

4. 불로터널(상주,영천)

- 4.1 시설물 개요
- 4.2 자료수집 및 분석
- 4.3 현장조사
- 4.4 콘크리트 내구성 조사
- 4.5 현장조사 및 시험 결과요약
- 4.6 상태평가
- 4.7 종합평가 및 안전등급 지정
- 4.8 보수·보강 및 유지관리 방안
- 4.9 종합결론

4. 불로터널(상주,영천)

4.1 시설물의 개요

본 시설물은 대구광역시 군위군 효령면 중구리(상주영천고속도로 39.260~39.750km)에 위치한 터널로서 총 연장 475.0m(상주), 490.0m(영천), 폭 10.3m, 높이 6.47m로 시공되어 있다.

4.1.1 일반사항

【표 4.1.1】 불로터널(상주) 일반사항

시설물명	불로터널(상주)	시설물번호	TU2017-0000040
노선명	고속국도301호선	관리번호	SY T4
위 치	대구광역시 군위군 효령면 중구리		
터널형식	난형	관리주체	상주영천고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	475.0m	설 계 사	(주)해외기술공사
내공단면	폭 : 10.3m, 높이 6.47m	시 공 사	대림산업(주)
배수형식	노면배수, 배면배수, 저면배수	감 리 사	(주)이산
종단기울기	0.500%	착 공	2012년 6월 28일
평균선형	R=0,000m	준 공	2017년 6월 27일
연결통로	—	개문형식	면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강관보강형 그라우팅



외부 전경



내부 전경

【표 4.1.2】 불로터널(영천) 일반사항

시설물명	불로터널(영천)	시설물번호	TU2017-0000041
노선명	고속국도301호선	관리번호	SY T4
위 치	대구광역시 군위군 효령면 중구리		
터널형식	난형	관리주체	상주영천고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	자연환기
연 장	490.0m	설 계 사	(주)해외기술공사
내공단면	폭 : 10.3m, 높이 6.47m	시 공 사	대림산업(주)
배수형식	노면배수, 배면배수, 저면배수	감 리 사	(주)이산
종단기울기	0.500%	착 공	2012년 6월 28일
평균선형	R=0,000m	준 공	2017년 6월 27일
연결통로	—	개문형식	면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강관보강형 그라우팅
			
외부 전경		내부 전경	

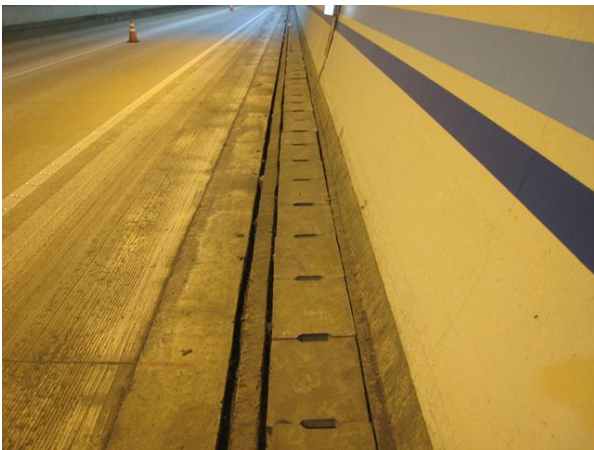
4.1.2 위치도 및 전경사진



【그림 4.1.1】 위치도

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수구 전경
	
소화시설 전경	공동구 전경

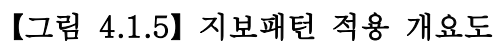
【그림 4.1.2】 부재별 현황(상주)

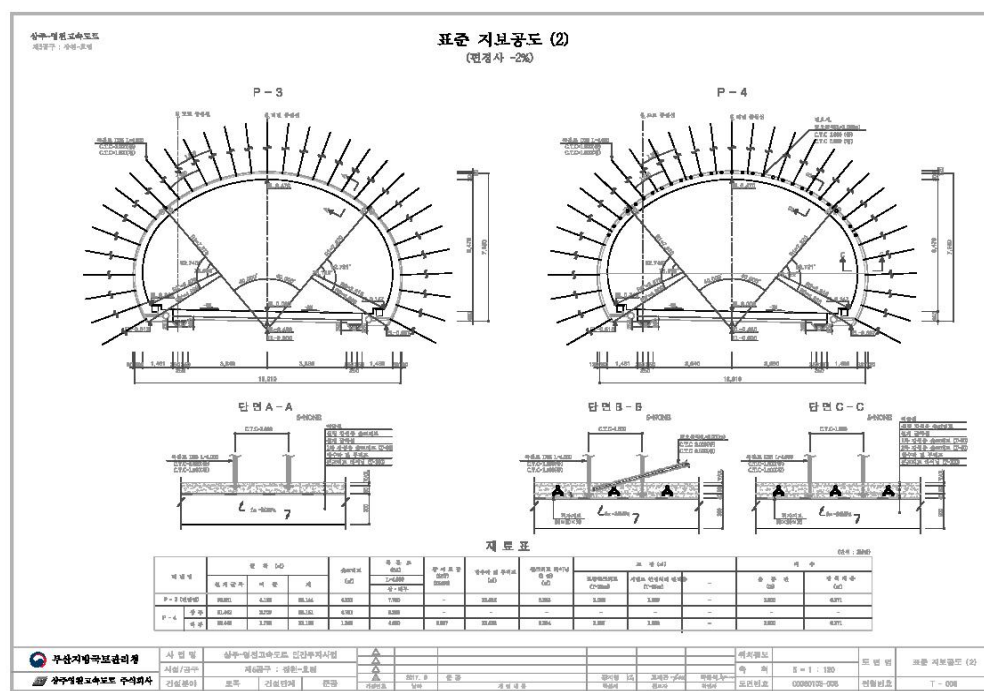
	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수구 전경
	
소화시설 전경	공동구 전경

【그림 4.1.3】 부재별 현황(영천)

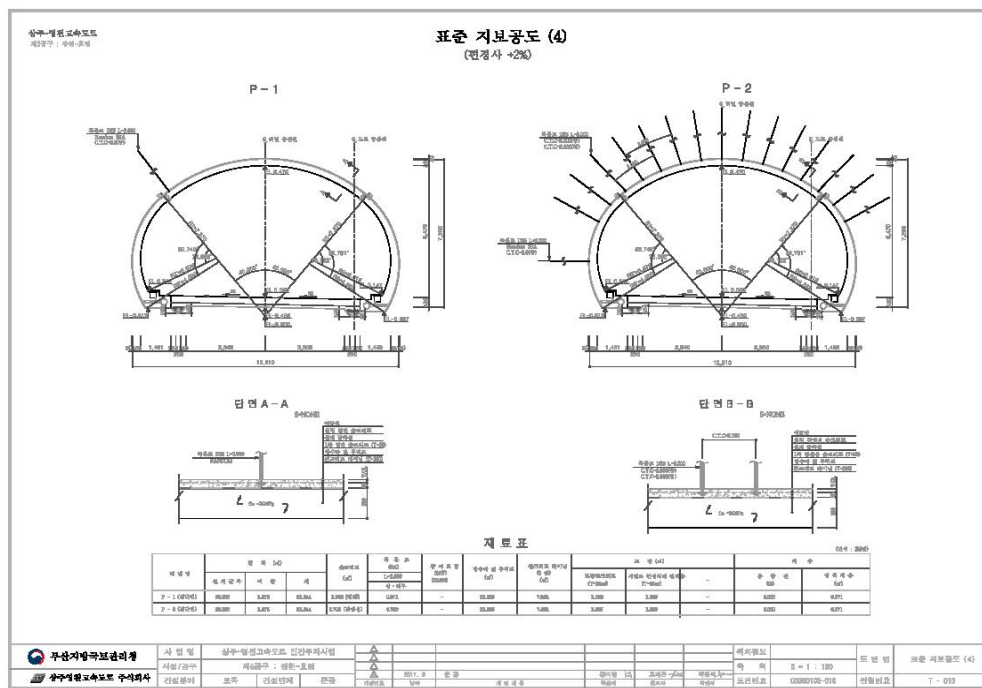
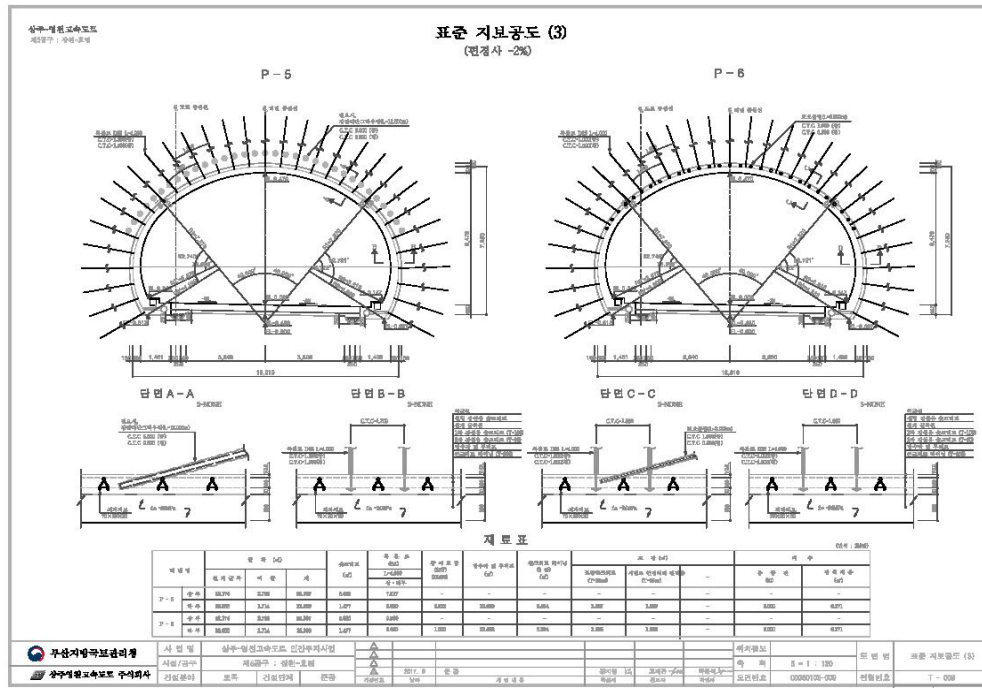
[illegible]

