

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

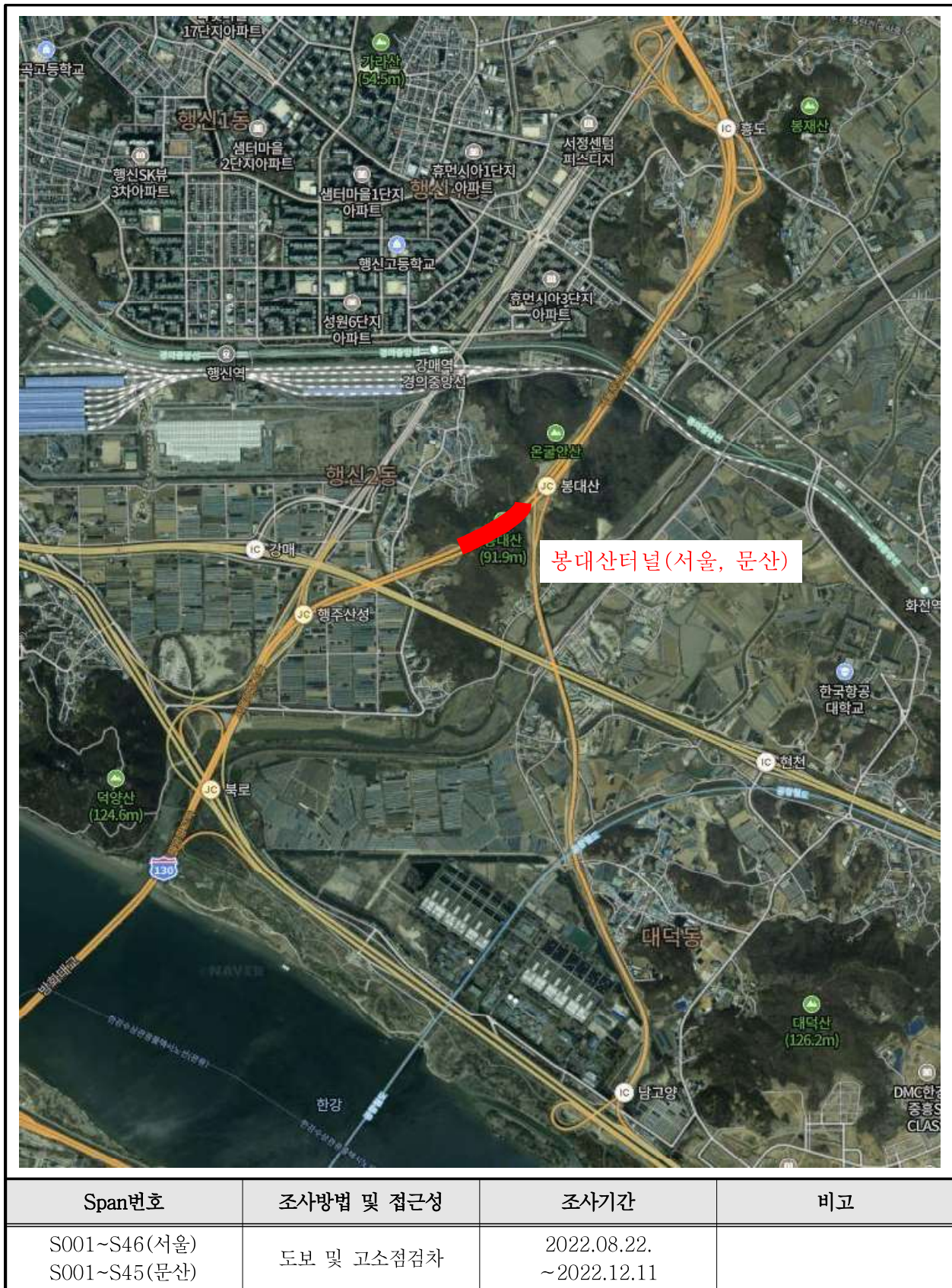
【표 1.1.1】 봉대산터널(서울) 일반사항

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	

1.1.2 위치도 및 전경사진



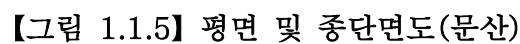
【그림 1.1.1】 위치도

	
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)



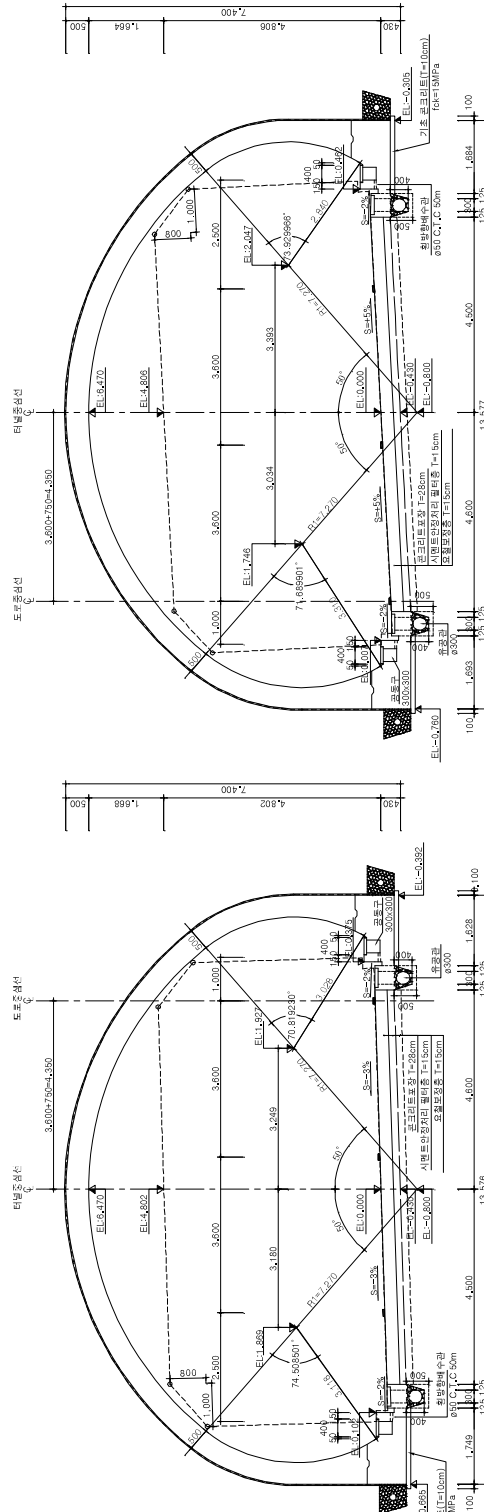
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신

