

# 도시철도 친환경 지하터널 배수형식의 효율적인 유지관리 방안 검토

## A study on efficient management of the drainages of underground tunnels for environmentally friendly urban railway systems

백종명 \*  
Baek, Jong-Myeong

홍종헌 \*\*  
Hong, Jong-Hun

김한배 \*\*\*  
Kim, Han-Bae

---

### ABSTRACT

Excepting tunnel of dorimstream - ccachimountain station section, the subway line No.2th section was build using ASSM and NATM methods because of soil pressure and land condition.

The way of dealing underground water was selected without sufficient preconsideration of geographical features, ground condition, influence of lowering underground water, and long-term cost of running maintenance so that the form of undrained tunnel was build having decreased construction characteristics and technically improper elements.

The form of partial drainage is very difficult to manage structures of tunnel, because water leakage, water pressure causing cracks of lining concretes and scaling are constantly happened.

so partial drainage suggest that setting reinforced Anchor Bolt to prevent buoyancy and should increase center drainage way up to height of railroad.

Partial drainage suggest that holey pipe(ø350mm) manhole, drainage checking pipe manhole are should be regularly dredged , when changing roadbed(gravel→concrete) drainage checking pipe manhole should be build and setting a limitation of entering underground water's quantities.

Beside drainage degree in changed section of structures causing instability of structures is continuous degree. so if efficient drainage way and the patterns of flaws, problems are considered in survey, it will be expected to have a advantage condition in maintenance part.

---

### 국문요약

서울지하철 1~4호선 구간에서 부분적으로 도시터널공법을 채택하여 건설한 노선은 2~4호선으로서, 2호선 구간은 2기 지하철 건설시 시공된 신정기지 인입선 도림천~까치산역 구간 터널을 제외하고는 전체가 채래식 공법(ASSM)을 3~4호선 터널은 지형적인 여건 및 토압의 영향에 따라서 ASSM공법과 NATM공법을 병행하여 건설하였으며,

지하수 처리 형식은 지반조건과 지형적인 조건, 지하수위 저하에 의한 영향, 장기적인 운전 유지비용 등을 감안하여 배수 및 비배수 형식을 적용하여야 하나, 이에 대한 충분한 사전검토 없이 채택함으로써 완전방수(비배수) 형식은 건설시에도 시공성이 떨어지고 기술적으로도 불합리한 요소를 지닌 채 설치되었으며, 부분방수(배수)형식은 배수관 기능저하, 배수구배 부적정 등으로 인해서 터널 구조물의 유지관리에서 누수와 수압에 의한 라이닝 콘크리트 균열, 박리 현상이 지속적으로 발생하여 보수 및 보강공사에 많은 비용이 소요되고 또한 터널 안정성 확보에 어려움이 있는 실정이다. 그러므로 터널 방수 형식에 대한 설계 및 시공 개념을 고찰함으로써 기술적인 문제점 등을 파악해서 유지관리의 개선 방향을 제안하고자 한다.

---

† 책임저자 : 정희원, 서울메트로, 철도사업단 차장, 토목시공. 품질관리시험기술사  
E-MAIL : bjm6413@hanmail.

TEL : (02)6110-5840 FAX : (02) 6110-5839

\*\* 비회원, 서울메트로, 토목팀장, 토목시공기술사

\*\*\* 비회원, 서울메트로, 감사실 차장, 토목시공기술사

## 1. 서론

서울지하철 1~4호선 구간에서 부분적으로 도시터널공법을 채택하여 건설한 노선은 2~4호선으로서, 2호선 구간은 2기 지하철 건설시 시공된 신정기지 인입선 도림천~까치산역 구간 터널을 제외하고는 전체가 채래식 공법(ASSM)을 3~4호선 터널은 지형적인 여건 및 토압의 영향에 따라서 ASSM공법과 NATM공법을 병행하여 건설하였으며,

지하수 처리 형식은 지반조건과 지형적인 조건, 지하수위 저하에 의한 영향, 장기적인 운전 유지비용 등을 감안하여 배수 및 비배수 형식을 적용하여야 하나, 이에 대한 충분한 사전검토 없이 채택하므로써 완전방수(비배수) 형식은 건설시에도 시공성이 떨어지고 기술적으로도 불합리한 요소를 지닌 채 설치되었으며, 부분배수(배수)형식은 배수관 기능저하, 배수구배 부적정 등으로 인해서 터널 구조물의 유지관리에서 누수와 수압에 의한 라이닝 콘크리트 균열, 박리 현상이 지속적으로 발생하여 보수 및 보강공사에 많은 비용이 소요되고 또한 터널 안정성 확보에 어려움이 있는 실정이다. 그러므로 터널 방수 형식에 대한 설계 및 시공 개념을 고찰함으로서 기술적인 문제점 등을 파악해서 유지관리의 개선 방향을 제안하고자 한다.

