

II. 시 설 물 편

제 1장 월문3터널(서울)

제 1 장 월문3터널(서울)

1.1 시설물 개요

1.2 외관조사

1.3 내구성조사

1.4 종합평가

1.5 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

1.6 보수·보강 및 유지관리방안

1.7 종합결론

제 1 장 월문3터널(서울)

1.1 시설물개요

1.1.1 월문3터널(서울) 전경



월문3터널(서울) 외부전경



월문3터널(서울) 내부전경

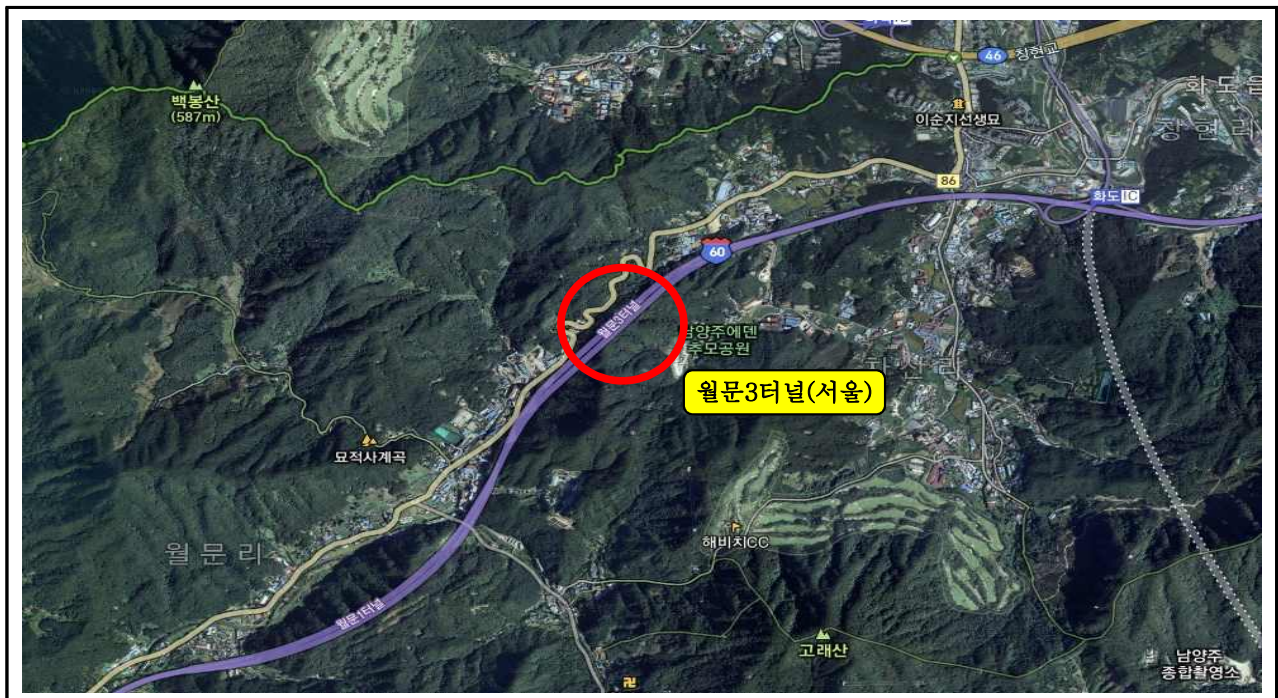
1.1.2 터널현황

본 과업 대상구조물인 월문3터널(서울)의 터널현황은 다음 표와 같다.

<표 1.1.1> 월문3터널(서울) 터널현황

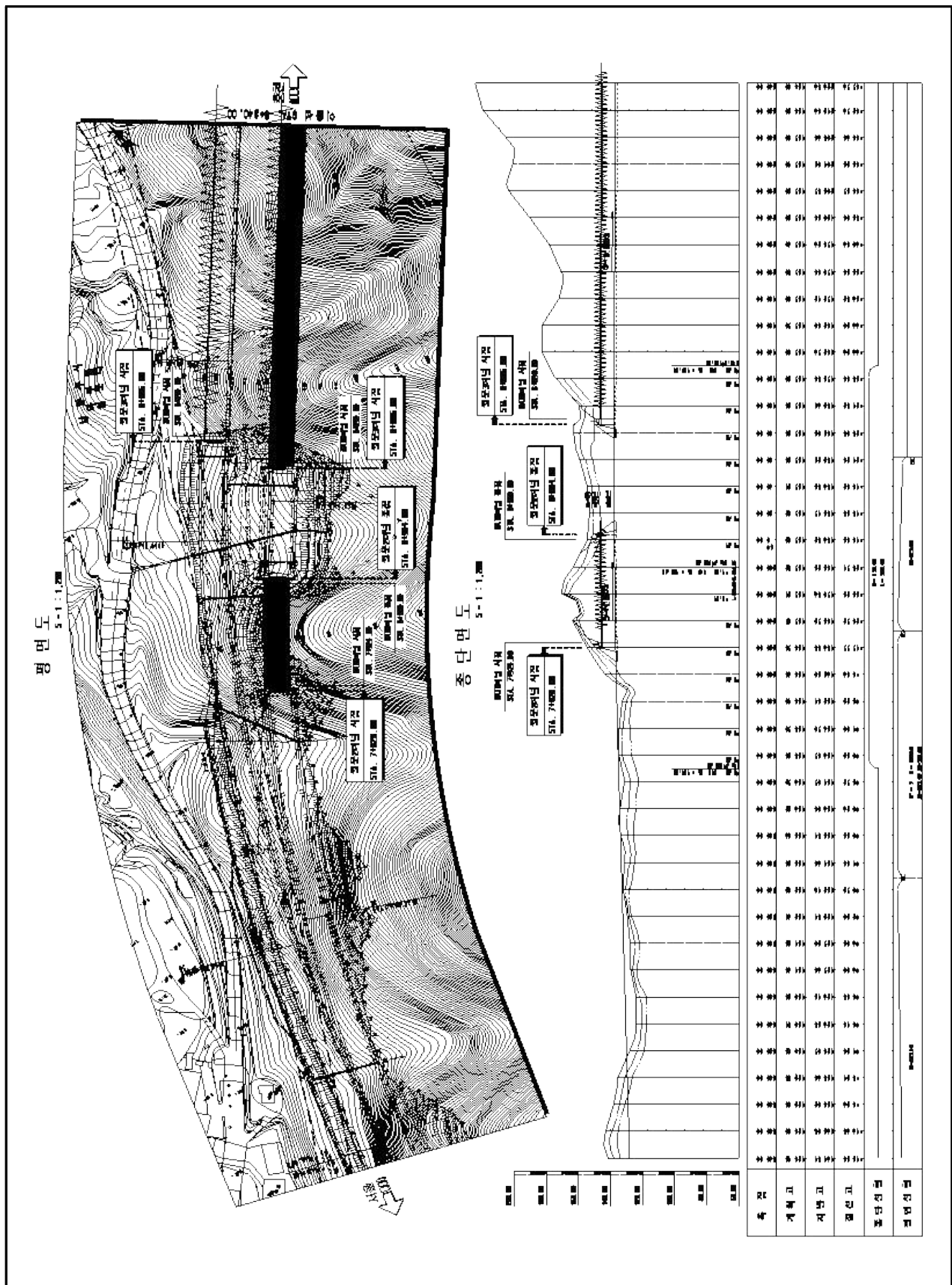
구 분		내 용	
시설물명		월문3터널(서울)	시설물번호
준공년월일		2009년 08월 11일	관리번호
설계사		(주)동일기술공사	시공사
시설물위치		경기도 남양주시 와부읍 월문리(이정 11.48km)	
차로수		편도 3차선	노선명
			고속도로 60호선
제원	연장	L = 964.0m	
	폭	B = 11.8m	
	높이	H = 8.3m	
	형상	난형	
	종단구배	-0.6%	
	평면선형	R = 1,200	
주요공법		NATM	보조공법
			강관다단그라우팅
배수형식		배수식	갱문형식
			면벽식
환기		자연환기	조명
			실내용 전등, 옥외용 가로등
부착시설물		소화기, 비상전화, 통신설비, 방송설비 등	

