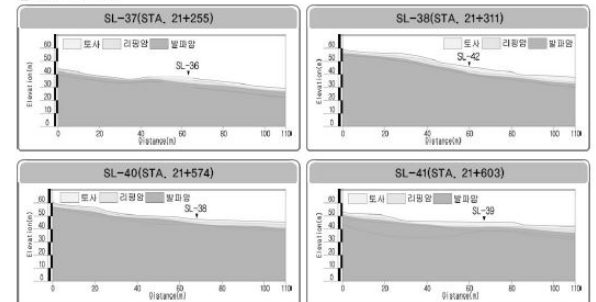


구 분		탄성파속도 (m/s)	시 점 부			중 점 부		
			추정심도(m)	층 후(m)	평균(m)	추정심도(m)	층 후(m)	평균(m)
토 사		700 이하	0.5~3.2	0.7~3.2	1.9	0.9~4.3	0.9~4.3	2.3
리핑암(중화암)		700~1,200	1.3~5.3	0.8~3.0	2.0	1.4~4.9	0.3~1.5	0.9
발파암	연 암	1,200~1,900	3.2~7.6	0.7~3.3	2.0	2.7~6.6	0.3~2.8	1.3
	보 통 암	1,900~2,900	3.6~8.1	0.3~0.7	0.5	3.1~7.1	0.4~0.8	0.5
	경 암	2,900 이상	3.6~8.1 이상	-	-	3.1~7.1 이상	-	-

■ 분석결과

- 터널 시·중점부에 비하여 터널 중앙부 및 깊숙한 리핑암 또는 발파암이 지표에 노출되는 경향을 보임
- 토사층(제2속도층) 층후는 시험부는 0.7~3.2m(평균 1.9m), 중점부 0.9~4.3m(평균 2.3m)이며, 리핑암(제2속도층) 층후는 시험부 0.8~3.0m(2.0m), 중점부 0.3~1.5m(평균 0.9m)으로 나타남. 발파암은 지표하 2.7~3.2m에서 나타날 것으로 예상됨
- 터널 중점부의 시추조사 결과와 비교하였을 때 탄성파 탐사(SL-39)결과와 일치하는 것으로 확인됨

■ 횡단 탐사결과



구 분	탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
STA. 21+255	토 사 700 이하 리핑암(중화암) 700~1,200 발 파 1,200~1,900 파 보 통 암 1,900~2,900 암 경 암 2,900 이상	0.4~2.4 0.9~4.6 2.8~6.8 3.1~7.3 3.1~7.3 이상	0.4~2.4 0.4~2.5 1.7~4.1 0.2~0.6 -	1.3 1.2 2.8 0.4 -
STA. 21+311	토 사 700 이하 리핑암(중화암) 700~1,200 발 파 1,200~1,900 파 보 통 암 1,900~2,900 암 경 암 2,900 이상	1.3~3.9 2.2~5.2 3.4~7.3 3.7~7.7 3.7~7.7 이상	1.3~3.9 0.9~2.6 0.8~2.1 0.3~0.6 -	2.3 1.5 1.4 0.4 -
STA. 21+574	토 사 700 이하 리핑암(중화암) 700~1,200 발 파 1,200~1,900 파 보 통 암 1,900~2,900 암 경 암 2,900 이상	0.7~2.2 1.9~4.5 2.5~5.5 3.8~6.7 3.8~6.7 이상	0.7~2.2 0.9~2.5 0.2~1.6 0.3~3.0 -	1.5 1.8 0.8 1.3 -
STA. 21+603	토 사 700 이하 리핑암(중화암) 700~1,200 발 파 1,200~1,900 파 보 통 암 1,900~2,900 암 경 암 2,900 이상	1.0~3.4 1.8~4.9 3.2~8.1 6.4~15.4 6.4~15.4 이상	1.0~3.4 0.3~2.7 0.4~3.2 0.5~9.8 -	2.3 1.1 2.2 4.8 -

■ 분석결과

- 토사층(제2속도층) 평균층후는 1.3~2.3m, 리핑암(제2속도층)의 층후는 1.1~1.8m, 발파암은 지표하 2.5~3.4m에 출현함
- 탄성파 속도층은 시·중점부 모두 지형과 평행한 지층 구조를 이루며, STA. 21+603과 같이 일부 계곡부 지형에서는 보통암에 해당되는 속도층이 두껍게 나타남

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내저하시험

개요

- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기초조사 자료

■ 터널구간

구분	공변	심도(m)	지층	ROD(%) / N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화암	50/8	206	290	PMT
	TTB-3	25.3	경암	94	9,290	13,000	GMJ
	TTB-4	25.0	경암	99	13,100	15,000	GMJ
	TTB-5	23.6	경암	90	8,470	9,930	GMJ
영태터널	TTB-6	18.0	경암	100	9,690	11,100	GMJ
	TTB-9	37.0	경암	93	10,400	11,100	GMJ
	TTB-14	35.0	경암	70	9,730	11,100	GMJ
	TTB-15	32.0	경암	80	8,370	9,960	GMJ

■ 교량구간

구분	공변	심도(m)	지층	ROD(%) / N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
월봉1교	BB-53	19.3	연암	27	1,026	1,076	PMT
농산2교	BB-59	4.5	풍화암	50/5	306	420	PMT
내포 IC	BB-64	10.0	회색층(실트)	4/30	2.1	-	LLT
RAMP-B3	BB-64	21.0	연암	9	624	754	PMT

■ 깎기구간

구분	공변	심도(m)	지층	ROD(%) / N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
제22깎기부	CCB-6	12.0	연암	9	743.5	1,197	PMT

○ 실시결과조사 자료

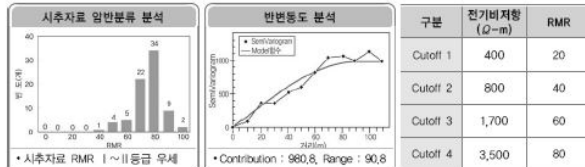
■ 터널구간

구분	공변	심도(m)	지층	ROD(%) / N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌터널	BH-239	10.0	경암	87	9,122	20,611	GMJ
터널	BH-239	45.0	경암	94	23,862	67,171	GMJ

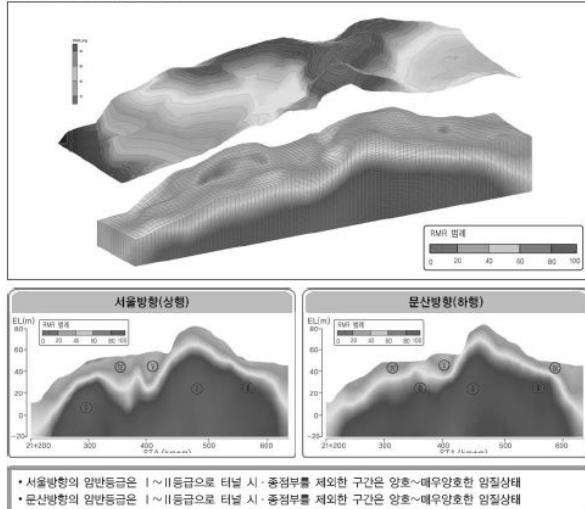
○ 금촌터널 3차원 암반등급 선정

■ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

- RMR, Q분류 등 암반분류의 과학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- 결과값이 상관성과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함



