

3. 평호터널(상주,영천)

- 3.1 시설물 개요
- 3.2 자료수집 및 분석
- 3.3 현장조사
- 3.4 콘크리트 내구성 조사
- 3.5 현장조사 및 시험 결과요약
- 3.6 GPR 탐사
- 3.7 상태평가
- 3.8 종합평가 및 안전등급 지정
- 3.9 보수·보강 및 유지관리 방안
- 3.10 종합결론

3. 평호터널(상주,영천)

3.1 시설물의 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 소보면 평호리(상주영천고속도로 34.293~36.128km)에 위치한 터널로서 총 연장 1,965.0m(상주), 1,835.0m(영천), 폭 10.5m, 높이 7.11m로 시공되어 있다.

3.1.1 일반사항

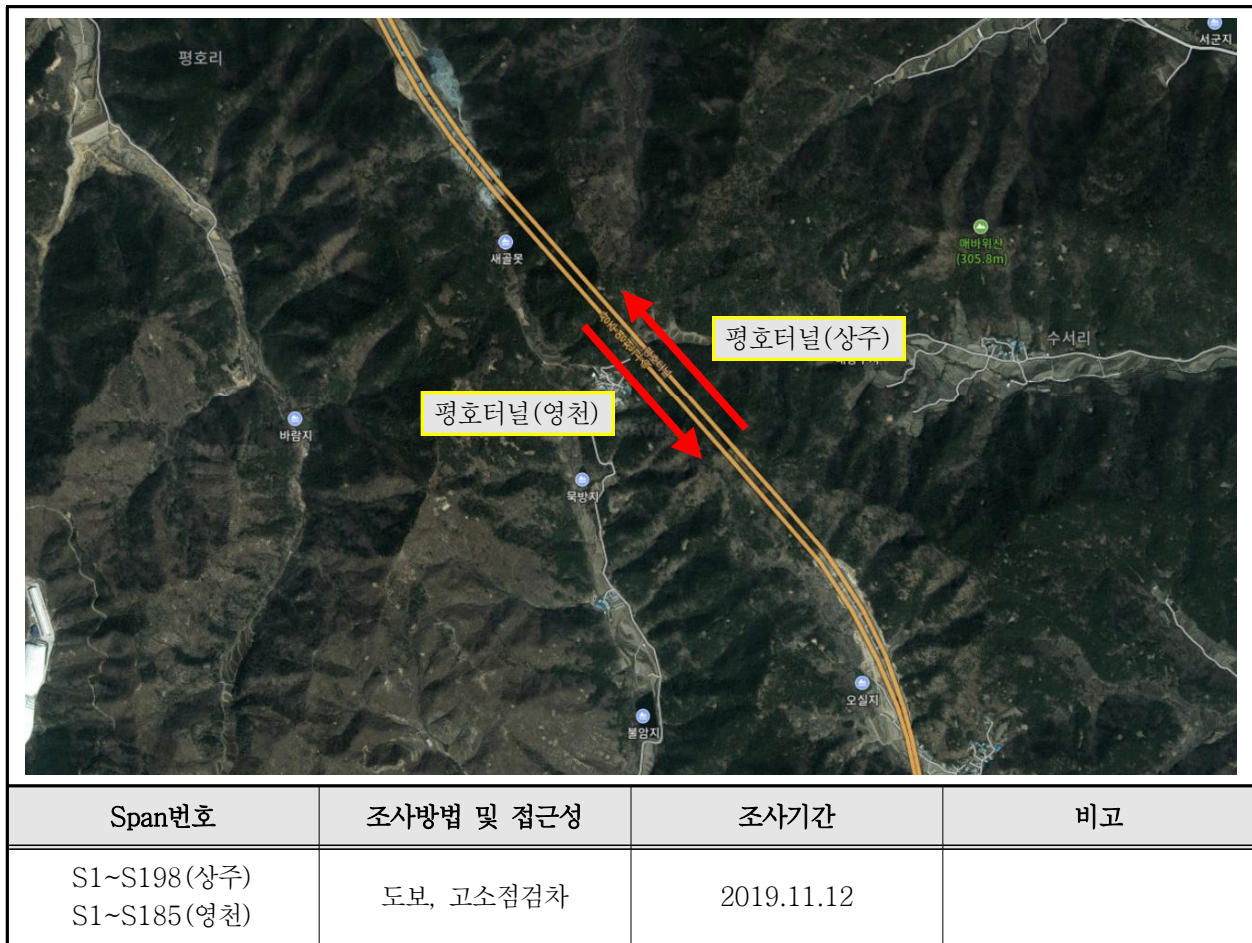
【표 3.1.1】 평호터널(상주) 일반사항

시설물명	평호터널(상주)	시설물번호	TU2017-0000046
노선명	고속국도301호선	관리번호	SY T3
위 치	경상북도 군위군 소보면 평호리		
터널형식	난형	관리주체	상주영천고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	Jet-Fan
연 장	1,965.0m	설 계 사	(주)해외기술공사
내공단면	폭 : 10.5m, 높이 7.11m	시 공 사	대림산업(주)
배수형식	노면배수, 배면배수, 저면배수	감 리 사	(주)서영엔지니어링
종단기울기	2.000%	착 공	2012년 6월 28일
평균선형	R=2,000m	준 공	2017년 6월 27일
연결통로	차량갱 2개소, 대인갱 5개소	갱문형식	면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강관보강형 그라우팅
			
외부 전경		내부 전경	

【표 3.1.2】 평호터널(영천) 일반사항

시설물명	평호터널(영천)	시설물번호	TU2017-0000047
노선명	고속국도301호선	관리번호	SY T4
위 치	경상북도 군위군 소보면 평호리		
터널형식	난형	관리주체	상주영천고속도로(주)
차 선 수	2차선	환기방식	Jet-Fan
연 장	1,835.0m	설 계 사	(주)해외기술공사
내공단면	폭 : 10.5m, 높이 7.11m	시 공 사	대림산업(주)
배수형식	노면배수, 배면배수, 저면배수	감 리 사	(주)서영엔지니어링
종단기울기	2.000%	착 공	2012년 6월 28일
평균선형	R=2,000m	준 공	2017년 6월 27일
연결통로	차량갱 2개소, 대인갱 5개소	갱문형식	면벽식
주요공법	NATM	보조공법	강관보강형 그라우팅
			
외부 전경		내부 전경	

3.1.2 위치도 및 전경사진



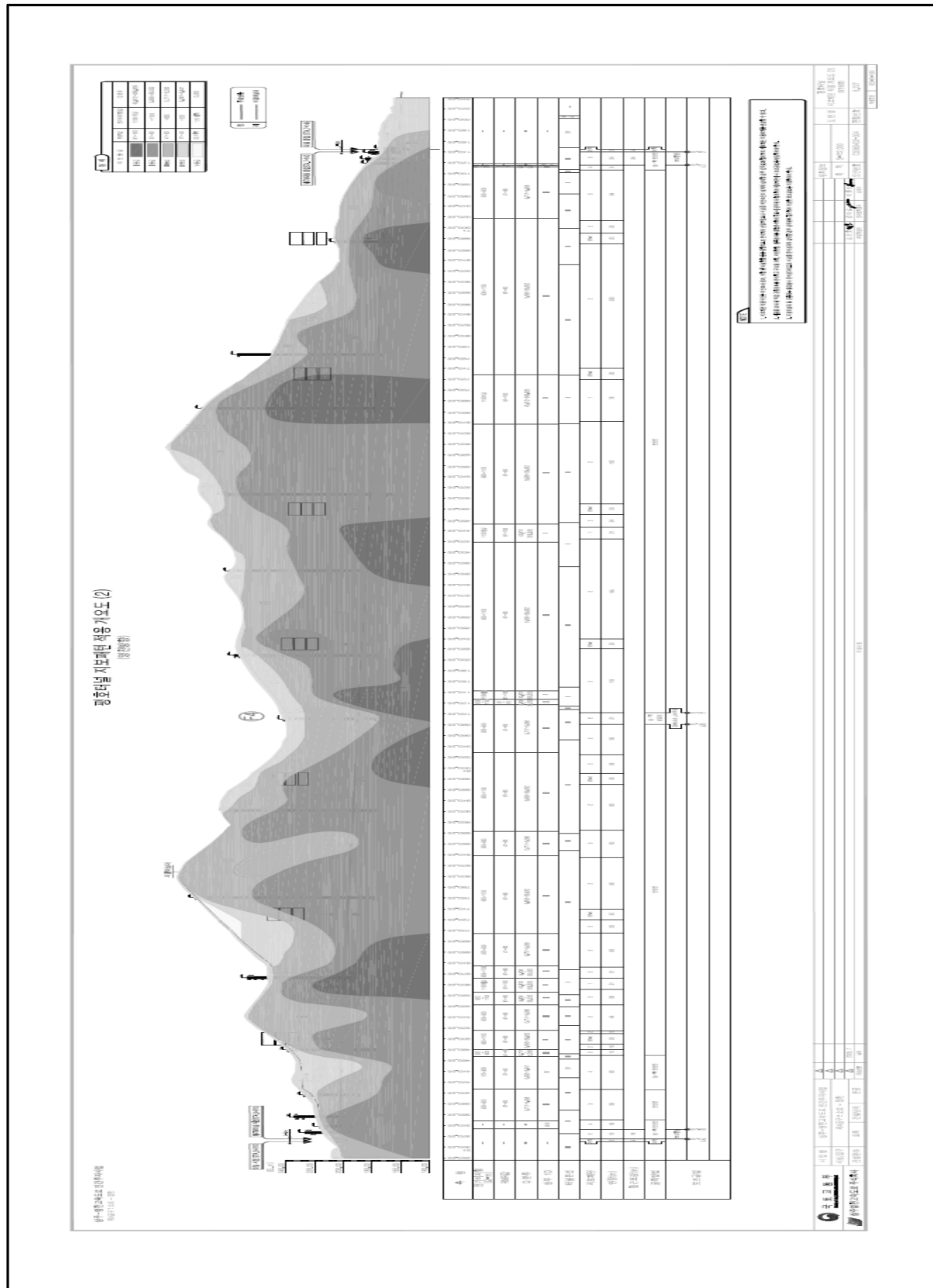
【그림 3.1.1】 위치도

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수구 전경
	
소화시설 전경	Jet-Fan 전경

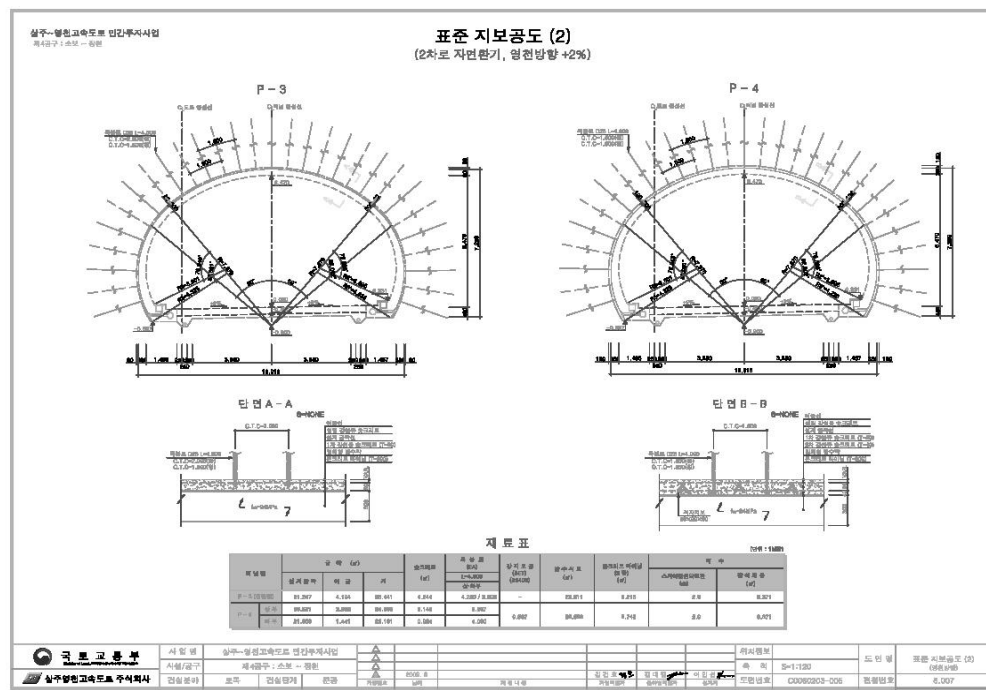
【그림 3.1.2】 부재별 현황(상주)

	
진입부 전경	진출부 전경
	
내부 전경	배수구 전경
	
소화시설 전경	Jet-Fan 전경

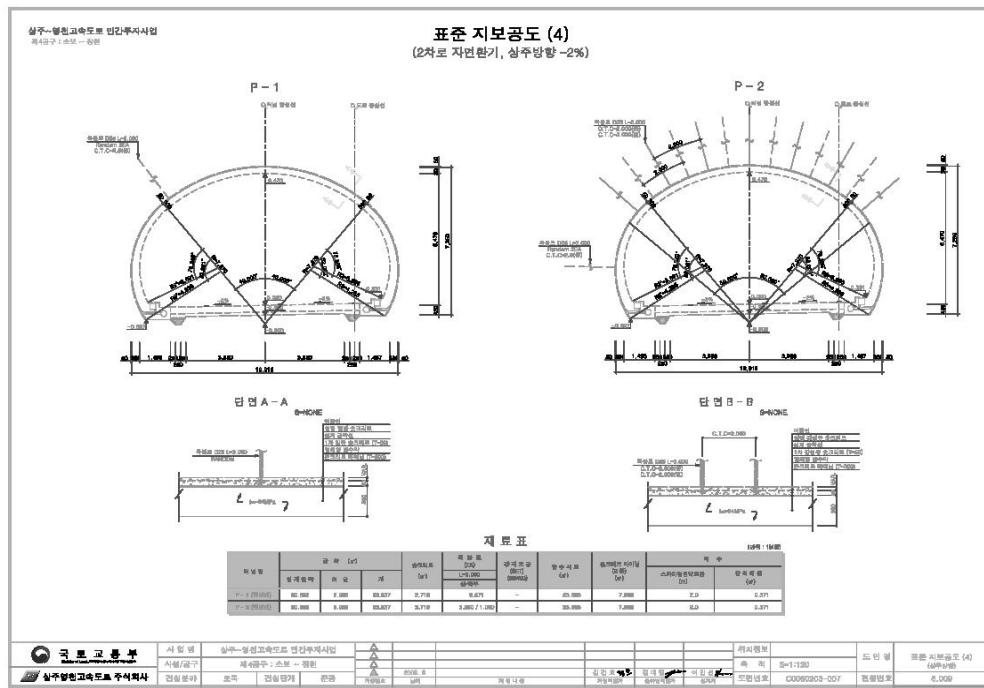
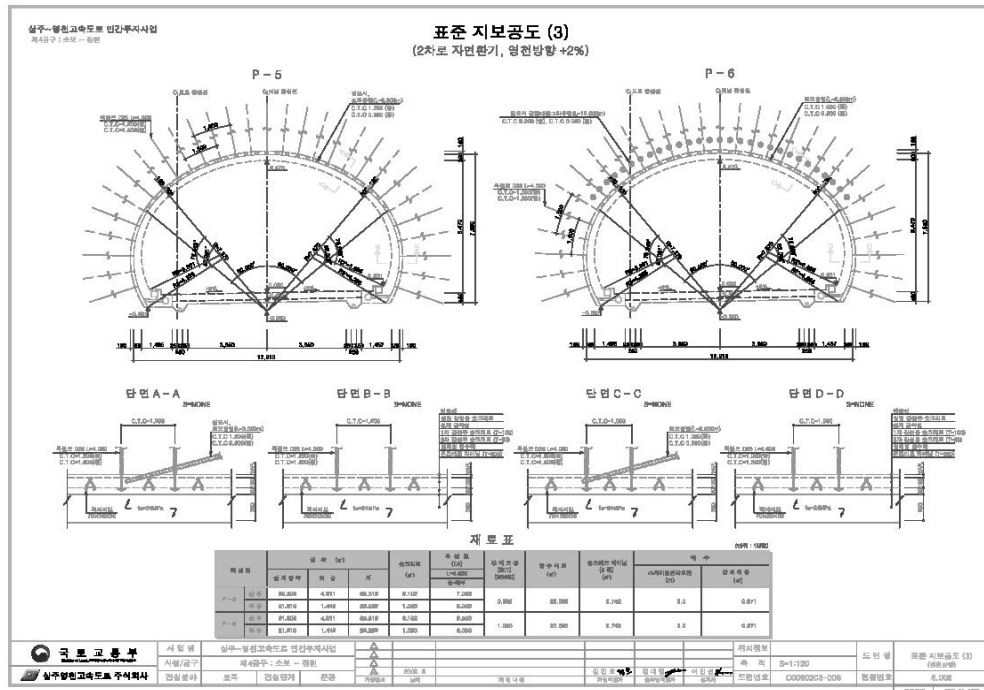
【그림 3.1.3】 부재별 현황(영천)



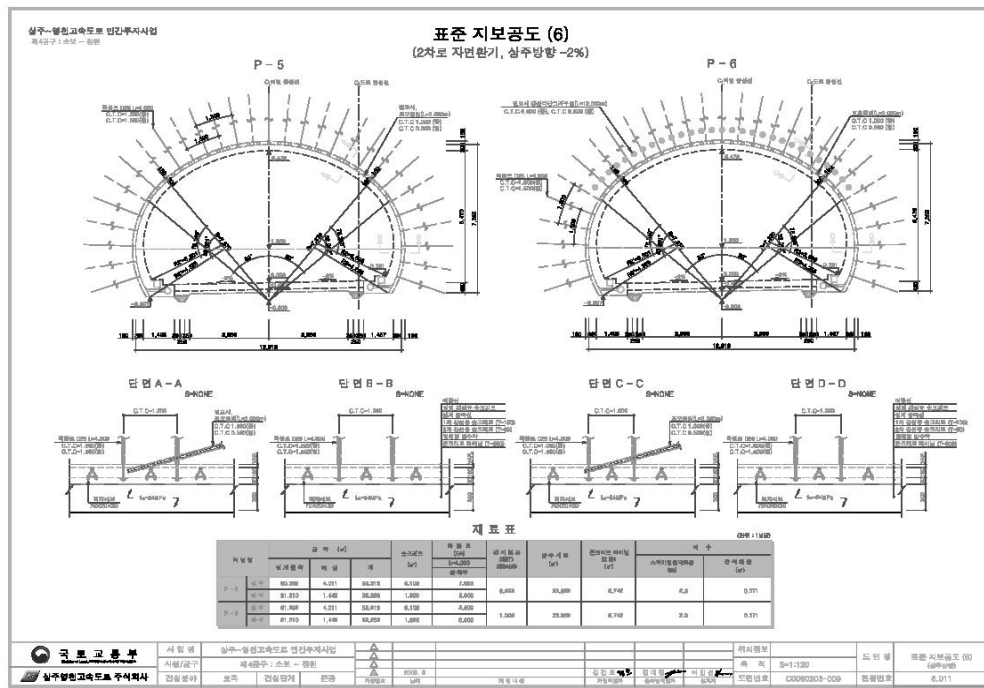
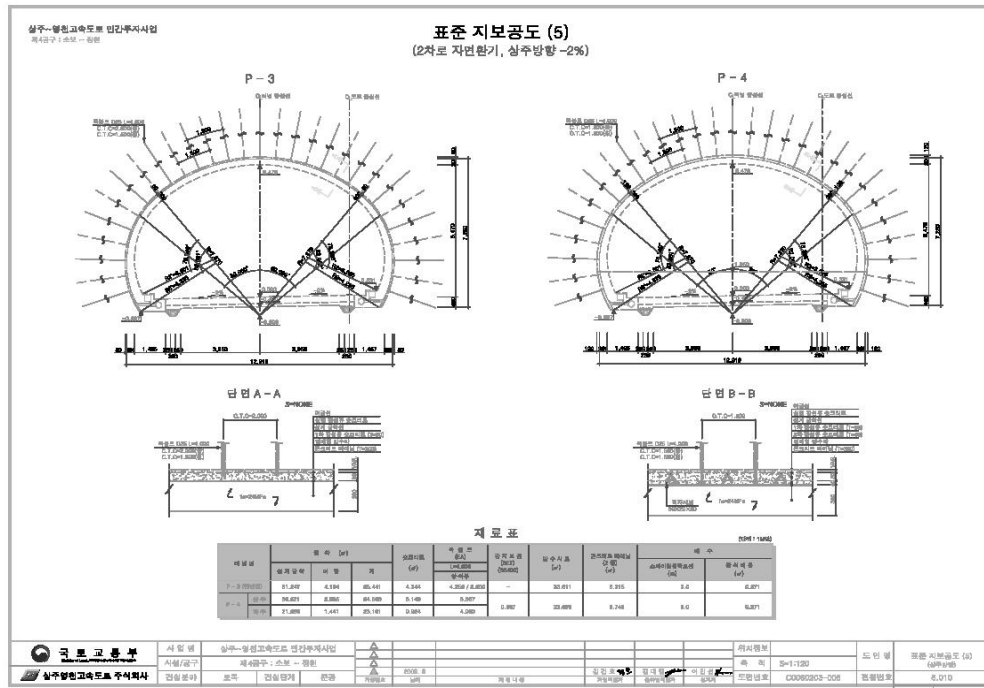
【그림 3.1.5】 지보패턴 적용 개요도



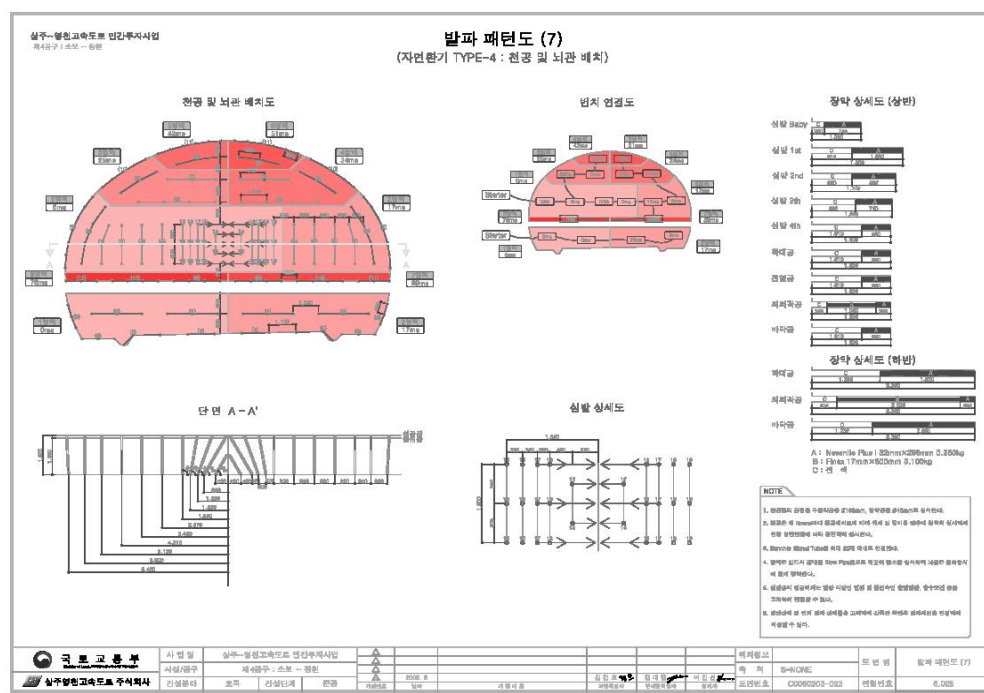
【그림 3.1.6】 표준 지보공도①



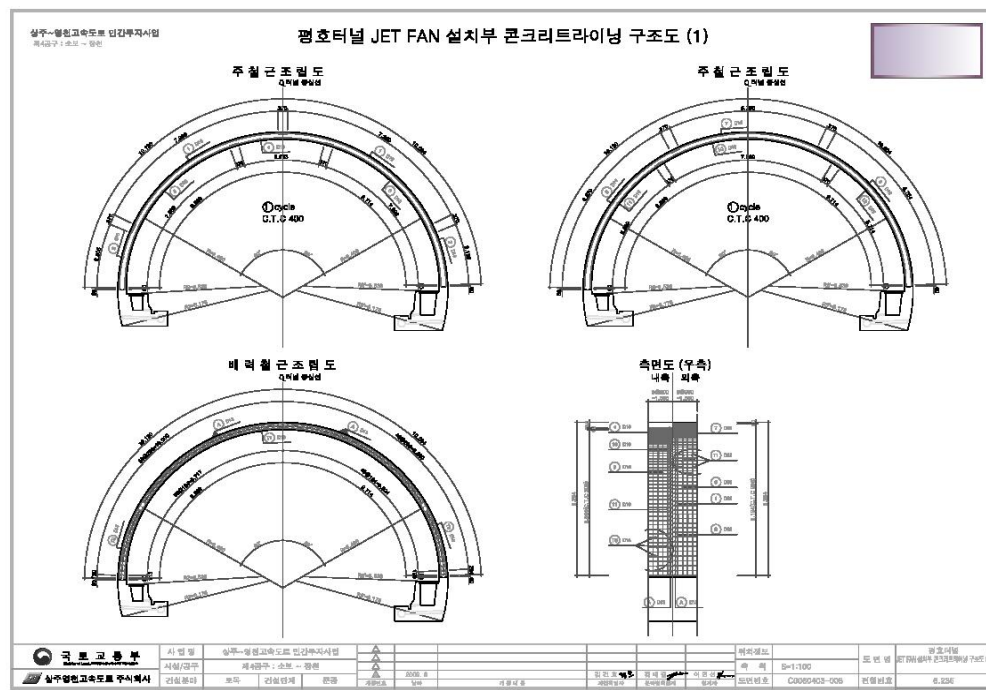
【그림 3.1.7】 표준 지보공도②



【그림 3.1.8】 표준 지보공도③



【그림 3.1.9】 발파 패턴도



【그림 3.1.10】 라이닝 구조도

3.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “상주영천고속도로 민간투자산업 건설공사 4공구”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

3.2.1 설계자료 검토

가. 지반 시추조사

시추조사는 지표로부터 지하 깊은 곳을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 시험공을 굴진하여 지반의 성상을 조사하고, 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료를 제공하기 위한 목적으로 실시된다. 시추조사는 노선구간에 대하여 지반의 수직적 특성 즉, 지층의 성층상태와 각 지층의 지반 공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도, 절리간격 등을 파악하며, 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 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 전반적으로 낮은 산들이 분포하고 있으나 북서쪽에는 비교적 높은 청화산과 냉산이 위치하고 있다. 과업노선은 물부리산을 따라 위치하며 노선의 동쪽으로는 마항산과 매봉산이 위치하고 있다. 사행하천의 형태를 보이는 위천이 과업노선의 북쪽에 위치하고 있으며, 위천의 지류인 곡정천이 과업노선의 종점부와 인접한 것에 위치하며 북쪽으로 흐르고 있다. 과업지역의 여러 하천들은 여러 개의 지류를 형성하며 복잡한 형태를 보이고 있다.