【그림 4.1.4】 평면 및 종단면도

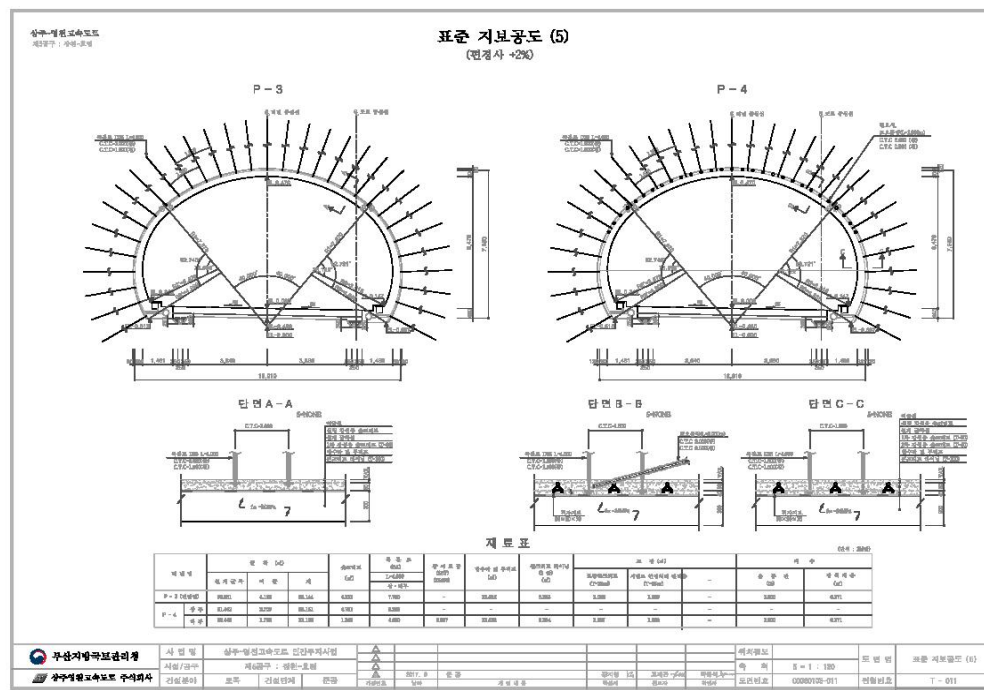




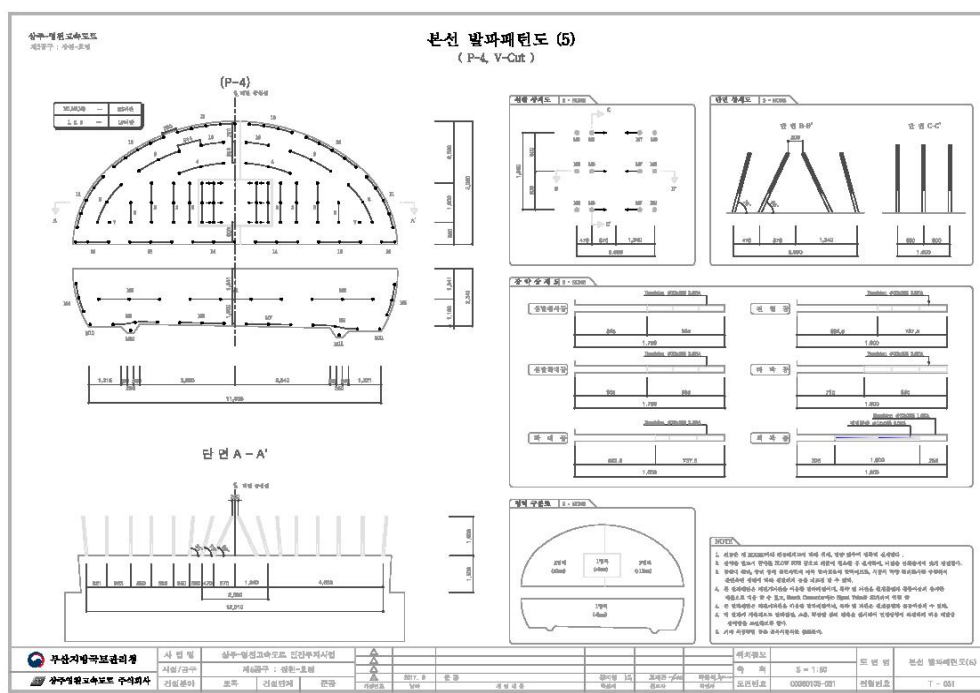
【그림 4.1.6】 표준 지보공도①



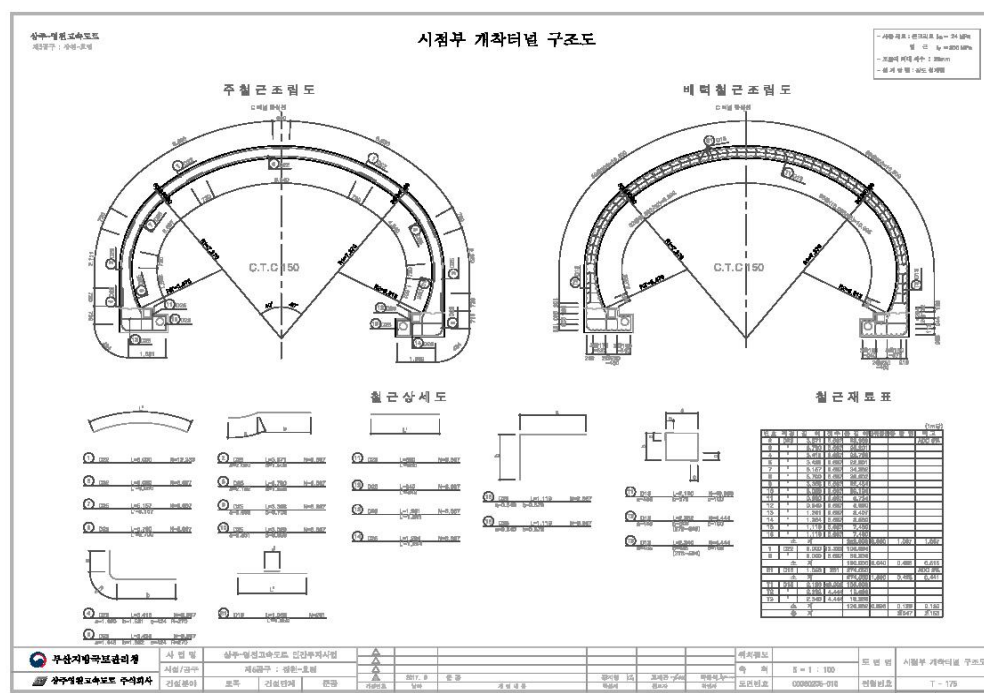
【그림 4.1.7】 표준 지보공도②



【그림 4.1.8】 표준 지보공도③



【그림 4.1.9】 발파 패턴도



【그림 4.1.10】 라이닝 구조도

4.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 5공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

4.2.1 설계자료 검토

가. 지반 시추조사

시추조사는 지표로부터 지하 깊은 곳을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 시험공을 굴진하여 지반의 성상을 조사하고, 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료를 제공하기 위한 목적으로 실시된다. 시추조사는 노선구간에 대하여 지반의 수직적 특성 즉, 지층의 성층상태와 각 지층의 지반 공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도, 절리간격 등을 파악하며, 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 매 1.0m 간격으로 표준관입시험을 한국산업규격(KS F2307)에 의거 연속성 있게 실시하였으며 조사의 정확성을 위해 지표면으로부터 공벽 붕괴가 예상되는 풍화암까지는 케이싱(Casing)을 삽입하고 천공하였다. 풍화암층을 포함한 토사층은 S.P.T Sampler에 의하여 시료를 채취하였으며 기반암층에서는 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.

나. 지형 및 지질

1) 지형

과업지역은 전체적으로 200~500m 높이의 산들이 고루 분포되어 있으며, 과업노선은 응봉산의 저지대를 따라 지나가며 북서방향으로 놓여 있다. 산계는 주로 서북서 방향의 선구조가 잘 관찰되며, 과업지역의 주요 수계인 위천이 과업노선의 오른쪽에 분포하고 있다. 과업 노선의 시점부 지역에서 위천이 사창천과 남천으로 분기되고 있으며 노선과 직접적으로 교차하는 수계는 없는 것으로 확인되었다.

2) 지질

백악기 경상분지의 주로 신동층과 하양층군이 분포하는 위성소분지의 서남부에 위치하고 있으며, 본 과업 지역의 지질은 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(연화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포하고 있다. 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 후기의 북북동향의 단층대가 도폭의 동부지역을 통과하며, 경상분지의 서쪽과 북쪽에서는 경상누층군이 선캄브리아기에 속하는 변성퇴적암류와 쥐라기말의 대보화강암류를 부정합으로 덮고 있고, 동부와 남부는 백악기말의 화성활동과 단층작용으로 심하게 파괴되었으며, 제3기층에 의해 부정합으로 피복되거나 동해 및 남해의 해저로 계속 발달되었다.

3) 분포 암종 특성

【표 4.2.1】 분포 암종 특성

구 분	지질특성
낙동층 금당리층원사암	· 낙동층의 하부층에 해당하는 만경상층원의 역질사암과 역암은 원마도가 불량한 석영과 알칼리장석이 주를 이루며, 탄질물과 변질된 유색광물이 주로 산출됨
하산동층 사암	· 석영은 1mm 내외의 것들로 원마도는 불량한 것들이 우세 · 하산동층 사암은 근거리에서 이동하여 형성
하산동층 셰일	· 엽층으로 인한 쪼개짐이 발달 · 쪼개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이방성이 클 것으로 판단
진주층 셰일	· 엽층으로 인한 쪼개짐이 발달 · 쪼개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이방성이 클 것으로 판단

다. 지반조사보고서

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:250,000)	분석 내용
	- 과립구간은 백악기 경상분지의 주로 신동층과 하양층 군에 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치 - 낙동층의 상부가 이 지역에 분포, 총두는 약 900m이며, 역질사암, 사암, 미사질 세일 및 역암으로 구성 - 하양층은 두께 약 700m이며 사암, 세일, 자갈세일 또는 미사암, 역질사암 및 역암으로 구성 - 점주층은 두께 약 900m이며 사암(일부 역질), 화석 나지 암화석 세일, 역암 및 석회암(흔히 나침람암) 등 등으로 구성

4.1.2 기본설계 자료 분석

구 분	분석 내용
터널구간	- 봉직층은 0.5~7.3m, 풍화도는 1.3~9.3m, 풍화암은 0.3~5.0m 두께로 분포 - 연장은 2.0~10.8m, 보폭장은 27.5m, 경장은 3.0~31.5m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%) 42~100, 보폭암 TCR/RQD(%) 49~100, 40~50 경암 TCR/RQD(%) 10~100, 100로 퇴적암으로 구성
교량구간	- 봉직층은 0.3~5.4m, 풍화도는 0.5~1.3m, 풍화암은 0.3~0.9m 두께로 분포 - 연장은 1.1~6.3m, 경장은 2.9~6.0m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%) 25~100, 64, 경암 TCR/RQD(%) 62~100, 45~67로 퇴적암으로 구성
비탈면구간	- 봉직층은 0.3m, 풍화도는 3.7m, 풍화암은 1.5~4.0m 두께로 분포 - 연장은 0.3~24.0m, 경장은 1.5~22.0m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%) 52~100, 41, 경암 TCR/RQD(%) 50~100, 52~100로 퇴적암으로 구성

52

4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지형 개요

- 백악기 경상분지의 주로 신동층과 하양층군이 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치
- 본 과업 지역의 지질은 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(의성층), 하양층, 점주층(점주암)이 분포

나. 지형특성

산계	수계
• 과업지역은 전체적으로 200~500m 높이의 산들이 고루 분포되어 있음 • 과업노선은 중장산의 지치대를 따라 지나가며 북서방향으로 늘어 있음 • 산계는 주로 서북서 방향의 선구조가 잘 관찰됨	• 과업지역의 주요 수계인 위천이 과업노선의 오른쪽에 분포하고 있음 • 과업 노선의 서남부 지역에서 위천이 서남방향으로 분기되고 있으며 노선과 직각적으로 교차하는 수계는 없음

다. 분포 암종 특성

구 분	지질특성
낙동층 규암리층 사암	• 낙동층의 하부층에 해당하는 만경상층의 역질사암과 역암은 필마도가 불량한 석암과 알칼리장석이 주를 이루며, 단질물과 연질질 유색광암의 주로 산출됨
하양층 사암	• 석암은 1mm 내외의 결정과 밀마도는 불량한 것들이 우세 • 하양층 사암은 근거리에서 미흡하여 침실
하양층 세일	• 입출으로 인한 쪼개짐(fracture)이 발달 • 쪼개짐과 같은 암함으로 암색이 침전 또는 충전되어 있어 용리방향으로의 미향성이 잘 것으로 판단
점주층 세일	• 입출으로 인한 쪼개짐(fracture)이 발달 • 쪼개짐과 같은 암함으로 암색이 침전 또는 충전되어 있어 용리방향으로의 미향성이 잘 것으로 판단

53

라. 지질 개요도

지점사태		출 명		특 성		비 고	
제4기		충적층(Cul)		• 하천 및 산곡 퇴적물			
		~ ~ 무정함 ~ ~					
중생대	백악기	중생암계(Kcd) 산성암계(Kad)		• 괴상암의 퇴적		• 전 구간에서 기반암을 관입	
		유전층군 안산암질암(Ka0)		• 주로 풍화암으로 구성		• 노선과 교차하지 않음	
		--- 관입 및 분출 ---					
		신동층군	하부중생대 (Kcd)	상부(Ke2-2) 하부(Ke2-1)	• 사암 및 석회 미사암, 이암의 교호 • 사암과 역질사암, 역암의 교호	• 5공구 중립 • 5공구 중앙 및 서남부	

라. 지체구조

	• 과업지역은 한반도의 동남부에 위치하여 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 추계의 북쪽동쪽의 단층대가 도록의 동부지역을 통과 • 경상분지의 서북과 북쪽에서는 결성층군이 선캄브리아기에 속하는 변성퇴적암류와 주리기 암의 대보회암류로 구성함으로 넓고 있고, 동부와 남부는 백악기암의 화성암과 단층암 용으로 심하게 파괴되었으며, 제3기층에 의해 부정합으로 지목되거나 동해 및 남해의 해저로 계속 발달
--	---

54

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

4.3.1 시추조사

가. 목적

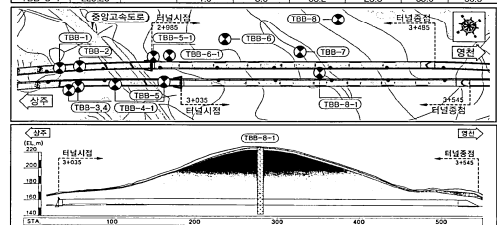
- 설계구간에 계획된 구조물들에 대한 시추조사 중 지층의 전반적인 현황 및 기반암의 분포 상태, 풍화도, 암질 파악
- 원위시 시찰을 수행하기 위한 시추공 형성 및 실내시험을 위한 시료채취

나. 본선 구간별 지층현황

(1) 터널구간

• 불로터널

구 분	표 고 (E.L., m)	봉직층 (m)	풍화도 (m)	동화암 (m)	연암 (m)	경암 (m)	계 (m)	지하수 G.L.(-)
TBB-1	121.35	-	3.4	0.6	17.0	-	21.0	0.5
TBB-2	129.74	-	5.5	-	0.5	14.0	20.0	2.0
TBB-3	134.32	-	3.6	2.9	8.5	9.0	24.0	12.3
TBB-4	135.11	-	2.8	0.7	13.5	13.0	30.0	4.0
TBB-5	141.02	-	1.4	1.5	29.0	4.0	35.0	4.5
TBB-6	158.72	-	-	2.0	4.0	49.0	55.0	38.0
TBB-7	171.57	-	-	1.8	5.2	53.0	60.0	38.2
TBB-8	201.46	-	-	0.6	2.2	79.0	82.0	46.0
TBB-9	226.35	-	1.8	0.4	6.8	101.0	110.0	55.0
TBB-10	185.51	2.0	-	-	2.3	70.7	75.0	44.0
TBB-11	180.23	-	0.8	1.8	34.4	3.0	40.0	29.50
TBB-12	229.20	-	1.0	3.0	55.2	25.8	85.0	50.0



지 층	층심도 (m)	층두 (m)	구성도 및 암종	N치 (TCR/RQD)	지층 분포 현황
충적층	-	2.0	지각적인 침전지 모래	50/22	
풍화암	0.0~0.8	0.8~5.5	점토 및 점토석인 삼포암 모래, 모래질 점토	6/30~50/20	
경암	0.0~3.6	0.4~3.0	공전지 산도석인 모래로 분해	50/8~50/2	
연 암	0.8~6.5	0.5~55.2	사암, 나질암	(2)~100~40	
경 암	3.0~59.2	-	사암, 나질암	(7)~10/10~10/1	

