

단열처리 유도배수에 의한 기존 2-Arch 터널의 누수방지 사례

A Leakage Prevention Case of Primary 2-Arch Tunnel due to Heat Insulated Drainage

강인규·류정수**·김태수***

Kang, In-Kyu · Ryu, Jeong-Soo · Kim, Tae-Soo

Abstract

This case was successfully constructed as a leakage prevention case of primary 2-arch tunnel located in Anyang, Gyungkido. The leakage of primary 2-arch tunnel was observed at middle wall of tunnel and girder of tunnel. Such a leakage of primary 2-arch tunnel generally occurred due to the damage of the waterproof membrane constructed on the middle wall during the blasting works of right and left tunnel after construction of the middle wall. As the leakage, icicles hanged from girder of tunnel in the winter. In such phenomenon, the risk of the traffic accident in the tunnel was high. In this case, leakage prevention works were successfully constructed using the heat insulated drainage.

key words : 2-arch tunnel, drainage, leakage prevention

1. 서론

본 사례는 경기도 안양시에 위치한 ○○터널에 대한 사례로, 기존 2-Arch의 터널 중앙벽체 및 거더부에 누수가 발생하면서 사진 1과 같이 동절기에 결빙현상이 발생하여 이에 대한 안전진단 및 원인분석을 실시하고 누수방지 대책을 수립하여 시공된 사례이다.

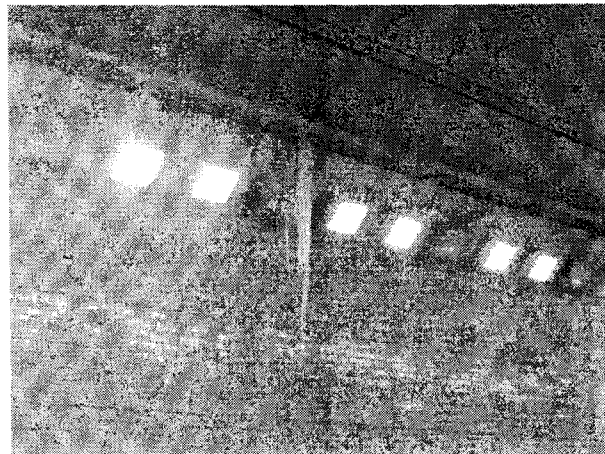


사진 1. 동절기 고드름 현상 발생(○○터널 상행선 840m 지점)

○○터널내의 누수는 2-Arch 터널 중앙벽체와 좌·우측 라이닝 연결부 및 헌치부에서 주로 발생하고 있

* 정회원 · (주)브니엘컨설턴트 · 대표이사 · E-mail: kang-ik@vniel.co.kr

** 정회원 · (주)브니엘컨설턴트 · 회장

*** 비회원 · 두산산업개발(주) · 차장

는 상황으로 우기시와 전기시 누수부의 위치는 변화가 심한 상황이며, 우기시를 기준으로 구체적으로 살펴보면 그림 1과 같다. 상행선의 경우 누수는 45개소에 전체 연장 175m에 걸쳐 발생되고 있는 것으로 조사되었고, 하행선의 경우에는 70개소에 전체 연장 190m에 걸쳐 누수가 발생되고 있는 것으로 조사되었다.