1.1.3 위치도

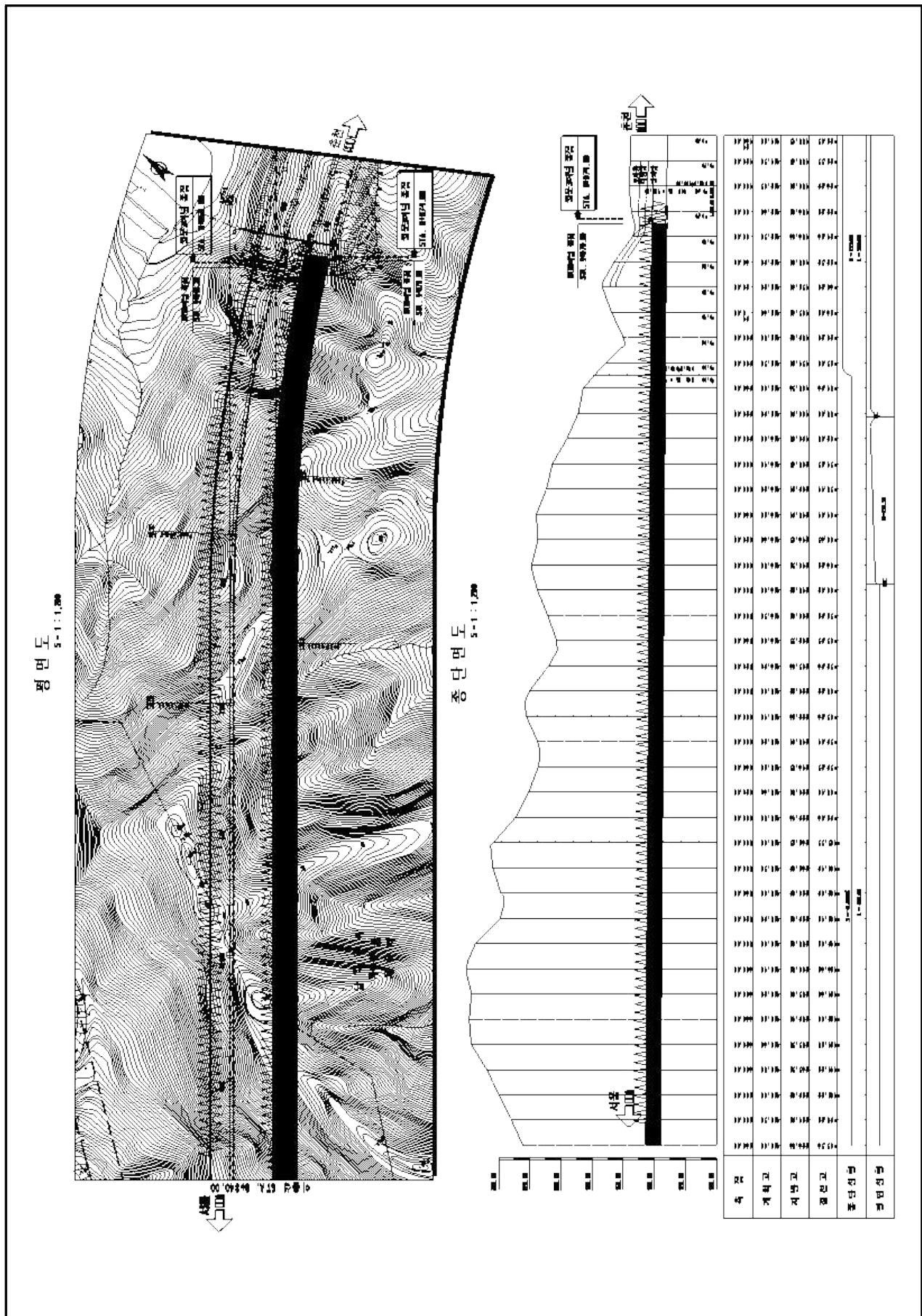


<그림 1.1.1> 위치도

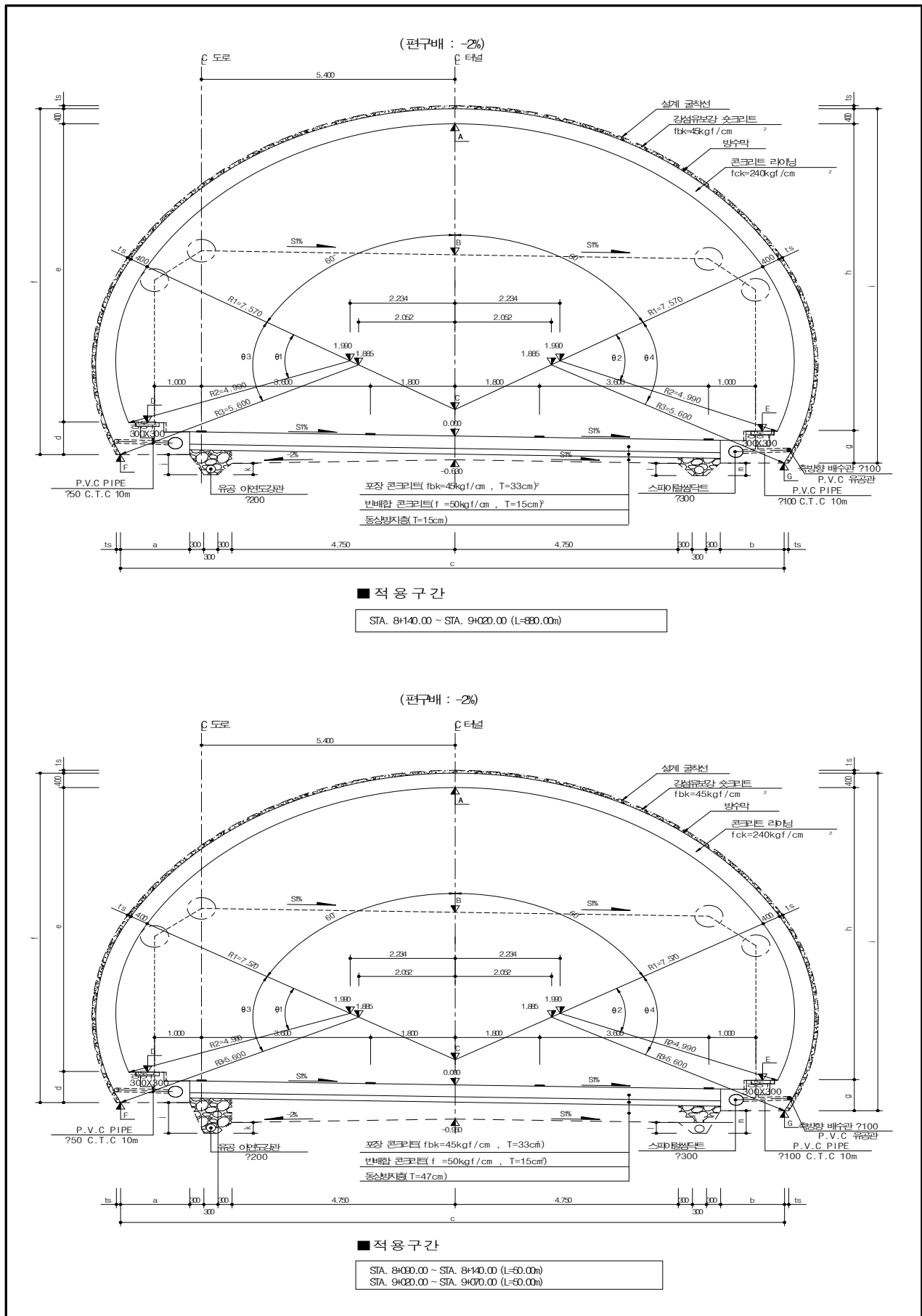
1.1.4 일반도



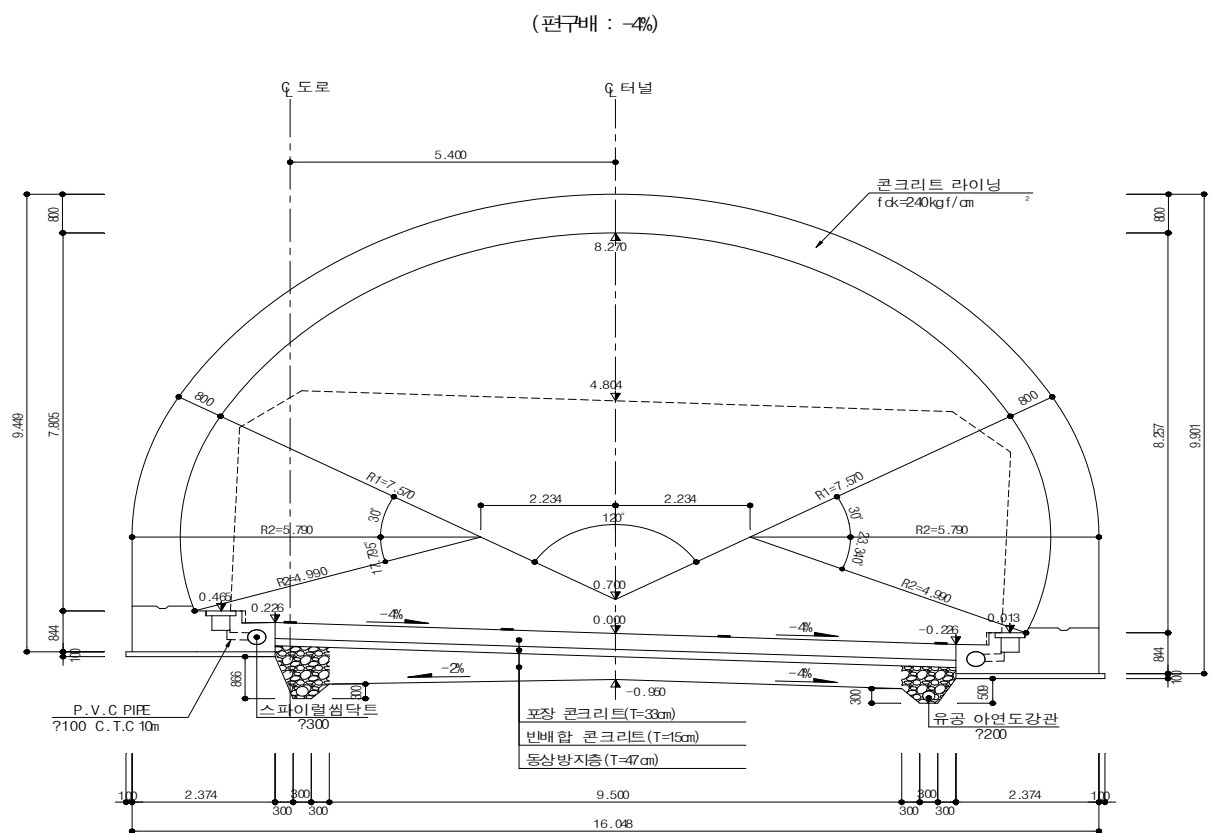
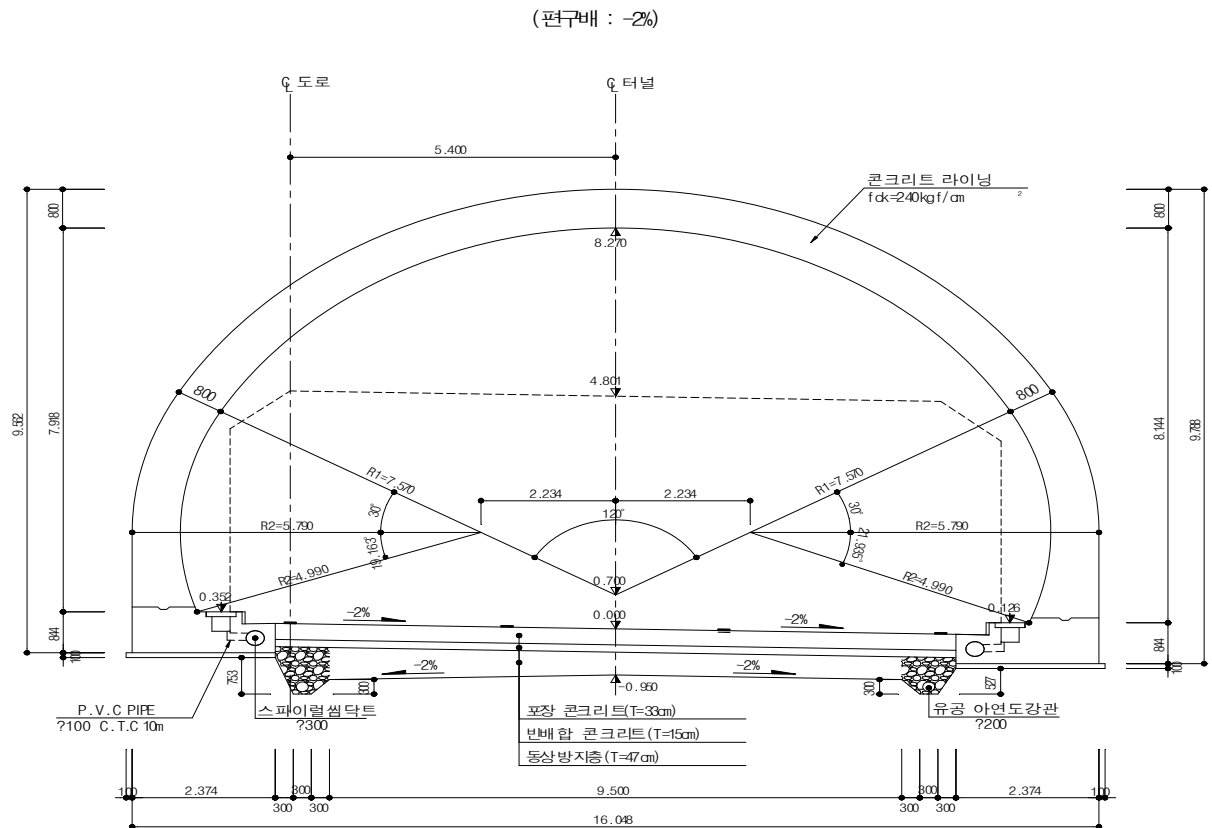
<그림 1.1.2> 종 · 평면도(1)