55

4.2.2 시설물 점검이력

가. 상주방향

대상시설물은 2종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검 및 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 4.2.2】 불로터널(상주) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	불로터널(상주방향)의 주요 손상현황으로는 라이닝 천정부에 균열과 조인트부 박락이 발생한 상태이다. 기 발생한 천정부 균열은 내구성 확보 차원의 주입보수가 필요하며, 조인트부 박락은 표면처리가 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	불로터널(상주방향)의 주요손상으로 라이닝 균열 및 백태, 들뜸, 측벽부 마감재 박락 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	불로터널(상주방향)의 주요손상으로 라이닝 균열 및 백태, 들뜸, 측벽부 마감재 박락, 공동구 덮개탈락, 포장부 박락 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	불로터널(상주방향)의 외관조사 결과, 라이닝 균열 및 망상균열, 백태, 들뜸, 측벽부 마감재 박락, 공동구 덮개탈락, 포장부 박락 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019-09-16 ~ 2019-12-27	정밀안전 점검	자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 불로터널(상주)의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.	B
6	2020-05-12 ~ 2020-06-30	정기안전 점검	불로터널(상주방향)의 외관조사 결과, 라이닝 균열, 박락, 백태, 들뜸, 공동구 덮개파손 박락, 포장부 균열, 박리, 박락, 패임 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
7	2020-08-31 ~ 2020-12-31	정기안전 점검	불로터널(상주방향)의 외관조사 결과, 라이닝 균열(폭0.3mm내외) 및 백태, 박락, 들뜸, 공동구 덮개파손, 포장부 균열, 박락, 패임 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
8	2021-03-08 ~ 2021-06-07	정기안전 점검	불로터널(상주)(5공구)의 외관조사 결과, 라이닝 균열(폭0.3mm내외) 및 백태, 박락, 들뜸, 공동구 덮개파손 박락, 포장부 균열, 박락 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

【표 4.2.2】 불로터널(상주) 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
9	2021. 08. 25 ~ 2021. 12. 10	정밀안전 점검	- 라이닝 천단부 균열 및 재균열(cw=0.3mm미만), 조인트부 들뜸, 박락, 표면불량 - 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만), 박락 - 공동구 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 이격, 덮개 파손 및 박락 - 포장부 균열, 박리 - 갭문 배수로 균열, 파손 및 이격	B
10	2022. 05. 16 ~ 2022. 06. 24	정기안전 점검	- 라이닝 콘크리트 균열(폭 0.3mm미만), 균열부백태, 들뜸, 박락 등 - 공동구 균열, 들뜸, 덮개 탈락, 덮개 파손 등 - 포장부 균열, 박리, 박락, 패임 등 - 갭문 균열(폭 0.3mm내, 외), 배수로 파손, 이격 등	양호
11	2022. 09. 19 ~ 2022. 11. 18	정기안전 점검	- 라이닝 콘크리트 균열(폭 0.3mm미만), 균열부백태, 들뜸, 박락 등 - 공동구 균열, 들뜸, 덮개 탈락, 덮개 파손 등 - 포장부 균열, 박리, 박락, 패임 등 - 갭문 균열(폭 0.3mm내, 외), 배수로 파손, 이격 등	양호
12	2023. 04. 03 ~ 2023. 06. 16	정기안전 점검	- 라이닝 콘크리트 균열(폭 0.3mm미만), 균열부백태, 들뜸, 박락 등 - 공동구 균열, 들뜸, 덮개 탈락, 덮개 파손 등 - 포장부 균열, 박리, 박락, 패임 등 - 갭문 균열(폭 0.3mm내, 외), 배수로 파손, 이격 등	양호

나. 영천방향

대상시설물은 2중 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검 및 정밀안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 4.2.3】 불로터널(영천) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	불로터널(영천방향)은 전체적으로 보수가 실시된 것으로 조사되었으며, 보수부의 상태는 양호한 상태이다. 본 시설물은 특이사항이 없는 전반적으로 양호한 상태이다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	불로터널(영천방향)의 주요손상으로 라이닝 조인트부 들뜸, 측벽부 균열이 조사되었다. 기 손상부는 보수 및 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	불로터널(영천방향)의 주요손상으로 갭문 배수로 박락, 라이닝 콘크리트 조인트부 들뜸, 측벽부 균열, 포장부 균열 및 스폐링이 조사되었다. 기 손상부는 터널 및 주행차량의 안정성 확보를 위한 정비가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	불로터널(영천방향)의 외관조사 결과, 갭문 배수로 박락, 라이닝 콘크리트 조인트부 들뜸, 균열 및 망상균열, 포장부 균열 및 스폐링이 조사되었다. 기 손상부는 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019-09-16 ~ 2019-12-27	정밀안전 점검	자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 불로터널(영천)의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.	B
6	2020-05-12 ~ 2020-06-30	정기안전 점검	불로터널(영천방향)의 외관조사 결과, 갭문 배수로 균열, 라이닝 콘크리트 들뜸, 균열, 포장부 균열 및 스폐링, 부대시설 텔리네이트 파손이 조사되었다. 기 손상부는 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
7	2020-08-31 ~ 2020-12-31	정기안전 점검	불로터널(영천방향)의 외관조사 결과, 라이닝 콘크리트 균열(폭0.3mm미만), 파손, 공동구 균열 및 덮개 파손, 포장부 균열, 스폐링, 갭문 배수로 균열, 부대시설 텔리네이트 파손 등이 조사되었다. 기 손상부는 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
8	2021-03-08 ~ 2021-06-07	정기안전 점검	불로터널(영천) (5공구)의 외관조사 결과, 기존손상인 라이닝 콘크리트 균열(폭0.3mm미만), 파손, 공동구 균열 및 덮개 파손, 포장부 균열, 스폐링, 갭문 배수로 균열, 부대시설 텔리네이트 파손 등과 금회 추가로 라이닝 망상균열 등이 신규로 조사되었다. 기 손상부는 주의관찰 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

【표 4.2.3】 불로터널(영천) 점검이력사항(계속)

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
9	2021. 08. 25 ~ 2021. 12. 10	정밀안전 점검	- 라이닝 천단부 균열 및 재균열(cw=0.3mm미만), 파손 - 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만), 망상균열, 박락 - 공동구 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 덮개 파손 - 포장부 균열, 박리, 스폐링, 파손 - 갭문 배수로 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 파손, 이격, 갭문 박리 및 파손	B
10	2022. 05. 16 ~ 2022. 06. 24	정기안전 점검	- 라이닝 콘크리트 균열(폭 0.3mm미만), 파손 등 - 공동구 균열, 덮개 파손 등 - 포장부 균열, 박리, 패임, 스폐링 등 - 갭문 균열(폭 0.3mm내, 외), 박리, 파손, 배수로 파손, 이격 등	양호
11	2022. 09. 19 ~ 2022. 11. 18	정기안전 점검	- 라이닝 콘크리트 균열(폭 0.3mm미만), 파손 등 - 공동구 균열, 덮개 파손 등 - 포장부 균열, 박리, 패임, 스폐링 등 - 갭문 균열(폭 0.3mm내, 외), 박리, 파손, 배수로 파손, 이격 등	양호
12	2023. 04. 03 ~ 2023. 06. 16	정기안전 점검	- 라이닝 콘크리트 균열(폭 0.3mm미만), 파손 등 - 공동구 균열, 덮개 파손 등 - 포장부 균열, 박리, 패임, 스폐링 등 - 갭문 균열(폭 0.3mm내, 외), 박리, 파손, 배수로 파손, 이격 등	양호

4.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2021년 12월)

가. 상주방향

【표 4.2.4】 불로터널(상주) 전차 정밀안전점검 사항

구 분		정밀안전점검 결과																									
점검개요		· 점검기관 : (주)명성엔지니어링 · 점검기간 : 2021년 08월 25일 ~ 2021년 12월 31일																									
상 태 평 가	외관 조사	· 라이닝 천단부 균열 및 재균열(cw=0.3mm미만), 조인트부 들뜸, 박락, 표면불량 · 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만), 박락 · 갭문 배수로 균열, 파손 및 이격 · 공동구 본체 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 이격, 덮개 파손 및 박락 · 포장부 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 박리																									
	내구성 조사	<table><tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th rowspan="2">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr><tr><th>측정결과</th><th>설계기준</th></tr><tr><td>비파괴 강도 (MPa)</td><td>라이닝 콘크리트</td><td>24.8 ~ 27.0</td><td>24.0</td><td>· 설계강도 이상(양호)</td></tr><tr><td>탄산화 잔여깊이 (mm)</td><td>라이닝 콘크리트</td><td>55.0 ~ 57.5</td><td>a등급</td><td>· 잔여깊이 30mm이상 · 탄산화 깊이 양호</td></tr><tr><td>종합 평가</td><td colspan="4">· 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 · 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임</td></tr></table>				시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고	측정결과	설계기준	비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	24.8 ~ 27.0	24.0	· 설계강도 이상(양호)	탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	55.0 ~ 57.5	a등급	· 잔여깊이 30mm이상 · 탄산화 깊이 양호	종합 평가	· 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 · 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임			
	시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고																						
			측정결과	설계기준																							
비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	24.8 ~ 27.0	24.0	· 설계강도 이상(양호)																							
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	55.0 ~ 57.5	a등급	· 잔여깊이 30mm이상 · 탄산화 깊이 양호																							
종합 평가	· 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 · 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임																										
상태 등급	<table><tr><th colspan="6">블로터널(상주)</th></tr><tr><th>구조물</th><th>구간별 결함지수</th><th>라이닝 연장</th><th>연장별 가중치</th><th>전체결함점수 (F)</th><th>상태평가등급</th></tr><tr><td>철근콘크리트</td><td>0.116</td><td>46</td><td>0.011</td><td rowspan="2">0.159</td><td rowspan="2">B</td></tr><tr><td>무근콘크리트</td><td>0.163</td><td>429</td><td>0.147</td></tr></table>					블로터널(상주)						구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급	철근콘크리트	0.116	46	0.011	0.159	B	무근콘크리트	0.163	429	0.147
블로터널(상주)																											
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급																						
철근콘크리트	0.116	46	0.011	0.159	B																						
무근콘크리트	0.163	429	0.147																								
보수·보강		· 표면보수 · 주입보수 · 단면보수 · 재설치 · 실링																									
종합결론		· 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 블로터널(상주)의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.																									

나. 영천방향

【표 4.2.5】 불로터널(영천) 전차 정밀안전점검 사항

구 분		정밀안전점검 결과				
점검개요		· 점검기관 : (주)명성엔지니어링 · 점검기간 : 2021년 08월 25일 ~ 2021년 12월 31일				
상 태 평 가	외관 조사	· 라이닝 천단부 균열 및 재균열(cw=0.3mm미만), 파손 · 라이닝 측벽부 균열(cw=0.3mm미만), 망상균열, 박락 · 갯문 배면배수로 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 파손, 이격, 갯문 박리 및 파손 · 공동구 본체 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 덮개 파손 · 포장부 균열, 박리, 스폴링, 파손				
	내구성 조사	시 험 명		시험 결과		비 고
		시험부위	측정결과	설계기준		
		비파괴 강도 (MPa)	라이닝 콘크리트	25.4 ~ 27.3	24.0	· 설계강도 이상(양호)
		탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝 콘크리트	58.5 ~ 59.5	a등급	· 잔여깊이 30mm이상 · 탄산화 깊이 양호
종합 평가	· 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 · 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임					
상태 등급	불로터널(영천)					
	구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
	철근콘크리트	0.198	130	0.052	0.245	B
	무근콘크리트	0.262	360	0.192		
보수·보강		· 표면보수 · 주입보수 · 단면보수 · 재설치 · 실링				
종합결론		· 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 불로터널(영천)의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.				

4.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

가. 상주방향

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	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 균열, 박락, 포장부 및 공동구 균열에 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 정밀안전점검은 총2회, 정기점검은 총10회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

나. 영천방향

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	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과, 라이닝에 발생한 일부 균열 및 재균열, 박락, 포장부 스폴링 등에 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 정밀안전점검은 총2회, 정기점검은 총10회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

4.2.5 시설물 보수 이력

가. 상주방향

【표 4.2.8】 불로터널(상주) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	—	—	—	—	—	

나. 영천방향

【표 4.2.9】 불로터널(영천) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	—	—	—	—	—	

