

요 약 문

1. 정밀안전진단의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검과 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제12조 및 동법 시행령 제10조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위하여 면밀한 외관조사와 간단한 측정·시험장비로 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석, 평가 및 적절한 보수·보강방법 제시 등 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

본 과업을 수행함에 있어서 과업의 범위는 기본적으로 과업지시서에 충실하고 과업지시서에 명기되지 않은 내용은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(이하 ‘세부지침’이라 한다)」을 준용하여 수행하는 것으로 하였다.

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시
- 7) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2018. 08. 16 ~ 2019. 08. 23(착수일로부터 373일간)

1.2.2 과업의 내용

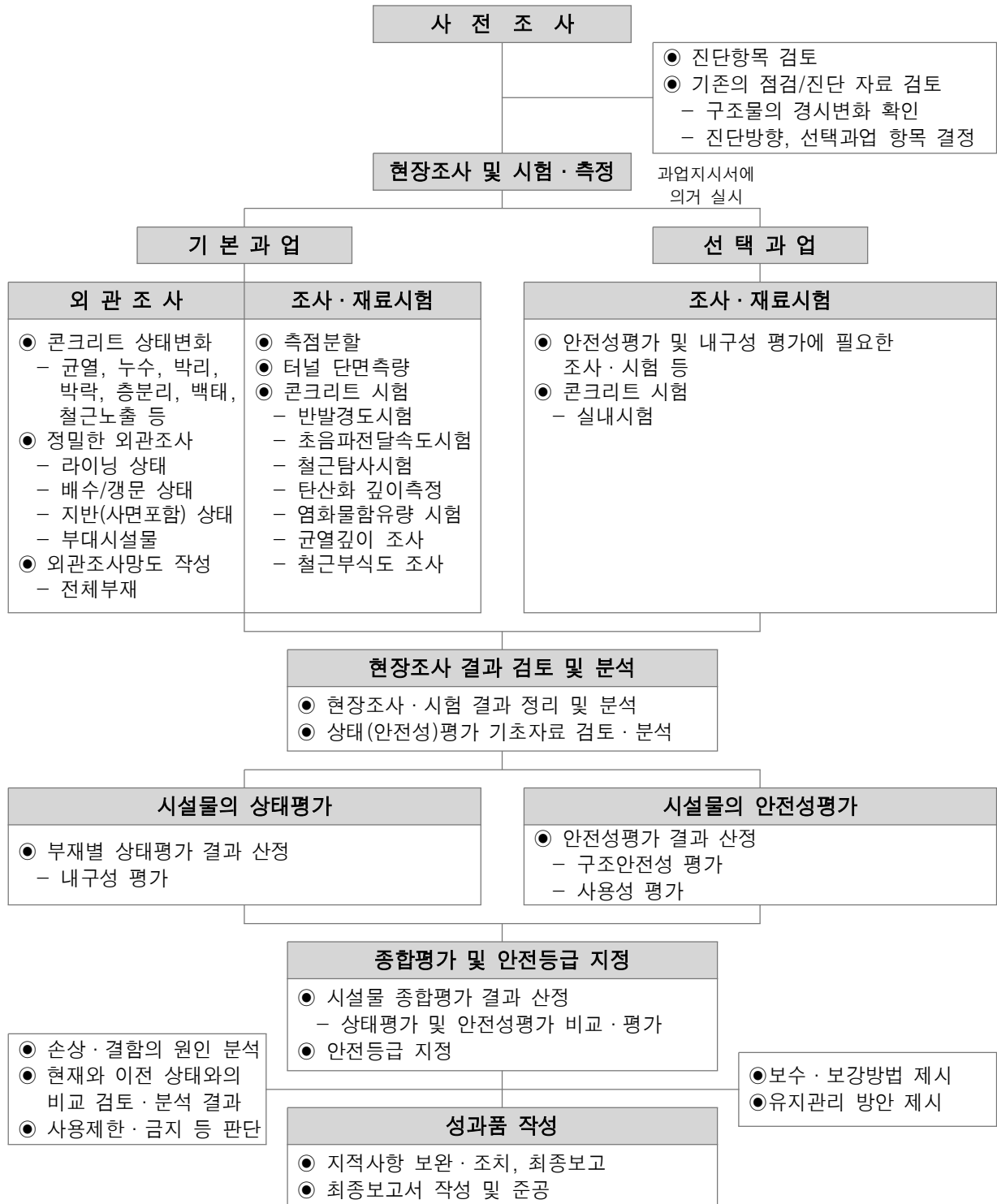
본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2018. 6, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

과업 범위	과업의 내용
설계도서 및 관련자료 수집 · 검토	● 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서, 시공관련 자료 등) ● 기존 안전점검 실시결과 및 유지관리자료 검토 － 시설물관리대장(보수 · 보강 이력사항)
현장조사 및 시험	● 구조요소별 외관조사 － 구조물 제원 및 시공상태 조사 － 터널 단면측량 － 구조요소별 결함 · 손상, 열화 유무 확인(라이닝/공동구/포장/배수구) － 터널 사면 및 주변 현황, 부속시설 조사 － 기 진단결과와의 비교 ● 내구성조사 － 반발경도법 및 초음파법에 의한 콘크리트 강도조사, 품질평가 － 철근탐사에 의한 철근 배근간격, 피복두께 등 시공정밀도 평가 － 탄산화깊이, 염화물함유량 시험에 의한 내구성능 저하도 평가 － 균열깊이 조사 － 철근부식도 조사
상태평가	● 부재별 상태평가 결과 산정 후 부재별 가중치를 고려한 시설물 전체에 대한 상태평가 결과 산정 ● 탄산화깊이 및 염화물 함유량에 대한 평가 후 상태평가 항목으로 반영 ● 기 진단결과와의 비교
안전성평가	● 조사, 시험, 측정 결과의 분석 ● 기존 구조해석 및 지반해석 검토 · 분석 ● 구조 안전성평가
종합평가 및 안전등급 지정	● 외관조사 및 내구성조사를 종합한 상태평가 결론의 도출 ● 구조해석 등 안전성평가 결론의 도출 ● 안전등급 지정
보수 · 보강 방법	● 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 ● 기능 회복 및 향상을 위한 보수 · 보강 공법 제시 ● 보수 · 보강 물량 및 보수 · 보강 우선순위 제시
유지관리 방안	● 유지관리상 문제점과 지침 기준 작성 ● 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시
보고서 작성	● 평가 및 지적사항 보완, 최종보고 ● 성과품 작성 및 제출

1.3 과업수행일정

1.3.1 과업수행 절차

본 과업의 수행과정 및 절차를 흐름도로 나타내면 다음과 같다.



1.3.2 과업수행 일정

본 과업의 기간은 2018년 8월 16일부터 2019년 8월 23일까지 373일간이며 과업수행의 세부 일정은 다음과 같다.

공 종	2018년					2019년								비 고
	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	
1. 사전조사 · 착수계 작성 및 제출 · 현장답사 · 관련자료 수집 및 분석 · 사전검토서 작성 및 제출 · 과업수행계획서 작성 및 제출														- 2018년도 8/16 착수 - 착수 10일 이내 사전검토 보고서 제출 - 착수 14일 이내 과업수행 계획서 제출
2. 현장조사 및 상태조사 · 현장조사 계획 및 준비 · 현장재료시험 및 실내시험 · 시험결과 해석 및 평가 · 외관조사 · 현장조사결과 정리 · 상태평가														- 전체부재 정밀조사 - 추가조사
3. 안전성평가 및 종합평가 · 안전성평가를 위한 조사 · 안전성평가 · 종합평가 결과 제출														
4. 보수·보강 등 제시 · 보수보강 방안 및 우선순위 결정 · 유지관리방안 제시														
5. 심 의 · 심의용 보고서 작성 · 심의의뢰 및 보고서 제출 · 심의결과 조치 · 심의완료														- 심의요청서 제출 - 기술심의 : 관리주체와 일정협의
6. 보고서 작성 · 외관조사망도 작성 · 최종보고서 작성 · e-보고서 작성														- 2019년도 8/23 준공

1.4 대상구조물 현황

본 과업의 대상시설물인 문수터널(부산)의 현황은 다음과 같다.

