Ⅱ. 시 설 물 편

제 1장 군자2터널(서울)

제 2장 군자2터널(양양)

제 1 장 군자2터널(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　군자2터널(서울)

1.1 시설물개요

1.1.1 군자2터널(서울) 전경

군자2터널(서울) 외부전경

군자2터널(서울) 내부전경

1.1.2 터널현황

본 과업 대상구조물인 군자2터널(서울)의 터널현황은 다음 표와 같다.

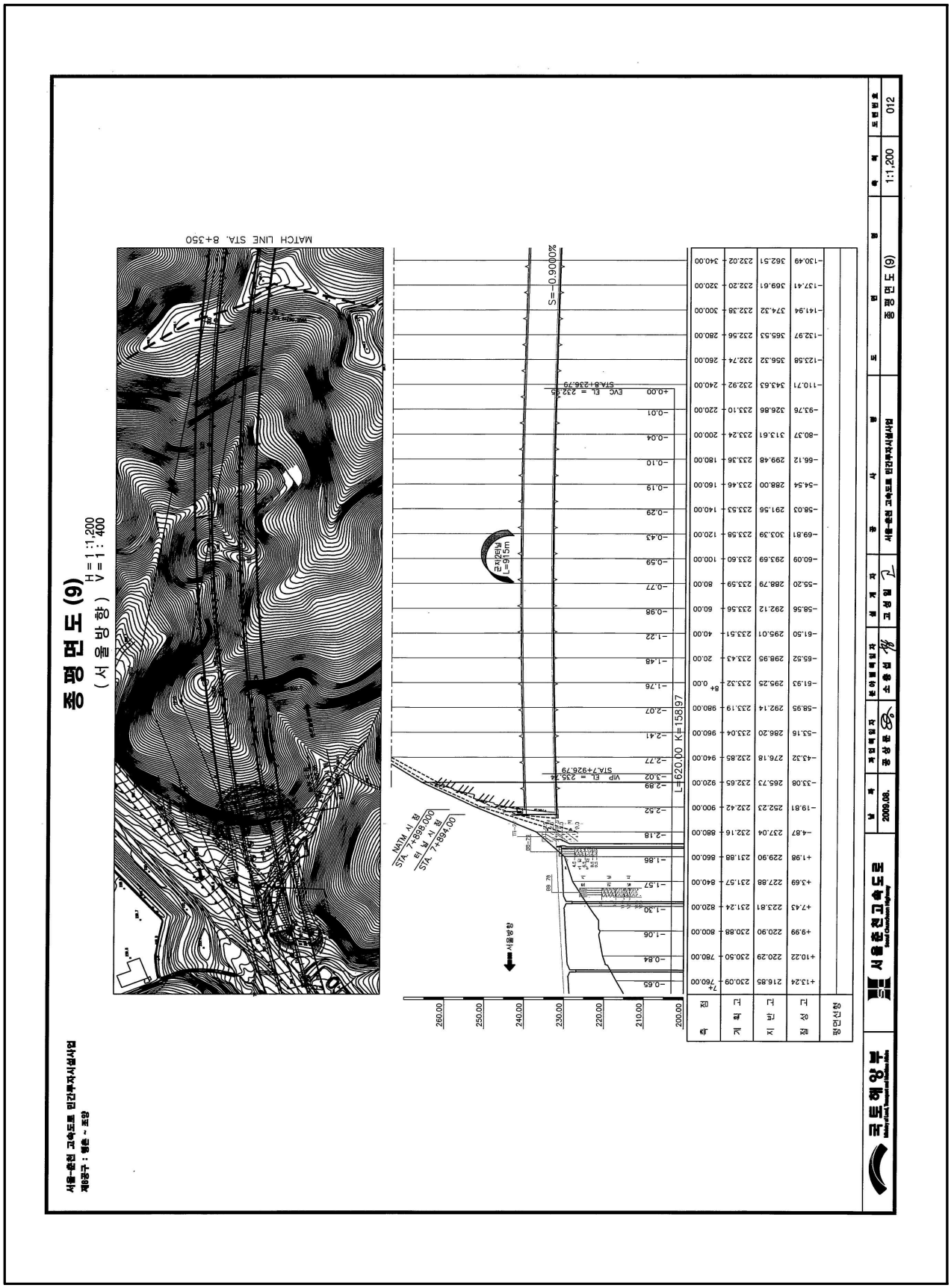
<표 1.1.1> 군자2터널(서울) 터널현황

구 분		내 용	구 분	내 용
시설물명		군자2터널(서울)	시설물번호	TU2009-0000172
준공년월일		2009년 08월 11일	관리번호	-
설계사		(주)삼보기술단	시공사	고려개발(주)
시설물위치		강원도 춘천시 동산면 군자리(이정 59.56km)		
차로수		편도 2차선	노선명	고속도로 60호선
제원	연장	L = 915.0m		
	폭	B = 11.5m		
	높이	H = 8.2m		
	형상	난형		
	종단구배	0.9%		
	평면선형	R = 1,600		
주요공법		NATM	보조공법	강관다단그라우팅
배수형식		배수식	갱문형식	면벽식
환기		자연환기	조명	실내용 전등, 옥외용 가로등
부착시설물		소화기, 비상전화, 통신설비, 방송설비 등		

