



제7장

총 합 결 론

- 7.1 외관조사결과
- 7.2 재료시험 및 측정 결과
- 7.3 상태평가
- 7.4 종합평가 및 안전등급 지정
- 7.5 보수·보강 개략공사비
- 7.6 중점유지관리 사항
- 7.7 정밀안전진단 및
시설물의 사용제한의 필요성 여부
- 7.8 유지관리시 특별한 관리가
요구되는 사항
- 7.9 종합결론

제 7 장 종합 결론

본 과업대상 시설물인 능안터널(하)은 2018년 11월 30일에 준공되어 현재까지 약 5년째 공용중인 2중 시설물로서 연장 390m의 NATM형 도로터널이다.

본 터널의 평면선형은 곡선($R=2,276$) 및 직선 구간으로 시공되어 있으며, 종단구배는 -0.5 이다. 공법은 NATM 및 개착터널이며, 본선의 지보패턴은 표준단면- 3, 4, 5, 6 으로 시공되었다.

본 과업 대상인 능안터널(하)은 준공 후 두번째 시행하는 정밀안전점검 용역으로, 시설물의 시공자료 분석을 포함하여, 외관조사 및 각종 재료시험을 통한 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

7.1. 외관조사 결과

가. 사면

- 사면은 준공후 약 5년이 경과한 현재 표토층이 형성되어 암반은 비노출 상태였으며, 표토층의 상태는 적절한 녹생토 시공으로 식생이 활발한 상태로 관찰되었으며 지속적인 주의관찰이 바람직하다.

나. 배수계통

- 시점 산마루 측구 배수로에 일부 낙엽 퇴적과 이격 1개소가 조사되었다. 해당 손상은 측구 시점부에서 발생하였으며 배수기능에는 문제가 없는 것으로 확인되어 보수보다는 점검시 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

다. 본선라이닝

1) 균열

- 금회 점검시 균열발생 조사 결과 대부분의 균열은 종방향 및 횡방향 균열로 조사되었으며, 국부적으로 반원형 균열, 사방향 균열, 망상균열이 조사되었다.
- 기존 균열발생 수량과 금회 점검 시 균열 발생 물량 비교 결과 SPAN17~19,

SPAN25~28 구간에서 다수 증가한 것으로 나타났으며, 전회차 점검 시 조사된 균열 들은 대부분 진전이 없는 상태이다.

- NATM 터널은 지반변위가 수렴된 이후에 콘크리트 라이닝을 시공하기 때문에 준공 후 지반이 안정된 상태라면 라이닝에 지반의 소성압, 이완하중 등의 외력이 작용하는 경우는 극히 드물지만 원지반에 협재된 취약한 특정 암반의 스웰링(Swelling)과 스퀴징(Squeezing) 등으로 인해 장기 소성변형이 진행 중이거나 터널 내 배수불량으로 인한 잔류수압, 인접위치에서의 굴착공사나 천재지변 등에 의한 지각변동, 석회암 지대의 용식작용과 같은 지반조건의 변화가 있는 경우에는 추가적인 응력이 작용할 수 있다. 자료수집 및 분석 결과 능안터널(하)의 경우 전회차 점검 이후 지반조건의 변화가 없는 상태로 전회차 점검과 균열 손상물량은 큰 변동이 없으며, 신규균열 또한 대부분 미세균열로 지반이완 및 소성압, 이완하중, 팽창압에 의한 구조적 균열 발생은 아닌 것으로 판단된다.
- 능안터널(하)에서 발생된 균열은 전회차 점검과 비교 시 균열 폭의 진전은 없는 것으로 조사되어 향후 점검시 지속적으로 균열 폭 및 길이진전 등 주의관찰이 필요하다.
- 조사된 균열중 상태등급 “c”등급 이상의 균열은 없는 것으로 조사되었으며, 폭0.3mm 이상 균열또한 구조적요인에 의해 발생된 것은 아니지만 내구성 확보 차원의 주입보수가 필요한 것으로 판단된다.

2) 누수

- 콘크리트 라이닝에 발생된 누수는 전회차 정밀안전점검시 S3에서 발생되었으며, 금회 정밀안전점검시에는 손상의 진전은 없는 것으로 조사되었다.

3) 재질열화

- 금회 정밀안전점검시 조인트에서 박리/박락 7개소가 조사되었다. 시공시 강재거푸집 설치에 따른 Jack-up 과정에서의 지압력 발생과 거푸집 조기 탈영의 원인과 공용기간 동안의 건조수축에 따른 응력집중 등의 복합적인 요인으로 발생한 손상으로 판단된다. 박리 및 박락은 진행 여부에 따라 탈락 위험이 있어 주행차량의 사고의 원인이 될 수 있으므로 손상 부위 제거 후 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- S4 우측벽체부에서 백태 1개소가 조사되었으며, 시공당시 배면 방수시트 접합이 불

량한 부위가 라이닝 콘크리트 타설시 외적 요인에 의한 손상으로 우기시 지하수위 상승으로 인해 배면 침투수가 미세한 균열 및 공극부를 통해 유입된 것으로 판단된다. 또한 점검시 백태 발생부 하부로 누수흔적이 관찰되지는 않았으나 우기시 지속적인 점검이 필요하며, 내구성 저하방지를 위한 표면처리가 필요하다.

4) 기타손상

- 능안터널(하)의 기타손상으로 타일탈락, 신축이음 실링재 탈락, 점검등 미점등 및 설치불량 등의 기타손상은 발생되지 않은 건전한 상태로 조사되었다.

라. 터널 부속시설

1) 갯문

- 시·중점 갯문 외관조사 결과, 약 3년이 경과한 현재 시·중점측 갯문은 양호한 것으로 조사되었다.