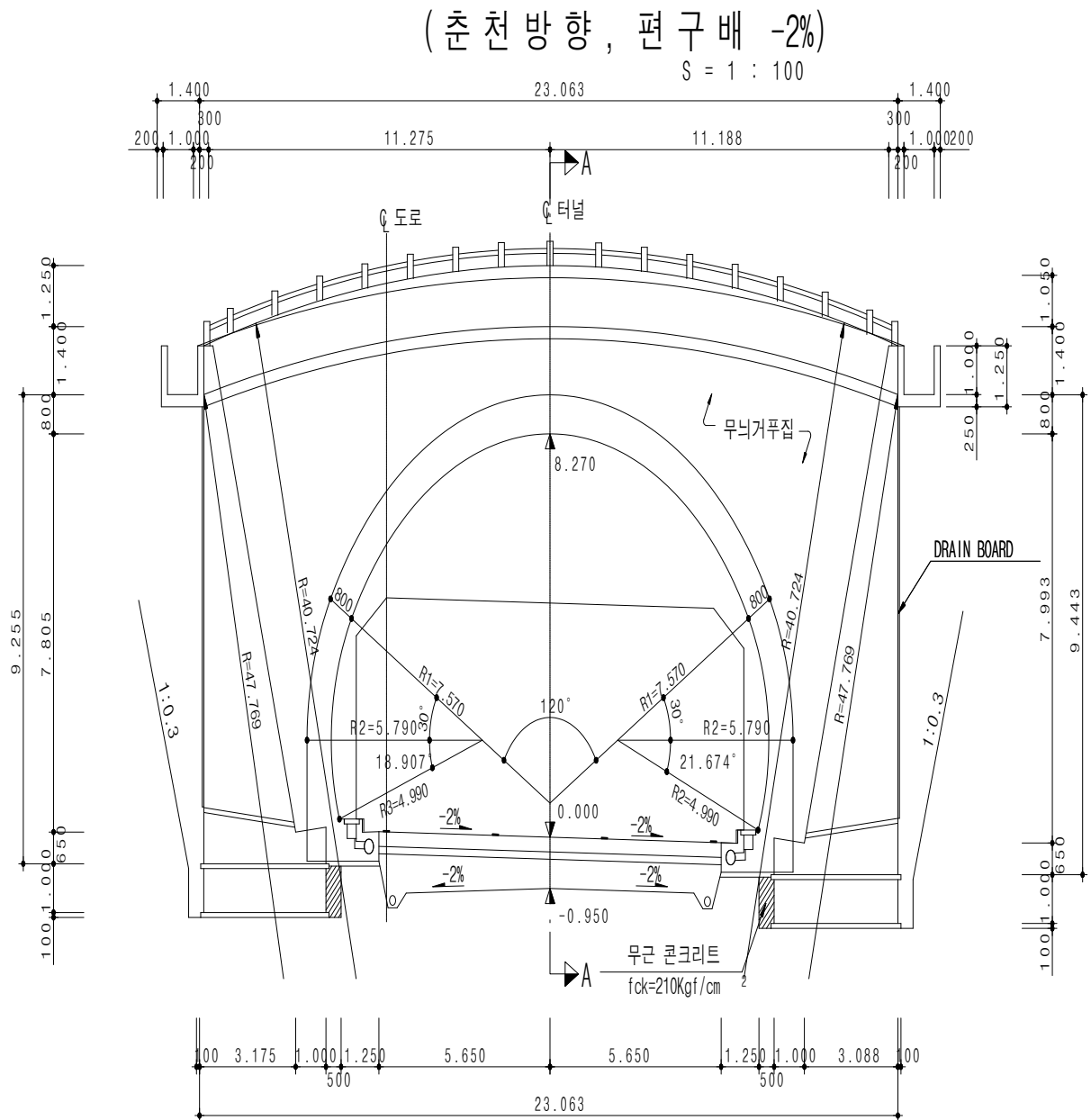
<그림 1.1.3> 종 · 평면도(2)



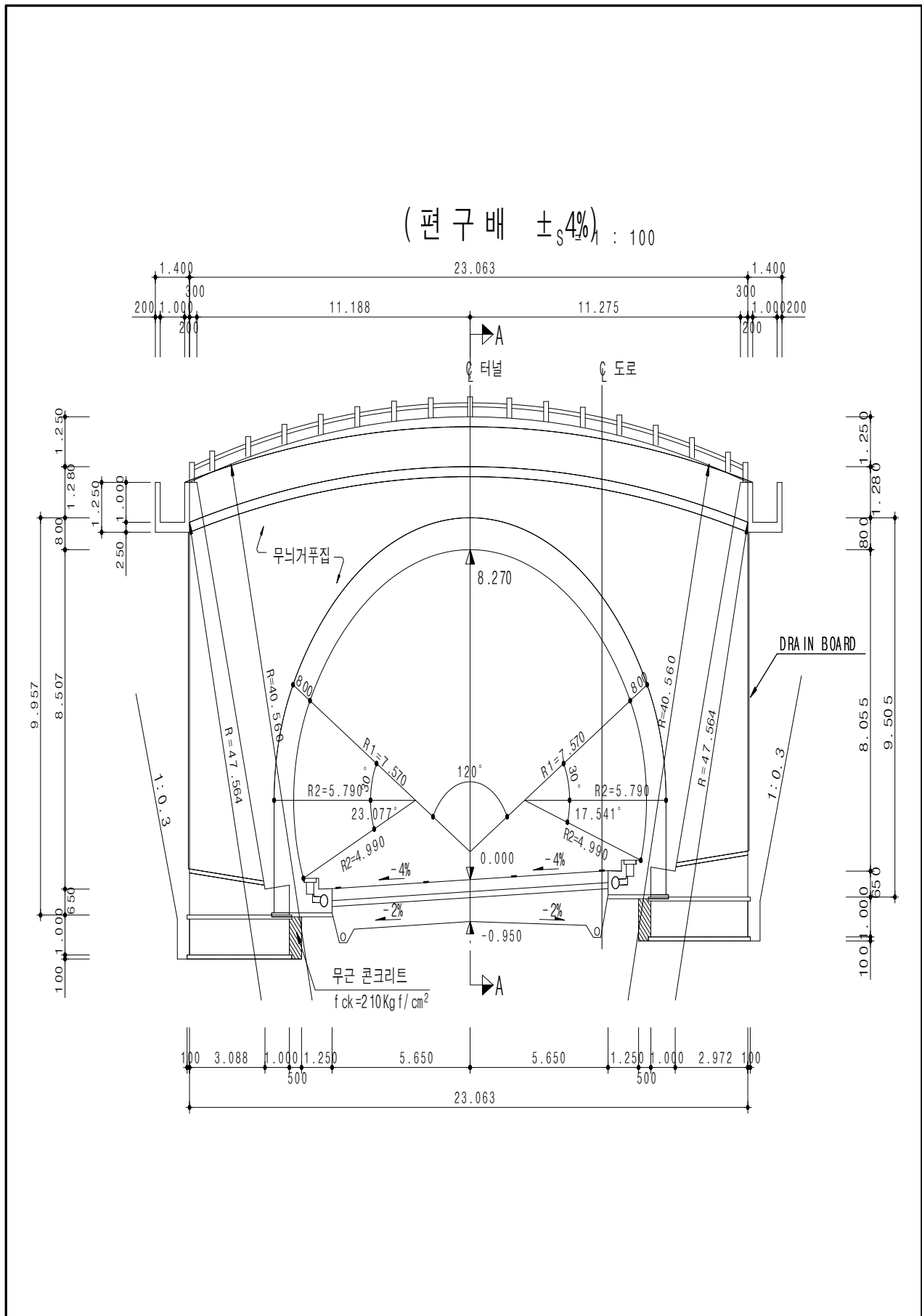
<그림 1.1.4> 횡단면도(표준단면도)



<그림 1.1.5> 횡단면도(표준단면도-동상방지층)



<그림 1.1.6> 시점부 갯문 일반도



<그림 1.1.7> 종점부 갭문 및 옹벽일반도

1.1.5 자료수집 및 분석

본 과업에 대한 자료조사는 현장을 답사하여, 각각의 특성을 파악하고 점검 등의 추진방향과 세부수행계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 점검 시 관련 자료를 수집하여 정밀점검 및 유지관리 시 필요한 자료를 정리 및 분석하였고, 적절한 보수·보강공법의 제시 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

가. 자료수집 현황

과업기간 중 수집된 자료는 다음 목록과 같다.

