

2017년
정밀점검보고서
- 진부2터널(인천) -

2017. 6.

 한국도로공사

강원지역본부 대관령지사

< 목 차 >

서	두		1
1. 점검의 개요			7
2. 자료수집 및 분석			11
3. 외관조사 및 분석			21
4. 시설물의 상태평가			31
5. 종합결론			33

※ 첨 부

1. 시설물의 점검사항
2. 콘크리트 비파괴 조사방법
3. 상태평가 기준 및 방법

부 록

- A. 외관조사망도
- B. 측정·시험성과표
- C. 상태평가 결과 자료
- D. 시설물관리대장 사본
- E. 현황조사 및 외관조사 사진첩
- F. 사용장비 및 기기의 사진

진부2터널(인천) 정밀점검 결과표

가. 일반현황					
용역명	진부2터널(인천) 정밀점검	점검기간	2017. 05. 17. ~ 2017. 06. 24(39일)		
관리주체명	한국도로공사 강원본부 대관령지사	대표자	박해천		
시설물 구분	터널	종류	도로터널	종별	2종
준공일	1999년 12월 18일	점검금액 (천원)	-	안전등급	B
시설물 위치	강원도 평창군 진부면 하진부리 (고속국도 50호선 195.97km)	시설물 규모	L = 185.0m, B=9.6m, 2차로		
나. 점검 실시결과 현황					
중대결함	· 없음				
점검 주요결과	· 라이닝 : 균열(0.3mm이상), 균열(0.3mm미만) 망상균열, 조인트부 박락 · 타일 : 타일균열, 타일탈락, 타일들뜸 및 탈락, 타일파손, 균열(1.0mm이상) · 포장부 : 포장파손 · 갭문 : 대리석 균열				
주요 보수·보강	· 주입보수 · 타일재시공 · 단면복구 · 깨어내기				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	참여기간		기술등급	
책임기술자	오문석	2017. 05. 17 ~ 2017. 06. 24(39일)		특급	
참여기술자	이수동	2017. 05. 17 ~ 2017. 06. 24(39일)		특급	
라. 참고사항					
차기점검시 중점점검사항	· 없음				
진단필요성	· 없음				

위 치 도



전 경 사 진

시 점 측 전 경



종 점 측 전 경



부 재 별 사 진



터널내부 전경



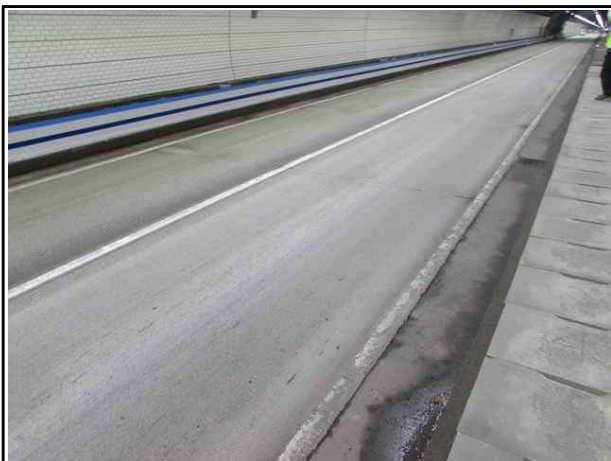
라이닝 전경



타일 전경



공동구 전경



포장부 전경



사면 전경

진부2터널(인천) 정밀점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
▪ 외관조사결과, 라이닝에 발생한 균열은 시공초기 건조수축 및 라이닝 타설시 구속응력 등에 의해 발생된 것으로 판단됨. ▪ 타일들뜸 및 탈락은 벽체균열에 의해 발생하였으며, 타일탈락 부위로 균열 폭을 확인 한 결과 1.0mm로 조사되었으며, 손상부위의 타일을 제거 후 균열에 대한 주입보수를 실시한 후 타일 재시공을 실시하는 것이 바람직함. ▪ 타일균열은 타일 벽체와 몰탈이 밀착 시공되어 있는 점을 감안할 때, 라이닝에서 발생한 균열이 타일까지 진행된 것으로 사료되며, 라이닝에 발생한 균열은 온도변화와 건조수축에 의해 발생된 것으로 판단됨. ▪ 내구성 조사 결과 비파괴 강도 및 탄산화 잔여깊이는 양호한 것으로 조사됨. ▪ 상태평가 결과는 B등급으로 평가 되어 종합평가 등급 및 안전등급은 B등급으로 기능발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 것으로 평가됨. ▪ 따라서 대상시설물에 발생한 주요 손상에 대한 내구성 확보차원의 보수 및 지속적인 유지관리를 수행하면 사용성 및 구조적 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단됨.	

가. 점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : B
결함발생 부재	상태평가 결과	▶ 결함종류	보수·보강(안)
라이닝	c	▶ 균열(0.3mm미만) ▶ 균열(0.3mm이상) ▶ 망상균열 ▶ 조인트부 박락	▶ 표면처리보수 ▶ 주입보수 ▶ 표면처리보수 ▶ 깨어내기
타일	d	▶ 타일균열 ▶ 타일탈락 ▶ 타일들뜸 및 탈락 ▶ 타일파손 ▶ 균열(1.0mm이상)	▶ 주의관찰 ▶ 타일재시공 ▶ 타일재시공 ▶ 타일재시공 ▶ 주입보수
배수로	a	▶ 상태양호	▶ 주의관찰
공동구	a	▶ 상태양호	▶ 주의관찰
도로 포장부	b	▶ 포장파손	▶ 단면복구
갯문	b	▶ 대리석 균열	▶ 주의관찰
사면	a	▶ 상태양호	▶ 주의관찰

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	과업범위 외		

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	내진보강 검토결과 요약	
진부2터널 (인천)	N	예비평가	내진성능 예비평가(구조물안전팀-1356(2016.09.27))
		상세평가	-
		내 용	내진보강 관찰구조로 분류되어 상세평가 불필요

※ 별첨 : 2016년 내진성능 예비평가 결과(구조물 안전팀-1356(2016.09.27))

라. 현장시험

시 험 명	시 험 부 위	시험결과	책임기술자 의견
비파괴 강도 (MPa)	철근콘크리트	- 비파괴 강도 : 22.8~23.5 (설계기준 : 21.0MPa)	- 설계기준강도를 만족하는 양호한 상태임
	무근콘크리트	-	
탄산화깊이 (mm)	철근콘크리트	- 탄산화 잔여깊이 : 60~61 (상태평가 : a등급)	- 상태평가 등급은 a등급으로 평가되어 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 적음

1. 점검의 개요

1.1 점검의 목적

본 점검은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제6조에 따라 실시하는 정밀점검으로써 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 상태 등을 정확하게 검사, 평가하고 그에 대하여 적절하게 조치함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 체계적인 구조물 관리를 도모코자 함.

1.2 점검의 범위 및 내용

1.2.1 시설물의 개요 및 이력사항

<1.4.1 현황표>, <2.4 기존 점검·진단 실시결과>, <2.5 보수보강이력> 참조

1.2.2 점검의 범위

- ① 자료 수집 및 분석
- ② 현장조사 및 시험
- ③ 상태평가
- ④ 종합평가 및 안전등급 지정
- ⑤ 보수·보강방안 및 유지관리방안 제시
- ⑥ 보고서 작성

1.2.3 점검의 내용

본 점검을 수행하기 위하여 실시한 정밀점검의 세부내용은 <표>와 같다.

<표> 점검의 내용

점검의 범위		점 검 의 내 용	비 고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토	
현장조사 및 시험	외관 조사	1) 터널의 제원 및 시공상태 조사 2) 외관 결함 및 손상 조사	
	내구성 조사	1) 콘크리트 강도조사 (반발경도 시험) 2) 콘크리트 물성조사 (탄산화 시험)	
상태평가		1) 부재별 상태평가 2) 부재별 중요도에 따른 가중치를 고려하여 전체 평가등급 산정 3) 탄산화시험 결과를 상태평가에 반영 4) 상태평가 결과를 종합평가로 산정 5) 안전등급의 결정	
보수 및 보강 대책수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 대책 수립 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법제시	
유지관리 대책수립		1) 유지관리상 중점 점검사항 작성 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	

1.3 점검수행 일정

본 점검 기간은 2017. 05.17 ~ 2017. 06.24 이다.

구 분	기 간	비 고
1. 설계도서등 사전검토	05.17 ~ 05.21	
2. 기존 정밀점검 및 정밀안전진단 결과 분석	05.22 ~ 05.26	
3. 현장조사	05.27 ~ 05.31	
4. 외관조사망도 작성	06.01 ~ 06.05	
5. 시설물의 상태평가	06.06 ~ 06.10	
6. 보수보강 및 유지관리방안 제시	06.11 ~ 06.16	
7. 보고서 작성	06.17 ~ 06.24	

1.4 대상시설물 현황

1.4.1 진부2터널(인천) 현황표

터널명	진부2터널(인천)		
노선명	고속국도 50호선	시행청	한국도로공사
시점	강원도 평창군 진부면 하진부리 산251-1	종점	강원도 평창군 진부면 하진부리 산257-2
터널형식	난형	관리주체	한국도로공사 대관령지사
차선수	2차로	환기방식	자연환기
연장	L=185.0m	설계사	삼보기술단
내공단면	B : 9.6m, H : 6.7m	시공사	두산건설(주)
배수형식	측면배수	감리사	-
종단기울기	-2.5%	착공	1997년 11월 04일
평면선형	-	준공	1999년 12월 18일
연결통로	없음	갱문형식	시점:면벽식, 종점:면벽식
주요공법	NATM	보조공법	Pipe Roof
기타			