2) 지질

백악기 경상분지의 신동층과 하양층군이 주로 분포하는 의성소분지의 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 3.2.1】 분포 암종 특성

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

다. 지반조사보고서

제 4 장 조사결과

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:50,000)	분 석 내 용
	• 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(연화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포 • 낙동층 중·상부와 하부 하산동층은 하도 발달 및 주변 변형된 환경하에서 퇴적되어 하도 사암 및 별암질 기암의 세립 퇴적층이 고조 • 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과입구간에 해당되는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 자수향 주향이동 단층인 신항단층, 금진단층, 가음단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남측에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 이등단층인 양산단층계가 발달

4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	• 봉직층은 0.4~4.0m, 풍화도는 1.6~4.2m, 풍화암은 0.5~2.5m 두께로 분포 • 연암은 0.0~5.0m, 경암은 1.6~16.5m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=23~76/0~30, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/12~100로 퇴적암으로 구성
교량구간	• 봉직층은 0.5~0.8m, 풍화도는 0.6m, 풍화암은 2.8~4.0m 두께로 분포 • 연암은 1.4~4.5m, 경암은 2.8~16.1m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~93/0~40, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/71~100로 퇴적암으로 구성
비탈면구간	• 봉직층은 0.5~1.4m, 풍화도는 0.7~1.6m, 풍화암은 1.0~1.9m 두께로 분포 • 연암은 1.5~7.5m, 경암은 3.3~3.6m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~60/0~9, 경암 TCR/RQD(%)=90~100/67~100로 퇴적암으로 구성

47

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

가. 지질 개요

- 백악기 경상분지의 신동층과 하산동층이 주로 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치
- 본 과업 지역의 지질은 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(연화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포

나. 지형특성

산 계	수 계
• 과업지역은 전반적으로 낮은 산들이 분포하고 있으나 북서측에는 비교적 높은 침화산과 남산이 위치하고 있음 • 과업노선은 물부리산을 따라 위치하여 노선의 동쪽으로는 아랑산과 매봉산이 위치함	• 사할하천의 형태를 보이는 위천이 과업노선의 북쪽에 위치함 • 위천의 지류인 곡정천이 과업노선의 중점부와 인접한 곳에 위치하여 북쪽으로 흐르고 있음 • 과업지역의 여러 하천들은 여러 개의 지류를 형성하여 복잡한 형태를 보임

나. 본부 압출 특성

구 분	지질 특성
낙동층(강경산층원역질 사암)	• 낙동층의 하부층에 해당하는 강경산층원의 역질사암과 역암은 원마도가 불규칙한 석영과 알칼리장석이 주를 이루며, 탄질물과 변질된 유색광물류 주로 산출됨
낙동층(금당리층원세일)	• 연층으로 인한 조개질(facility)이 발달 • 조개질과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이방성이 클 것으로 예상됨
하산동층 사암	• 석영은 1 mm 내외의 것들로 원마도는 불규칙한 것들이 우세 • 하산동층 사암은 근거리에서 이동하여 형성

48

제 4 장 조사결과

라. 지질 개요도

지질시대	층 명	특 성	비 고
제4기	충적층(Q ₄)	• 하천 및 산록 퇴적물	-
중생대	--- 부정합 ---		
	충성암맥(K ₂) 산성암맥(K ₂)	• 과입의 치밀	• 전 구간에서 기반암을 관입
	유천층군 안산암질암(K ₂)	• 주로 용회암으로 구성	• 노선과 교차하지 않음
	--- 관입 및 분출 ---		
신생대	신동층군 (K ₁)	• 사암과 역질사암, 세일이 고조	• 4급구 전 구간
	낙동층군 (K ₁ -nk)	• 주로 역질 사암 주세	

마. 지질구조

	• 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 후기에 북북동향의 단층대가 도록이 등부지역을 통과 • 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 발달
--	--

4.2.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 항공위성영상 분석

(1) 목적

- 과업지역의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악
- 지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조) 파악
- 과입구간에 대한 지질분포와 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석

(2) 원리 및 방법

- 15m급 해상도의 Landsat-7 ETM+ 위성영상을 이용하여 분석 실시
- 선형 공간 필터링 분석, 주성분 분석, 밴드비율 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 이용
- 식생지수, 습윤도 분석을 통해 식생 및 토양환경 분석 실시

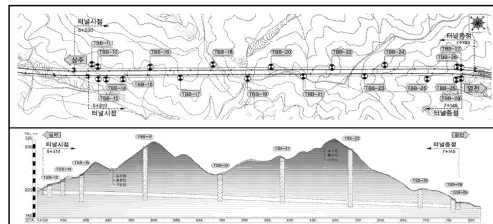
49

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

지층 구분	출현심도 (m)	층 두께 (m)	구성토질 및 암종	N치 (TCR/RQD)	지층분포현황
봉직층	-	0.3~1.0	자갈, 점토, 실트, 모래	-	
풍화토	0.0~0.8	0.5~3.5	실트질 모래	35/30~50/13	
풍화암	0.0~3.8	0.4~1.7	골진시 실트세암 모래로 분해	50/10~50/2	
연 암	0.4~4.7	-	사암, 암회색 나질암	(54~100/0~71)	
경 암	0.8~15.6	-	사암, 암회색 나질암	(71~100/13~100)	

• 평호터널

구 분	표 고 (E.L., m)	봉직층 (m)	풍화토 (m)	풍화암 (m)	연 암 (m)	경 암 (m)	계 (m)	지하수위 G.L.(-)
TBB-11	225.910	-	4.8	-	1.9	25.3	32.0	16.8
TBB-12	234.520	1.7	-	1.1	3.8	34.5	41.1	7.0
TBB-13	209.041	1.1	0.5	1.3	3.4	24.9	31.2	8.6
TBB-14	215.762	0.3	2.7	1.9	33.1	-	38.0	13.9
TBB-15	234.844	0.9	0.3	0.8	5.4	55.8	63.2	33.0
TBB-16	267.043	1.0	1.4	3.2	5.3	64.2	75.1	9.2
TBB-17	296.494	-	-	0.9	2.9	121.2	125.0	48.5
TBB-18	285.280	0.3	-	-	6.1	101.7	108.1	24.5
TBB-19	244.378	0.1	-	2.9	12.0	49.0	64.0	3.4
TBB-20	276.214	0.7	-	2.7	3.0	97.2	103.6	27.2
TBB-21	280.371	-	-	0.5	9.3	96.0	105.8	36.5
TBB-22	283.730	2.5	-	1.5	10.4	107.6	122.0	55.5
TBB-23	296.878	0.5	-	0.9	-	133.6	135.0	85.5
TBB-24	273.975	0.8	-	-	-	99.2	100.0	66.0
TBB-25	193.527	0.8	-	-	-	43.2	44.0	8.1
TBB-26	186.937	0.9	-	0.6	-	19.5	21.0	14.7
TBB-27	182.078	2.5	1.0	1.1	2.0	14.4	21.0	13.0
TBB-28	180.090	-	0.6	-	3.1	27.3	31.0	13.9
TBB-29	175.463	0.3	-	1.2	8.0	7.5	17.0	11.1



78

3.2.2 시설물 점검이력

가. 상주방향

대상시설물은 1종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 3.2.2】 평호터널(상주) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	평호터널(상주방향)은 전체적으로 보수가 실시된 것으로 조사되었으며, 보수부의 상태는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. 본 시설물은 특이사항이 없는 전반적으로 양호한 상태이다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	평호터널(상주방향)의 주요손상으로 라이닝 조인트부 균열 및 들뜸, 공동구 덮개파손, 갱구부 이격 등의 손상이 조사되었다. 기 손상은 터널의 안전성 확보를 위해 보수가 필요한 상태이다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	평호터널(상주방향)의 주요손상으로 라이닝 콘크리트 조인트부 균열 및 들뜸, 공동구 덮개파손, 갱구부 이격, 들뜸 및 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 손상은 터널의 안전성 확보를 위해 보수가 필요한 상태이며, 특히 갱문 시·중점측 이격 및 들뜸, 침하의 경우 주기적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하여 손상의 진전 여부를 파악하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	평호터널(상주방향)의 주요손상으로 라이닝 콘크리트 균열 및 조인트부 들뜸, 공동구 덮개파손, 갱구부 이격, 들뜸 및 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 손상은 터널의 안전성 확보를 위한 보수가 필요한 상태이며, 특히 갱문 시·중점측 이격 및 들뜸, 침하의 경우 주기적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하여 손상의 진전 여부를 파악하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.	양호

나. 영천방향

대상시설물은 1종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 기 점검 이력사항은 다음과 같다.

【표 3.2.3】 평호터널(영천) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2017. 11. 13 ~ 2017. 12. 28	정기안전 점검	평호터널(영천방향)은 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 다만, 종점측 갯문 배수로의 이격이 확인되었으나 상기 손상은 진전여부에 대한 주의관찰이 필요하다.	양호
2	2018. 05. 28 ~ 2018. 06. 30	정기안전 점검	평호터널(영천방향)의 주요손상으로 라이닝 들뜸 및 실란트 탈락, 공동구 덮개탈락, 포장부 마모, 갯문 이격 등의 손상이 조사되었다. 기 손상부는 보수 및 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.	양호
3	2018. 10. 23 ~ 2018. 12. 31	정기안전 점검	평호터널(영천방향)의 주요손상으로 라이닝 들뜸 및 실란트 탈락, 공동구 덮개탈락, 포장부 마모, 갯문 이격 등의 손상이 조사되었다. 기 손상부는 보수 및 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
4	2019. 03. 18 ~ 2019. 05. 28	정기안전 점검	평호터널(영천방향)의 주요손상으로 라이닝 들뜸 및 실란트 탈락, 공동구 덮개탈락, 포장부 마모, 갯문 이격 등의 손상이 조사되었다. 기 손상부는 보수 및 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호

3.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

가. 상주방향

【표 3.2.4】 평호터널(상주) 전차 정밀안전점검 사항

구 분	기간	실 시 결 과	비 고
평호터널(상주)	해당사항 없음	본 시설물은 최초정밀안전점검임	

나. 영천방향

【표 3.2.5】 평호터널(영천) 전차 정밀안전점검 사항

구 분	기간	실 시 결 과	비 고
평호터널(영천)	해당사항 없음	본 시설물은 최초정밀안전점검임	

3.2.4 기존자료

가. 상주방향

【표 3.2.6】 평호터널(상주) 기존자료

구분	검토결과	비고
시설물관리대장	· 연장 : 1,965.0m, 폭 : 9.2m, 높이: 7.1m	
시공관리자료	· 시공사 : 대림산업주 · 설계사 : ㈜한국해외기술공사	
기존점검	· 최초 정밀안전점검으로 정밀안전점검 자료 없음 · 기존 정기안전점검 4회 실시함	

나. 영천방향

【표 3.2.7】 평호터널(영천) 기존자료

구분	검토결과	비고
시설물관리대장	· 연장 : 1,845.0m, 폭 : 9.2m, 높이: 7.1m	
시공관리자료	· 시공사 : 대림산업주 · 설계사 : ㈜한국해외기술공사	
기존점검	· 최초 정밀안전점검으로 정밀안전점검 자료 없음 · 기존 정기안전점검 4회 실시함	

3.2.5 시설물 보수 이력

가. 상주방향

【표 3.2.8】 평호터널(상주) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

나. 영천방향

【표 3.2.9】 평호터널(영천) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	

3.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 3.2.10】 내진설계 여부 확인

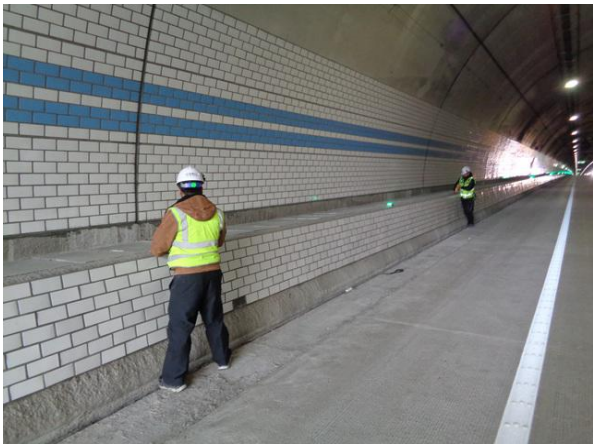
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		

3.3 현장조사

3.3.1 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~S198(상주) S1~S185(영천)	도보, 고소점검차	2019.11.12	
			
도보를 이용한 근접조사		고소점검차를 이용한 근접조사	
			
터널 라이닝 비파괴시험		터널 라이닝 비파괴시험	

【그림 3.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

나. 터널 구간 분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 비파괴 시험, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 터널 내에 측점포시 또는 구간이 명확하게 구분되어 있지 않는 경우는 구간분할에 따른 오차를 최소화할 수 있도록 구분되어야 하며 통상적으로 현장에서 직접 확인이 가능한 시공(신축)이음부를 기준으로 분할하는 것이 타당하다. 본 터널은 1,965.0m(상주), 1,835.0m(영천) 터널로써 구조물의 형식은 다음 그림과 같이 총 198SPAN(상주), 185SPAN(영천) 구간으로 분할하였다.

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
철근 콘크리트 구간				무근 콘크리트 구간					
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									
S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60
무근 콘크리트 구간									철근
S61	S62	S63	S64	S65	S66	S67	S68	S69	S70
철근 콘크리트 구간				무근 콘크리트 구간					

【그림 3.3.2】 상주방향 Span별 시공현황

S71	S72	S73	S74	S75	S76	S77	S78	S79	S80
무근 콘크리트 구간									
S81	S82	S83	S84	S85	S86	S87	S88	S89	S90
무근 콘크리트 구간									
S91	S92	S93	S94	S95	S96	S97	S98	S99	S100
무근 콘크리트 구간									
S101	S102	S103	S104	S105	S106	S107	S108	S109	S110
무근 콘크리트 구간									
S111	S112	S113	S114	S115	S116	S117	S118	S119	S120
무근 콘크리트 구간									
S121	S122	S123	S124	S125	S126	S127	S128	S129	S130
무근 콘크리트 구간									
S131	S132	S133	S134	S135	S136	S137	S138	S139	S140
무근 콘크리트 구간									
S141	S142	S143	S144	S145	S146	S147	S148	S149	S150
무근 콘크리트 구간									

【그림 3.3.2】 상주방향 Span별 시공현황(계속)

S151	S152	S153	S154	S155	S156	S157	S158	S159	S160
무근 콘크리트 구간									
S161	S162	S163	S164	S165	S166	S167	S168	S169	S170
무근 콘크리트 구간									
S171	S172	S173	S174	S175	S176	S177	S178	S179	S180
무근 콘크리트 구간									
S181	S182	S183	S184	S185	S186	S187	S188	S189	S190
무근 콘크리트 구간							철근 콘크리트 구간		
S191	S192	S193	S194	S195	S196	S197	S198		
철근 콘크리트 구간									

【그림 3.3.2】 상주방향 Span별 시공현황(계속)

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
철근 콘크리트 구간				무근 콘크리트 구간					
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									

【그림 3.3.3】 영천방향 Span별 시공현황

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									
S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60
무근 콘크리트 구간									
S61	S62	S63	S64	S65	S66	S67	S68	S69	S70
무근 콘크리트 구간									
S71	S72	S73	S74	S75	S76	S77	S78	S79	S80
무근 콘크리트 구간									
S81	S82	S83	S84	S85	S86	S87	S88	S89	S90
무근 콘크리트 구간									
S91	S92	S93	S94	S95	S96	S97	S98	S99	S100
무근 콘크리트 구간									
S101	S102	S103	S104	S105	S106	S107	S108	S109	S110
무근 콘크리트 구간									
S111	S112	S113	S114	S115	S116	S117	S118	S119	S120
무근 콘크리트 구간									

【그림 3.3.3】 영천방향 Span별 시공현황(계속)

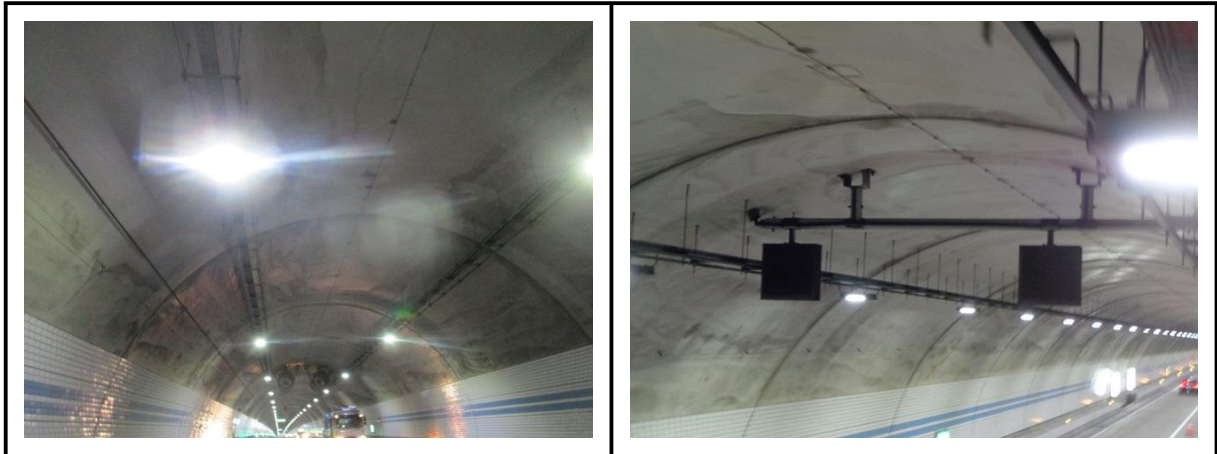
S121	S122	S123	S124	S125	S126	S127	S128	S129	S130
무근 콘크리트 구간									
S131	S132	S133	S134	S135	S136	S137	S138	S139	S140
무근 콘크리트 구간									
S141	S142	S143	S144	S145	S146	S147	S148	S149	S150
무근 콘크리트 구간									
S151	S152	S153	S154	S155	S156	S157	S158	S159	S160
무근 콘크리트 구간									
S161	S162	S163	S164	S165	S166	S167	S168	S169	S170
무근 콘크리트 구간									
S171	S172	S173	S174	S175	S176	S177	S178	S179	S180
무근 콘크리트 구간									철근
S181	S182	S183	S184	S185					
철근 콘크리트 구간									

【그림 3.3.3】 영천방향 Span별 시공현황(계속)

3.3.2 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.



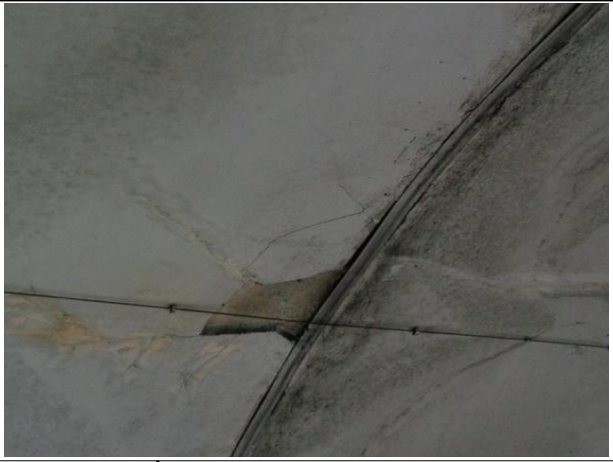
【사진 3.3.1】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 내·외), 망상균열, 백태, 조인트부 들뜸, 탈락이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.1】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	84.00	16	건조수축 및 온도변화	
	균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	266.80	55	건조수축 및 온도변화	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	3.50	2	보수시 마감미흡	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	800.50	109	보수시 마감미흡	
	망상균열	m ²	36.00	4	건조수축 및 온도변화	
	백태	m ²	0.05	1	균열부 누수	
	조인트부 들뜸	m ²	3.54	50	거푸집 조기탈형, 다짐불량	
	조인트부 탈락	m ²	0.25	1	거푸집 조기탈형, 다짐불량	

			
현 황	S013 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S028 천단부 재균열(cw=0.3mm이상)
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	보수시 마감미흡
대 책	주입보수	대 책	주입보수
			
현 황	S052 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S087 천단부 조인트부 탈락 및 들뜸
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량
대 책	단면보수	대 책	단면보수

【사진 3.3.2】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부는 균열 및 재균열, 망상균열이 전구간에 걸쳐 발생되었다. 균열은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 건조수축 및 온도변화에 의한 구속과 시공초기 발생된 균열에 대한 미보수된 비구조적 균열로 판단되며, 재균열의 경우 보수부 마감미흡, 보수재와 기존 콘크리트의 수축량 차이 등이 원인 것으로 추정된다. 구조물에 발생한 손상은 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면보수, 주입보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 조인트부에 발생한 들뜸 및 탈락의 경우 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의한 손상으로 판단되며, 기 손상부의 경우 콘크리트의 잔여물 낙하시 2차피해를 야기시키므로 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 하다.