시설물명	문수터널(부산)	시설물번호	TU2008-0000196
노 선 명 (이정)	고속국도65호선 (44.5km)	시 행 청	국토해양부
시 점	울산광역시 울주군 청량면	종 점	울산광역시 울주군 범서읍
터널형식	마제형	관리주체	부산울산고속도로(주)
차 선 수	편도 3차로	환기방식	강제환기 - 제트팬
연 장	L = 1,508.0m	설 계 자	한국종합기술
내공단면	B = 10.8m(차도폭), H = 8.2m	시 공 사	삼성물산,삼성중공업
배수형식	배수식	감 리 사	-
종단기울기	0.5 %	착 공	2001년 09월 17일
평균선형	곡선반경 R = 1,494.9m	준 공	2008년 12월 31일
연결통로	피난연락갱 3개소	갱문형식	벨마우스
주요공법	NATM	보조공법	Forepoling
기 타	※ 설계도서 및 구조계산서 유무 : 유 ※ 갱구부 사면 보강 : 시점 - 강판다단 그라우팅, Soil Nailing 종점 - Rock bolt 보강 ※ 내장 : 타일마감(설치높이 - 좌측<H=3.285m>, 우측<H=3.001m>)		

본 과업의 대상시설물인 문수터널(포항)의 현황은 다음과 같다.

시설물명	문수터널(포항)	시설물번호	TU2008-0000197
노 선 명 (이정)	고속국도65호선 (44.5km)	시 행 청	국토해양부
시 점	울산광역시 울주군 청량면	종 점	울산광역시 울주군 범서읍
터널형식	마제형	관리주체	부산울산고속도로(주)
차 선 수	편도 3차로	환기방식	강제환기 - 제트펜
연 장	L = 1,599.0m	설 계 자	한국종합기술
내공단면	B = 10.8m(차도폭), H = 8.2m	시 공 사	삼성물산,삼성중공업
배수형식	배수식	감 리 사	-
종단기울기	0.5 %	착 공	2001년 09월 17일
평균선형	곡선반경 R = 1,494.9m	준 공	2008년 12월 31일
연결통로	피난연락갱 3개소	갱문형식	벨마우스
주요공법	NATM	보조공법	Forepoling
기 타	※ 설계도서 및 구조계산서 유무 : 유 ※ 갱구부 사면 보강 : 시점 - 강관다단 그라우팅, Soil Nailing 종점 - Rock bolt 보강 ※ 내장 : 타일마감(설치높이 - 좌측<H=3.285m>, 우측<H=3.001m>)		

2. 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련 자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

본 구조물과 관련된 자료는 주로 설계·시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 관련된 자료 등이며, 관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음과 같다.

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계도서 (준공도서)	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	○	◇ 부산~울산간 고속도로 민간투자 시설사업(제9공구:두현~굴화) - 구조 및 수리계산서 - 구조물도 - 일반보고서 - 터널보고서 - 지반조사보고서
	◇ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도, 지질개요도, 지보패턴도, 공법도 및 방·배수 상세도, 계측도	○	
시 설 물 관리대장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	-
시공관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇ 사고기록	△	◇ 2010년 정밀점검 보고서 ◇ 2013년 정밀점검 보고서 ◇ 2016년 정밀점검 보고서
안전점검 및 정밀점검 자료		○	◇ 2012년 정밀안전진단 보고서 ◇ 2013년 정밀점검 보고서(포항)
보수·보강 자료		○	◇ 2015년 정밀점검 보고서 ◇ 2017년 정밀점검 보고서(부산)

2.2 기존 정밀점검 · 정밀안전진단 실시결과

본 터널은 2009년에 실시한 정기점검(상반기)을 시작으로 2018년 정기점검(상반기)까지 공용기간 중 정밀점검 4회, 정기점검 16회 등을 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음 표와 같다.

점검 및 진단 이력(부산)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검 · 진단 결과	등급
1	정기점검	2018-06-04 ~ 2018-06-04	자체수행	양호함	양호
2	정기점검	2017-10-19 ~ 2017-10-19	자체수행	양호함	양호
3	정기점검	2017-05-23 ~ 2017-05-23	자체수행	양호함	양호
4	정밀점검	2016-11-16 ~ 2016-12-30	씨엘엠 건설(주)	외관조사 결과 라이닝에 발생된 결함은 대부분 균열로서 라이닝 천정부 종방향 및 횡방향 균열이 대부분을 차지하며 콘크리트 타설시 급속타설, 수화열, 건조수축 등에 기인한 것으로 구조적 원인에 의한 균열은 없는 것으로 판단되므로, 손상에 대한 적정공법의 보수를 실시하고 향후 균열 재발생 여부에 대한 점검이 필요한 것으로 판단됨. 또한 외부충격, 공용년수 경과 등에 의해 발생된 공동구 파손, 균열 및 덮개 파손, 타일 탈락, 배수구 토사퇴적 등의 손상에 대해서도 손상현황에 따른 적절한 보수조치를 병행하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단됨.	A
5	정기점검	2016-10-11 ~ 2016-10-11	자체수행	양호함	양호
6	정밀점검	2016-05-18 ~ 2016-05-18	자체수행	라이닝균열등	A
7	정기점검	2015-12-07 ~ 2015-12-07	자체수행	양호함	양호
8	정기점검	2015-05-18 ~ 2015-05-18	자체수행	양호	양호
9	정기점검	2014-11-26 ~ 2014-11-26	자체수행	양호	양호
10	정기점검	2014-06-18 ~ 2014-06-18	자체수행	양호	양호
11	정기점검	2013-11-13 ~ 2013-11-13	자체수행	양호	양호
12	정밀점검	2013-06-18 ~ 2013-06-18	자체수행	라이닝균열	A

점검 및 진단 이력(부산)(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검 · 진단 결과	등급
13	정기점검	2012-10-10 ~ 2012-10-10	자체 수행	양호	양호
14	정기점검	2012-06-13 ~ 2012-06-14	자체 수행	양호	양호
15	정기점검	2011-11-28 ~ 2011-11-28	자체 수행	테라스부분 누수	양호
16	정기점검	2011-05-02 ~ 2011-05-04	자체 수행	테라스부분 누수	양호
17	정기점검	2010-07-07 ~ 2010-12-08	자체 수행	양호함	양호
18	정밀점검	2010-05-02 ~ 2010-05-02	자체 수행	전반적으로 양호한 상태	A
19	정기점검	2009-08-04 ~ 2009-11-25	자체 수행	이상없음	양호
20	정기점검	2009-03-06 ~ 2009-06-30	자체 수행	이상없음	양호

점검 및 진단 이력(포항)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검 · 진단 결과	등급
1	정기점검	2018-06-04 ~ 2018-06-04	자체 수행	양호함	양호
2	정기점검	2017-09-14 ~ 2017-09-14	자체 수행	양호함	양호
3	정기점검	2017-05-23 ~ 2017-05-23	자체 수행	양호함	양호
4	정밀점검	2016-11-16 ~ 2016-12-30	씨엘엠 건설(주)	외관조사 결과 라이닝에 발생된 결함은 대부분 균열로서 라이닝 천정부 종방향 및 횡방향 균열이 대부분을 차지하며 콘크리트 타설 시 급속타설, 수화열, 건조수축 등에 기인한 것으로 구조적 원인에 의한 균열은 없는 것으로 판단되므로, 손상에 대한 적정 공법의 보수를 실시하고 향후 균열재발생여부에 대한 점검이 필요한 것으로 판단됨. 또한 외부충격, 공용년수 경과 등에 의해 발생된 공동구 균열 및 덮개파손, 타일손상, 토사퇴적 등의 손상에 대해서도 손상 현황에 따른 적절한 보수 조치를 병행하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단됨. 내구성 조사 결과 비파괴 강도 및 탄산화 잔여깊이는 양호한 것으로 조사됨.	A
5	정기점검	2016-10-11 ~ 2016-10-11	자체 수행	양호함	양호

점검 및 진단 이력(포항)(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검 · 진단 결과	등급
6	정밀점검	2016-05-18 ~ 2016-05-18	자체 수행	라이닝균열 등	A
7	정기점검	2015-12-07 ~ 2015-12-07	자체 수행	양호함	양호
8	정기점검	2015-05-18 ~ 2015-05-18	자체 수행	양호	양호
9	정기점검	2014-11-26 ~ 2014-11-26	자체 수행	양호	양호
10	정기점검	2014-06-18 ~ 2014-06-18	자체 수행	양호	양호
11	정기점검	2013-11-13 ~ 2013-11-13	자체 수행	양호	양호
12	정밀점검	2013-06-18 ~ 2013-06-18	자체 수행	라이닝균열	A
13	정기점검	2012-10-10 ~ 2012-10-11	자체 수행	양호	양호
14	정기점검	2012-06-12 ~ 2012-06-13	자체 수행	양호	양호
15	정기점검	2011-11-29 ~ 2011-11-29	자체 수행	양호함	양호
16	정기점검	2011-05-02 ~ 2011-05-04	자체 수행	이상없음	양호
17	정기점검	2010-07-07 ~ 2010-12-08	자체 수행	양호함	양호
18	정밀점검	2010-05-02 ~ 2010-05-02	자체 수행	전반적으로 양호한 상태	A
19	정기점검	2009-08-04 ~ 2009-11-25	자체 수행	이상없음	양호
20	정기점검	2009-03-06 ~ 2009-06-30	자체 수행	이상없음	양호

2.3 보수 · 보강이력

보수 · 보강이력(부산, 포항)

번호	공사기간	공사구분	부위	공사내역	공사비(원)	시공사
				-		

※ FMS 내 시설물관리대장 및 관리주체의 HBMS 보수 · 보강이력 참조

※ 시설물관리대장에 보수 · 보강이력은 없으나 금회 현장조사 시 일부 보수가 시행된 것을 확인함.