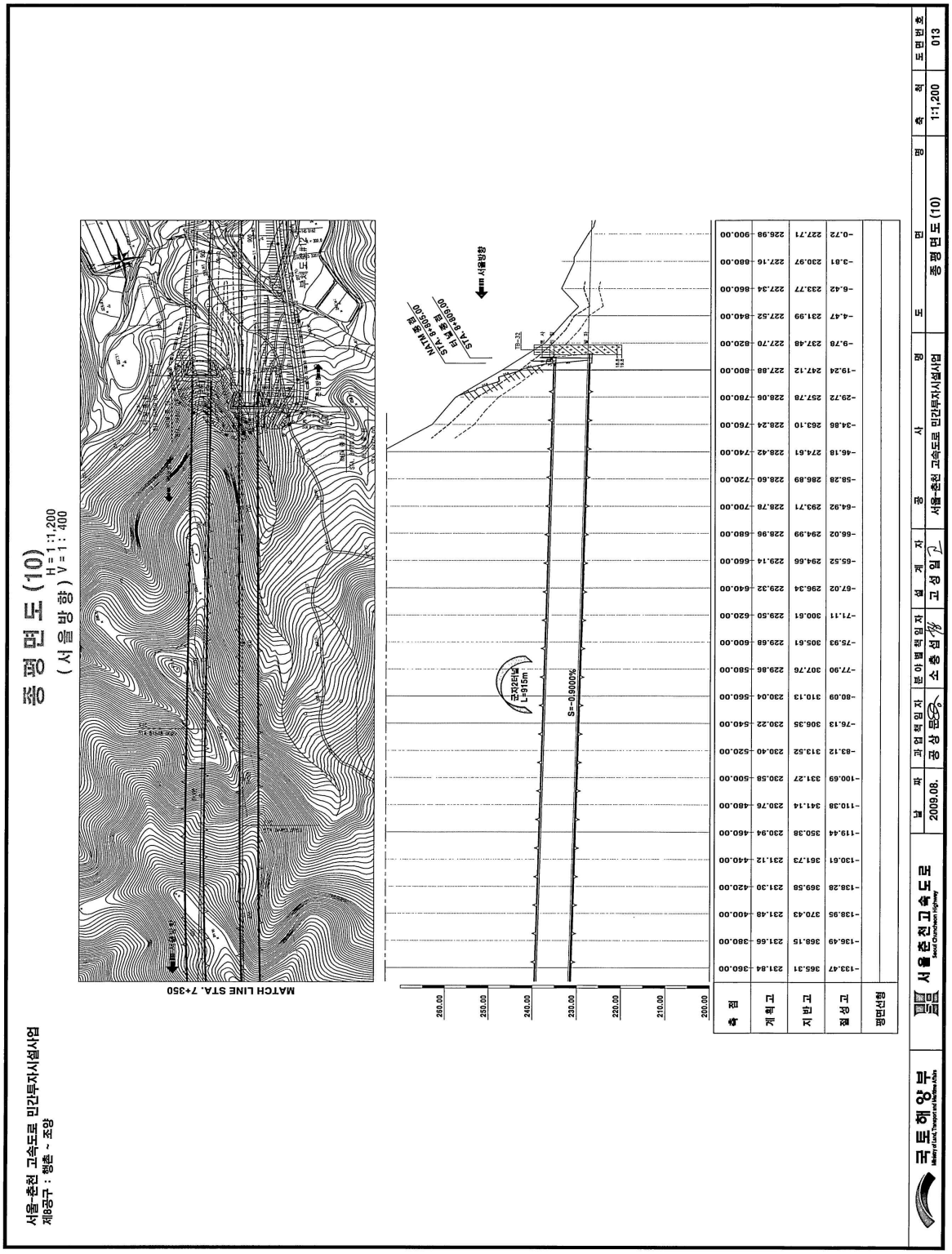
1.1.3 위치도

<그림 1.1.1> 위치도

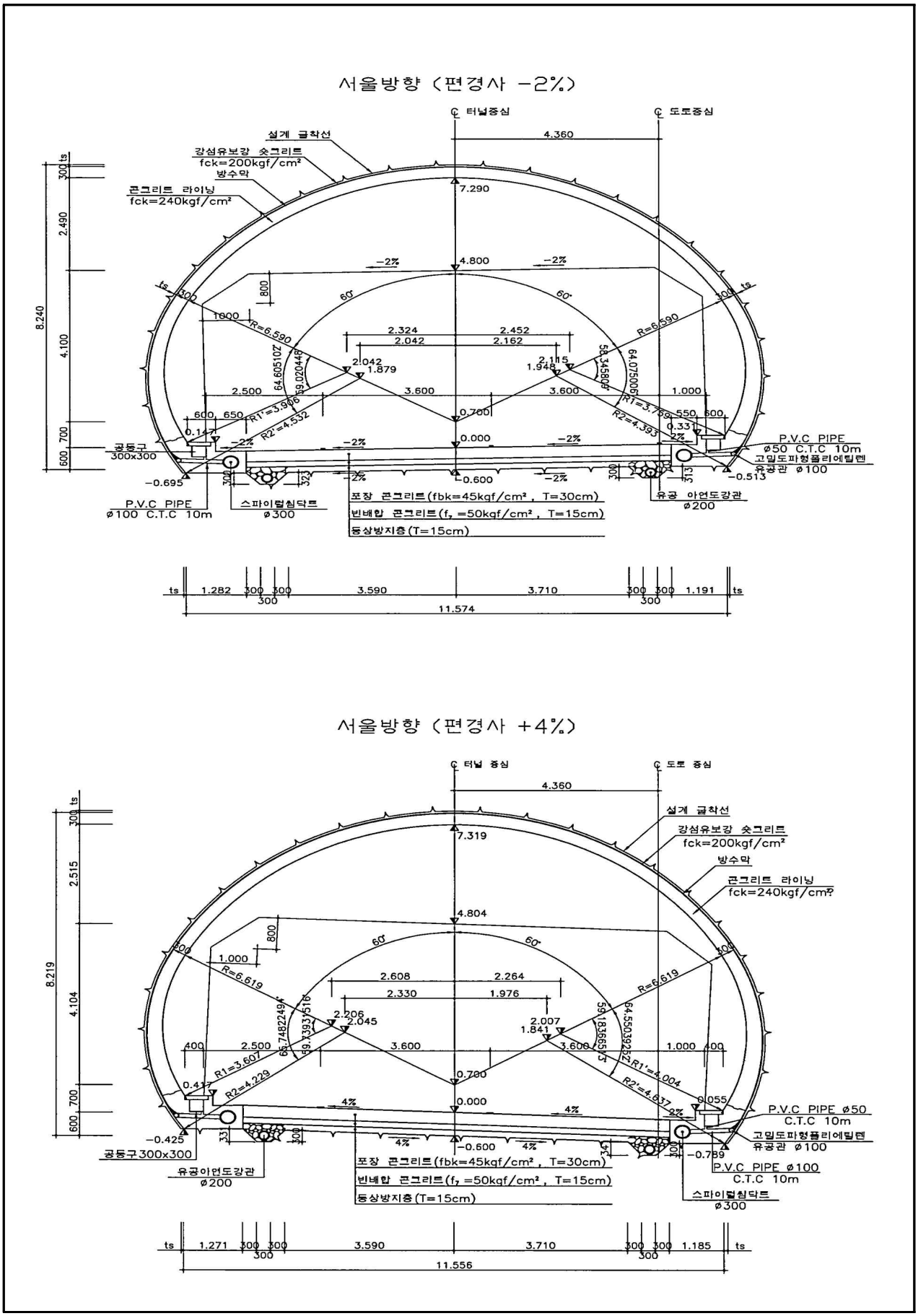
1.1.4 일반도



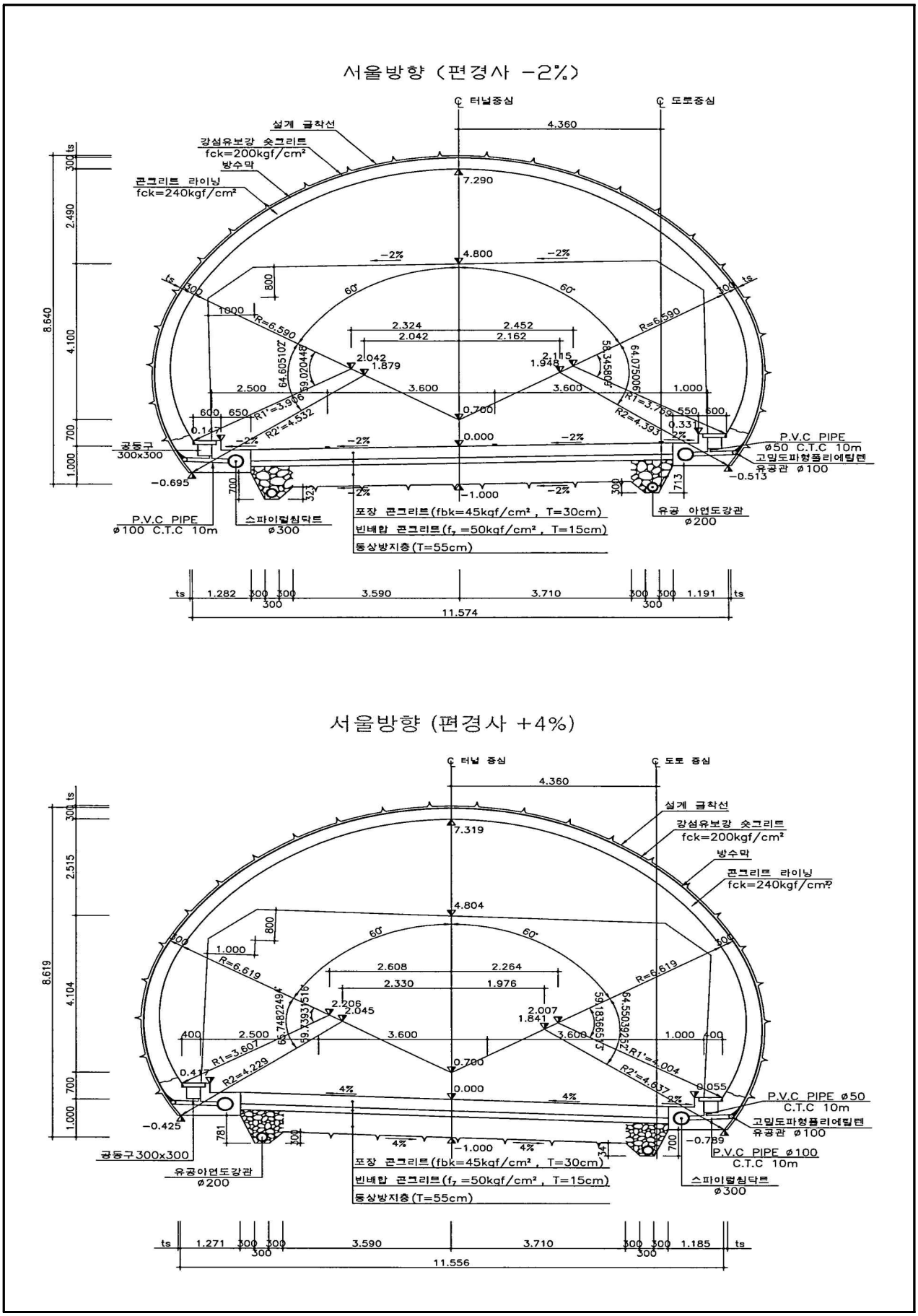
<그림 1.1.2> 종・평면도(1)