■ 터널구간 암반등급도 분석



4.8.2 점하중강도시험

개요

- 실내압축시험을 통한 일축압축강도와의 상관관계를 도출하여 본 설계지반의 강도분포 선정
- 본 설계구간의 일축압축강도 분포를 통한 암반분류의 기초자료로 활용

○ 터널구간

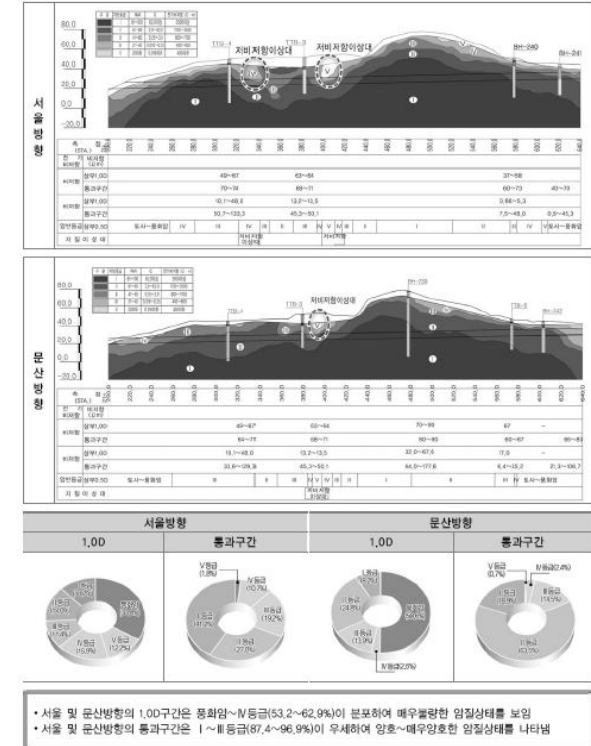
구분	공변	심도(m)	지층	Is50(MPa)	qu(MPa)
금촌터널	BH-239	6.2~6.5	경암	2.91	58.2
	BH-239	8.4~8.5	경암	2.79	55.9
	BH-239	10.5~10.7	경암	3.03	60.5
	BH-239	14.5~14.7	경암	2.13	42.7
	BH-239	15.5~15.6	경암	2.52	50.4
	BH-239	18.2~18.3	경암	2.25	45.0
	BH-239	21.5~21.6	경암	3.57	71.4
	BH-239	24.5~24.7	경암	4.27	85.3
	BH-239	27.5~27.7	경암	4.65	93.1
	BH-239	32.6~32.9	경암	5.24	104.7
	BH-239	35.8~36.0	경암	5.43	108.6
	BH-239	36.5~36.7	경암	4.89	97.8
	BH-239	41.3~41.4	경암	4.46	89.2
	BH-239	44.1~44.5	경암	6.52	130.3
	BH-239	47.5~47.8	경암	6.67	133.4
	BH-239	49.5~49.8	경암	6.39	127.2
금촌터널	BH-240	52.5~52.8	경암	6.01	120.3
	BH-239	54.5~54.8	경암	6.59	131.9
	BH-239	59.5~59.8	경암	7.06	141.2
	BH-240	2.5~2.6	연암	2.79	55.9
	BH-240	3.8~3.85	보통암	4.77	95.4
	BH-240	6.3~6.5	경암	3.88	77.6
	BH-240	10.6~10.8	경암	4.97	99.3
	BH-240	13.4~13.5	경암	2.99	59.7
	BH-240	15.4~15.5	경암	3.88	77.6
	BH-240	18.3~18.5	경암	4.38	87.7
	BH-240	21.4~21.5	경암	3.65	72.9
	BH-240	24.2~24.3	경암	4.58	91.5
	BH-240	28.7~28.8	경암	5.82	116.4
	BH-240	28.9~29.1	경암	4.81	96.2
	BH-240	31.8~32.0	경암	5.82	116.4
	BH-241	5.4~5.5	보통암	6.59	131.9
	BH-241	7.0~7.2	보통암	3.10	62.1
	BH-241	9.7~9.8	보통암	2.52	50.4
	BH-241	15.3~15.4	경암	4.07	81.5
	BH-241	15.5~15.7	경암	4.34	86.9
	BH-241	18.5~18.7	경암	5.82	116.4
	BH-241	20.1~20.4	경암	4.89	97.8
	BH-241	22.5~22.6	경암	4.19	83.8
	BH-242	6.3~6.4	연암	3.41	68.3
	BH-242	8.3~8.4	경암	3.88	77.6
	BH-242	9.5~9.7	경암	4.81	96.2
	BH-242	12.5~12.7	경암	4.54	90.8
	BH-242	15.6~15.7	경암	5.74	114.8
	BH-242	18.6~18.8	경암	6.48	129.6
	BH-242	21.5~21.7	경암	7.76	155.2
	BH-242	24.5~24.6	경암	7.18	143.5
	BH-242	27.5~27.7	경암	5.62	112.5

■ 지층별 결과분석

구분	연암		보통암		경암	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
Is50(MPa)	2.8~3.4	3.1	2.5~6.6	4.2	2.1~7.8	4.8
qu(MPa)	55.9~68.3	62.10	50.4~131.9	84.95	42.7~155.2	95.93

2.1.4 암반등급도

○ 금촌터널



4.2.2 시설물 점검이력

가. 서울방향

대상시설물은 2종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 4.2.2】 금촌터널(서울) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	1,021	금촌터널(서울)의 외관조사 결과, 갱문 재료분리, 라이닝 측벽부 박리, 백태, 공동구 덮개파손, 사면부 지하수유출, 녹생토유실 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미 흡, 초기건조수축 및 다짐불량에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보 수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	단면보수, 녹생토시공, 주의관찰
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	1,021	금촌터널(서울)의 외관조사 결과, 갱문 재료분리, 라이닝 측벽부 박리, 백태, 공동구 덮개파손, 사면부 지하수유출, 녹생토유실 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미 흡, 초기건조수축 및 다짐불량에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보 수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	단면보수, 녹생토시공, 주의관찰
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	900	- 갱문 재료분리 - 라이닝 콘크리트 측벽부 박리, 백태 - 공동구 덮개파손 - 사면부 지하수유출, 녹생토유실
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	단면보수, 녹생토시공, 주의관찰

나. 문산방향

대상시설물은 2종 시설물로서 2020년 11월 준공이후 기준에 따라 3회(정기안전점검 3회)의 점검을 주기적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 4.2.3】 금촌터널(문산) 점검이력사항