<표 1.1.2> 자료수집 목록

보존대상 목록		관리주체 보유현황
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	◦ 양양-춘천 고속도로 민간투자 시설사업 - 일반보고서(2009.08) - 토질조사보고서(2009.08) - 준공내역서(2009.08) - 준공도면(2009.08) ◦ 양양-춘천 고속도로 민간투자 시설사업 구조 및 수리계산서(2009.08)
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등	
시설물 관리대장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 ◦ 보수·보강 및 유지관리 이력	◦ 한국도로공사 시스템 내 관리대장
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ◦ 사고기록	◦ 양양-춘천 고속도로 민간투자 시설사업 시공기록보고서(2009.08) - 시공관련 자료 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험기록
안전점검 및 정밀안전진단 자료		◦ 양양춘천고속도로 정밀점검용역(3구간) - (주)하이콘엔지니어링 (2016.08)
보수·보강 관련자료		◦ 보수·보강 이력사항

나. 기 점검 및 진단자료

월문3터널(서울)은 기 정밀점검 (2016. 08) 실시 결과 상태평가 등급은 “B”등급으로 평가되었다. 주요손상으로 라이닝 천단부 종방향 균열이 다수 발생한 상태이며, 내구성 증진을 위하여 손상 부재의 보수가 필요한 상태이다.

따라서, 금회 과업에서는 기 실시된 정밀점검 (2016. 08)시 지적된 사항에 대하여 보수여부 및 손상의 진전 등에 대하여 면밀히 조사·검토하고 발생한 손상에 대하여 적절한 보수·보강을 취할 수 있는 방향으로 과업을 실시하였다.

<표 1.1.3> 기존 점검·진단 이력

번호	기간	점검기관	등급	주요 점검 및 진단 결과
1	2009.09.01 ~2009.11.27 정기점검	자체수행 박진희	양호	· 이상 없음
2	2010.05.25 정기점검	자체수행 박진희	양호	· 천정 라이닝 누수
3	2010.09.06 정기점검	자체수행 박진희	양호	· 천정 라이닝 누수
4	2011.03.07 ~2011.04.29 정기점검	자체수행 정시몬	양호	· 이상 없음
5	2011.09.05 ~2011.11.29 정기점검	자체수행 정시몬	양호	· 이상 없음
6	2012.05.01 ~2012.05.31 정기점검	자체수행 송창현	양호	· 특이사항 없음
7	2012.09.03 ~2012.09.28 정기점검	자체수행 송창현	양호	· 특이사항 없음
8	2012.08.01 ~2012.11.15 정밀점검	자체수행 송창현	A	· 특이사항 없음
9	2013.04.29 정기점검	자체수행 송창현	양호	· 특이사항 없음
10	2013.10.21. ~2014.01.18 정밀점검	제이엘건설연구소 이재형	B	· 본선 라이닝 균열(c.w=0.3mm 이상), 백태 · 공동구 덮개 유실

<표 1.1.3> 기존 점검·진단 이력(계속)

번호	기간	점검기관	등급	주요 점검 및 진단 결과
11	2013.10.16 정기점검	자체수행 송창현	양호	· 라이닝 균열 · 입구부 물고임 · 라이닝 백태
12	2014.04.01 ~2014.06.10 정기점검	자체수행 임상희	양호	· 라이닝 종방향 균열 · 공동구 덮개 유실
13	2014.07.01 ~2014.11.06 정기점검	자체수행 임상희	양호	· 벽체 라이닝 미세 균열
14	2015.04.01 ~2015.05.15 정기점검	자체수행 김상규	양호	· 공동구 덮개 열화 · 배수로 이물질 퇴적
15	2015.07.01. ~2015.12.25 정밀점검	자체수행 최훈석	B	· 라이닝 균열 · 타일 탈락 · 포장 균열 · 공동구 덮개 유실
16	2016.04.01 ~2016.06.23 정기점검	자체수행 노경희	양호	· 라이닝 종방향 균열 · 공동구 균열 · 도로포장면 균열
17	2016.06.15 ~2016.07.28 정밀점검	제이엘건설연구소 이재형	B	· 천단부 : 균열, 균열부 백태 · 측벽부 : 타일 탈락, 파손, 균열 · 도로부 : 포장 균열 · 공동구 : 덮개 파손
18	2016.07.01 ~2016.09.21 정기점검	자체수행 노경희	양호	· 스틸그레이팅 배수구 준설필요 · 공동구 및 갭문구 균열 발생
19	2017.04.03 ~2017.06.09 정기점검	자체수행 주종립	양호	· 천단부 균열, 백태 · 벽체부 균열

<표 1.1.4> 2016년 정밀점검 요약

구 분		내 용	비 고
용 역 명		· 서울춘천고속도로 정밀점검 1구간	
용 역 기 간		· 2016. 06. 15 ~ 2016. 08. 12	
용 역 사		· (주)하이콘엔지니어링	
외관조사	라 이 닝	· 균열, 박리, 박락	b
	벽 체	· 균열, 타일 탈락	-
	포 장 부	· 포장 균열, 박리, 재료분리, 파손	-
	배 수 시 설	· 집수구 토사퇴적	-
	공 동 구	· 덮개 파손	-
	갯 문	· 균열	-
	사 면	· 상태양호	-
	부 대 시 설	· 소화기 분실	-
비파괴시험	강 도	· 설계기준강도 이상	
	탄 산 화	· a등급으로 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단됨	
상 태 평 가		· B등급(0.209)	
안 전 등 급		· 미 실시	
중 합 의 건		· 본 터널은 상태등급 산정결과 터널전체 환산결함도점수는 0.209으로서 상태평가결과에 따른 터널전체의 안전등급은 “B등급”에 해당됨. · 대상터널은 외관조사를 토대로 기 점검 및 보수이력자료와 비교·분석결과 2014년 일부 손상에 대한 보수 시행으로 일부 항목의 손상물량이 축소 되었으며, 공용년수 증가에 따른 신규손상도 일부구간 관측되었다. 전반적으로 현재 수준에서의 급격한 사용성 저하 및 안전성에 문제를 유발할 만한 손상 및 이상결함은 없는 상태이다. 다만, 일부부재에서 조사된 부분적인 결함 및 손상개소에 대해서는 내구성, 사용성 저하방지를 위한 부분적인 유지보수는 필요한 것으로 판단된다.	

다. 보수·보강 관련사항 분석결과

본 월문3터널(서울)은 준공 이후 현재까지 주기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리를 실시하고 있는 것으로 확인되었다.

또한, 금회 정밀점검시 한국시설안전공단 FMS 및 관리주체 보수·보강 이력사항에 기록되지 않은 사항에 대하여 주의깊은 점검을 실시하였다.

<표 1.1.5> 보수·보강 이력

번호	기간	보수·보강공사 내용	설계사	시공사	공사비(원)
1					
2					

라. 시설물의 내진설계 여부 확인

구 분	해석방법	등급	FMS
현 황		미반영	
분석결과			

1.2 외관조사

과업대상 터널인 월문3터널(서울)은 강원도 춘천시 동산면 군자리에 위치한 터널로 시공사인 고려개발(주)이 2009년 08월에 준공한 터널로 8년이 경과된 구조물이다.

또한, NATM 공법으로 시공된 터널이며, 총연장이 964.0m의 편도 3차로인 1종 시설물이다.

월문3터널(서울)의 내부는 콘크리트 라이닝으로 시공되어 있으며, 측벽부는 타일마감이 실시된 구조물로서 본 과업은 대상터널의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 터널부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였고, 사전 현장답사를 통해 주변 교통여건을 파악하여 현장접근에 필요한 장비동원과 계획을 수립하여 터널의 외관상태를 조사하였다. 외관조사는 터널부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였으며 사전 현장답사를 통해 현장접근에 필요한 장비동원과 일정계획을 수립하여 터널의 외관상태 조사를 수행하였다. 외관조사는 기본시설물(본선라이닝, 갱문 등)과 부대시설(연직갱 및 경사갱, 환기구, 피난연락갱, 갱구부옹벽 등)로 구분하여 실시하였고 특히 터널의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무를 확인하고자 하였다.



고소작업차를 이용한 외관조사 현황①



고소작업차를 이용한 외관조사 현황②

<사진 1.2.1> 외관조사 현황

1.2.1 콘크리트 라이닝

본 월문3터널(서울)의 콘크리트 라이닝에 대한 외관조사 결과, 균열폭 0.3mm내외의 천단부 종방향 균열 및 횡방향 균열이 일부구간 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 천단부에 발생한 균열은 구조적인 균열이 아닌 건조수축, 횡방향 온도변화 및 시공초기 거푸집의 조기탈형 등 복합적인 원인에 의해 발생한 비구조적인 균열로 판단된다.

기 점검과 비교시 균열폭 0.3mm이상인 천단부 종방향 및 횡방향 균열에 대한 보수가 실시된 것으로 확인되었으며, 보수상태는 양호한 것으로 조사되었다. 그 외 일부 구간에서 균열부 우수유입등으로 인한 균열부 백태 및 천단부 균열이 추가로 조사 되었으며, 기 손상부는 정기적인 점검을 통한 손상의 진전 등을 파악하여 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

<표 1.2.1> 콘크리트 라이닝 손상현황

구분	균열		손상 및 열화	
	균열 (0.3mm미만)	균열 (0.3mm이상)	조인트부 들뜸	백태
	(m/EA)	(m/EA)	(m'/EA)	(m'/EA)
S0	-	-	-	0.3 / 1
S55	1.0 / 1	-	-	-
S74	6.0 / 1	-	-	-
S81	-	9.0 / 1	-	-
S82	-	0.3 / 1	-	-
S86	-	10.0 / 1	-	-
S88	-	3.5 / 1	-	-
S89	-	0.2 / 1	-	-
S90	-	0.2 / 1	-	-
S91	-	0.2 / 1	-	-
S93	-	0.2 / 1	-	-
S110	0.5 / 1	-	-	-
합계	7.5 / 3	23.6 / 8	-	0.3 / 1



콘크리트 라이닝 전경



라이닝 SPAN.0 균열부 백태



라이닝 SPAN.74 균열(0.3mm 미만)



라이닝 SPAN.81 균열(0.3mm 이상)



라이닝 SPAN.93 균열(0.3mm 이상)



라이닝 SPAN.109 균열(0.3mm 미만)

<사진 1.2.2> 천단부 손상현황

1.2.2 측벽부

본 월문3터널(서울)의 내부 좌·우측 터널 내부 시인성 및 조도 확보를 위해 측벽부는 타일마감을 시공하였으며, 외관조사 결과 타일 탈락 및 파손의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 측벽부에 발생한 타일 탈락 및 파손의 경우 공용중 외력(차량 충돌 등), 구조물 거동 및 통행차량에 의한 진동, 부착물탈의 접착력 저하 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.