개착터널 표준단면도 (1) (시점부)

S = 1 : 50

강매 터널 (서울 방향, -3%)

강매 터널 (문산 방향, +5%)

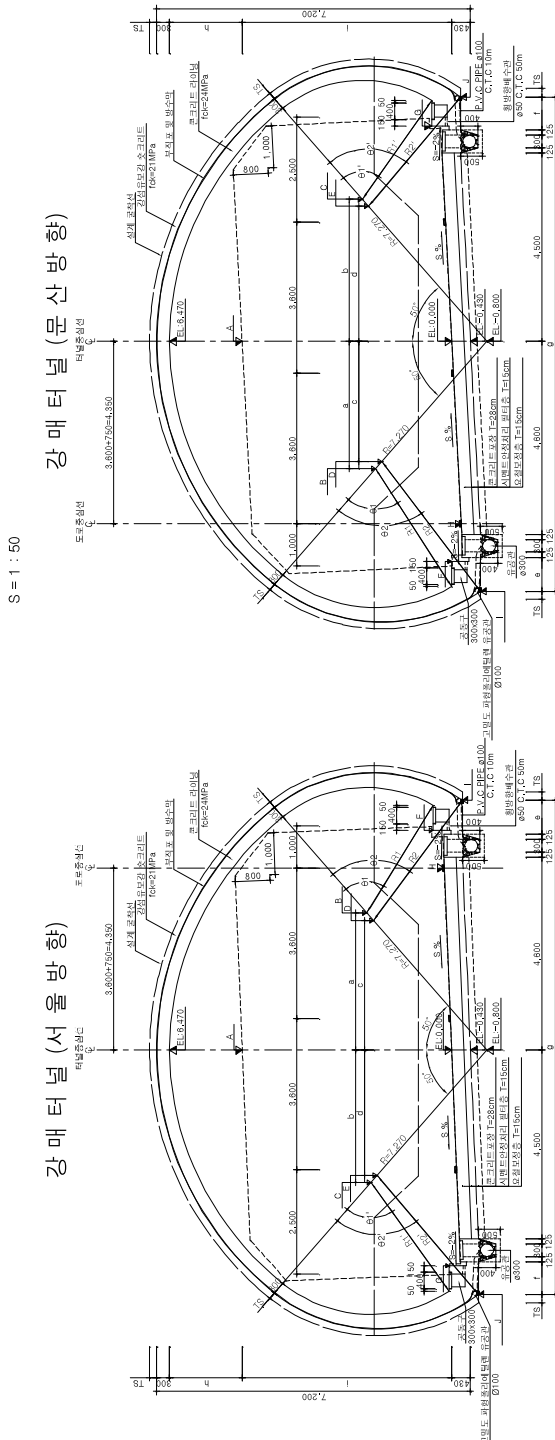


【그림 1.1.6】 개착터널 표준단면도(시점부)

서울지방국토관리청 국토교통부	서울~문산고속도로 민간투자사업	△								위치정보	1327~1713	도면명	제1공구 강매터널 (1)
	시설/공구 건설분야	제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신	△							축척	S = 1 : 50		개착터널 표준단면도 (1)
서울문산고속도로주식회사	토목	건설단계	실시단계	2014. .	설사	설사	설사	설사	설사	도면번호	C0060205-001	관철번호	6.072
	토목	건설단계	실시단계	2014. .	설사	설사	설사	설사	설사	도면번호	C0060205-001	관철번호	6.072

서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신

본선 표준단면도 (1)



1. 모든 치수의 단위는 mm임(단 EL은 m임)
2. 본 표준단면은 경제성을 고려하여 터널내 관경사 옆토 단면을 적용하였다.
3. 각 터널별 입출구부 50m 구간은 통상양자도를 설치하여야 하며, 노상면 양단구간의 경우 통상양자도를 설치하고, 필리폰 또는 시멘트 양자도의 필리폰을 설치한다.
4. 필리폰 또는 시멘트 양자도설치비용의 경우 시공시 용수정에 따라 적절한게 반영하여야 한다.
5. 소크리트 및 라이닝 두께는 표준지보판에도, 필리폰은 관구 및 배수계획도를 참조한다.
6. 횡방향 PVC PIPE(φ100) Y형은 C.T.C 50mm이다, T형은 C.T.C 10mm이다. 상세한다.
7. 사내 방수의 라이닝면과의 여유폭은 50mm 이상 확보한다
8. 관경사별 표준단면은 치수표를 참조하여 필요시 변경사별 표준단면을 추가 작성한다.
9. 소크리트 라이닝의 양도는 ts&2MPa를 기준으로 한다.
10. 내장재의 경우 터널연장에 따라 터널별 또는 내도면도를 적용한다.