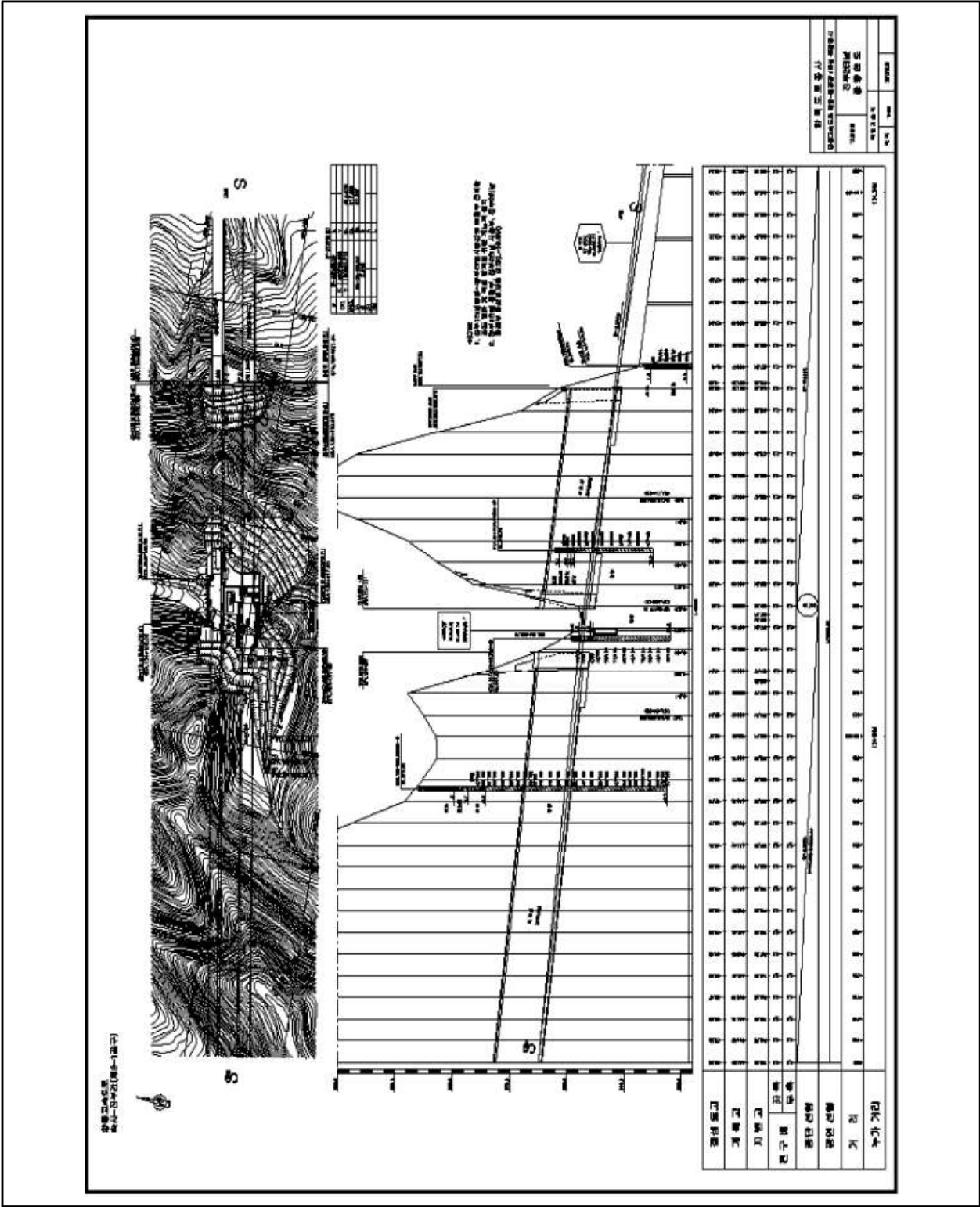
1.5 사용장비 및 시험기기 현황

본 과업의 수행에 사용된 장비의 목록은 다음과 같다.

기기명		제조회사 (제조국)	측정능력/활용	사진
반발경도 측정기	NSR	SANYO (일)	콘크리트표면강도 측정	
탄산화 측정장비	페놀프 탈레인 시약	국산	페놀프탈레인 시약 사용 /콘크리트 탄산화깊이 측정	
버니어 캘리퍼스	SH8H76043	AND (일)	측정장비, 50mm /탄산화 깊이, 철근직경 측정	
균열확대경	PEAK2028	PEAK (일)	균열 확대경, 10배 /균열폭 실측	
기타	발전기, 줄자, 스타프, 안전장구, 작업용사다리, 점검망치, 무전기, 개인 안전장비(안전모, 안전화, 신호봉 등), 휴대용 랜턴 등			

2. 자료수집 및 분석

2.1 설계도면

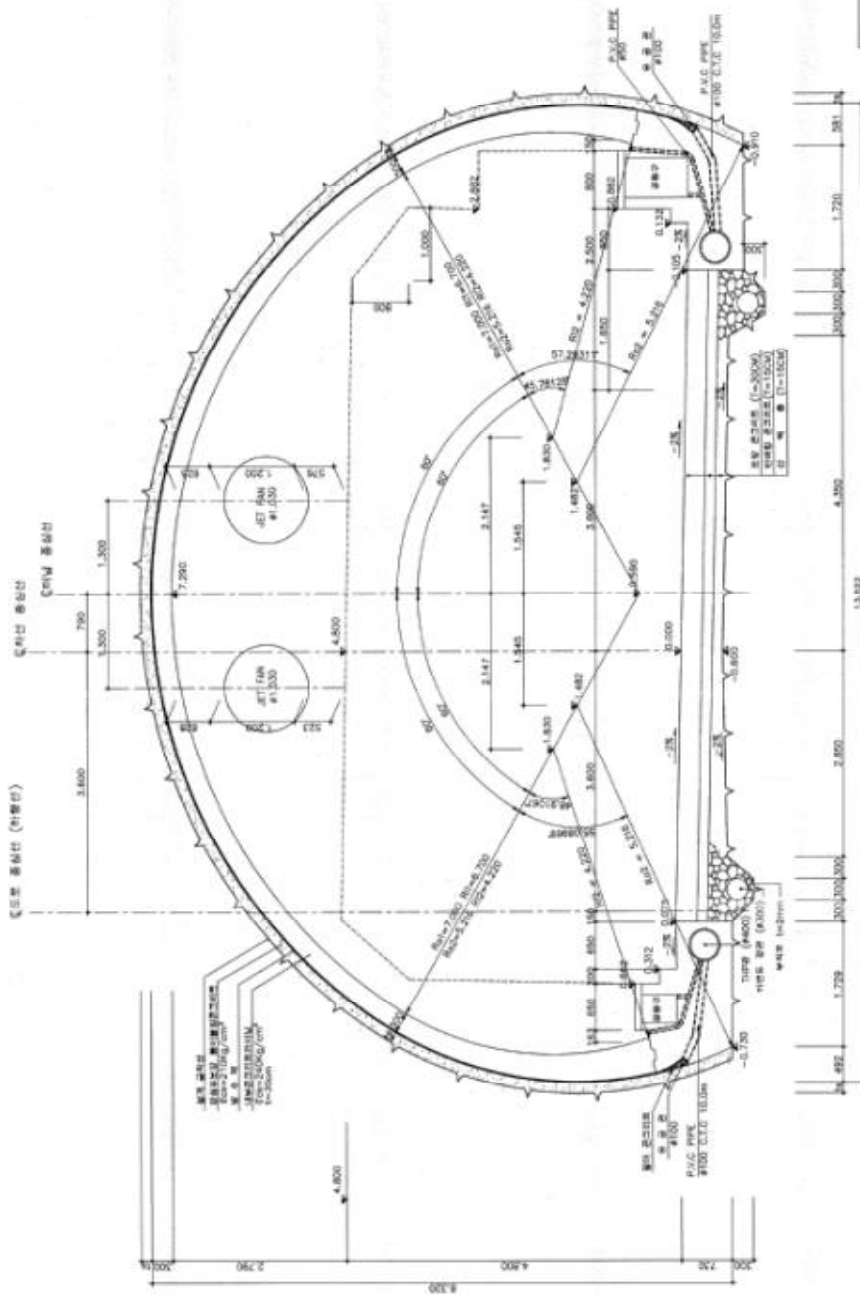


<그림> 평면 및 종단면도

터널 표준 단면도 (일반부)

영남고속도로 원주~강릉간 4차선 확장공사
제2-1공구(하행선) : 측사~2차분

S=1:30



- * NOTE : 1. 본공구도 라이닝 하인부는 지름 및 형상기호를 상부사인 치수를 하인지반으로 환산하는 역치를 하인부 치수(하인)의 단위로 환산한다. 본공구도 하인 치수(하인)의 단위를 하인부 치수(하인)의 단위로 환산한다. 하인부 치수(하인)의 단위를 하인부 치수(하인)의 단위로 환산한다. 하인부 치수(하인)의 단위를 하인부 치수(하인)의 단위로 환산한다.
2. 측사하인부(하인)의 치수를 하인부 치수(하인)의 단위로 환산한다. 하인부 치수(하인)의 단위를 하인부 치수(하인)의 단위로 환산한다. 하인부 치수(하인)의 단위를 하인부 치수(하인)의 단위로 환산한다. 하인부 치수(하인)의 단위를 하인부 치수(하인)의 단위로 환산한다.

회사명	영남고속도로공사
프로젝트명	영남고속도로 원주~강릉간 4차선 확장공사
제2-1공구(하행선)	측사~2차분
도면번호	103

<그림> 표준 단면도

2.2 구조계산서 검토

기존 구조계산서 자료를 검토분석 하였으며, 하중조합을 고려하여 구조계산서를 검토한 결과 모두 허용응력 범위내에 존재하므로 설계하중에 대해서 구조적으로 안전한 것으로 판단된다.

2.3 자료수집 현황

본 과업을 수행하기 위하여 실시한 자료수집의 세부내용은 다음과 같다.