2.4 내진설계 여부

본 터널은 내진설계가 적용된 터널로 검토되었으며 결과는 아래표와 같다.

내진설계 여부(부산)

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
시점부	Y	철근보강	지진하중에 의해 발생한 단면력은 상시하중의 철근보강(주철근 D19@125)으로도 안전

내진설계 여부(포항)

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
종점부	Y	철근보강	지진하중에 의해 발생한 단면력은 상시하중의 철근보강(주철근 D19@125)으로도 안전

2.5 자료분석 결과

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료[부산~울산간 고속도로 민간투자 시설사업(제9공구:두현~굴화)]과 유지관리 자료(기 정기·정밀점검 결과, 시설물관리대장 등) 등을 입수하였으며, 수집자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음과 같다.

〈표 2.4〉 자료분석 결과 요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건설 관련 자료	- 준공도면 및 구조계산서 : 고속국도 65호선 부산~울산간 고속도로 민간투자사업(제9공구:두현~굴화) - 구조계산서 - 구조물도 - 일반보고서 - 터널보고서 - 토질조사보고서	- 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨. - 구조계산서 및 구조물도의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨. - 주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점은 없었던 것으로 파악됨.	- 현장조사 시 주요 부재의 치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토함. ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 제작성하여 실측치를 구조 계산에 반영. ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행.
유지 관리 자료	- 정밀점검 보고서 (2016.12) - 보수·보강이력 -FMS 시설물관리대장 참조 -HBMS 보수이력 참조	- 콘크리트 라이닝 종방향 및 횡방향 균열, 파손 - 측벽부 타일 탈락 - 배수시설 집수구 토사퇴적, 측벽 균열 - 도로 포장면 균열, 파손 - 보수·보강이력 없음 - 현장조사 시 일부 보수이력 확인	- 전회 정밀점검 결과와 금회 진단결과를 비교·검토하여 추가손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련. - 보수부 상태 확인

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과

가. 외관조사 결과 요약

외관조사 손상수량 집계(부산)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
라 이 닝	균열	• 0.3mm미만 균열, 0.3mm이상 균열이 조사됨.	• 건조수축과 온도변화에 의한 것으로 폭 0.3mm미만 균열은 표면처리공법, 폭 0.3mm 이상 균열은 주입보수가 필요함.
	누수 및 백태	• 상태 양호.	• 라이닝과 슛크리트 사이에 누수를 방지하는 차수막이 손상없이 제기능을 원활히 수행하고 있다고 판단됨.
	단면손상	• 콘크리트 라이닝 및 벽체에서 철근노출 손상이 조사됨.	• 시공미흡 및 철근위치의 오류 등에 의한 손상으로 방치시 부식의 진전에 따른 손상의 확대가 우려되므로 단면보수(방청)의 보수가 필요함.
	측벽부 타일마감	• 전반적으로 양호한 상태이나 일부에서 타일탈락 및 타일파손의 손상이 조사됨.	• 타일파손은 소규모의 경미한 손상으로 주의 관찰하고, 타일 탈락은 주행차량의 미관 확보를 위한 재설치가 필요함.
공동구		• 공동구 벽체에 폭 0.3mm이상 및 미만의 균열, 파손, 파손(철근노출), 굽힘 등의 손상이 조사되었고, 공동구 덮개 파손, 난간 파손이 다수 조사됨.	• 건조수축과 온도변화에 의한 것으로 구조물의 내구성에 영향을 미치지 않는 부재로써 국부적으로 발생한 공동구 벽체의 손상은 주기적인 점검을 통해 손상의 확대여부에 따라 보수함이 바람직함. • 터널내 차량 사고로 인해 공동구벽체, 덮개, 난간 파손이 발견되었으며 터널기능에는 문제가 없지만 사고구간은 보수하는 것이 바람직함.
배수시설		• 배수로 콘크리트에서 폭 0.3mm 이상 및 미만의 균열, 파손이 조사되었고, 배수구 본체에서 토사퇴적 및 배수구 스틸 그레이팅 부식이 다수 조사됨.	• 배수로 상면에서 발생한 폭 0.3mm 이상 및 미만의 균열, 파손은 터널에 미치는 영향이 없어 보수보단 지속적인 관리가 필요하고, 토사퇴적은 원활한 배수를 위해 일괄적 청소가 필요하며, 부식에 대해서는 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 필요함.
시·종점부 갭문		• 상태 양호.	• 구조물의 안전을 저해할 만한 별다른 손상은 발생하지 않은 양호한 상태로 확인됨.
사면 및 외부배수로		• 상태 양호.	• 배수로 모두 원활한 배수가 이루어지고 사면 내 지반변형, 구조물변형 등의 징후는 없는 양호한 상태로 확인됨.
포장면		• 포장면 균열, 포장 파손, 재료분리 등의 손상이 조사됨.	• 차량의 반복하중 및 중차량에 의한 충격에 의한 것으로 조사된 손상에 대해서는 범위가 확대될 가능성이 있으므로 지속적인 유지관리가 필요함.
피난연락갱		• 상태 양호.	• 구조물의 안전을 저해할 만한 별다른 손상은 발생하지 않은 양호한 상태로 확인됨.
부속시설		• 전반적으로 양호한 상태이나 조명유리 파손이 조사됨.	• 터널의 구조적 안전성과 내구성에 영향은 없지만, 터널 내 주행차량의 안전한 통행을 위하여 주기적인 유지관리가 필요함.

외관조사 손상수량 집계(포항)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
라 이 닝	균열	0.3mm미만 균열, 0.3mm이상 균열이 조사됨.	건조수축과 온도변화에 의한 것으로 폭 0.3mm미만 균열은 표면처리공법, 폭 0.3mm 이상 균열은 주입보수가 필요함.
	누수 및 백태	Sp181구간에서 백태가 조사됨.	시공미흡으로 인한 것으로 손상범위가 작고 국부적으로 발생한 손상에 대해서는 보수보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리가 바람직함.
	단면손상	콘크리트 라이닝 일부에서 경미한 박락, 파손, 보수재 박리가 조사됨.	- 시공미흡 및 터널 라이닝의 신축량 차이 등에 의한 손상으로 단면손상부에 대해서는 내구성확보 차원의 단면보수 및 제거의 보수가 필요함. - 조사된 박락은 균열 보수작업시 발생한 손상으로 보이며 내구성 확보를 위해 단면 복구가 필요함.
	측벽부 타일마감	전반적으로 양호한 상태이나 일부에서 타일탈락 및 타일파손의 손상이 조사됨.	타일파손은 소규모의 경미한 손상으로 주의 관찰하고, 타일 탈락은 주행차량의 미관 확보를 위한 재설치가 필요함.
공동구		공동구 벽체에 폭 0.3mm이상 및 미만의 균열, 파손 등의 손상이 조사 되었고, 공동구 덮개 파손, 난간볼트 망실이 조사됨.	건조수축과 온도변화에 의한 것으로 구조물의 내구성에 영향을 미치지 않는 부재로써 국부적으로 발생한 공동구 벽체의 손상은 주기적인 점검을 통해 손상의 확대여부에 따라 보수함이 바람직함.
배수시설		배수로 콘크리트에서 폭 0.3mm 이상 및 미만의 균열, 파손이 조사되었고, 배수구 본체에서 토사퇴적 및 배수구 스틸 그레이팅 부식이 다수 조사됨.	배수로 상면에서 발생한 폭 0.3mm 이상 및 미만의 균열, 파손은 터널에 미치는 영향이 없어 보수보단 지속적인 관리가 필요하고, 토사퇴적은 원활한 배수를 위해 일괄적 청소가 필요하며, 부식에 대해서는 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 필요함.
시·종점부 갭문		상태 양호.	구조물의 안전을 저해할 만한 별다른 손상은 발생하지 않은 양호한 상태로 확인됨.
사면 및 외부배수로		상태 양호.	배수로 모두 원활한 배수가 이루어지고 사면 내 지반변형, 구조물변형 등의 징후는 없는 양호한 상태로 확인됨.
포장면		포장면 균열, 망상균열, 포장 파손, 재료 분리 등의 손상이 조사됨.	차량의 반복하중 및 중차량에 의한 충격에 의한 것으로 조사된 손상에 대해서는 범위가 확대될 가능성이 있으므로 지속적인 유지관리가 필요함.
피난연락갱		라이닝에서 0.3mm미만 균열, 파손이 조사됨.	장기적인 내구성 확보를 위하여 0.3mm미만 균열은 표면처리공법, 파손은 단면보수가 필요함.
부속시설		상태 양호.	터널의 구조적 안전성과 내구성에 영향은 없지만, 터널 내 주행차량의 안전한 통행을 위하여 주기적인 유지관리가 필요함.