구분	관경사 S(%)	R1	R2	R1'	R2'	a	b	c	d	e	f	g	h	i	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	θ1	θ2	θ1'	θ2'
강매터널	-5.0	2,958	3,493	3,188	3,700	3,303	3,127	3,123	2,965	823	778	11,801	1,684	4,806	4,806	1,972	1,824	1,820	1,688	487	12	218	-200	-655	70,572354'	75,331921'	74,638316'	79,230189
	-4.0	2,983	3,528	3,153	3,665	3,276	3,154	3,097	2,991	822	779	11,800	1,686	4,804	4,804	1,949	1,846	1,798	1,710	421	57	174	-246	-610	70,697436'	75,416857'	74,573160'	79,267604
	-3.0	3,028	3,563	3,118	3,631	3,248	3,180	3,070	3,018	820	780	11,800	1,688	4,802	4,802	1,926	1,869	1,776	1,732	375	102	131	-292	-605	70,819230'	75,499053'	74,508501'	79,244176
	-2.0	3,063	3,598	3,084	3,597	3,222	3,207	3,044	3,044	819	780	11,799	1,689	4,801	4,801	1,904	1,891	1,754	1,754	329	147	87	-338	-520	70,937891'	75,578633'	74,442283'	79,219885
	-1.0	3,099	3,630	3,049	3,562	3,196	3,234	3,018	3,070	818	781	11,799	1,670	4,800	4,800	1,881	1,913	1,732	1,776	283	192	44	-384	-475	71,053531'	75,655713'	74,374450'	79,194628
강매터널	0.0	3,134	3,665	3,014	3,528	3,168	3,260	2,892	3,096	817	782	11,798	1,670	4,800	4,800	1,859	1,938	1,710	1,798	237	237	0	-430	-430	71,162283'	75,730403'	74,304942'	79,168419
	+1.0	3,169	3,693	2,979	3,494	3,142	3,287	2,865	3,123	815	782	11,798	1,670	4,800	4,800	1,836	1,958	1,688	1,820	191	282	-44	-476	-385	71,276194'	75,802806'	74,233896'	79,141191
	+2.0	3,204	3,724	2,944	3,459	3,115	3,314	2,839	3,149	814	783	11,797	1,669	4,801	4,801	1,814	1,980	1,666	1,842	145	327	-87	-522	-340	71,383428'	75,8733021'	74,160647'	79,112891
	+3.0	3,239	3,758	2,910	3,425	3,086	3,340	2,812	3,175	813	784	11,797	1,668	4,802	4,802	1,791	2,003	1,644	1,864	99	372	-131	-568	-295	71,488022'	75,9411391'	74,085724'	79,083467
	+4.0	3,274	3,803	2,875	3,391	3,061	3,367	2,866	3,201	812	785	11,797	1,666	4,804	4,804	1,768	2,025	1,622	1,886	53	417	-174	-614	-250	71,590190'	76,007250'	74,008856'	79,052800
	+5.0	3,310	3,837	2,840	3,357	3,034	3,393	2,859	3,228	811	785	11,796	1,664	4,806	4,806	1,746	2,047	1,599	1,908	7	462	-218	-660	-205	71,689901'	76,071435'	73,929366'	79,021009

【그림 1.1.8】 본선 표준단면도(1)

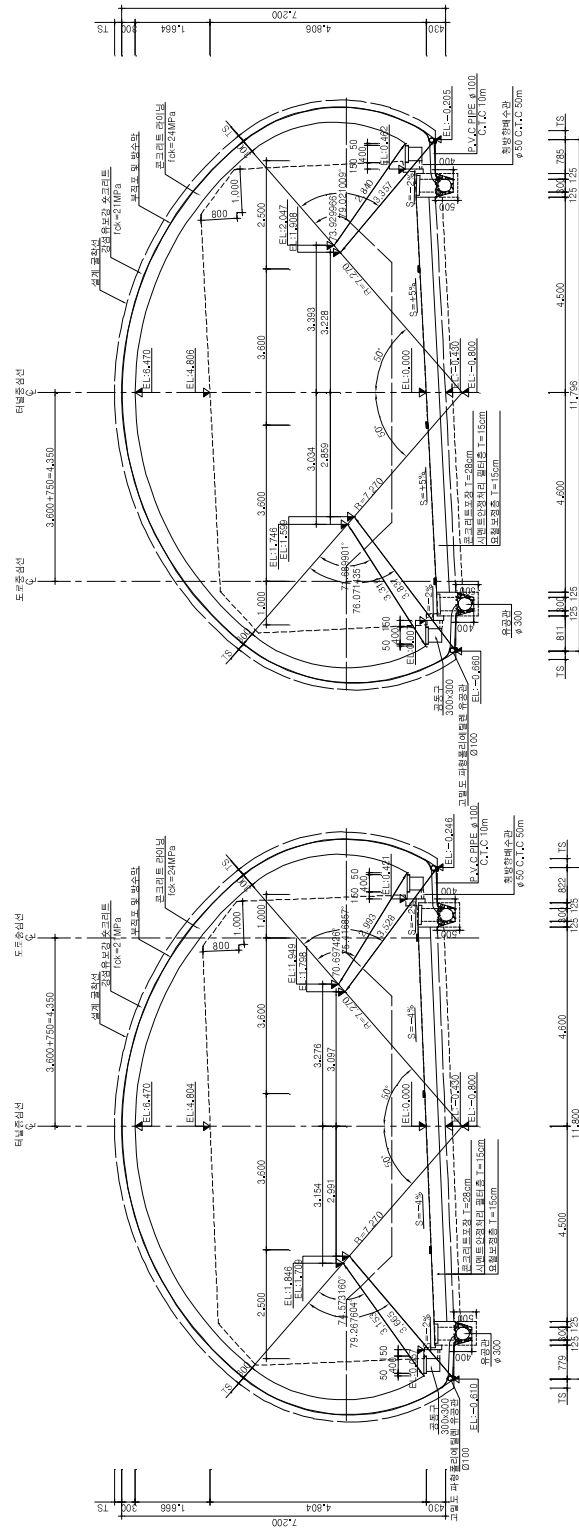
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신

본선 표준단면도 (2)