자료수집 목록		자료수집 여부	비고
설계도서	◦ 설계도, 구조물도, 구조계산서	○	
시설물 관리대장	◦ 기본현황 ◦ 상세제원 ◦ 유지관리 이력	○	
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 유지관리 이력	○	※ 건설시 붕괴구간 및 저토포 존재여부 확인
점검·진단 자료		○	
보수보강 자료		○	
내진설계 관련 자료		○	

2.4 기존 점검 · 진단 실시결과

번호	점검구분	점검기관	비용(천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임기술자	안전등급	주요 보수보강(안)
1	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 금회 정기점검 결과, 구조적인 손상 및 결함은 발생되지 않았으며, 배수로 토사퇴적, 입구갭문 표면균열, 공동구 덮개 부분파손 등이 관찰됨.
	2016.10.20	정의천	양호	- 배수로청소 및 공동구덮개 교체, 기타 주의관찰
2	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 금회 정기점검 결과, 구조적인 손상 및 결함은 발생되지 않았으며, 입구부 배수로 토사퇴적, 공동구 덮개 열화, 파손 등이 관찰됨.
	2016.06.27	정의천	양호	- 배수로 청소 및 덮개교체, 주의관찰 부재에 대해서는 손상의 진전여부를 판단하여 적기에 보수보강이 이루어 질 수 있도록 조치해야 함.
3	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 배수로 토사퇴적, 종점부 갭구상부 대리석 탈락, 공동구덮개 열화, 파손
	2015.10.07	정의천	양호	- 배수로청소, 대리석 재설치, 공동구덮개 교체
4	정밀점검	자체수행	-	- 라이닝 상태 대체로 양호함 (2012년 하자만료정밀점검결과 보강완료) - 타일파손, 입출구부 갭문균열 - 공동구 덮개파손
	2015.06.25	정의천	B등급	- 타일파손, 입출구부 갭문균열 : 타일교체 및 주입보수 - 공동구 덮개파손 : 덮개교체 시공
5	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 점검결과 특이사항은 없었으며, 배수로 및 배수구 토사퇴적, 공동구 덮개 부분열화
	2014.12.16	정의천	양호	- 배수로 청소 및 공동구덮개 교체
6	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 점검결과 천정부 균열, 타일의 파손, 배수로 및 집수정 토사퇴적 등이 관찰됨
	2014.06.19	정의천	양호	- 천정부 라이닝균열(주의관찰), 배수로토사(청소), 집수정토사(준설), 타일탈락부(재설치), 공동구덮개(교체)
7	정밀점검	자체수행	-	- 점검결과 구조적인 결함은 발견되지 않았으며, 공동구 덮개 파손이 발견됨.
	2013.09.24	김태훈	B등급	- 공동구덮개 교체
8	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 전체적으로 양호한 상태로서 안전성을 저해할 만한 구조적인 손상은 없음.
	2013.06.19. ~2013.09.16	김태훈	양호	- 공동구덮개 보수

번호	점검구분	점검기관	비용(천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임기술자	안전등급	주요 보수보강(안)
9	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 전체적으로 양호한 상태로서 안전성을 저해할 만한 구조적인 손상은 없음.
	2012.08.20	이해수, 김태훈	양호	- 공동구 덮개 파손 6개소 등에 대해서는 보수조치가 필요.
10	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- S18 벽체 타일파손, 공동구 덮개 파손 6개소
	2012.05.24	이해수, 김태훈	양호	- 타일보수, 공동구덮개 교체
11	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 양호함
	2011.08.10	이해수, 박광일	양호	- 없음
12	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 양호함, 부속시설물 이상없음
	2011.04.20	이해수, 박광일	양호	- 없음
13	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 양호함
	2010.09.16	박광일	양호	- 없음
14	정밀점검	자체수행	-	- 양호함
	2010.04.12	박광일	A등급	- 없음
15	정밀점검	에스큐 엔지니어링(주)	5,531	- 라이닝 균열 및 국부적인 파손, 타일탈락, 공동구 파손
	2009.11.03	박윤제	B등급	- 표면처리, 주입보수, 단면보수
16	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 양호함
	2009.04.29	김용준	양호	- 없음
17	정밀점검	자체수행	-	- 양호함
	2008.08.01. ~2008.08.28.	이원석	A등급	- 주의관찰

번호	점검구분	점검기관	비용(천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임기술자	안전등급	주요 보수보강(안)
18	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 없음
	2008.06.04	강현억	양호	- 없음
19	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 양호함
	2007.09.07	이권찬	양호	-
20	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 양호함
	2007.03.07	이권찬	양호	-
21	정밀점검	자체수행	-	- 양호함
	2006.09.07	이진만	A등급	- 없음
22	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 양호함
	2006.06.12	이진만	양호	- 없음
23	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 양호함
	2005.12.12	이권찬	양호	-
24	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 양호함
	2005.06.24	석선원	양호	-
25	정밀점검	자체수행	-	- 양호함
	2004.11.11	유민상	A등급	- 양호함
26	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 양호함
	2004.06.22	양승렬	양호	- 없음

번호	점검구분	점검기관	비용(천원)	주요 점검결과
	점검기간	책임기술자	안전등급	주요 보수보강(안)
27	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 전반적으로 양호
	2003.10.08	정우관	양호	- 없음
28	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 천정 및 벽체부 균열 및 탈락, 누수, 백태, 포장부 균열, 함몰, 파손, 입출구부 균열 및 누수, 사면안정상 태, 배수상태 등
	2003.06.16. ~2003.06.18	정우관	양호	- 전반적으로 양호
29	정밀점검	한국도로공사	-	- 교량 교대·교각의 균열발생
	2002.10.28. ~2002.10.29	최기용	A등급	-
30	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 균열발생, 공동구 균열 및 파손, 타일파손, 신축이음 부 누수 점검 양호
	2002.03.26. ~2002.03.29	김태훈	양호	- 없음
31	정기점검 (하반기)	자체수행	-	- 균열발생, 공동구 균열 및 파손, 타일파손, 신축이음 부 누수 점검 양호
	2001.11.30	김윤섭	양호	- 없음
32	정기점검 (상반기)	자체수행	-	- 천정부 균열, 타일박리
	2001.06.26. ~2001.06.29	김윤섭	양호	- 균열보수, 타일교체
33	정밀점검	본부	-	- 라이닝 균열 등
	2000.07.26	구조물 과장	A등급	-
34	정기점검 (상반기)	본부	-	- 천정부 균열
	2000.05.25	구조물 과장	양호	- 에폭시 주입보수

2.5 보수·보강이력

번호	공사기간	공사내역	공사비(원)	비고
-	-	-	-	

2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	내진보강 검토결과 요약	
진부2터널 (인천)	N	예비평가	내진성능 예비평가(구조물안전팀-1356(2016.09.27))
		상세평가	-
		내 용	내진보강 관찰구조로 분류되어 상세평가 불필요

※ 별첨 : 2016년 내진성능 예비평가 결과(구조물 안전팀-1356(2016.09.27))

2.7 자료수집 분석 결과

기 점검 수집자료 분석결과, 금회 정밀점검 시 중점 점검진행 방향은 다음과 같다.

수집 자료	자료 분석 결과	정밀점검 방향
◦ 점검 및 진단 이력	◦ 이전 점검 및 진단 이력을 검토한 결과, 천장부 균열, 공동구 덮개파손, 케노피 낙발생 등이 조사됨.	◦ 점검 시 조사된 손상에 대한 사항을 상세 외관조사 시 면밀히 조사하고, 추가 손상 확인, 보수여부 및 대책방안 마련. ◦ 금회 정밀점검 자료를 활용하여, 차후 안전성 변화 여부에 대한 비교, 검토를 실시함.
◦ 보수·보강 이력	◦ 보수·보강 이력을 검토한 결과, 보수이력은 없으나, 현장조사 시 보수를 수행한 것으로 확인되어, 본 터널은 지속적인 유지관리가 진행된 것으로 평가됨.	◦ 보수·보강 이력사항에는 보수부에 대한 위치가 제시되어 있지 않으므로 2015년 정밀점검보고서를 기초로 상세외관조사 시 면밀히 조사함

3. 외관조사 및 분석

3.1 라이닝

가. 점검결과

구 분		단 위	물 량	개 소	비 고
라이닝	균열(cw 0.3 미만)	m	4.6	10	
	균열(cw 0.3 이상)	m	28.4	6	
	망상균열	m ²	105.0	2	
	조인트부 박락	m ²	2.4	4	

나. 점검결과 분석

점 검 결 과	손상 현황	• 균열(0.3mm미만) • 균열(0.3mm이상) • 망상균열 • 조인트부 박락
	원인 분석	• 라이닝에 발생한 균열은 시공초기 건조수축 및 라이닝 타설시 구속응력 등에 의해 발생된 것으로 판단됨 • 조인트부 균열에 의해 박락이 발생한 것으로 판단됨
	대책	• 균열(0.3mm미만) : 표면처리보수 • 균열(0.3mm이상) : 주입보수 • 망상균열 : 표면처리보수 • 조인트부 박락 : 깨어내기



3.2 타일

가. 점검결과

구 분		단위	물량	개소	비 고
타일	타일균열	m	1.2	1	
	타일탈락	EA	6.0	6	
	타일들뜸 및 탈락	EA	10.0	10	
	타일파손	m ²	0.68	5	
	균열(cw 1.0 이상)	m	3.0	1	

나. 점검결과 분석

점 검 결 과	손상 현황	• 타일균열 • 타일탈락 • 타일들뜸 및 탈락 • 타일파손 • 균열(1.0mm이상)
	원인 분석	• 타일균열은 타일 벽체와 몰탈이 밀착 시공되어 있는 점을 감안할 때, 라이닝에서 발생된 균열이 타일까지 진행된 것으로 판단됨 • 시공미흡, 경년열화에 의한 타일탈락 발생 • 타일들뜸 및 탈락은 벽체균열에 의해 발생하였으며, 타일탈락 부위로 균열 폭을 확인 한 결과 1.0mm로 조사되었으며, 손상부위의 타일을 제거 후 균열에 대한 주입보수를 실시한 후 타일 재시공을 실시하는 것이 바람직함
	대책	• 타일균열 : 주의관찰 • 타일탈락 : 타일재시공 • 타일들뜸 및 탈락 : 타일재시공 • 타일파손 : 단면보수 • 균열(1.0mm이상) : 주입보수



타일들뜸 및 탈락(Span 5)



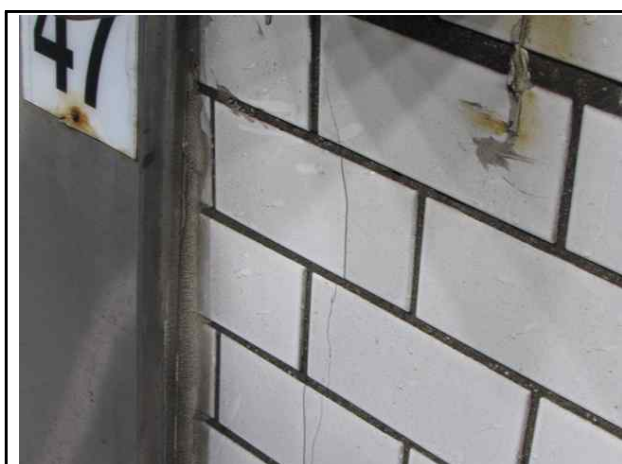
타일부 벽체균열(1.0mm)(Span 5)