기 정밀점검과 비교시 추가 발생한 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 기 손상부는 구조물의 내구성 증진 및 통행차량의 시인성, 안전성 확보를 위해 균열보수 및 타일붙임을 실시한 후 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

<표 1.2.2> 측벽부 손상현황

구분	손상 및 열화	
	타일탈락 및 파손	타일 균열
	(EA)	(EA)
S8	4	-
S66	9	-
S89	10	-
S90	8	-
S95	12	-
S98	7	-
S103	9	-
합계	59	-



측벽부 SPAN.8 타일 탈락



측벽부 SPAN.95 타일 탈락

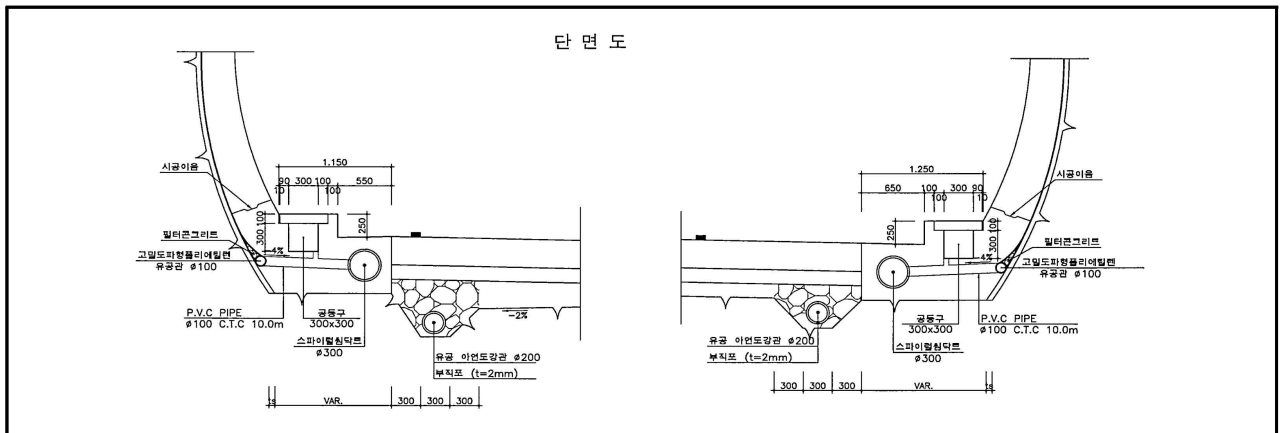
<사진 1.2.3> 측벽부 손상현황

1.2.3 공동구 및 배수시설

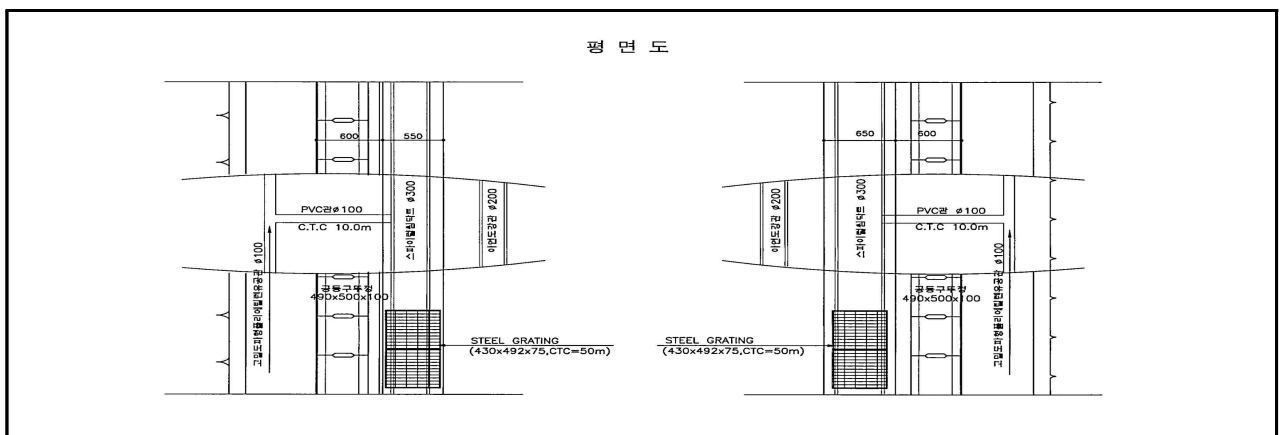
본 월문3터널(서울)은 준공도서 및 현장조사 결과, 측면 배수방식을 채택한 배수형 터널이며, 공동구는 터널 좌·우측에 배선 및 배관 등을 수용할 수 있도록 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

공동구에 대한 외관조사 결과, 공동구 덮개 파손 및 공동구 파손 손상이 국부적으로 조사되었으며, 기 점검과 비교시 신규 발생한 손상은 없는 것으로 확인되었다. 공동구의 경우 향후 유지관리 및 점검자의 통행시 손상부로 인해 안전사고가 발생할 우려가 있고, 장기간 방치시 공동구 내부의 배선 및 배관 등의 설비시설이 파손될 우려가 있으므로 덮개 파손부의 교체가 필요할 것으로 판단된다.

포장면의 좌·우측에 설치된 배수시설에 대한 외관조사 결과, 일부구간 집수구 토사퇴적이 발생한 것으로 확인되었으며, 기 손상부는 터널의 원활한 배수기능 확보를 위한 주기적인 청소 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.



<그림 1.2.1> 배수시설 단면도



<그림 1.2.2> 배수시설 평면도



공동구 전경



집수구 전경

<사진 1.2.4> 공동구 및 배수시설 전경

<표 1.2.3> 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	공동구		배수시설
	파손	덮개 파손	집수구 막힘
	(m ² /EA)	(m ² /EA)	(EA)
S6	-	-	2
S11	-	0.04 / 4	-
S12	-	-	2
S18	-	-	2
S20	0.09 / 2	-	-
S23	-	-	2
S24	-	0.02 / 1	-
S29	-	-	2
S32	0.02 / 1	-	-
S34	-	-	2
S35	0.08 / 1	-	-
S40	-	0.01 / 1	2
S41	-	0.04 / 4	-
S42	-	0.02 / 2	-
S45	-	-	2
S47	-	0.02 / 2	-
S49	-	0.02 / 2	-
S51	-	-	2
S52	-	0.16 / 2	-
S56	-	-	2
S57	-	0.04 / 2	-
S58	-	0.04 / 1	-
S62	-	-	2
S65	0.02 / 1	-	-
S66	-	0.01 / 1	-
S67	-	-	2
S73	-	-	2
S78	-	0.01 / 1	2

<표 1.2.3> 공동구 및 배수시설 손상현황(계속)

구분	공동구		배수시설
	파손	덮개 파손	집수구 막힘
	(m ² /EA)	(m ² /EA)	(EA)
S84	-	-	2
S90	-	-	2
S94	0.04 / 1	-	-
S95	-	0.01 / 1	-
S96	-	0.01 / 1	2
S101	-	-	2
S108	-	-	2
합계	0.25 / 6	0.47 / 27	37



공동구 SPAN.42 덮개 파손



공동구 SPAN.95 덮개 파손



배수시설 SPAN.56 집수구 토사퇴적



배수시설 SPAN.101 집수구 토사퇴적

<사진 1.2.5> 공동구 및 배수시설 손상현황

1.2.4 포장면

월문3터널(서울)의 포장면은 편도 2차선의 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 주행차량의 수막현상 억제 및 배수성 향상, 결빙 억제 및 소음 저감 등을 위해 전 구간 횡방향 타이닝이 시공되어 있다. 또한, 종단구배는 -0.6%로 시공되어 진 것으로 확인되었다.

터널의 포장면에 대한 외관조사 결과, 기존 손상인 포장 균열, 박리, 파손 등의 손상이 전구간에서 국부적으로 발생되었으며, 기 점검과 비교시 추가 발생한 손상은 없는 것으로 판단된다.

포장 균열 및 파손 등의 손상은 포장단면의 부족, 재료불량, 다짐불량 등의 시공초기 품질관리 미흡, 통행차량의 교통량 증가 및 지속적인 차량 윤택중재하 등의 복합적인 원인에 의해 발생한 것으로 검토되었다. 다만, 발생한 손상에 의해 통행차량의 주행성 및 터널의 안전성 저하는 없는 것으로 판단되므로 지속적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 파악 및 신규손상 발생 유무 확인 등의 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

<표 1.2.4> 포장면 손상현황

구분	균열	손상 및 열화		
	균열 0.3mm이상	박리	재료분리	파손
	(m/EA)	(m ² /EA)	(m ² /EA)	(m ² /EA)
S2	-	-	-	0.04 / 3
S25	-	0.02 / 1	-	-
S39	-	0.01 / 1	-	-
S40	-	0.01 / 1	-	-
S72	-	0.01 / 1	-	-
S84	2.5 / 1	-	-	-
S102	-	-	0.01 / 1	-
S107	-	-	0.05 / 2	-
S108	-	-	0.02 / 2	-
합계	2.5 / 1	0.05 / 4	0.08 / 5	0.04 / 3



포장부 SPAN.40 박리



포장부 SPAN.108 재료분리

<사진 1.2.7> 포장면 손상현황

1.2.5 갯문 및 사면

가. 갯문

일반적인 갯문은 지표 비탈면의 사면 붕괴, 눈사태, 누수 등으로부터 갯문부를 보호하기 위한 것이며, 차량 통과시 공기압의 감소 효과, 소음 방지 그리고 갯문 자체의 미관, 주변의 조경 등을 복합적으로 고려하여 시공되어야 하며, 월문3터널(서울)의 갯문은 시점부 면벽식, 종점부 원통 절개형으로 시공되어 있는 것으로 조사되었다.