4.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 4.2.10】 내진설계 여부 확인

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

4.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

4.3 현장조사

4.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

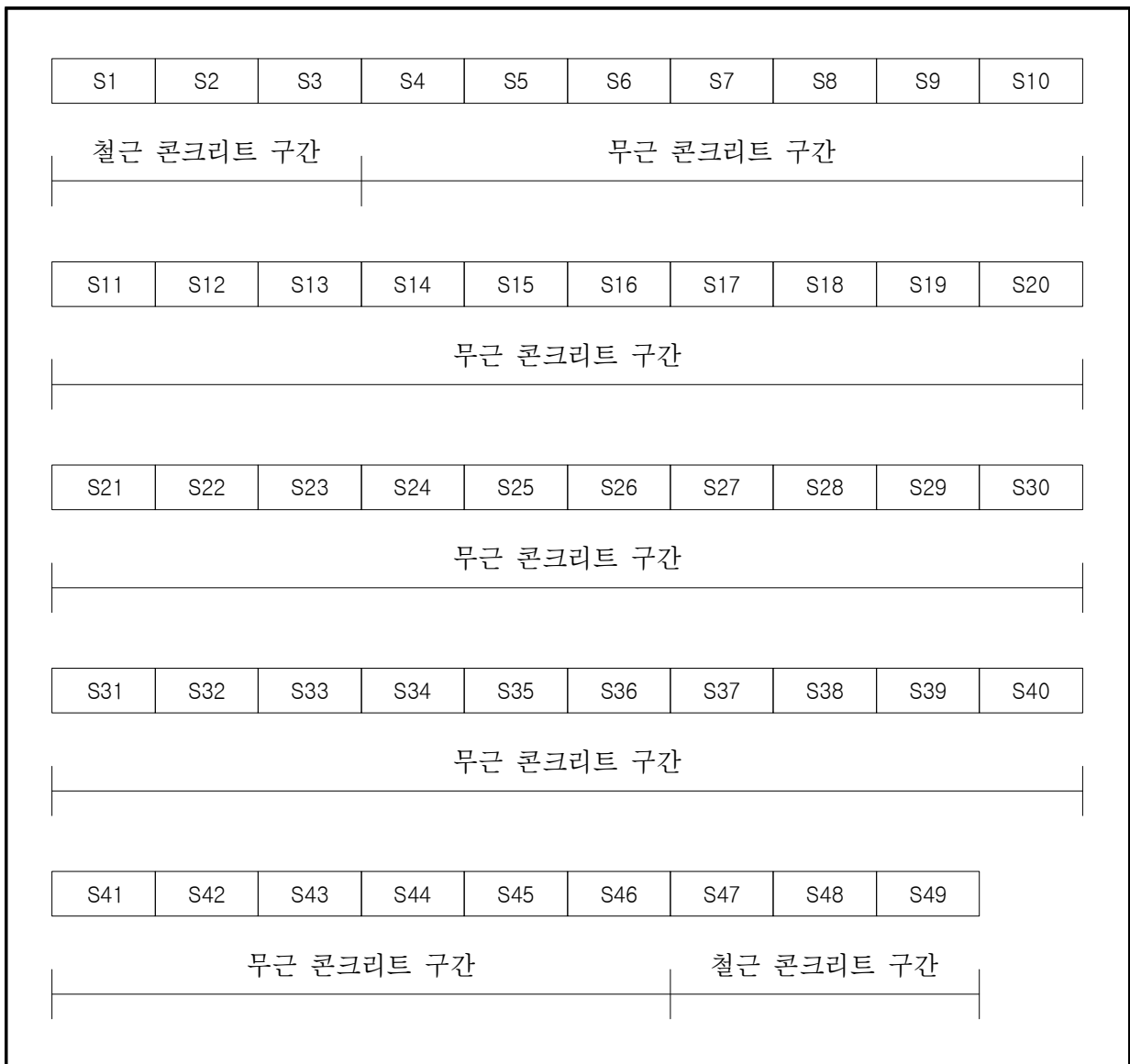
가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S49(상주) S1~S50(영천)	도보, 고소점검차	2023.10.05	
			
고소점검차를 이용한 근접조사		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
터널 라이닝 비파괴시험		터널 라이닝 비파괴시험	

【그림 4.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

나. 터널 구간 분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 비파괴 시험, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 터널 내에 측점포시 또는 구간이 명확하게 구분되어 있지 않는 경우는 구간분할에 따른 오차를 최소화할 수 있도록 구분되어야 하며 통상적으로 현장에서 직접 확인이 가능한 시공(신축)이음부를 기준으로 분할하는 것이 타당하다. 본 터널은 475.0m(상주), 490.0m(영천) 터널로써 구조물의 형식은 다음 그림과 같이 총 49SPAN(상주), 50SPAN(영천) 구간으로 분할하였다.



【그림 4.3.2】 상주방향 Span별 시공현황

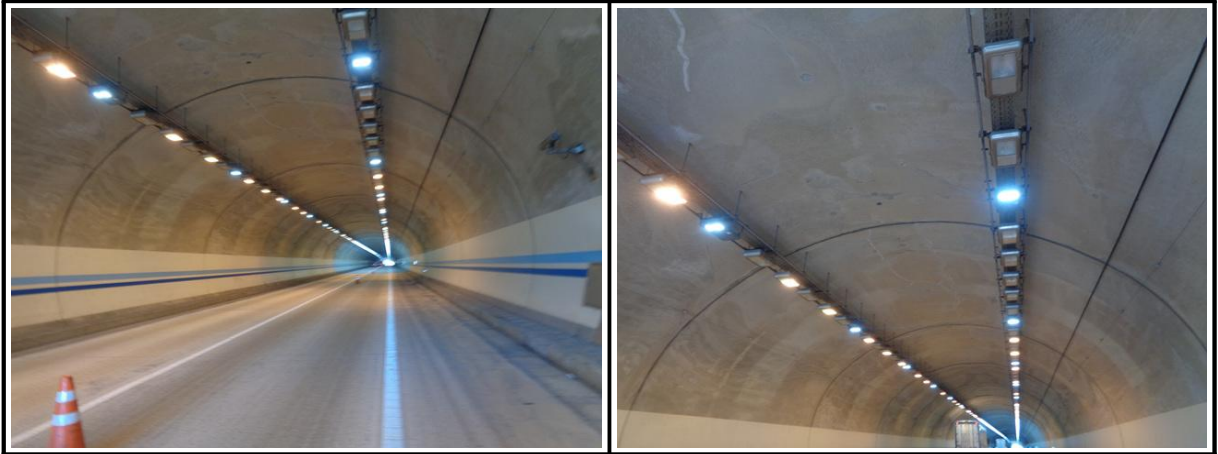
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
철근 콘크리트 구간								무근 콘크리트	
S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
무근 콘크리트 구간									
S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
무근 콘크리트 구간									
S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40
무근 콘크리트 구간									
S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50
무근 콘크리트 구간					철근 콘크리트 구간				

【그림 4.3.3】 영천방향 Span별 시공현황

4.3.2 상주방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

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



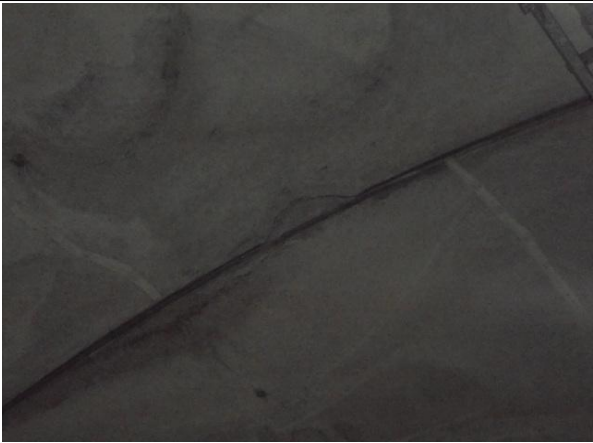
【사진 4.3.1】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부에 발생한 주요 손상은 균열 및 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만, 이상) 등의 균열 손상이며, 그 외 조인트부 들뜸 및 박락, 표면불량이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.1】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	99.00	12	건조수축 및 온도변화	
	균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	33.00	6	건조수축 및 온도변화	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	132.00	14	보수재료 열화	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	30.00	3	보수재료 열화	
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	m ²	0.80	14	거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	
	표면불량	m ²	15.00	1	시공미흡	
	균열부 백태	m ²	0.10	1	균열부 우수유입	

			
현 황	S01 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S11 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	건조수축 및 온도변화
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S18 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S26 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	보수재료 열화
대 책	단면보수	대 책	주입보수
			
현 황	S48 천단부 표면불량	현 황	S50 천단부 균열부 백태
원 인	시공미흡, 다짐불량	원 인	균열부 우수유입
대 책	단면보수	대 책	표면보수

【사진 4.3.2】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요 손상은 균열 및 재균열이며, 균열은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축에 의한 구속으로 의한 비구조적 균열로 판단되며, 재균열의 경우 보수부 마감미흡, 보수재료 열화 등이 원인인 것으로 사료된다. 구조물에 발생한 손상은 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 조인트부에 발생한 들뜸 및 재들뜸의 경우 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 보수미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 기 손상부의 경우 잔여물 낙하시 2차피해를 야기시키므로 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 라이닝 표면에 발생한 균열부백태 및 표면불량의 경우 시공미흡, 손상부 우수유입에 의한 손상으로 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요구된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 라이닝 천단부는 21년 실시한 점검과 비교한 결과, 발생한 손상의 진전 및 추가 손상이 조사되었으며, 균열부 백태 손상이 신규 발생한 것으로 확인되었다.

【표 4.3.2】 라이닝 천단부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감		비고
			물량	개소	물량	개소			
천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	79.00	10	99.00	12	↑	20.0	추가손상
	균열(cw=0.3mm이상)	m	30.00	3	33.00	6	↑	3.0	추가손상
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	122.00	13	132.00	14	↑	10.0	추가손상
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	30.00	3	30.00	3	—	—	변동없음
	조인트부 들뜸. 재들뜸, 박락	m ²	0.50	12	0.80	14	↑	0.3	추가손상
	표면불량	m ²	15.00	1	15.00	1	—	—	변동없음
	균열부 백태	m ²	—	—	0.10	1	↑	0.1	신규손상

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관 및 조명효과를 증대시켜 시거환경 확보와 차량 운전자의 사고 예방을 목적으로 도장마감으로 시공되었다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출, 파손, 탈락 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.3】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부에 대한 조사결과, 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만), 박락이 발생한 것으로 조사되었으며, 발생한 손상의 진전으로 폭 0.3mm 이상의 균열이 신규로 조사되었다.

【표 4.3.3】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	64.00	24	건조수축 및 온도변화	
	균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	15.00	3	건조수축 및 온도변화	
	박락	m^2	1.16	19	온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S03 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)	현 황	S26 측벽부 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	건조수축 및 온도변화
대 책	표면보수	대 책	표면보수
			
현 황	S40 측벽부 박락	현 황	S48 측벽부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	온도변화에 의한 신축작용	원 인	건조수축 및 온도변화
대 책	단면보수	대 책	주입보수

【사진 4.3.4】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 균열, 박락의 손상은 건조수축 및 온도변화, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다.
- 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 보수가 요구되며, 박락의 경우 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

3) 기 점검 결과 비교

- 라이닝 측벽부는 21년 실시한 점검과 비교한 결과, 발생한 손상의 진전 및 추가 손상이 조사되었다.

【표 4.3.4】 라이닝 측벽부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	42.00	21	64.00	24	↑ 22.0	추가손상
	균열(cw=0.3mm이상)	m ²	—	—	15.00	3	↑ 15.00	신규손상
	박락	m ²	1.16	19	1.16	19	— —	변동없음

다. 터널주변

1) 갯문

본 터널의 갯문은 NATM구간 시·종점부 면벽식으로 시공되어있다. 갯문 외관조사시 균열, 파손, 박락 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.5】 갯문 전경

① 조사결과

갯문 외관조사 결과, 배면 배수로 일부구간에 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 파손 및 이격 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 4.3.5】 갯문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갯문	배수로 균열(cw=0.3mm미만)	m	3.00	6	건조수축 및 온도변화	
	배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	6.50	13	건조수축 및 온도변화	
	배수로 파손	m ²	0.14	3	공용년수 증가에 따른 재료 열화	
	배수로 이격	m	5.00	1	시공미흡	

			
현 황	진입부 갭문 배수로 균열	현 황	진입부 갭문 배수로 파손
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	건조수축 및 온도변화, 손상진전
대 책	표면보수	대 책	단면보수
			
현 황	진출부 갭문 배수로 균열	현 황	진출부 갭문 배수로 이격
원 인	건조수축 및 온도변화, 손상진전	원 인	시공미흡
대 책	주입보수	대 책	이격부 실링

【사진 4.3.6】 갭문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갭문에 발생한 균열은 시공이후 초기 건조수축에 따른 비 구조적인 균열로 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요하며, 파손 및 이격은 공용년수 증가에 따른 재료 열화, 시공미흡으로 발생한 것으로 판단되며, 내구성 향상을 위한 적절한 조치가 요구된다.

③ 기 점검 결과 비교

갭문은 21년 실시한 점검이후, 균열 손상이 추가로 조사되었으며, 배수로 파손 및 이격 손상은 일부 보수를 실시한 것으로 확인되었다.

【표 4.3.6】 갯문 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
갯문	배수로 균열 (cw=0.3mm미만)	m	3.00	6	3.00	6	— —	변동없음
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)	m	4.50	9	6.50	13	↗ 2.00	추가손상
	배수로 파손	m ²	0.34	7	0.14	3	↘ -0.20	일부보수
	배수로 이격	m	10.00	2	5.00	1	↘ -5.00	일부보수

2) 사면

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



【사진 4.3.7】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 사면의 일부 구간에서 녹생토 유실이 조사되었다.

【표 4.3.7】 사면 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
사면	녹생토 유실	m ²	25.00	1	녹생토 부착력저하	

			
현 황	시점측 사면 녹생토 유실	현 황	중점측 사면 상태양호
원 인	녹생토 부착력저하	원 인	—
대 책	주의관찰	대 책	—

【사진 4.3.8】 사면 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

현재 사면의 경우 슬라이딩, 토사유실 및 침식, 낙석, 식생부족 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 일부 구간에서 녹생토유실이 발생한 것으로 조사되었다. 기 손상은 강우시 우수의 영향으로 녹생토의 부착력이 저하되어 발생한 것으로 판단되며, 시급한 조치보다는 손상의 진전에 대한 주의관찰을 실시한다.

③ 기 점검 결과 비교

사면은 기 실시된 점검이후, 시점측 사면에 녹생토 유실이 신규로 발생한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.8】 사면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
사면	녹생토 유실	m ²	—	—	25.00	1	⬆ 25.00	신규손상

3) 공동구 및 배수시설

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



【사진 4.3.9】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 배수시설은 손상이 없는 것으로 조사되었으며, 공동구는 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 이격, 파손, 덮개 파손 및 박락이 조사되었다.