타일탈락(Span 8)



타일탈락(Span 10)



타일균열(Span 10)

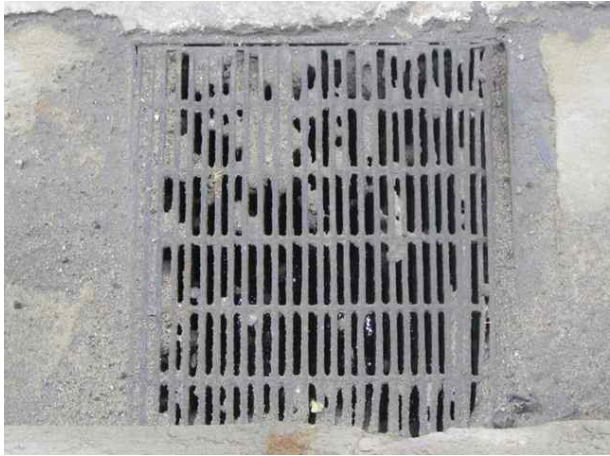


타일탈락(Span 12)

3.3 배수로 및 공동구

가. 점검결과

구 분		단위	물량	개소	비고
배수로	상태양호	-	-	-	
공동구	상태양호	-	-	-	

	
집수구 상태양호	공동구 상태양호

3.4 도로 포장부

가. 점검결과

구 분		단위	물량	개소	비고
도로 포장부	포장파손	m ²	0.09	1	

나. 점검결과 분석

점검결과	손상 현황	• 포장파손
	원인 분석	• 포장파손은 포장두께가 불량하거나 차량의 반복하중 등에 의해 발생되며, 준공 이후 미 보수된 상태에서 차량의 지속적인 통행으로 인하여 손상이 심화됨
	대책	• 포장파손 : 단면복구

	
포장부 현황	포장부 포장파손(Span 12)

3.5 갯문 및 사면

가. 점검결과

구 분		단위	물량	개소	비 고
갯문	대리석 균열	m	0.3	1	
사면	상태양호	-	-	-	

나. 점검결과 분석

점 검 결 과	손상 현황	• 갯문 대리석 균열
	원인 분석	• 오랜 공용기간과 경년열화에 의해 발생
	대책	• 대리석 균열 : 주의관찰

	
갯문 대리석 균열(시점측 갯문)	갯문 및 사면 상태양호(종점측 갯문)

3.6 기 점검 · 진단 결과와의 비교

기 정밀점검(2015년) 이후 일부 손상에 대해서 보수를 실시하였으며, 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

<표> 기 정밀점검 결과와의 비교

부재	손상내용	단위	2015년		2017년		물량증감
			개소	물량	개소	물량	
라이닝	균열(0.3mm미만)	m	-	-	10	4.6	▲4.6
	균열(0.3mm이상)	m	4	5.0	6	28.4	▼23.4
	망상균열	m ²	-	-	2	105.0	▲105.0
	조인트부 박락	m ²	-	-	4	2.4	▲2.4
타일	타일균열	m	-	-	1	1.2	▲1.2
	타일탈락	EA	-	-	6	6.0	▲6.0
	타일들뜸 및 탈락	EA	-	-	10	10.0	▲10.0
	타일파손	m ²	-	-	5	0.68	▲0.68
	균열(1.0mm이상)	m	-	-	1	3.0	▲3.0
배수로	상태양호	-	-	-	-	-	-
	표면일부 박리	m ²	6	4.0	-	-	▼4.0
공동구	상태양호	-	-	-	-	-	-
	덮개파손	EA	20	20	-	-	▼20.0
도로 포장부	포장파손	m ²	-	-	1	0.09	▲0.09
갱문	대리석 균열	m	-	-	1	0.3	▲0.3
사면	상태양호	-	-	-	-	-	-
부속시설	캐노피 녹발생	m ²	1	320.0	-	-	▼320.0

3.7 재료시험 및 측정 결과

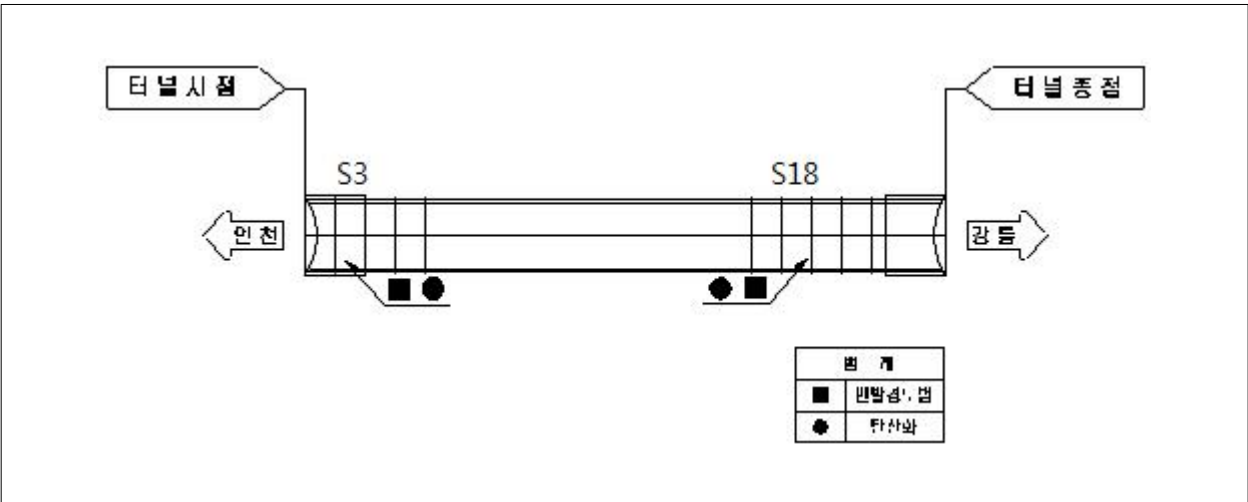
가. 시험 및 측정 현황

본 점검에서 부재별 재료시험 및 측정은 크게 콘크리트 강도시험(반발경도법)과, 콘크리트 부재의 탄산화 깊이 측정 등으로 구분되며, 시험항목별 개소수 및 시험위치는 다음과 같다.

<표> 시험 및 측정 수량 산출

구 분	세부지침 기준	기준산출 수량	금회 시험 수량	비고
반발 경도 시험	- 총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소 - 185m ÷ 300m = 1개소	1개소	2개소	기준수량만족
탄산화 시험	○철근콘크리트 구조물 - 총연장 1,000m 미만 : 2개소 - 총연장 1,000m 이상 : 최소2개소 + 1,000m당 1개소	2개소	2개소	기준수량만족

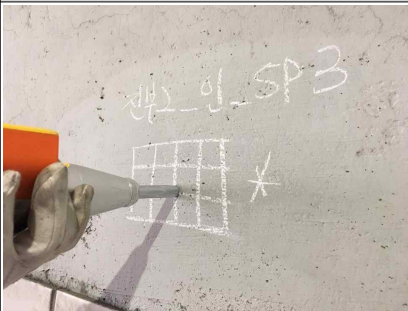
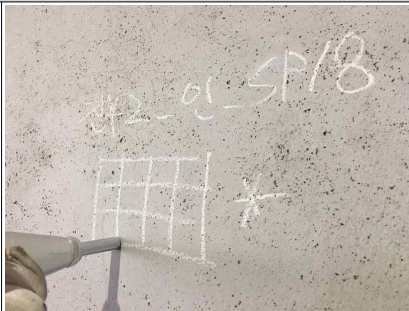
나. 시험 및 측정 위치도



<그림> 시험 및 측정 위치도 및 전경

다. 콘크리트 비파괴 강도시험

시 험 결 과			
측정위치	측정강도 (MPa)	설계기준강도 (MPa)	판 정
3 SPAN	23.5	21.0	O.K
18 SPAN	22.8	21.0	O.K

시험 전경 사진		
		

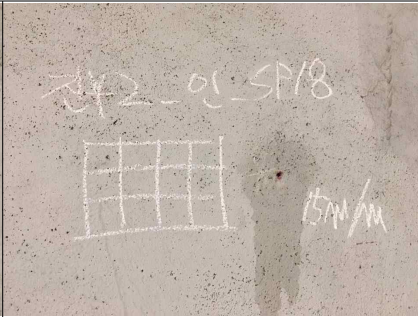
시험결과 분석
○ 콘크리트 비파괴 강도 시험결과 설계강도 라이닝 구간 21Mpa보다 높은 값이 측정되었으며, 따라서 비파괴 강도면에서 전반적 상태가 양호한 것으로 측정됨.

라. 탄산화시험

시 험 결 과						
측 정 위 치	탄산화 깊이(mm)	철근피복 두께(mm)	탄산화속도 계수(A)	잔존수명 예측(년)	탄산화잔여 깊이(mm)	상태평가 등급
3 SPAN	14.0	75.0	3.064	100년이상	61.0	a
18 SPAN	15.0	75.0	3.300	100년이상	60.0	a

※ 탄산화 속도계수 산정

$$C = A \times \sqrt{t}$$
여기서, C : 탄산화깊이(mm), A : 탄산화속도계수, t : 재령(년)

시험 전경 사진		
		

시험결과 분석
o 탄산화 시험결과 탄산화 잔존깊이가 60.0~61.0mm로서 'a'로 평가 되었으며, 향후 탄산화 진행 상태를 지속적으로 관찰하여야 할 것으로 판단됨.

3.8 기 점 검 · 진 단 결 과 와 의 비 교

구 분	2015년 정밀점검	2017년 정밀점검	비 고
반발경도 (MPa)	23.0~23.7	22.8~23.5	· 반발경도 시험 결과 기 점검결과와 비교시 일부 차이가 있으나 비파괴강도는 설계기준 강도를 만족하고 있는 것으로 조사됨.
탄산화 잔여깊이 (mm)	61.0~62.0	60.0~61.0	· 탄산화 잔여깊이 측정 결과 기 점검과 비교시 비슷한 것으로 조사 되었으며, 탄산화 진행으로 인한 철근부식 영향은 적은 것으로 조사 됨.