서울-춘천 고속도로 민간투자시설사업
제8공구 : 행촌 ~ 조양
종 평 면 도 (10)
(서 울 방 향) H = 1 : 1,200 V = 1 : 400
MATCH LINE STA. 7+350
MATCH 종점 STA. 8+105.00
MATCH 시작점 STA. 8+025.00
서울방향
Ip=32
조가2터널 L=915m
Si=-0.9000%
280.00
250.00
240.00
230.00
220.00
210.00
200.00
종 점 -133.47 365.31 231.84 -360.00
계 획 고 -136.49 368.15 231.66 -380.00
지 반 고 -138.95 370.43 231.48 -400.00
절 성 고 -138.28 369.58 231.30 -420.00
평면선형 -130.61 361.73 231.12 -440.00
-119.44 350.38 230.94 -460.00
-110.38 341.14 230.76 -480.00
-100.69 331.27 230.58 -500.00
-83.12 313.52 230.40 -520.00
-76.13 306.35 230.22 -540.00
-80.09 310.13 230.04 -560.00
-77.90 307.76 229.86 -580.00
-75.93 305.61 229.68 -600.00
-71.11 300.61 229.50 -620.00
-67.02 296.34 229.32 -640.00
-65.52 294.66 229.14 -660.00
-66.02 294.99 228.96 -680.00
-64.92 293.71 228.78 -700.00
-58.28 286.89 228.60 -720.00
-46.18 274.61 228.42 -740.00
-34.86 263.10 228.24 -760.00
-29.72 257.78 228.06 -780.00
-19.24 247.12 227.88 -800.00
-9.76 237.48 227.70 -820.00
-4.47 231.99 227.52 -840.00
-6.42 233.77 227.34 -860.00
-3.81 230.97 227.16 -880.00
-0.72 227.71 226.98 -900.00
국토해양부 Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs
서울춘천고속도로 Seoul Chuncheon Highway
날 짜 2009.08.
과업책임자 공상문
분야별책임자 소충섭
설 계 자 고성일
공 사 명 서울-춘천 고속도로 민간투자시설사업
도 면 명 종평면도 (10)
축 척 1:1,200
도면번호 013

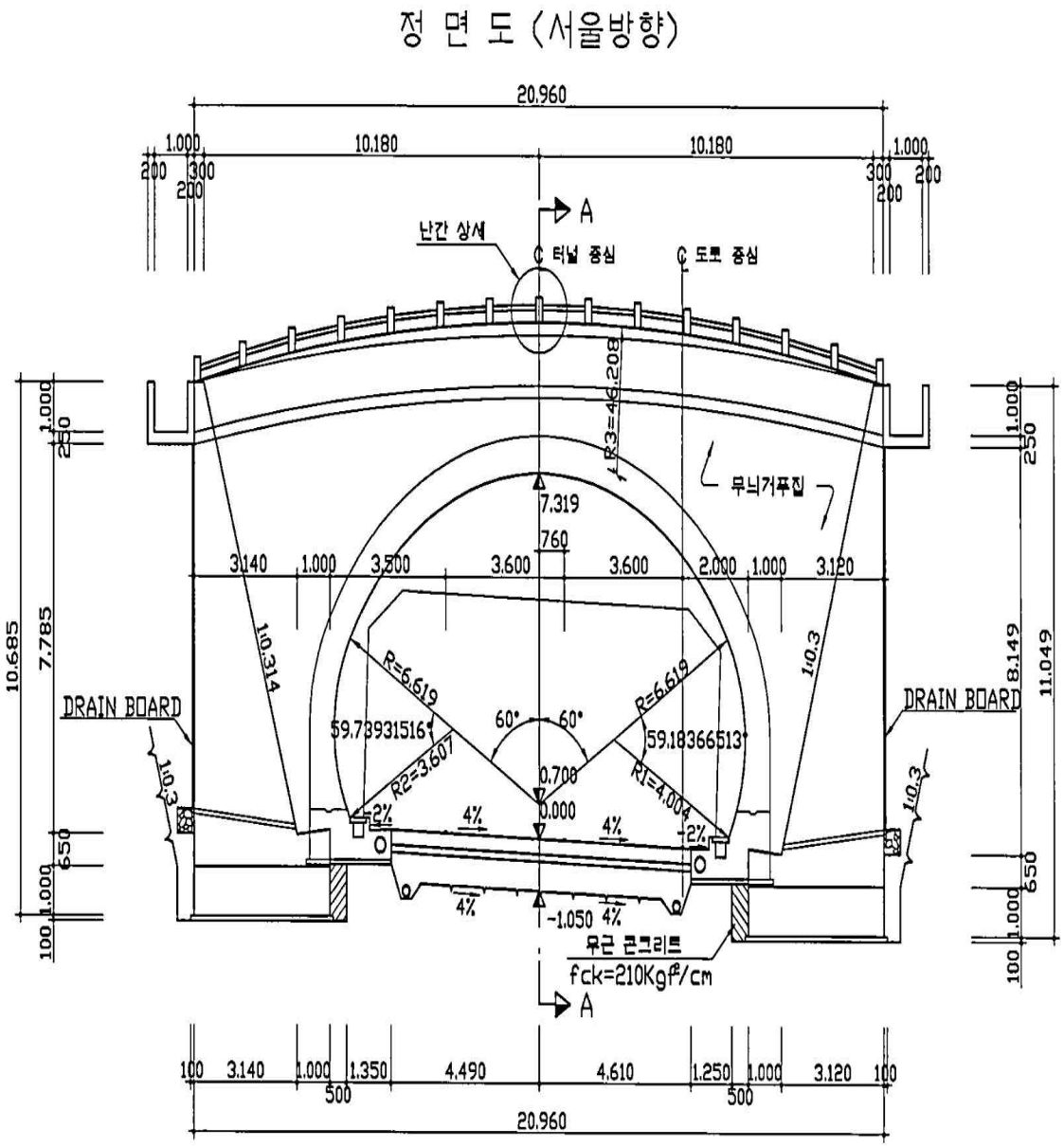
<그림 1.1.3> 종・평면도(2)