나. 외관조사 손상수량 집계

외관조사 손상수량 집계(부산)

구 분		결함 및 손상, 열화내용	단위	수 량	조치방안
라이닝	천단부	· 종균열(0.3mm이상)	m/개소	33.0 / 8	주입보수
		· 종균열(0.3mm미만)	m/개소	24.9 / 17	표면처리
		· 횡균열(0.3mm미만)	m/개소	8.9 / 8	표면처리
		· 사균열(0.3mm이상)	m/개소	16.0 / 6	주입보수
		· 사균열(0.3mm미만)	m/개소	74.6 / 26	표면처리
		· 보수부재균열(0.3mm이상)	m/개소	12.0 / 1	주입보수
		· 보수부재균열(0.3mm미만)	m/개소	262.8 / 38	표면처리
		· 철근노출	m ² /개소	0.25 / 7	단면보수(방청)
	벽체부	· 횡균열(0.3mm이상)	m/개소	6.8 / 26	주입보수
		· 횡균열(0.3mm미만)	m/개소	2.3 / 11	표면처리
		· 파손	m ² /개소	0.02 / 1	단면보수
		· 타일탈락	개소	9	타일 재시공
		· 타일파손	개소	1	주의관찰
공동구		· 균열(0.3mm이상)	m/개소	52.6 / 76	주의관찰
		· 균열(0.3mm미만)	m/개소	335.6 / 379	주의관찰
		· 망상균열	m ² /개소	1.2 / 1	주의관찰
		· 파손	m ² /개소	3.81 / 39	단면보수
		· 파손 및 철근노출	m ² /개소	0.75 / 1	단면보수(방청)
		· 굽힘	m ² /개소	0.6 / 1	주의관찰
		· 덮개파손	개소	114	재설치, 주의관찰
		· 난간파손	m/개소	46.0 / 2	재설치
		· 난간지주탈락	개소	1	주의관찰
배수로		· 균열(0.3mm이상)	m/개소	43.4 / 74	주의관찰
		· 균열(0.3mm미만)	m/개소	49.0 / 86	주의관찰
		· 파손	m ² /개소	0.5 / 5	주의관찰
배수시설		· 집수구토사퇴적	개소	49	청소
		· 그레이팅부식	m ² /개소	16.85 / 50	주의관찰
포장부		· 포장균열	m/개소	11.6 / 5	주의관찰
		· 포장파손	m ² /개소	0.8 / 21	주의관찰
		· 포장재료분리	m ² /개소	0.6 / 2	주의관찰
기타시설		· 조명커버파손	개소	1	주의관찰

외관조사 손상수량 집계(포항)

구 분		결함 및 손상, 열화내용	단위	수 량		조치방안
라이닝	천단부	· 종균열 (0.3mm이상)	m/개소	54.0	/ 17	주입보수
		· 종균열 (0.3mm미만)	m/개소	72.5	/ 23	표면처리
		· 횡균열 (0.3mm이상)	m/개소	0.5	/ 1	주입보수
		· 횡균열 (0.3mm미만)	m/개소	12.1	/ 7	표면처리
		· 사균열 (0.3mm이상)	m/개소	1.5	/ 1	주입보수
		· 사균열 (0.3mm미만)	m/개소	7.0	/ 6	표면처리
		· 보수부재균열 (0.3mm이상)	m/개소	33.0	/ 4	주입보수
		· 보수부재균열 (0.3mm미만)	m/개소	318.0	/ 37	표면처리
		· 망상균열	m ² /개소	2.0	/ 1	주의관찰
		· 박락	m ² /개소	0.03	/ 1	단면보수
		· 보수재박리	m ² /개소	0.3	/ 1	주의관찰
	벽체부	· 종균열 (0.3mm이상)	m/개소	0.5	/ 1	주입보수
		· 횡균열 (0.3mm이상)	m/개소	37.6	/ 68	주입보수
		· 횡균열 (0.3mm미만)	m/개소	1.9	/ 8	표면처리
		· 사균열 (0.3mm이상)	m/개소	0.2	/ 1	주입보수
		· 백태	m ² /개소	0.75	/ 2	주의관찰
		· 파손	m ² /개소	0.04	/ 2	단면보수
		· 타일탈락	개소		15	타일 재시공
		· 타일파손	개소		3	주의관찰
공동구		· 균열 (0.3mm이상)	m/개소	121.5	/ 135	주의관찰
		· 균열 (0.3mm미만)	m/개소	164.0	/ 153	주의관찰
		· 보수부재균열 (0.3mm미만)	m/개소	2.3	/ 3	주의관찰
		· 파손	m ² /개소	0.48	/ 9	단면보수
		· 덮개파손	개소		42	주의관찰
		· 난간볼트망실	개소		2	주의관찰
배수로		· 균열 (0.3mm이상)	m/개소	21.9	/ 50	주의관찰
		· 균열 (0.3mm미만)	m/개소	34.2	/ 48	주의관찰
		· 파손	m ² /개소	0.36	/ 4	주의관찰
		· 박리	m ² /개소	5.0	/ 1	주의관찰
배수시설		· 집수구토사퇴적	개소		64	청소
		· 그레이팅부식	m ² /개소	36.3	/ 63	주의관찰
포장부		· 포장균열	m/개소	194.7	/ 88	주의관찰
		· 포장망상균열	m ² /개소	9.0	/ 3	주의관찰
		· 포장파손	m ² /개소	1.49	/ 28	주의관찰
		· 포장재료분리	m ² /개소	2.1	/ 2	주의관찰
피난연락갱		· 균열 (0.3mm미만)	m/개소	0.9	/ 3	표면처리
		· 파손	m ² /개소	0.02	/ 1	단면보수

다. 기 점검(2016년) 결과와 비교

외관조사 기 점검 결과와의 비교(부산)

결함 및 손상내용			2016년 점검		금회 진단		증 감	비 고
			물량	단위	물량	단위		
라 이 닝	천 단 부	균열 (cw=0.3mm이상)	109.2	m	49.0	m	▼ 60.2	
		균열 (cw=0.3mm미만)	129.6	m	108.4	m	▼ 21.2	
		보수부재균열(cw=0.3mm이상)	—	—	12.0	m	▲ 12.0	
		보수부재균열(cw=0.3mm미만)	—	—	262.8	m	▲ 262.8	
		철근노출	—	—	0.25	m ²	▲ 0.25	
	벽 체	균열 (cw=0.3mm이상)	—	—	6.8	m	▲ 6.8	
		균열 (cw=0.3mm미만)	—	—	2.3	m	▲ 2.3	
		파손	0.06	m ²	0.02	m ²	▼ 0.04	
		타일탈락	3	EA	9	EA	▲ 6	
		타일파손	—	—	1	EA	▲ 1	
공 동 구		균열 (cw=0.3mm이상)	—	—	52.6	m	▲ 52.6	
		균열 (cw=0.3mm미만)	321.8	m	335.6	m	▲ 13.8	
		망상균열	—	—	1.2	m ²	▲ 1.2	
		파손	3.12	m ²	3.81	m ²	▲ 0.69	
		파손 및 철근노출	—	—	0.75	m ²	▲ 0.75	
		굽힘	—	—	0.6	m ²	▲ 0.6	
		덮개파손	2	EA	114	EA	▲ 112	
		난간파손	—	—	46.0	m	▲ 46.0	
		난간지주탈락	—	—	1	EA	▲ 1	
배 수 로		균열 (cw=0.3mm이상)	—	—	43.4	m	▲ 43.4	
		균열 (cw=0.3mm미만)	—	—	49.0	m	▲ 49.0	
		파손	—	—	0.5	m ²	▲ 0.5	
배 수 시 설		집수구토사퇴적	—	—	49	EA	▲ 49	
		그레이팅부식	—	—	16.85	m ²	▲ 16.85	
포 장 부		포장균열	—	—	11.6	m	▲ 11.6	
		포장파손	0.05	m ²	0.8	m ²	▲ 0.75	
		포장재료분리	—	—	0.6	m ²	▲ 0.6	
기 타 시 설		조명커버파손	—	—	1	EA	▲ 1	
검 토 의 견	■ 기 점검(2016년) 이후 일부 손상에 대한 보수가 이루어진 것으로 확인되었으나, ‘정밀점검’과 ‘정밀안전진단’의 차이로 인한 기존조사 누락 및 신규손상 증가로 금회 조사를 통해 손상이 추가적으로 조사됨.							