【표 4.3.9】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	m	38.00	76	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	1.50	3	건조수축 및 온도변화	
	이격	m	1.00	2	시공미흡	
	파손	m ²	0.03	1	공용중 외부충격	
	덮개 파손, 박락	EA	6	6	공용중 외부충격	
배수시설	상태 양호	—	—	—		

			
현 황	S03 공동구 벽체 파손	현 황	S07 공동구 균열 (cw=0.3mm미만)
원 인	시공미흡, 외부충격	원 인	건조수축 및 온도변화
대 책	단면보수	대 책	표면보수
			
현 황	S12 공동구 덮개 파손	현 황	S49 공동구 덮개 박락
원 인	공용중 외부충격	원 인	공용중 외부충격
대 책	재설치	대 책	재설치

【사진 4.3.10】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 발생한 균열 및 이격은 시공미흡, 건조수축 및 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 보수가 요구된다. 또한, 일부구간 발생한 덮개 파손 및 박락의 경우 공용중 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 공동구의 경우 구조물에 대한 도보점검시 점검자의 통행로로 이용되므로 점검자의 안전 확보를 위한 재설치 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

배수시설의 경우 손상이 없는 상태로 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

공동구에 발생한 균열은 금회 점검에서 손상의 진전 및 추가손상은 조사되지 않았으며, 균열손상은 표기오류로 물량이 감소하였다. 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 4.3.10】 공동구 및 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감		비고
			물량	개소	물량	개소			
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	m	77.50	76	38.00	76	↓	-39.5	표기오류
	균열(cw=0.3mm이상)	m	1.50	3	1.50	3	-	-	변동없음
	이격	m	1.00	2	1.00	2	-	-	변동없음
	파손	m ²	0.03	1	0.03	1	-	-	변동없음
	덜개 파손, 박락	EA	6	6	6	6	-	-	변동없음

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, 함몰 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.11】 포장부 전경

① 조사결과

포장부는 외관조사 결과, 대체로 양호한 것으로 조사되었으며, 일부 구간에 경미한 손상이 발생된 것으로 조사되었다. 조사된 손상으로는 균열, 박리, 파손 및 박락 등의 손상이 확인되었다.

【표 4.3.11】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	균열	m	48.00	48	건조수축 및 온도변화	
	박리	m ²	0.05	1	재료 열화	
	파손, 박락, 패임	m ²	30.06	3	재료 열화, 중차량 통과	

			
현 황	S01~03 포장부 패임	현 황	S21 포장부 균열(cw=0.3mm미만)
원 인	공용년수 증가, 중차량 통과	원 인	건조수축 및 온도변화
대 책	단면보수	대 책	표면보수
			
현 황	S49 포장부 박리	현 황	S50 포장부 파손
원 인	재료열화	원 인	재료열화, 중차량 통과
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 4.3.12】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장은 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았으며, 일부구간에 서 균열 및 박리 등의 경미한 손상이 발생하였다. 기 손상은 포장부와 공동구의 경계면에 발생한 손상으로 건조수축 및 온도변화 등에 의한 손상으로 판단된다. 발생한 균열 및 박리의 경우 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

포장부는 21년 실시한 점검이후, 기 발생한 손상의 진전이나 추가 발생은 없는 것으로 조사되었다.

【표 4.3.12】 포장부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감		비고
			물량	개소	물량	개소			
포장부	균열	m	48.0	48	48.0	48	—	—	변동없음
	박리	m ²	0.05	1	0.05	1	—	—	변동없음
	파손, 박락, 패임	m ²	30.06	3	30.06	3	—	—	변동없음

2) 기타 부속시설

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



【사진 4.3.13】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

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. 금회 점검 결과, 부속시설의 경우 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.

【표 4.3.13】 기타 부속시설 손상현황

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



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

【사진 4.3.14】 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

기타 부속시설은 전반적으로 양호한 상태이며, 21년 점검이후 신규 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

【표 4.3.14】 기타 부속시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
기타 부속시설	-	-	-	-	-	-	- -	-

마. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 미설치된 상태이다.

2) 도로부 포장 및 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 포장은 “현장조사 결과 - 포장부”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

4.3.3 영천방향 외관조사 결과

가. 라이닝 천단부

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



【사진 4.3.15】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 외관조사 결과, 조사된 주요 손상은 균열 및 재균열(cw=0.3mm미만, 이상) 등의 균열손상이며, 그 외 경미한 들뜸, 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 4.3.15】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	98.00	15	건조수축 및 온도변화	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	10.00	1	건조수축 및 온도변화	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	112.00	12	보수재료 열화	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	60.00	6	보수재료 열화	
	들뜸, 파손	m ²	0.06	4	시공중 외부충격	

			
현 황	S08 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S38 천단부 균열(cw=0.3mm이상)
원 인	보수재료 열화	원 인	건조수축 및 온도변화
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S42 천단부 들뜸	현 황	S45 천단부 파손
원 인	거푸집 조기탈형, 시공미흡	원 인	시공중 외부충격
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 4.3.16】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부에 발생한 주요 손상은 균열 및 재균열이며, 균열은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축에 의한 구속에 의한 비구조적 균열로 판단되며, 재균열의 경우 보수시 마감미흡, 보수재의 열화 등이 원인인 것으로 판단된다. 구조물에 발생한 손상부는 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면보수 등의 조치가 요구된다.
- 라이닝 콘크리트 천단부에 발생한 파손, 들뜸의 경우 시공중 외부충격, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 추정되며, 현재 손상정도는 경미하나 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 라이닝 천단부는 21년 실시한 점검과 비교한 결과, 기 발생된 손상의 진전 및 추가발생은 없는 것으로 조사되었으며, 들뜸 손상이 신규로 발생한 것으로 확인되었다.

【표 4.3.16】 라이닝 천단부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	98.00	25	98.00	15	- -	변동없음
	균열(cw=0.3mm이상)	m	10.00	1	10.00	1	- -	변동없음
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	112.00	32	112.00	12	- -	변동없음
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	60.00	6	60.00	6	- -	변동없음
	들뜸, 파손	m ²	0.03	3	0.06	4	↑ 0.03	추가손상

나. 라이닝 측벽부

본 터널의 측벽부는 미관 및 조명효과를 증대시켜 시거환경 확보와 차량 운전자의 사고 예방을 목적으로 도장마감으로 시공되었다. 측벽부 외관조사시 라이닝 측벽부 균열 및 누수여부, 박리 및 박락, 철근노출, 파손, 탈락 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.17】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만) 및 망상균열, 박락, 파손 손상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.17】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	30.00	19	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	1440.00	80	건조수축 및 온도변화	
	박락, 파손	m ²	0.03	2	온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S06 측벽부 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	현 황	S22 측벽부 박락
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	온도변화에 의한 신축작용
대 책	표면보수	대 책	단면보수
			
현 황	S25 측벽부 망상균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	현 황	S50 측벽부 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	건조수축 및 온도변화
대 책	표면보수	대 책	표면보수

【사진 4.3.18】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 측벽부에 발생한 균열, 망상균열의 경우 손상은 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 것으로 판단되며, 기 조사된 손상은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 금회 점검시 조사된 박락 및 파손의 경우 온도변화에 의한 콘크리트의 신축작용 등으로 인해 발생한 손상으로 추정되며 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 라이닝 측벽부는 21년 실시한 점검과 비교한 결과, 기 발생한 손상의 진전 및 추가 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 4.3.18】 라이닝 측벽부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감		비고
			물량	개소	물량	개소			
측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	30.00	19	30.00	19	—	—	변동없음
	망상균열	m ²	1440.00	80	1440.00	80	—	—	변동없음
	박락, 파손	m ²	0.03	2	0.03	2	—	—	변동없음

다. 터널주변

1) 갭문

본 터널의 갭문은 NATM구간 시·종점부 면벽식으로 시공되어있다. 갭문 외관조사시 균열, 백태, 파손 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.19】 갭문 전경

① 조사결과

갱문 외관조사 결과, 22년도 상반기에 배수로 파손 및 이격 손상에 대한 보수가 실시되었으며, 금회 점검에서 배면배수로 균열, 파손 등이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.19】 갱문 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
갱문	배면배수로 균열(cw=0.3mm미만)	m	3.50	7	건조수축 및 온도변화	
	배면배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	5.00	5	건조수축 및 온도변화	
	갱문 파손	m ²	0.3	1	공용중 외부충격, 재료 열화	

			
현 황	진입부 갱문 박리	현 황	진입부 갱문 파손
원 인	표면 재료열화	원 인	공용중 단면변화부 응력집중
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 4.3.20】 갱문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

시·중점측 갱문에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 양호하나 시점측 갱문의 경우 균열, 파손 등이 발생한 것으로 조사되었다. 균열의 경우 건조수축 및 온도변화에 의한 손상으로 판단되며, 파손은 단면변화부 구간에 응력집중, 시공미흡 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기 발생한 손상은 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

갱문은 21년 실시한 점검이후, 기 조사된 손상의 진전 및 추가 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 배수로 파손 및 이격 손상은 보수가 실시된 것으로 조사되었다.

【표 4.3.20】 갯문 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
갱문	배면배수로 균열(cw=0.3mm미만)	m	3.50	7	3.50	7	- -	변동없음
	배면배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	5.0	5	5.00	5	- -	변동없음
	갱문 박리, 파손	m ²	0.6	2	0.3	1	↓ -0.3	일부보수
	배면배수로 파손	m ²	0.5	1	-	-	↓ -0.5	보수실시
	배면배수로 이격	m	5.0	1	-	-	↓ -5.0	보수실시

2) 사면

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



【사진 4.3.21】 사면 전경

① 조사결과

사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 사면의 슬라이딩, 토사유실 및 침식, 낙석, 식생부족 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 4.3.21】 사면 손상현황

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

			
현 황	시점측 사면 상태양호	현 황	종점측 사면 상태양호
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—

【사진 4.3.22】 사면 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 시·종점측에 시공된 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

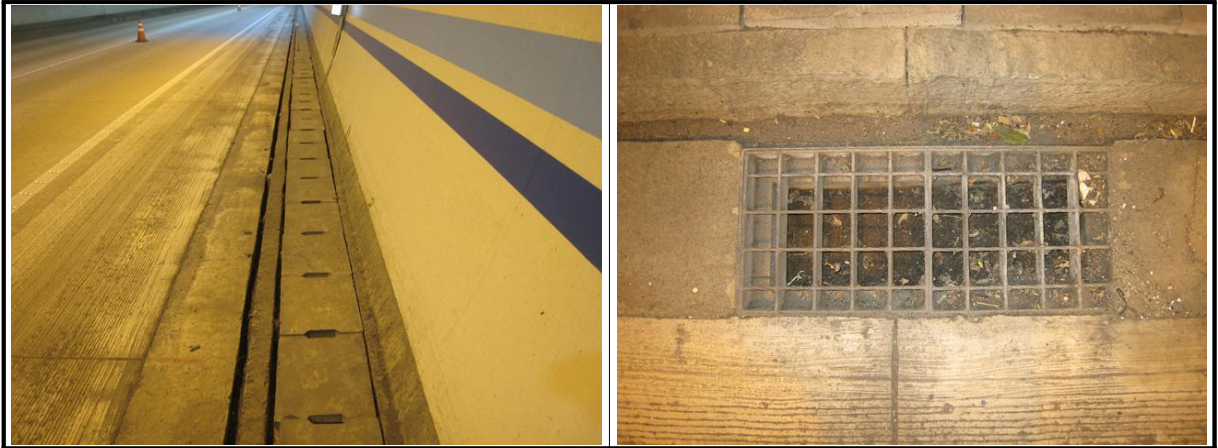
사면은 21년 점검이후, 신규 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

【표 4.3.22】 사면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
사면	—	—	—	—	—	—	— —	—

3) 공동구 및 배수시설

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



【사진 4.3.23】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 벽체부에 균열 및 파손이 조사되었으며, 덮개는 일부 개소에서 파손 손상이 조사되었다. 배수시설은 손상이 없는 상태로 조사되었다.

【표 4.3.23】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	균열	m	16.5	33	건조수축 및 온도변화	
	파손	m ²	1.18	4	공용중 외부충격	
	덮개 파손	EA	2	2	공용중 외부충격	
배수시설	상태양호	—	—	—		

현 황	S09 공동구 본체 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S50 공동구 덮개 파손
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	공용중 외부충격
대 책	주입보수	대 책	덮개 재설치

【사진 4.3.24】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 일부 발생한 덮개 파손 및 본체 균열은 공용중 외부충격, 건조수축 및 온도변화에 의한 것으로 판단되며, 공동구는 점검자의 안전사고 예방차원에서 파손된 덮개에 대해서는 교체가, 본체 균열의 경우 손상의 진전 방지 및 내구성 증진을 위한 표면처리, 주입보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

배수시설의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

공동구는 21년 점검이후, 일부 균열이 추가로 발생되었고, 덮개 파손은 일부 보수가 실시된 것으로 조사되었다.

【표 4.3.24】 공동구 및 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
공동구	균열	m	18.5	37	16.5	33	↓ -2.0	일부보수
	파손	m ²	—	—	1.18	4	↑ 1.18	신규손상
	덮개 파손	EA	1	1	2	2	↑ 1.0	추가손상

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, 함몰 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 4.3.25】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 관찰되지 않았으며, 일부 구간에 균열, 박리, 스폐링 및 파손 손상이 발생된 것으로 조사되었다.