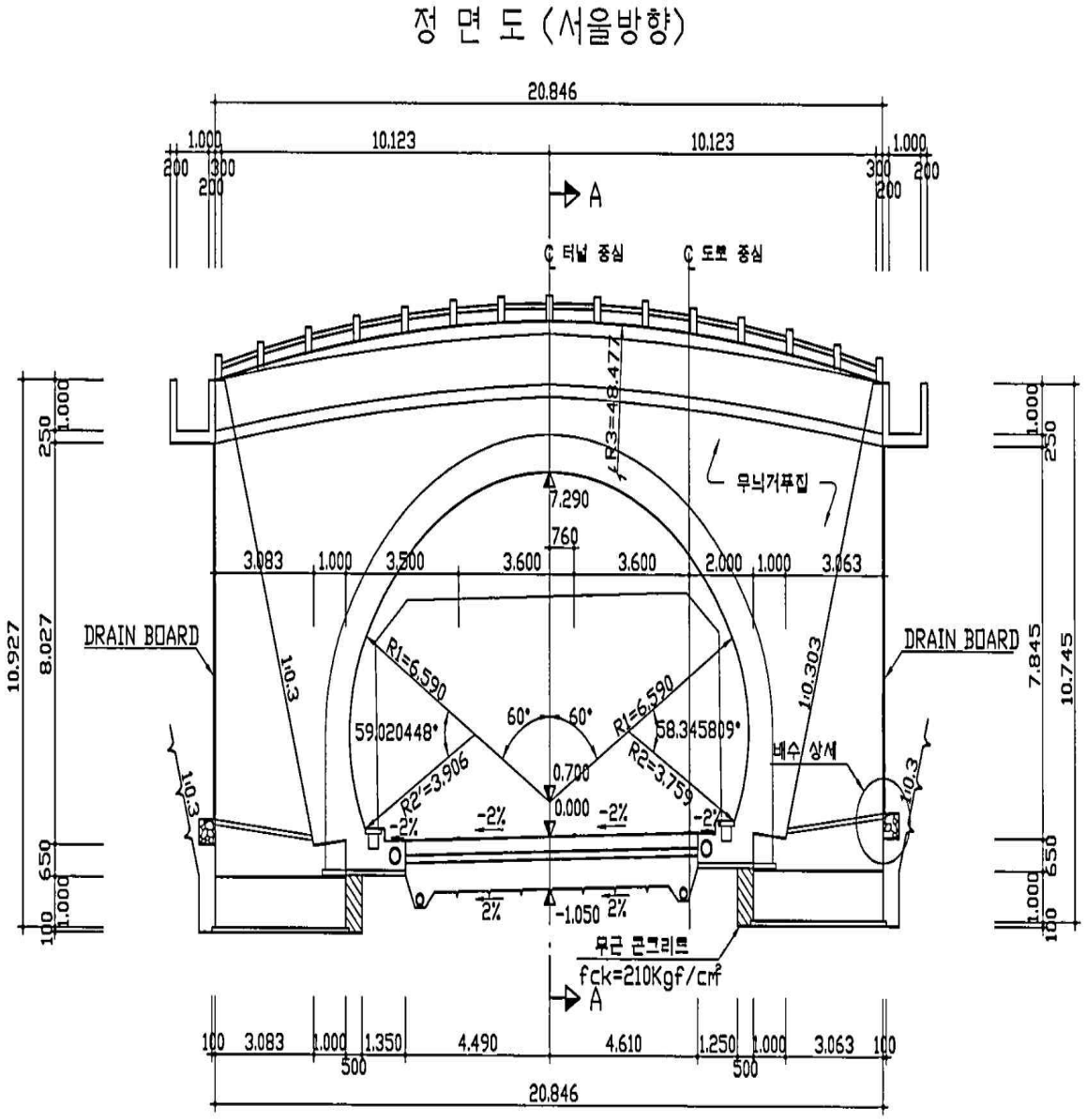
<그림 1.1.4> 횡단면도(표준단면도)



<그림 1.1.5> 횡단면도(표준단면도-동상방지층)



<그림 1.1.6> 시점부 갱문 일반도



<그림 1.1.7> 종점부 갱문 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)제이엘건설연구소 (2016.08)
보수·보강 관련자료		◦ 보수·보강 이력사항

나. 기 점검 및 진단자료

군자2터널(서울)은 기 정밀점검 (2016. 08) 실시 결과 상태평가 등급은 “B″등급으로 평가되었다. 주요손상으로 라이닝 천정부 종방향 균열과 벽체부 횡방향 균열, 파손, 박리, 박락, 타일 탈락 등의 손상이 조사되었으며, 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 발생된 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	·양호함
3	2010.09.03 정기점검	자체수행 박진희	양호	·양호함
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	2013.04.24 정기점검	자체수행 송창현	양호	·타일박락, 라이닝 천정부 균열(3개소)
10	2013.10.21. ~2014.01.18 정밀점검	제이엘건설연구소 이재형	B	·본선 라이닝 균열(c.w=0.3㎜이상), 파손, 박리, 보수부 파손 ·입출구부 균열(c.w=0.3㎜이상)

<표 1.1.3> 기존 점검・진단 이력(계속)

번호	기간	점검기관	등급	주요 점검 및 진단 결과
11	2013.10.30 정기점검	자체수행 송창현	양호	・상태 양호함
12	2014.04.01 ~2014.06.11 정기점검	자체수행 임상희	양호	・라이닝 박락 및 파손 ・타일 탈락 ・공동구 덮개 파손
13	2014.07.01 ~2014.11.06 정기점검	자체수행 임상희	양호	・전구간 라이닝 미세균열
14	2015.03.02 ~2015.04.15 정기점검	자체수행 김상규	양호	・라이닝 박락우려 ・배수구 이물질 퇴적
15	2015.07.01. ~2015.12.25 정밀점검	자체수행 최훈석	A	・라이닝 대체로 양호하나 일부구간 천정부 시공이음부 박락 우려 ・집수정 이물질 퇴적
16	2016.04.01 ~2016.06.23 정기점검	자체수행 노경희	양호	・천단부 균열, 시공이음부 및 보수부 파손 ・벽체 타일탈락, 공동구 덮개 균열
17	2016.06.15 ~2016.07.28 정밀점검	제이엘건설연구소 이재형	B	・천단부 : 균열, 박리, 파손 ・측벽부 : 타일탈락 ・포장부 : 포장균열, 포장박락 ・공동구 : 덮개파손 ・갱문 : 균열 ・부대시설 : 소화전 파손
18	2016.07.01 ~2016.09.21 정기점검	자체수행 노경희	양호	・스틸그레이팅 배수구 준설필요 ・갱문, 천단부, 공동구 등 균열발생
19	2017.04.03 ~2017.06.14 정기점검	자체수행 주종림	양호	・갱문, 천단부, 공동구 등 균열발생

<표 1.1.4> 2016년 정밀점검 요약

구 분		내 용	비고
용 역 명		· 서울춘천고속도로 정밀점검 3구간	
용 역 기 간		· 2016. 06. 15 ~ 2016. 08. 12	
용 역 사		· (주)제이엘건설연구소	
외관 조사	라 이 닝	· 균열, 박리, 파손	c
	벽 체	· 타일탈락	b
	포 장 부	· 포장균열, 포장박락	b
	배 수 시 설	· 상태양호	a
	공 동 구	· 덮개파손	b
	갱 문	· 균열	c
	사 면	· 상태양호	b
	부 대 시 설	· 소화전 파손	b
비파괴 시험	강 도	· 설계기준강도 이상	
	탄 산 화	· a등급으로 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단됨	
상 태 평 가		· B등급(0.169)	
안 전 등 급		· 미실시	
종 합 의 견		· 군자2터널(서울)의 종합평가에 의한 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위한 일부의 보수가 필요한 상태인 B등급(양호)으로 지정되었다. · 전반적으로 중대결함이 없는 양호한 상태의 터널로 조사되었으나, 라이닝 천단부에서 0.3㎜이상의 종균열이 다수 발생한 상태이므로 단기적인 보수 후 균열의 재발 여부의 확인이 필요하며, 신축이음부에서 발생한 박리는 온도 변화로 인한 신축작용으로 추가적인 결함이 발생할 수 있으므로 지속적인 유지관찰이 요구된다. · 본 대상시설물에 발생한 손상들에 대해서는 안전성과 내구성 확보를 위해 본 보고서에서 제시된 보수방안을 실시한 후 지속적인 점검과 유지관리를 실시한다면 터널의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	

다. 보수・보강 관련사항 분석결과

본 군자2터널(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	2014. 04. 01 ~ 2014. 07. 01	・라이닝박락 0.3㎡(4개소) ・타일 탈락 12EA ・공동구 덮개 파손 2EA	고려개발(주)	고려개발(주)	-
2					

라. 시설물의 내진설계 여부 확인

구 분	해석방법	등급	FMS
현 황		미반영	
분석결과			

1.2 외관조사

과업대상 터널인 군자2터널(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 915.0m의 편도 2차로인 2종 시설물이다.

군자2터널(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.

외관조사를 위한 교통통제 현황

고소작업차를 이용한 외관조사 현황①

고소작업차를 이용한 외관조사 현황②

고소작업차를 이용한 외관조사 현황(갱문부)

<사진 1.2.1> 외관조사 현황

1.2.1 콘크리트 라이닝

본 군자2터널(서울)의 콘크리트 라이닝에 대한 외관조사 결과, 균열폭 0.3㎜내외의 천단부 종방향 균열 및 횡방향 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 천단부에 발생된 균열은 구조적인 균열이 아닌 건조수축, 횡방향 온도변화 및 시공초기 거푸집의 조기탈형 등 복합적인 원인에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단된다.