갯문에 대한 외관조사 결과 기존 손상인 이격, 균열이 조사되었으며, 기 점검 이후 균열부에 대한 보수를 실시한 것으로 확인되었다. 현재 보수상태는 양호한 것으로 조사되었으나 일부 채균열의 손상이 발생된 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

<표 1.2.5> 갯문 및 도수로 손상현황

구분	균열		손상 및 열화
	균열 (0.3mm미만)	균열 (0.3mm이상)	이격
	(m/EA)	(m/EA)	(m/EA)
시점	-	-	10.0 / 1
종점	1.0 / 1	4.0 / 2	-
합계	1.0 / 1	4.0 / 2	10.0 / 1



시점부 갯문 전경



종점부 도수로 균열(0.3mm 이상)

<사진 1.2.8> 갯문 손상현황

나. 옹벽

월문3터널(서울)의 시점부에 시공된 옹벽에 대한 조사결과, 균열, 박락, 재료분리, 파손 등의 손상이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 현 상태를 지속적으로 유지하기 위한 관리주체의 지속적인 점검 및 유지관리가 요구된다.



시점부 옹벽 상태양호



종점부 옹벽 상태양호

<사진 1.2.9> 옹벽 손상현황

1.2.6 부대시설

월문3터널(서울)의 내부는 좌·우측에 조명등, 소화기, 비상전화, 비상경보설비 등의 부대시설이 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

본 터널의 조명시설은 시공상태 및 유지관리 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 터널 내부의 차로 시선 확보 및 각종 사고에 대비한 LED 시선 유도등을 설치하여 운전자의 안전운행 및 터널 내 화재 등의 사고 발생시 시선유도등을 따라 안전하게 대피할 수 있도록 유지관리를 실시하고 있는 것으로 확인되었다. 부대시설의 외관조사 결과, 기존 손상인 소화기 분실의 경우 보수가 실시된 것으로 확인되었으며, 그 외 추가적인 손상은 발생되지 않은 것으로 조사되었다. 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실행 한다면 현재 상태를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

<표 1.2.6> 부대시설 손상현황

구분	소화시설	비상전화
	파손	파손
	(EA)	(EA)
합계	-	-



소화시설 설치현황



소화시설 설치현황



긴급전화시설 설치현황



긴급전화시설 설치현황



조명시설 설치현황



차량지시등 설치현황

<사진 1.2.12> 부대시설 전경

1.2.7 기 점검결과와 비교

기 실시되었던 정밀점검(2016. 08)과 금회 실시한 정밀점검 비교결과 라이닝 균열(cw=0.3mm내외), 조인트부 들뜸, 망상균열, 포장부 누수흔적 등의 손상이 증가한 것으로 검토되었다.

<표 1.2.6> 기 점검결과와의 비교

구 분	손상내용	2016년 정밀점검	금회 정밀점검	손상물량 비교	손상물량 증감 원인
라이닝 콘크리트	균열(0.3mm 미만)	14.8m / 8EA	7.5m / 3EA	↓ 7.3m	보수 및 신규손상
	균열(0.3mm 이상)	376.3m / 52EA	23.6m / 8EA	↓ 352.7m	보수
	조인트부 박리	0.95m ² / 10EA	-	↓ 0.95m ²	보수
	녹물유출	1EA	1EA	-	
	백태	-	0.3m ² / 1EA	↑ 0.3m ²	신규손상
측벽부	타일탈락 및 파손	59EA	59EA	-	
공동구	파손	0.25m ² / 6EA	0.25m ² / 6EA	-	
	덮개 파손	0.47m ² / 27EA	0.47m ² / 27EA	-	
배수시설	집수구 막힘	37EA	37EA	-	
포장부	균열(0.3mm 이상)	2.5m / 1EA	2.5m / 1EA	-	
	박리	0.05m ² / 4EA	0.05m ² / 4EA	-	
	재료분리	0.08m ² / 5EA	0.08m ² / 5EA	-	
	파손	0.04m ² / 3EA	0.04m ² / 3EA	-	
갱문	균열(0.3mm 미만)	-	1.0m / 1EA	↑ 1.0m	신규손상
	균열(0.3mm 이상)	8.8m / 5EA	4.0m / 2EA	↓ 4.4m	일부 보수
	이격	10.0m / 1EA	10.0m / 1EA	-	
부대시설	소화기 분실	1EA	-	↓ 1EA	보수

1.3 내구성조사

1.3.1 시험 현황

대상 구조물에 대한 콘크리트의 품질상태, 강도 등을 파악하기 위하여 필요한 현장시험을 수행하였다.

콘크리트 강도는 반발경도시험을 수행하여 콘크리트의 비파괴강도를 추정하고 기 점검과 자료와 비교·분석하였으며, 탄산화 정도를 측정하기 위한 시험을 실시하였다.

반발경도시험은 시험과정에서 콘크리트 부재에 전혀 손상을 주지 않으므로 가급적 단면력이 크게 발생하는 부위로서 구조물을 대표할 수 있는 위치를 선정하여 콘크리트의 품질확보 정도를 확인할 수 있도록 하였다. 비파괴시험 성과물은 부록에 수록하였다.

<표 1.3.1> 콘크리트 비파괴시험 총괄표

시험종류 부재	반발경도시험	탄산화시험	비고
라이닝	4	2	
계	4	2	



반발경도 측정 현황(측벽부)①



반발경도 측정 현황(측벽부)②

<사진 1.3.1> 반발경도시험 현황

1.3.2 콘크리트 비파괴강도 조사

반발경도 시험법에 의한 비파괴강도는 콘크리트 라이닝에 대하여 실시하였으며 그 결과는 다음 표와 같다.

<표 1.3.2> 콘크리트 라이닝 비파괴 강도 측정결과

[단위 : MPa]

시 험 위 치	비파괴시험	측정압축강도 (MPa)			설 계 강도 (MPa)	평 가
	반발경도 (R_0)	일본재료학회	일본건축학회	평균		
S1 측벽부	46.3	25.7	27.0	26.4	24.0	만족
S35 천단부	47.9	27.0	27.8	27.4	24.0	만족
S74 측벽부	47.6	26.8	27.7	27.3	24.0	만족
S110 천단부	44.3	24.1	26.1	25.1	24.0	만족
평균(MPa)		26.5				
M A X		27.4				
M I N		25.1				

<표 1.3.3> 월문3터널(서울) 콘크리트 라이닝 비파괴 강도 측정결과

[단위 : MPa]

부재 \ 종류	시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
콘크리트 라이닝	25.1 ~ 27.4	24.0	105 ~ 114

콘크리트 비파괴 시험결과 콘크리트 라이닝에서의 추정 비파괴 강도는 25.1~27.4MPa로서 설계기준강도(24.0MPa) 이상을 확보하고 있는 것으로 측정·검토 되었다.

1.3.3 탄산화시험

본 구조물에서는 측정위치에 타정공구 및 드릴을 이용하여 국부적으로 파손시킨 면에 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 사용하는데, 이는 알칼리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 무색으로 변화가 없는 무색의 깊이가 곧 탄산화 진행 깊이가 된다. 구조물의 내 구성에 영향이 없는 부위에는 코어시편을 채취하여 탄산화 깊이를 측정하였으며, 측정결과

는 다음 표와 같다.

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

여기서, C : 탄산화깊이(mm) → 탄산화 잔여깊이

A : 탄산화 속도계수

t : 콘크리트 타설 후 경과된 시간(년)

<표 1.3.4> 탄산화 깊이의 측정결과

시험위치	탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (t_d)	비고
S1 측벽부	6.5	8	2.30	49.5	100년이상	
S110 천단부	7.0	8	2.47	49.0		

※ A = 탄산화깊이 / $\sqrt{(\text{경과년수} : 8\text{년})}$

※ 잔존수명 = (탄산화 잔여깊이 / A)²

측정결과 모든 측정부재에서 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정한 결과 100년 이상으로 탄산화에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단된다.



탄산화 시험을 위한 드릴링 작업



탄산화 시험(측벽부)

<사진 1.3.2> 탄산화시험 현황

1.3.4 기 점검결과와 비교

가. 압축강도

<표 1.3.5> 기 점검결과와 압축강도 비교

[단위:MPa]

구 분	콘크리트 라이닝	비 고
2016년 정밀점검	27.4 ~ 30.0	
금회 정밀점검	25.1 ~ 27.4	

기 실시한 2016년 정밀점검과의 압축강도 비교결과 측정위치, 표면요철 및 습윤상태 등에 의한 미소한 차이는 있으나 압축강도의 저하는 없는 것으로 검토되었다.

나. 탄산화깊이

<표 1.3.6> 기 점검결과와 탄산화 비교

[단위:mm]

구 분	콘크리트 라이닝	비 고
2016년 정밀점검	5.5 ~ 6.0	
금회 정밀점검	6.5 ~ 7.0	

기 실시한 2016년 정밀점검과의 탄산화깊이 비교결과 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2012.12)” 건전성 평가기준(탄산화 잔여깊이 30mm이상 : a등급)에 준하여 탄산화에 의한 철근 부식의 가능성은 적을 것으로 판단된다.

1.4 종합평가

1.4.1 상태평가

상태평가등급 산정과정은 외관조사 결과 부재별로 상태등급을 매긴 후, 부재별 중요도를 고려한 가중치를 고려하여 전체 평가등급을 산정하는 과정으로 되어 있다.

이외에 내구성과 관련된 요소로서 탄산화에 대한 등급을 구한 후 일반 부재와 같이 가중치를 부여하여 터널 전체의 상태평가항목으로 반영하였으며 상태평가 결과는 다음 표와 같다.