S = 1 : 50

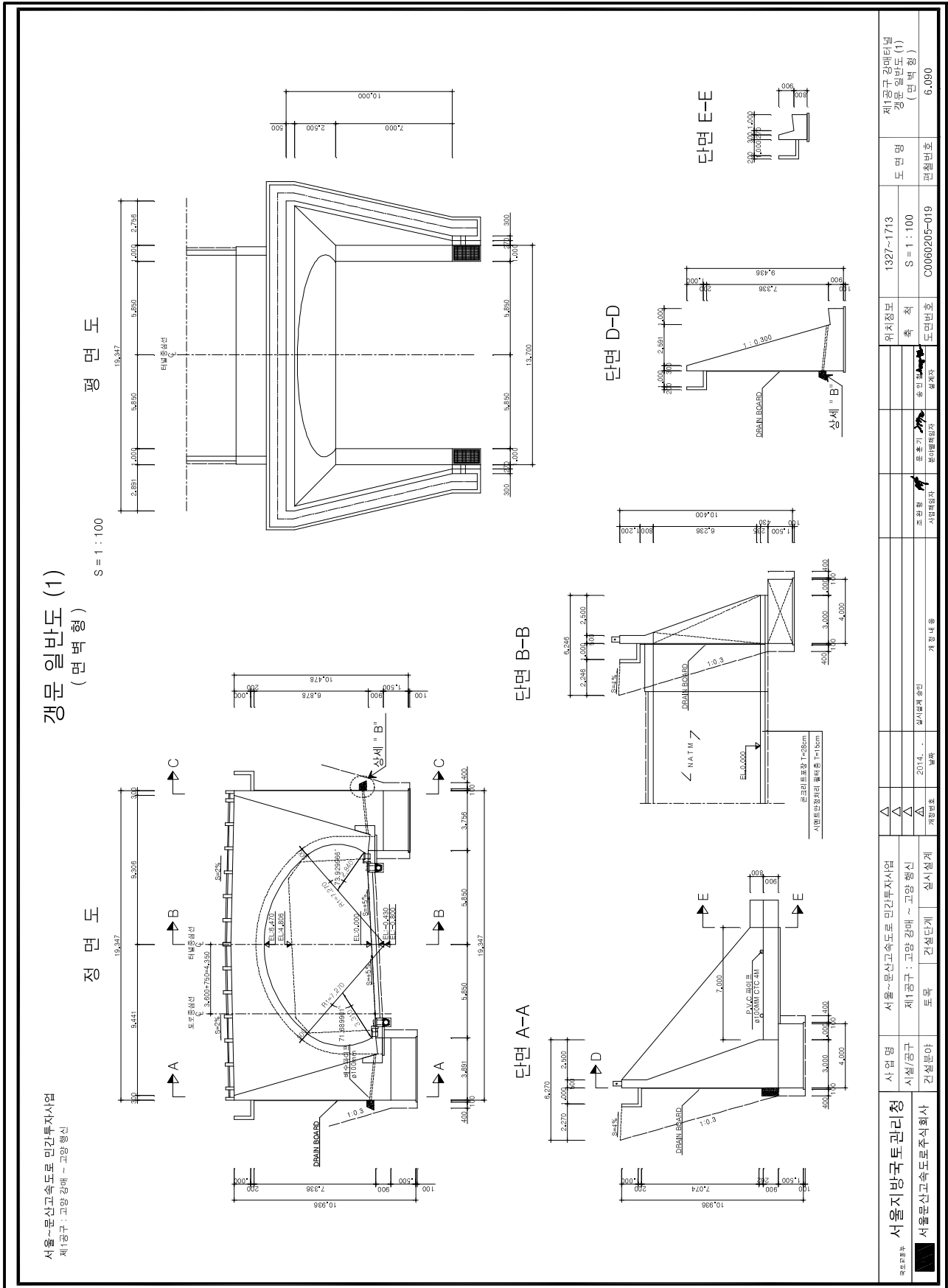
강 매 터 널 (서 울 방 향, -4%)

강 매 터 널 (문 산 방 향, +5%)