다만, 기 정밀점검과 비교시 콘크리트 라이닝에 발생한 균열부에 대해 전반적인 보수가 실시되어 손상이 감소한 것으로 검토되었으며, 보수부에 대한 외관조사 결과, 재균열 등이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

또한, 신축이음(Expansion Joint) 및 시공이음부(Construction Joint) 주변의 콘크리트 들뜸이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 이는 구조물의 반복적인 신축거동, 거푸집의 조기탈형 등에 의한 복합적인 원인으로 발생된 것으로 판단되며, 향후 2차적으로 Con'c 낙하물이 떨어져 차량안전사고가 발생될 우려가 있으므로 결함부의 제거 후 단면복구를 통한 터널의 안전성을 확보할 필요가 있는 것으로 판단된다.

<표 1.2.1> 콘크리트 라이닝 손상현황

구분	균열		손상 및 열화
	균열(0.3㎜미만)	균열(0.3㎜이상)	조인트부 들뜸
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)
S13	2.5 / 1	-	-
S18	3.2 / 1	-	-
S20	2.0 / 1	-	-
S25	1.5 / 1	-	-
S29	7.5 / 2	-	-
S39	1.5 / 1	-	-
S40	3.5 / 1	-	-
S43	5.0 / 1	-	-
S50	2.1 / 1	-	-
S51	5.0 / 1	-	-
S54	9.0 / 1	-	-
S56	1.5 / 1	-	-
S58	4.5 / 1	-	-
S59	4.5 / 1	-	-
S60	-	-	0.03 / 1
S66	8.0 / 1	-	-
S68	9.0 / 1	-	-
S69	9.5 / 2	-	-
S79	2.0 / 1	-	-
S80	3.6 / 3	-	-
S88	0.7 / 1	-	-
S92	1.8 / 1	-	-
S93	2.0 / 1	-	-
S100	-	9.0 / 1	-
S102	10.0 / 1	-	-
합계	99.9 / 27	9.0 / 1	0.03 / 1

라이닝 SPAN.13 균열(0.3㎜미만)

라이닝 SPAN.18 균열(0.3㎜미만)

라이닝 SPAN.20 균열(0.3㎜미만)

라이닝 SPAN.58 횡방향 균열(0.3㎜미만)

라이닝 SPAN.60 조인트부 들뜸

라이닝 SPAN.69 종방향 균열(0.3㎜미만)

라이닝 SPAN.100 종방향 균열(0.3㎜이상)

라이닝 SPAN.102 종방향 균열(0.3㎜미만)

<사진 1.2.2> 천단부 손상현황

라이닝 SPAN.6 측벽부 균열보수현황

라이닝 SPAN.12 측벽부 균열보수현황

라이닝 SPAN.11 조인트부 박리 보수현황

라이닝 SPAN.72 조인트부 박리 보수현황

<사진 1.2.2> 천단부 손상현황(계속)

1.2.2 측벽부

본 군자2터널(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.

기 정밀점검과 비교시 타일 타락 및 파손이 신규로 발생되었으며, 기 손상부는 공용중 외력(차량 추돌 등), 구조물 거동 및 통행차량에 의한 진동, 부착몰탈의 접착력 저하 등에 의해 발생한 것으로 판단되므로 통행차량의 시인성 및 안전성 확보를 위해 타일붙임을 실시한 후 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

<표 1.2.2> 측벽부 손상현황

구분	손상 및 열화	
	타일탈락	타일파손
	(EA)	(EA)
S40	-	1
S64	1	-
S104	-	4
S105	21	-
합계	22	5

측벽부 전경①

측벽부 전경②

측벽부 SPAN.40 타일파손

측벽부 SPAN.64 타일탈락

측벽부 SPAN.104 타일파손

측벽부 SPAN.105 타일탈락

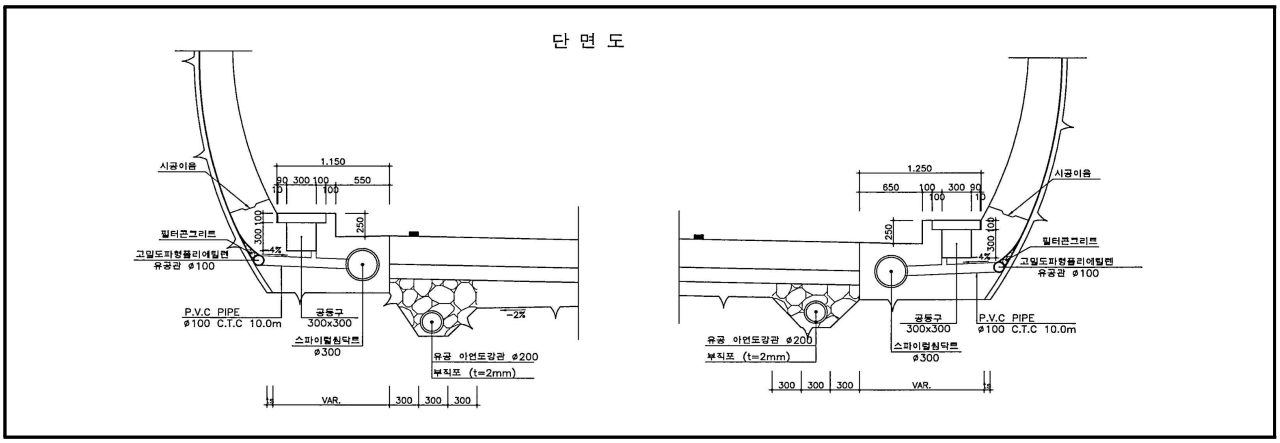
<사진 1.2.3> 측벽부 손상현황

1.2.3 공동구 및 배수시설

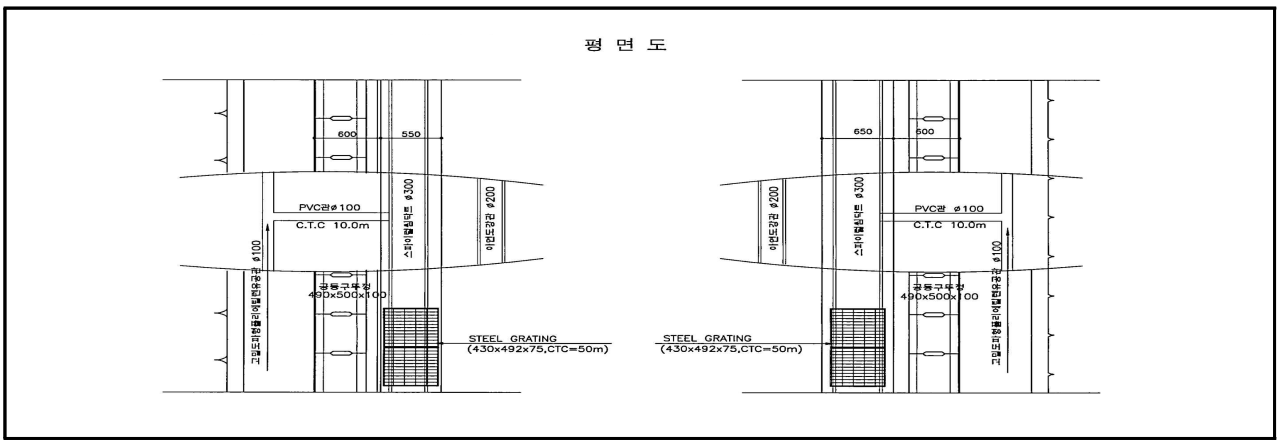
본 군자2터널(서울)은 준공도서 및 현장조사 결과, 측면 배수방식을 채택한 배수형 터널이며, 공동구는 터널 좌·우측에 배선 및 배관 등을 수용할 수 있도록 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

공동구에 대한 외관조사 결과, 공동구 상부의 덮개 파손이 국부적으로 조사되었으며, 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, 관리주체의 주기적인 유지관리로 인해 토사 및 이물질퇴적은 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



<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	손상 및 열화	
	공동구 덮개 파손	공동구 덮개 탈락
	(EA)	(EA)
S20	1	-
S22	1	-
S25	1	-
S32	1	-
S38	-	4
합계	4	4

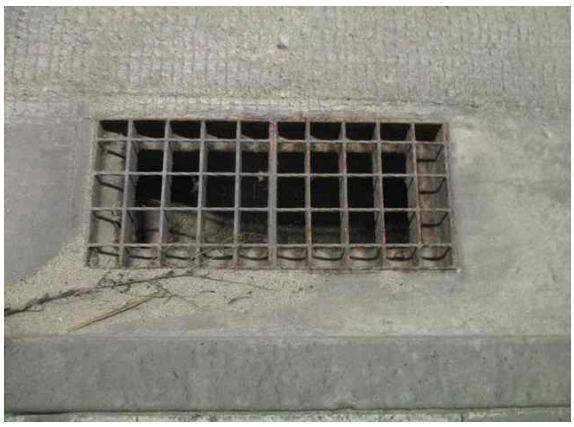
공동구 SPAN.20 덮개 파손

공동구 SPAN.22 덮개 파손

공동구 SPAN.32 덮개 파손

공동구 SPAN.38 덮개 탈락

<사진 1.2.5> 공동구 손상현황



배수시설 집수구 전경

배수시설 집수구 상태양호

<사진 1.2.6> 배수시설 손상현황

1.2.4 포장면

군자2터널(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 시점에서 종점측으로 0.9%로 시공되어 진 것으로 확인되었다.