2) 공동구 및 배수시설

- 공동구는 비구조적인 부재로써 균열의 발생원인은 온도변화 및 건조수축 등에 의한 균열로 판단되며, 균열폭은 0.2~0.3mm로 조사되어 콘크리트 내구성 확보차원의 보수조치가 필요한 것으로 판단된다.
- 공동구파손 및 박리, 덮개파손은 모서리부에 발생되었으며 시공당시 및 공용중 외부충격에 의한 것으로 손상 정도에 따른 보수조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 배수시설은 경미한 토사, 이물질퇴적은 있으나 배수기능에 영향을 미칠만한 수준의 퇴적이 발생하지 않은 상태로 조사되었으며, 상시 원활한 배수기능을 유지할 수 있도록 주기적인 정비가 필요하다.

3) 포장부

- 포장부에 포장균열, 포장 파손 등의 손상이 조사되었다. 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 공용중 중차량 반복하중에 의해 발생한 것으로 확인된다. 포장균열은 손상의 정도가 경미하여 주행차량의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, SPAN28 구간 포장파손 손상은 방치 시 반복된 차량통행으로 인하여 손상이 진전될 수 있으므로 단면보수를 통한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

4) 부속시설

- 외관조사 결과, 부속시설에서 발생한 손상은 없는 것으로 확인되었으며 건전한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

마. 공중이 이용하는 부위

1) 추락방지시설

- 본 터널은 추락방지시설에 대한 해당 사항은 없는 것으로 확인되었다.

2) 도로포장

- 교면포장 주요손상으로는 포장균열, 소규모 파손이 조사되었으며, 점검일 현재 차량에 직접적인 파손을 유발하여 즉각적인 보수가 필요한 상태는 아니나, 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 주의관찰 및 장기적인 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

3) 추락방지시설

- 본 터널은 도로부 신축이음부에 대한 해당 사항은 없는 것으로 확인되었다.

4) 환기구 등의 덮개

- 본 터널의 환기구 등의 덮개 시설물은 없는 것으로 조사되었다.

7.2. 재료시험 및 측정 결과

- 콘크리트 강도시험에 대한 반발경도시험 결과는 설계 기준값을 모두 만족하고 있는 것으로 측정 및 분석되었다.
- 철근탐사와 연계한 탄산화 진행 정도에 따른 잔여피복두께는 상부구조, 하부구조 측정부위 모두 30.0mm이상으로 탄산화에 의한 부식발생 우려가 없는 상태 "a"로 평가되었다.

7.3. 상태평가 결과

7.3.1. 상태평가 결과

본 터널에 대한 기 정밀안전점검 결과(2021년)를 비교·분석한 결과, 동일한 B등급으로 평가되었다.

<표 7.1> 상태평가 결과

구 분	2019년 초기안전점검	2021년 정밀점검 상태평가 결과	2023년 정밀점검 상태평가 결과	비 고
능안터널(하)	A(0.119)	B(0.172)	B(0.164)	

7.3.2. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위 상태평가 결과 중대한 결함(d등급)에 해당되는 사항이 없는 것으로 평가되었다.

7.4. 종합평가 및 안전등급 지정

능안터널(하) 전체에 대한 상태평가 결과는 B(0.164)로 종합평가 결과는 “B”로 산정되었다.

본 대상시설물의 상태평가 및 종합평가 결과를 종합적으로 검토하여 안전등급을 지정한 결과, “B등급”으로 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”로 평가되었다.

7.5. 보수·보강 개략공사비

7.5.1. 하자보수 개략공사비

<표 7.2> 하자보수 개략공사비

개략공사비(원)	48,900,010	
----------	------------	--

7.6. 중점유지관리 사항

- ▶ 라이닝 균열0.3mm이상
- ▶ 라이닝 박리 및 박락
- ▶ 터널내 배수시설
- ▶ 터널주변 배수계통

7.7. 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

금회 정밀안전점검 대상 시설물인 능안터널(하)은 2018년 11월에 준공되어 약 5년간 공용된 터널 구조물로서 금번 정밀안전점검 결과, 담당 기관의 지속적인 유지관리가 시행된 상태로서 현시점 시설물의 사용제한 등의 필요성은 없을 것으로 판단된다.

향후 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”에 의한 정기안전점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 시행 등에 따른 지속적인 보수·보강 등을 지속적으로 시행한다면 터널의 유지관리에 큰 어려움은 없을 것으로 판단된다.

7.8. 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

금회 조사된 손상·결함부 등은 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단되나 구조물의 건전성, 사용성, 미관 및 장기적인 유지관리 등을 고려하여 보고서에 제시한 보수·보강공법에 따라 보수를 시행한다면 터널의 유지관리에 큰 어려움은 없을 것으로 판단된다.

7.9. 종합결론

본 과업에서는 “능안터널(하)” 시설물에 대해 과업수행계획에 따라 시설물 외관조사, 재료시험 및 측정 등의 현장조사를 수행하였으며, 상태평가를 바탕으로 종합평가 및 안전등급 등을 산정한 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 “B등급”으로 산정되었다.

금회 점검 시 상세조사 및 공용기간 증가에 의해 신규 및 추가로 발생한 신규손상과 상태평가(터널 주변 상태 결함점수) 산정시 배수상태에 대한 점수 부여 차이로 인해 결함도지수는 다소 감소한 것으로 평가되었다.

금회 정밀안전점검 결과 구조적인 문제를 일으킬 만한 손상 및 기타 사항은 조사 및 평가되지 않았으며, 조사된 손상에 대한 적절한 보수를 실시한다면 공용에는 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.