- 일부구간 발생한 백태의 경우 균열부 누수에 의한 손상으로 추정되며, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 저하 방지 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

나. 라이닝 측벽부

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



【사진 3.3.3】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 균열(cw=0.2mm), 망상균열, 타일균열 및 탈락이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.2】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	16.00	3	건조수축 및 온도변화	
	망상균열	m ²	36.00	3	온도변화에 의한 신축작용	
	타일균열	EA	4.00	4	라이닝 콘크리트 균열	
	타일탈락	EA	2.00	2	물탈의 접착력 저하	

			
현 황	S081 측벽부 타일균열	현 황	S127 측벽부 타일탈락
원 인	라이닝 콘크리트 균열	원 인	몰탈의 접착력 저하
대 책	표면보수	대 책	타일 재시공
			
현 황	S168 측벽부 타일균열	현 황	S172 측벽부 타일탈락
원 인	라이닝 콘크리트 균열	원 인	몰탈의 접착력 저하
대 책	표면보수	대 책	타일 재시공

【사진 3.3.4】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 본 터널 측벽부에 발생된 균열, 망상균열의 손상은 건조수축 및 온도변화, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 조사된 균열의 경우 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 요망된다.
- 타일 일부구간에 발생된 타일균열의 경우 라이닝 콘크리트 균열에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 필요하며, 일부구간 발생된 타일탈락의 경우 몰탈의 접착력 저하에 의한 손상으로 타일 재시공 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

다. 터널주변

1) 갯문

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



【사진 3.3.5】 갯문 전경

① 조사결과

갯문 외관조사 결과 시·종점측 모두 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.

【표 3.3.3】 갯문 손상현황

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

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

【사진 3.3.6】 갭문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

갭문의 경우 시·종점측 모두 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 판단된다. 사면 외관조사시 슬라이딩, 함몰여부, 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.7】 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 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.3.4】 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 3.3.8】 사면 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

현재 사면의 경우 슬라이딩, 토사유실 및 침식, 낙석, 식생부족 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

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



【사진 3.3.9】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구 타일균열 및 파손, 탈락, 덮개 파손이 발생한 것으로 조사되었으며, 배수시설의 경우 배수구 막힘 등의 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.3.5】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	덮개 파손	EA	12.00	12	공용중 외부충격	
	타일균열	EA	1.00	1	공동구 측구 균열	
	타일탈락	EA	1.00	1	물탈의 접착력 저하	
	타일파손	EA	23.00	23	공용중 외부충격	
배수시설	상태양호	—	—	—		

			
현 황	S042 공동구 덮개 파손	현 황	S086 공동구 타일파손
원 인	공용중 외부충격	원 인	공용중 외부충격
대 책	재설치	대 책	타일 재시공

【사진 3.3.10】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 일부 발생된 덮개 파손, 타일균열 및 탈락, 파손의 경우 시공미흡, 공용중 외부충격, 몰탈의 접착력 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 재설치, 타일 재시공, 표면처리 등의 조치가 요망된다. 특히, 일부구간 발생된 덮개 파손의 경우 공용중 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 공동구의 경우 구조물에 대한 도보점검시 점검자의 통행로로 이용되므로 점검자의 안전 확보를 위한 덮개 재설치 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

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

③ 기 점검 결과 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

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 3.3.11】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 포장균열, 들뜸 및 파손이 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.3.6】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	포장균열	m	27.00	3	건조수축 및 온도변화	
	들뜸	m ²	0.45	5	온도변화에 의한 신축작용	
	파손	m ²	0.06	2	시공미흡	

			
현 황	S002 포장부 들뜸	현 황	S070 포장부 들뜸
원 인	온도변화에 의한 신축작용	원 인	온도변화에 의한 신축작용
대 책	단면보수	대 책	단면보수
			
현 황	S179 포장부 포장균열	현 황	S181 포장부 파손
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	온도변화에 의한 신축작용
대 책	실링	대 책	단면보수

【사진 3.3.12】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

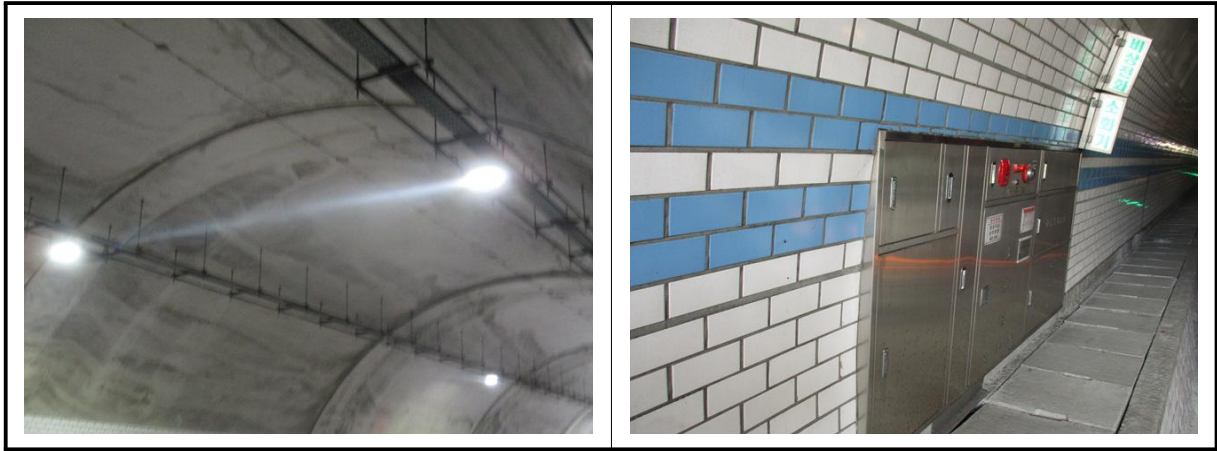
콘크리트 포장은 전반적으로 양호한 상태이며, 일부구간 발생된 포장균열 및 들뜸, 파손의 경우 건조수축 및 온도변화, 신축작용 등에 의한 손상으로 판단된다. 발생된 균열 및 들뜸, 파손의 경우 손상의 진전 방지를 위한 실링, 단면보수 등의 조치가 요망된다.

③ 기 점검 결과 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

2) 기타 부속시설

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



【사진 3.3.13】 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 3.3.7】 기타 부속시설 손상현황

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

			
현 황	차량지시등 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—
			
현 황	속도제한안내판 상태양호	현 황	환기시설 상태양호
원 인	—	원 인	—
대 책	—	대 책	—

【사진 3.3.14】 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

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

3.3.3 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 3.3.15】 라이닝 천단부 전경

1) 조사결과

- 천단부는 균열 및 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 내·외), 균열부백태, 망상균열, 조인트부 들뜸 등이 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.3.8】 라이닝 천단부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 천단부	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	44.50	18	건조수축 및 온도변화	
	균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	103.50	21	건조수축 및 온도변화	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	35.50	7	보수시 마감미흡	
	재균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)	m	453.50	80	보수시 마감미흡	
	균열부백태	m	2.00	4	균열부 우수유입	
	백태	m ²	0.40	2	균열부 누수	
	망상균열	m ²	16.00	2	건조수축 및 온도변화	
	조인트부 들뜸	m ²	0.60	6	거푸집 조기탈형, 다짐불량	
	파손	m ²	0.05	2	시공중 외부충격	

			
현 황	S008 천단부 균열(cw=0.3mm이상)	현 황	S014 천단부 파손
원 인	건조수축 및 온도변화	원 인	시공중 외부충격
대 책	주입보수	대 책	단면보수
			
현 황	S075 천단부 조인트부 들뜸	현 황	S160 천단부 백태
원 인	거푸집 조기탈형, 다짐불량	원 인	균열부 누수
대 책	단면보수	대 책	표면보수

【사진 3.3.16】 라이닝 천단부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 천단부는 균열 및 재균열, 망상균열이 일부 구간에 국부적으로 발생되었다. 균열은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 건조수축 및 온도변화에 의한 구속과 시공초기 발생한 균열에 대해 미보수된 비구조적 균열로 판단되며, 재균열의 경우 보수시 마감미흡, 보수재와 기존 콘크리트의 수축량 차이 등이 원인 것으로 추정된다. 구조물에 발생한 손상부는 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면보수 등의 조치가 요망된다.
- 라이닝 콘크리트 일부구간 발생한 파손의 경우 시공중 외부충격에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 손상정도가 경미하며 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

- 조인트부에 발생된 들뜸의 경우 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생된 손상으로 추정되며, 기 발생된 손상부의 경우 콘크리트의 잔여물 낙하시 2차피해를 야기시키므로 주행차량의 안전성 확보를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 라이닝 콘크리트의 일부구간 발생된 균열부백태 및 백태의 경우 균열부 우수유입 및 누수 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 표면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

나. 라이닝 측벽부

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



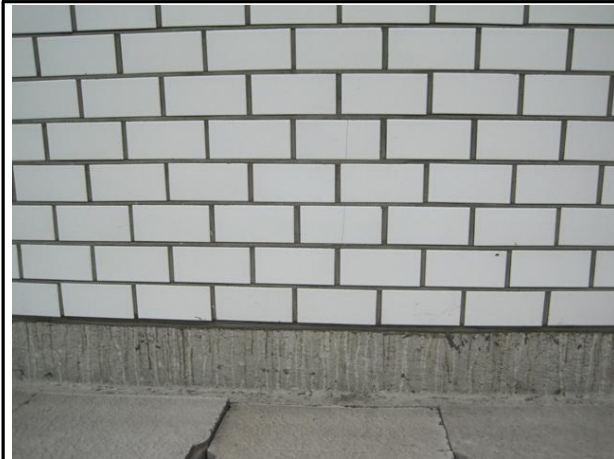
【사진 3.3.17】 라이닝 측벽부 전경

1) 조사결과

- 측벽부는 균열($cw=0.2mm$) 및 타일균열, 타일탈락이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.9】 라이닝 측벽부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
라이닝 측벽부	균열 (cw=0.3mm미만)	m	5.00	1	건조수축 및 온도변화	
	타일균열	EA	7.00	7	라이닝 콘크리트 균열	
	타일탈락	EA	16.00	16	몰탈의 접착력 저하	



현 황	S011 측벽부 타일균열	현 황	S094 측벽부 타일탈락
원 인	라이닝 콘크리트 균열	원 인	몰탈의 접착력 저하
대 책	표면보수	대 책	타일 재시공



현 황	S176 측벽부 타일균열	현 황	S184 측벽부 타일탈락
원 인	라이닝 콘크리트 균열	원 인	몰탈의 접착력 저하
대 책	표면보수	대 책	타일 재시공

【사진 3.3.18】 라이닝 측벽부 손상현황

2) 손상 발생원인 및 대책방안

- 본 터널 측벽부에 발생한 균열의 경우 손상은 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 것으로 판단되며, 조사된 균열의 경우 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 금회 점검시 조사된 타일균열 및 타일탈락의 경우 라이닝 콘크리트 균열, 몰탈의 접착력 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 표면보수, 타일 채시공 등의 조치가 요망된다.

3) 기 점검 결과 비교

- 본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

다. 터널주변

1) 갯문

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



【사진 3.3.19】 갯문 전경

① 조사결과

갯문 외관조사 결과, 시·종점측 모두 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

【표 3.3.10】 갯문 손상현황

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

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

【사진 3.3.20】 갯문 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

시·종점측 갯문에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단 된다.

③ 기 점검 결과 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

2) 사면

본 터널준공 이후 지형의 변화나 사면활동 등의 외형적인 변화는 없는 것으로 관찰되었으며, 안전성에 위해한 요소는 없는 것으로 판단된다. 사면 외관조사시 슬라이딩, 함몰여부, 등에 중점을 두고 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.21】 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 3.3.11】 사면 손상현황

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

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

【사진 3.3.22】 사면 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

터널의 시·중점측에 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

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

3) 공동구 및 배수시설

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



【사진 3.3.23】 공동구 및 배수시설 전경

① 조사결과

공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 일부구간 공동구 덮개 파손 및 탈락, 타일균열, 타일탈락이 조사되었으며, 배수시설은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.3.12】 공동구 및 배수시설 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
공동구	덮개 파손	EA	5.00	5	공용중 외부충격	
	덮개 탈락	EA	1.00	1	공용중 손상	
	타일균열	EA	1.00	1	공동구 측구 균열	
	타일탈락	EA	1.00	1	물탈의 접착력 저하	
배수시설	상태양호	—	—	—		

			
현 황	S040 공동구 덮개 탈락	현 황	S141 공동구 타일탈락
원 인	공용중 손상	원 인	몰탈의 접착력 저하
대 책	재설치	대 책	타일 재시공

【사진 3.3.24】 공동구 및 배수시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

공동구에 일부 발생한 덮개 파손 및 덮개 탈락은 공용중 발생한 손상으로, 공동구는 점검자의 안전점검시 보도로서 활용하는 만큼 안전사고 예방차원에서 파손 및 탈락된 덮개에 대해서는 교체가 필요할 것으로 판단된다. 또한 일부구간 발생한 타일균열 및 타일탈락의 경우 공동구 측구 균열, 몰탈의 접착력 저하 등에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 표면보수, 타일 재시공 등의 조치가 요망된다.

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

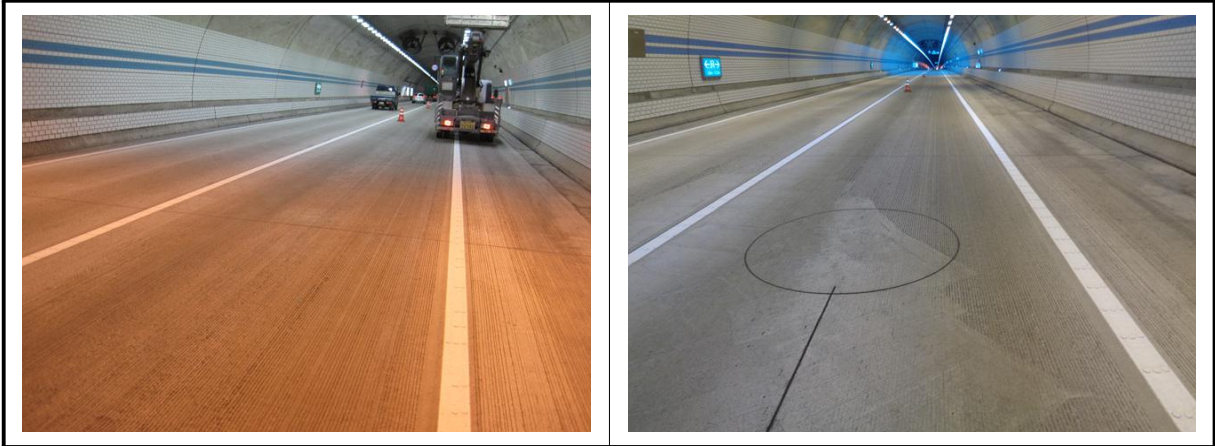
③ 기 점검 결과 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

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 3.3.25】 포장부 전경

① 조사결과

포장부 외관조사 결과, 포장균열 및 파손이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.13】 포장부 손상현황

구분	손상내용	단위	손상물량		손상원인	비고
			물량	개소		
포장부	포장균열	m	620.00	62	건조수축 및 온도변화	
	파손	m ²	0.24	3	온도변화에 의한 신축작용	

			
현 황	S108 포장부 파손	현 황	S117 포장부 포장균열
원 인	온도변화에 의한 신축작용	원 인	건조수축 및 온도변화, 중차량 반복통행
대 책	단면보수	대 책	실링
			
현 황	S118 포장부 포장균열	현 황	S155 포장부 포장균열
원 인	건조수축 및 온도변화, 중차량 반복통행	원 인	건조수축 및 온도변화, 중차량 반복통행
대 책	실링	대 책	실링

【사진 3.3.26】 포장부 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

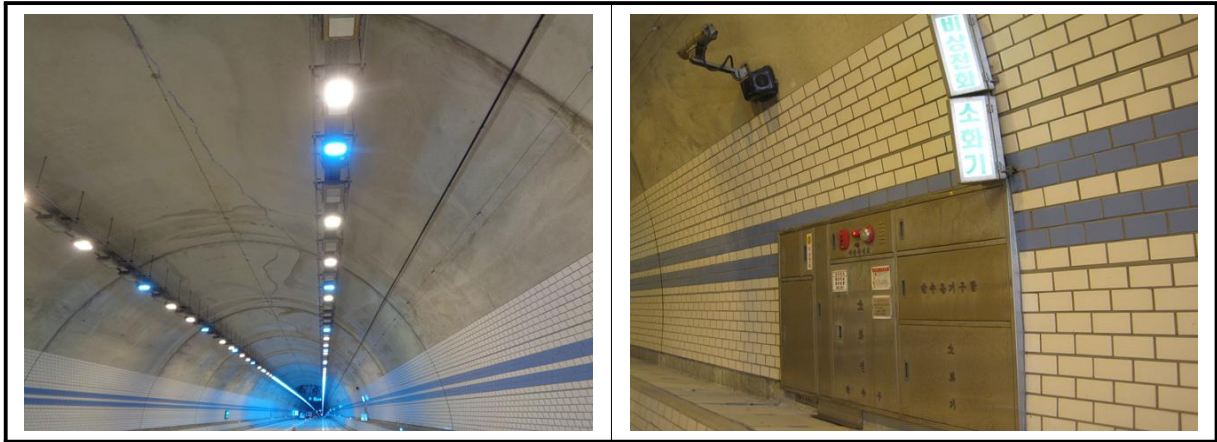
콘크리트 포장에 발생한 포장균열, 파손의 경우 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행 시공미흡, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 주행차량의 주행성 확보를 위한 실링, 단면보수 등의 조치가 요망되며, 보수 후에도 차량 하중으로 인한 재손상이 우려되므로 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

③ 기 점검 결과 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

2) 기타 부속시설

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



【사진 3.3.27】 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 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

【표 3.3.14】 기타 부속시설 손상현황

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

			
현 황	차량지시등 상태양호	현 황	소화시설 상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-
			
현 황	이정표지판 상태양호	현 황	Jet-Fan 상태양호
원 인	-	원 인	-
대 책	-	대 책	-

【사진 3.3.28】 기타 부속시설 손상현황

② 손상 발생원인 및 대책방안

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

③ 기 점검 결과 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

3.3.4 외관조사 총괄표

가. 상주방향

【표 3.3.29】 상주방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	84.00	16	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	266.80	55	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	3.50	2	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	800.50	109	
	망상균열	m ²	36.00	4	
	백태	m ²	0.05	1	
	조인트부 들뜸	m ²	3.54	50	
	조인트부 탈락	m ²	0.25	1	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	16.00	3	
	망상균열	m ²	36.00	3	
	타일균열	EA	4.00	4	
	타일탈락	EA	2.00	2	
공동구	덮개 파손	EA	12.00	12	
	타일균열	EA	1.00	1	
	타일탈락	EA	1.00	1	
	타일파손	EA	23.00	23	
포장부	포장균열	m	27.00	3	
	들뜸	m ²	0.45	5	
	파손	m ²	0.06	2	

나. 영천방향

【표 3.3.30】 영천방향 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	44.50	18	
	균열(cw=0.3mm이상)	m	103.50	21	
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	35.50	7	
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	453.50	80	
	균열부백태	m	2.00	4	
	백태	m ²	0.40	2	
	망상균열	m ²	16.00	2	
	조인트부 들뜸	m ²	0.60	6	
	파손	m ²	0.05	2	
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	5.00	1	
	타일균열	EA	7.00	7	
	타일탈락	EA	16.00	16	
공동구	덮개 파손	EA	5.00	5	
	덮개 탈락	EA	1.00	1	
	타일균열	EA	1.00	1	
	타일탈락	EA	1.00	1	
포장부	포장균열	m	620.00	62	
	파손	m ²	0.24	3	

3.3.5 전회차 손상물량 비교

본 시설물은 금회 정밀안전점검이 최초 점검이다.

3.4 콘크리트 내구성 조사

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

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2019. 01, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

3.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

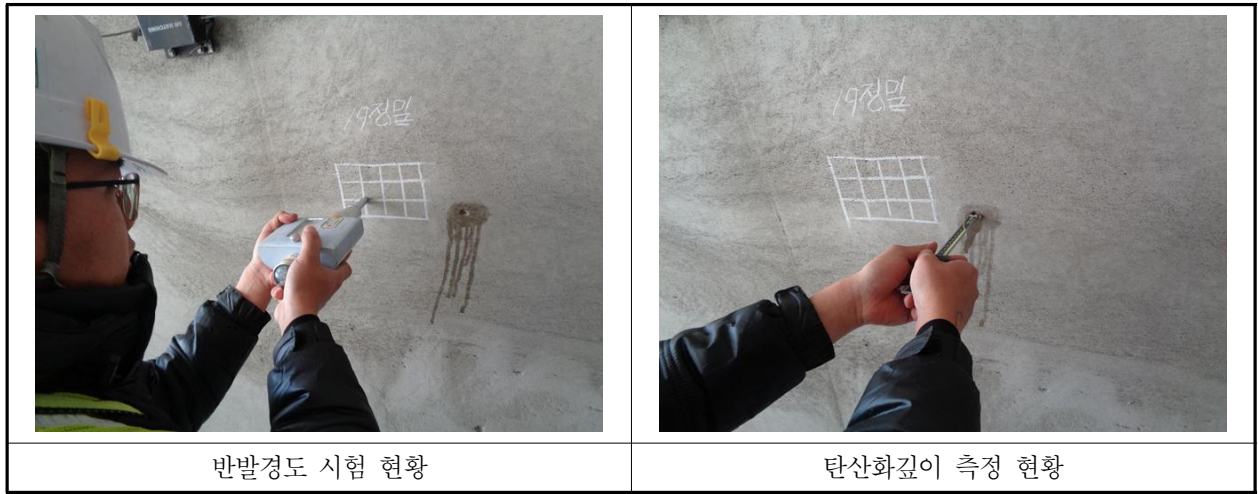
【표 3.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

구분	분석방법	기준수량			실행수량
측점분할	—	5~20m 간격			
반발경도 시험	반발경도법	총수량 = (총연장 ÷ 300)개소	7개소		7개소
탄산화깊이 측정	페놀프탈레인법	총연장 1,000미만 = 2개소 총연장 1,000이상 최소 2개소 + 1,000m당 1개소 추가	3개소		3개소

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

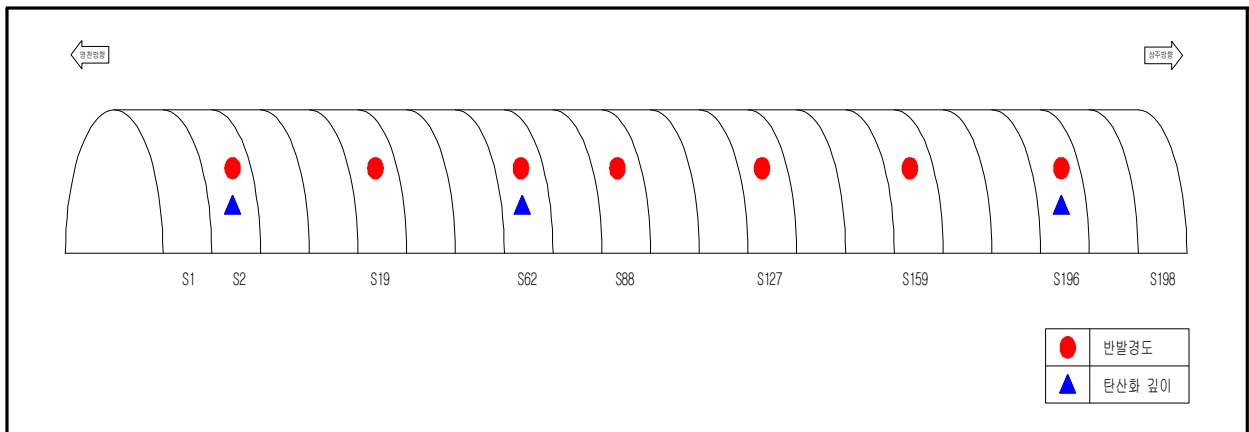
콘크리트 강도 등 시공정밀도 검증이 필요한 재료시험은 내구성 시험의 정확한 값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다. 따라서 본 터널의 내구성 시험은 고소작업차를 이용하여 천단부 등의 주요부재를 중심으로 우선적으로 선정하여 시험위치를 정하였다.