가. 결합지수 산정

<표 1.4.1> 월문3터널(서울) 철근콘크리트구간 결합지수 결과

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	결합 점수 합계	결합 지수
S1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S110	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.110
평균	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.010

<표 1.4.2> 월문3터널(서울) 무근콘크리트구간 결합지수 결과

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	결합 점수 합계	결합 지수
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000

<표 1.4.2> 월문3터널(서울) 무근콘크리트구간 결합지수 결과(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	결합 점수 합계	결합 지수
S16	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S21	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S22	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S23	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S24	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S25	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S26	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S27	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S28	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S29	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S30	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S31	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S32	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S33	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S34	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S35	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S36	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S37	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S38	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S39	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S40	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S42	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S44	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S45	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S46	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S47	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S48	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S49	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S50	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S51	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S52	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S53	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S54	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S55	4	0	0	0	0	0	0	0	-	4	0.15

<표 1.4.2> 월문3터널(서울) 무근콘크리트구간 결합지수 결과(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	결합 점수 합계	결합 지수
S56	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S57	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S58	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S59	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S60	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S61	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S62	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S63	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S64	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S65	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S66	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S67	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S68	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S69	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S70	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S71	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S72	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S73	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S74	4	0	0	0	0	0	0	0	-	4	0.15
S75	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S76	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S77	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S78	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S79	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S80	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S81	7	0	0	0	0	0	0	0	-	7	0.26
S82	6	0	0	0	0	0	0	0	-	6	0.22
S83	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S84	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S85	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S86	6	0	0	0	0	0	0	0	-	6	0.22
S87	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S88	6	0	0	0	0	0	0	0	-	6	0.22
S89	7	0	0	0	0	0	0	0	-	7	0.26
S90	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S91	7	0	0	0	0	0	0	0	-	7	0.26
S92	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S93	7	0	0	0	0	0	0	0	-	7	0.26
S94	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S95	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00

<표 1.4.2> 월문3터널(서울) 무근콘크리트구간 결합지수 결과(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	결합 점수 합계	결합 지수
S96	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S97	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S98	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S99	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S100	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S101	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S102	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S103	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S104	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S105	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
S106	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.00
평균	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.52	0.02

나. 상태평가 산정

<표 1.4.3> 월문3터널(서울) 철근콘크리트구간 상태평가 산정

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
S1-1	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a
S1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
S2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
S3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
S107	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
S108	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
S109	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
S110	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a

<표 1.4.4> 월문3터널(서울) 무근콘크리트구간 상태평가 산정

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
S4	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S5	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S6	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S7	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S8	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S9	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S10	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S11	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S12	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S13	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S14	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S15	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S16	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S17	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S18	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S19	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S20	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S21	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S22	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S23	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S24	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S25	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S26	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S27	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S28	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S29	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S30	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S31	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S32	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S33	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S34	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S35	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S36	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S37	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S38	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S39	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S40	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S41	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S42	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S43	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a

<표 1.4.4> 월문3터널(서울) 무근콘크리트구간 상태평가 산정(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
S44	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S45	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S46	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S47	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S48	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S49	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S50	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S51	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S52	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S53	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S54	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S55	b	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S56	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S57	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S58	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S59	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S60	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S61	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S62	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S63	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S64	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S65	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S66	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S67	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S68	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S69	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S70	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S71	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S72	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S73	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S74	b	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S75	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S76	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S77	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S78	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S79	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S80	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S81	c	a	a	a	a	a	a	a	-	b
S82	c	a	a	a	a	a	a	a	-	b
S83	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a

<표 1.4.4> 월문3터널(서울) 무근콘크리트구간 상태평가 산정(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
S84	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S85	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S86	c	a	a	a	a	a	a	a	-	b
S87	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S88	c	a	a	a	a	a	a	a	-	b
S89	c	a	a	a	a	a	a	a	-	b
S90	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S91	c	a	a	a	a	a	a	a	-	b
S92	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S93	c	a	a	a	a	a	a	a	-	b
S94	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S95	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S96	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S97	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S98	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S99	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S100	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S101	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S102	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S103	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S104	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S105	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
S106	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a

다. 터널 주변상태 결함점수 산정

<표 1.4.5> 월문3터널(서울) 주변상태 결함점수 산정

항목	배수상태	지반상태	갯문상태	공동구	특수조건	합계
결함지수	2.0	1.0	1.0	0.5	-	4.5

라. 상태평가 결과

1) 구조물별 상태평가 결과

① 기본시설(철근콘크리트구간)

항목	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구	합계
결함 점수	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	1.00	0.50	5.00
결함점수													0.116	
상태평가 등급													A	

② 기본시설(무근콘크리트구간)

항목	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구	합계
결함 점수	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	1.00	0.50	5.02
결함점수													0.148	
상태평가 등급													A	

③ 전체 구간 상태평가(철근 + 무근콘크리트구간)

형식	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체 결함지수	상태평가 등급
철근콘크리트 라이닝	0.116	27.0	0.022	0.147	A
무근콘크리트 라이닝	0.148	1197.0	0.978		

④ 부대시설(옹벽)

항목	침하	계획 선형 오차	활동	세굴	파손 및 손상	균열	침식	박리	박락 및 층 분리	철근 노출	배수 공	주변 영향 인자	합계
결함 점수	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
									결함점수		0.000		
									상태평가 등급		A		
									가중치(W)		1.00		

2) 최종 상태평가 결과

구조물	결함지수	상태평가 결과	시설물의 결함지수(F)	
기본시설	0.147	A	기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W) $= 0.147 \times 1.00$	
부대시설	0.000	A		
			결함지수	0.147
			상태평가 등급	A

본 월문3터널(서울)은 상태등급 산정결과 결함지수는 0.147로 상태등급은 ‘A등급’에 해당되는 것으로 조사되었다.

1.4.2 안전등급 지정

<표 1.4.4> 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	평가지수	평가기준
평가결과	0.147	A	미 실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 A 안전성평가 (미 실시) - 안전등급 A			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나
금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은
A등급“문제점이 없는 최상의 상태”로 지정되었다.

1.4.3 기 점검결과와 비교

<표 1.4.5> 기 점검결과와 상태평가 비교

구 분	종합평가 지수	상태평가 등급	비고
기존 정밀점검	0.209	“B”	
금회 정밀점검	0.147	“A”	평가등급 상향

2016년 실시한 정밀점검과의 상태평가 비교결과 라이닝 균열, 들뜸, 박리 등의 손상부
에 보수를 실시한 결과 상태평가 등급은 기 정밀점검(2016년 8월)의 “B등급”에서 “A등
급”(0.00≤x<0.15)으로 상향 평가되었다.

1.5 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

정밀점검 대상 시설물인 월문3터널(서울)은 2009년 준공 후 8년이 경과된 터널로서 금회 정밀점검 결과 시공 상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행한다면 구조물의 기능성과 안전성을 확보할 수 있으므로 현재 상태의 정밀안전진단 및 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 등 지속적인 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

1.6 보수·보강 및 유지관리 방안

1.6.1 부재별 보수·보강방안

월문3터널(서울)에 발생한 부재별 손상현황 및 보수·보강방안은 다음 표와 같다.

<표 1.6.1> 부재별 보수·보강 일람표

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	순위	비고
콘크리트 라이닝	균열(0.3mm미만)	2.25m ² / 3EA	표면처리	2	하자
	균열(0.3mm이상)	28.32m / 8EA	주입보수	1	하자
	녹물유출	1EA	주의관찰	-	
	백태	0.4m ² / 1	표면처리	1	하자
측벽부	타일탈락 및 파손	59EA	타일재시공	3	
공동구	파손	0.3m ² / 6EA	단면보수	2	하자
	덧개 파손	0.56m ² / 27EA	주의관찰	-	
배수시설	집수구 막힘	37EA	청소	3	
포장부	균열(0.3mm이상)	3.0m / 1EA	주의관찰	-	
	박리	0.06m ² / 4EA	주의관찰	-	
	재료분리	0.1m ² / 5EA	주의관찰	-	
	파손	0.05m ² / 3EA	주의관찰	-	
갭문	균열(0.3mm미만)	0.3m ² / 1EA	표면처리	2	하자
	균열(0.3mm이상)	4.8m / 2EA	주입보수	1	하자
	이격	12.0m / 1EA	충진보수	3	

1.6.2 보수·보강 개략공사비

<표 1.6.2> 부재별 보수·보강 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
콘크리트 라이닝	균열(0.3mm미만)	2.25m ² / 3EA	표면처리	101	2	하자
	균열(0.3mm이상)	28.32m / 8EA	주입보수	3,398	1	하자
	녹물유출	1EA	주의관찰	-	-	
	백태	0.4m ² / 1	표면처리	18	2	하자
측벽부	타일탈락 및 파손	59EA	타일재시공	177	3	
공동구	파손	0.3m ² / 6EA	단면보수	60	2	하자
	덮개 파손	0.56m ² / 27EA	주의관찰	-	-	
배수시설	집수구 막힘	37EA	청소	111	3	
포장부	균열(0.3mm이상)	3.0m / 1EA	주의관찰	-	-	
	박리	0.06m ² / 4EA	주의관찰	-	-	
	재료분리	0.1m ² / 5EA	주의관찰	-	-	
	파손	0.05m ² / 3EA	주의관찰	-	-	
갱문	균열(0.3mm미만)	0.3m ² / 1EA	표면처리	14	2	하자
	균열(0.3mm이상)	4.8m / 2EA	주입보수	576	1	하자
	이격	12.0m / 1EA	충진보수	240	3	
순 공 사 비				4,695		
제경비(순공사비×0.50)				2,348		
총 공 사 비				7,043		

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

<표 1.6.3> 유지보수 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
측벽부	타일탈락 및 파손	59EA	타일재시공	177	3	
배수시설	집수구 막힘	37EA	청소	111	3	
갯문	이격	12.0m / 1EA	충진보수	240	3	
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위		-		
		2순위		-		
		3순위		792		
개략공사비 총계				792		

<표 1.6.4> 하자보수 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
콘크리트 라이닝	균열(0.3mm 미만)	2.25㎡ / 3EA	표면처리	101	2	하자
	균열(0.3mm 이상)	28.32m / 8EA	주입보수	3,398	1	하자
	백태	0.4㎡ / 1	표면처리	18	2	하자
공동구	파손	0.3㎡ / 6EA	단면보수	60	2	하자
갯문	균열(0.3mm 미만)	0.3㎡ / 1EA	표면처리	14	2	하자
	균열(0.3mm 이상)	4.8m / 2EA	주입보수	576	1	하자
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위		5,961		
		2순위		290		
		3순위		-		
개략공사비 총계				6,251		

1.6.3 유지관리 방안

가. 유지관리의 목적 및 필요성

도로시설물의 유지관리란 기존에 건설된 시설물이 기능을 보존케하고 이용차량의 편의와 안전을 도모하기 위하여 기존 시설을 점검하고 손상된 부분의 원상복귀와 추가시설을 보완하여 수명기간 동안 안전과 기능을 충분히 발휘하게 하기 위한 일련의 과정을 말한다. 도로시설물 유지관리의 주요내용은 ① 시설물 안전점검, ② 이상발견, ③ 보수필요여부 판정, ④ 적정 보수공법 선정, ⑤ 보수공사 실시, ⑥보수효과 확인 등으로 구분된다.