【표 4.3.25】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	균열	m	6.00	11	건조수축 및 온도변화	
	박리	m ²	0.10	1	공용년수 증가, 재료열화	
	스폴링	m ²	0.04	2	중차량 반복통행	
	파손	m ²	0.02	2	시공미흡	

			
현 황	S03 포장부 스포링	현 황	S21 포장부 스포링
원 인	중차량 반복통행	원 인	중차량 반복통행
대 책	단면보수	대 책	단면보수
			
현 황	S43 포장부 파손	현 황	S50 포장부 파손
원 인	중차량 반복통행	원 인	시공미흡
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 4.3.26】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

콘크리트 포장에 발생한 균열, 스포링, 스켈링 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복 통행 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 손상의 크기가 작으나, 내구성 확보를 위해 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 조치가 요망되며 보수 후에도 차량하중으로 인한 재손상이 우려되므로 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

포장부는 21년 실시한 점검이후, 파손 손상이 추가로 조사되었고, 그 외 손상은 진전 및 추가 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 4.3.26】 포장부 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
포장부	균열	m	6.00	11	6.00	11	- -	변동없음
	박리	m ²	0.10	1	0.10	1	- -	변동없음
	스폴링	m ²	0.04	2	0.04	2	- -	변동없음
	파손	m ²	0.01	1	0.02	2	↑ 0.01	변동없음

2) 기타 부속시설

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



【사진 4.3.27】 기타 부속시설 전경

① 조사결과

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. 금회 점검 결과, 부속시설의 경우 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 4.3.27】 기타 부속시설 손상현황

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

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

【사진 4.3.28】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

기타 부속시설은 전반적으로 양호한 상태이며, 신규 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

③ 기 점검 결과 비교

기타 부속시설은 21년 실시한 점검이후, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 4.3.28】 기타 부속시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		중·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
기타 부속시설	상태 양호	-	-	-	-	-		

마. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 미설치된 상태이다.

2) 도로부 포장 및 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 포장은 “현장조사 결과 - 포장부”에 기입된 사항으로 대체 하였다.

3) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

4.3.4 외관조사 총괄표

가. 상주방향

【표 4.3.29】 상주방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	99.00	12	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	33.00	6	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	132.00	14	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	30.00	3	
	조인트부 들뜸. 재들뜸, 박락	m ²	0.80	14	
	표면불량	m ²	15.00	1	
	균열부 백태	m ²	0.10	1	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	64.00	24	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	15.00	3	
	박락	m ²	1.16	19	
갯문	배수로 균열(cw=0.3mm미만)	m	3.00	6	
	배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	6.50	13	
	배수로 파손	m ²	0.14	3	
	배수로 이격	m	5.00	1	
사면	녹생토 유실	m ²	25.0	1	
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	m	38.00	76	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	1.50	3	
	이격	m	1.00	2	
	파손	m ²	0.03	1	
	덮개 파손, 박락	EA	6	6	
포장부	균열	m	48.00	48	
	박리	m ²	0.05	1	
	파손, 박락, 패임	m ²	30.06	3	

나. 영천방향

【표 4.3.30】 영천방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	98.00	15	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	10.00	1	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	112.00	12	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	60.00	6	
	들뜸, 파손	m ²	0.06	4	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	30.00	19	
	망상균열	m ²	1440.00	80	
	박락, 파손	m ²	0.03	2	
갯문	배면배수로 균열(cw=0.3mm미만)	m	3.50	7	
	배면배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	5.00	5	
	갯문 파손	m ²	0.3	1	
공동구	균열	m	16.5	33	
	파손	m ²	1.18	4	
	덮개 파손	EA	2	2	
포장부	균열	m	6.00	11	
	박리	m ²	0.10	1	
	스폴링	m ²	0.04	2	
	파손	m ²	0.02	2	

4.3.5 전회차 손상물량 비교

가. 상주방향

【표 4.3.31】 상주방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	79.00	10	99.00	12	↑ 20.0	추가손상
	균열(cw=0.3mm이상)	m	30.00	3	33.00	6	↑ 3.0	추가손상
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	122.00	13	132.00	14	↑ 10.0	추가손상
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	30.00	3	30.00	3	— —	변동없음
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	m ²	0.50	12	0.80	14	↑ 0.3	추가손상
	표면불량	m ²	15.00	1	15.00	1	— —	변동없음
	균열부 백태	m ²	—	—	0.10	1	↑ 0.1	신규손상
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	42.00	21	64.00	24	↑ 22.0	추가손상
	균열(cw=0.3mm이상)	m ²	—	—	15.00	3	↑ 15.00	신규손상
	박락	m ²	1.16	19	1.16	19	— —	변동없음
갯문	배수로 균열 (cw=0.3mm미만)	m	3.00	6	3.00	6	— —	변동없음
	배수로 균열 (cw=0.3mm이상)	m	4.50	9	6.50	13	↑ 2.00	추가손상
	배수로 파손	m ²	0.34	7	0.14	3	↓ -0.20	일부보수
	배수로 이격	m	10.00	2	5.00	1	↓ -5.00	일부보수
사면	녹생토 유실	m ²	—	—	25.00	1	↑ 25.00	신규손상
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	m	77.50	76	38.00	76	↓ -39.5	표기오류
	균열(cw=0.3mm이상)	m	1.50	3	1.50	3	— —	변동없음
	이격	m	1.00	2	1.00	2	— —	변동없음
	파손	m ²	0.03	1	0.03	1	— —	변동없음
	덮개 파손, 박락	EA	6	6	6	6	— —	변동없음
포장부	균열	m	48.0	48	48.0	48	— —	변동없음
	박리	m ²	0.05	1	0.05	1	— —	변동없음
	파손, 박락, 패임	m ²	30.06	3	30.06	3	— —	변동없음

나. 영천방향

【표 4.3.32】 영천방향 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		증·감	비고
			물량	개소	물량	개소		
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	98.00	25	98.00	15	— —	변동없음
	균열(cw=0.3mm이상)	m	10.00	1	10.00	1	— —	변동없음
	채균열(cw=0.3mm미만)	m	112.00	32	112.00	12	— —	변동없음
	채균열(cw=0.3mm이상)	m	60.00	6	60.00	6	— —	변동없음
	들뜸, 파손	m ²	0.03	3	0.06	4	⬆ 0.03	추가손상
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	30.00	19	30.00	19	— —	변동없음
	망상균열	m ²	1440.00	80	1440.00	80	— —	변동없음
	박락, 파손	m ²	0.03	2	0.03	2	— —	변동없음
갯문	배면배수로 균열(cw=0.3mm미만)	m	3.50	7	3.50	7	— —	변동없음
	배면배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	5.0	5	5.00	5	— —	변동없음
	갯문 박리, 파손	m ²	0.6	2	0.3	1	⬇ -0.3	일부보수
	배면배수로 파손	m ²	0.5	1	—	—	⬇ -0.5	보수실시
	배면배수로 이격	m	5.0	1	—	—	⬇ -5.0	보수실시
공동구	균열	m	18.5	37	16.5	33	⬇ -2.0	일부보수
	파손	m ²	—	—	1.18	4	⬆ 1.18	신규손상
	덮개 파손	EA	1	1	2	2	⬆ 1.0	추가손상
포장부	균열	m	6.00	11	6.00	11	— —	변동없음
	박리	m ²	0.10	1	0.10	1	— —	변동없음
	스폴링	m ²	0.04	2	0.04	2	— —	변동없음
	파손	m ²	0.01	1	0.02	2	⬆ 0.01	변동없음

4.4 콘크리트 내구성 조사

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

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

4.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 4.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

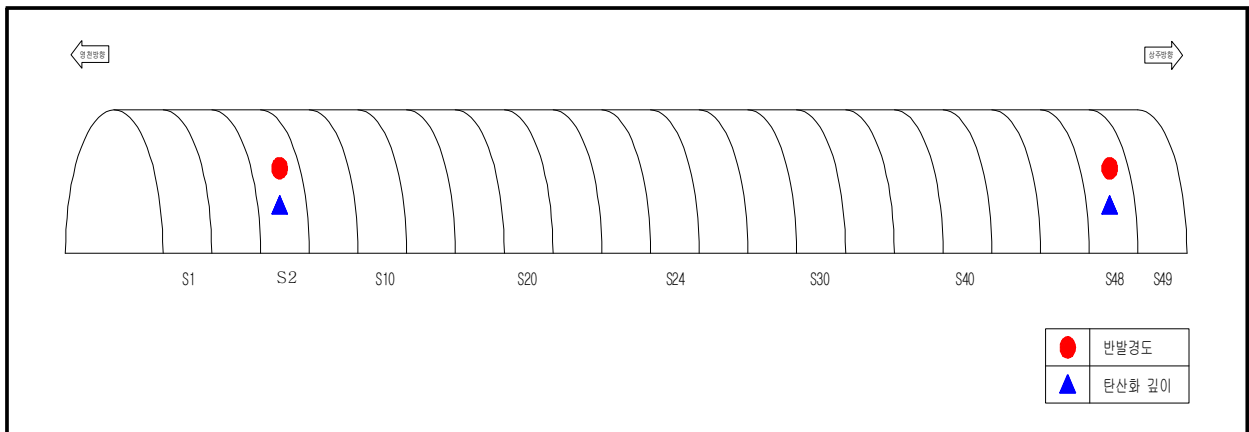
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 천단부 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 조사 사진

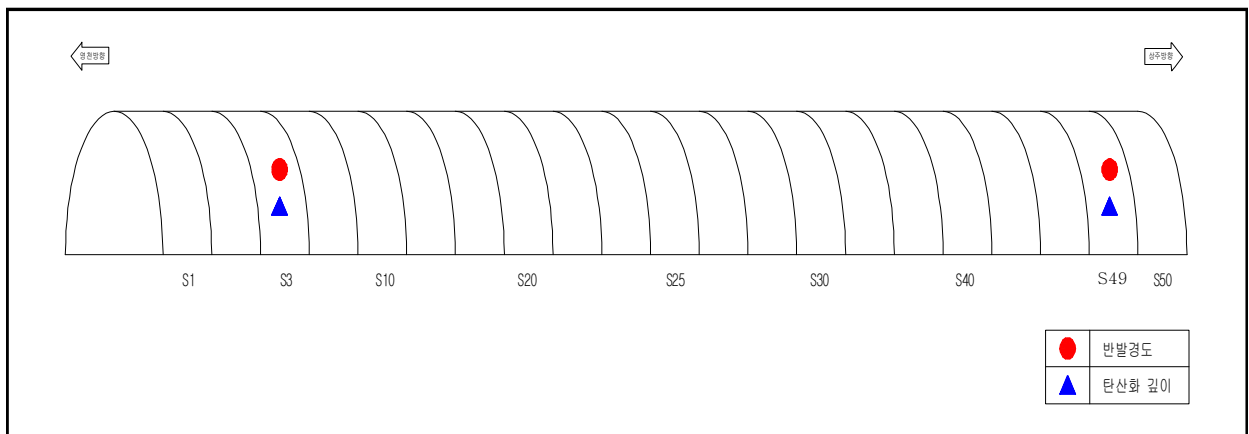


【사진 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(상주)



【그림 4.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(영천)

4.4.2 시험결과 및 분석

가. 상주방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 4.4.2】콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	평균		
라 이 닝	S2 라이닝	44.8	24.9	26.8	25.9	24.0	
	S48 라이닝	44.8	24.9	26.8	25.9		
	평 균	44.8	24.9	26.8	25.9		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 25.9MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

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

【표 4.4.3】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	25.9	24.0	107.9

② 기 점검결과와의 비교

【표 4.4.4】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검	설계기준강도
반발경도법	24.8~27.0	25.9	24.0
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 4.4.5】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
라 이 닝	S2	3.5	36.0	32.5	a	1.43	100년이상	
	S48	3.0	35.0	32.0	a	1.22	100년이상	

측정결과, 탄산화깊이는 3.0~3.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 4.4.6】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	3.0~3.5	32.0~32.5	

② 기 점검결과와의 비교

【표 4.4.7】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
라이닝	2.5~3.0	55.0~57.5	a	3.0~3.5	32.0~32.5	a	
검토의견	■ 기존 및 급회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

나. 영천방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 4.4.8】콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	평균		
라 이 닝	S2 라이닝	44.1	24.3	26.5	25.4	24.0	
	S48 라이닝	44.4	24.6	26.6	25.6		
	평 균	44.3	24.5	26.6	25.5		

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 25.4~25.6MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

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

【표 4.4.9】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	25.4~25.6	24.0	105.8~106.7

② 기 점검결과와의 비교

【표 4.4.10】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검	설계기준강도
반발경도법	25.4~27.3	25.8~26.0	24.0
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계강도를 100%이상 상회하고 있는 것으로 확인되어 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 4.4.11】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
라 이 닝	S2	5.0	47.0	42.0	a	2.04	100년이상	
	S48	6.0	41.0	35.0	a	2.45	100년이상	

측정결과, 탄산화깊이는 5.0mm~6.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 4.4.12】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	5.0~6.0	35.0~42.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 4.4.13】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검			2023년 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
라이닝	1.5~3.0	58.5~59.5	a	5.0~6.0	35.0~42.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 실측피복두께를 적용하여 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