번호	점검구분	점검 기관명	비용 (천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임 기술자	안전 등급	주요 보수보강(안)
1	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	993	금촌터널(문산)의 외관조사 결과, 갭문 파손, 라이닝 측벽 부 백태, 공동구 덮개파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 03. 22 2021. 06. 30	이상훈	양호	백태보수, 단면보수
2	정기안전점검 (하반기)	(주)명성 엔지니어링	993	금촌터널(문산)의 외관조사 결과, 갭문 파손, 라이닝 측벽 부 백태, 공동구 덮개파손 등의 손상이 조사되었으며, 기 손상은 시공미흡 및 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.
	2021. 08. 23 2021. 11. 24	이상훈	양호	백태보수, 단면보수
3	정기안전점검 (상반기)	(주)명성 엔지니어링	900	- 갭문 파손 - 라이닝 콘크리트 측벽부 백태 - 공동구 덮개파손
	2022. 03. 02 2022. 06. 15	손기영	양호	백태보수, 단면보수

4.2.3 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

가. 서울방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

나. 문산방향

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 측점분할 및 부재치수를 실측하여 설계도면과 비교·검토하였으며, 시공상태를 확인함. 설계도면과 일치시 설계도면을 기준으로 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○시설물관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경사항 등에 관한 검토를 통해 적합한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 손상에 대해서는 진전여부에 대한 주기적인 관찰이 필요하고, 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향을 설정하였다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검은 총 3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

4.2.4 시설물 보수 이력

가. 서울방향

【표 4.2.4】 금촌터널(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

나. 문산방향

【표 4.2.5】 금촌터널(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

4.2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 4.2.6】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
· 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

4.3 현장조사

4.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 검토 자료를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 현장조사를 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S01~S43(서울) S01~S44(문산)	도보, 고소점검차	2022.10.13	
			
통제 전경		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
터널 라이닝 비파괴시험		터널 라이닝 비파괴시험	

【그림 4.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

나. 터널 구간 분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 비파괴 시험, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 터널 내에 측점포시 또는 구간이 명확하게 구분되어 있지 않는 경우는 구간분할에 따른 오차를 최소화할 수 있도록 구분되어야 하며 통상적으로 현장에서 직접 확인이 가능한 시공(신축)이음부를 기준으로 분할하는 것이 타당하다. 본 터널은 서울방향 364.0m(43SPAN), 문산방향 354.0m(44SPAN)로 다음 그림과 같이 분할하였다.

SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근
S01	9.0	철근	S16	9.0	무근	S31	9.1	무근
S02	8.1	철근	S17	9.0	무근	S32	9.0	무근
S03	9.1	철근	S18	9.1	무근	S33	9.0	무근
S04	8.0	철근	S19	9.0	무근	S34	9.0	무근
S05	8.4	철근	S20	9.1	무근	S35	9.0	무근
S06	9.2	무근	S21	9.0	무근	S36	9.0	무근
S07	9.0	무근	S22	9.1	무근	S37	9.1	무근
S08	9.0	무근	S23	8.0	무근	S38	9.0	무근
S09	9.0	무근	S24	8.2	무근	S39	8.5	무근
S10	9.1	무근	S25	9.0	무근	S40	8.5	무근
S11	9.1	무근	S26	9.0	무근	S41	8.6	철근
S12	9.1	무근	S27	9.2	무근	S42	3.1	철근
S13	8.0	무근	S28	9.0	무근	S43	2.9	철근
S14	9.1	무근	S29	9.0	무근	—	—	—
S15	9.0	무근	S30	8.0	무근	—	—	—

【그림 4.3.2】 서울방향 Span별 시공현황

SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근	SPAN No.	SPAN 길이(m)	철근/무근
S01	9.1	철근	S16	9.0	무근	S31	7.0	철근
S02	7.9	철근	S17	8.9	무근	S32	7.0	철근
S03	6.0	철근	S18	9.0	무근	S33	7.9	무근
S04	6.9	철근	S19	9.1	무근	S34	9.0	무근
S05	7.0	철근	S20	8.0	무근	S35	8.9	무근
S06	7.7	철근	S21	8.4	무근	S36	9.1	무근
S07	9.1	철근	S22	7.9	무근	S37	9.0	무근
S08	8.0	무근	S23	7.9	무근	S38	9.3	무근
S09	9.1	무근	S24	8.0	무근	S39	9.3	무근
S10	8.9	무근	S25	8.0	무근	S40	9.2	무근
S11	9.0	무근	S26	7.9	무근	S41	8.8	무근
S12	9.0	무근	S27	8.0	무근	S42	8.5	철근
S13	8.9	무근	S28	7.8	무근	S43	3.0	철근
S14	9.0	무근	S29	8.6	무근	S44	2.9	철근
S15	8.9	무근	S30	7.0	철근	—	—	—

【그림 4.3.3】 문산방향 Span별 시공현황

4.3.2 서울방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 300mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다. 주요 점검사항으로는 라이닝 균열 및 누수여부, 조인트부 박리, 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



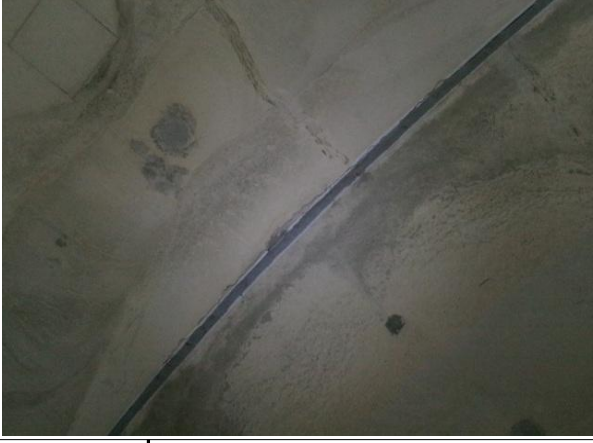
【사진 4.3.1】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 보수부 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만, 이상), 조인트부 들뜸 및 재들뜸, 백태 손상이 조사되었다. 또한, 금회 현장조사에서 고소차를 통한 근접조사로 인해 재균열 손상이 다수 조사된 것으로 확인되었다.

【표 4.3.1】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	7.0	2	건조수축 및 온도변화	
	균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	10.0	1	건조수축 및 온도변화	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	9.0	1	보수재 열화	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	133.0	28	보수재 열화	
	백태	m ²	0.47	38	외기침투	
	조인트부 들뜸, 재들뜸	m ²	0.23	24	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S14 천단부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S24 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	주입보수
			
현 황	S36 천단부 재균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S40 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축, 보수재 열화	원 인	건조수축, 보수재 열화
대 책	표면보수	대 책	주입보수
			
현 황	S30 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S02 천단부 백태
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	라이닝 표면 외기침투
대 책	단면보수	대 책	표면보수

【사진 4.3.2】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열 및 재균열 등이 조사되었으며, 균열은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축에 의한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸 및 재들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 백태 손상은 라이닝 시공흔적 부위에 외기의 침투로 인해 발생한 것으로 판단되며, 현재는 경미한 상태이나, 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.3】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 균열(폭 0.3mm미만) 손상이 주로 발생되었으며, 국부적으로 콘크리트 박리, 백태 손상이 조사되었다.