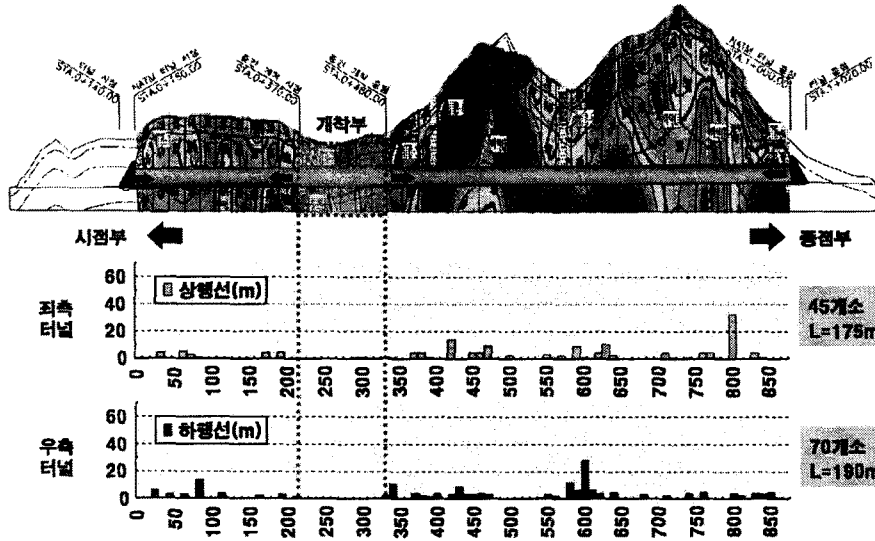


그림 1. OO터널의 누수발생 현황

또한 육안조사 및 정밀조사결과를 바탕으로 OO터널에 대한 상·하행선 라이닝 상태평가 및 결합지수를 산정하여 전 구간에 대한 상태평가를 수행한 결과 "A" 등급으로 문제점이 없는 최상의 상태로 평가되었으나, 전체적으로 누수발생이 심하여 이에 대한 보수가 필요한 것으로 판단되었다.

2. 기존 2-Arch 터널의 문제점

2.1 개요

2-Arch 터널은 터널 중앙부에 기둥을 설치하여 구조적 안정성을 높이고 굴착량을 줄이는 형태로서 굴착 후에는 록볼트와 슛크리트가 지반변위에 따른 하중을 지지하고, 라이닝 콘크리트가 이완영역에 따른 전하중을 지지하도록 설계하는 안전성이 보다 강조되는 경첩적 터널이다. 2-Arch 터널의 시공은 NATM 공법으로 설계는 재래식 공법이라는 표현으로 정리할 수 있으며, 현재 국내 2-Arch 터널의 적용 현황을 살펴보면 표 1과 같다.

표 1. 국내 2-Arch 터널 적용 현황

터널명	터널연장	최대토피	암반등급	차로구성	적용사유
소래터널	446m	50m	IV	일방향 4차로	지반상태 불량
정지산터널	130m	30m	IV~V	양방향 4차로	상부 문화재 존재
산성우터널	210m	50m	IV~V	양방향 4차로	환경훼손 최소화
정착터널	140m	40m	IV~V	양방향 4차로	환경훼손 최소화
신성터널	178m	40m	II~V	양방향 4차로	환경훼손 최소화
서천터널	440m	60m	II~V	양방향 4차로	환경훼손 최소화

2.2 시공순서

2-Arch 터널은 시공 중 발생하는 응력변화를 최대한 억제하고 이를 적절히 분배하면서 시공하여야 안정성을 기대할 수 있는 구조체로서 통상 응력이 집중되는 중앙부 터널을 선굴착 시공한 후 좌우측 터널을 시공하고 마지막으로 라이닝과 인버트를 폐합하여 시공한다. 굴착방법은 지반상태에 따라 전단면 또는 반단면 굴착공법을 병용 적용할 수 있으며, 지반이 극히 불량할 경우를 제외하고는 중앙부 터널은 전단면으로, 좌우

측 터널은 반단면으로 시공하는 공법이 적용되고 있으며, ○○터널에서 적용된 시공순서를 정리하면 그림 2 와 같다.