다. 조사 사진

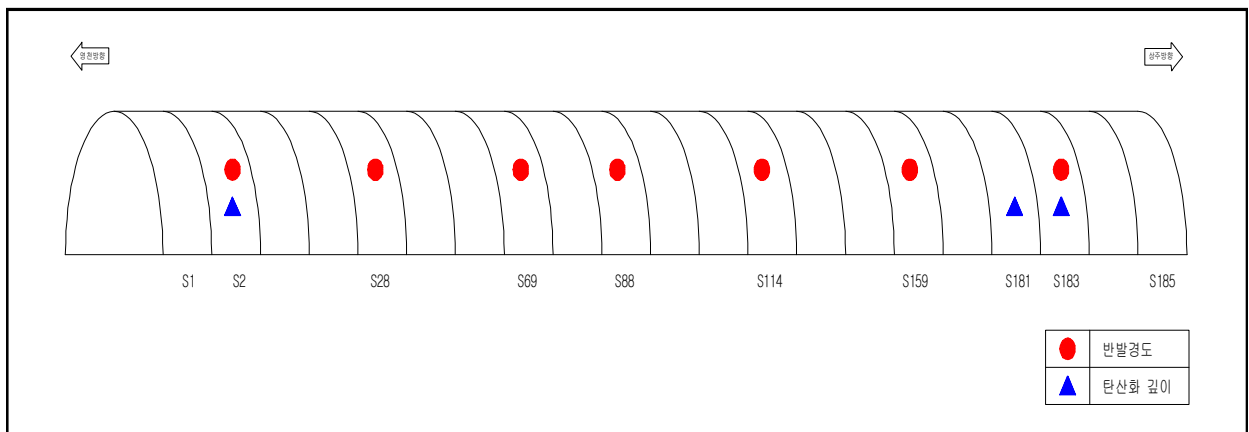


【사진 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(상주)



【그림 3.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(영천)

3.4.2 시험결과 및 분석

가. 상주방향

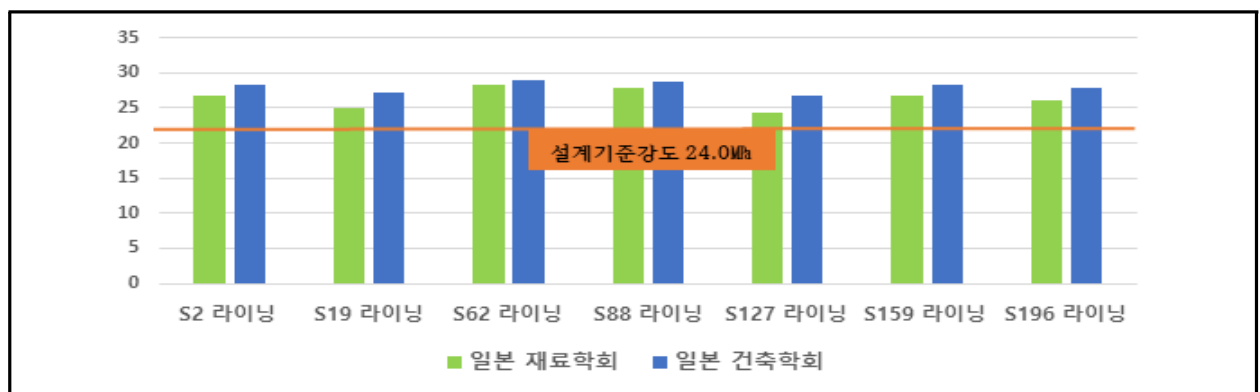
1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.2】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S2 라이닝	46.2	26.8	28.3	0.66	24.0	
	S19 라이닝	43.9	24.9	27.2	0.66		
	S62 라이닝	47.8	28.2	29.0	0.66		
	S88 라이닝	47.4	27.9	28.8	0.66		
	S127 라이닝	43.2	24.3	26.8	0.66		
	S159 라이닝	46.1	26.7	28.2	0.66		
	S196 라이닝	45.2	26.0	27.8	0.66		
	평 균	45.7	26.4	28.0	—		



【그림 3.4.3】 콘크리트 라이닝 평균압축강도 추정결과

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 24.3~29.0MPa로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴 강도는 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단 된다.

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

【표 3.4.3】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	24.3~29.0	24.0	101.3~120.8

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.4】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	초기점검	금회 정밀안전점검	설계기준강도
반발경도법	24.6~28.2	24.3~29.0	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.		

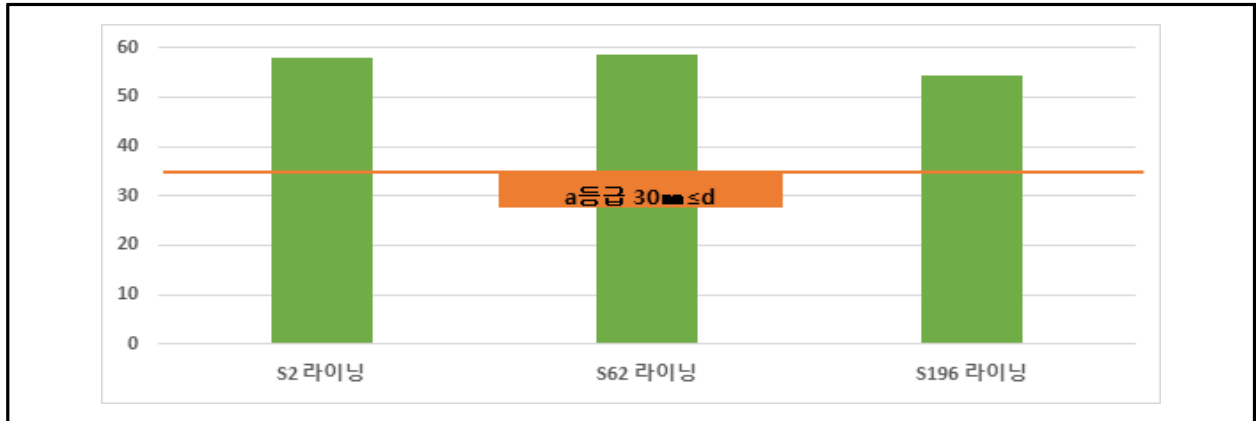
2) 탄산화 깊이 측정

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

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.5】 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	2.0	60.0	58.0	a	1.41	100년이상	
	S62	1.5	60.0	58.5	a	1.06	100년이상	
	S196	1.5	56.0	54.5	a	1.06	100년이상	



【그림 3.4.4】 탄산화 깊이 측정결과

측정결과, 탄산화깊이는 1.5~2.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.6】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	1.5~2.0	54.5~58.5	

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.7】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	초기점검			금회 정밀안전진단			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
라이닝	0.7~1.1	51.3~55.1	a	1.5~2.0	54.5~58.5	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.						

나. 영천방향

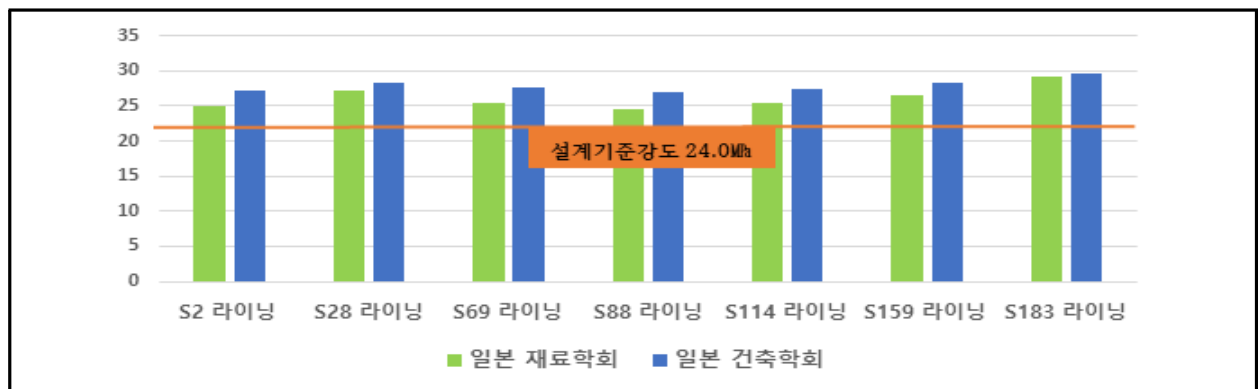
1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 콘크리트 라이닝에서 반발경도시험을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.8】 콘크리트 라이닝 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
라 이 닝	S2 라이닝	44.1	25.0	27.3	0.66	24.0	
	S28 라이닝	46.6	27.1	28.4	0.66		
	S69 라이닝	44.7	25.5	27.6	0.66		
	S88 라이닝	43.5	24.5	27.0	0.66		
	S114 라이닝	44.5	25.4	27.5	0.66		
	S159 라이닝	46.0	26.6	28.2	0.66		
	S183 라이닝	49.0	29.2	29.6	0.66		
	평 균	45.4	26.2	27.9	—		



【그림 3.4.5】 콘크리트 라이닝 평균압축강도 추정결과

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 24.5~29.6MPa로 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 3.4.9】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝	반발경도법	24.5~29.6	24.0	102.1~123.3

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.10】비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	초기점검	금회 정밀안전점검	설계기준강도
반발경도법	24.5~28.6	24.5~29.6	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.		

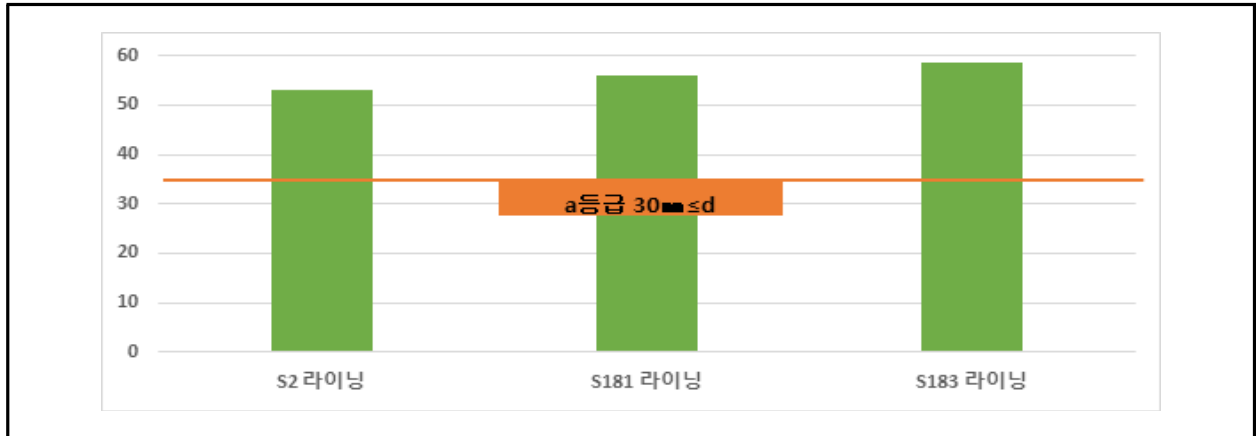
2) 탄산화 깊이 측정

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 3.4.11】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	2.0	55.0	53.0	a	1.41	100년이상	
	S181	1.0	57.0	56.0	a	0.71	100년이상	
	S183	1.5	60.0	58.5	a	1.06	100년이상	



【그림 3.4.6】 탄산화 깊이 측정결과

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

【표 3.4.12】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
라이닝	1.0~2.0	53.0~58.5	

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.13】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	초기점검			금회 정밀안전진단			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
라이닝	0.1~1.2	50.8~55.0	a	1.0~2.0	53.0~58.5	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.						

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 상주방향

가. 외관조사 결과요약

【표 3.5.1】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	84.00	16	표면보수
	균열	cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	266.80	55	주입보수
	재균열	cw=0.3mm미만	보수시 마감미흡	m	3.50	2	표면보수
	재균열	cw=0.3mm이상	보수시 마감미흡	m	800.50	109	주입보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	36.00	4	표면보수
	백태		균열부 누수	m ²	0.05	1	표면보수
	조인트부 들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량	m ²	3.54	50	단면보수
	조인트부 탈락		거푸집 조기탈형, 다짐불량	m ²	0.25	1	단면보수
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	16.00	3	표면보수
	망상균열		온도변화에 의한 신축작용	m ²	36.00	3	표면보수
	타일균열		라이닝 콘크리트 균열	EA	4.00	4	표면보수
	타일탈락		몰탈의 접착력 저하	EA	2.00	2	타일 재시공
공동구	덮개 파손		공용중 외부충격	EA	12.00	12	재설치
	타일균열		공동구 측구 균열	EA	1.00	1	표면보수
	타일탈락		몰탈의 접착력 저하	EA	1.00	1	타일 재시공
	타일파손		공용중 외부충격	EA	23.00	23	타일 재시공
포장부	포장균열		건조수축 및 온도변화	m	27.00	3	실링
	들뜸		온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.45	5	단면보수
	파손		시공미흡	m ²	0.06	2	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 3.5.2】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
평호터널 (상주)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	24.3~29.0	fck=24.0	• 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		54.5~58.5 (잔여깊이)	a 등급	• 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

【표 3.5.3】 내구성조사 기 점검과의 비교결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			초기		금회		
비파괴강도 (MPa)	라이닝	반발경도	24.6~28.2		24.3~29.0		· 설계강도를 100% 만족하는 것으로 측정됨
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝		51.3~55.1 (잔여깊이)	a	54.5~58.5 (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.						

3.5.2 영천방향

가. 외관조사 결과요약

【표 3.5.4】 외관조사 결과요약

구 분	결함내용 및 손상 열화내용		원인	단위	물량	개소	조치방안
라이닝 천단부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	44.50	18	표면보수
	균열	cw=0.3mm이상	건조수축 및 온도변화	m	103.50	21	주입보수
	재균열	cw=0.3mm미만	보수시 마감미흡	m	35.50	7	표면보수
	재균열	cw=0.3mm이상	보수시 마감미흡	m	453.50	80	주입보수
	균열부백태		균열부 우수유입	m	2.00	4	표면보수
	백태		균열부 누수	m ²	0.40	2	표면보수
	망상균열		건조수축 및 온도변화	m ²	16.00	2	표면보수
	조인트부 들뜸		거푸집 조기탈형, 다짐불량	m ²	0.60	6	단면보수
	파손		시공중 외부충격	m ²	0.05	2	단면보수
라이닝 측벽부	균열	cw=0.3mm미만	건조수축 및 온도변화	m	5.00	1	표면보수
	타일균열		라이닝 콘크리트 균열	EA	7.00	7	표면보수
	타일탈락		몰탈의 접착력 저하	EA	16.00	16	타일 재시공
공동구	덮개 파손		공용중 외부충격	EA	5.00	5	재설치
	덮개 탈락		공용중 손상	EA	1.00	1	재설치
	타일균열		공동구 측구 균열	EA	1.00	1	표면보수
	타일탈락		몰탈의 접착력 저하	EA	1.00	1	타일 재시공
포장부	포장균열		건조수축 및 온도변화	m	620.00	62	실링
	파손		온도변화에 의한 신축작용	m ²	0.24	3	단면보수

나. 내구성조사 결과요약

【표 3.5.5】 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				시험값	기준값	
평호터널 (영천)	비파괴 강도 (MPa)	반발 경도	라이닝	24.5~29.6	fck=24.0	• 설계강도를 만족하는 것으로 측정됨
	탄산화 깊이 (mm)	라이닝		53.0~58.5 (잔여깊이)	a 등급	• 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 없음

【표 3.5.6】 내구성조사 기 점검과의 비교결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			초기		금회		
비파괴강도 (MPa)	라이닝	반발경도	24.5~28.6		24.5~29.6		· 설계강도를 100% 만족하는 것으로 측정됨
탄산화 잔여깊이 (mm)	라이닝		50.8~55.0 (잔여깊이)	a	53.0~58.5 (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.						

3.6 GPR 탐사

3.6.1 개요

가. 과업의 목적

본 과업은 대상 구간에 대해 GPR 탐사를 이용하여 라이닝 두께 및 공동 유무를 확인하여 시설물의 유지관리에 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

나. 대상시설물 개요

시설물명	평호터널	노 선 명	고속국도 제301호선
위 치	상주방향 : 경상북도 군위군 소보면 평호리 영천방향 : 경상북도 구미시 장천면 오로리		
연 장	상주방향 : 1,965.0m (상주영천고속도로 34.293~36.128km) 영천방향 : 1,835.0m (상주영천고속도로 34.293~36.128km)		

다. 조사기간

구 분	기 간	비 고
현장조사	2019년 11월 12일	DATA 취득
내 업	2019년 11월 13일 ~ 12월 27일	GPR분석 및 보고서 작성

라. 현장조사 작업 사진

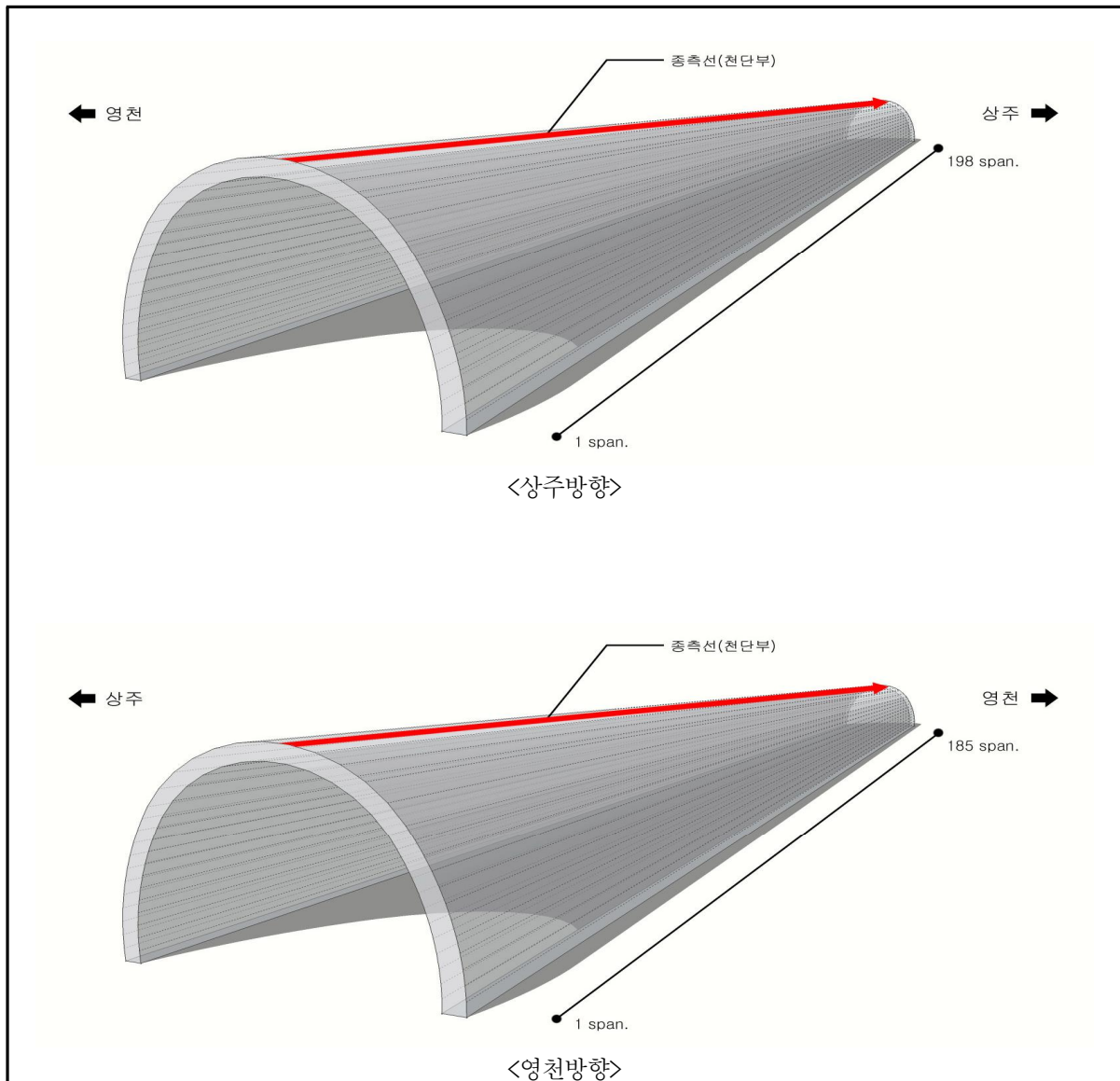
	
GPR탐사 현황	GPR탐사 현황

마. 탐사측선

구 분	탐사연장	탐사위치	탐사방향
상주방향	1,965.0m	천단부	종방향
영천방향	1,835.0m	천단부	종방향

바. GPR 탐사범위

탐사의 범위는 평호터널 상주방향, 영천방향 라이닝 천단부 전구간에 대하여 종방향 측선을 선정하여 측정하여 전체적인 터널의 라이닝 시공상태를 파악할 수 있도록 하였으며, 터널의 측선도 및 구간은 아래의 그림과 같다.



사. GPR 장비의 제원

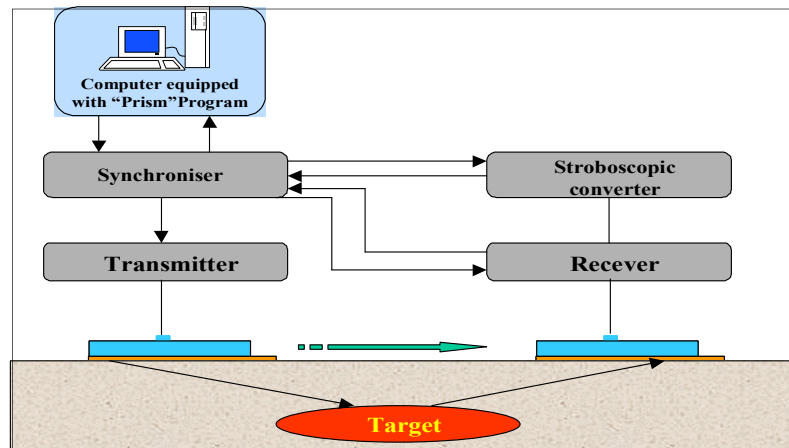
본 탐사에 사용된 장비는 러시아 RADAR System, Inc의 Ground Penetrating Radar(G.P.R) 중 ZOND-12e를 이용하여 측저하였으며, 측정 안테나는 터널구조물인 것을 감안하여 고주파 대역인 1500MHz를 사용하였다. GPR 장비의 주요 제원은 다음과 같다.

구 분	구 성 품	모델 및 규격	비 고
주장치 (ZOND-12e)	Main Frame Body	ZOND-12e	전원공급, 전자기파 송신 및 수신, 전자기파 상호 데이터 화상처리 및 표시, 이미지 조정, 데이터 filtering
	Control/Display Module	휴대용 노트북	
측정 안테나 (전자기파 송수신기)	1500 MHz 900 MHz 500 MHz 300 MHz 38-75-150MHz	— — — — —	조사 심도 및 분해기능에 따라 최적 안테나 선정
실내 분석 장치	컴퓨터		데이터 전송 및 저장
	데이터 분석용 Software	Prism 2.5	디지털 신호처리 기법을 응용한 다각적인 데이터 분석 및 판독
출력 장치	칼라 프린터	—	칼라 출력
기타 부대 장치	батери 케이블	DC12V,60AH 20m	직류 전원 공급

3.6.2 GPR 장비의 원리

가. GPR 탐사 원리

RADAR(Radio Detecting And Ranging)는 공간에 위치해 있는 물체의 존재를 파악하고 그 물체의 현 위치를 알아내려고 제작된 장치이다. 송신안테나(Transmitter)로부터 방출된 전자기파가 공간에 위치해 있는 목표물에 반사되어 되돌아오면 이를 수신안테나(Receiver)가 탐지함으로써 그 물체의 위치, 속도 등을 파악할 수 있다. 이 레이더 기술을 지표 연구 탐사에 응용한 것이 GPR(Ground Penetrating Radar)이고, 이 장비의 기본 신호 처리 시스템은 다음과 같다.