4. 시설물의 상태평가

4.1 상태평가 결과

가. 철근콘크리트 구간

Span NO.	라이닝	균열	누수	파손 및 손상	재질 열화							평가		
					박리	충분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물	결함 점수	결함 지수	라이닝 등급
1	철근	b	a	a	a	a	a	a	a	-	a	4	0.111	a
2	철근	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a	0	0.000	a
3	철근	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	4	0.111	a
18	철근	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	4	0.111	a
19	철근	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a	0	0.000	a
20	철근	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a	0	0.000	a
평균		2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.000	0.056	a

나. 무근콘크리트 구간

Span NO.	라이닝	균열	누수	파손 손상	재질 열화				평가		
					박리	충분리 박락	백태	재료 분리	결함 점수	결함 지수	라이닝 등급
4	무근	c	a	a	a	a	a	a	7	0.259	b
5	무근	d	a	a	a	a	a	a	10	0.370	c
6	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
7	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
8	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
9	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
10	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
11	무근	a	a	a	a	a	a	a	0	0.000	a
12	무근	a	a	a	a	a	a	a	0	0.000	a
13	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
14	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
15	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
16	무근	b	a	a	a	a	a	a	4	0.148	a
17	무근	a	a	a	a	a	a	a	0	0.000	a
평균		3.786	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.786	0.140	a

다. 터널 주변상태 결함점수 산정

주변환경 상태					
배수상태	지반상태	갯문상태	공동구상태	특수조건	합계
0	1.0	0.5	0.5	0	2.0

라. 터널 상태평가 결과 산정

항목	균열	누수	파손 손상	재질열화						주변 상태	합계	결함 지수
				박리	충분리 박락	백태	철근 노출	탄산화	염화물			
결함점수 (철근콘크리트)	2.000	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	4	0.093
결함점수 (무근콘크리트)	3.786	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	5.786	0.170

마. 진부2터널(인천) 상태평가 결과

구분	형식	결함점수	연장(m)	연장비	결함지수	상태평가 결과
철근콘크리트 구간	NATM	0.093	40.0	0.216	0.020	a
무근콘크리트 구간	NATM	0.170	145.0	0.784	0.133	b
합계		0.263	185.0	1.000	0.153	B

바. 전차 점검 결과와 비교·분석

구조물명	전회차 정밀점검(2015년)		금회차 정밀점검(2017년)	
	안전등급	결함지수	안전등급	결함지수
진부2터널(인천)	B	0.180	B	0.153

사. 결과분석

진부2터널(인천)의 상태평가 결과를 전차 점검과 비교·분석한 결과, 평가 결과는 B로 동일하나 평가지수는 하향되었다. 전차 정밀점검 실시 후 전반적인 손상에 대해서 보수를 실시하여, 평가지수가 변동되었다. 그러나 현장조사 결과 구조적인 손상 및 내구성 저하 등은 없는 것으로 확인되어 특이사항은 없는 것으로 판단된다.[상태평가 산출근거 부록에 수록]

아. 종합평가 및 안전등급 지정

진부2터널(인천)은 정밀점검 대상으로 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가만을 수행하였으며, 상태평가결과 "B"를 종합평가로 결정함

5. 종합결론

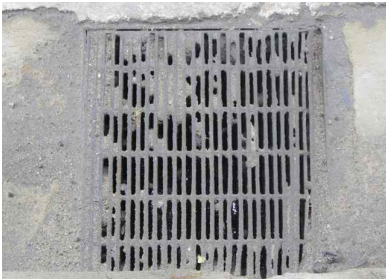
5.1 보수·보강 방안

부재	손상내용	손상 물량	단위	손상원인	보수방안	우선 순위
라이닝	균열(0.3mm미만)	4.6	m	건조수축 + 구속응력	표면처리보수	3
	균열(0.3mm이상)	28.4	m	건조수축 + 구속응력	주입보수	2
	망상균열	105.0	m ²	건조수축 + 구속응력	표면처리보수	3
	조인트부 박락	2.4	m ²	콘크리트 균열 + 경년열화	깨어내기	3
타일	타일균열	1.2	m	라이닝 콘크리트 균열(반사균열)	주의관찰	-
	타일탈락	6	EA	시공미흡 + 경년열화	타일재시공	3
	타일들뜸 및 탈락	10	EA	콘크리트 균열(반사균열) + 경년열화	타일재시공	3
	타일파손	0.68	m ²	콘크리트 균열(반사균열) + 경년열화	타일재시공	3
	균열(1.0mm이상)	3.0	m	건조수축 + 구속응력	주입보수	2
포장부	포장파손	0.09	m ²	포장불량 + 차량반복하중	단면복구	3
갭문	대리석 균열	0.3	m	경년열화	주의관찰	-

5.2 중점유지관리사항

진부2터널(인천)에 대한 금회 정밀점검 결과, 외관조사 시 구조적인 결함은 발생되지 않았으나 유지관리 시의 중점점검 사항 및 내구성 확보차원에서의 보수가 필요한 부분에 대하여 보수 후에도 보수상태나 손상의 진전을 일상점검 시 중점적으로 점검해야 한다.

구분	중점유지관리 사항	
라이닝		• 종방향 균열, 횡방향 균열 등의 손상에 대해서 보수 후 균열 진행 유무 확인.
		• 이음부 주변 균열 등의 손상에 대해서 보수 후 보수상태 확인.

구분	중점유지관리 사항	
라이닝		•백태, 망상균열, 재료분리, 박락 등의 손상에 대해서 보수후 보수상태 확인.
타일 (벽체)		•타일 균열, 파손, 탈락 등의 손상에 대해서 균열보수 후 타일 재부착을 통한 유지관리 필요. •조인트부 균열 손상에 대해 보수 후 균열 진행 유무 확인.
배수로		•집수구 청소 후 정기적인 관리를 통한 유지관리가 필요.
공동구		•콘크리트 균열, 파손, 박리 등의 손상에 대해서 보수를 통한 유지관리 필요.
도로 포장부		•들뜸, 파손 등의 손상에 대해서 보수 후 추가 손상 진전 유무 확인

구분	중점유지관리 사항	
갯문		• 균열, 망상균열, 들뜸, 박락 등의 손상에 대해서 보수 후 보수상태 확인. • 이격부 등의 손상에 대해서 충진 보수 후 보수상태 확인.
사면		• 종점부 사면에 토사 유실이 조사되어 주기적인 점검을 통한 주의 관찰이 필요.

5.3 정밀안전진단 및 사용제한 여부

현 상태에서 긴급정밀안전진단이나 사용제한 등의 조치는 필요하지 않을 것으로 조사되었으며, 추후 적절한 시기에 점검계획을 수립하여 지속적인 유지관리가 이루어져야 할 것이다.

5.4 종합결론

1) 라이닝에 발생한 균열은 시공초기 건조수축 및 라이닝 타설 시 구속응력 등에 의해 발생된 것으로 판단된다.

2) 타일들뜸 및 탈락은 라이닝 균열에 의해 발생하였으며, 타일탈락 부위로 균열 폭을 확인 한 결과 1.0mm로 조사되었으며, 손상부위의 타일을 제거 후 균열에 대한 주입보수를 실시한 후 타일 재시공을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3) 타일균열은 타일 벽체와 몰탈이 밀착 시공되어 있는 점을 감안할 때, 라이닝에서 발생된 균열이 타일까지 진행된 것으로 사료되며, 라이닝에 발생한 균열은 온도변화와 건조수축에 의해 발생된 것으로 판단된다.

4) 내구성 조사결과 콘크리트 비파괴강도는 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 탄산화 시험결과 상태평가 등급은 a등급으로 조사되어 탄산화에 의한 철근부식 가능성은 적은 것으로 조사되었다.

5) 본 과업대상 시설물에 대한 상태평가 결과는 B등급으로 평가 되어 종합평가 등급 및 안전등급은 B등급으로 기능발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 것으로 평가되었다.

따라서, 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대하여 보고서에 제시된 보수와 병행하여 중점 유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검을 시행한다면 구조물의 안전성 및 사용성을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

1. 시설물의 점검사항

부재별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검 부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

1) 부재별 외관조사 항목 및 조사방법

사전답사를 통한 현장확인 후 대상시설물 각각의 부재에 따른 조사항목 및 방법은 아래와 같다.

구 분	조 사 부 재	조 사 항 목	조사방법	비고
기본 시설	천장 및 벽체	- 콘크리트의 변형 및 들뜸 - 균열, 단차, 누수상태 - 시공이음부 누수 및 손상상태 - 박리, 박락 및 변형조사 - 망치타격에 의한 공동발생 유무 - 벽체타일 균열, 파손, 박락 등 손상상태	고소차 및 도보에 의한 육안조사	
	포장	- 포장 균열 및 파손 유무 - 박리, 박락 발생 유무 - 포장 구배불량 여부	도보에 의한 육안조사	
	배수시설	- 배수상태 및 청소상태 - 배수구 덮개 망실 및 파손 유무 - 배수구 내부 침전물 상태 - 배수로 외관 상태		
	공동구	- 공동구 덮개 균열, 파손 등 손상상태 - 공동구 벽체타일 균열, 파손 등 손상상태 - 공동구 내부 침전물 및 체수 유무		
	부속시설	- 소화전 및 감시카메라 설치상태 - 조명시설 및 전기시설 상태		
부대 시설	옹벽	- 콘크리트의 균열 및 재질 손상 유무 - 박리, 박락 발생 유무 - 망치타격에 의한 공동발생 유무	고소차 및 도보에 의한 육안조사	
입·출 구부	갭문, 도수로	- 벽체균열 및 누수상태조사 - 콘크리트 박리, 박락 상태조사 - 기타 콘크리트 열화상태 조사		
	비탈면 (주변지반)	- 수목, 식생 상태조사 - 사면의 절리방향, 낙석 유무 조사 - 지하수 유출 - 배수로 및 우수로 상태조사	도보에 의한 육안조사	

2) 현장조사 요령

가. 측점분할

① 일반사항

◦ 측점 분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 터널의 진행 방향으로 위치를 표시하는 작업을 말한다.