터널의 포장면에 대한 외관조사 결과, 균열 및 파손, 이물질 내재 등의 손상이 전구간에서 국부적으로 조사되었으며, 기 점검과 비교시 신규손상은 발생되지 않은 것으로 판단된다.

균열 및 파손, 포장 손상, 이물질 내재 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 주기적인 점검을 통한 손상부 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.

<표 1.2.4> 포장면 손상현황

구분	균열		손상 및 열화				
	균열 0.3㎜미만	균열 0.3㎜이상	재료분리	파손	누수흔적	이물질 내재	포장 마모
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S19	-	6.0 / 1	-	-	-	-	-
S20	-	5.0 / 1	-	-	-	-	-
S22	-	-	-	0.04 / 1	-	-	-
S23	-	-	-	0.05 / 1	-	-	-

<표 1.2.4> 포장면 손상현황(계속)

구분	균열		손상 및 열화				
	균열 0.3㎜미만	균열 0.3㎜이상	재료분리	파손	누수흔적	이물질 내재	포장 마모
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S48	5.0 / 1	-	-	-	-	-	-
S49	7.0 / 1	-	-	-	-	-	-
S50	5.0 / 1	-	-	0.03 / 2	-	-	-
S51	8.0 / 1	-	-	-	-	-	-
S65	-	-	-	0.13 / 4	-	-	-
S66	-	-	-	-	-	7.0 / 2	-
S85	9.0 / 1	-	-	-	-	-	-
S86	4.5 / 1	-	-	-	-	-	-
S87	-	-	-	0.04 / 2	-	-	-
S95	0.5 / 1	-	-	-	-	-	-
S98	7.0 / 1	-	-	-	-	-	-
S100	10.0 / 1	-	-	-	-	-	-
S101	10.0 / 1	-	-	-	-	-	-
합계	66.0 / 10	11.0 / 2	-	0.29 / 10	-	7.0 / 2	-

포장부 전경

포장부 SPAN.19 균열(0.3㎜이상)

포장부 SPAN.20 균열(0.3㎜이상)

포장부 SPAN.22 파손

<사진 1.2.7> 포장면 손상현황

포장부 SPAN.23 파손

포장부 SPAN.48 균열(0.3㎜미만)

포장부 SPAN.66 이물질내재

포장부 SPAN.65 파손

<사진 1.2.7> 포장면 손상현황(계속)

1.2.5 갱문 및 사면

가. 갱문

일반적인 갱문은 지표 비탈면의 사면 붕괴, 눈사태, 누수 등으로부터 갱문부를 보호하기 위한 것이며, 차량 통과시 공기압의 감소 효과, 소음 방지 그리고 갱문 자체의 미관, 주변의 조경 등을 복합적으로 고려하여 시공되어야 하며, 군자2터널(서울)의 갱문은 시·종점부 모두 면벽식으로 시공되어 있는 것으로 조사되었다.

갱문에 대한 외관조사결과 기 점검 시 조사된 종점측 면벽 균열(0.3mm이상) 손상은 보수가 실시되어 재손상이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 그 외 신규 손상은 발생되지 않은 것으로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 보수부 상태 및 신규 손상 발생 유무 등을 파악하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 1.2.5> 갱문 및 도수로 손상현황

구분	균열		손상 및 열화
	균열 (0.3㎜미만)	균열 (0.3㎜이상)	설명판 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(EA)
시점	-	-	-
종점	-	-	-
합계	-	-	-

시점부 갱문 전경

종점부 갱문 전경

시점부 도수로 전경

종점부 도수로 전경

시점부 사면 전경

종점부 갱문 균열보수현황

<사진 1.2.8> 갱문 손상현황

나. 옹벽

군자2터널(서울)의 시・종점부에 시공된 옹벽에 대한 조사결과, 균열, 박락, 재료분리, 파손 등의 손상이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 현 상태를 지속적으로 유지를 위한 관리주체의 지속적인 점검 및 유지관리가 요구된다.

시점부 옹벽 전경

시점부 옹벽 상태양호

<사진 1.2.9> 옹벽 손상현황

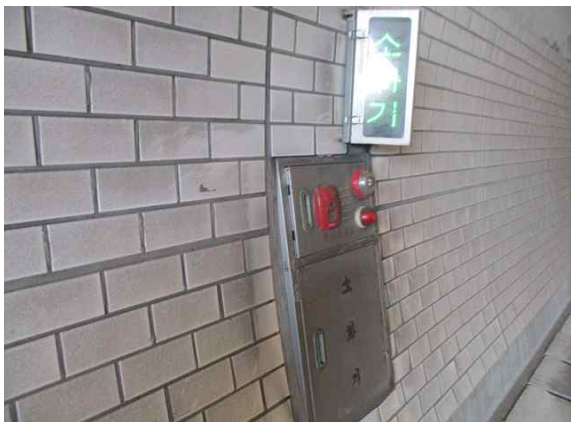
1.2.6 부대시설

군자2터널(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, 차량충돌 등의 원인으로 인한 소화전 파손이 발생되었으며, 기 점검과 비교 분석 결과 기존 손상인 것으로 조사되었다. 기 손상은 주의관찰 후 필요시 소화전 교체 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

<표 1.2.6> 부대시설 손상현황

구분	소화시설	비상전화
	파손	파손
	(EA)	(EA)
S40	1	-
합계	1	-



소화시설 설치현황

소화기 배치현황

비상전화 설치현황

비상전화 배치현황

조명시설 상태양호

SPAN4 소화전 파손

<사진 1.2.12> 부대시설 전경

1.2.7 기 점검결과와 비교

기 실시되었던 정밀점검(2016. 08)과 금회 실시한 정밀점검 비교결과 본 터널은 하자담보기간 내에 있어 콘크리트 라이닝에 발생한 기존 손상부에 대해 전반적인 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 다만, 공동구 및 포장면의 손상은 반복적인 통행차량 윤하중 재하, 통행차량 추돌 등에 의해 손상이 증가하고 있는 것으로 검토되었으며, 측벽부의 타일탈락부는 손상이 증가하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 1.2.6> 기 점검결과와의 비교

구 분	손상내용	2016년 정밀점검	금회 정밀점검	손상물량 비교	손상물량 증감 원인
콘크리트 라이닝	균열(0.3㎜미만)	104.2m / 20EA	99.9m / 27EA	⬇ 4.3m	보수
	균열(0.3㎜이상)	147.6m / 37EA	9.0m / 1EA	⬇ 138.6m	보수
	조인트부 박리	0.35㎡ / 7EA	-	⬇ 0.35㎡	보수
	조인트부 파손	0.05㎡ / 2EA	-	⬇ 0.05㎡	보수
	조인트부 들뜸	-	0.03㎡ / 1EA	⬆ 0.03㎡	신규손상
측벽부	타일 탈락	1EA	21EA	⬆ 20EA	신규손상
	타일 파손	-	5EA	⬆ 5EA	신규손상
공동구 및 배수시설	덮개 파손	2EA	4EA	⬆ 2EA	신규손상
	덮개 탈락	4EA	4EA	-	
포장부	포장 균열	77.0m / 12EA	77.0m / 12EA	-	
	포장 파손	0.29㎡ / 10EA	0.29㎡ / 10EA	-	
	이물질 내재	7.0㎡ / 2EA	7.0㎡ / 2EA	-	
갱문	균열(0.3㎜이상)	2.5m / 1EA	-	⬇ 2.5m	보수
부대시설	소화전파손	1EA	1EA	-	