【그림】 신호 처리 시스템

G.P.R(Ground Penetrating Radar) 장비는 전자기파를 지표면이나 구조물의 표면으로부터 입사시킨 후, 연속적으로 매질 경계면에서 반사되어 되돌아오는 파를 수신하게 된다. 전자기파는 매질 특성이 달라지는 경계면에서 그 일부가 반사되고 일부는 다른 매질층으로 투과하여 계속 진행한다. 이 전자기파의 전파속도, 파장은 전자기파가 통과하는 각 매질의 특성(유전상수, Dielectric Constant))에 따라 달라지고, 반사특성은 두 매질간 유전상수차에 의존한다. 그러므로 매질의 특성(유전상수)과 전자기파가 매질을 통과한 시간을 알수 있다면 매질층의 두께 및 위치를 파악할 수 있고, 두 매질간 경계면, 내부 균열 및 공동의 존재여부 및 심도, 위치, 규모 등을 밝혀 낼 수 있다.

나. 유전상수

1) 전자기파의 특성

GPR은 전자기파를 단속적으로 발생시키고 수신하는 측정 장비로서 그 측정한계는 전자기파의 측정한계를 따른다. 전자기파가 안테나에서 방출되면 파동의 회절특성 때문에 진행 방향에 대해서 일정한 각도로 퍼져나가게 된다. 또한 매질내를 진행하면서 매질의 유전상수에 따라 그 진행속도와 매질에 대한 파의 에너지 흡수율에 차이가 발생된다.

유전상수는 진동수와 전도도에 비례하는 양으로, 전자기파의 매질내 속도는 아래의 수식과 같이 나타낼 수 있으며, 매질의 대한 파의 에너지 흡수율은 전도도에 비례한다.

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

v : 전자기파의 매질내 속도

c : 광속

ϵ_r : 유전상수

매질내 임의의 심도에서 파의 강도는 아래의 수식과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

α : 흡수율

x : 심도

또한 전자기파의 회절 때문에 심도가 깊어지면 분해능은 떨어지게 되는데 알려져 있는 분해능은 안테나에 수직방향으로 반파장이고, 수평방향으로는 다음 수식과 같다.

$$R_f = \sqrt{(\lambda r_o + 1/4x^2)}$$

λ : 파장

r_o : 측정 대상물의 심도

그러므로 파장이 짧으면 전체적인 분해능은 커질 수 있으나, 전자기파의 투과깊이는 파장에 비례하므로 낮은 심도밖에 조사 할 수 없는 단점이 있고, 깊은 심도의 물체를 확인함에 있어서 신호 처리에도 문제가 발생할 수 있다. 반대로 전자기파의 파장이 길면 투과깊이는 증가하나 정밀도가 떨어진다. 그러므로 측정에 있어서 적당한 안테나의 선택은 중요한 문제이다.

2) GPR에 사용되는 유전상수

전자기파가 하나의 매질에서 다른 매질로 진행할 때 매질경계면에서 다음의 현상이 일어난다. 전자기파의 일부는 입사각과 동일한 각도로 되돌아가고 나머지는 굴절하여 계속 다른 매질로 진행한다. 이때 반사되는 전자기파의 절대크기(반사도)를 측정하고 흡수도를 측정할 수 있으면 상대 굴절율을 계산할 수 있고 따라서 유전상수를 측정할 수 있다. 매질의 유전상수를 알고 있다면 매질 내 전자기파의 진행속도를 계산할 수 있고, 전자기파를 발신한 후 수신될 때까지 걸린 시간을 측정하면 대상물의 심도를 계산할 수 있다. 그러나 현실적으로 지반이 균일하지 않기 때문에 반사도와 매질 내 전자기파 에너지의 흡수도를 동시에 측정한다는 것은 불가능하므로 특정 목적물까지 전자기파가 도달하는 시간을 측정하여 역으로 유전상수를 계산한다. 다시 말하면 GPR 비파괴 검사법에서 사용하는 유전상수는 진동수에 관계없이 전자기파의 속도에만 의존하는 항으로 전환된 것이다. 물리학적으로 상대 유전율을 결정하는 방법은 캐패시터를 만들어 측정하는 방법이 있으나 이는 현장에서의 측정매질과 동일한 상태로 유지하기 어렵고, 지반인 경우 측정 당시 지하수위나 여러 조건으로 인하여(지반의 함수율 등) 실험실에서 측정한 데이터를 바로 적용시키기는 어렵다. 역으로 심도를 알고 있는 대상물에 대해서 유전상수를 구할 수 있으면 매질의 상태를 어느 정도 유추할 수 있다.

3) 매질의 유전상수

토목,건축과 관련된 주요 매질에 대한 상대 유전상수는 다음과 같다.

매 질	유 전 상 수	매 질	유 전 상 수
공기	1	얼 음	4
금속	1	만년설	1.5
물	81	아스팔트	5
마른콘크리트	5.5	젖은 콘크리트	12.5
마른모래	4	젖은모래	15
포화된모래	25	마른 Loamy/점토질토양	2.5
마른광물/젖은토양	6	유기체 토양	64
젖은 모래질 토양	23.5	결빙토양/영구동토	6
표석점토	11	토탄층	61.5
마른 점토	4	젖은 점토	27
마른 모래와 자갈	5.5	언 모래와 자갈	5
마른 화강암	5	젖은 화강암	6.5
화산재	13	젖은 현무암	8.5
알칼리 광석	5.5	마른 보크사이트	25
섬장암 반암	6	석탄	4.5
마른 석회석	5.5	젖은 석회석	8
젖은 사암	6	젖은 염	6

4) 유전상수를 구하는 방법

· 현장에서 구하는 방법

(1) 발신 안테나와 수신 안테나의 상대위치를 변화시켜서 측정하는 방법

CMP법은 측정하고자 하는 물체의 수평위치를 알고 있을 경우 유용한 방법이다. 측정대상물을 중앙에 두고 수신자와 발신자를 측정 대상물에서 동일한 간격을 유지하면서 여러 지점에서 데이터를 획득하여 전자기파의 이동거리에서 오는 시간 차이를 측정하여 유전상수 또는 Slowness를 측정하는 방법이다. 이 경우 발신자는 지향성을 두지 않게 되고 모든 방향으로 전자기파를 송신하게 된다. 그러므로 거리가 멀어지면 전자기파의 세기가 약해지고 반사파의 강도도 줄어들게 된다.

(2) 왕복시간을 측정하여 계산하는 방법

발신 안테나와 수신 안테나가 하나로 되어 있는 Monostatic 안테나에서 주로 사용하는 방법으로 전자기파가 심도를 알고 있는 물체에 도달하였다 되돌아오는데까지 걸린 시간을 측정하여 매질의 유전상수나 Slowness를 구한 후 전자기파가 발신 안테나를 떠나 수신 안테나에 도달한 시간과 이전에 측정한 유전상수 혹은 Slowness를 적용하여 심도를 구하는 방법이다. 이때 주의할 점은 보정 대상물은 심도가 정확히 알려져 있어야 하고, 실측이 가능한 상태에 있어야 하며, 측정하고자 하는 대상물과 동일한 매질에 존재하여야 한다. 만일 이 조건을 만족시키지 못하면 데이터는 경험에 의해서 분석하여야만 된다.

· 실험실에서 구하는 방법

실험실에서 유전상수를 구하는 가장 간단한 방법은 캐패시터 즉 축전기를 이용하는 방법이다. (물론 유전상수는 진동수에 관계된 항이지만 정전기적인 방법으로 구한 값과 오차한계내에서 차이가 발생되지 않는다. 캐패시터 양단에 일정한 전위(V)를 걸어 캐패시터를 충전한 후 전원을 단락 시키고 측정하고자 하는 시료를 캐패시터 내부에 삽입한다. 그러면 캐패시터 내부에 충전된 전하량을 일정하게 유지하기 위하여 전압(V')이 하강한다. 이 전압비가 유전상수이며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\epsilon_r = \frac{V}{V'}$$

이 방법을 이용하려면 현장에서 교란되지 않은 시료를 채취해야 한다. 그런데 현장에서 실측한 조건이 아니므로 지반탐사에 적용시킬 수 있는지는 미지수이나 구조물탐사에는 어느 정도 유용하리라 생각된다.

다. 안테나의 측정 한계

1) 안테나의 주파수에 따른 측정 한계

지반이나 구조물을 탐사하는 경우 적당한 안테나의 선택은 중요한 문제이다. 일반적으로 저주파일수록 지반에 대한 투과율이 좋고 동일한 진동수의 파장이라면 안테나의 출력이 큰 편이 지반 침투율이 좋아진다. 안테나의 측정 한계는 각 회사마다 다르며 본사에서 보유하고 있는 Zonc-12e에서 제공하는 자료에 따르면 주파수별 안테나의 측정심도는 다음과 같다. 단, 이것은 실험데이터로 절대적인 것은 아니며 매질에 따라 차이가 있다.

구 분	안 테 나						
Parameter	1.5GHz	900MHz	500MHz	300MHz	150MHz	75MHz	38MHz
Resolution,m	0.06~0.1	0.2	0.5	1.0	1.0	2.0	4.0
Blind Zone, m	0.08	0.1~0.2	0.25~0.5	0.5~1.0	1.0	2.0	4.0
Deph, m	1.5~2	3~5	7~10	10~15	7~10	10~15	15~30

2) 대상물의 크기에 따른 측정 한계(분해능)

안테나의 파장에 따라 전자기파의 투과 깊이에 한계가 있기 때문에 진동수가 큰, 즉 파장이 짧은 안테나를 이용해서 깊은 심도의 대상물을 탐사하기는 어렵다. 그러므로 깊은 심도의 대상물을 탐사하기 위해서는 긴 파장의 안테나를 이용해야 하는데 파장에 따른 안테나의 분해능은 다음과 같다.

(1) 수평방향 분해능

수평 방향의 분해능은 첫 번째 Fresnel Zone의 0% 이고 이를 알기 위해서는 Relative Permittivity를 알고 있어야 한다.

(2) 수직방향 분해능

수직방향의 분해능은 반파장으로서 다음과 같이 계산할 수 있다. 먼저 진동수에 따른 전자기파의 1파장에 소요되는 시간은 진동수의 역수로서

$$\lambda_t = \frac{1}{f_c} \times 10^9 (ns/s) \quad (ns)$$

이고, 특정 매질에서의 1파장의 길이는

$$\lambda_t = \frac{\lambda_t \times c}{10^9 (ns/s) \times \sqrt{\xi_r}} \quad (cm)$$

여기서, λ_t : 전자기파의 1파장 (ns)

λ_l : 매질 내에서의 1파장 (cm)

f_c : 진동수 (Hz)

c : 광속 (3.0×10^{10} cm/s)

ξ_r : 유전상수(상대 유전율)

로 나타낼 수 있으며 분해능은 파장의 반이므로 쉽게 유추할 수 있다.

진동수		1파장(ns)	매질내에서의 1파장(cm)			비 고
			공기중 (유전상수 1)	마른 사질토 (유전상수 4)	콘크리트 (유전상수 6)	
2,500MHz		0.4	1	2	10	
1,000MHz		1	30	60	300	
500MHz		2	15	30	150	
100MHz		10	1.22	24.5	122.5	
M L F	80MHz(120cm)	12.5	375	187.5	153.1	
	40MHz(240cm)	25	750	375	306.2	
	32MHz(360cm)	31.25	937.5	468.8	382.7	
	20MHz(480cm)	50	1,500	750	612.4	
	16MHz(600cm)	62.5	1,875	937.5	765.5	

라. GPR 탐사의 문제점

GPR 장비는 전자기파를 단속적으로 발신하고 수신하는 장비로서 측정시간은 나노초(ns) 즉 10^{-9} 초의 단위를 사용한다. 그리고 매질경계면에서 반사도는 두 매질간 굴절율차에 의존하게 된다. 그리고 파의 성질상 지향성 안테나라도 어느 정도 각을 이루고 파를 송신·수신하게 되고, 특정한 방향에 대한 파의 세기는 거리에 따라 제곱 항으로 줄어들게 된다.

또한 파가 매질에 흡수되어 계획된 대로 심도를 구하지 못할 가능성도 있다. 이러한 문제점으로 인하여 데이터의 오분석이 발생할 여지가 많고, 어느 정도 측정대상물에 대한 정보를 알지 못하면 전혀 분석을 할 수 없을 경우도 발생하며 매질 경계면에 따라서는 분석할 만한 반사파가 검출되지 않는 경우도 발생할 수 있다.

1) 파의 회절

Bistatic 안테나의 경우 임의성을 가지므로 전자기파가 전 방향에 대해서 동일한 세기로 송출되고 Monostatic 안테나인 경우 지향성을 가지므로 특정한 방향에 대한 세기가 다른 방향보다 강하게 송출된다.

파는 매질을 통과하면서 그 일부가 매질에 흡수되어 세기가 점차로 줄어들게 되고, 또한 회절과 송신각 때문에 세기는 줄어들게 된다. 그러므로 파를 수신할 때 파의 세기를 일정한 시간 비율로 증폭하여 수신하게 되는데 (GSSI사 제품만 그러하고 Zond-12e 제품은 수신할 때 증폭을 하지 않고 데이터 처리 과정에서 증폭을 한다.) 이 증폭률은 기기의 성능에 따라 다르다.

지하매설물이나 지층경계면이 존재한다고 예상되는 구역에 대해서 증폭률을 강하게 주어야 한다. 그렇지 않으면 구별하기가 어렵고 좋은 데이터를 수신하였다 하더라도 놓치기 쉽다. 그런데 수신된 데이터를 증폭하는 과정에 있어서 동일한 시각에 발신 안테나에서 송신된 파가 경로차에 의해서 동일한 매질에 있는 단일 지하매설물이나 지층경계면이 2개 이상 존재하는 것으로 보여질 수 있고 또한 이러한 시간차 때문에 서로 간섭을 일으켜 지층 또는 지하매설물을 구별하기가 어려울 때도 있다.

이 현상은 피할 수 없는 것이며, 데이터를 분석할 때 사전정보가 없다면 심도를 변화시키거나 증폭률을 변화시킨 데이터가 최소한 2개 이상이 있어야 분석할 수 있을 것이다. 이때 2개 이상의 데이터에서 공통된 부분을 찾는다면 증폭에 대한 오분석을 줄일 수 있으나, 그래도 너무 작은 반사파는 식별하기 어렵다.

2) 유전상수(매질의 불균일성)

매질을 진행하던 전자기파가 다른 매질로 입사하면 반사파가 생기는데 이때 두 매질간 굴절률 혹은 유전상수차에 의해서 반사파의 강도가 결정된다. 그런데 매질의 유전상수를 보면 금속과 공기, 물을 제외하고는 토층이나 구조물을 형성하는 매질인 모래, 아스팔트, 콘크리트, 점토, 자갈, 암석 등 대부분이 4 ~ 8 사이의 상대 유전상수를 가지고 있고 또한 물이라는 변수에 따라서 유전상수가 변하므로 반사파의 강도가 극히 미약할 수 있다.

또한 금속이라고 하더라도 표면에 피복이 되어 있거나 공기, 즉 공동이라고 하더라도 그 공동의 크기가 진동수와 비교하여 극히 작을 경우 반사파의 강도가 작게 된다. 또한 지층 경계면도 마찬가지로 구별하기 어려울 수 있다. 더욱이 지층 경계면은 단단한 암반인 경우를 제외하고는 경계면이 선으로 형성되는 것이 아니고 한 매질에서 다른 매질로 천천히 전이하고 유전상수도 매질경계면에서 천천히 변하므로 더욱 구별하기가 어렵다. 그러므로 이 경우 지하매설물이나 지층은 반사도 보다는 오히려 그 반사패턴으로 구별하는 것이 용이하다. 그러나 이는 사전에 어느 정도 조사된 자료가 있어야 효율적이다. 그리고 다분히 경험에 의할 수밖에 없다. 예를 하나 들면 지하에 매설되어 있는 콘크리트 관은 이 관에서 반사되는 반사강도보다 관내의 공간에 대한 반사 패턴으로 구별할 수 있다.

3) 수분

지하에 있는 매질 중 그 상대 유전상수차가 가장 큰 것은 물이다. 물이 지하나 지표에 있는 경우, 반사파의 강도가 상당히 크고 또한 큰 반사파는 안테나에서 다시 반사되어 연속 반사를 이룬다. 그러므로 물이 존재하는 경우, 이것이 지표에 있으면 물 하면에 대한 정보는 얻기 어렵다. 그러나 지하에 있는 경우에는 반사파의 강도가 크지 않으므로 물 하면에 대한 정보도 얻을 수 있다. 그러므로 지하에 지하수가 존재하는 경우는 탐사가 가능하다.

그리고 수분이 다량 함유되어 있거나 포화 상태인 매질 내에서의 지하매설물 탐사는 수면 반사 때문에, 그리고 염분이 함유된 물인 경우 파의 세기가 급격하게 감소함으로써 측정이 어렵다. 그런데 지하수는 물이 단속적인 면을 이루고 있지 않고 주변 매질에 흡수되게 된다. 그러면 매질에 대한 유전상수가 매질의 유전상수에서 물의 유전상수로 선형적으로 변화하게 되고 이 경우 매질 경계면이 모호해져 탐사가 어려워진다.

콘크리트 구조물의 경우 토층과 콘크리트가 오랜 기간 접촉되어 있어 콘크리트의 함수율이 높아지면 그 경계를 찾기가 어렵다. 이 경우 구조물의 경계면 보다는 구조물내의 철근 반사를 이용하여 구조물을 확인한다.

4) 표면 반사

GPR 탐사법을 현장에서 적용하면 대부분의 표면 반사는 유전 상수가 크면 반사가 커지나 경우에 따라서 표면 반사가 매우 강한 경우가 있다. 이는 표면의 마감상태에 따라서 달라지는데 표면에 물이 있거나 유리, 대리석, 또는 이와 유사한 매질에 의해 표면이 매끈하게 처리된 표면의 반사는 매우 강하다.

표면 반사가 심한 경우 전자기파의 반사량이 투과량에 비해서 매우 크기 때문에 표면 하부의 상태가 전혀 측정이 불가능한 경우도 있고, 또한 표면 반사 강도가 크다는 것은 투과파의 파장이 작다는 것이므로 측정 심도가 더욱 작아질 수 있다. 이 경우 과도하게 신호를 증폭해야 하기 때문에 오분석의 소지가 많다.

마. 측정 방법

1) 초기 조건 설정

(1) 측정 시간 범위 (Range) 설정

GPR 장비는 전자기파를 발신하고 대상물에서 반사되어오는 반사파를 수신하여 지하특성을 밝히는 장비이다. 이 경우 발신에서부터 수신까지의 시간을 무한정 길게 설정할 수 없기 때문에 대상물이 있는 심도가 적절한 시간 범위 내에 들어오게 설정해야 한다.

그러나 시간을 너무 길게 설정하면 대상물이 시간 범위 내에 들어온다 하더라도 구별할 수 없게 되므로 대상물의 위치가 화면의 수직방향으로 2/3 정도 위치 내에 오도록 설정하는 것이 중요하다. 이 경우 가장 좋은 데이터를 획득할 수 있다. 그런데 대상물의 위치를 알지 못하는 경우, 측정 시간 범위를 크게 잡고 대상물의 대략적 위치를 유추한 후, 적절하게 시간 범위를 줄여 주어야 하나 이러한 측정 방법은 많은 시간을 필요로 한다. 그리고 유추가 잘못되는 경우 대상물이 시간 범위 내에 들어오지 않을 수도 있다.

참고로 GPR 측정시간 범위를 설정하는 방법은 다음과 같다.

$$\text{Range} = 1.5 \times D \times S \text{ (ns)}$$

여기서 D는 관심 있는 최대깊이를 나타내고, S는 표면층 매질의 양방향 지체량(Slowness)을 나타낸다. 그러나 이 값들은 단지 추정치이며 정확한 양방향 지체량은 추정치에서 벗어날 수 있음을 감안하여야 한다.

효과적인 측정 시간 범위의 설정을 위해 주의할 점은 충분한 사전조사를 통해 측정대상물의 개략적인 위치, 주변 매질의 상태 등 최소한의 정보를 확보해야 한다는 것이다.

(2) 증폭도 (Gain) 설정

시간범위가 설정되면 증폭점을 설정하고 증폭도를 주어야 하는데, 이는 전자기파의 세기가 심도에 따라서 약해지기 때문이다. 증폭도를 결정하기 위해서는 안테나의 위치를 상이한 매질이 없는 지역, 즉 매질이 균질한 지역을 선택해서 위치시킨다. 이때 반사파의 강도가 30~70% 정도로 설정해 놓으면 분석프로그램을 이용하여 약간의 증폭률을 변경해 줄 수 있다.

균질한 매질에 안테나를 위치시키는 이유는 상이한 매질이 매설된 위치에 안테나를 위치시키는 경우, 그 반사로 인하여 이 부분의 증폭도를 감소시키게 되고 그 결과 매설물이 없는 부분에서는 반사파의 세기가 작아져 분석할 수가 없기 때문이다. 다시 말하면 초기 증폭률을 설정하는 것은 파가 매질을 진행하면서 감소되는 세기만큼 증폭으로 보상해 준다는 의미이다.

2) 측정선의 설정

GPR 장비는 반사파의 절대 세기를 측정하는 것이 아니라 반사파의 상대 세기를 측정하는 장비이므로 하나의 측선에 대해서 반사파의 강도가 변화될 수 있도록 측정선을 선정해 주어야 한다. 그리고 측선길이는 안테나의 지향각을 고려하여 충분히 반사파의 강도에 차이가 발생하는 거리까지여야 한다. 예를 들면 지하에 매설되어 있는 관 종류는 관의 방향과 직각이 되도록 측선을 설정해 주어야 하고, 이때 측선 길이는 관의 심도와 안테나의 지향각을 고려해서 설정한다. 콘크리트 부재의 철근에 대해서도 마찬가지로 철근의 방향과 직각방향으로 안테나를 이동시킨다.

지층을 탐사하는 경우, 지층의 심도가 변화되는 선을 따라서 측정선을 설정해 주는 것이 유리하고 이 경우 좀 더 정확한 자료를 확보하기 위해서 초기측선의 직각 방향으로 두군데 이상 측선을 설정하여 측정하는 것이 바람직하다.

3) 안테나의 이동 속도

GPR 장비에서 발신된 전자기파를 수신하는데 걸리는 시간은 100 MHz의 안테나를 이용하여 최대심도를 측정할 경우라 하더라도 500 ns 즉 10-6초밖에는 되지 않는다. 또한 각 Pulse는 초당 약 32 Scan이므로 한 Scan당 시간은 10-2초이다. 즉 안테나를 이동하는 경우 시간당 100 km로 이동한다 하더라도 10-4초 내의 이동거리는 약 3 cm 정도이다. 그러므로 안테나의 이동 속도가 데이터를 수신하는데 있어서 큰 장애가 되지 않을 것으로 계산되지만 실제로 측정해 보면 반사파의 형태가 흐려지거나 짧아져서 매질경계면의 구별이 어렵게 된다. 또한, 너무 느리게 안테나를 이동시키면 작은 매설물이 길이 방향으로 너무 길게 측정되어 데이터를 분석하기가 어려워진다. 그러므로 이 안테나 이동 속도는 다분히 경험에 의해서 현장에서 처리하여야 한다. 안테나를 이동하면서 지하매설물이나 지층의 반사형태가 예상된 형태로 출력되는가를 확인한 후 이동속도를 조절해 주어야 한다.

바. GPR 장비에서 사용되는 특성

GPR은 그 측정대상물에 따라 약간의 차이를 보이고 있는데 가장 일반적인 경우가 수신 안테나와 발신 안테나가 함께 있는 Monostatic 안테나와 분리할 수 있는 Bistatic 안테나가 있다. Monostatic 안테나는 심도나 유전상수를 결정하는데는 문제가 있으나 빠른 시간 내에 측정이 용이하고 안테나 사이 거리가 최적조건으로 맞추어져 있다는 장점이 있고 Bistatic 안테나는 안테나 사이 거리를 조절해서 얻을 수 있는 데이터가 풍부한 대신에 조절해 주어야 하는 변수가 많고 외부 방해 전자기파로부터 안테나를 차폐하기 어려운 단점이 있다.