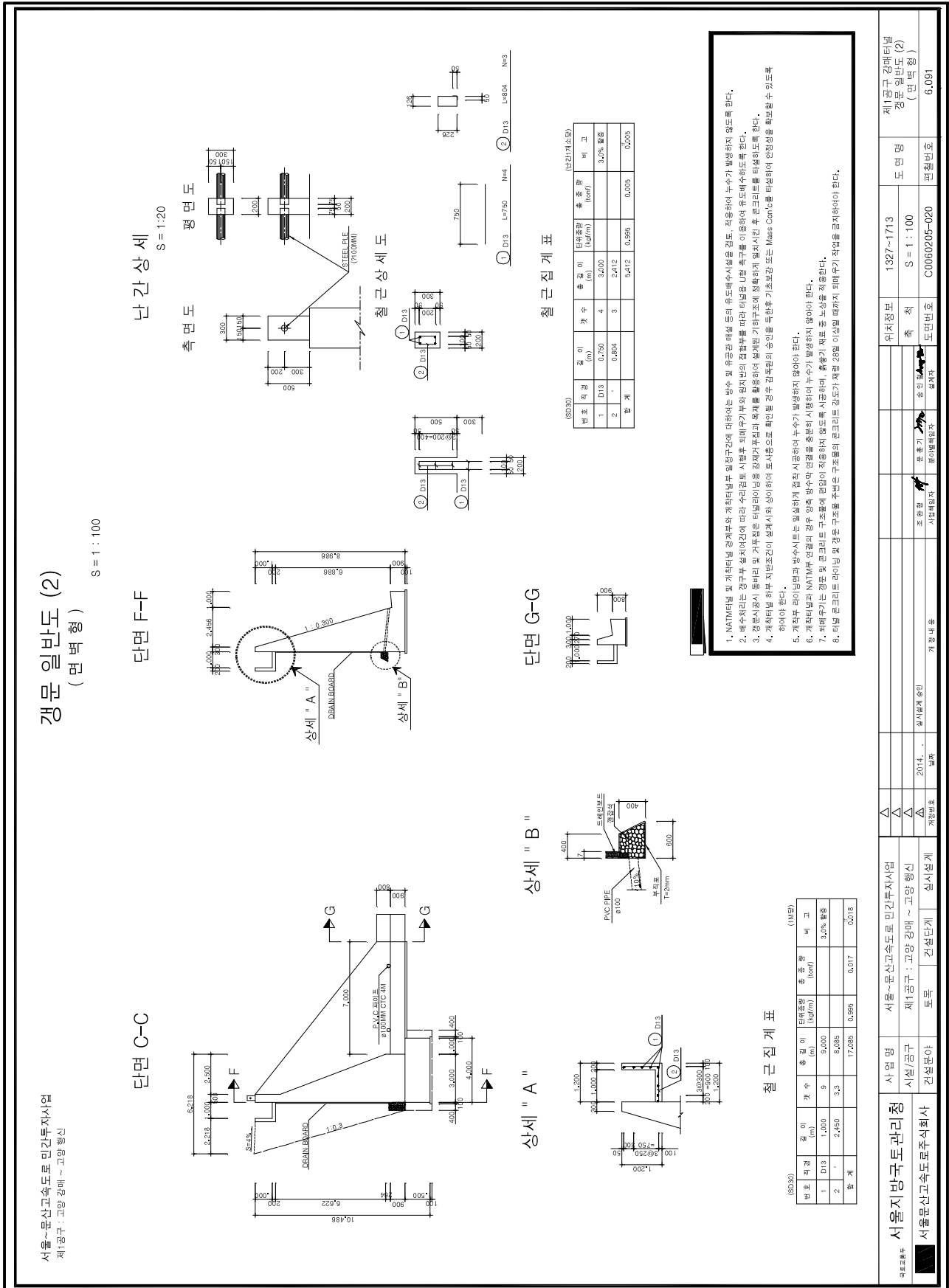


【그림 1.1.9】 본선 표준단면도(2)

서울지방국토관리청 국토교통부	사업명	서울~문산고속도로 민간투자사업	△							위치정보	1327~1713	도면명	제1공구 2매터널 본선 표준단면도 (2)
	시행/공구	제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신	△							축척	S = 1 : 50	도면번호	C0060203-002
서울문산고속도로주식회사	토목	건설단계	실시단계	2014. -	상시보개 운영	본 용기	본이행영양	본이행영양	본이행영양	도면번호	C0060203-002	판정번호	6,008
	건설분야	건설단계	실시단계	2014. -	상시보개 운영	본 용기	본이행영양	본이행영양	본이행영양	도면번호	C0060203-002	판정번호	6,008



【그림 1.1.10】 개문 일반도(1)





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.

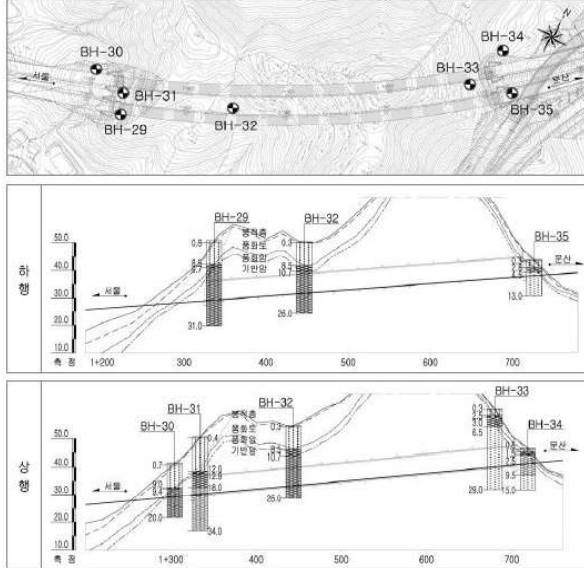
3) 분포암종 특성

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

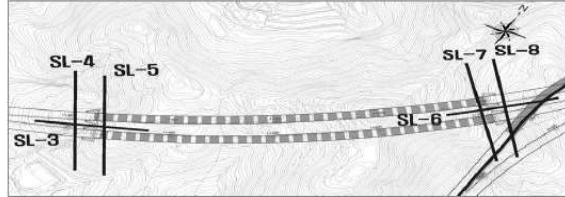
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/ROD
봉적층	0.0	0.3~0.8	실트질 모래	—
통화층	0.3~0.8	1.0~11.6	실트질 모래	9/30~50/5
통화암	1.5~12.0	0.4~2.2	실트질 모래	50/8~50/4
연 암	2.8~12.9	1.7~21.3	편마암	52~100%/0~58%
보통암	2.5~18.0	7.0~16.0	편마암	100%/25~80%
경 암	4.5~9.5	5.5~22.5	편마암	100%/31~100%

3.1 탄성파탐사

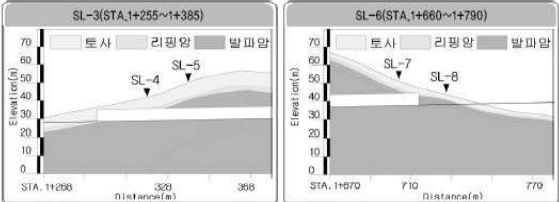
3.1.1 터널구간

○ 강매터널

■ 위치도



■ 종단 탐사결과



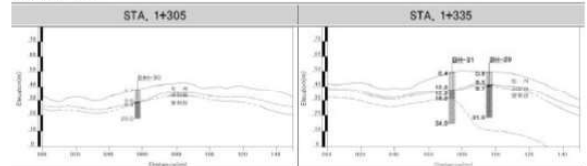
구 분	탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평균(m)	추정심도	층 후(m)	평균(m)
토 사	700 이하	0.0~8.9	6.8~8.9	7.2	0.0~4.2	1.5~4.2	2.8
리핑암(통화암)	700~1,200	6.8~11.1	1.2~2.7	2.1	1.5~4.7	0.1~2.1	1.2
연 암	1,200~1,900	8.0 이상	20.3~32.8	25.1	2.9~8.4	0.7~3.3	1.8
보통암	1,900~2,900	31.5 이상	—	—	3.5~9.7	1.3~1.4	1.4
경 암	2,900 이상	—	—	—	4.5 이상	—	—