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 / 부 재	반발경도시험	탄산화시험	비고
라이닝	4	2	
계	4	2	

반발경도 측정 현황(천단부)

반발경도 측정 현황(측벽부)

<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)			설계강도 (MPa)	평가
	반발경도 (R_0)	일본재료학회	일본건축학회	평균		
S2 측벽부	48.1	27.2	27.8	27.5	**24.0**	**만족**
S39 천단부	44.9	24.6	26.4	25.5	**24.0**	**만족**
S84 측벽부	43.5	23.4	25.8	24.6	**24.0**	**만족**
S105 천단부	46.1	25.5	27.0	26.3	**24.0**	**만족**
평균(*MPa*)		25.9				
M A X		27.5				
M I N		24.6				

<표 1.3.3> 군자2터널(서울) 콘크리트 라이닝 비파괴 강도 측정결과 [단위 : *MPa*]

종류 / 부재	시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
콘크리트 라이닝	24.6 ~ 27.5	24.0	103 ~ 115

콘크리트 비파괴 시험결과 콘크리트 라이닝에서의 추정 비파괴 강도는 24.6~27.5MPa로서 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 알카리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 무색으로 변화가 없는 무색의 깊이가 곧 탄산화 진행 깊이가 된다. 구조물의 내구성에 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
S2 측벽부	4.5	8	1.59	50.5	100년이상	
S105 천단부	5.0	8	1.77	50.0		

※ A = 탄산화깊이 / √(경과년수 : 8년)

※ 잔존수명 = (탄산화 잔여깊이 / A) ^{2}

※ 이론깊이:岸谷式에 의한 탄산화 이론깊이(w/c : 0.55, R : 1 적용)

본 과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 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	비고
2016년 정밀점검	24.9 ~ 26.0	
금회 정밀점검	24.6 ~ 27.5	

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	비고
2016년 정밀점검	2.5 ~ 3.0	
금회 정밀점검	4.5 ~ 5.0	

기 실시한 2016년 정밀점검과의 탄산화깊이 비교결과 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2012.12)” 건전성 평가기준(탄산화 잔여깊이 30㎜이상 : 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. 결함지수 산정

<표 1.4.1> 군자2터널(서울) 철근콘크리트구간 결함지수 결과

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	결함 점수 합계	결함 지수
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
S104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
S106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<표 1.4.2> 군자2터널(서울) 무근콘크리트구간 결함지수 결과

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	결함 점수 합계	결함 지수
4	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
5	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
6	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
7	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
8	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
10	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
11	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
12	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
13	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
14	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
15	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
16	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000

<표 1.4.2> 군자2터널(서울) 무근콘크리트구간 결함지수 결과(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	결함 점수 합계	결함 지수
17	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
18	5	0	0	0	0	0	0	-	-	5	0.190
19	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
20	5	0	0	0	0	0	0	-	-	5	0.190
21	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
22	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
23	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
24	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
25	5	0	0	0	0	0	0	-	-	5	0.190
26	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
27	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
28	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
29	5	0	0	0	0	0	0	-	-	5	0.190
30	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
31	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
32	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
33	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
34	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
35	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
36	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
37	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
38	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
39	5	0	0	0	0	0	0	-	-	5	0.190
40	3	0	0	0	0	0	0	-	-	3	0.110
41	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
42	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
43	3	0	0	0	0	0	0	-	-	3	0.110
44	0	0	0	0	1	0	0	-	-	0	0.000
45	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
46	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
47	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
48	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
49	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
50	3	0	0	0	0	0	0	-	-	3	0.110
51	5	0	0	0	0	0	0	-	-	5	0.190
52	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
53	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
54	5	0	0	0	0	0	0	-	-	5	0.190
55	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
56	5	0	0	0	0	0	0	-	-	5	0.190

<표 1.4.2> 군자2터널(서울) 무근콘크리트구간 결함지수 결과(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	결함 점수 합계	결함 지수
57	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
58	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
59	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
60	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
61	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
62	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
63	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
64	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
65	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
66	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
67	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
68	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
69	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
70	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
71	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
72	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
73	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
74	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
75	0	0	0	0	1	0	0	0	-	0	0.000
76	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
77	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
78	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
79	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
80	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
81	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
82	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
83	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
84	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
85	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
86	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
87	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
88	3	0	0	0	1	0	0	0	-	3	0.110
89	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
90	0	0	0	0	1	0	0	0	-	0	0.000
91	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
92	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
93	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.190
94	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
95	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
96	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000

<표 1.4.2> 군자2터널(서울) 무근콘크리트구간 결함지수 결과(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	결함 점수 합계	결함 지수
97	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
98	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
99	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
100	6	0	0	0	0	0	0	-	-	6	0.220
101	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
102	5	0	0	0	1	0	0	-	-	5	0.190
103	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0.000
합계	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	1.13	0.040

나. 상태평가 산정

<표 1.4.3> 군자2터널(서울) 철근콘크리트구간 상태평가 산정

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
104	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
105	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
106	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

<표 1.4.4> 군자2터널(서울) 무근콘크리트구간 상태평가 산정

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
4	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
5	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
7	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
8	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
9	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
10	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
11	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
12	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
13	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
14	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a

<표 1.4.4> 군자2터널(서울) 무근콘크리트구간 상태평가 산정(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
15	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
16	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
17	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
18	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
19	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
20	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
21	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
22	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
23	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
24	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
25	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
26	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
27	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
28	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
29	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
30	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
31	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
32	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
33	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
34	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
35	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
36	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
37	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
38	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
39	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
40	b	a	a	a	a	a	a	a	-	a
41	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
42	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
43	b	a	a	a	a	a	a	a	-	a
44	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
45	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
46	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
47	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
48	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
49	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
50	b	a	a	a	a	a	a	a	-	a
51	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
52	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
53	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
54	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b

<표 1.4.4> 군자2터널(서울) 무근콘크리트구간 상태평가 산정(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
55	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
56	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
57	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
58	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
59	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
60	a	a	a	b	a	a	a	a	-	a
61	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
62	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
63	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
64	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
65	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
66	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
67	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
68	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
69	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
70	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
71	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
72	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
73	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
74	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
75	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
76	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
77	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
78	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
79	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
80	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
81	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
82	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
83	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
84	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
85	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
86	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
87	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
88	b	a	a	a	a	a	a	a	-	a
89	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
90	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
91	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
92	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
93	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
94	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a

<표 1.4.4> 군자2터널(서울) 무근콘크리트구간 상태평가 산정(계속)

SPAN	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산 화	라이닝 등급
95	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
96	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
97	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
98	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
99	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
100	c	a	a	a	a	a	a	a	-	b
101	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a
102	b	a	a	a	a	a	a	a	-	b
103	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a

다. 터널 주변상태 결함점수 산정

<표 1.4.5> 군자2터널(서울) 주변상태 결함점수 산정

항목	배수상태	지반상태	갱문상태	공동구	특수조건	합계
결함지수	1.0	1.0	0.0	0.5	-	2.5

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	갱문 상태	공동 구	합계
결함 점수	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.50	2.50
									결함점수				0.058	
									상태평가 등급				A	

② 기본시설(무근콘크리트구간)

항목	균열	누수	파손 및 손상	박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	배수 상태	지반 상태	갱문 상태	공동구	합계
결함 점수	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.50	3.63
									결함점수				0.107	
									상태평가 등급				A	

③ 전체 구간 상태평가(철근 + 무근콘크리트구간)

형식	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체 결함지수	상태평가 등급
철근콘크리트 라이닝	0.058	43.0	0.047	0.104	A
무근콘크리트 라이닝	0.107	872.0	0.953		

④ 부대시설(옹벽)

항목	침하	계획 선형 오차	활동	세굴	파손 및 손상	균열	침식	박리	박락 및층 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	0.104	A	기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W) = 0.104 × 1.00
부대시설	0.000	A	

결함지수	0.104
상태평가 등급	A

본 군자2터널(서울)은 상태등급 산정결과 결함지수는 0.104로 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	0.104	A	미실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 A		안전성평가 (미실시) -	
	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	0.169	“B″	
금회 정밀점검	0.104	“A″	평가등급 상향

2016년 실시한 정밀점검과의 상태평가 비교결과 라이닝에 발생한 0.3㎜내외 균열 및 조인트부 박락, 파손에 대한 하자보수를 실시한 것으로 조사되어 기 정밀점검(2016년 8월)의 ″B등급″에서 상향된 상태평가 등급은 “A등급”($0.00 \le x < 0.15$)으로 평가되었다.