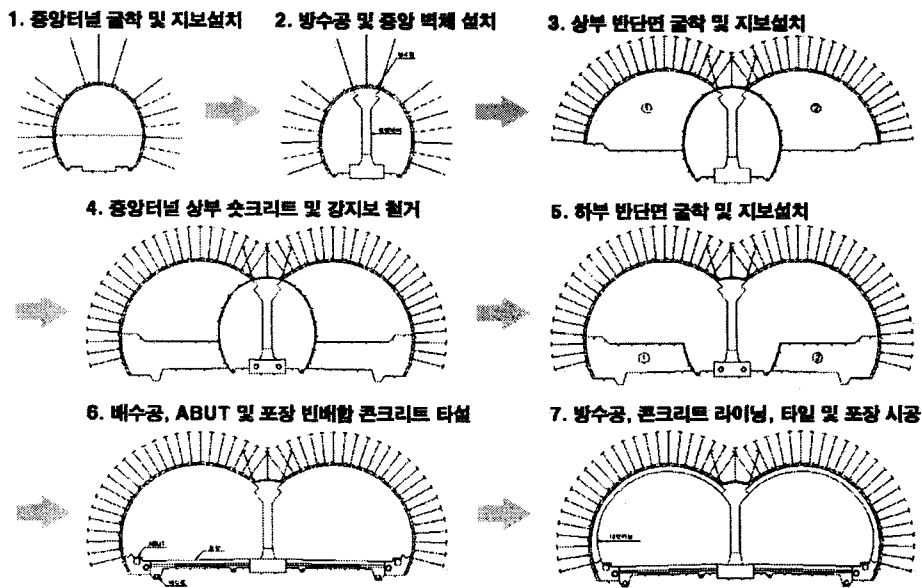


그림 2. ○○터널의 2-Arch 터널 시공순서

2.3 누수발생 원인분석

○○터널의 경우 누수발생 원인을 분석해 보면, 우선 누수부위가 중앙벽체와 좌·우 터널 라이닝과의 접속부위에 집중되고 있어 기존 2-Arch 터널의 전형적인 누수발생 부위와 동일한 것으로 판단된다. 따라서 기존 2-Arch 터널의 누수에 취약한 근본적인 문제에 기인된 것으로 판단된다. ○○터널의 경우의 누수발생 원인을 분석하여 정리하면 다음과 같다(그림 3 참조).

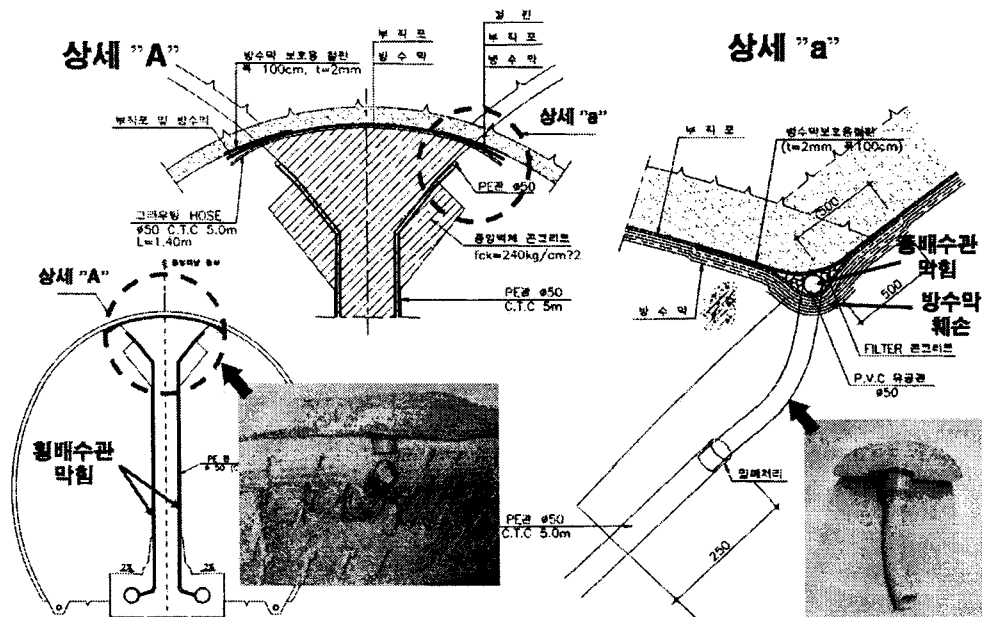


그림 3. ○○터널 누수발생 원인분석

(1) 중벽 구조물 시공시 설치한 방수쉬트가 공정순서상 좌우측 터널구조물 시공시까지 오랜기간 동안 공기중에 노출되기 때문에 연성이 저하되어 발파 및 외부충격에 손상되는 현상이 발생하며, 좌우측 터널의 방

수취트와의 연결도 매우 불안정하여 방수효과가 저하되는 원인이 된다. (2) 중벽 구조물 상단의 이음부(오목한 부분)에 고인물이 방수막을 통과하여 PE관으로 전량 유도처리되지 않고 부분적으로 방수취트의 손상부를 통하여 종·횡방향 시공이음면으로 누수되어 동절기에 동결되어 터지는 현상이 발생한다. (3) PE관을 인버트 내부 종방향 배수관(φ300mm)에 L형으로 절곡 연결하였으나 절곡부에 침전물이 쌓여 막힘 현상으로 배수기능을 저하 또는 상실시킨다. (4) 방수막에 구멍을 내어 PE관을 연결하고 주변을 Corking재로 밀폐시키거나 작업조건이 열악하고 방수막을 손상하여 완벽한 방수기능을 기대하기 어렵다. (5) 시공시 터널이 굴착된 상태에서 천정부에 필터 콘크리트 채움의 정밀시공이 어렵다.