【표 4.3.2】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	35.0	23	건조수축 및 온도변화	
	콘크리트 박리	m ²	0.2	1	조인트부 시공미흡	
	백태	m ²	0.08	1	외기침투	

			
현 황	S24 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S40 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	표면처리	대 책	표면처리
			
현 황	S01 측벽부 백태	현 황	S24 측벽부 박리
원 인	라이닝 표면 외기침투	원 인	조인트부 시공미흡
대 책	표면보수	대 책	단면보수

【사진 4.3.4】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열이며, 국부적으로 조인트부 박리 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.
- 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 박리는 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갭문

본 터널의 갭문은 시·종점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 4.3.5】 갭문 전경

① 조사결과

갭문 외관조사 결과, 대체로 양호한 것으로 조사되었으며, 일부 구간에서 경미한 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 조사된 손상으로는 균열 및 망상균열, 재료분리 손상이 발생되었으며, 기 점검이후 신규 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

【표 4.3.3】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	균열(cw=0.3mm이상)	m	2.2	1	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	1.2	2	건조수축 및 온도변화	
	재료분리	m ²	1.44	1	시공 미흡	

			
현 황	중점측 갯문 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	시점측 갯문 망상균열
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축 및 온도변화
대 책	주입보수	대 책	표면보수
			
현 황	시점측 갯문 망상균열	현 황	중점측 갯문 재료분리
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	시공미흡
대 책	표면보수	대 책	단면보수

【사진 4.3.6】 갯문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갯문의 경우 균열, 망상균열, 재료분리 손상이 조사되었으며, 손상의 원인으로는 초기 건조 수축 및 시공미흡으로 판단되며, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 조사되었다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.7】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 공용중 발생한 녹색토 유실은 임시보수를 실시하였다. 기 점검시 확인된 누수부는 현재는 스며있는 상태로 확인되었다.

【표 4.3.4】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	누수	EA	1	1	지하수 유출	

② 손상 발생원인 및 대책방안

개문 주위 사면 상태는 양호한 상태이며, 현재 임시보수 구간은 추가 유실 및 미관을 고려한 조치가 필요한 것으로 판단된다. 또한, 누수부는 현재 스며있는 상태로, 시급한 조치보다는 지속적인 주의관찰을 실시한다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.8】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 기 점검이후 균열, 덮개 파손 등의 손상이 조사되었으며, 배수시설의 경우 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.5】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	균열(cw=0.3mm이상)	m	0.6	1	건조수축 및 온도변화	
	덮개 파손	EA	11	11	공용중 외부충격	

현 황	S8공동구 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S39 공동구 덮개 파손
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	공용중 외부충격
대 책	주입보수	대 책	덮개 교체

【사진 4.3.9】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 발생한 균열 및 덮개 파손은 시공초기 건조수축 및 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 손상부는 내구성 확보 및 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 차량의 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 나란하게 종방향 타이닝을 시공한 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장패임 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.10】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 전반적으로 손상이 없는 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 경미한 파손 손상이 조사되었다.

【표 4.3.6】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	파손	m ²	0.04	1	공용년수 증가로 인한 재료열화	

			
현 황	S43 포장부 갓길측 파손	현 황	포장부 갓길측 전경
원 인	공용년수 증가로 인한 재료열화	원 인	-
대 책	단면보수	대 책	-

【사진 4.3.11】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

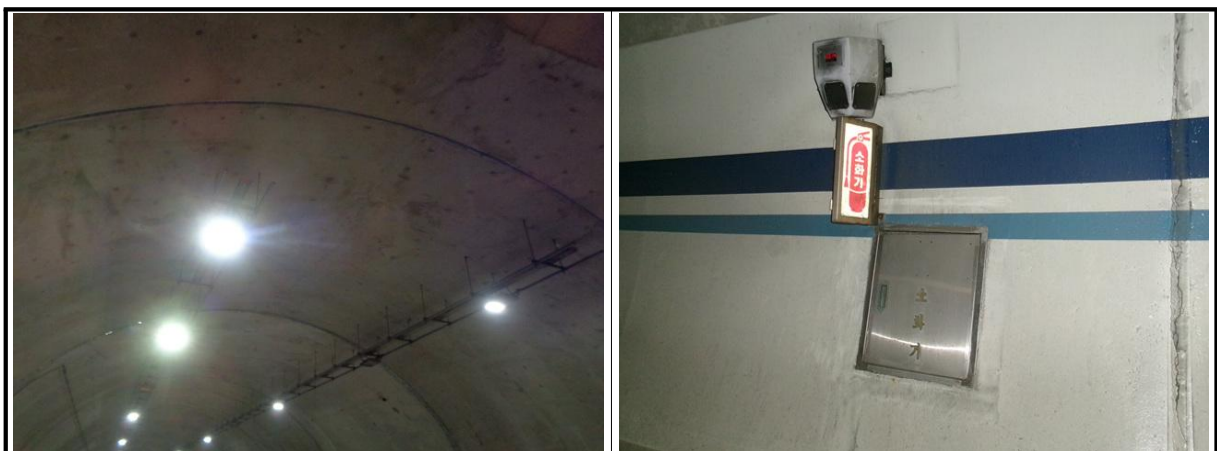
콘크리트 포장에 발생한 파손은 공용년수 증가로 인한 재료열화, 시공이음부 구간 시공미흡에 의해 발생한 것으로 판단되며, 시급한 보수보다는 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



【사진 4.3.12】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 터널 내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 4.3.7】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—

【사진 4.3.13】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

4.3.3 문산방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

본 터널의 라이닝 두께는 300mm이며, 천단부 외관조사시 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였으며, 라이닝 균열 및 누수여부, 박리, 박락, 철근노출, 배부름 및 변형 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



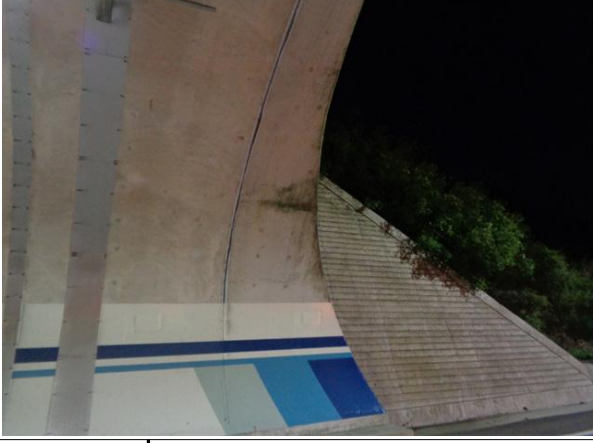
【사진 4.3.14】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 재균열(폭 0.3mm미만, 이상), 백태, 국부적으로 콘크리트 들뜸 손상이 조사되었다.