◦ 예비조사와 기타 사전조사시에 입수한 자료를 검토하여 도면에서의 표기방식을 참고로 현장에서 해당 위치를 표시하고, 위치 표시는 현장에서 쉽게 식별될 수 있도록 하여 추후 유지관리 시에도 활용할 수 있어야 한다.

② 조사수량 및 측정방법

◦ 정밀점검 시 측점 분할 간격은 각종 현장 조사시 좌우로 확인 가능한 거리인 5.0m 내외가 적당하며 면밀한 조사가 필요한 구간에 대하여는 별도로 세분해야 하고, 내업 정리 및 분석 작업은 필요에 따라 5 ~ 20m간격으로 조정 가능하다.

③ 결과분석

◦ 국부적인 표면 오염이나 습기 등이 있을 경우 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성펜 등으로 표시하며 석필, 분필 등으로 표시할 수 있다. 철도터널, 도로터널과 같이 현장에서 기 표시된 측정은 반드시 확인하여야 한다.

◦ 측점분할은 통상 터널 입구에서 시작하여 출구에서 끝나며 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면 변화 구간, 횡갱구간, 소화전, 응급 대피소 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 위치를 파악하여, 측점 분할함으로써 오차를 줄인다.

나. 배수상태조사

배수상태는 터널과 같은 시설물의 운영 중 발생하는 용수, 강수가 터널 주변의 지표수 및 지하수에 영향을 미쳐 시설물의 안전상태를 미리 예측하고 대처하기 위해 실시하며, 주요 내용은 다음과 같다.

◦ 시추자료, 지표의 용수지점, 우물의 수위 등으로 지하수위 등고선을 그리고 그 흐름방향이나 구배를 찾아서 터널용수의 유무나 갈수범위 등을 추정한다. 또한 지하수가 불투수층으로 막혀 낮은 지하수층과 지하수층으로 분리되는 경우 대수층으로 분류한다.

◦ 위의 결과를 참조하여 터널 주변의 배수상태 즉, 내부와 외부상태를 검토한다.

다. 지반상태조사

① 현장시험

◦ 현장시험은 지반정보를 구하는 중요한 방법으로서 특히 지층구성이나 거시적 지반정보를 얻는 것과 원지반 상태 그대로에서 각종 지반정보를 얻는 것이 특징이다.

◦ 불교란 시료를 채취하기 어려워서 실내시험에서 공학적 특성을 측정할 수 없는 구간에서는 현장 원위치 시험을 실시하여 지반특성을 측정한다.

② 현장시험의 종류와 적용

시추공을 이용한 시험법에는 시추공 저면을 이용하는 것이 있으며, 시험목적으로 분류하면 원위치 지반의 강도와 변형계수 등의 역학적 정보를 얻기 위한 것과 지하수 정보나 물리정보를 얻기 위한 것이 있다.

③ 풍화변질 및 단층파쇄대

터널에 영향을 줄 수 있는 범위 등을 조사한다.

라. 갯문상태 조사

갯문은 터널 입·출부에 위치하여 터널의 안전성에 유해요소를 작용하므로 손상상태를 파악하여 시설물 유지관리에 활용한다.

마. 특수조건조사

전력구 터널, 전차선을 설치한 터널 등에서 누수로 인한 낙수 및 동결위험도를 조사하여 시설물유지관리에 활용한다.

2. 콘크리트 비파괴 조사방법

1) 개 요

콘크리트 비파괴 조사는 내구성 평가를 위해 비파괴시험을 실시하였으며, 외관조사 결과와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강 및 유지관리 방안을 수립하는 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다. <표>는 철근콘크리트 재료시험 및 측정조사 내용을 표기하였다.

<표> 철근콘크리트 재료시험 및 측정 조사 내용

구 분	조사 항목	내 용	비고
재료시험 및 측정	콘크리트강도 (반발경도법)	슈미트 해머를 이용하여 콘크리트 강도 조사	
	탄산화 시험	탄산화시험기를 이용하여 콘크리트 구조물의 탄산화 깊이 조사	

2) 콘크리트 강도 시험

콘크리트 구조물의 압축강도를 추정하는 방법에는 현장에서 코어를 직접 채취하여 시험실 내에서 일축압축강도시험을 통하여 구하는 방법과 비파괴시험에 의해 추정하는 방법이 있다. 정확한 강도를 평가하기 위해서는 코어에 의한 강도를 활용하여야 하나 코어채취부의 누수, 코어개수 증가에 따른 구조물의 악영향 등을 고려하여 코어채취에 의한 강도조사는 발주처 협의 및 사업책임기술자의 판단하에 평가항목에서 제외하였으나 반발경도법에 의해 대표강도를 추정할 수 있도록 충분한 조건하에 비파괴강도 시험을 실시하였다. 또한 콘크리트 강도조사 구간 선정은 외관조사결과 콘크리트 결함이나 불량부의 개소수가 적어 육안조사에 따라 각 부재를 대표할 수 있는 구간을 랜덤으로 선정하여 시험을 시행하였다.

1) 반발경도법

가) 개요

콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머법이 가장 널리 사용되는데, 슈미트 해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

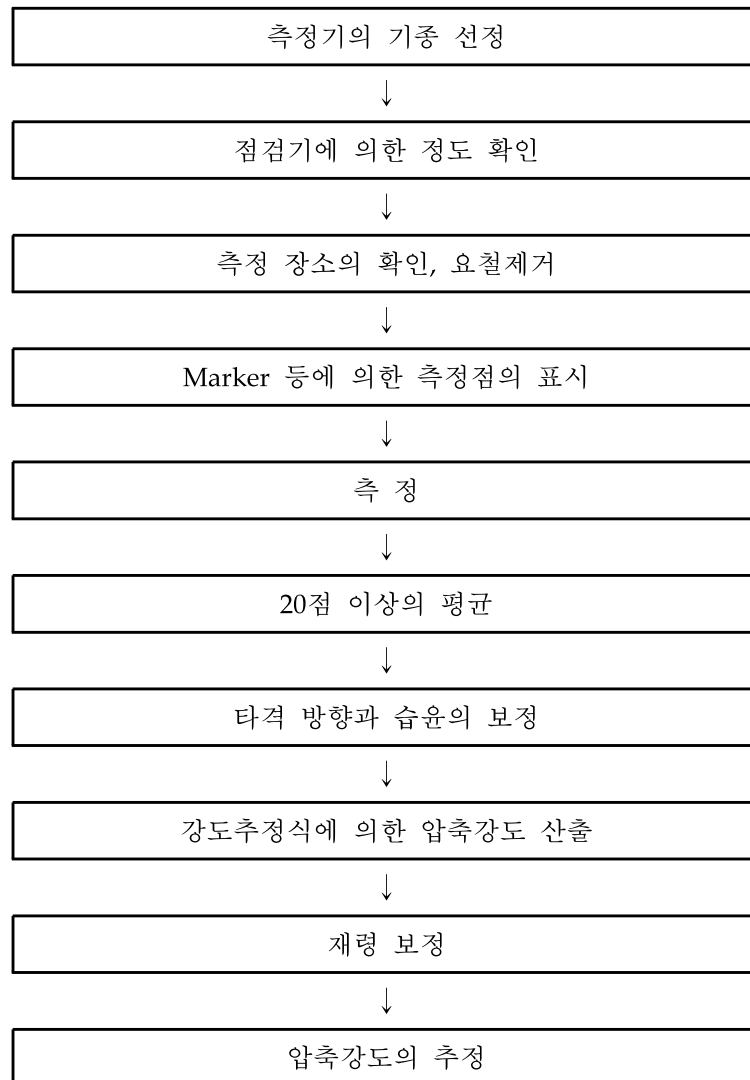
나) 시험방법

① 반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 ± 7 의 범위(또는 $\pm 15 \sim 20\%$)를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정함.

② 측정점간의 최소간격은 30~60mm로 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm 이상을 원칙으로 함

③ 측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건조에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함

반발경도시험에 의한 압축강도 추정 흐름도는 다음과 같다.



<그림> 압축강도 추정 흐름도

다) 보정방법

보정반발경도(R0)는 아래 식과 같이 측정경도 R값에 보정값 $\Delta R1$, $\Delta R2$, $\Delta R3$ 을 더한 값으로 한다.

$$R0 = R + \Delta R1 + \Delta R2 + \Delta R3$$

여기서, $\Delta R1$: 타격방향에 따른 보정값

$\Delta R2$: 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값

$\Delta R3$: 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

① 타격 방향에 따른 반발경도의 보정

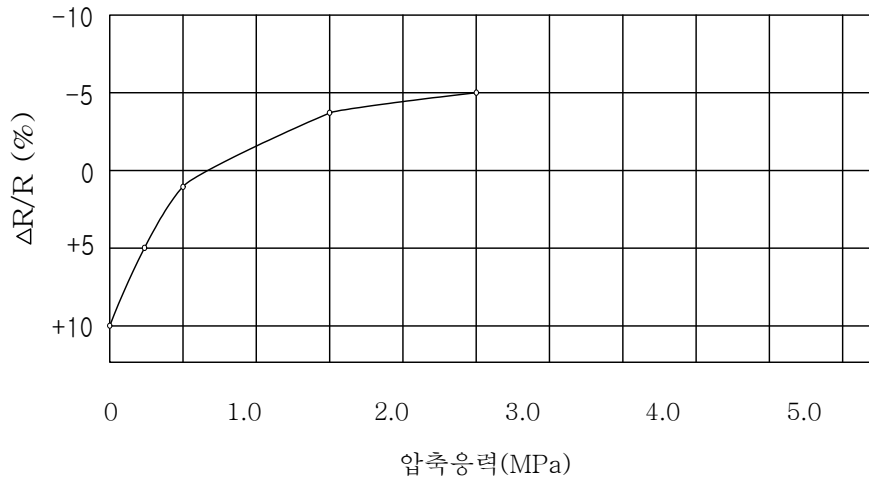
수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다. 반발경도 보정치는 <표 1.4>와 같다. 하향 타격(-90°)의 경우에는 슈미트 해머(Schmidt Hammer) 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 +값으로 수정해 주고, 상향의 타격(+90°)의 경우에는 반대현상에 의해서 -값으로 수정해 주어야 한다.