■ 분석결과

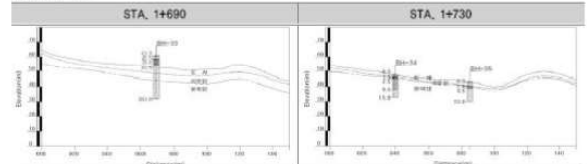
- 시점부 토사층(제1속도층)의 평균 층후는 7.2m, 리핑암(제2속도층)의 평균 층후는 2.1m이고, 종점부 토사층(제1속도층)의 평균 층후는 2.8m, 리핑암(제2속도층)의 평균 층후는 1.2m로 확인됨
- 시점부는 종점부에 비하여 저속도층이 두껍게 분포하여 종점부로 갈수록 발파암이 상부에 출현함

구 분	지 층 계 요
봉적층	• 최상부층으로 지표하 0.3~0.8m 층후로 분포하며 습윤한 상태로 분포 • 갈색~적갈색, 암갈색의 자갈석인 실트질 모래로 구성
통화층	• 지표하 0.3~0.8m에서 1.0~11.6m 층후로 분포 • 갈색, 암갈색~적갈색, 편마암의 상부층으로 암면석인 실트질 모래로 구성 • 일부 사후공에서 자갈석층으로 인한 연경이 고조함 • 습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상태임도
통화암	• 지표하 1.5~12.0m에서 0.4~2.2m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며, 매우조밀한 상태임도
연 암	• 지표하 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	• 지표하 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	• 지표하 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



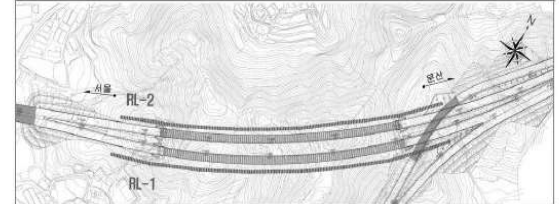
- 강매터널 종점부 토사층(층후 : 1.5~2.8m)에 비해 시점부 토사층(층후 : 8.5~12.0m)이 발달
- 터널통과구간은 기반암으로 분포가 되어 위치 및 지형에 따라 불규칙한 암질상태

3.2 전기비저항탐사

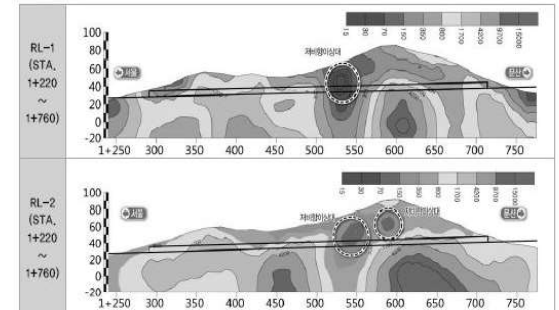
3.2.1 터널구간

○ 강매터널

■ 탐사위치도



■ 탐사결과



■ 분석결과

- 강매터널 구간의 지반저항 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 150Ω m~10,000Ω m 전기비저항대 분포
- 상행 STA. 1+520~1+620, 하행 STA. 1+510~1+570에서 350Ω m이하의 지반저항 이상대 분포
- 지반저항 이상대는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향인 것으로 판단됨
- 하행에 비해 상행의 전기비저항 값이 비교적 낮게 나타나며, 하행 STA. 1+620~1+680 비저항대는 고비저항대 내에 지반저항대가 존재하여 있어 소규모 파쇄대의 영향인 것으로 예상됨

2.1 터널구간 성과분석

2.1.1 터널구간 일반분류

○ RMR에 의한 일반분류

구성요소	산정식	범위	지반등급	Output
- 점하중지수 (Is_{sc}) - ROD - 불연속면의 간격 (J_n) - 불연속면의 상태 (J_s) - 지하수 조건 (J_w) - 불연속면의 방향 (J_p)	6가지 변수의 합계 점수 (Is_{sc} + ROD + J_s + J_w + J_p)	0~100	Very Poor ~ Very Good	- 지보하중 (P) = (100-RMR)/100 × γ × B - 한자변형계수(E_m) = 2 × RMR/100 - 점하력, 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

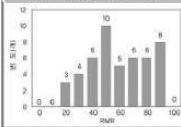
공 번	구 분	분류구간 (G.L.~m)	점하중지수 (MPa)	ROD(%)	절리간격 (mm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급	
강 매 터 널	BH-29	상부1D	9.7~14.7	1.98~2.59 4~7	11~18 3	0~160 5	12	Wet 7	유리 -2	29~32 Ⅳ
		통과구간	14.7~21.4	1.98~5.6 4~12	18~58 3~13	0~230 5~8	10~16	Wet~Damp 7~10	유리 -2	29~52 Ⅳ~Ⅲ
			하부1D	21.4~31.0	2.4~5.98 7~12	24~58 3~13	10~320 5~8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

○ 강매터널 3차원 암반등급 산정

■ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

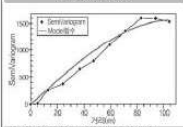
- RMR, O분류 등 일반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- 결과값이 상관성과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

시추자료 일반분류 분석



• 시추자료 RMR II~IV등급 우세

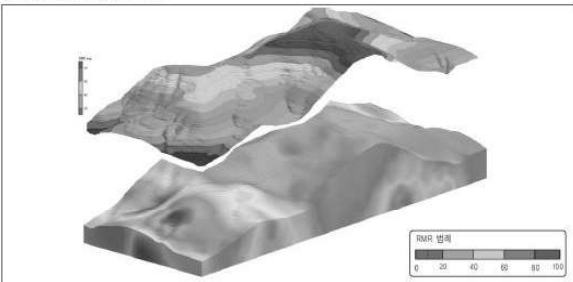
반변동도 분석



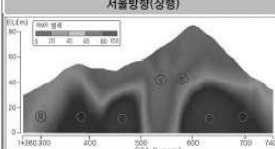
• Contribution : 1560.6, Range : 106.0

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

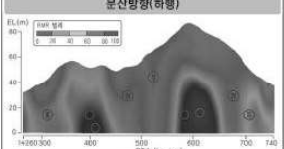
■ 터널구간 암반등급도 분석



서울방향(상행)



문산방향(하행)



- 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)