【표 4.3.8】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	18.5	3	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	27.0	3	건조수축 및 온도변화	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	보수미흡	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	54.0	6	보수미흡	
	백태	m ²	0.21	4	외기침투	
	조인트부 들뜸, 박리	m ²	0.85	6	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S07 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S21 천단부 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	주입보수	대 책	표면보수
			
현 황	S27 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S15 천단부 백태
원 인	보수재료 열화	원 인	손상부 외기침투
대 책	주입보수	대 책	표면보수
			
현 황	S18 천단부 박리	현 황	S20 천단부 조인트부 들뜸
원 인	라이닝 표면열화	원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 4.3.15】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 일부 구간에서 재균열 등이 조사되었다. 라이닝 균열은 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 조인트부에 발생한 들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다.
- 라이닝에 발생한 백태, 박리 손상은 손상부로 외기의 침투 및 표면열화에 의한 발생한 것으로 판단되며, 라이닝의 내구성 저하방지를 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관을 고려한 도장재료로 표면을 마감하였으며, 운전자의 편안한 시야를 위해 흰색 계열의 도장재를 사용하였다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.16】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 대체로 손상이 없는 양호한 상태이며, 일부 구간에서 경미한 백태가 발생한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.9】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	백태	m ²	0.14	14	균열부 우수유입	

			
현 황	S02 측벽부 백태	현 황	우측벽 상태양호
원 인	라이닝 표면 외기침투	원 인	—
대 책	표면처리	대 책	—

【사진 4.3.17】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부 하단에 발생한 백태는 라이닝의 표면으로 외기가 침투하여 발생한 것으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

다. 터널주변

1) 갯문

본 터널의 갯문은 시·중점부 모두 먼벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 4.3.18】 갯문 전경

① 조사결과

갯문 외관조사 결과, 기 점검이후 신규 손상은 발생하지 않은 양호한 상태이며, 기 조사된 파손 손상이 확인되었다.

【표 4.3.10】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	파손	m ²	0.08	2	외부 충격	

			
현 황	시점측 갯문 파손	현 황	중점측 갯문 배수로 상태양호
원 인	외부 충격	원 인	—
대 책	단면보수	대 책	—

【사진 4.3.19】 갯문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갯문의 경우 시점측 하단부에 파손 손상이 조사되었으며, 외부 충격에 의한 것으로 판단된다. 손상부에 대해서는 손상 확대방지를 위한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 판단된다. 터널부 사면의 외관조사시 사면의 파괴징후 및 손상 발생여부에 대해 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.20】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 4.3.11】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	상태양호	—	—	—	—	

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널 사면의 경우 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

본 터널의 좌·우벽체 하단부에 위치한 공동구 및 배수시설에 대한 효율적인 유지관리를 위해 설치된 시설물로 공동구 덮개 파손, 본체 콘크리트 파손, 배수구 막힘 등에 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.21】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 균열, 들뜸 및 파손 손상이 조사되었으며, 일부 구간에서 덮개 파손이 조사되었다. 배수시설의 경우 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 4.3.12】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	m	0.5	1	건조수축 및 온도변화	
	들뜸, 파손	m ²	0.15	2	공용중 외부충격	
	덮개 파손	EA	2	2	공용중 외부충격	

			
현 황	S40 공동구 덮개 파손	현 황	S08 공동구 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	공용중 외부충격	원 인	건조수축, 온도변화
대 책	덮개 교체	대 책	표면보수

【사진 4.3.22】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구는 균열이 일부 확인되었으며, 공용중 외부 충격 등에 의해 파손, 덮개 파손 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 점검자의 안전사고 예방차원에서 파손된 덮개에 대해서는 교체가 바람직 할 것으로 판단되며, 그 외 손상에 대해서도 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

라. 부대시설

1) 포장부

본 터널의 포장부는 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 운전자 시선 유도효과 및 소음감소, 운전 편의성 향상, 주행 접지력 향상을 목적으로 차량의 주행방향과 수평하게 종방향 타이닝으로 시공된 상태이다. 포장부 외관조사 시, 균열 및 파손, 토사퇴적, 포장파임 등에 중점을 두고 외관 조사를 실시하였다.



【사진 4.3.23】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 갓길측에 발생한 균열 손상은 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었으며, 그 외 균열, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 4.3.13】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	균열	m	1.5	3	건조수축 및 온도변화	
	파손	m ²	0.02	1	중차량 반복통행, 공용기간 증가	

			
현 황	S41 포장부 갓길측 균열	현 황	S04 포장부 파손
원 인	건조수축, 온도변화	원 인	중차량 반복통행, 공용기간 증가
대 책	주입보수	대 책	단면보수

【사진 4.3.24】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장에 발생한 균열, 파손 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 통과차량의 주행성 확보를 위해 보수가 필요하다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 기타 부속시설

본 터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 이정표지판 등이 설치되어 있다.



【사진 4.3.25】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 터널내부 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

【표 4.3.14】 기타 부속시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
부속시설	상태양호	—	—	—	—	

			
현 황	조명시설 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

【사진 4.3.26】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 부속시설에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

4.3.4 외관조사 총괄표

가. 서울방향

【표 4.3.15】 서울방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	7.0	2	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	10.0	1	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	133.0	28	
	백태	m ²	0.47	38	
	조인트부 들뜸, 재들뜸	m ²	0.23	24	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	35.0	23	
	콘크리트 박리	m ²	0.2	1	
	백태	m ²	0.08	1	
갯문	균열(cw=0.3mm이상)	m	2.2	1	
	망상균열	m ²	1.2	2	
	재료분리	m ²	1.44	1	
사면	누수	EA	1	1	
공동구	균열(cw=0.3mm이상)	m	0.6	1	
	덜개 파손	EA	11	11	
포장부	파손	m ²	0.04	1	

나. 문산방향

【표 4.3.16】 문산방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	18.5	3	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	27.0	3	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	54.0	6	
	백태	m ²	0.21	4	
	조인트부 들뜸, 박리	m ²	0.85	6	
라이닝 측벽부	백태	m ²	0.14	14	
갯문	파손	m ²	0.08	2	
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	m	0.5	1	
	들뜸, 파손	m ²	0.15	2	
	덮개 파손	EA	2	2	
포장부	균열	m	1.5	3	
	파손	m ²	0.02	1	

4.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

4.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 4.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

구분	분석방법	기준수량			실행수량
측점분할	—	5~20m 간격			
반발경도 시험	반발경도법	총수량 = (총연장 ÷ 300)개소	3개소		3개소
탄산화깊이 측정	페놀프탈레인법	총연장 1,000미만 = 2개소 총연장 1,000이상 최소 2개소 + 1,000m당 1개소 추가	2개소		2개소