외관조사 기 점검 결과와의 비교(포항)

결함 및 손상내용			2016년 점검		금회 진단		증 감	비 고
			물량	단위	물량	단위		
라 이 닝	천 단 부	균열 (cw=0.3mm이상)	60.9	m	56.0	m	▼ 4.9	
		균열 (cw=0.3mm미만)	103.7	m	91.6	m	▼ 12.1	
		보수부재균열(cw=0.3mm이상)	—	—	33.0	m	▲ 33.0	
		보수부재균열(cw=0.3mm미만)	—	—	318.0	m	▲ 318.0	
		망상균열	—	—	2.0	m²	▲ 2.0	
	벽 체	박락	0.06	m²	0.03	m²	▼ 0.03	
		보수재 박리	—	—	0.3	m²	▲ 0.3	
		균열 (cw=0.3mm이상)	—	—	38.3	m	▲ 38.3	
		균열 (cw=0.3mm미만)	—	—	1.9	m	▲ 1.9	
		백태	—	—	0.75	m²	▲ 0.75	
		파손	—	—	0.04	m²	▲ 0.04	
		타일탈락	6	EA	15	EA	▲ 9	
		타일파손	—	—	3	EA	▲ 3	
공 동 구		균열 (cw=0.3mm이상)	1.3	m	121.5	m	▲ 120.2	
		균열 (cw=0.3mm미만)	65.7	m	164.0	m	▲ 98.3	
		보수부재균열(0.3mm미만)	—	—	2.3	m	▲ 2.3	
		파손	—	—	0.48	m²	▲ 0.48	
		덮개 파손	5	EA	42	EA	▲ 37	
		난간볼트망실	—	—	2	EA	▲ 2	
배 수 로		균열 (0.3mm이상)	—	—	21.9	m	▲ 21.9	
		균열 (0.3mm미만)	—	—	34.2	m	▲ 34.2	
		파손	—	—	0.36	m²	▲ 0.36	
		박리	—	—	5.0	m²	▲ 5.0	
배 수 시 설		집수구토사퇴적	—	—	64	EA	▲ 64	
		그레이팅부식	—	—	36.3	m²	▲ 36.3	
포 장 부		포장균열	28.0	m	194.7	m	▲ 166.7	
		포장망상균열	—	—	9.0	m²	▲ 9.0	
		포장파손	1.95	m²	1.49	m²	▼ 0.46	
		포장재료분리	—	—	2.1	m²	▲ 2.1	
피 난 갱		균열 (0.3mm미만)	—	—	0.9	m	▲ 0.9	
		파손	—	—	0.02	m²	▲ 0.02	
검 토 의 견	■ 기 점검(2016년) 이후 일부 손상에 대한 보수가 이루어진 것으로 확인되었으나, ‘정밀점검’과 ‘정밀안전진단’의 차이로 인한 기존조사 누락 및 신규손상 증가로 금회 조사를 통해 손상이 추가적으로 조사됨.							

3.2 내구성조사 결과

가. 금회 진단 내구성조사 결과요약

금회 진단 내구성조사 결과요약(부산)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
비파괴 강도 (MPa)	터 널 라이닝	반발경도법		25.0~31.8	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용 년 수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 조사됨.
		초음파법		25.5~29.6	
철근탐사 (mm)	터 널 라이닝	배근 간격	주철근	120~130	■ 전반적으로 배근간격은 설계도면 과 대체로 유사한 상태이며, 대부 분의 개소에서 피복두께가 설계피 복보다 크게 나타나나 이로 인한 터널의 안전성 저하 우려는 없는 양호한 상태임.
			배력철근	145~155	
		피복 두께	주철근	69~73	
			배력철근	87~93	
탄산화 진행깊이 (mm)	터 널 라이닝			3.9~6.1	■ 잔여깊이 30mm이상의 ‘a등급’ 으 로 탄산화로 인한 내구성 저하 가 능성은 없는 것으로 검토됨.
염화물 함유량시험 (kg/m³)	터 널 라이닝			0.020~0.165	■ 철근위치에서의 염화물함유량은 ‘a’ 등급으로 염화물에 의한 부식이 발 생할 우려가 없는 상태임.
	갱구부			0.048	
단면측량	터널 라이닝			양호	■ 건축한계에 저촉되는 구간은 없으 며 터널 단면은 준공도면과 대체 로 유사함.
종합평가	■ 비파괴강도 측정결과 공용 년 수 경과에 따른 구조물의 강도 저하는 없는 상태이며, 탄 산화깊이 및 염화물함유량 시험, 철근부식도 시험 결과 철근부식으로 인한 구조물의 내 구성 저하 우려는 없는 상태임.				

금회 진단 내구성조사 결과요약(포항)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
비파괴 강도 (MPa)	터 널 라이닝	반발경도법		24.8~31.8	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용 년 수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 조사됨.
		초음파법		24.5~30.1	
철근탐사 (mm)	터 널 라이닝	배근 간격	주철근	120~130	■ 전반적으로 배근간격은 설계도면과 대체로 유사한 상태이며, 대부분의 개소에서 피복두께가 설계피복보다 크게 나타나나 이로 인한 터널의 안전성 저하 우려는 없는 양호한 상태임.
			배력철근	145~155	
		피복 두께	주철근	68~73	
			배력철근	87~92	
탄산화 진행깊이 (mm)	터 널 라이닝			3.2~5.7	■ 잔여깊이 30mm이상의 'a등급' 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
염화물 함유량시험 (kg/m³)	터 널 라이닝			0.066~0.115	■ 철근위치에서의 염화물함유량은 'a' 등급으로 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태임.
	갱구부			0.048	
단면측량	터널 라이닝			양호	■ 건축한계에 저촉되는 구간은 없으며 터널 단면은 준공도면과 대체로 유사함.
종합평가	■ 비파괴강도 측정결과 공용 년 수 경과에 따른 구조물의 강도 저하는 없는 상태이며, 탄산화깊이 및 염화물함유량 시험, 철근부식도 시험 결과 철근부식으로 인한 구조물의 내구성 저하 우려는 없는 상태임.				

나. 기 점검(2016년) 결과와의 비교

내구성조사 기 점검 결과와의 비교(부산)

구 분			2016년 점검결과	금회 진단결과	비 고	
반발경도법 (MPa)	터 널 라이닝	반발경도법	24.5~31.5	25.0~31.8	■ 기 점검 결과와 유사한 값을 나타내며 공용 년 수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하 없음. ■ 기 점검시 초음파시험 미실시로 비교불가	
		초음파법	—	25.5~29.6		
철근탐사 (mm)	터 널 라이닝	배근 간격	주철근	—	■ 본 구조물은 준공이후 최초로 실시되는 정밀 안전진단으로, 기 점검(‘16년)시 철근탐사시험은 기본과업이 아니므로 비교· 분석이 불가하였음.	
			배력철근	—		145~155
		피복 두께	주철근	—		69~73
			배력철근	—		87~93
탄산화 진행깊이 (mm)	터 널 라이닝		3.0~4.3	3.9~6.1	■ 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 조사됨.	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	터 널 라이닝		—	0.020~0.165	■ 본 구조물은 준공이후 최초로 실시되는 정밀 안전진단으로, 기 점검(‘16년)시 염화물 함유량 시험은 기본과업이 아니므로 비교· 분석이 불가하였음.	
	갹구부		—	0.048		
검토의견			■ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교· 분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■ 탄산화 깊이 측정결과, 터널 라이닝은 상태평가 “a” 로 검토되어 현 상태에서 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 상태임.			

내구성조사 기 점검 결과와의 비교(포항)

구 분			2016년 점검결과	금회 진단결과	비 고	
반발경도법 (MPa)	터 널 라이닝	반발경도법	24.1~31.9	24.8~31.8	■ 기 점검 결과와 유사한 값을 나타내며 공용 년 수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하 없음. ■ 기 점검시 초음파시험 미실시로 비교불가	
		초음파법	—	24.5~30.1		
철근탐사 (mm)	터 널 라이닝	배근 간격	주철근	—	■ 본 구조물은 준공이후 최초로 실시되는 정밀 안전진단으로, 기 점검('16년)시 철근탐사시험은 기본과업이 아니므로 비교·분석이 불가하였음.	
			배력철근	—		145~155
		피복 두께	주철근	—		68~73
			배력철근	—		87~92
탄산화 진행깊이 (mm)	터 널 라이닝		3.5~7.3	3.2~5.7	■ 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 조사됨.	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	터 널 라이닝		—	0.066~0.115	■ 본 구조물은 준공이후 최초로 실시되는 정밀 안전진단으로, 기 점검('16년)시 염화물 함유량 시험은 기본과업이 아니므로 비교·분석이 불가하였음.	
	갱구부		—	0.048		
검토의견			■ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■ 탄산화 깊이 측정결과, 터널 라이닝은 상태평가 “a” 로 검토되어 현 상태에서 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 상태임.			