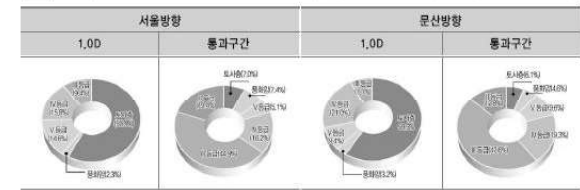
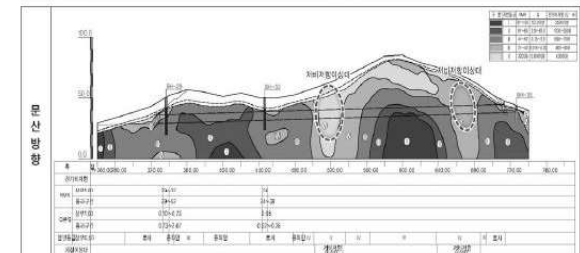
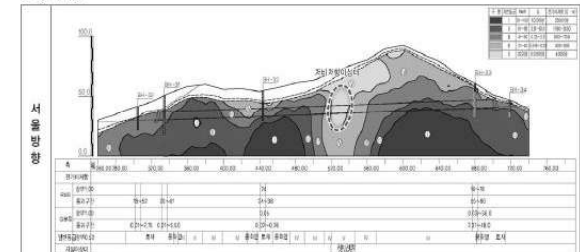
공 번	구 분	분류구간 (G.L.~m)	점하중지수 (MPa)	ROD(%)	절리간격 (mm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급	
강매터널	BH-32	상부1D	10.7~11.8	1.9	0	0~80	10	Drop	유리	24
				4	3	5			4	-2
		통과구간	11.8~18.5	1.61~2.01	0~6	0~110	10~21	Drop~Wet	유리	24~38
				4~7	3	5			4~7	-2
		하부1D	18.5~26.0	1.81~4.41	6~34	0~300	10~22	Wet~Drop	유리	24~47
				4~12	3~8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

○ Q-System에 의한 일반분류

개요		평가	산정방법
• 1974년 NGI의 Barton 등에 의해 제안 • 200여개의 기 사정된 터널의 보강설계를 통계하여 일반상태와 보강방의 관계분석 • 1993년 지보재현을 기존 38개항에서 감성유도강 스틱리트를 사용하는 9개항 수정 (Grimstad and Barton)		0.001 ~ 1,000	$Q = \frac{ROD}{J_n} \times \frac{J_s}{J_p} \times \frac{J_w}{SRF}$ • ROD/J _n : 암괴크기의 척도 • J _s /J _p : 암괴사이의 마찰각 척도 • J _w /SRF: 작용응력 척도
분류항목	지반조사 활용	분류항목	지반조사 활용
ROD	• 시추코어측정, 공내영상촬영 등을 통한 코어의 손상여부 판단	J _s	• 시추코어, 공내영상촬영 등을 통한 자료획득
J _n	• 시추코어, 공내영상촬영 등의 자료감색을 통한 자료 획득	J _p	• 수압시험에 의한 투수계수 등 자료 활용
J _p	• 시추코어, 실내시험결과(JRC)참조	J _w	• 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 IV~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.



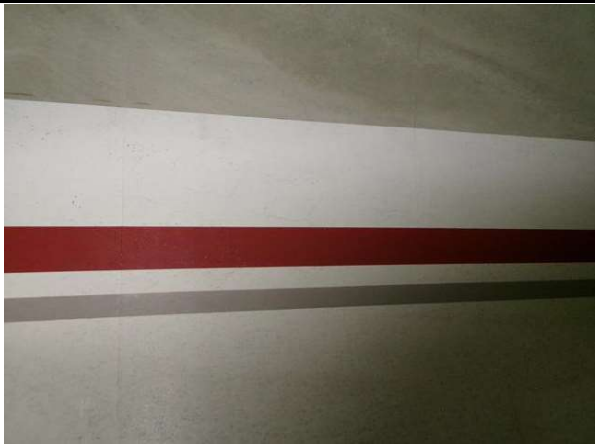
【사진 1.3.3】 라이닝 측벽부 전경

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·중점부 모두 면벽 형식으로 시공되어있다.



【사진 1.3.5】 갭문 전경

① 조사결과

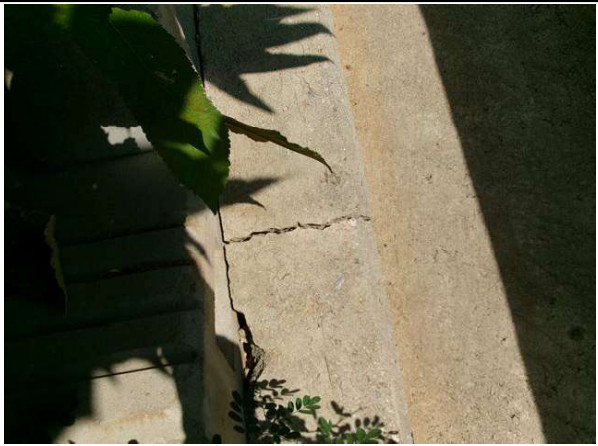
갭문 외관조사 결과, 기 점검이후 균열 손상에 대한 보수가 실시된 상태이며, 배수로는 일부 구간에 균열부 백태, 파손 손상이 조사되었다. 또한, 갭문 측면 점검계단은 하부 토사가 강우로 인한 침식으로 표층유실이 발생되었으며, 이로 인해 배수로 하단에 토사퇴적, 점검계단 유실이 발생한 것으로 조사되었다.