## 2. 배수공법 및 방수공법

### 1) 국내 배수공법

지하수를 처리하는 방법에 따라 터널은 크게 배수형과 방수형으로 나누어지며, 배수형 터널은 다시 부분배수형과 완전배수형으로 구분된다.

배수형 터널이란 터널주변의 지하수를 인위적으로 배수시키는 터널로서 배수의 허용정도에 따라 완전배수형과 부분배수형으로 분류할 수 있다. 배수형 터널중 완전배수형이란 터널내부의 전단면으로 배수를 허용한 경우로 일부 수로터널이나 시공중의 터널이 여기에 해당되며, 부분 배수형이란 쾌적한 공간제공을 목적으로 터널의 천장과 측벽까지 방수막을 설치하여 지하수를 터널바닥의 측방 배수구나 하부 집수관으로 유도하여 배수시키도록 설계, 시공된 터널을 말한다.

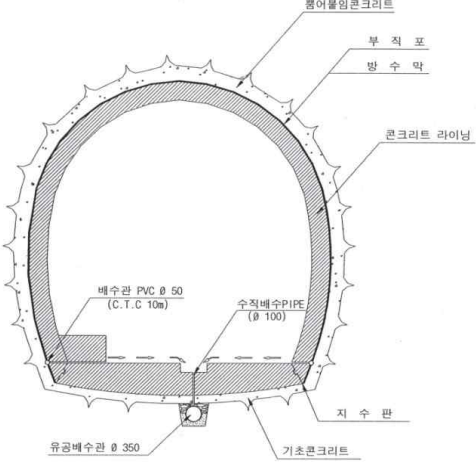
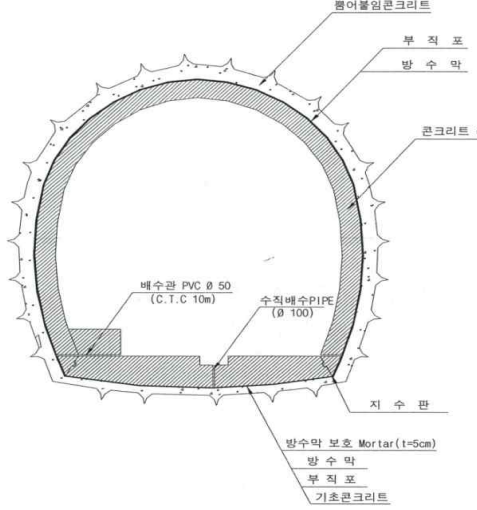
부분배수형 터널을 통상 “배수형 터널”이라고 말하며 또한 방/배수형 터널이라고 표현하는 경우도 있다. 이 배수형 터널에서는 콘크리트 라이닝에 수압이 작용하지 않는 것으로 간주되고 있으나 수압의 작용유무는 아직 검증되지 않고 있는 실정이다.

〈표 1〉 1~4호선 터널구조물 배수형식 건설 현황

구 분		배 수 형 식 연 장(m)		
호 선	연장(m)	계	배 수	비배수 (완전방수)
합 계	27,333.8	26,944.3	23,771.9	3,172.4
2	6,407	6,407	6,407	-
3	13,262.7	13,030.2	11,506.2	1,524
4	7,664.1	7,507.1	5,858.7	1,648.4

※ 연장은 건설지 참고('86년 발간)

〈표 2〉 배수조건에 따른 터널의 비교

구분	배수 공법	비배수 공법(완전방수공법)
형식	<ul style="list-style-type: none"> <li>방수포를 천정부와 측벽부에 설치하고 유입수를 터널내부로 유도하여 배수처리</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>터널, 전단면에 방수포에 의한 차수층을 설치하여 지하수의 유입을 완전차단</li> </ul> 

구분	배수 공법	비배수 공법(완전방수공법)
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>라이닝의 수압을 고려하지 않으므로 구조적으로 얇은 무근콘크리트 라이닝도 가능하다.</li> <li>특수 대단면의 시공이 가능하다.</li> <li>누수시 보수가 용이하다.</li> <li>시공비가 적게 든다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유지비가 적게 든다</li> <li>터널 내부가 청결하며 관리가 용이하다.</li> <li>지하수위의 변화가 없으므로 주변 환경에 영향을 미치지 않는다.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연배수가 불가능한 경우에 유지비가 많이 든다.</li> <li>지하수위의 저하로 주변지반침하가 지하수 이용에 문제가 생길 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공비가 많이 든다. 또한 완전한 시공이 어렵다.</li> <li>특수 대단면에서는 단면이 커서 비경제적.</li> <li>누수가 발생하면 보수비가 많이 들고 완전 보수가 어렵다.</li> <li>라이닝의 두께가 커지고 때에 따라 철근이 요구된다.</li> </ul>
적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>지질조건이 양호</li> <li>주변에 구조물이 없을 때</li> <li>지하수가 낮을 때</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지질조건이 불량</li> <li>지하수가 높거나, 지하수의 공급이 많을 때</li> <li>도심동 주변에 중요구조물이 존재할 때</li> </ul>

대부분의 터널 굴착은 지하수위 아래에서 실시되기 때문에 굴착시 터널내로 지하수가 유입되고, 특히 역구배 시공이 불가피한 경우의 시공 중 배수처리는 매우 중요하다. 실제로 위와 같은 현상이 시공 과정에서 여러 차례 발생하였다는 사실에 주의를 기울일 필요가 있다.