또한 GPR에서 보내는 전자기파의 파장이 반 파장, 한 파장, 한 파장 반 등이 있는데 한 파장 반을 이용하는 GPR인 경우 인접되어 있는 지층이나 구조물을 식별하기는 어려우나 매질 경계면에서 반사파의 위상변화로 매질의 상대크기를 유추할 수 있는 장점이 있고, 반 파장은 인접해 있는 구조물의 탐색에 유리하지만 위상의 변화로서 유추할 수 있는 가능성이 적고 오분석의 소지가 크다.

그리고 분석 프로그램에서 보면 특정한 모양의 데이터를 부각시키고, 작은 반사강도를 부각시키거나 큰 반사강도만을 부각시킬 수 있도록 되어 있으나 이는 대상구조물이나 지층의 확인이 끝난 후나, 전혀 예측하지 못한 결과를 유추할 때 유용하다. 전혀 예측하지 못한 결과를 이것을 이용하여 처리할 경우 작은 변화에도 주목하여야 한다.

사. 측정한계를 넘는 측정

GPR 측정에서 획득하는 데이터는 단지 상대 반사도와 시간뿐이다. 이것으로 모든 상황을 물리학적으로 설명할 수는 없겠지만 상황 중 일부를 알고 있다면 일부를 유추할 수 있을 것이다.

(1) 매질에 따른 유전상수는 그의 전기적 성질도 중요하지만, 수분과 공극의 함량도 변수로서 작용한다. 예를 들면 마른 모래일 경우보다 수분의 함량이 많은 모래가 유전상수가 크고 모래보다 밀도가 큰 사암의 경우가 유전상수가 크다. 이 성질을 이용하면 콘크리트를 측정하는 경우 유전상수가 크게 되면 콘크리트에 수분이 많이 함유되어 있거나 밀도가 큰 경우이다.

(2) 물을 제외하면 금속은 그 반사도가 다른 구조물이나 지층보다 크다. 그러나 금속이 부식되어 있거나 금속에 피복이 씌어져 있는 경우에 그 반사도는 보통의 금속보다 현저히 줄어들게 된다. 그러므로 지하층 슬래브를 측정하거나 지중보를 측정할 경우 금속 반사가 뚜렷하지 않으면 이 경우를 고려해 보아야 할 것이다. 특히 한 측정선에서 동일한 조건으로 측정할 경우에는 이 경우가 타당할 것이다. 지하수위의 변화를 주시하면 보다 정확한 값을 유추할 수 있을 것이다.

(3) 토관을 측정할 경우, 토관의 유전상수가 지반과 차이가 없으므로 반사파가 뚜렷하지 않다. 증폭률을 크게 하지 않았을 경우에도 반사파가 뚜렷하면 이 반사는 물에 의한 반사로 보는 것이 타당하다. 실례로 하수관에 물이 없는 경우에는 하수관의 반사는 공동 반사로 그 형태를 알아보기 어려우나 물이 존재하는 경우에는 좀 더 뚜렷한 반사를 얻을 수 있다. 이는 동일한 측정조건을 유

지한 다른 데이터가 뒷받침되어야 함에 주의해야 한다.

(4) 금속인 경우, 금속의 전위가 0이 되므로 해서 전자기파의 진행방향이 금속관 쪽으로 휘게 되고 표면 반사가 일어난다. 그러므로 다른 종류의 매질보다 반사형태가 크게 나오고 경우에 따라서는 독립되어 있는 금속배열이 연속된 것처럼 보이기도 한다.

(5) 반사가 불확실하고 매설물이 연속적으로 되어 있는 경우, 일정한 패턴이 연속되는 지점에서 가장 확실한 위치를 확인할 수 있다. 예를 들면, 터널의 지보재가 일정한 간격으로 되어 있을 때 한 파장 반을 이용하는 GPR인 경우 반사패턴은 음영으로 수직방향으로 세 개가 나타나고 이들 패턴 모두가 뚜렷하게 확인될 수는 없다. 그러므로 동일한 간격으로 패턴이 보이는 쪽으로 위치를 확인해야 한다.

(6) 한 파장 반을 이용하는 경우, 매질경계면에서 위상의 변화를 확인할 수 있다. 유전상수가 큰 쪽으로 입사할 때와 유전상수가 작은 쪽으로 입사할 때 위상차이가 있으므로 현 매질과 다른 매질의 유전상수 상대 크기를 알 수 있다.

(7) GPR 측정에서 매질이 어떤 종류인지는 알 수 없지만 인접 구간과 비교하여 어떤 한 구간의 반사가 횡수와 크기에서 적으면, 예를 들면 관을 매설해 놓았는데 매설된 지점에서 큰 반사가 측정되지 않는다면 이 부분은 동일한 매질로 다짐을 하였다고 유추할 수 있을 것이다. 이는 다만 유추일 뿐이다.

아. GPR 자료해석 방법

1) 자료처리

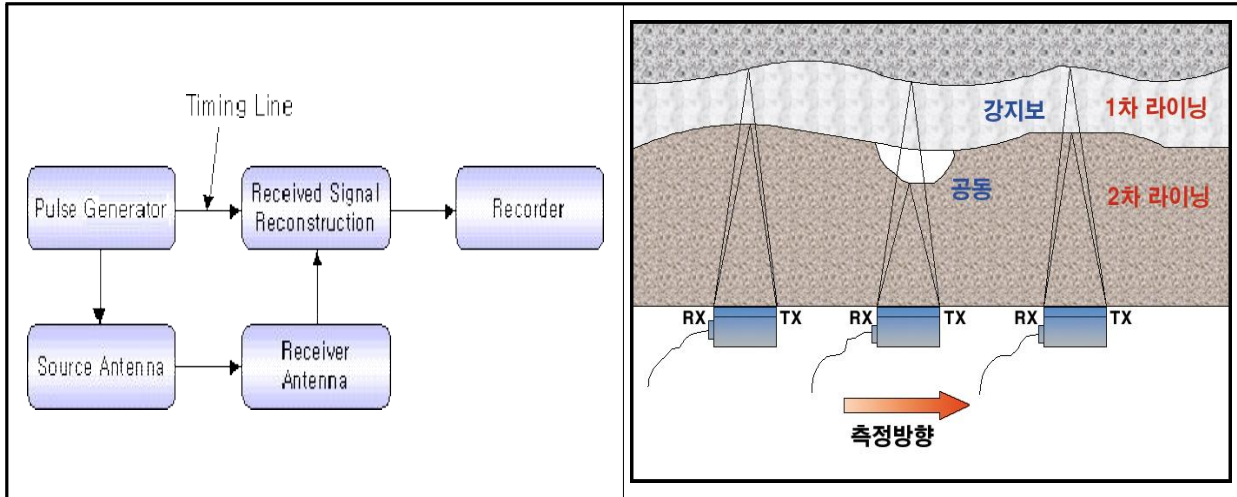
획득한 자료는 Zond-12e 분석 프로그램인 Prism(ver.2.5)를 이용하여 HP-filter, Background Removal, Deconvolution 등의 자료처리를 실시하였다.

처리된 탐사자료를 최종적으로 심도전환(depth conversion)하기 위해서는 라이닝 내부의 전자파 전파속도를 결정해야 하는데 탐사 대상 구간이 길고 같은 콘크리트라도 각 부분이 가진 전기적 물성의 차이에 의해 전파속도가 차이가 난다. 따라서 전체 탐사측선의 각 위치에서 전파속도를 알아낸다는 것은 현실적으로 불가능하다.

본 탐사에서는 육안으로 라이닝의 두께 및 공동의 깊이를 확인할 수 없었고 따라서 콘크리트 라이닝 내부를 전파하는 전파속도를 80mm/ns(유전상수: 6.2)로 추정하여 이를 대표값으로 심도전환을 실시하였다. 따라서 본 보고서에서 언급되는 라이닝의 두께 등은 약간의 오차를 포함하고 있을 수 있다.

GPR 자료에서 수평축은 안테나의 이동거리를 나타내고 수직축은 전자기파의 이동시간을 거리로 환산한 심도를 나타낸다. 나타난 색상은 전자기파가 매질경계면에서 반사된 반사강도를 나타내는데 반사강도의 크기에 따라 색깔로서 나타내게 된다. 그런데 그 반사강도는 우리가 조절을 해

줄 수 있는 양이므로 색상이 중요하다기 보다는 인접부분과의 색상차이, 즉 반사강도 차이가 중요하며, 파형의 패턴을 활용하여 분석하는 것이 더욱 적절하다.



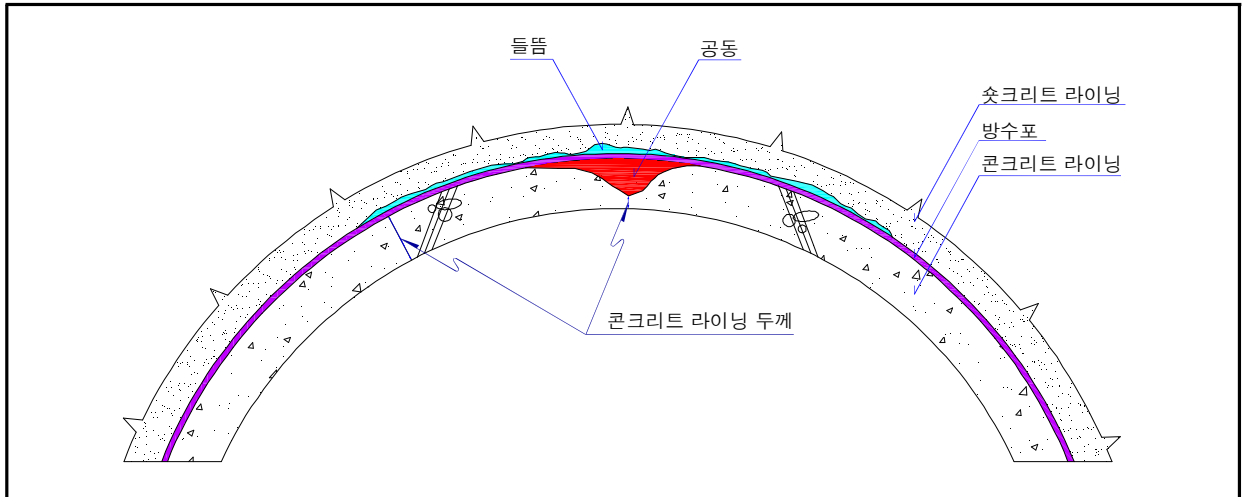
【GPR의 기본 신호처리 시스템 및 탐사 모식도】

2) 자료분석

(1) 콘크리트 라이닝 두께

콘크리트 라이닝 내부의 경계면 즉, 라이닝과 숏크리트의 경계면은 연속적인 반사면으로 작용하여 전자파를 반사시키므로 반사 신호의 왕복도달시간으로 라이닝의 두께를 알 수 있다. 그러나 기본적으로는 라이닝과 숏크리트의 상대유전율이 4~8로 매우 비슷하기 때문에 각 경계면들이 잘 밀착되어 있고 함수율의 변화가 미미하다면 각 경계면에서의 반사강도가 크지 않아 그 경계면을 탐지하기가 매우 곤란하다. 그러나 만일, 경계면들 사이에 공동 또는 경계면의 들뜸 현상 및 함수율의 급격한 변화 등 에너지를 많이 반사시켜주는 이상대(anomalous zone)가 존재하면 경계면은 쉽게 탐지될 수 있다. 또한 터널 배면의 강지보재가 암반과 콘크리트 라이닝 사이에 시공된다는 점을 고려하여 탐사된 강지보재의 위치를 분석한다면 콘크리트 두께에 대한 정보를 취득할 수 있다. 대부분 터널의 탐사에서는 이러한 현상을 이용하여 콘크리트 라이닝의 경계면을 탐지하고 라이닝의 두께를 분석한다.

결론적으로 라이닝과 숏크리트의 경계면에서 전술한 이상대와 강지보재에 대한 정보가 있으면 대부분 쉽게 콘크리트 라이닝의 두께를 알 수 있다. 그러나 라이닝과 숏크리트는 에너지반사율에 가장 큰 영향을 미치는 상대유전율이 비슷하고(암반: 4~7, 콘크리트: 6~8) 함수비의 변화가 거의 없고 투과하던 에너지의 대부분이 감쇠, 반사 및 회절현상으로 라이닝과 암반이 경계면에 도달하는 에너지가 미미하고 강지보재에 대한 신호가 없다면 탐지가 매우 곤란하다.



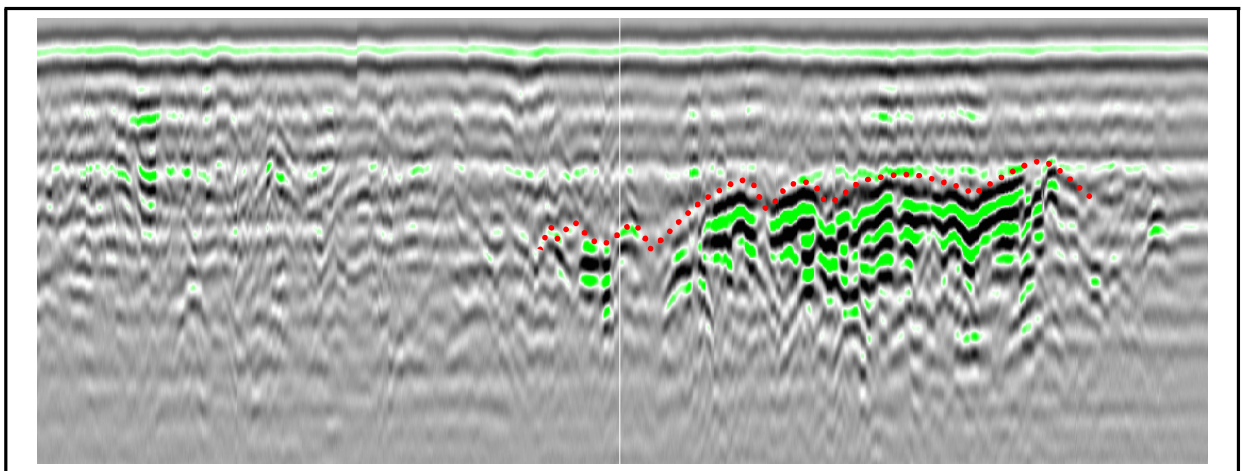
【콘크리트 라이닝 경계면 탐사 모식도】

(2) 공동

공동이 콘크리트 라이닝 배면에 존재한다면 공동에서 반사되는 신호는 다음과 같은 양상을 나타내고 이와 같은 특징을 이용하여 공동구간을 탐지한다.

- ① 공동의 상부 경계면에서 강한 반사 신호가 발생한다.
- ② 공동내부에서 속도가 콘크리트에서보다 3배 빠른 다중 반사 신호가 나타난다.
- ③ 공동의 양 끝단에서 회절신호가 발생한다.
- ④ 불규칙한 공동경계면에서 많은 산란 회절신호가 발생한다.

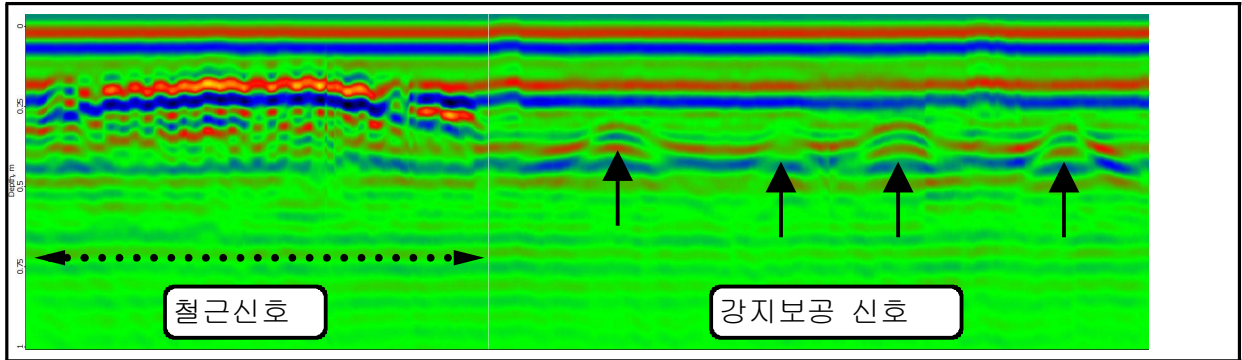
⑤ 공동은 전자기적으로 매우 균질한 전파매질이고 공동에서 전자파의 속도가 빠르므로 공동 자체의 깊이에 따라 약간의 차이는 있지만 고주파가 중첩되어 공동영역 하부에는 저주파수 특성이 강하게 나타난다.



【공동 탐사 예】

(2) 철근, 지보공

철근은 콘크리트와 전기적 물성의 차이가 큰 탐사대상체로, 철근의 끝단에서 회절신호가 합쳐지면서 포물선 모양의 반사 신호가 매우 강하게 나타나며 동일한 모양의 다중 반사 신호를 나타내므로 쉽게 탐지가 가능하다.



【철근탐사 예】

3.6.3 탐사결과

가. 설계도면 검토

GPR 탐사 결과와 설계도서를 비교·분석하여, 시공의 적정성 여부를 판단하였으며, 설계도면에 나와 있는 평호터널의 지보패턴은 다음과 같다.

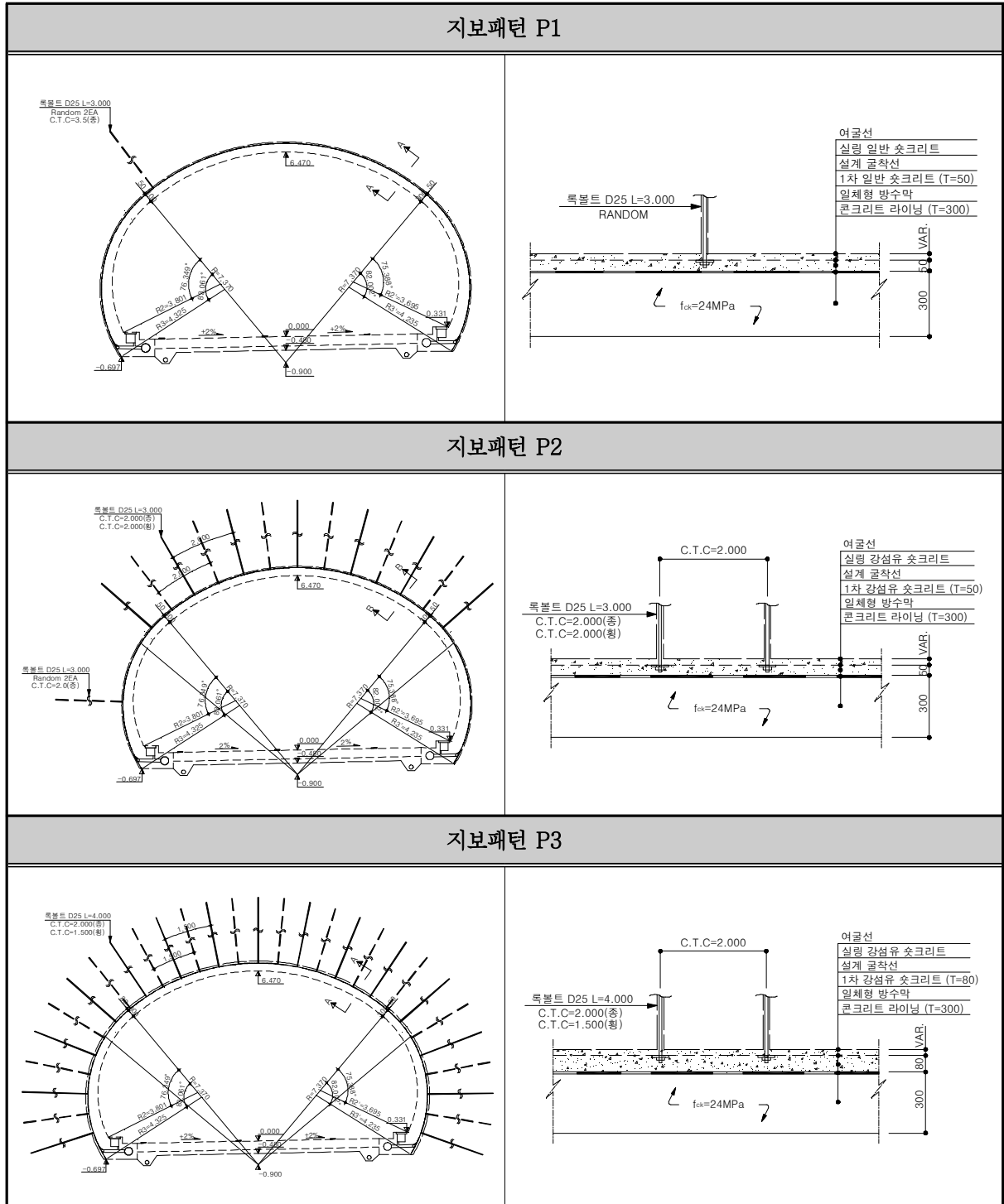
1) 대상 터널의 표준 지보패턴

【터널의 지보패턴】

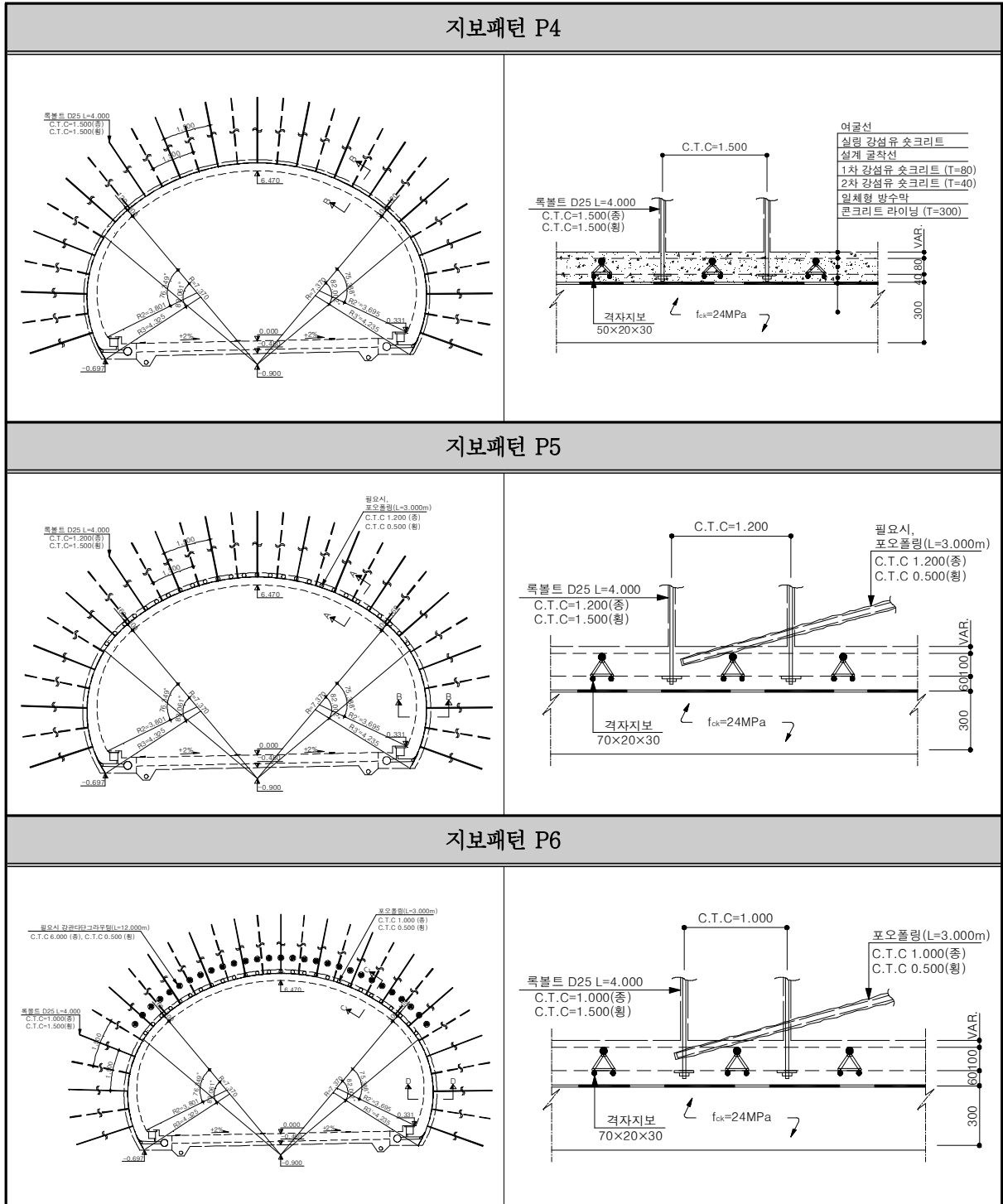
구분	라이닝두께 (mm)	강지보공	락볼트		
			길이	종방향간격	횡방향간격
지보패턴 P1	300	—	3.0m	Random	Random
지보패턴 P2	300	—	3.0m	2.0m	2.0m
지보패턴 P3	300	—	4.0m	2.0m	1.5m
지보패턴 P4	300	격자지보 (50×20×30)	4.0m	1.5m	1.5m
지보패턴 P5	300	격자지보 (700×20×30)	4.0m	1.2m	1.5m
지보패턴 P6	300	격자지보 (700×20×30)	4.0m	1.0m	1.5m

2) 대상 터널의 표준 지보패턴도

【터널의 지보패턴도-1】



【터널의 지보패턴도-2】



나. 라이닝 두께

터널 배면의 강지보재가 암반과 콘크리트 라이닝 사이에 시공된다는 점을 고려하여 탐사된 강지보재의 위치를 분석한다면 콘크리트 두께에 대한 정보를 취득할 수 있다. 대부분 터널의 탐사에서 이러한 현상을 이용하여 콘크리트 라이닝의 경계면을 탐지하고 라이닝의 두께를 분석한다. 또한, 콘크리트 라이닝 두께 산정시 깊이(Depth)는 매질의 유전상수 값에 달라지는데 콘크리트는 일반적으로 종류 및 상태에 따라 4~9정도의 범위를 가지나 대상터널 조사 분석시에는 일반적인 콘크리트에 적용하는 “6.2”를 일률적으로 적용하였으므로 약간의 두께 오차는 존재할 것으로 사료된다.