4.5 현장조사 및 시험 결과요약

4.5.1 상주방향

가. 외관조사 결과요약

【표 4.5.1】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm 미만	건조수축 및 온도변화	m	99.00	12	표면보수
		cw=0.3mm 이상	건조수축 및 온도변화	m	33.00	6	주입보수
	재균열	cw=0.3mm 미만	보수재료 열화	m	132.00	14	표면보수
		cw=0.3mm 이상	보수재료 열화	m	30.00	3	주입보수
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락		거푸집 조기탈형, 다짐불량 온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.80	14	단면보수
	표면불량		시공미흡	m ²	15.00	1	표면보수
	균열부 백태		균열부 우수유입	m ²	0.10	1	표면보수
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm 미만	건조수축 및 온도변화	m	64.00	24	표면보수
		cw=0.3mm 이상	건조수축 및 온도변화	m	15.00	3	주입보수
	박락		온도변화에 의한 신축작용	m ²	1.16	19	단면보수
갯문	균열	cw=0.3mm 미만	건조수축 및 온도변화	m	3.00	6	표면보수
		cw=0.3mm 이상	건조수축 및 온도변화	m	6.50	13	주입보수
	배수로 파손		공용년수 증가에 따른 재료 열화	m ²	0.14	3	단면보수
	배수로 이격		시공미흡	m	5.00	1	실링
사면	녹생토 유실		녹생토 부착력 저하	m ²	25.00	1	주의관찰
공동구	균열	cw=0.3mm 미만	건조수축 및 온도변화	m	38.00	76	표면보수
		cw=0.3mm 이상	건조수축 및 온도변화	m	1.50	3	주입보수
	이격		시공미흡	m	1.00	2	충전보수
	파손		공용중 재료 열화	m ²	0.03	1	단면보수
	덮개 파손, 박락		공용중 외부충격	EA	6	6	재설치
포장부	균열		건조수축 및 온도변화	m	48.00	48	표면보수
	박리		건조수축 및 온도변화	m ²	0.05	1	단면보수
	파손, 박락, 패임		온도변화에 의한 신축작용	m ²	30.06	3	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 4.5.2】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
불로터널 (상주)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	25.9	fck=24.0	· 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		32.0~32.5 (잔여깊이)	a 등급	· 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

【표 4.5.3】 내구성조사 기 점검과의 비교결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2021년 정밀안전점검		금회		
비파괴강도 (MPa)	라이닝	반발경도	24.8~27.0		25.9		· 설계강도를 100% 만족하는 것으로 측정됨
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝		55.0~57.5 (잔여깊이)	a	32.0~32.5 (잔여깊이)	a	· 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
종합평가	· 콘크리트의 강도상태(반발경도)는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다. · 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

4.5.2 영천방향

가. 외관조사 결과요약

【표 4.5.4】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	98.00	15	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	10.00	1	주입보수
	재균열	cw=0.3mm미만	보수재료 열화	m	112.00	12	표면보수
		cw=0.3mm이상	보수재료 열화	m	60.00	6	주입보수
	들뜸, 파손		시공중 외부충격	m ²	0.06	4	단면보수
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	30.00	19	표면보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	1440.00	80	표면보수
	박락, 파손		온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.03	2	단면보수
갯문	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	3.50	7	표면보수
		cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	5.00	5	주입보수
	갯문 박리, 파손		공용중 외부충격, 재료 열화	m ²	0.3	1	단면보수
공동구	균열		건조수축 및 온도변화	m	16.5	33	표면보수
	파손		공용중 외부충격	m ²	1.18	4	단면보수
	덮개 파손		공용중 외부충격	EA	2	2	재설치
포장부	균열		건조수축 및 온도변화	m	6.00	11	실링
	박리		시공미흡	m ²	0.10	1	단면보수
	스폴링		중차량 반복통행	m ²	0.04	2	단면보수
	파손		중차량 반복통행	m ²	0.02	2	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 4.5.5】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
불로터널 (영천)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	25.4~25.6	fck=24.0	· 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		35.0~42.0 (잔여깊이)	a 등급	· 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

【표 4.5.6】 내구성조사 기 점검과의 비교결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2021년 정밀안전점검		금회		
비파괴강도 (MPa)	라이닝	반발경도	25.4 ~ 27.3		25.4 ~ 25.6		· 설계강도를 100% 만족하는 것으로 측정됨
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝		58.5 ~ 59.5 (잔여깊이)	a	35.0 ~ 42.0 (잔여깊이)	a	· 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
종합평가	· 콘크리트의 강도상태(반발경도)는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다. · 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

4.6 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2022. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.6.1 상태평가 등급산정

가. 상주방향

1) 구간분할

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

【표 4.6.1】 상주방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
불로터널 (상주)	NATM(철근)	S1~S3, S47~S49	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S4~S46	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
1	c	a	a	a	a	a	a	a	—	6	b
2	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
3	b	a	a	a	a	a	a	a	a	4	a

【표 4.6.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결합점수 합	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
47	a	a	a	a	a	a	a	a	—	0	a
48	a	a	a	a	a	a	c	a	a	1	a
49	c	a	a	a	a	a	a	a	—	6	b
산술평균	3.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170	0.000	0.000	3.500	

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.6.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결합점수 합	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
4	a	a	a	a	a	a	a	0	a
5	b	a	a	a	b	a	a	4	a
6	b	a	a	a	a	a	a	4	a
7	b	a	a	a	a	a	a	4	a
8	a	a	a	b	a	a	a	0	a
9	a	a	a	a	a	a	a	0	a
10	a	a	a	a	b	a	a	0	a
11	b	a	a	a	a	a	a	4	a
12	b	a	a	a	a	a	a	4	a
13	b	a	a	a	a	a	a	4	a
14	a	a	a	a	a	a	a	0	a
15	a	a	a	a	b	a	a	0	a
16	b	a	a	a	a	a	a	4	a
17	a	a	a	a	a	a	a	0	a
18	a	a	a	a	b	a	a	0	a
19	a	a	a	a	b	a	a	0	a
20	a	a	a	a	a	a	a	0	a
21	b	a	a	a	a	a	a	4	a
22	b	a	a	a	b	a	a	4	a
23	a	a	a	a	b	a	a	0	a
24	b	a	a	a	a	a	a	4	a
25	b	a	a	a	a	a	a	4	a
26	b	a	a	b	a	a	a	4	a

【표 4.6.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질 열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 바라	백태	재료분리		
27	a	a	a	a	b	a	a	0	a
28	b	a	a	a	a	a	a	4	a
29	b	a	a	a	a	a	a	4	a
30	b	a	a	b	b	a	a	4	a
31	b	a	a	a	a	a	a	4	a
32	b	a	a	b	b	a	a	4	a
33	b	a	a	a	a	a	a	4	a
34	a	a	a	a	b	a	a	0	a
35	a	a	a	a	a	a	a	0	a
36	b	a	a	b	a	a	a	4	a
37	b	a	a	a	a	a	a	4	a
38	a	a	a	a	b	a	a	0	a
39	b	a	a	b	a	a	a	4	a
40	a	a	a	a	b	a	a	0	a
41	a	a	a	b	a	a	a	0	a
42	b	a	a	a	a	a	a	4	a
43	a	a	a	a	a	a	a	0	a
44	b	a	a	a	a	a	a	4	a
45	b	a	a	a	a	a	a	4	a
46	a	a	a	a	a	a	a	0	a
산술평균	2.230	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.230	

나. 영천방향

1) 구간분할

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

【표 4.6.4】 영천방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
불로터널 (영천)	NATM(철근)	S1~S8, S44~S50	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S9~S43	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.6.5】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
1	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
2	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
3	b	a	a	a	a	a	a	a	a	4	a
4	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
5	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
6	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
7	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
8	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
44	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
45	b	a	b	a	a	a	a	a	—	4	a
46	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
47	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
48	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
49	b	a	a	a	a	a	a	a	a	4	a
50	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
산술평균	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.000	

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.6.6】 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		
9	b	a	a	a	a	a	a	4	a
10	b	a	a	a	a	a	a	4	a
11	b	a	a	a	a	a	a	4	a
12	b	a	a	a	a	a	a	4	a
13	b	a	a	a	a	a	a	6	b
14	b	a	a	a	a	a	a	6	b
15	b	a	a	a	a	a	a	4	a
16	b	a	a	a	a	a	a	6	b
17	b	a	a	a	a	a	a	4	a
18	b	a	b	a	a	a	a	4	a
19	b	a	a	a	a	a	a	4	a
20	b	a	a	a	a	a	a	6	b
21	b	a	a	a	a	a	a	4	a
22	b	a	a	a	a	a	a	6	b
23	b	a	a	a	a	a	a	4	a
24	a	a	a	a	a	a	a	4	a
25	a	a	a	a	a	a	a	4	a
26	b	a	a	a	a	a	a	4	a
27	a	a	a	a	a	a	a	4	a
28	a	a	a	a	a	a	a	4	a
29	a	a	a	a	a	a	a	4	a
30	b	a	a	a	a	a	a	4	a
31	a	a	a	a	a	a	a	4	a
32	a	a	a	a	a	a	a	4	a
33	a	a	a	a	a	a	a	4	a
34	a	a	a	a	a	a	a	4	a
35	b	a	a	a	a	a	a	6	b
36	b	a	a	a	a	a	a	4	a
37	a	a	a	a	a	a	a	4	a
38	b	a	a	a	a	a	a	6	b
39	b	a	a	a	a	a	a	4	a
40	a	a	a	a	a	a	a	4	a
41	a	a	a	b	a	a	a	4	a
42	a	a	a	a	a	a	a	4	a
43	a	a	a	a	a	a	a	4	a
산술평균	4.40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.40	

4.6.2 상태평가 결과

가. 상주방향

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	
6	3.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170	0.000	2.00	1.00	0.00	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	
43	2.230	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	1.00	0.00	0.50	0.00	5.730
													0.169

3) 터널 상태평가 결과

불로터널(상주)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.163	46	0.097	0.168	B
무근콘크리트	0.169	429	0.903		

나. 영천방향

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	
15	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	8.500
															0.198

2) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
35	4.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	1.00	1.00	0.50	0.00	8.900
													0.262

3) 터널 상태평가 결과

불로터널(영천)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.198	130	0.265	0.245	B
무근콘크리트	0.262	360	0.735		

4.6.3 상태평가 결과요약

본 과업대상은 현장조사 및 시험을 토대로 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편 (2022.12)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 산출하였다.

가. 상주방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.168로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$)으로 평가되었다.

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검	금회 정밀안전점검	비 고
결함지수	0.159	0.168	
상태등급	B	B	

- 금회 상태평가 결과 “B등급”으로 평가되었으며, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.159 ⇨ 0.168로 증가한 것으로 분석되었으며, 증가 원인으로는 일부구간에서 손상의 진전 및 추가 발생함에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

나. 영천방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.245로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$) 으로 평가되었다.

2) 기 정밀안전점검 결과와의 비교

구 분	2021년 정밀안전점검	금회 정밀안전점검	비 고
결함지수	0.245	0.245	
상태등급	B	B	

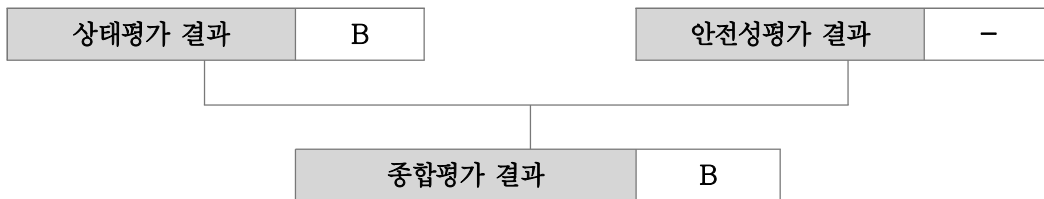
- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.245 $\Rightarrow$ 0.245로 동일한 것으로 분석되었으며, 동일한 원인으로는 라이닝부에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 미미함에 따라 환산결함도 점수가 동일한 것으로 판단된다.

4.7 종합평가 및 안전등급 지정

4.7.1 종합평가 결과

가. 상주방향

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



【그림 4.7.1】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.159 ⇨ 0.168로 증가한 것으로 분석되었으며, 증가 원인으로는 일부구간에서 손상의 진전 및 추가 발생함에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

【표 4.7.1】 종합평가 등급 변화 비교

시행년도	분류	상태평가	안전성평가	종합평가	비 고
2021	정밀안전점검	B (0.159)	—	B	
2023	정밀안전점검	B (0.168)	—	B	

나. 영천방향

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



【그림 4.7.2】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.245 ⇨ 0.245로 동일한 것으로 분석되었으며, 동일한 원인으로는 라이닝부에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 미미함에 따라 환산결함도 점수가 동일한 것으로 판단된다.