<표> 반발경도 보정치

반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비 고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10	-	-	+2.4	+3.2	'상향수직타 격 +90° 하향수직타 격 -90°
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

② 압축응력에 따른 반발경도 보정

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험결과 입증되었다. 그 크기는 대략 압축응력이 0.1MPa 인 경우 $\Delta R2 = -0.015R$, 0.25 인 경우 $\Delta R2 = -0.05R$ 이다.



<그림> 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

③ 콘크리트 습윤 상태에 따른 보정

콘크리트 표면이 습윤 상태에 있으면 기건 상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 완전습윤상태에서는 기건 상태를 기준으로 $\Delta R3 = +5$ 로 보정한다.

④ 콘크리트 재령 년수에 따른 보정

시간이 오래되어 건조한 콘크리트는 큰 반발경도를 나타내는 경향이 있다. 또한 재령에 따른 콘크리트 강도를 추정하는 경우, <표 1.5>와 같이 현재 상태의 압축강도를 기준으로 재령계수 α 를 곱하여 재령 28일의 압축강도를 추정할 수 있다.

<표> 재령에 의한 반발경도의 보정계수

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일
α	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32
재령	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일
α	1.28	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01
재령	28일	29일	30일	32일	34일	36일	38일	40일	42일	44일	46일	48일
α	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
재령	50일	52일	54일	56일	58일	60일	62일	64일	66일	68일	70일	72일
α	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
재령	74일	76일	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	137일
α	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.75
재령	150일	175일	200일	250일	300일	350일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
α	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

라) 압축강도 추정

반발경도 값으로부터 콘크리트 압축강도를 추정하기 위해 주로 적용되는 기존의 제안식은 다음과 같으며, 본 진단에서는 각 기존 제안식에 따라 약간의 편차가 있으므로 제안식의 평균값으로 압축강도를 추정하였다.

<표> 콘크리트 압축강도 제안식

구 분	제안식(MPa)		적용 대상
식 1	$f_c = -18.0 + 1.27R_o$	일본재료학회	보통 콘크리트 (30.0MPa 미만)
식 2	$f_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	일본건축학회	
식 3	$f_c = (17.2R_o - 241) \times 0.098$	한국시설안전공단	고강도 콘크리트 (30.0MPa 이상)
식 4	$f_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.098$	과학기술부	

마) 평가 근거

반발경도법의 강도조사결과에 대한 평가근거 및 내용은 아래와 같다.

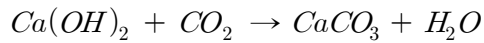
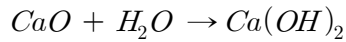
<표> 반발경도법의 평가근거 및 내용

구 분	내 용	비고
평가근거	▪ 준공도면의 설계기준 강도	
평가내용	▪ 각 제안식의 평균값으로 압축강도를 산정함. ▪ 부재별 압축강도는 조사개소의 평균값으로 산정함. ▪ 측정치는 설계기준강도와 비교, 검토하여 구조계산에 반영하며 설계값이상일 경우 안전측으로 설계값을 적용하고 설계값 미만일 경우 측정치를 구조계산에 반영토록 함.	

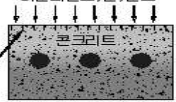
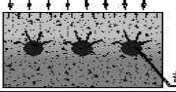
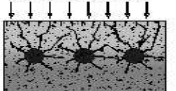
3) 탄산화 시험

1) 개요

탄산화란 경화콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 말한다. 즉 건전한 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘($Ca(CO)_3$)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 낮아지는 현상이다.



콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.

◆ 1단계		재질 및 강도상의 변화는 거의 없다. (약간의 건조수축에 의한 균열)
◆ 2단계		녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생한다.
◆ 3단계		철근의 윗면이 팽창하며 균열이 표면까지 연장되고 동해 등의 다른 열화를 유발시키며 녹물이 보인다.
◆ 4단계		철근 윗면의 피복이 탈락되기 시작하고 철근노출이 시작된다. 철근의 단면적이 감소한다.
◆ 5단계		철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출된다. 내구성능 저하가 가속된다.

<그림> 탄산화에 의한 철근부식 메커니즘

2) 시험방법

본 과업에서는 콘크리트의 미소구간을 파취하여 시험을 시행하였으며, 철근 위치를 파악한 후 시험 위치를 결정한다.

시험개소 · 부위 · 노면 아래조건 · 주위 환경 등에 의한 방법을 적시에 선택한 후에 분진의 비산방지책을 검토해야 한다. 깎아낸 콘크리트 표면에 콘크리트 조각이나, 가루를 완전히 제거한다.

3) 탄산화깊이 측정

가) 측정 준비

① 측정면의 처리가 종료된 후 바로 측정면에 시약을 분무기로 액체가 떨어지지 않을 정도로 분무한다.

② 측정면의 처리가 종료된 후 바로 측정할 수 없는 경우에는 비닐필름 등으로 측정면을 밀봉한다.

나) 탄산화깊이 측정

- ① 콘크리트 표면으로부터 적자색으로 변색한 부분까지의 거리를 0.5mm단위로 측정한다.
- ② 선명한 적자색으로 변색된 부분보다 옅은 부분에 흐린 적자색의 부분이 나타나는 경우 선명한 적자색 단면까지의 거리를 탄산화 깊이로서 측정함과 동시에 연한적자색 부분까지의 거리도 함께 측정한다.
- ③ 평균 탄산화깊이는 측정값의 합계를 측정 개수로 나누어 구하고, 반올림하여 소수점 이하 한 자리까지 구한다.

다) 측정 지점

- ① 공시체의 활렬면이나 절단면을 측정면으로 하는 경우 탄산화의 상황에 따라 10~15mm간격마다 1곳을 측정한다.
- ② 코어 공시체의 측면을 측정면으로 하는 경우는 5곳 이상을 측정한다.
- ③ 콘크리트 구조물의 깎아낸 면에서 측정하는 경우 깎아낸 면의 크기에 따라 4~8곳 정도를 측정한다.

<표> 페놀프탈레인 분무 시기와 측정 시기

측 정 면	청소방법 전처리법	시약의 분무시기	탄산화깊이 측정시기 (분무 후의 경과시간)
- 현장 깎아낸 면 - 코어 활렬면	blow 뿜기	직후	직후
		3~6시간 직후	1~10분 후
		1~7일 후	1분~2일 후
	blow 뿜기 후 물축임	직후~1일 후	직후
		2~4일 후	직후~2일 후
		5~7일 후	직후
- 임의 추출 코어 표면 - 콘크리트 커터 절단면	물씻기 후 표면 건조	1일 후	10분~2일 후
수중 양생 후의 활렬면	blow 뿜기	직후~1일 후	직후
수중 양생 후 콘크리트 커터 절단면	물씻기 후 표면건조, 분무 전 물축임	1일 후	10분~2일 후

※안전점검 및 정밀점검 세부지침 (한국시설안전공단, 2010.12)

※본 과업에서는 현장 깎아낸 면으로 탄산화를 측정하였음.

라) 탄산화 진행에 따른 상태평가

탄산화 진행상태는 피복두께의 절대값이 클수록 탄산화 잔여 절대값이 커지므로 피복두께가 클수록 일반적으로 철근부식까지의 탄산화도달시간에 대한 여유가 크다. 피복두께와 탄산화 측정깊이를 고려한 철근 콘크리트 구조물에서의 탄산화 진행상태에 대한 상태평가 결과는 다음과 같다.

<표> 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	· 30mm 이상	· 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10mm 이상 ~ 30mm 미만	· 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0mm 이상 ~ 10mm 미만	· 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0mm 미만	· 철근부식 발생
e	-	-

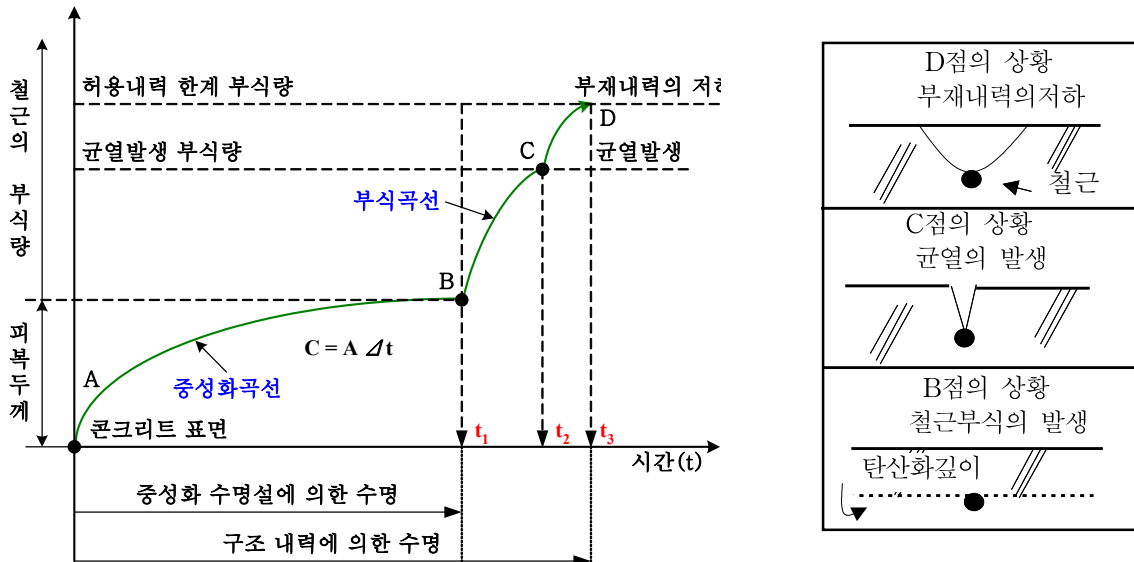
※ 안전점검 및 정밀점검 세부지침 (한국시설안전공단, 2010.12)

마) 내구수명 평가

콘크리트의 탄산화가 진행하여 철근에 다다르게 되면 철근의 부식이 시작된다. 그러나 철근주변까지 콘크리트가 탄산화가 되었다고 해서 바로 부식이 발생하여 철근의 단면 결손이 발생하는 것은 아니다. 또한 실내외의 환경조건에 따라 철근부식 조건이 달라지며, 실외에서는 탄산화영역이 철근위치에 도달하면 급속하게 철근의 부식이 발생하는 반면, 실내의 경우는 탄산화영역이 철근에 도달해도 급속하게 부식하는 경우는 없고, 탄산화영역이 피복두께를 20~30mm 지나치는 시점에서 부식이 시작된다.