1.5 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

정밀점검 대상 시설물인 군자2터널(서울)는 2009년 준공 후 8년이 경과된 터널로서 금회 정밀점검 결과 시공상태가 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 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

1.6 보수·보강 및 유지관리 방안

1.6.1 부재별 보수·보강방안

군자2터널(서울)에 발생된 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(0.3㎜미만)	29.97㎡ / 27EA	표면처리	2	하자
	균열(0.3㎜이상)	10.8m / 1EA	주입보수	1	하자
	조인트부 들뜸	0.04㎡ / 1EA	단면보수	1	하자
측벽부	타일 탈락	21EA	타일재시공	3	
	타일 파손	5EA	타일재시공	3	
공동구 및 배수시설	덮개 파손	4EA	주의관찰	-	
	덮개 탈락	4EA	주의관찰	-	
포장부	포장 균열	23.1㎡ / 12EA	주의관찰	-	
	포장 파손	0.35㎡ / 10EA	주의관찰	-	
	이물질 내재	8.4㎡ / 2EA	주의관찰	-	
부대시설	소화전파손	1EA	주의관찰	-	

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(0.3㎜미만)	29.97㎡ / 27EA	표면처리	1,349	2	하자
	균열(0.3㎜이상)	10.8m / 1EA	주입보수	1,296	1	하자
	조인트부 들뜸	0.04㎡ / 1EA	단면보수	8	1	하자
측벽부	타일 탈락	21EA	타일재시공	63	3	
	타일 파손	5EA	타일재시공	15	3	
공동구 및 배수시설	덮개 파손	4EA	주의관찰	-	-	
	덮개 탈락	4EA	주의관찰	-	-	
포장부	포장 균열	23.1㎡ / 12EA	주의관찰	-	-	
	포장 파손	0.35㎡ / 10EA	주의관찰	-	-	
	이물질 내재	8.4㎡ / 2EA	주의관찰	-	-	
부대시설	소화전파손	1EA	주의관찰	-	-	
순 공 사 비				2,731		
제경비(순공사비×0.50)				1,366		
총 공 사 비				**4,097**		

※ 면적환산 = 균열보수(0.3㎜미만) : 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	타일 탈락	21EA	타일재시공	63	3	
	타일 파손	5EA	타일재시공	15	3	
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위		-		
		2순위		-		
		3순위		117		
개략공사비 총계				117		

<표 1.6.4> 하자보수 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
콘크리트 라이닝	균열(0.3㎜미만)	29.97㎡ / 27EA	표면처리	1,349	2	하자
	균열(0.3㎜이상)	10.8m / 1EA	주입보수	1,296	1	하자
	조인트부 들뜸	0.04㎡ / 1EA	단면보수	8	1	하자
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위		1,956		
		2순위		2,024		
		3순위		-		
개략공사비 총계				3,980		

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 균열	포장부 파손
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)

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">주요부위 및 손상</td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>라이닝 균열</td><td>라이닝 조인트부 들뜸</td></tr>
<tr><td rowspan="2">중점
점검사항</td><td>발생현황</td><td colspan="2">◦균열 변상
· 측벽부 배수공 불량으로 과다한 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 대형사고 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</td></tr>
<tr><td>일반대책</td><td colspan="2">◦손상발생시 조치
· 표면처리공법, 주입공법, 충진공법, 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</td></tr>
<tr><td colspan="2">점검도구</td><td colspan="2">· 사진기, 점검용 망치, 줄자, 필기도구, 점검야장</td></tr>
</table>

3) 공동구 및 배수시설

주요부위 및 손상		
	공동구 덮개 파손	공동구 덮개 탈락
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) 갱문 및 옹벽

주요부위 및 손상		
	갱문 전경	옹벽 전경
중점 점검사항	◦ 면벽 콘크리트 균열 및 파손 발생유무. ◦ 침하, 이동, 단차발생 여부. ◦ 갱문 배면 도수로 균열 및 파손 발생 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 군자2터널(서울)의 콘크리트 라이닝에 대한 외관조사 결과, 균열폭 0.3㎜내외의 천단부 종방향 균열 및 횡방향 균열이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 천단부에 발생된 균열은 구조적인 균열이 아닌 건조수축, 횡방향 온도변화 및 시공초기 거푸집의 조기탈형 등 복합적인 원인에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단된다.

다만, 기 정밀점검과 비교시 콘크리트 라이닝에 발생한 균열부에 대해 전반적인 보수가 실시되어 손상이 감소한 것으로 검토되었으며, 보수부에 대한 외관조사 결과, 재균열 등이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

또한, 신축이음(Expansion Joint) 및 시공이음부(Construction Joint) 주변의 콘크리트 들뜸이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 이는 구조물의 반복적인 신축거동, 거푸집의 조기탈형 등에 의한 복합적인 원인으로 발생된 것으로 판단되며, 향후 2차적으로 Con′c 낙하물이 떨어져 차량안전사고가 발생될 우려가 있으므로 결함부의 제거 후 단면복구를 통한 터널의 안전성을 확보할 필요가 있는 것으로 판단된다.

2) 측벽부

본 군자2터널(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.

기 정밀점검과 비교시 타일 타락 및 파손이 신규로 발생되었으며, 기 손상부는 공용중 외력(차량 추돌 등), 구조물 거동 및 통행차량에 의한 진동, 부착몰탈의 접착력 저하 등에 의해 발생한 것으로 판단되므로 통행차량의 시인성 및 안전성 확보를 위해 타일붙임을 실시한 후 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

3) 공동구 및 배수시설

본 군자2터널(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 상부의 덮개 파손이 국부적으로 조사되었으며,

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, 관리주체의 주기적인 유지관리로 인해 토사 및 이물질퇴적은 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

4) 포장면

군자2터널(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 시점에서 종점측으로 0.9%로 시공되어 진 것으로 확인되었다.

터널의 포장면에 대한 외관조사 결과, 균열 및 파손, 이물질 내재 등의 손상이 전구간에서 국부적으로 조사되었으며, 기 점검과 비교시 신규손상은 발생되지 않은 것으로 판단된다.

균열 및 파손, 포장 손상, 이물질 내재 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 주기적인 점검을 통한 손상부 진전 여부 파악 등의 유지관리가 요망된다.

5) 갱문 및 옹벽

갱문에 대한 외관조사결과 기 점검 시 조사된 종점측 면벽 균열(0.3mm이상) 손상은 보수가 실시되어 재손상이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 그 외 신규 손상은 발생되지 않은 것으로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 보수부 상태 및 신규 손상 발생 유무 등을 파악하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

군자2터널(서울)의 시·종점부에 시공된 옹벽에 대한 조사결과, 균열, 박락, 재료분리, 파손 등의 손상이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 현 상태를 지속적으로 유지를 위한 관리주체의 지속적인 점검 및 유지관리가 요구된다.

6) 부대시설

군자2터널(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, 차량충돌 등의 원인으로 인한 소화전 파손이 발생되었으며, 기 점검과 비교 분석 결과 기존 손상인 것으로 조사되었다. 기 손상은 주의관찰 후 필요시 소화전 교체 등의 조치가 필요할 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

군자2터널(서울)은 준공 후 8년이 경과된 NATM 형식의 터널로 금회 정밀점검시 하자담보기간 내에 있어 콘크리트 라이닝 및 갱문에 발생한 기존 손상부에 대해 전반적인 보수가 실시된 것으로 조사되었다. 다만, 공동구 및 측벽부의 손상은 통행차량 추돌 등에 의해 손상이 증가하고 있는 것으로 검토되었으며, 상태평가 결과 기존 정밀점검 이후 하자보수를 실시하여 기존 “B등급”(양호)에서 “A등급”(우수)으로 상향 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상・결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.