3. 누수방지대책

국내 기존방식의 유도배수공법의 경우 동절기 결빙우려가 있어 본 현장에서는 표면을 단열처리한 유도배수공법을 적용하는 것으로 하였다. 단열처리 유도배수공법의 대표단면 및 유도배수로 설치 단면도는 그림 4와 같다. 누수방지대책은 우선적으로 누수 발생이 심한부위 및 동절기 결빙현상의 우려가 큰 터널 입·출입부를 대상으로 먼저 시험시공을 실시하여 본 대책방안의 타당성을 확인한 후, 누수부 위치를 조사하면서 단계별로 시공하였으며, 동절기 결빙현상 발생 없이 만족스런 결과를 보였다.

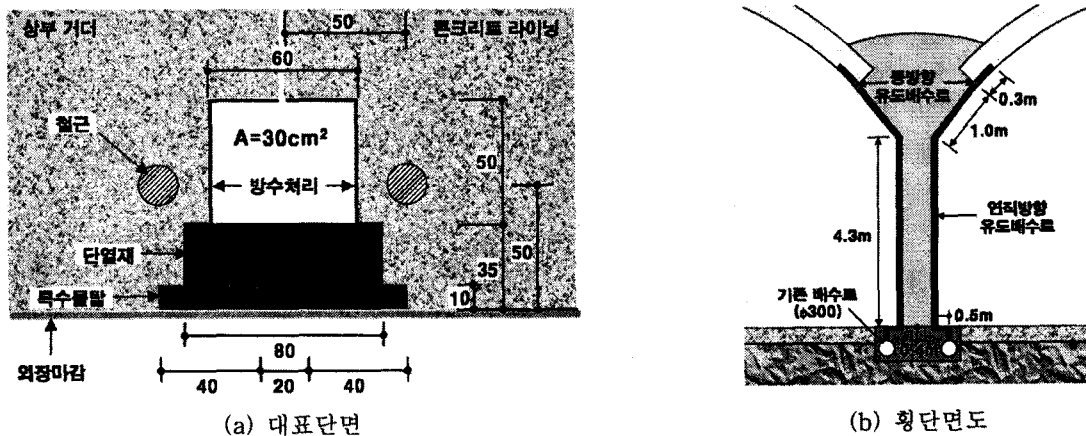


그림 4. 단열처리 유도배수로 설치 단면도

4. 결론 및 제언

본 사례는 경기도 안양시에 위치한 ○○터널(기존 2-Arch 터널)의 중벽부 및 거더부에 누수가 발생하면서 동절기에 결빙현상이 발생하여 이에 대한 안전진단 및 원인분석을 실시하고, 이에 대한 누수방지 대책을 수립한 사례로 이를 요약하면 다음과 같다.

- (1) ○○터널의 누수발생 원인을 분석해 보면, 누수부위가 중앙벽체와 좌·우 터널 라이닝과의 접속부위에 집중되고 있어 기존 2-Arch 터널의 전형적인 누수발생 부위와 동일한 것으로 판단된다.
- (2) 누수방지 대책으로 유도배수공법 방식과 차수 그라우팅공법 방식을 생각해 볼 수 있으며, 차수 그라우팅 공법의 경우 시공 후 유선 변동 등으로 누수가 재발하는 등 완벽한 누수 방지가 어려운 문제가 있어 누수부위에 대한 전체적인 대책은 유도배수공법 방식이 효과적일 것으로 판단된다.
- (3) 국내 기존방식의 유도배수공법의 경우 동절기 결빙우려가 있어 본 현장에서는 표면을 단열처리한 유도배수공법을 적용하는 것으로 하였으며, 시공결과 동절기 결빙현상 발생 없이 만족스런 결과를 보였다.

참고문헌

1. 猪熊明 (2004), 現場技術者のためのトンネル維持管理の實務, 山海堂, pp. 44~55.
2. 왕이완 (2001), "도로에서 2-Arch 터널의 적용성," 한국터널공학회 2001 학술발표회 논문집, pp. 141~152.
3. 한국도로공사 (2000), 판교~김포간 서울외곽순환 고속도로 건설지, pp.359~363.