4. 시설물의 상태평가

4.1 부산방향

가. 기본시설 상태평가 결과

1) 기본시설 상태평가 결과

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널주변				결함 점수 합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물	배수 상태	지반 상태	갱문 상태	공동구	
무근 구간	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	1.00	1.00	0.50	0.50	6.42
철근 구간	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	1.00	1.00	0.50	0.50	6.20
무근콘크리트 결함지수(F) = $\sum$ 결함점수 (6.42) / 34 = 0.189											무근콘크리트 등급 = B				
철근콘크리트 결함지수(F) = $\sum$ 결함점수 (6.20) / 43 = 0.144											철근콘크리트 등급 = A				

구분	결함지수(F)	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함지수 (결함지수×연장비)
무근콘크리트 라이닝	0.189	B	1,270	0.842	0.159
철근콘크리트 라이닝	0.144	A	238	0.158	0.023

결함지수	0.182
상태평가결과	B

나. 부대시설 상태평가 결과(피난연락갱)

부대시설 현황		균열	누수	파손 및 손상	재질열화							결함 점수 합계	결함 지수
구분	위치				박리	박락 충분리	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
피난연락갱(차량)	56 SPAN	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0.0	0.00/a
피난연락갱(대인)	93 SPAN	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	-	-	-	0.0	0.00/a
피난연락갱(차량)	130 SPAN	0/a	0/a	0/b	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0.0	0.00/a

다. 부대시설 상태평가 결과

구분	결함점수합계	결함지수(f)
54 SPAN 피난연락갱(차량)	0.0	0.00
91 SPAN 피난연락갱(대인)	0.0	0.00
128 SPAN 피난연락갱(차량)	0.0	0.00

개별 부대시설 결함지수(fn)	개별 부대시설개수(N)	결함지수(f)	등급	가중치
0.00	3	0.000	A	1.0

라. 전체시설 상태평가 결과

구 분	산정결과
① 기본시설 결함지수(F) =	0.182
② 부대시설 결함지수(f) =	0.000
③ 전체시설 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)	$0.182 \times 1.00 = 0.182$

문수터널(부산) 상태평가 결과

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	$0 \leq F < 0.15$	$0.15 \leq F < 0.30$	$0.30 \leq F < 0.55$	$0.55 \leq F < 0.75$	$0.75 \leq F$

결함지수	0.182
상태평가결과	B

마. 기 점검(2016년) 결과와의 비교

- 2016년도 실시된 정밀점검 시 상태평가와 금번 실시한 상태평가를 비교분석한 결과 0.130에서 0.182로 하향되었다.
- 금회 상태평가 결과가 기 점검시 보다 하향된 이유는 ‘정밀점검’ 과 ‘정밀안전진단’ 의 차이로 인한 기존조사 누락 및 신규손상 증가로 결함지수가 하향된 것으로 분석된다. 금회 조사시 발견된 손상에 대해 적절한 보수 및 유지관리가 실시된다면, 결함지수는 상향 될 것으로 사료된다.

구 분	‘16년 정밀점검		금회 정밀안전진단		결함지수 변화요인
	결함지수	평가결과	결함지수	평가결과	
상태평가결과	0.130	A	0.182	B	· 경년증가에 따른 신규 손상의 증가로 인하여 결함지수가 하향되었으며, 상태평가 등급은 ‘B’ 등급으로 관리되고 있음.

4.2 포항방향

바. 기본시설 상태평가 결과

1) 기본시설 상태평가 결과

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널주변				결함 점수 합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물	배수 상태	지반 상태	갱문 상태	공동구	
무근 구간	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	1.00	1.00	0.50	0.50	8.91
철근 구간	4.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.50	0.50	7.82
무근콘크리트 결함지수(F) = $\sum$ 결함점수(8.91) / 34 = 0.262 철근콘크리트 결함지수(F) = $\sum$ 결함점수(7.82) / 43 = 0.182											무근콘크리트 등급 = B 철근콘크리트 등급 = B				

구분	결함지수(F)	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함지수 (결함지수×연장비)
무근콘크리트 라이닝	0.262	B	1,390	0.869	0.228
철근콘크리트 라이닝	0.182	B	209	0.131	0.024

결함지수	0.252
상태평가결과	B

사. 부대시설 상태평가 결과(피난연락갱)

부대시설 현황		균열	누수	파손 및 손상	재질열화							결함 점수 합계	결함 지수
구분	위치				박리	박락 충분리	백태	재 료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
피난연락갱(차량)	54 SPAN	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0.0	0/a
피난연락갱(대인)	91 SPAN	3/b	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	－	－	－	3.0	0.08/a
피난연락갱(차량)	128 SPAN	0/a	0/a	0/b	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0/a	0.0	0/a

아. 부대시설 상태평가 결과

구분	결함점수합계	결함지수(f)
54 SPAN 피난연락갱(차량)	0.0	0.00
91 SPAN 피난연락갱(대인)	3.0	0.08
128 SPAN 피난연락갱(차량)	0.0	0.00

개별 부대시설 결함지수(fn)	개별 부대시설개수(N)	결함지수(f)	등급	가중치
0.08	3	0.027	A	1.0

자. 전체시설 상태평가 결과

구 분	산정결과
① 기본시설 결함지수(F) =	0.252
② 부대시설 결함지수(f) =	0.027
③ 전체시설 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)	$0.252 \times 1.00 = 0.252$

문수터널(포항) 상태평가 결과

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	$0 \leq F < 0.15$	$0.15 \leq F < 0.30$	$0.30 \leq F < 0.55$	$0.55 \leq F < 0.75$	$0.75 \leq F$
					결함지수
					0.252
					상태평가결과
					B

차. 기 점검(2016년) 결과와의 비교

- 2016년도 실시된 정밀점검 시 상태평가와 금번 실시한 상태평가를 비교분석한 결과 0.090에서 0.252로 하향되었다.
- 금회 상태평가 결과가 기 점검시 보다 하향된 이유는 ‘정밀점검’과 ‘정밀안전진단’의 차이로 인한 기존조사 누락 및 신규손상 증가로 결함지수가 하향된 것으로 분석된다. 금회 조사시 발견된 손상에 대해 적절한 보수 및 유지관리가 실시된다면, 결함지수는 상향될 것으로 사료된다.

구 분	‘16년 정밀점검		금회 정밀안전진단		결함지수 변화요인
	결함지수	평가결과	결함지수	평가결과	
상태평가결과	0.090	A	0.252	B	· 경년증가에 따른 신규 손상의 증가로 인하여 결함지수가 하향되었으며, 상태평가 등급은 ‘B’ 등급으로 관리되고 있음.

5. 시설물의 안전성평가

5.1 안전성평가 결과(부산)

가. 지반 안전성평가

지반 안전성평가 결과(부산)

시설물 안전성평가 결과 산정표						
시설물명	문수터널(부산)					
부재구분	변위 또는 응력				안전성 여부 (안전, 불 안전)	비 고
	해석단면1 (TYPE2)	해석단면2 (TYPE3)	해석단면3 (TYPE4)	해석단면4 (TYPE5)		
천단변위 (mm)	-6.67	-8.31	-9.23	-3.22	안전	프랑스 공업성 평가기 준 허용변위 10~20mm
내공변위 (mm)	-8.40	-12.50	-11.37	-5.39	안전	
숏크리트 응력 (kgf/cm ²)	68.2	80.7	82.8	51.8	안전	허용휨압축응력 84(kgf/cm ²)
록볼트 축력 (ton)	6.14	8.20	6.08	5.90	안전	허용축력 8.75(ton)
안전성능평가 결과	안전					

나. 콘크리트 라이닝 안전성평가(부산)

굴착터널 안전성 평가등급(부산)

시설물 안전성평가 결과 산정표				
시설물명		문수터널(부산방향)		
부재구분		안전율(SF)	평가결과	비 고
지반등급 1~3 (무근구간)	휨응력	9.82	a	허용응력법
	전단응력	15.25	a	허용응력법
지반등급 4,5 (무근구간)	휨응력	1.47	a	허용응력법
	전단응력	2.73	a	허용응력법
안전성능평가 결과		• 최저 안전성능평가 결과 =A		

5.2 안전성평가 결과(포항)

지반 안전성평가 결과(포항)