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

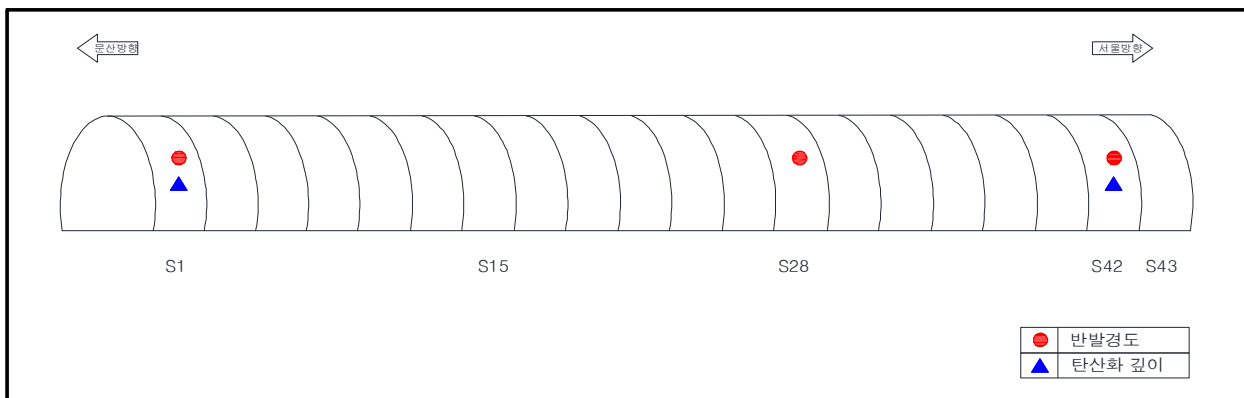
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 천단부 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 조사 사진

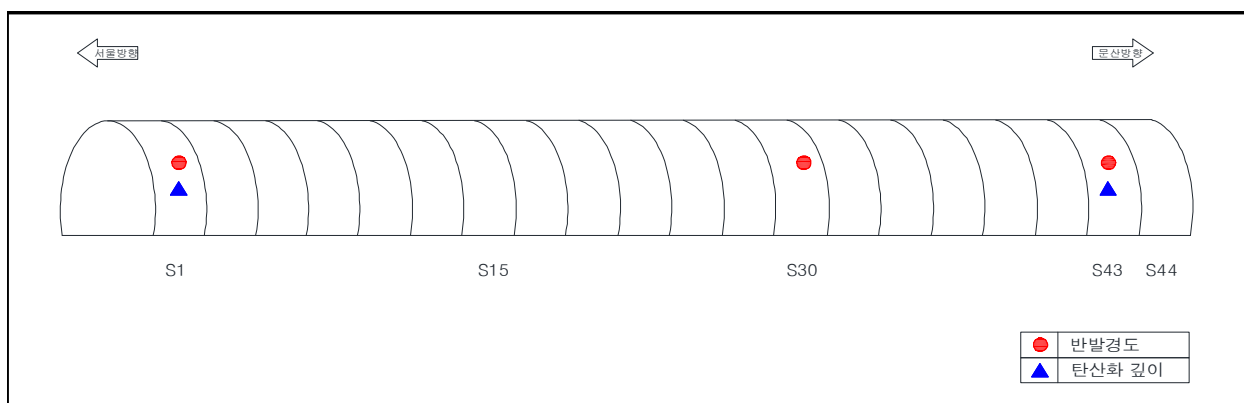


【사진 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울)



【그림 4.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산)

4.4.2 시험결과 및 분석

가. 서울방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발강도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 4.4.2】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S1 라이닝	45.4	26.5	28.3	0.67	24.0	
	S28 라이닝	45.5	26.6	28.4	0.67		
	S42 라이닝	47.1	28.0	29.1	0.67		
	평 균	46.0	27.0	28.6	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 27.0~28.6MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 4.4.3】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	27.0~28.6	24.0	112.5~119.2

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 4.4.4】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S1	1.5	60.0	58.5	1.06	100년이상	a
	S42	1.0	60.0	59.0	0.71	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 1.0mm~1.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 4.4.5】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	1.0~1.5	58.5~59.0	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발강도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 4.4.6】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S1 라이닝	44.9	26.1	28.1	0.67	24.0	
	S30 라이닝	45.0	26.2	28.1	0.67		
	S43 라이닝	45.0	26.2	28.1	0.67		
	평 균	45.0	26.2	28.1	—		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.2~28.1MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

따라서, 금회 시험을 실시한 라이닝 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 4.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	26.2~28.1	24.0	109.1~117.1

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 4.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
라 이 닝	S1	2.0	60.0	58.0	1.41	100년이상	a
	S43	1.5	60.0	58.5	1.06	100년이상	a

측정결과, 탄산화깊이는 1.5~2.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 4.4.9】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	1.5~2.0	58.0~58.5	

② 기 점검결과와의 비교

금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

4.5 현장조사 및 시험 결과요약

4.5.1 서울방향

가. 외관조사 결과요약

【표 4.5.1】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	7.0	2	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	10.0	1	주입보수
	재 균열	cw=0.3mm미만	보수재 열화	m	9.0	1	표면보수
		cw=0.3mm이상	보수재 열화	m	133.0	28	주입보수
	백태		외기침투	m ²	0.47	38	표면보수
	조인트부 들뜸, 재들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.23	24	단면보수
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	35.0	23	표면보수
	콘크리트 박리		조인트부 시공미흡	m ²	0.2	1	단면보수
	백태		외기침투	m ²	0.08	1	표면보수
갯문	균열(cw=0.3mm이상)		건조수축 및 온도변화	m	2.2	1	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	1.2	2	표면보수
	재료분리		시공 미흡	m ²	1.44	1	단면보수
사면	누수		지하수 유출	EA	1.0	1	주의관찰
공동구	균열(cw=0.3mm이상)		건조수축 및 온도변화	EA	0.6	1	주입보수
	덮개 파손		공용중 외부충격	m	11	11	재설치
포장부	파손		공용년수 증가로 인한 재료열화	EA	0.04	1	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 4.5.2】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
금촌 터널 (서울)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	27.0~28.6	fck=24.0	· 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		58.5~59.0 (잔여깊이)	a 등급	· 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

4.5.2 문산방향

가. 외관조사 결과요약

【표 4.5.4】 외관조사 결과요약

구 분	결합내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	18.5	3	
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	27.0	3	
	재 균열	cw=0.3mm미만	보수미흡	m	9.0	1	
		cw=0.3mm이상	보수미흡	m	54.0	6	
	백태		외기침투	m ²	0.21	4	
	조인트부 들뜸, 박리		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.85	6	
라이닝 측벽부	백태		균열부 우수유입	m ²	0.14	14	
갯문	파손		외부 충격	m ²	0.08	2	
공동구	균열(cw=0.3mm미만)		건조수축 및 온도변화	m	0.5	1	
	들뜸, 파손		공용중 외부충격	m ²	0.15	2	
	덮개 파손		공용중 외부충격	EA	2	2	
포장부	균열		건조수축 및 온도변화	m	1.5	3	
	파손		중차량 반복통행, 공용기간 증가	m ²	0.02	1	

나. 내구성조사 결과요약

【표 4.5.5】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
금촌터널 (문산)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	26.2~28.1	fck=24.0	• 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		58.0~58.5 (잔여깊이)	a 등급	• 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

4.6 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.6.1 상태평가 등급산정

가. 서울방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스판 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 4.6.1】 서울방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
금촌터널 (서울)	NATM(철근)	S01~S05, S41~S43	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S06~S40	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S1~S3	a	a	a	a	a	b	a	a	a	0	a
S4~S5	c	a	a	a	b	a	a	a	—	6	b
S41~S43	b	a	a	a	a	a	a	a	a	4	a

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.6.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질 열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
S6~S8	c	a	b	a	b	a	a	6	b
S9~S11	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S12~14	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S15~S17	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S18~S20	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S21~S23	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S24~S26	c	a	a	a	a	a	a	7	b
S27~S29	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S30~S32	c	a	b	a	a	a	a	6	b
S33~S35	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S36~S38	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S39~S40	c	a	a	a	a	a	a	6	b

나. 문산방향

1) 구간분할

정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 본 시설물은 NATM형식의 터널로 시공되었으며 철근구간과 무근구간, 부가시설물에 대한 스판 개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음과 같다.