콘크리트가 탄산화되어 철근의 부식이 시작되고, 수명에 이르는 개념을 <그림 1.5>에 나타내었다. 즉 t1은 탄산화영역이 철근표면에 도달하는 시점, t2는 그 결과 철근이 부식되고 콘크리트에 균열을 발생시키는 시점, t3은 부재내력이 한계에 달하는 시점을 의미한다.

지금까지 철근콘크리트 구조물의 수명은 t1의 시점이라고 판단되어 왔으나 실제 구조물에 적용할 경우 많은 문제점이 나타나게 된다. 전문가에 따라서는 t1의 시점이 반드시 철근의 유해한 부식량의 시점이라고는 생각되지 않기 때문에, t2의 시점을 수명으로 산정하는 것이 적절하다는 의견이 있으므로 아직까지는 명확한 수명을 판단하기가 어렵다. 또한 다양한 환경조건에 따라 t1에서 t2 도달까지의 시간이 다르기 때문에 본 과업에서는 탄산화에 대한 내구수명으로서 t1에 도달할 때까지의 시간으로 결정하고 내구수명을 산정하였다.



<그림> 콘크리트 내부에서의 철근부식의 개념

대기 중의 탄산가스에 의한 콘크리트 표면으로부터의 탄산화 진행을 경과시간의 함수로서 표현한 것이 탄산화 속도식이다. 탄산화가 정상상태에서 탄산가스의 콘크리트내부 확산에 따라 생긴다고 가정하면, 탄산화깊이 C는 경과시간 t의 평방근에 비례한다고 하는 식이 도출된다. 이것은 통상, $\sqrt{t}$ 법으로 불리며, 가장 일반적으로 사용되고 있다.

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

위의 식에서 계수 A는 탄산화속도 계수라고 하며, A의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A는 콘크리트의 재료적 요인 및 환경조건에 의해 정해지는 복잡한 함수이다.

본 과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 이에 따라 다음 식을 통하여 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정할 수 있다.

$$t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_o$$

여기서, t_d 는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c 는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_o 는 현재의 구조물 경과시간이다.

3. 상태평가 기준 및 방법

1) 개 요

시설물의 상태평가는 육안조사에 의한 외관상태 항목(결함, 손상, 열화 등)과 함께 재료시험 항목(탄산화)을 포함하여 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-터널편(2010. 12, 국토해양부, 한국시설안전공단)』에 명시되어 있는 상태평가 기준을 적용하여 실시하였다.

2) 상태평가 기준

정밀점검에서는 기본시설물 또는 주요부재에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 산정한다.

3) 상태평가 항목 및 기준

가. 일반

터널의 기본시설과 부대시설은 <표>과 같다. 터널 부대시설 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기재갱 등은 상태평가지 기본시설에 포함하여 평가한다. 시설물의 중요도 및 규모 등이 상대적으로 큰 연직갱/경사갱, 환기구, 피난연락갱, 연결터널 등은 별도평가 후 부대시설 가중치를 적용하여 시설물을 평가한다. 상태평가 대상 구간에 무근콘크리트 라이닝과 철근콘크리트 라이닝 또는 개착터널과 NATM터널 구간이 교호하여 시공된 경우 각각 평가 후 각 길이를 환산한 가중치를 적용한 가중산술평균 방법으로 평가한다. 터널 갱구부에 비탈면 또는 옹벽 등이 존재하는 경우 상태평가기준은 본 세부지침에서 설정하고 있는 상태평가기준을 각각 적용한다.

<표 1.13> 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류

기본시설물	부대시설물
○ 본선라이닝	○ 연직갱 및 경사갱
○ 갱문	○ 환기구
○ 개착터널	○ 피난연락갱
○ 지하차도	○ 연결터널(환기시설)
○ 지하정거장	○ 갱구부옹벽

나. 기본시설 결합지수 산정기준

터널 시설물 분류에 따른 터널별 상태평가를 위한 결합점수와 결합지수 산출방법은 다음과 같다.

1) NATM 터널(무근콘크리트 라이닝)

결 합 등 급		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질 열화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터 널 주 변	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2~3			
				영향범위 외 : 1			
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구상태		덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건		도심지터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
철근콘크리트 결합지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결합점수}}{27}$, 터널결합지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결합점수}}{34}$							

2) NATM 터널(철근콘크리트 라이닝)

결 합 등 급		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	균 열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누 수	0	1	2	3	4~5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재 질 열 화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	-
		염화물	0	1	1	2	-
터 널 주 변	배수상태	오 염 됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2~3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손 상 : 0.5~1					
	공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
철근콘크리트 결합지수 (f) = $\frac{\sum \text{결합점수}}{36}$, 터널결합지수 (F) = $\frac{\sum \text{결합점수}}{43}$							

3) 부대시설

부대시설 평가결과를 기본시설을 포함한 전체시설물의 상태평가 결과에 반영하기 위한 방법으로 다음과 같이 기본시설과 별도로 부대시설 결합점수에 따른 가중치를 정하였으며, 부대시설 평가기준은 기존의 산정 개념과 유사하게 보수적인 관점에서 하위상태에 비중을 두어 산정한다.

- 시설물의 결합지수(F) = 기본시설 결합지수(F) × 부대시설 가중치(W)

<표> 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.00	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결합지수	$0 \leq f < 0.15$ A등급(우수)	$0.15 \leq f < 0.30$ B등급(양호)	$0.30 \leq f < 0.55$ C등급(보통)	$0.55 \leq f < 0.75$ D등급(미흡)	$0.75 \leq f$ E등급(불량)
시설물 상태평가	문제점이 없는 최상의 상태	기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있으나 기본 시설기능 수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시설에 영향을 주는 상태	기본시설의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

부대시설의 결합지수(f) = $\sum(f_n) / N$

여기서, f_n : 개별 부대시설의 상태평가 결합지수

N : 개별 부대시설의 개수

<표> 부대시설(무근 콘크리트) 결합점수 및 결합지수 산정기준

결 합 등 급		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	균 열		0 ~ 2	3 ~ 5	6 ~ 8	9 ~ 11	12 ~ 13
	누 수		0	1	2	3	4 ~ 5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질 열화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
부대시설 결합지수 (f) = $\frac{\sum \text{결합점수}}{36}$							

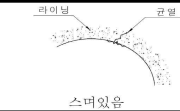
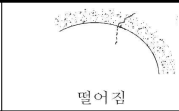
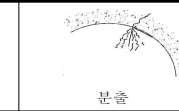
<표> 부대시설(철근 콘크리트) 결함점수 및 결함지수 산정기준

결 함 등 급		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	균 열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누 수	0	1	2	3	4~5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	-
염화물	0	1	1	2	-		
부대시설 결함지수 (f) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{36}$							

4) 항목별 세부기준

평가항목은 기존의 국내 세부지침 기준과 같이 5단계로 세분화였고, 평가항목별 상태평가 기준은 터널 상태평가 결과와의 차이를 두기 위하여 소문자 a, b, c, d, e 로 표기한다. 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 기준으로 하여 결정하며, 여러 개소에 나타날 경우에는 등급을 하향 조정하였다.

<표> 터널 상태평가 항목별 세부기준

종류 \ 등급	a	b	c	d	e
▶ 균열(면적율이 20% 이상과 구조적인 균열 및 단차일 경우의 평가는 1단계 하향 조정할수 있다.)					
무근콘크리트 라이닝	0.1mm 미만	0.1mm 이상 0.3mm 미만	0.3mm 이상 1.0mm 미만	1.0mm 이상 3.0mm 미만	3.0mm 이상
철근콘크리트 라이닝	0.1mm 미만	0.1mm 이상 0.3mm 미만	0.3mm 이상 0.5mm 미만	0.5mm 이상 0.7mm 미만	0.7mm 이상
개착식터널 BOX	0.1mm 미만	0.1mm 이상 0.2mm 미만	0.2mm 이상 0.3mm 미만	0.3mm 이상 0.5mm 미만	0.5mm 이상
▶ 누수					
누 수	없 음				
▶ 파손 및 손상					
손상도	없 음	1/6미만	1/6이상 1/3미만	1/3이상 1/2미만	1/2이상
손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10cm×10cm미만)	중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만)	극심한 손상 (30cm×30cm이상)
▶ 재질열화					
박 리	없 음	0.5mm 미만	0.5mm 이상 1.0mm 미만	1.0mm 이상 25mm 미만	25mm 이상이거나 조골재 손실
충분리 및 박락	없 음	깊이 12mm 미만 또는 직경 75mm 미만	깊이 25mm 미만 또는 직경 150mm 미만	깊이 25mm 이상 또는 직경 150mm 이상	박락이 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
백태, 재료분리	없 음	면적율 5% 미만	면적율 5~10% 미만	면적율 10~20%	면적율 20% 이상
철근노출	없 음	면적율 1% 미만	면적율 1~3% 미만	면적율 3~5% 미 만	면적율 5% 이상
탄 산 화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 ~ 30mm 미만	0mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-
염 화 물	0.3kg/㎡ 이 하	0.3초과 ~ 1.2kg/㎡	1.2이상 ~ 2.5kg/㎡	2.5kg/㎡	-
▶ 배수상태					
결함점수	오염됨 : 1(1~2)			배수불량 및 막힘 : 2	
▶ 지반상태					
결함점수	풍화변질 : 1	단층파쇄대			
		영향범위 외 : 1	영향범위 내		
			중·소규모 단층 : 2	대규모 단층 : 3	
▶ 갯문(접속부)상태					
결함점수	보통인 상태 : 0.5(1)			불량한 상태 : 1(2)	
▶ 공동구상태					
결함점수	덮개파손 및 오염됨 : 0.5			이물질 퇴적 및 침수 : 1	
▶ 특수조건(추가점수)					
결함점수	도심지 토사터널		전력구 터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D) : 1	제한범위 (1D미만) : 2	측벽부 낙수 : 1	아치부 낙수 : 2	동결위험 : 3

5) 상태평가 등급 산정과정