1) 평호터널(상주방향)

【평호터널(상주방향) 라이닝 두께(1)】

Span No.	라이닝 두께 상태(mm)		철근유무	지보패턴	비 고
	측정치	설계치			
1 ~ 5	300~320	300	1~5:철근	P6	1:개착 4:Jet Fan
6 ~ 9	290~310	300	6~9:철근	P6	
10 ~ 13	300~330	300	10:철근	P6,P4,P2	
14 ~ 17	300~320	300	15:철근	P2	15:Jet Fan
18 ~ 21	300~330	300		P2	
22 ~ 25	290~340	300	24~25:철근	P2,RP1	24:횡갱 25:Jet Fan
26 ~ 29	310~340	300		P2	
30 ~ 33	300~320	300		P1	
34 ~ 37	300~330	300	35:철근	P1	35:Jet Fan
38 ~ 41	290~310	300		P2	
42 ~ 45	310~340	300		P2	
46 ~ 49	300~330	300	49:철근	P2,RP1	49:횡갱
50 ~ 53	310~340	300	50:철근	P1	

【평호터널(상주방향) 라이닝 두께(2)】

Span No.	라이닝 두께 상태(mm)		철근유무	지보패턴	비 고
	측정치	설계치			
54 ~ 57	300~330	300		P1	
58 ~ 61	300~320	300		P1,P2	
62 ~ 65	290~310	300		P2	
66 ~ 69	260~330	300		P2	
70 ~ 73	270~320	300		P2	
74 ~ 77	290~340	300	74:철근	P2,RP1,P1	74:횡갱
78 ~ 81	250~330	300		P1	
82 ~ 85	300~330	300		P1	
86 ~ 89	290~310	300		P2	
90 ~ 93	310~340	300		P2	
94 ~ 97	300~330	300		P2,P1	
98 ~ 101	300~340	300	99:철근	P1,RP1,P2	99:횡갱
102 ~ 105	300~330	300		P2	
106 ~ 109	310~340	300		P2	
110 ~ 113	300~330	300	111~112:철근	P2,P5,P2	
114 ~ 117	300~320	300		P3	
118 ~ 121	260~340	300		P3,P2	
122 ~ 125	290~310	300	123~125:철근	P2,RP1,P1	124:횡갱
126 ~ 129	300~340	300		P2	
130 ~ 133	300~320	300		P2	
134 ~ 137	300~340	300		P2,P3	
138 ~ 141	300~330	300		P4,P5	
142 ~ 145	300~340	300		P5,P4,P3	
146 ~ 149	310~340	300	149:철근	P3,RP2	149:횡갱
150 ~ 153	290~310	300		P2	
154 ~ 157	300~330	300		P2	
158 ~ 161	290~340	300		P1	
162 ~ 165	300~340	300		P2	
166 ~ 169	300~320	300	168:철근	P2,P3	168:Jet Fan
170 ~ 173	300~330	300	172:철근	P3,RP2	172:횡갱
174 ~ 177	300~340	300	177:철근	P4	177:Jet Fan
178 ~ 181	290~310	300		P4,P3	
182 ~ 185	300~340	300		P3,P2	
186 ~ 189	300~320	300		P2,P3	187:Jet Fan
190 ~ 193	300~330	300		P3,P4	
194 ~ 198	300~340	300	195~198:철근	P3,P6	198:개착

2) 평 호 터 널 (영 천 방 향)

【평호터널(영천방향) 라이닝 두께(1)】

Span No.	라이닝 두께 상태(mm)		철근유무	지보패턴	비 고
	측정치	설계치			
1 ~ 5	310~320	300	1~4:철근	P6,P4	1:개착 4:Jet Fan
6 ~ 9	300~310	300		P3	
10 ~ 13	310~330	300		P3,P4	
14 ~ 17	300~320	300	14:철근	P4	14:Jet Fan
18 ~ 21	300~340	300	20:철근	P3,P2,RP1	20:횡갱
22 ~ 25	290~320	300	24:철근	P3	24:Jet Fan
26 ~ 29	310~330	300		P3,P2	
30 ~ 33	300~310	300		P1,P2	
34 ~ 37	300~310	300		P3	
38 ~ 41	290~300	300		P3,P2	
42 ~ 45	310~340	300	43:철근	P2,RP1	43:횡갱
46 ~ 49	310~330	300		P2	
50 ~ 53	310~320	300		P2	
54 ~ 57	260~330	300		P2,P3	
58 ~ 61	310~320	300		P3,P2	
62 ~ 65	290~310	300		P2	
66 ~ 69	300~310	300	67~68:철근	P2,RP1	68:횡갱
70 ~ 73	300~340	300		P2	
74 ~ 77	290~330	300		P3	
78 ~ 81	300~320	300	78~80:철근	P3,P5	
82 ~ 85	300~310	300		P3	
86 ~ 89	290~300	300		P3	
90 ~ 93	310~330	300	93:철근	P3,RP1	93:횡갱
94 ~ 97	270~320	300		P2	
98 ~ 101	260~330	300		P2	
102 ~ 105	300~330	300		P2	
106 ~ 109	280~330	300		P2	
110 ~ 113	300~340	300		P2	
114 ~ 117	260~330	300		P1,P2	
118 ~ 121	290~320	300	118:철근	RP1,P2	118:횡갱

【평호터널(영천방향) 라이닝 두께(2)】

Span No.	라이닝 두께 상태(mm)		철근유무	지보패턴	비 고
	측정치	설계치			
122 ~ 125	300~320	300		P2	
126 ~ 129	300~330	300		P2	
130 ~ 133	300~340	300		P2	
134 ~ 137	250~330	300		P2,P1	
138 ~ 141	300~320	300		P1	
142 ~ 145	300~310	300	142~143:철근	P1,RP1,P2	143:횡갱
146 ~ 149	310~330	300		P2	
150 ~ 153	290~320	300		P2	
154 ~ 157	300~320	300	154:철근	P2	154:Jet Fan
158 ~ 161	320~330	300		P2	
162 ~ 165	260~330	300	164:철근	P2	164:Jet Fan
166 ~ 169	290~330	300	168:철근	P2,RP1	168:횡갱
170 ~ 173	300~330	300		P2	
174 ~ 177	310~320	300		P3	174:Jet Fan
178 ~ 181	290~330	300		P3,P4	
182 ~ 185	290~340	300	182~185:철근	P4,P6	185:개착

3) 라이닝두께 분석 결과

탐사결과, 콘크리트 라이닝 두께분포는 대부분 290mm ~ 340mm이상의 두께분포를 보이고 있는 것으로 조사되었으며, 탐사된 대부분의 구간은 설계 라이닝 두께인 300mm를 만족하고 있는 것으로 분석되었다. 그러나 탐사 구간 중 일부 구간에서 라이닝 단면두께가 설계두께를 하회하는 것으로 나타났는데 이는 이상반사파(경계부들뜸)등으로 인해 발생한 국부적인 단면감소 구간인 것으로 판단된다.

콘크리트 라이닝의 두께 허용오차는 터널 표준 시방서 3.3.2항(설계두께의 1/3 혹은 100mm 중 작은 값을 초과하지 않는 범위내에서 시공오차를 허용)에 의하면 대상 터널의 라이닝 시공오차 허용두께는 100mm이며, 국부적으로 발생된 라이닝 두께 부족구간은 시공오차 허용두께 이내에 있는 것으로 보여진다.

다. 이상신호

GPR 탐사 결과, 일부구간에서 이상반사파가 탐사되었으며, 이상대 심도 및 길이, DATA 형태 등을 분석한 결과, 대부분 라이닝 경계부 들뜸 및 소규모 공동으로 추정된다. 자세한 GPR DATA 는 부록에 수록하였으며, 이상신호 구간은 다음과 같다.

1) 평호터널(상주방향)

【평호터널(상주방향) 이상신호】

Span No.	이상신호		내 용	비 고
	연장(m)	심도(mm)		
59	0.8	300	라이닝 경계부 들뜸	
63	3.1	290	라이닝 경계부 들뜸	
68	0.7	260	소규모 공동	
69	2.1	290	라이닝 경계부 들뜸	
71	1.2	270	소규모 공동	
78	0.5	250	소규모 공동	
118	0.4	260	소규모 공동	
160	0.5	290	라이닝 경계부 들뜸	
174	2.2	300	라이닝 경계부 들뜸	

※ GPR 탐사의 특성상 유전율 등의 차이로 수cm의 오차가 있을 수 있음.

2) 평호터널(영천방향)

【평호터널(영천방향) 이상신호】

Span No.	이상신호		내 용	비 고
	연장(m)	심도(mm)		
54	1.3	260	소규모 공동	
95	2.7	270	라이닝 경계부 들뜸	
98	1.0	260	소규모 공동	
98	0.7	260	소규모 공동	
107	3.0	290	라이닝 경계부 들뜸	
109	0.8	280	소규모 공동	
117	0.3	260	소규모 공동	
119	1.1	290	라이닝 경계부 들뜸	
125	4.5	300	라이닝 경계부 들뜸	
128	1.8	300	라이닝 경계부 들뜸	
134	0.9	250	소규모 공동	
165	1.0	260	소규모 공동	
166	1.0	290	라이닝 경계부 들뜸	

※ GPR 탐사의 특성상 유전율 등의 차이로 수cm의 오차가 있을 수 있음.

3) 탐사결과

대상 터널 일부구간에서 이상신호(경계부 들뜸 및 소규모 공동)가 탐사되었으며, 이상대 연장이 짧은 것으로 보아 규모는 크지 않은 상태로 판단된다. 이상대 구간은 외관조사 결과와 연계하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

라. 탐사결과

GPR 탐사 결과, 일부구간에서 이상반사파가 탐사되었으며, 이상대 심도 및 길이, DATA 형태 등을 분석한 결과, 대부분 라이닝 경계부 들뜸 및 소규모 공동으로 추정되어진다. 이상신호 구간은 다음 표와 같으며, 자세한 GPR DATA는 부록에 수록하였다.

【이상신호 결과】

시설명	이상신호	연장(m)	탐사연장대비(%)	비 고
평호터널(상주) L=1,965m	경계부 들뜸	8.7	0.44	
	소규모 공동	2.8	0.14	
평호터널(영천) L=1835m	경계부 들뜸	14.1	0.76	
	소규모 공동	6.0	0.32	
합 계		31.6	0.83	

대상 터널 일부구간에서 이상신호(경계부 들뜸 및 소규모 공동)가 탐사되었으며, 탐사연장대비 상주방면은 0.58%, 영천방면은 1.08% 정도로 전반적으로 1% 내외인 것으로 조사되어 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.

3.7 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 -2019. 1.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

3.7.1 상태평가 등급산정

가. 상주방향

1) 구간분할

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

【표 3.7.1】 상주방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
평호터널 (상주)	NATM(철근)	S1~S3, S60~S63 S188~S198	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S4~S59, S64~S187	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.7.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
1	a	a	a	a	a	b	a	a	—	0	a
2	a	a	a	b	a	a	a	a	a	0	a
3	c	a	a	b	a	a	a	a	—	6	b

【표 3.7.2】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화		
60	c	a	a	a	a	a	a	a	—	7	b
61	c	a	a	a	a	a	a	a	—	7	b
62	c	a	a	a	a	a	a	a	a	7	b
63	c	a	a	a	a	a	a	a	—	7	b
188	c	a	a	a	a	a	a	a	—	7	b
189	c	a	a	b	a	a	a	a	—	6	b
190	a	a	a	a	a	a	a	a	—	0	a
191	c	a	a	a	a	a	a	a	—	7	b
192	c	a	a	b	a	a	a	a	—	7	b
193	c	a	a	a	a	a	a	a	—	6	b
194	c	a	a	a	a	a	a	a	—	6	b
195	a	a	a	a	a	a	a	a	—	0	a
196	a	a	a	a	a	a	a	a	a	0	a
197	a	a	a	a	a	a	a	a	—	0	a
198	a	a	a	a	a	a	a	a	—	0	a
산술평균	4.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.060	

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.7.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
4	a	a	a	b	a	a	a	0	a
5	a	a	a	a	a	a	a	0	a
6	a	a	a	a	a	a	a	0	a
7	b	a	a	b	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	a	a	a	0	a
11	c	a	a	a	a	a	a	6	b
12	c	a	a	b	a	a	a	7	b
13	c	a	a	b	a	a	a	7	b
14	a	a	a	a	a	a	a	0	a

【표 3.7.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
15	a	a	a	b	a	a	a	0	a
16	a	a	a	a	a	a	a	0	a
17	c	a	a	a	a	a	a	6	b
18	c	a	a	a	a	a	a	6	b
19	c	a	a	a	a	a	a	6	b
20	a	a	a	a	a	a	a	0	a
21	c	a	a	a	a	a	a	7	b
22	c	a	a	a	a	a	a	7	b
23	c	a	a	a	a	a	a	7	b
24	a	a	a	a	a	a	a	0	a
25	a	a	a	a	a	a	a	0	a
26	c	a	a	a	a	a	a	7	b
27	c	a	a	a	a	a	a	7	b
28	c	a	a	a	a	a	a	7	b
29	c	a	a	a	a	a	a	7	b
30	c	a	a	a	a	a	a	7	b
31	c	a	a	a	a	a	a	7	b
32	c	a	a	a	a	a	a	7	b
33	c	a	a	a	a	a	a	7	b
34	a	a	a	b	a	a	a	0	a
35	a	a	a	a	a	a	a	0	a
36	c	a	a	a	a	a	a	7	b
37	c	a	a	a	a	a	a	7	b
38	c	a	a	a	a	a	a	7	b
39	c	a	a	a	a	a	a	6	b
40	c	a	a	a	a	a	a	7	b
41	c	a	a	a	a	a	a	7	b
42	a	a	a	a	a	a	a	0	a
43	a	a	a	a	a	a	a	0	a
44	c	a	a	a	a	a	a	6	b
45	a	a	a	a	a	a	a	0	a
46	c	a	a	a	a	a	a	6	b
47	c	a	a	a	a	a	a	7	b

【표 3.7.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질 열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
48	a	a	a	a	a	a	a	0	a
49	a	a	a	b	a	a	a	0	a
50	a	a	a	a	a	a	a	0	a
51	c	a	a	a	a	a	a	7	b
52	c	a	a	b	a	a	a	7	b
53	c	a	a	a	a	a	a	7	b
54	c	a	a	a	a	a	a	7	b
55	c	a	a	a	a	a	a	6	b
56	c	a	a	a	a	a	a	7	b
57	c	a	a	a	a	a	a	7	b
58	c	a	a	a	a	a	a	7	b
59	c	a	a	b	a	a	a	6	b
64	c	a	a	b	a	a	a	7	b
65	c	a	a	a	a	a	a	7	b
66	c	a	a	a	a	a	a	7	b
67	c	a	a	a	a	a	a	6	b
68	c	a	a	a	a	a	a	7	b
69	a	a	a	a	a	a	a	0	a
70	c	a	a	a	a	a	a	6	b
71	c	a	a	a	a	a	a	6	b
72	c	a	a	a	a	a	a	7	b
73	c	a	a	b	a	a	a	7	b
74	a	a	a	b	a	a	a	0	a
75	c	a	a	a	a	a	a	7	b
76	c	a	a	a	a	a	a	7	b
77	c	a	a	a	a	a	a	6	b
78	a	a	a	a	a	a	a	0	a
79	a	a	a	a	a	a	a	0	a
80	c	a	a	a	a	a	a	7	b
81	c	a	a	a	a	a	a	7	b
82	c	a	a	a	a	a	a	7	b
83	c	a	a	a	a	a	a	7	b
84	c	a	a	a	a	a	a	7	b

【표 3.7.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
85	c	a	a	a	a	a	a	6	b
86	c	a	a	a	a	a	a	7	b
87	a	a	c	a	a	a	a	1	a
88	c	a	a	a	a	a	a	7	b
89	c	a	a	a	a	a	a	6	b
90	c	a	a	a	a	a	a	7	b
91	c	a	a	a	a	a	a	6	b
92	c	a	a	a	a	a	a	7	b
93	c	a	a	a	a	a	a	6	b
94	c	a	a	a	a	a	a	7	b
95	c	a	a	a	a	a	a	7	b
96	b	a	a	b	a	a	a	4	a
97	b	a	a	a	a	a	a	4	a
98	a	a	a	a	a	a	a	0	a
99	a	a	a	a	a	a	a	0	a
100	c	a	a	a	a	a	a	6	b
101	c	a	a	a	a	a	a	7	b
102	c	a	a	a	a	a	a	7	b
103	c	a	a	a	a	a	a	6	b
104	c	a	a	a	a	a	a	7	b
105	c	a	a	a	a	a	a	7	b
106	a	a	a	b	a	a	a	0	a
107	a	a	a	a	a	a	a	0	a
108	c	a	a	a	a	a	a	6	b
109	c	a	a	b	a	a	a	7	b
110	c	a	a	a	a	a	a	7	b
111	c	a	a	a	a	a	a	7	b
112	a	a	a	b	a	a	a	0	a
113	b	a	a	a	a	a	a	4	a
114	b	a	a	b	a	a	a	4	a
115	c	a	a	a	a	a	a	7	b
116	c	a	a	a	a	a	a	7	b
117	b	a	a	b	a	a	a	4	a

【표 3.7.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
118	c	a	a	a	a	a	a	6	b
119	c	a	a	a	a	a	a	7	b
120	c	a	a	b	a	a	a	7	b
121	c	a	a	a	a	a	a	6	b
122	c	a	a	a	a	a	a	7	b
123	c	a	a	a	a	a	a	7	b
124	a	a	a	a	a	a	a	0	a
125	c	a	a	a	a	a	a	6	b
126	c	a	a	b	a	a	a	7	b
127	c	a	a	a	a	a	a	7	b
128	c	a	a	a	a	a	a	7	b
129	c	a	a	b	a	a	a	7	b
130	c	a	a	b	a	a	a	7	b
131	a	a	a	a	a	a	a	0	a
132	b	a	a	a	a	a	a	4	a
133	c	a	a	a	a	a	a	6	b
134	c	a	a	a	a	a	a	6	b
135	c	a	a	a	a	a	a	7	b
136	c	a	a	b	a	a	a	7	b
137	c	a	a	a	a	a	a	6	b
138	c	a	a	a	a	a	a	7	b
139	c	a	a	a	a	a	a	7	b
140	c	a	a	a	a	a	a	7	b
141	c	a	a	a	a	a	a	6	b
142	c	a	a	b	a	a	a	7	b
143	c	a	a	a	a	a	a	7	b
144	c	a	a	a	a	a	a	7	b
145	c	a	a	a	a	a	a	7	b
146	c	a	a	b	a	a	a	6	b
147	a	a	a	a	a	a	a	0	a
148	c	a	a	a	a	a	a	7	b
149	b	a	a	a	a	a	a	4	a
150	a	a	a	b	a	a	a	0	a

【표 3.7.3】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질 열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
151	a	a	a	a	a	a	a	0	a
152	c	a	a	b	a	a	a	6	b
153	c	a	a	a	a	a	a	6	b
154	c	a	a	a	a	a	a	7	b
155	c	a	a	b	a	a	a	6	b
156	b	a	a	a	a	a	a	4	a
157	c	a	a	a	a	a	a	6	b
158	c	a	a	a	a	a	a	7	b
159	c	a	a	a	a	a	a	6	b
160	c	a	a	a	a	a	a	7	b
161	c	a	a	a	a	a	a	7	b
162	c	a	a	a	a	a	a	7	b
163	c	a	a	a	a	a	a	7	b
164	c	a	a	a	a	a	a	7	b
165	c	a	a	b	a	a	a	6	b
166	a	a	a	b	a	a	a	0	a
167	a	a	a	a	a	a	a	0	a
168	c	a	a	a	a	a	a	6	b
169	c	a	a	a	a	a	a	7	b
170	c	a	a	a	a	a	a	6	b
171	c	a	a	a	a	a	a	7	b
172	a	a	a	b	a	a	a	0	a
173	a	a	a	a	a	a	a	0	a
174	c	a	a	a	a	a	a	6	b
175	c	a	a	a	a	a	a	7	b
176	c	a	a	a	a	a	a	7	b
177	c	a	a	a	a	a	a	6	b
178	c	a	a	a	a	a	a	7	b
179	c	a	a	a	a	a	a	7	b
180	c	a	a	b	a	a	a	6	b
181	c	a	a	a	a	a	a	7	b
182	c	a	a	a	a	a	a	7	b
183	c	a	a	a	a	a	a	6	b
184	c	a	a	a	a	a	a	6	b
185	c	a	a	a	a	a	a	7	b
186	c	a	a	a	a	a	a	7	b
187	c	a	a	b	a	a	a	7	b
산술평균	5.110	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	5.110	

나. 영천방향

1) 구간분할

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

【표 3.7.4】 영천방향 구간현황

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
평호터널 (영천)	NATM(철근)	S1~S3, S180~S185	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S4~S179	무근콘크리트 구간	

2) 시설물의 상태등급

① 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.7.5】 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	a	a	a	a	a	b	a	a	—	0	a
2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	0	a
3	c	a	a	a	a	a	a	a	—	6	b
180	a	a	a	a	a	a	a	a	—	0	a
181	b	a	a	a	a	a	a	a	a	4	a
182	a	a	a	b	a	a	a	a	—	0	a
183	a	a	a	a	a	a	a	a	a	0	a
184	b	a	a	a	a	a	a	a	—	4	a
185	b	a	a	a	a	b	a	a	—	4	a
산술평균	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.000	