【표 4.6.4】 문산방향 구간현황

구분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
금촌터널 (문산)	NATM(철근)	S01~S07, S30~S32 S42~S44	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S08~S29, S33~S41	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.6.5】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
S1~S3	a	a	a	a	a	b	a	a	a	0	a
S4~S5	a	a	a	a	b	a	a	a	—	0	a
S6~S7	c	a	b	a	a	a	a	a	—	6	b
S30~S32	a	a	a	a	b	a	a	a	—	0	a
S42~S44	b	a	a	b	a	a	a	a	a	4	a

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.6.6】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
S8~S10	a	a	a	a	b	a	a	0	a
S11~S13	c	a	b	a	b	a	a	6	b
S14~S16	b	a	a	a	b	a	a	4	a
S17~S19	a	a	a	a	a	a	a	0	a
S20~S22	b	a	b	a	a	a	a	4	a
S23~S25	c	a	b	a	a	a	a	6	b
S26~S27	c	a	a	a	a	a	a	6	b
S28~S29	c	a	a	a	b	a	a	6	b
S33~S35	a	a	a	a	a	a	a	0	a
S36~S38	a	a	a	a	a	a	a	0	a
S39~S41	c	a	a	a	a	a	a	6	b

4.6.2 상태평가 결과

가. 서울방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
8	3.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	5.330
															0.124

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
35	6.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	8.080
													0.238

3) 터널 상태평가 결과

금촌터널(서울)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.124	28.5	0.078	0.229	B
무근콘크리트	0.238	335.5	0.922		

나. 문산방향

1) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분 리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산 화	
13	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	4.000
															0.093

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
31	3.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	5.450
													0.160

3) 터널 상태평가 결과

금촌터널(문산)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.093	62.5	0.177	0.149	A
무근콘크리트	0.160	291.5	0.823		

4.6.3 상태평가 결과요약

본 과업대상은 초기점검 이후로 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 현장조사 및 시험을 토대로 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편(2021.12)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결합도 점수를 산출하였다.

가. 서울방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결합지수 0.229로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B등급(양호, $0.15 < \text{결합지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결합지수 0.149로 “문제점이 없는 최상의 상태”인 A등급(우수, $0.00 < \text{결합지수} \leq 0.15$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

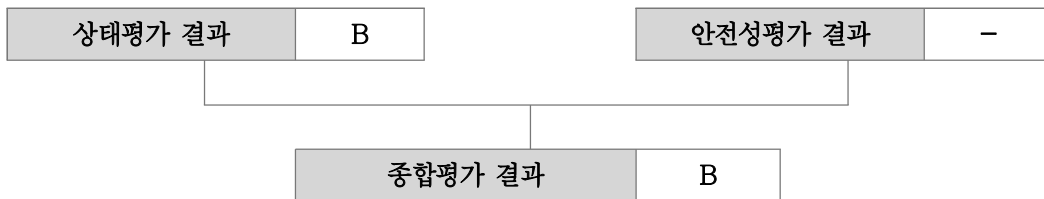
- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

4.7 종합평가 및 안전등급 지정

4.7.1 종합평가 결과

가. 서울방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하였으며, 그 다음과 같다.

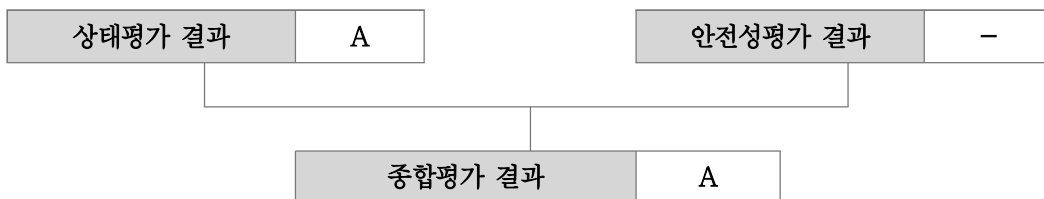


【그림 4.7.1】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

나. 문산방향

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하였으며, 그 다음과 같다.



【그림 4.7.2】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “A등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

4.7.2 안전등급 지정

가. 서울방향

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

【표 4.7.1】 서울방향 안전등급 지정

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

나. 문산방향

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

【표 3.7.2】 문산방향 안전등급 지정

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

4.8 보수·보강 및 유지관리방안

4.8.1 보수·보강 방안

가. 서울방향

【표 4.8.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	7.0	2	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	10.0	1	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	133.0	28	주입보수	하자
	백태	m ²	0.47	38	표면보수	하자
	조인트부 들뜸, 채들뜸	m ²	0.23	24	단면보수	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	35.0	23	표면보수	하자
	콘크리트 박리	m ²	0.2	1	단면보수	하자
	백태	m ²	0.08	1	표면보수	하자
갯문	균열(cw=0.3mm이상)	m	2.2	1	주입보수	하자
	망상균열	m ²	1.2	2	표면보수	하자
	재료분리	m ²	1.44	1	단면보수	하자
사면	누수	EA	1	1	주의관찰	하자
공동구	균열(cw=0.3mm이상)	m	0.6	1	주입보수	하자
	덮개 파손	EA	11	11	재설치	하자
포장부	파손	m ²	0.04	1	단면보수	하자

나. 문산방향

【표 4.8.2】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	18.5	3	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	27.0	3	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	9.0	1	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	54.0	6	주입보수	하자
	백태	m ²	0.21	4	표면보수	하자
	조인트부 들뜸, 박리	m ²	0.85	6	단면보수	하자
라이닝 측벽부	백태	m ²	0.14	14	표면보수	하자
갯문	파손	m ²	0.08	2	단면보수	하자
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	m	0.5	1	표면보수	하자
	들뜸, 파손	m ²	0.15	2	단면보수	하자
	덮개 파손	EA	2	2	재설치	하자
포장부	균열	m	1.5	3	주입보수	하자
	파손	m ²	0.02	1	단면보수	하자

4.8.2 개략공사비

가. 서울방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 4.8.3】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	7.0	2.63	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	10.0	15.00	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	9.0	3.38	m²	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	133.0	199.50	m	—	—	하자
	백태	표면보수	0.47	0.71	m²	—	—	하자
	조인트부 들뜸, 채들뜸	단면보수	0.23	0.35	m²	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	35.0	13.13	m²	—	—	하자
	콘크리트 박리	단면보수	0.2	0.30	m²	—	—	하자
	백태	표면보수	0.08	0.12	m²	—	—	하자
갯문	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	2.2	3.30	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	1.2	1.80	m²	—	—	하자
	재료분리	단면보수	1.44	2.16	m²	—	—	하자
사면	누수	주의관찰	1	1.50	EA	—	—	하자
공동구	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	0.6	0.90	m	—	—	하자
	덮개 파손	재설치	11	6	EA	—	—	하자
포장부	파손	단면보수	0.04	0.06	m²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비에서 제외함.