【표 4.7.2】 종합평가 등급 변화 비교

시행년도	분류	상태평가	안전성평가	종합평가	비 고
2021	정밀안전점검	B (0.245)	—	B	
2023	정밀안전점검	B (0.245)	—	B	

4.7.2 안전등급 지정

가. 상주방향

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

【표 4.7.3】 상주방향 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. 영천방향

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

【표 4.7.4】 영천방향 안전등급 지정

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

4.8 보수·보강 및 유지관리방안

4.8.1 보수·보강 방안

가. 상주방향

【표 4.8.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	99.00	12	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	33.00	6	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	132.00	14	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	30.00	3	주입보수	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	m ²	0.80	14	단면보수	하자
	표면불량	m ²	15.00	1	단면보수	하자
	균열부 백태	m ²	0.10	1	표면보수	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	64.00	24	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	15.00	3	주입보수	하자
	박락	m ²	1.16	19	단면보수	하자
갯문	배수로 균열(cw=0.3mm미만)	m	3.00	6	표면보수	3순위
	배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	6.50	13	주입보수	2순위
	배수로 파손	m ²	0.14	3	단면보수	2순위
	배수로 이격	m	5.00	1	실링	3순위
사면	녹생토 유실	m ²	25.0	1	주의관찰	—
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	m	38.00	76	표면보수	3순위
	균열(cw=0.3mm이상)	m	1.50	3	주입보수	2순위
	이격	m	1.00	2	실링	3순위
	파손	m ²	0.03	1	단면보수	2순위
	덮개 파손, 박락	EA	6	6	재설치	3순위
포장부	균열	m	48.00	48	실링	3순위
	박리	m ²	0.05	1	표면보수	2순위
	파손, 박락, 패임	m ²	30.06	3	단면보수	3순위

나. 영천방향

【표 4.8.2】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	98.00	15	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	10.00	1	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	112.00	12	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	60.00	6	주입보수	하자
	들뜸, 파손	m ²	0.06	4	단면보수	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	30.00	19	표면보수	하자
	망상균열	m ²	1440.00	80	단면보수	하자
	박락, 파손	m ²	0.03	2	단면보수	하자
갯문	배면배수로 균열(cw=0.3mm미만)	m	3.50	7	표면보수	3순위
	배면배수로 균열(cw=0.3mm이상)	m	5.00	5	주입보수	2순위
	갯문 파손	m ²	0.3	1	단면보수	2순위
공동구	균열	m	16.5	33	표면보수	3순위
	파손	m ²	1.18	4	주입보수	2순위
	덮개 파손	EA	2	2	재설치	3순위
포장부	균열	m	6.00	11	실링	3순위
	박리	m ²	0.10	1	표면보수	3순위
	스폴링	m ²	0.04	2	단면보수	2순위
	파손	m ²	0.02	2	단면보수	2순위

4.8.2 개략공사비

가. 상주방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 4.8.3】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	99.00	148.50	㎡	—	—	하자
	균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	33.00	49.50	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	132.00	198.00	㎡	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	30.00	45.00	m	—	—	하자
	조인트부 들뜸, 재들뜸, 박락	단면보수	0.80	1.20	㎡	—	—	하자
	표면불량	단면보수	15.00	22.50	㎡	—	—	하자
	균열부 백태	표면보수	0.10	0.15	㎡			
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	64.00	96.00	㎡	—	—	하자
	균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	15.00	22.50	m			
	박락	단면보수	1.16	1.74	㎡	—	—	하자
갯문	배수로 균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	3.00	4.50	㎡	54	243	3순위
	배수로 균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	6.50	9.75	m	65	634	3순위
	배수로 파손	단면보수	0.14	0.21	㎡	165	35	2순위
	배수로 이격	실링	5.00	7.50	m	25	188	3순위
공동구	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	38.00	57.00	㎡	54	3,078	3순위
	균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	1.50	2.25	m	65	146	2순위
	이격	실링	1.00	1.50	m	25	38	3순위
	파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	165	8	2순위
	덮개 파손, 박락	재설치	6	9.00	EA	25	225	3순위
포장부	균열	실링	48.00	72.00	㎡	25	1,800	3순위
	박리	표면보수	0.05	0.08	㎡	54	4	2순위
	파손, 박락, 패임	단면보수	30.06	45.09	㎡	165	7,440	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		193		13,646		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		96		6,823		
	합계	—		289		20,469		
개략공사비 총계(천원)		20,758						

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 개략공사비 금액에서 제외함.

나. 영천방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 4.8.4】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	98.00	147.00	㎡	—	—	하자
	균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	10.00	15.00	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	112.00	168.00	㎡	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	60.00	90.00	m	—	—	하자
	들뜸, 파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	30.00	45.00	㎡	—	—	하자
	망상균열	단면보수	1440.00	2160.00	㎡	—	—	하자
	박락, 파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	—	—	하자
갭문	배면배수로 균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	3.50	5.25	㎡	54	284	3순위
	배면배수로 균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	5.00	7.50	m	65	488	2순위
	갭문 파손	단면보수	0.3	0.45	㎡	165	74	2순위
공동구	균열	표면보수	16.5	24.75	㎡	54	1,337	3순위
	파손	주입보수	1.18	1.77	m	65	115	2순위
	덮개 파손	재설치	2	3.00	EA	25	75	3순위
포장부	균열	실링	6.00	9.00	㎡	25	225	3순위
	박리	표면보수	0.10	0.15	㎡	54	8	3순위
	스폴링	단면보수	0.04	0.06	㎡	165	10	2순위
	파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	165	5	2순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	—		692		1,929		
	재경비 (순공사비의 50%)	—		346		964		
	합계			1,038		2,893		
개략공사비 총계(천원)		3,931						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

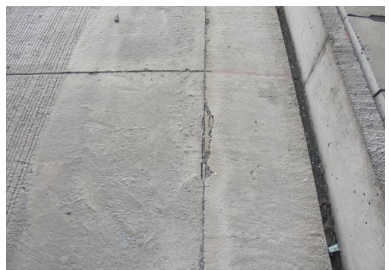
주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비 금액에서 제외함.

4.8.3 유지관리방안

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

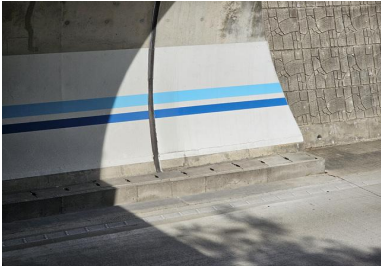
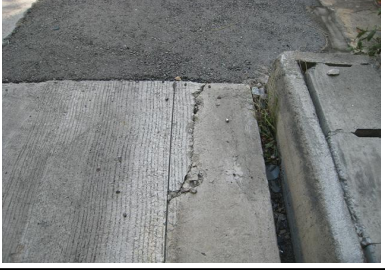
가. 상주방향

【표 4.8.5】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 망상균열 •조인트부 박락	•정기 및 차기 정밀안전점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •백태, 철근노출 •마감재 탈락, 파손	•정기 및 차기 정밀안전점검 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 •측구 파손 및 열화	•정기 및 차기 정밀안전점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 균열, 파손	•정기 및 차기 정밀안전점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

나. 영천방향

【표 4.8.6】 중점유지관리 항목

구 분	현 황	관리방안	관련사진
라이닝	•균열, 망상균열 •조인트부 박락	•정기 및 차기 정밀안전점검 시 손상수량 증가, 손상부 확대여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
측벽부	•균열, 망상균열 •백태, 철근노출	•정기 및 차기 정밀안전점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
갯문	•균열	•정기 및 차기 정밀안전점검 시 손상수량 증가 여부 확인 - 손상 확대에 따라 보수시기 결정 - 보수 시 품질 및 시공관리 - 보수 후 재손상 발생여부 확인	
공동구	•덮개 파손 및 열화 •측구 균열 및 열화	•정기 및 차기 정밀안전점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	
포장면	•포장 균열, 파손	•정기 및 차기 정밀안전점검 시 손상수량 증가, 발생여부 확인	

4.9 종합결론

본 시설물은 대구광역시 군위군 효령면 중구리에 위치하며 연장 475.0m(상주), 490.0m(영천), 폭 10.3m, 높이 6.47m의 터널로, 종단선형은 시점에서 종점으로 약 0.5% 경사를 이루고 있다. 터널본선은 NATM으로 시공된 난형식의 터널로서, 시·종점측 갱문형식은 면벽식으로 시공되었고, 2017년도에 준공되어 약 6년간 공용중인 터널 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

4.9.1 상주방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부에 발생한 주요 손상은 균열 및 재균열이며, 균열은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축에 의한 구속으로 인한 비구조적 균열로 판단되며, 재균열의 경우 보수부 마감미흡, 보수재료 열화 등이 원인인 것으로 사료된다. 구조물에 발생한 손상은 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다. 조인트부에 발생한 들뜸 및 재들뜸의 경우 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 보수미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 기 손상부의 경우 잔여물 낙하시 2차피해를 야기시키므로 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다. 라이닝 표면에 발생한 균열부백태 및 표면불량의 경우 시공미흡, 손상부 우수유입에 의한 손상으로 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리 등의 조치가 요구된다.
- 측벽부에 대한 조사결과, 균열(cw=0.3mm미만), 박락이 발생한 것으로 조사되었으며, 발생한 손상의 진전으로 폭 0.3mm이상의 균열이 신규로 조사되었다. 측벽부에 발생한 균열, 박락의 손상은 건조수축 및 온도변화, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 조사된 균열은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 보수가 요구되며, 박락의 경우 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다.

2) 갱문

- 갱문 외관조사 결과, 배면 배수로 일부구간에 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 파손 및 이격 손상이 발생한 것으로 확인되었다. 갱문에 발생한 균열은 시공이후 초기 건조수축에 따른 비 구조적인 균열로 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요하며, 파손 및 이격은 공용년수 증가에 따른 재료 열화, 시공미흡으로 발생한 것으로 판단되며, 내구성 향상을 위한 적절한 조치가 요구된다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초분류 및 목분류의 식생상태는 양호하며, 사면의 일부 구간에서 녹생토 유실이 조사되었다. 기 손상은 강우시 우수의 영향으로 녹생토의 부착력이 저하되어 발생한 것으로 판단되며, 시급한 조치보다는 손상의 진전에 대한 주의관찰을 실시한다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 배수시설은 손상이 없는 것으로 조사되었으며, 공동구는 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만, 이상), 이격, 파손, 덮개 파손 및 박락이 조사되었다. 공동구에 발생한 균열 및 이격은 시공미흡, 건조수축 및 온도변화 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 보수가 요구된다. 또한, 일부구간 발생한 덮개 파손 및 박락의 경우 공용중 외부 충격에 의한 손상으로 판단되며, 공동구의 경우 구조물에 대한 도보점검시 점검자의 통행로로 이용되므로 점검자의 안전 확보를 위한 재설치 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다. 배수시설의 경우 손상이 없는 상태로 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

5) 포장면

- 포장부는 외관조사 결과, 대체로 양호한 것으로 조사되었으며, 일부 구간에 경미한 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 조사된 손상으로는 균열, 박리, 파손 및 박락 등의 손상이 확인되었다. 콘크리트 포장은 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았으며, 일부구간에서 균열 및 박리 등의 경미한 손상이 발생하였다. 기 손상은 포장부와 공동구의 경계면에 발생한 손상으로 건조수축 및 온도변화 등에 의한 손상으로 판단된다. 발생한 균열 및 박리의 경우 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 보수가 필요할 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. 금회 점검 결과, 부속시설의 경우 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 25.9MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도 (24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 3.0~3.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 환산결함도 점수가 0.159 ⇨ 0.168로 증가한 것으로 분석되었으며, 증가 원인으로는 일부구간에서 손상의 진전 및 추가 발생함에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

다. 중점유지관리 사항

- 불로터널(상주)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
 - ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ② 라이닝 박락 : 손상의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ③ 포장부 및 공동구 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인

라. 결론

- 불로터널(상주)은 준공이후 약 6년의 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 불로터널(상주)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

4.9.2 영천방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부는 외관조사 결과, 조사된 주요 손상은 균열 및 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만, 이상) 등의 균열손상이며, 그 외 경미한 들뜸, 파손 등의 손상이 조사되었다. 천단부에 발생한 주요 손상은 균열 및 재균열이며, 균열은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 온도변화 및 건조수축에 의한 구속에 의한 비구조적 균열로 판단되며, 재균열의 경우 보수시 마감미흡, 보수재의 열화 등이 원인인 것으로 판단된다. 구조물에 발생한 손상부는 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면보수 등의 조치가 요구된다. 라이닝 콘크리트 천단부에 발생한 파손, 들뜸의 경우 시공중 외부충격, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 추정되며, 현재 손상정도는 경미하나 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 측벽부에 발생한 균열, 망상균열의 경우 손상은 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 것으로 판단되며, 기 조사된 손상은 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 금회 점검시 조사된 박락 및 파손의 경우 온도변화에 의한 콘크리트의 신축작용 등으로 인해 발생한 손상으로 추정되며 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요구된다.

2) 갯문

- 갯문 외관조사 결과, 22년도 상반기에 배수로 파손 및 이격 손상에 대한 보수가 실시되었으며, 금회 점검에서 배면배수로 균열, 파손 등이 발생한 것으로 조사되었다. 시·종점측 갯문에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 양호하나 시점측 갯문의 경우 균열, 파손 등이 발생한 것으로 조사되었다. 균열의 경우 건조수축 및 온도변화에 의한 손상으로 판단되며, 파손은 단면변화부 구간에 응력집중, 시공미흡 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기 발생한 손상은 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

3) 사면

- 사면 외관조사 결과, 터널 주변 사면에 초본류 및 목본류의 식생상태는 양호하며, 인장균열 등과 같은 파괴징후는 관찰되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구는 벽체부에 균열 및 파손이 조사되었으며, 덮개는 일부 개소에서 파손 손상이 조사되었다. 배수시설은 손상이 없는 상태로 조사되었다. 공동구에 일부 발생한 덮개 파손 및 본체 균열은 공용중 외부충격, 건조수축 및 온도변화 등에 의한 것으로

판단되며, 공동구는 점검자의 안전사고 예방차원에서 파손된 덮개에 대해서는 교체가, 본체 균열의 경우 손상의 진전 방지 및 내구성 증진을 위한 표면처리, 주입보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 배수시설의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

5) 포장면

- 포장부 외관조사 결과, 차량의 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 관찰되지 않았으며, 일부구간에 균열, 박리, 스폴링 및 파손 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 콘크리트 포장에 발생한 균열, 스폴링, 스켈링 등은 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 손상의 크기가 작으나, 내구성 확보를 위해 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 조치가 요망되며 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. 금회 점검 결과, 부속시설의 경우 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 25.4~25.6.MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 5.0~6.0mm로 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, 기존점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 환산결함도 점수가 0.245 ⇨ 0.245로 동일한 것으로 분석되었으며, 동일한 원인으로는 라이닝부에 발생한 손상의 신규 및 추가 손상이 미미함에 따라 환산결함도 점수가 동일한 것으로 판단된다.

다. 중점유지관리 사항

- 불로터널(영천)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
 - ① 라이닝 균열 및 재균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ② 라이닝 박락 : 탈락으로 인한 안전사고 우려
 - ③ 포장부 스폴링 및 마모 : 콘크리트 탈락으로 주행차량의 주행성 저하 우려

라. 결론

- 불로터널(영천)은 준공이후 약 6년의 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 불로터널(영천)의 안전등급을 산정하면 「B」 등급으로 평가되었으며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

4.9.3 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

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

4.9.4 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 라이닝균열은 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.

4.9.5 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.