【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 발생된 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	긴조수축, 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

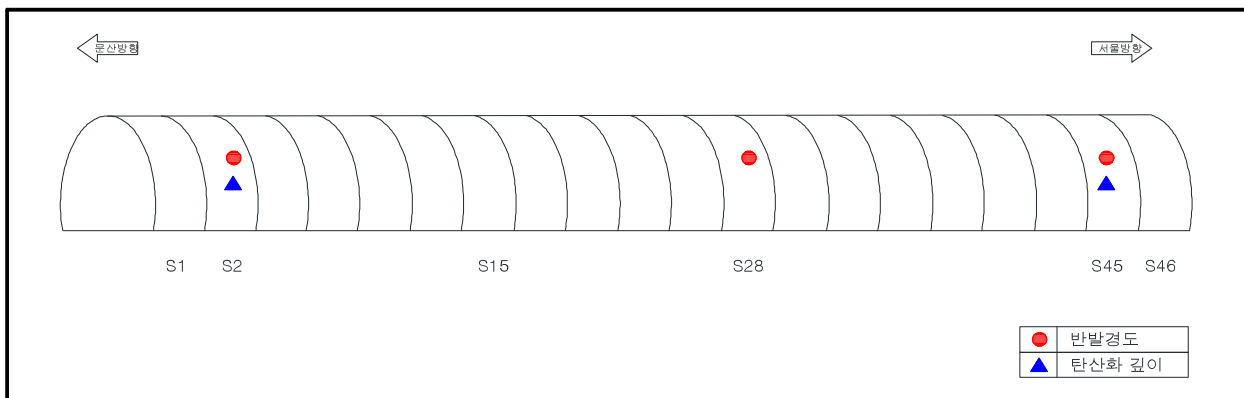
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 천단부 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 조사 사진

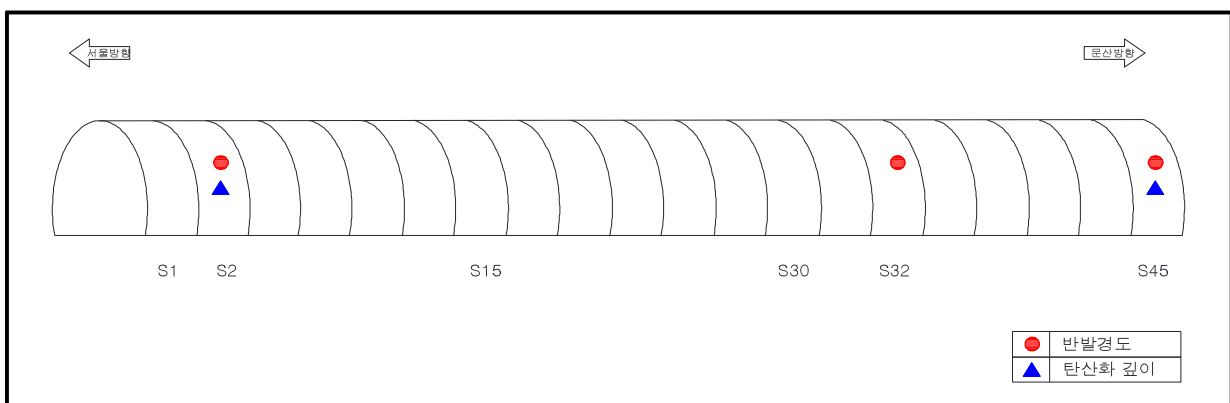


【사진 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

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_b)	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		시 험 결 과		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.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	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.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	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 환산결합도 점수를 산출하였다.

가. 서울방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결합지수 0.197로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(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 0.192로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결합지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

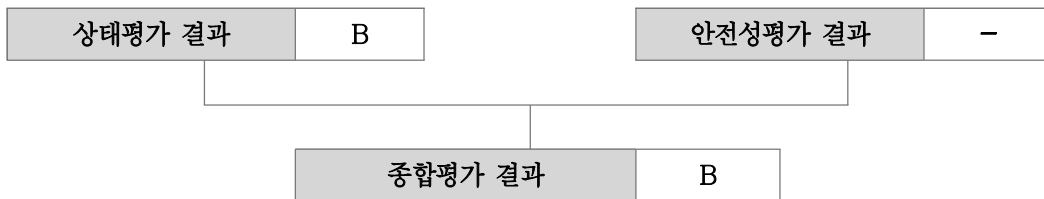
- 금회 정밀안전점검은 최초로 실시하는 정밀안전점검이다.

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 갈음하였으며, 그 다음과 같다.

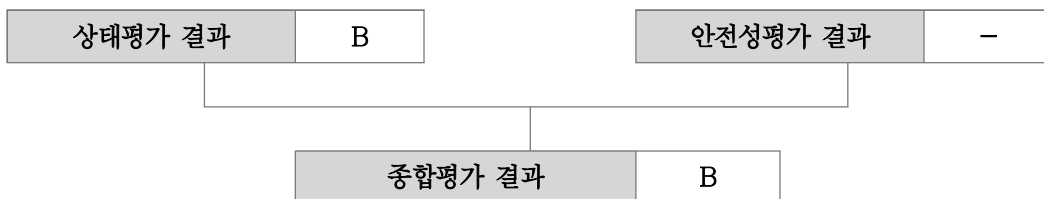


【그림 1.7.1】 종합평가 결과

- 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 갈음하였으며, 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
갹문	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	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	53.0	79.50	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	27.0	10.13	m²	—	—	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	m²	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	8.5	3.19	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	4.0	6.00	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	439.0	658.50	m²	—	—	하자
	콘크리트 박락	단면보수	0.25	0.38	m²	—	—	하자
갯문	배수로 균열부 백태	표면보수	0.2	0.30	m²	—	—	하자
	배수로 파손	단면보수	0.15	0.22	m²	—	—	하자
	측면 표층유실	마대쌓기	20.0	30.00	m²	—	—	하자
	측면 토사퇴적	정비	9.0	13.50	m²	—	—	하자
	측면 점검계단 유실	채시공	5.0	6	m²	—	—	하자
	덮개 파손	재설치	3	4.50	EA	—	—	하자
공동구	박리	단면보수	0.05	0.08	m²	—	—	하자
포장부	박락/파손	단면보수	0.07	0.11	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 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	m²	—	—	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	m²	—	—	하자
라이닝 측벽부	망상균열	표면보수	946.0	1,419.0	m²	—	—	하자
	균열부 백태	표면보수	0.5	0.75	m²	—	—	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	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.

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), 중점부 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.