나. 중점유지관리 사항

1) 포장면

주요부위 및 손상		
	포장부 박리	포장부 재료분리
중점 점검사항	◦ 콘크리트 포장 손상부에 대한 보수후에도 손상의 확대 및 패임 등에 대한 주의관찰 필요. ◦ 터널내부 콘크리트 파손, 들뜸 등에 대해서는 주행성, 사용성 확보를 위한 부분적인 보수 후 추가손상 발생유무에 대한 주의관찰이 필요함.	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장	

2) 라이닝(천단부 및 측벽부)

주요부위 및 손상			
		라이닝 균열부 백태	라이닝 균열
중점 점검사항	발생현황	◦ 균열 변상 · 측벽부 배수공 불량으로 과도한 수압에 의한 수직균열 · 어깨부 배면공동으로 인한 천장부 수평균열 · 설계시 고려 안 된 부분의 추가적 외력에 의한 종균열 · 전단력에 의해 어긋남을 동반한 전단균열 · 압좌에 의해 생기는 파괴면이 불명확한 균열 · 철근을 따라 발생한 균열 : 철근배근 불량, 콘크리트의 피복두께가 부족한 경우 · 망상균열 : 모르터 고유의 균열, 알칼리 골재반응에 의한 균열, 시공 후 급격한 건조수축, 동결융해, 화재노출 등 · 표면에서의 미세한 균열 : 매우 미세한 그물형태의 균열 · Cold-Joint : 콘크리트 이어치기 부분 시공불량으로 발생 ◦ 붕괴, 파손 변상 · 천장부 등에서 탈락된 콘크리트 조각들로 인한 기능상실 및 사고 가능 · 급작스런 붕락은 통행중인 차량의 안전을 위협, 급작스런 제동 등으로 대형 사고 유발 · 장기적으로 해당단면의 구조적 불안정으로 인한 단면붕괴 가능 ◦ 박리, 박락 변상 · 라이닝 표면이탈로 인한 기능상실 및 대형사고 유발 · 장기적인 라이닝 콘크리트의 열화로 단면붕괴 유발 · 들뜸 : 철근의 부식에 의한 부피팽창으로 철근을 덮고 있는 콘크리트 들뜸, 부착력 감소로 인한 라이닝 탈락	
	일반대책	◦ 손상발생시 조치 · 표면처리공법, 주입공법, 충전공법, 침투성 방수제 도포공법 · 보강판보수 : 좁은 범위의 라이닝면에 평강과 동판 등을 앵커볼트 등으로 정착 · 철망붙이기 : 작은 규모의 낙하 우려있을 때 라이닝표면에 앵커볼트 등을 사용하여 철망을 고정하여 낙하를 방지하는 공법 · 보강Saddle : 휨가공한 H형강 등의 강재를 라이닝 내면에 적당한 간격으로 설치하여 단면보강 · 라이닝 들뜸 부위 깨어내기(제거)후 단면 보수	
점검도구		· 사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장	

3) 공동구 및 배수시설

주요부위 및 손상		
	공동구 덮개 파손	배수시설 집수구 토사퇴적
중점 점검사항	◦ 공동구 덮개 파손 유무 및 유지관리 ◦ 종방향 배수로내 이물질 적체로 인한 배수기능 저하유무. ◦ 배수로 덮개판(그레이팅) 탈락 및 이탈 등에 대한 주의관찰 필요. ◦ 주기적인 유지 준설 필요.	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장	

4) 갯문 및 옹벽

주요부위 및 손상		
	갯문 전경	갯문 배면 이격
중점 점검사항	◦ 면벽 콘크리트 균열 및 파손 발생유무. ◦ 침하, 이동, 단차발생 여부. ◦ 갯문 배면 도수로 이격에 의한 추가 손상 진행 여부 확인 ◦ 하절기 집중호우 및 동절기 동결융해와 같은 사면 주변 환경변화 시 중점유지관리 필요.	
점검도구	· 사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장	

1.7 종합결론

가. 외관조사

1) 콘크리트 라이닝

본 월문3터널(서울)의 콘크리트 라이닝에 대한 외관조사 결과, 균열폭 0.3mm내외의 천단부 종방향 균열 및 횡방향 균열이 일부구간 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 천단부에 발생한 균열은 구조적인 균열이 아닌 건조수축, 횡방향 온도변화 및 시공초기 거푸집의 조기탈형 등 복합적인 원인에 의해 발생한 비구조적인 균열로 판단된다.

기 점검과 비교시 균열폭 0.3mm이상인 천단부 종방향 및 횡방향 균열에 대한 보수가 실시된 것으로 확인되었으며, 보수상태는 양호한 것으로 조사되었다. 그 외 일부 구간에서 균열부 우수유입등으로 인한 균열부 백태 및 천단부 균열이 추가로 조사 되었으며, 기 손상부는 정기적인 점검을 통한 손상의 진전 등을 파악하여 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

2) 측벽부

본 월문3터널(서울)의 내부 좌·우측 터널 내부 시인성 및 조도 확보를 위해 측벽부는 타일마감을 시공하였으며, 외관조사 결과 타일 탈락 및 파손의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 측벽부에 발생한 타일 탈락 및 파손의 경우 공용중 외력(차량 충돌 등), 구조물 거동 및 통행차량에 의한 진동, 부착물탈의 접착력 저하 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.

기 정밀점검과 비교시 추가 발생한 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 기 손상부는 구조물의 내구성 증진 및 통행차량의 시인성, 안전성 확보를 위해 균열보수 및 타일붙임을 실시한 후 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

3) 공동구 및 배수시설

본 월문3터널(서울)은 준공도서 및 현장조사 결과, 측면 배수방식을 채택한 배수형 터널이며, 공동구는 터널 좌·우측에 배선 및 배관 등을 수용할 수 있도록 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

공동구에 대한 외관조사 결과, 공동구 덮개 파손 및 공동구 파손 손상이 국부적으로 조사되었으며, 기 점검과 비교시 신규 발생한 손상은 없는 것으로 확인되었다. 공동구의 경우 향후 유지관리 및 점검자의 통행시 손상부로 인해 안전사고가 발생할 우려가 있고, 장기간 방치시 공동구 내부의 배선 및 배관 등의 설비시설이 파손될 우려가 있으므로 덮

개 파손부의 교체가 필요할 것으로 판단된다.

포장면의 좌·우측에 설치된 배수시설에 대한 외관조사 결과, 일부구간 집수구 토사퇴적이 발생한 것으로 확인되었으며, 기 손상부는 터널의 원활한 배수기능 확보를 위한 주기적인 청소 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

4) 포장면

월문3터널(서울)의 포장면은 편도 2차선의 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 주행차량의 수막현상 억제 및 배수성 향상, 결빙 억제 및 소음 저감 등을 위해 전 구간 횡방향 타이닝이 시공되어 있다. 또한, 종단구배는 -0.6%로 시공되어 진 것으로 확인되었다.

터널의 포장면에 대한 외관조사 결과, 기존 손상인 포장 균열, 박리, 파손 등의 손상이 전구간에서 국부적으로 발생되었으며, 기 점검과 비교시 추가 발생한 손상은 없는 것으로 판단된다.

포장 균열 및 파손 등의 손상은 포장단면의 부족, 재료불량, 다짐불량 등의 시공초기 품질관리 미흡, 통행차량의 교통량 증가 및 지속적인 차량 윤하중재하 등의 복합적인 원인에 의해 발생한 것으로 검토되었다. 다만, 발생한 손상에 의해 통행차량의 주행성 및 터널의 안전성 저하는 없는 것으로 판단되므로 지속적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 파악 및 신규손상 발생 유무 확인 등의 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

5) 갯문 및 옹벽

일반적인 갯문은 지표 비탈면의 사면 붕괴, 눈사태, 누수 등으로부터 갯문부를 보호하기 위한 것이며, 차량 통과시 공기압의 감소 효과, 소음 방지 그리고 갯문 자체의 미관, 주변의 조경 등을 복합적으로 고려하여 시공되어야 하며, 월문3터널(서울)의 갯문은 시점부 면벽식, 종점부 원통 절개형으로 시공되어 있는 것으로 조사되었다.

갯문에 대한 외관조사 결과 기존 손상인 이격, 균열이 조사되었으며, 기 점검 이후 균열부에 대한 보수를 실시한 것으로 확인되었다. 현재 보수상태는 양호한 것으로 조사되었으나 일부 재균열의 손상이 발생한 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

월문3터널(서울)의 시점부에 시공된 옹벽에 대한 조사결과, 균열, 박락, 재료분리, 파손 등의 손상이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 현 상태를 지속적으로 유지하기 위한 관리주체의 지속적인 점검 및 유지관리가 요구된다.

6) 부대시설

월문3터널(서울)의 내부는 좌·우측에 조명등, 소화기, 비상전화, 비상경보설비 등의 부대시설이 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

본 터널의 조명시설은 시공상태 및 유지관리 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 터널 내부의 차로 시선 확보 및 각종 사고에 대비한 LED 시선 유도등을 설치하여 운전자의 안전운행 및 터널 내 화재 등의 사고 발생시 시선유도등을 따라 안전하게 대피할 수 있도록 유지관리를 실시하고 있는 것으로 확인되었다. 부대시설의 외관조사 결과, 기존 손상인 소화기 분실의 경우 보수가 실시된 것으로 확인되었으며, 그 외 추가적인 손상은 발생되지 않은 것으로 조사되었다. 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실행 한다면 현재 상태를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 내구성 조사

내구성 평가를 위하여 실시한 반발경도법에 의한 압축강도시험, 탄산화 시험 측정결과 설계기준, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017.01)을 만족하는 것으로 측정·검토되었다.

다. 종합결론

월문3터널(서울)은 준공 후 8년이 경과된 NATM 형식의 터널로 외관조사 결과 라이닝 균열(cw=0.3mm내외), 균열부 백태, 타일 탈락, 포장부 박리 및 재료분리, 갭문 균열 및 이격 등의 손상이 조사되었으며, 천단부 균열(cw=0.3mm미만) 등의 신규손상이 발생된 것으로 확인되었다. 상태평가 결과 기 점검 이후 실시된 라이닝 균열 및 조인트부 박리 보수로 인해 상태평가 기준은 기존 “B등급”(양호)에서 “A등급”(우수)로 상향 평가되었으며, 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.