시설물 안전성평가 결과 산정표						
시설물명	문수터널 (포항)					
부재구분	변위 또는 응력				안전성 여부 (안전, 불 안전)	비 고
	해석단면1 (TYPE2)	해석단면2 (TYPE3)	해석단면3 (TYPE4)	해석단면4 (TYPE5)		
천단변위 (mm)	-6.67	-8.31	-9.23	-3.22	안전	프랑스 공업성 평가기 준 허용변위 10~20mm
내공변위 (mm)	-8.40	-12.50	-11.37	-5.39	안전	
숏크리트 응력 (kgf/cm ²)	68.2	80.7	82.8	51.8	안전	허용휨압축응력 84(kgf/cm ²)
록볼트 축력 (ton)	6.14	8.20	6.08	5.90	안전	허용축력 8.75(ton)
안전성평가 결과	안전					

가. 콘크리트 라이닝 안전성평가(포항)

굴착터널 안전성 평가등급(포항)

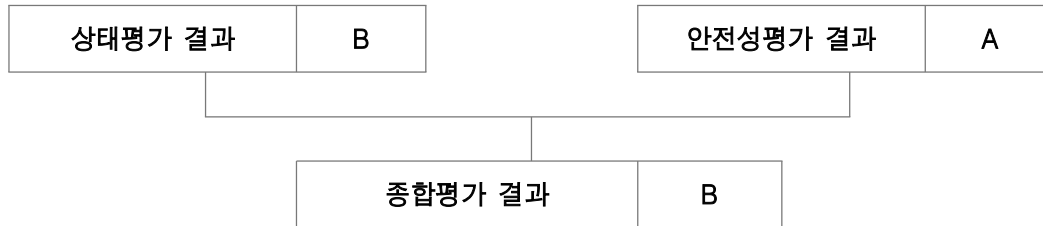
시설물 안전성평가 결과 산정표				
시설물명		문수터널 (포항방향)		
부재구분		안전율(SF)	평가결과	비 고
지반등급 1~3 (무근구간)	휨응력	9.82	a	허용응력법
	전단응력	15.25	a	허용응력법
지반등급 4,5 (무근구간)	휨응력	1.47	a	허용응력법
	전단응력	2.73	a	허용응력법
안전성평가 결과		• 최저 안전성평가 결과 =A		

6. 시설물의 종합평가

6.1 종합평가 결과(부산)

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 문수터널(부산)의 종합평가 결과는 “B”로 평가되었다.

○ 종합평가 결과 = MIN (상태평가 결과, 안전성평가 결과)

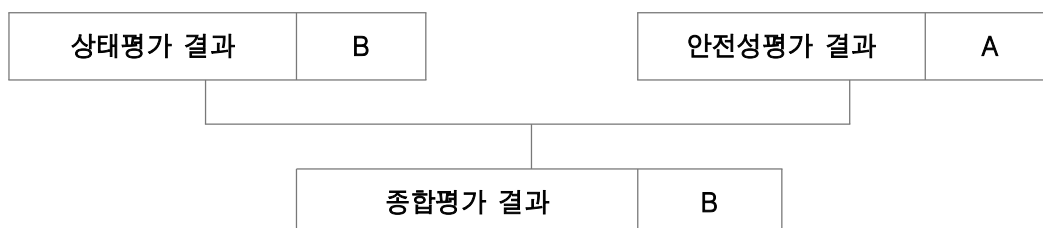


구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	결함지수	평가결과	S · F	평가결과	
문수터널(부산)	0.182	B	1.47	A	B
종합평가	- 문수터널(부산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조 부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B”로 평가됨. - 안전성평가 결과 기장1터널(부산)은 응력 및 단면력은 허용범위 이내에서 작용하고 있으며, 최소 안전율 1.0이상을 확보하고 있는 “A”로 평가됨. - 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 기장1터널(포항)은 “B”로 평가됨.				

6.2 종합평가 결과(포항)

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 문수터널(포항)의 종합평가 결과는 “B”로 평가되었다.

○ 종합평가 결과 = MIN (상태평가 결과, 안전성평가 결과)



구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	결함지수	평가결과	S · F	평가결과	
문수터널(포항)	0.252	B	1.47	A	B
종합평가	- 문수터널(포항)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조 부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 로 평가됨. - 안전성평가 결과 기장1터널(부산)은 응력 및 단면력은 허용범위 이내에서 작용하고 있으며, 최소 안전율 1.0이상을 확보하고 있는 “A” 로 평가됨. - 상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 기장1터널(포항)은 “B” 로 평가됨.				

6.3 안전등급 지정

문수터널(부산), 문수터널(포항)에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는 『보조 부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 안전등급 “B등급”으로 평가되었다.

안전등급	구조물명	안전등급
	문수터널(부산)	B등급(양호)
	문수터널(포항)	B등급(양호)

7. 보수보강 및 유지관리방안

7.1 결함내용별 보수·보강방안

보수·보강 일람표(부산)

구 분		결함 및 손상, 열화내용	손상물량	단위	조치방안	우선순위
라이닝	천단부	· 균열(cw=0.3mm이상)	49.0	m	주입보수	1
		· 균열(cw=0.3mm미만)	108.4	m	표면처리	3
		· 보수부재균열(cw=0.3mm이상)	12.0	m	주입보수	1
		· 보수부재균열(cw=0.3mm미만)	262.8	m	표면처리	3
		· 철근노출	0.25	m ²	단면보수(방청)	1
	벽체	· 균열(cw=0.3mm이상)	6.8	m	주입보수	1
		· 균열(cw=0.3mm미만)	2.3	m	표면처리	3
		· 파손	0.02	m ²	단면보수	2
		· 타일탈락	9	EA	타일 재시공	3
		· 타일파손	1	EA	주의관찰	—
공동구		· 균열(cw=0.3mm이상)	52.6	m	주의관찰	—
		· 균열(cw=0.3mm미만)	335.6	m	주의관찰	—
		· 망상균열	1.2	m ²	주의관찰	—
		· 파손	3.81	m ²	단면보수	2
		· 파손 및 철근노출	0.75	m ²	단면보수(방청)	2
		· 굽힘	0.6	m ²	주의관찰	—
		· 덮개파손	114	EA	재설치	3
		· 난간파손	46.0	m	재설치	3
		· 난간지주탈락	1	EA	주의관찰	—
배수로		· 균열(cw=0.3mm이상)	43.4	m	주의관찰	—
		· 균열(cw=0.3mm미만)	49.0	m	주의관찰	—
		· 파손	0.5	m ²	주의관찰	—
배수시설		· 집수구토사퇴적	49	EA	청소	1
		· 그레이팅부식	16.85	m ²	주의관찰	—
포장부		· 포장균열	10.7	m	주의관찰	—
		· 포장파손	0.2	m ²	주의관찰	—
		· 포장재료분리	0.6	m ²	주의관찰	—
기타		· 조명커버파손	1	EA	주의관찰	—

보수 · 보강 일람표(포항)

구 분		결함 및 손상, 열화내용	손상물량	단위	조치방안	우선순위
라이닝	천단부	· 균열(cw=0.3mm이상)	56.0	m	주입보수	1
		· 균열(cw=0.3mm미만)	91.6	m	표면처리	3
		· 보수부재균열(cw=0.3mm이상)	33.0	m	주입보수	1
		· 보수부재균열(cw=0.3mm미만)	318.0	m	표면처리	3
		· 망상균열	2.0	m²	주의관찰	—
		· 박락	0.03	m²	단면보수	2
		· 보수재박리	0.3	m²	주의관찰	—
	벽체	· 균열(cw=0.3mm이상)	38.3	m	주입보수	1
		· 균열(cw=0.3mm미만)	1.9	m	표면처리	3
		· 백태	0.75	m²	주의관찰	—
		· 파손	0.04	m²	단면보수	2
		· 타일탈락	15	EA	타일 재시공	3
		· 타일파손	3	EA	주의관찰	—
공동구		· 균열(cw=0.3mm이상)	121.5	m	주의관찰	—
		· 균열(cw=0.3mm미만)	164.0	m	주의관찰	—
		· 보수부재균열(0.3mm미만)	2.3	m	주의관찰	—
		· 파손	0.48	m²	단면보수	3
		· 덮개파손	42	EA	주의관찰	—
		· 난간볼트망실	2	EA	주의관찰	—
배수로		· 균열(0.3mm이상)	21.9	m	주의관찰	—
		· 균열(0.3mm미만)	34.2	m	주의관찰	—
		· 파손	0.36	m²	주의관찰	—
		· 박리	5.0	m²	주의관찰	—
배수시설		· 집수구토사퇴적	64	EA	청소	1
		· 그레이팅부식	36.3	m²	주의관찰	—
포장부		· 포장균열	194.7	m	주의관찰	—
		· 포장망상균열	9.0	m²	주의관찰	—
		· 포장파손	1.49	m²	주의관찰	—
		· 포장재료분리	2.1	m²	주의관찰	—
피난갱		· 균열(0.3mm미만)	0.9	m	표면처리	3
		· 파손	0.02	m²	단면보수	2