나. 문산방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 4.8.4】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상 내용	보수 방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	18.5	6.94	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	27.0	40.50	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	9.0	3.38	m²	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	54.0	81.00	m	—	—	하자
	백태	표면보수	0.21	0.32	m²	—	—	하자
	조인트부 들뜸, 박리	단면보수	0.85	1.3	m²	—	—	하자
라이닝 측벽부	백태	표면보수	0.14	0.21	m²	—	—	하자
갯문	파손	단면보수	0.08	0.12	m²	—	—	하자
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	0.5	0.19	m²	—	—	하자
	들뜸, 파손	단면보수	0.15	0.22	m²	—	—	하자
	덮개 파손	재설치	2	3.00	EA	—	—	하자
포장부	균열	주입보수	1.5	2.25	m	—	—	하자
	파손	단면보수	0.02	0.03	m²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		—		—		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
	합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)		—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비에서 제외함.

4.8.3 유지관리방안

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

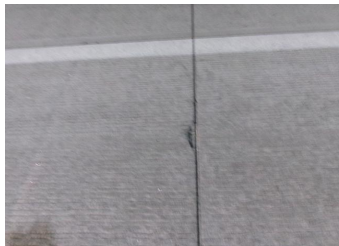
가. 서울방향

【표 4.8.5】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 재균열 •조인트부 들뜸, 박락 •백태	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열 •콘크리트 박리, 백태	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•균열, 망상균열 •재료분리	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
공동구	•균열 및 덮개 파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

나. 문산방향

【표 4.8.6】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 재균열 •조인트부 들뜸, 박리 •백태	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•백태	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
공동구	•균열, 들뜸 및 파손 •덮개 파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 균열, 파손	•정기 및 차기 정밀점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

4.9 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 금릉동~아동동에 위치하며 연장 364.0m(서울), 354.0m(문산), 폭 10.7m, 높이 6.5m의 터널로, 종단선형은 약 2.5% 경사를 이루고 있다. 터널본선은 NATM으로 시공된 난형식의 터널로서, 시점측 갱문형식은 원통절개식, 종점측 갱문형식은 면벽식으로 시공되었고, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 2중 터널시설물이다. 금회 정밀안전점검에서 시공 자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

4.9.1 서울방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요손상은 균열 및 재균열 등이 조사되었으며, 균열은 경화된 이후 온도변화에 따른 건조수축에 의한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 표면보수, 주입보수 등의 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸 및 재들뜸의 경우 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 내구성 확보 차원의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 백태 손상은 라이닝 시공흔적 부위에 외기의 침투로 인해 발생한 것으로 판단되며, 현재는 경미한 상태이나, 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부에 발생한 주요 손상은 균열이며, 국부적으로 조인트부 박리 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 표면 양생미흡, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 박리는 콘크리트 라이닝의 내구성 저하방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

2) 갱문

- 갱문의 경우 균열, 망상균열, 재료분리 손상이 조사되었으며, 손상의 원인으로는 초기 건조수축 및 시공미흡으로 판단되며, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

3) 사면

- 갯문 주위 사면 상태는 양호한 상태이며, 현재 임시보수 구간은 추가 유실 및 미관을 고려한 조치가 필요한 것으로 판단된다. 또한, 누수부는 현재 스며있는 상태로, 시급한 조치보다는 지속적인 주의관찰을 실시한다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구에 발생한 균열 및 덮개 파손은 시공초기 건조수축 및 공용중 외부충격 등에 의한 것으로 판단되며, 손상부는 내구성 확보 및 안전사고 예방차원에서 조치가 필요하다.

5) 포장면

- 콘크리트 포장에 발생한 파손은 공용년수 증가로 인한 재료열화, 시공이음부 구간 시공미흡에 의해 발생한 것으로 판단되며, 시급한 보수보다는 주의관찰 후 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 27.0~28.6MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 1.0mm~1.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 "B등급"으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.229 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 금촌터널(서울)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
 - ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 금촌터널(서울)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 금촌터널(서울)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

4.9.2 문산방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요손상은 종방향 균열이며, 일부 구간에서 재균열 등이 조사되었다. 라이닝 균열은 콘크리트 경화이후 온도변화에 따른 건조수축으로 인한 구속과 시공초기에 발생한 비구조적 균열로 판단된다. 기 발생한 균열 손상은 구조물의 안전성에는 미치는 영향은 적으나, 장기적으로 내구성 저하방지를 위한 적절한 조치가 필요하다. 조인트부에 발생한 들뜸은 시공시 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 건조수축, 보수재료의 열화 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 기 발생한 손상의 경우 구조물의 안전성을 저해할 만한 손상은 아니나, 손상부의 진전으로 콘크리트 낙하시 2차피해가 우려되므로 단면보수 등의 조치를 실시한다. 라이닝에 발생한 백태, 박리 손상은 손상부로 외기의 침투 및 표면열화에 의한 발생한 것으로 판단되며, 라이닝의 내구성 저하방지를 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 측벽부 하단에 발생한 백태는 라이닝의 표면으로 외기가 침투하여 발생한 것으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 갭문

- 갭문의 경우 시점측 하단부에 파손 손상이 조사되었으며, 외부 충격에 의한 것으로 판단된다. 손상부에 대해서는 손상 확대방지를 위한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등의 파괴징후와 토사유실 및 붕괴 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구는 균열이 일부 확인되었으며, 공용중 외부 충격 등에 의해 파손, 덮개 파손 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 점검자의 안전사고 예방차원에서 파손된 덮개에 대해서는 교체가 바람직 할 것으로 판단되며, 그 외 손상에 대해서도 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 포장면

- 콘크리트 포장에 발생한 균열, 파손 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행에 의해 발생한 것으로 판단되며, 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상은 통과차량의 주행성 확보를 위해 보수가 필요하다.

6) 부속시설

- 터널 어깨부 좌, 우측으로 설치되어 있는 조명시설의 점등 상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 그 외 구간은 차량 운행에 대한 충분한 조도를 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 소화시설 점검결과, 터널내부 차량 화재시 진압을 위한 소화설비는 측벽부에 설치되어 있으며, 내부에 분말소화기 2조가 비치되어 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 26.2~28.1MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 1.5~2.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 "A등급"으로 평가되었으며, 환산결함도 점수는 0.149 로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

- 금촌터널(문산)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
 - ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ② 라이닝 조인트부 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려

라. 결론

- 금촌터널(문산)은 준공이후 약 2년의 공용기간이 경과한 시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 보수를 요하는 비구조적인 손상이 조사된 상태로서 기 발생한 손상에 대해서는 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태이다.
- 본 터널의 상태평가 결과를 종합적으로 평가하여 금촌터널(문산)의 안전등급을 산정하면 「A」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

4.9.3 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

4.9.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.