② 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 3.7.6】 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		
4	a	a	a	a	a	a	a	0	a
5	a	a	a	a	a	a	a	0	a
6	a	a	a	a	a	a	a	0	a
7	a	a	a	a	a	a	a	0	a
8	c	a	a	a	a	a	a	7	b
9	a	a	a	a	a	a	a	0	a
10	a	a	a	a	a	a	a	0	a
11	b	a	a	a	a	a	a	4	a
12	a	a	a	a	a	a	a	0	a
13	a	a	a	a	a	a	a	0	a
14	b	a	b	a	a	a	a	4	a
15	a	a	a	a	a	a	a	0	a
16	c	a	a	a	a	a	a	6	b
17	c	a	a	a	a	a	a	6	b
18	a	a	a	a	a	a	a	0	a
19	a	a	a	a	a	a	a	0	a
20	a	a	a	a	a	a	a	0	a
21	c	a	a	a	a	a	a	6	b
22	a	a	a	a	a	a	a	0	a
23	a	a	a	a	a	a	a	0	a
24	a	a	a	a	a	a	a	0	a
25	a	a	a	a	a	a	a	0	a
26	a	a	a	a	a	a	a	0	a
27	a	a	a	a	a	a	a	0	a
28	a	a	a	a	a	a	a	0	a
29	c	a	a	a	a	a	a	7	b
30	b	a	a	a	a	a	a	4	a
31	b	a	a	a	a	a	a	4	a
32	c	a	a	a	a	a	a	6	b
33	a	a	a	a	a	a	a	0	a
34	a	a	a	a	a	a	a	0	a
35	c	a	a	a	a	a	a	6	b
36	a	a	a	a	a	a	a	0	a
37	a	a	a	a	a	a	a	0	a
38	a	a	a	a	a	a	a	0	a
39	a	a	a	a	a	a	a	0	a
40	c	a	a	a	a	a	a	6	b
41	c	a	a	a	a	a	a	6	b

【표 3.7.6】 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		
42	b	a	a	a	a	a	a	4	a
43	a	a	a	a	a	a	a	0	a
44	c	a	a	a	a	a	a	6	b
45	c	a	a	a	a	a	a	6	b
46	c	a	a	a	a	a	a	6	b
47	c	a	a	a	a	a	a	7	b
48	c	a	a	a	a	a	a	7	b
49	c	a	a	a	a	a	a	6	b
50	c	a	a	a	a	a	a	6	b
51	b	a	a	a	a	a	a	4	a
52	a	a	a	a	a	a	a	0	a
53	b	a	a	a	a	a	a	4	a
54	a	a	a	a	a	a	a	0	a
55	a	a	a	a	a	a	a	0	a
56	b	a	a	a	a	a	a	4	a
57	c	a	a	a	a	a	a	6	b
58	a	a	a	a	a	a	a	0	a
59	c	a	a	a	a	a	a	6	b
60	a	a	a	a	a	a	a	0	a
61	c	a	a	a	a	a	a	7	b
62	a	a	a	a	a	a	a	0	a
63	a	a	a	a	a	a	a	0	a
64	c	a	a	a	a	a	a	7	b
65	c	a	a	a	a	a	a	7	b
66	c	a	a	a	a	a	a	7	b
67	a	a	a	a	a	a	a	0	a
68	b	a	a	a	a	a	a	4	a
69	a	a	a	a	a	a	a	0	a
70	b	a	a	a	a	a	a	4	a
71	a	a	a	a	a	a	a	0	a
72	c	a	a	a	a	a	a	7	b
73	c	a	a	a	a	a	a	7	b
74	c	a	a	a	a	a	a	7	b
75	c	a	a	b	a	a	a	7	b
76	c	a	a	a	a	a	a	7	b
77	c	a	a	a	a	a	a	6	b
78	a	a	a	a	a	a	a	0	a
79	b	a	a	b	a	a	a	4	a
80	c	a	a	a	a	a	a	6	b

【표 3.7.6】 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		
81	c	a	a	a	a	a	a	6	b
82	a	a	a	a	a	a	a	0	a
83	a	a	a	a	a	a	a	0	a
84	b	a	a	a	a	a	a	4	a
85	c	a	a	a	a	a	a	6	b
86	c	a	a	a	a	a	a	7	b
87	c	a	a	a	a	a	a	7	b
88	c	a	a	a	a	a	a	7	b
89	a	a	a	a	a	a	a	0	a
90	c	a	a	a	a	a	a	7	b
91	c	a	a	a	a	a	a	7	b
92	a	a	b	a	a	a	a	0	a
93	a	a	a	a	a	a	a	0	a
94	c	a	a	a	a	a	a	7	b
95	b	a	a	a	a	a	a	4	a
96	c	a	a	a	a	a	a	7	b
97	b	a	a	a	a	a	a	4	a
98	c	a	a	a	a	a	a	7	b
99	c	a	a	a	a	a	a	6	b
100	c	a	a	a	a	a	a	7	b
101	c	a	a	a	a	a	a	7	b
102	c	a	a	a	a	a	a	7	b
103	c	a	a	a	a	a	a	7	b
104	c	a	a	a	a	a	a	6	b
105	b	a	a	a	a	a	a	4	a
106	c	a	a	a	a	a	a	7	b
107	a	a	a	a	a	a	a	0	a
108	c	a	a	a	a	a	a	6	b
109	a	a	a	a	a	a	a	0	a
110	c	a	a	a	a	a	a	7	b
111	a	a	a	a	a	a	a	0	a
112	c	a	a	a	a	a	a	7	b
113	c	a	a	a	a	a	a	7	b
114	c	a	a	a	a	a	a	6	b
115	c	a	a	a	a	a	a	7	b
116	c	a	a	a	a	a	a	7	b
117	c	a	a	a	a	a	a	7	b
118	a	a	a	a	a	a	a	0	a
119	a	a	a	a	a	a	a	0	a

【표 3.7.6】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질 열화				결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
120	c	a	a	a	a	a	a	7	b
121	a	a	a	a	a	a	a	0	a
122	a	a	a	a	a	a	a	0	a
123	a	a	a	a	a	a	a	0	a
124	a	a	a	a	a	a	a	0	a
125	c	a	a	a	a	a	a	6	b
126	c	a	a	a	a	a	a	7	b
127	b	a	a	a	a	a	a	4	a
128	c	a	a	a	a	a	a	6	b
129	c	a	a	a	a	a	a	7	b
130	c	a	a	a	a	a	a	6	b
131	c	a	a	a	a	a	a	7	b
132	c	a	a	a	a	a	a	7	b
133	a	a	a	a	a	a	a	0	a
134	c	a	a	a	a	a	a	7	b
135	c	a	a	a	a	a	a	7	b
136	c	a	a	a	a	a	a	6	b
137	c	a	a	a	a	a	a	6	b
138	c	a	a	a	a	a	a	7	b
139	c	a	a	a	a	a	a	7	b
140	c	a	a	a	a	a	a	7	b
141	c	a	a	a	a	a	a	7	b
142	c	a	a	a	a	a	a	7	b
143	a	a	a	a	a	a	a	0	a
144	a	a	a	a	a	a	a	0	a
145	c	a	a	a	a	a	a	7	b
146	a	a	a	a	a	a	a	0	a
147	c	a	a	a	a	a	a	7	b
148	c	a	a	a	a	a	a	7	b
149	c	a	a	a	a	a	a	7	b
150	a	a	a	b	a	a	a	0	a
151	a	a	a	a	a	a	a	0	a
152	c	a	a	a	a	a	a	7	b
153	c	a	a	a	a	a	a	7	b
154	a	a	a	a	a	a	a	0	a
155	c	a	a	a	a	a	a	7	b
156	c	a	a	a	a	a	a	7	b
157	c	a	a	a	a	a	a	7	b
158	c	a	a	a	a	a	a	7	b

【표 3.7.6】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질 열화				결함점수 합계	라이닝 등급
				박리	충분리, 바라	백태	재료분리		
159	c	a	a	a	a	a	a	7	b
160	c	a	a	a	a	c	a	8	b
161	a	a	a	a	a	a	a	0	a
162	c	a	a	a	a	a	a	7	b
163	c	a	a	a	a	a	a	6	b
164	a	a	a	a	a	a	a	0	a
165	a	a	a	a	a	a	a	0	a
166	c	a	a	a	a	a	a	6	b
167	a	a	a	a	a	a	a	0	a
168	b	a	a	a	a	a	a	4	a
169	c	a	a	a	a	a	a	7	b
170	c	a	a	a	a	a	a	7	b
171	a	a	a	b	a	a	a	0	a
172	c	a	a	a	a	a	a	7	b
173	c	a	a	a	a	a	a	7	b
174	c	a	a	a	a	a	a	7	b
175	c	a	a	a	a	a	a	7	b
176	c	a	a	a	a	a	a	7	b
177	c	a	a	a	a	a	a	7	b
178	c	a	a	a	a	a	a	6	b
179	c	a	a	b	a	a	a	7	b
산술평균	4.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	4.040	

3.7.2 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	
18	4.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	7.560
															0.176

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	
180	5.110	0.010	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	2.00	1.00	0.00	0.50	0.00	8.610
													0.253

3) 터널 상태평가 결과

평호터널(상주)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.176	154	0.014	0.247	B
무근콘크리트	0.253	1,811	0.233		

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	
9	2.000	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	5.500
															0.128

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	
176	4.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	2.00	1.00	1.00	0.50	0.00	7.540
													0.222

3) 터널 상태평가 결과

평호터널(영천)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
철근콘크리트	0.128	52	0.004	0.219	B
무근콘크리트	0.222	1,783	0.215		

3.7.3 상태평가 결과요약

본 과업대상은 초기점검 이후로 최초로 실시하는 정밀안전점검으로 현장조사 및 시험을 토대로 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침-터널편(2019.01)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 산출하였다.

가. 상주방향

1) 상태평가 결과

상태평가 결과 결함지수 0.247로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$) 으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

구 분	초기점검	금회 정밀안전점검	비 고
결함지수	0.000	0.247	
상태등급	A	B	

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.000 ⇨ 0.247로 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 0.219로 “기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태”인 B 등급(양호, $0.15 < \text{결함지수} \leq 0.30$) 으로 평가되었다.

2) 기 정밀점검 결과와의 비교

구 분	초기점검	금회 정밀안전점검	비 고
결함지수	0.000	0.219	
상태등급	A	B	

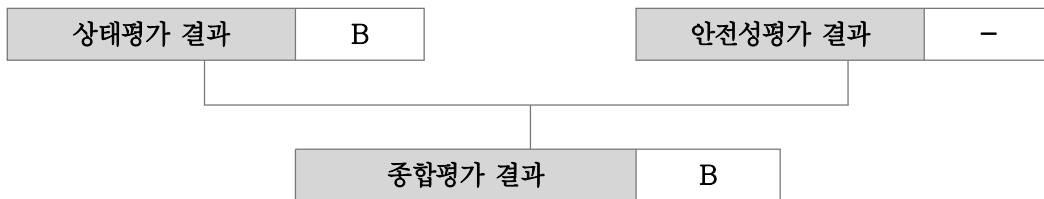
- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.000 $\Rightarrow$ 0.157로 증가한 것으로 분석되었으며, 증가 원인으로는 일부구간에서 손상의 진전 및 추가 발생함에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

3.8 종합평가 및 안전등급 지정

3.8.1 종합평가 결과

가. 상주방향

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



【그림 3.8.1】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.000 ⇨ 0.247로 증가한 것으로 분석되었으며, 증가 원인으로는 일부구간에서 손상의 진전 및 추가 발생함에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

【표 3.8.1】 종합평가 등급 변화 비교

시행년도	분류	상태평가	안전성평가	종합평가	비 고
2017	초기점검	A (0.000)	-	A	
2019	정밀안전점검	B (0.247)	-	B	

나. 영천방향

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



【그림 3.8.2】 종합평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.000 ⇨ 0.219로 증가한 것으로 분석되었으며, 증가 원인으로는 일부구간에서 손상의 진전 및 추가 발생함에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

【표 3.8.2】 종합평가 등급 변화 비교

시행년도	분류	상태평가	안전성평가	종합평가	비 고
2017	초기점검	A (0.000)	-	A	
2019	정밀안전점검	B (0.219)	-	A	

3.8.2 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 3.8.3】 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 3.8.4】 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

3.9 보수·보강 및 유지관리방안

3.9.1 보수·보강 방안

가. 상주방향

【표 3.9.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	84.00	16	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	266.80	55	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	3.50	2	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	800.50	109	주입보수	하자
	망상균열	m ²	36.00	4	표면보수	하자
	백태	m ²	0.05	1	표면보수	하자
	조인트부 들뜸	m ²	3.54	50	단면보수	하자
	조인트부 탈락	m ²	0.25	1	단면보수	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	16.00	3	표면보수	하자
	망상균열	m ²	36.00	3	표면보수	하자
	타일균열	EA	4.00	4	표면보수	하자
	타일탈락	EA	2.00	2	타일 재시공	하자
공동구	덮개 파손	EA	12.00	12	재설치	3순위
	타일균열	EA	1.00	1	표면보수	하자
	타일탈락	EA	1.00	1	타일 재시공	하자
	타일파손	EA	23.00	23	타일 재시공	3순위
포장부	포장균열	m	27.00	3	실링	하자
	들뜸	m ²	0.45	5	단면보수	하자
	파손	m ²	0.06	2	단면보수	하자

나. 영천방향

【표 3.9.2】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	m	44.50	18	표면보수	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	m	103.50	21	주입보수	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	m	35.50	7	표면보수	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	m	453.50	80	주입보수	하자
	균열부백태	m	2.00	4	표면보수	하자
	백태	m ²	0.40	2	표면보수	하자
	망상균열	m ²	16.00	2	표면보수	하자
	조인트부 들뜸	m ²	0.60	6	단면보수	하자
	파손	m ²	0.05	2	단면보수	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	m	5.00	1	표면보수	하자
	타일균열	EA	7.00	7	표면보수	하자
	타일탈락	EA	16.00	16	타일 재시공	하자
공동구	덮개 파손	EA	5.00	5	재설치	3순위
	덮개 탈락	EA	1.00	1	재설치	3순위
	타일균열	EA	1.00	1	표면보수	하자
	타일탈락	EA	1.00	1	타일 재시공	하자
포장부	포장균열	m	620.00	62	실링	하자
	파손	m ²	0.24	3	단면보수	하자

3.9.2 개략공사비

가. 상주방향

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 3.9.3】 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	84.00	31.50	㎡	—	—	하자
	균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	266.80	400.20	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	3.50	1.31	㎡	—	—	하자
	재균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	800.50	1200.75	m	—	—	하자
	망상균열	표면보수	36.00	54.00	㎡	—	—	하자
	백태	표면보수	0.05	0.08	㎡	—	—	하자
	조인트부 들뜸	단면보수	3.54	5.31	㎡	—	—	하자
	조인트부 탈락	단면보수	0.25	0.38	㎡	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	16.00	6.00	㎡	—	—	하자
	망상균열	표면보수	36.00	54.00	㎡	—	—	하자
	타일균열	표면보수	4.00	4.00	EA	—	—	하자
	타일탈락	타일 재시공	2.00	2.00	EA	—	—	하자
공동구	덮개 파손	재설치	12.00	12.00	EA	50	600	3순위
	타일균열	표면보수	1.00	1.00	EA	—	—	하자
	타일탈락	타일 재시공	1.00	1.00	EA	—	—	하자
	타일파손	타일 재시공	23.00	23.00	EA	25	575	3순위
포장부	포장균열	실링	27.00	40.50	m	—	—	하자
	들뜸	단면보수	0.45	0.68	㎡	—	—	하자
	파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	0		0		1,175		
	재경비 (순공사비의 50%)	0		0		588		
	합계	0		0		1,763		
개략공사비 총계(천원)		1,763						

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 3.9.4】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
라이닝 천단부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	44.50	16.69	m²	—	—	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	103.50	155.25	m	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	35.50	13.31	m²	—	—	하자
	재균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	453.50	680.25	m	—	—	하자
	균열부백태	표면보수	2.00	0.75	m²	—	—	하자
	백태	표면보수	0.40	0.60	m²	—	—	하자
	망상균열	표면보수	16.00	24.00	m²	—	—	하자
	조인트부 들뜸	단면보수	0.60	0.90	m²	—	—	하자
	파손	단면보수	0.05	0.08	m²	—	—	하자
라이닝 측벽부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	5.00	1.88	m²	—	—	하자
	타일균열	표면보수	7.00	7.00	EA	—	—	하자
	타일탈락	타일 재시공	16.00	16.00	EA	—	—	하자
공동구	덮개 파손	재설치	5.00	5.00	EA	50	250	3순위
	덮개 탈락	재설치	1.00	1.00	EA	50	50	3순위
	타일균열	표면보수	1.00	1.00	EA	—	—	하자
	타일탈락	타일 재시공	1.00	1.00	EA	—	—	하자
포장부	포장균열	실링	620.00	930.00	m	—	—	하자
	파손	단면보수	0.24	0.36	m²	—	—	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	0		0		300		
	재경비 (순공사비의 50%)	0		0		150		
	합계	0		0		450		
개략공사비 총계(천원)		450						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

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

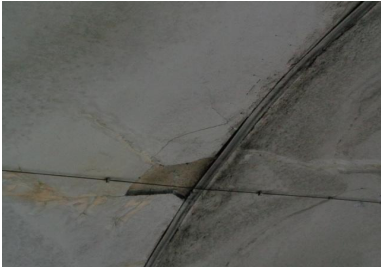
주3) 하자손상의 경우 금회 개략공사비 금액에서 제외함.

3.9.3 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 3.9.5】 중점유지관리 항목

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

나. 영천방향

【표 3.9.6】 중점유지관리 항목

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

3.10 종합결론

본 시설물은 경상북도 군위군 소보면 평호리에 위치하며 연장 1,965.0m(상주), 1,835.0m(영천), 폭 10.5m, 높이 7.11m의 터널로, 종단선형은 시점에서 종점으로 약 2.0% 경사를 이루고 있다. 터널본선은 NATM으로 시공된 난형식의 터널로서, 시·종점측 갱문형식은 면벽식으로 시공되었고, 2017년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 터널 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관 조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

3.10.1 상주방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부는 균열 및 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 내·외), 망상균열, 백태, 조인트부 들뜸, 탈락이 발생한 것으로 조사되었다. 균열은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 건조수축 및 온도변화에 의한 구속과 시공초기 발생한 균열에 대한 미보수된 비구조적 균열로 판단되며, 재균열의 경우 보수부 마감미흡, 보수재와 기존 콘크리트의 수축량 차이 등이 원인 것으로 추정된다. 구조물에 발생한 손상은 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면보수, 주입보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다. 조인트부에 발생한 들뜸 및 탈락의 경우 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의한 손상으로 판단되며, 기 손상부의 경우 콘크리트의 잔여물 낙하시 2차피해를 야기시키므로 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.
- 측벽부는 균열($cw=0.2\text{mm}$), 망상균열, 타일균열 및 탈락이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 측벽부에 발생한 균열, 망상균열의 손상은 건조수축 및 온도변화, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 조사된 균열의 경우 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 요망된다. 타일 일부구간에 발생한 타일균열의 경우 라이닝 콘크리트 균열에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 필요하며, 일부구간 발생한 타일탈락의 경우 몰탈의 접착력 저하에 의한 손상으로 타일 재시공 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

2) 갱문

- 갱문의 경우 시·종점측 모두 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

3) 사면

- 현재 사면의 경우 슬라이딩, 토사유실 및 침식, 낙석, 식생부족 등의 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 공동구 타일균열 및 파손, 탈락, 덮개 파손이 발생한 것으로 조사되었으며, 배수시설의 경우 배수구 막힘 등의 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다. 공동구에 일부 발생한 덮개 파손, 타일균열 및 탈락, 파손의 경우 시공미흡, 공용중 외부충격, 몰탈의 접착력 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 재설치, 타일 재시공, 표면처리 등의 조치가 요망된다. 특히, 일부구간 발생한 덮개 파손의 경우 공용중 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 공동구의 경우 구조물에 대한 도보점검시 점검자의 통행로로 이용되므로 점검자의 안전 확보를 위한 덮개 재설치 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다. 배수시설의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

5) 포장면

- 포장부 외관조사 결과, 포장균열, 들뜸 및 파손이 발생한 것으로 조사되었다. 콘크리트 포장은 전반적으로 양호한 상태이며, 콘크리트 포장은 전반적으로 양호한 상태이며, 일부구간 발생한 포장균열 및 들뜸, 파손의 경우 건조수축 및 온도변화, 신축작용 등에 의한 손상으로 판단된다. 발생한 균열 및 들뜸, 파손의 경우 손상의 진전 방지를 위한 실링, 단면보수 등의 조치가 요망된다.

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 24.3~29.0MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축 강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 1.5~2.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 환산결함도 점수가 0.000 ⇨ 0.247로 증가한 것으로 분석되었으며, 증가 원인으로는 일부구간에서 손상의 진전 및 추가 발생함에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

다. 중점유지관리 사항

- 평호터널(상주)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
 - ① 라이닝 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ② 라이닝 조인트부 들뜸 및 탈락 : 손상의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ③ 포장부 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인

라. 결론

- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태 평가 결과를 종합적으로 평가한 평호터널(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.

3.10.2 영천방향

가. 현장조사 및 시험

1) 라이닝

- 천단부는 균열 및 재균열($cw=0.3\text{mm}$ 내·외), 균열부백태, 망상균열, 조인트부 들뜸 등이 발생한 것으로 조사되었다. 균열은 라이닝 콘크리트의 계절변화에 따른 건조수축 및 온도변화에 의한 구속과 시공초기 발생한 균열에 대해 미보수된 비구조적 균열로 판단되며, 재균열의 경우 보수시 마감미흡, 보수재와 기존 콘크리트의 수축량 차이 등이 원인 것으로 추정된다. 구조물에 발생한 손상부는 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면보수 등의 조치가 요망된다. 라이닝 콘크리트 일부구간 발생한 파손의 경우 시공중 외부충격에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 손상정도가 경미하며 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 조인트부에 발생한 들뜸의 경우 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 손상으로 추정되며, 기 발생한 손상부의 경우 콘크리트의 잔여물 낙하시 2차피해를 야기시키므로 주행차량의 안전성 확보를 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 라이닝 콘크리트의 일부구간 발생한 균열부백태 및 백태의 경우 균열부 우수유입 및 누수 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 표면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 측벽부는 균열($cw=0.2\text{mm}$) 및 타일균열, 타일탈락이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 측벽부에 발생한 균열의 경우 손상은 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 것으로 판단되며, 조사된 균열의 경우 구조물의 안전성에는 영향이 없으나 내구성 저하 방지를 위한 표면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 금회 점검시 조사된 타일균열 및 타일탈락의 경우 라이닝 콘크리트 균열, 몰탈의 접착력 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 표면보수, 타일 재시공 등의 조치가 요망된다.

2) 갭문

- 시·중점측 갭문에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

3) 사면

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

4) 공동구 및 배수시설

- 공동구 및 배수시설 외관조사 결과, 일부구간 공동구 덮개 파손 및 탈락, 타일균열, 타일탈락이 조사되었으며, 배수시설은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 공동구에 일부 발생된 덮개 파손 및 덮개 탈락은 공용중 발생한 손상으로, 공동구는 점검자의 안전점검시 보도로서 활용하는 만큼 안전사고 예방차원에서 파손 및 탈락된 덮개에 대해서는 교체가 필요할 것으로 판단된다. 또한 일부구간 발생된 타일균열 및 타일탈락의 경우 공동구 측구 균열, 몰탈의 접착력 저하 등에 의한 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 표면보수, 타일 재시공 등의 조치가 요망된다. 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, 포장균열 및 파손이 발생한 것으로 조사되었다. 콘크리트 포장에 발생한 포장균열, 파손의 경우 건조수축 및 온도변화, 중차량의 반복통행 시공미흡, 온도변화에 의한 신축작용 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 주행차량의 주행성 확보를 위한 실링, 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 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

7) 내구성 조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 24.5~29.6MPa로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 탄산화깊이 측정결과 탄산화깊이는 1.0~2.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 초기점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 환산결함도 점수가 0.000 ⇨ 0.219로 증가한 것으로 분석되었으며, 증가 원인으로는 일부구간에서 손상의 진전 및 추가 발생함에 따라 환산결함도 점수가 상향된 것으로 판단된다.

다. 중점유지관리 사항

- 평호터널(영천)에 대한 정밀안전점검결과 중점관리 사항은 아래와 같다.
 - ① 라이닝 균열 및 재균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ② 라이닝 들뜸 : 탈락으로 인한 안전사고 우려
 - ③ 라이닝 백태 : 손상의 진전 및 추가발생 여부 확인
 - ④ 포장부 균열 : 균열의 진전 및 추가발생 여부 확인

라. 결론

- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태 평가 결과를 종합적으로 평가한 평호터널(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.

3.10.3 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.