7.2 보수 · 보강 개략공사비

보수 · 보강 개략공사비(부산)

구 분	결함 및 손상 · 열화내용	보수방안	보수 물량	단위	개략단가 (원)	개략공사비 (원)	우선 순위
천단부	균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	73.5	m	80,000	5,880,000	1
	균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	40.65	m²	40,000	1,626,000	3
	보수부재 균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	18.0	m	80,000	1,440,000	1
	보수부재 균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	98.55	m	40,000	3,942,000	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.38	m²	250,000	94,000	1
벽체	균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	10.2	m	80,000	816,000	1
	균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	0.86	m²	40,000	34,000	3
	파손	단면보수	0.03	m²	220,000	7,000	2
	타일탈락	타일 재시공	9	EA	1,500	14,000	3
공동구	파손	단면보수	5.72	m²	220,000	1,257,000	2
	파손 및 철근노출	단면보수(방청)	1.13	m²	250,000	281,000	2
	덮개파손	재설치	60.00	EA	8,000	480,000	3
	난간파손	재설치	46.00	m	50,000	2,300,000	3
배수시설	집수구토사퇴적	청소	49	EA	1식	100,000	1
순공사비						18,271,000	
제 경 비(순공사비의 약 50%)						9,136,000	
순위별 공사비(제경비 포함)					1순위	12,495,000	
					2순위	2,318,000	
					3순위	12,594,000	
총공사비						27,407,000	

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

(정밀안전진단보고서 작성요령, 한국도로공사 2014)

※ 균열 (cw=0.3mm미만)의 보수물량은 [길이×0.25(폭)] 으로 수량산출 하였음.(m→m²)

※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

※ 개략공사비는 설계 시 공법 및 단가변동에 의해 공사비가 바뀔 수 있음.

※ 개략공사비는 주간작업 기준이며 비계, 교통통제 등의 부대공사비는 제외됨.

보수 · 보강 개략공사비(포항)

구 분	결함 및 손상 · 열화내용	보수방안	보수 물량	단위	개략단가 (원)	개략공사비 (원)	우선 순위
천단부	균열 (cw=0.3mm이상)	주입 보수	84.0	m	80,000	6,720,000	1
	균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	34.35	m	40,000	1,374,000	3
	보수부재 균열 (cw=0.3mm이상)	주입 보수	49.5	m	80,000	3,960,000	1
	보수부재 균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	119.25	m	40,000	4,770,000	3
	박락	단면 보수	0.05	m ²	220,000	10,000	2
벽체	균열 (cw=0.3mm이상)	주입 보수	57.45	m	80,000	4,596,000	1
	균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	0.71	m	40,000	29,000	3
	파손	단면 보수	0.06	m ²	220,000	13,000	2
	타일탈락	타일 재시공	15	EA	1,500	23,000	3
공동구	파손	단면 보수	0.72	m ²	220,000	158,000	3
배수시설	집수구토사퇴적	청소	64	EA	1식	100,000	1
피난연락갱	균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	0.34	m ²	40,000	14,000	3
	파손	단면 보수	0.03	m ²	220,000	7,000	2
순공사비						21,774,000	
제 경 비(순공사비의 약 50%)						10,887,000	
순위별 공사비(제경비 포함)						1순위	23,064,000
						2순위	45,000
						3순위	9,552,000
총공사비						32,661,000	

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

(정밀안전진단보고서 작성요령, 한국도로공사 2014)

※ 균열 (cw=0.3mm미만)의 보수물량은 [길이×0.25(폭)] 으로 수량산출 하였음.(m→m²)

※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

※ 개략공사비는 설계 시 공법 및 단가변동에 의해 공사비가 바뀔 수 있음.

※ 개략공사비는 주간작업 기준이며 비계, 교통통제 등의 부대공사비는 제외됨.

7.3 유지관리 방안

가. 중점유지관리 개요

금회 정밀안전진단 결과 문수터널(부산, 포항)의 라이닝에는 종방향균열 및 횡방향균열이 다수 조사되었으며, 보수부재균열 및 망상균열도 발생한 상태이다. 따라서 이들 균열은 손상진전을 방지하고 구조물의 내구성 확보를 위해 관리가 요구된다. 또한 라이닝 철근노출, 시공이음부 박락, 파손에 대해서는 보수와 더불어 주기적인 점검이 필요할 것으로 판단된다.

나. 부재별 중점유지관리 사항

본 터널에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

부재별 유지관리 중점사항

구분	점검내용
라이닝 천단부 및 벽체	• 균열 및 망상균열, 백태, 파손, 잡철근노출 – 주입보수, 표면처리, 단면보수, 단면보수(방청) 후 재손상 및 추가손상 여부 점검 • 시공이음부 박락 – 단면보수 후 추가손상 및 신규 손상 여부 관찰
타일마감	• 타일 탈락은 타일 재설치 후 신규손상 및 재손상 여부 점검(점검망치 이용) • 타일 파손(균열)은 라이닝 반사균열의 가능성도 염두에 두고 균열 확대여부 관찰
공동구 및 배수로	• 공동구 및 배수로 균열 및 파손 – 균열 및 단면손상 보수후 재손상 여부 확인 및 차량 충격에 의한 파손 유무 점검 • 공동구 덮개의 설치 상태 및 파손 발생 유무 점검(필요시 일괄 교체 검토)
배수시설	• 집수구 내 토사퇴적으로 인한 배수불량 및 오염 유무 • 집수구 스틸그레이팅 설치(개폐) 상태 및 파손 유무 점검
포장부	• 줄눈부 주변 파손 및 콘크리트 포장 패임 – 포장단면 보수 후 재손상 및 추가손상 여부 확인 – 요철, 단차, 포장 파손으로 인한 차량 주행성 저하 여부
피난연락갱	• 균열 보수 후 재손상 및 추가손상 여부 확인 • 본선 접속부 누수 및 백태 발생 여부 • 중간 차단문의 개폐 상태 및 이물질퇴적 유무 점검
갱구부 사면 및 옹벽	• 갱구부 사면 배수로의 이물질/낙엽퇴적으로 인한 배수불량 및 오염 유무 • 절토사면의 식생 및 보호공 상태, 토사유실 및 낙석 유무, 점검로 설치 상태 점검 • 갱구부 옹벽 균열 보수 후 재손상 및 추가손상 여부 확인
기타 부속시설	• Jet Fan 작동 상태 및 주변 라이닝 균열, 단면손상 유무 • 각종 전기시설 및 신호시설, 조명시설, 방재설비 작동 상태 점검 • 점검통로 시선유도등 손상 유무 점검

8. 종합결론

8.1 부산방향

- 문수터널(부산)은 약 10년의 공용기간이 경과한 터널시설물로 외관조사결과 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 라이닝 균열, 보수부재균열, 철근노출, 파손 등이 조사되었다. 라이닝 철근노출은 내구성 확보를 위한 철근 방청 후 단면보수가 필요하다. 측벽부 타일 파손, 탈락은 미관제고를 위해 보수가 필요하다. 공동구 벽체에서 조사된 파손 및 철근노출, 덮개파손, 난간파손은 내구성 확보차원의 보수가 필요하다. 배수시설의 집수구 토사퇴적은 주기적인 청소를 통한 유지관리가 필요하다. 내구성 시험 결과 콘크리트 강도와 철근탐사 결과는 양호한 상태를 나타내고 있으며, 염화물 함유량 시험결과와 탄산화깊이는 모두 'a'등급으로 평가되어 염화물 또는 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 없는 것으로 조사되었다.
- 따라서, 본 터널의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 고속도로 터널로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다.

8.2 포항방향

- 문수터널(포항)은 약 10년의 공용기간이 경과한 터널시설물로 외관조사결과 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 라이닝 균열, 보수부재균열, 박락, 파손 등이 조사되었다. 라이닝 조인트부에서 조사된 박락은 내구성 확보를 위한 단면보수가 필요하다. 측벽부 타일 파손, 탈락은 미관제고를 위해 보수가 필요하다. 공동구 벽체에서 조사된 파손은 내구성 확보차원의 보수가 필요하다. 배수시설의 집수구 토사퇴적은 주기적인 청소를 통한 유지관리가 필요하다. 피난연락갱에서 조사된 균열, 파손은 각각 표면처리 및 단면보수가 필요하다. 내구성 시험 결과 콘크리트 강도와 철근탐사 결과는 양호한 상태를 나타내고 있으며, 염화물 함유량 시험결과와 탄산화깊이는 모두 'a'등급으로 평가되어 염화물 또는 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 없는 것으로 조사되었다.

- 따라서, 본 터널의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 고속도로 터널로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다.