배수처리가 양호할 경우 건조한 상태의 작업조건을 조성하여 터널시공을 촉진시켜줄 뿐만 아니라

터널 안정에도 기여할 것이다.

시공중의 배수처리에 있어서는 터널 굴진 시 발생하는 과다한 용수는 생기는 즉시 임시 배수 파이프를 사용하여 슛크리트 타설 전에 처리한다.

터널 완공후 배수는 터널의 안정과 내구성을 유지시키는데 있어서 가장 중요한 작업 중 하나이며, 터널의 형태에 있어서 invert가 설치된 지하철과 같은 방수터널과 배수시설을 구비한 배수터널로 구분하여 볼 수 있으나 본 터널과 같은 산악터널의 경우에 있어서는 수압을 줄이고 굴착단면을 줄이기 위하여 Arch 및 측벽부만 방수막을 설치한 부분방수 터널로 설계한다.

Shotcrete면과 Con'c Lining 사이에 설치된 부직포로 흘러나온 누수는 PVC유공관(D100)을 종방향으로 양측에 설치하여 집수한다.

PVC 유공관을 통하여 집수된 누수는 C.T.C 10m마다 설치한 PVC파이프(D100)을 통하여 각각 배수구(THP PIPE D300)로 배수한다.

하부에 생기는 침투수는 좌우 양측에 설치한 아연도강관(D200)을 통해 배수한다.

터널 공동구내로 터널내부 세정오수 유입에 대비하여 공동구에 유출 배수관(PVC D50)을 설치한다.

터널의 배수방식은 중앙집중배수방식(Center Drain)과 측벽하부배수방식(Side Drain)이 있는데 각 배수방식의 장·단점은 <표 3>과 같다.

<표 3> 터널의 배수방식 비교

구분	장점	단점
중앙집중 배수방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>단면의 형상이 응력적으로 유리한 단면형상이다.</li> <li>인버트가 있을시 배수가 용이하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>배수구의 청소가 불편하다.</li> <li>측벽으로부터 중앙하부로 도수하기가 불편하다.</li> </ul>
측벽하부 배수방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>배수구의 청소가 용이하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>측벽하부 터파기가 깊게 되어 응력적으로 불리한 형상이 된다.</li> <li>인버트가 있을시 배수에 어려움이 있다.</li> <li>용수에 저항성이 있는 견고한 지반에 유리하다.</li> </ul>

중앙집중 배수방식이 차량운행 개시 후 배수구의 청소 및 보수가 불편하고 중앙으로의 도수가 불편한 점 등을 고려하여 측벽하부 배수방식으로 결정하였으며 시공시 지역적 조건이나 동결심도 및 용수상태 등을 고려하여 겨울철에 동해를 받지 않도록 철저히 시공하여야 한다.

## 2) 외국의 터널 배수공법

첫째 배수형 터널인 경우의 적용성은 지하수위가 높아 작용수압이 큰 경우와 지하수량이 소량인 경우 또 지하수량이 대량인 경우 적용 터널주변 지반을 적극적인 차수 대책을 마련한 후 유입수량을 줄이거나 인버트를 제외한 구간에 방수막을 설치하여 단면형성을 한다.

둘째 비배수형 터널은 환경적인 측면이 강조되는 경우와 독일이나 오스트리아의 경우 1960년대 후반부터 도심지뿐만 아니라 전 지역에 적용을 하고 있으며, 지하수압이 3~4kg/cm<sup>2</sup> 정도 이하인 경우에 국한하여 적용하되 시공법은 수밀콘크리트 라이닝에 의존하는 경향이며 시공이음부에 지수관을 설치하여 누수에 대비하고 있다.

또한 비배수형 터널의 허용누수량은 터널의 용도에 적합한 방수등급을 정하고 다음과 같이 누수량을 허용하고 있다.

〈표 4〉 비배수형 터널의 허용누수량

방수등급 항 목	1	2	3	4	5
내부 상태	완전건조	거의건조	모관습윤	물방울이 가끔 떨어짐	물방울이 자주 떨어짐
용 도	주거공간, 저장실, 작업실	동결위험 있는 교통터널, 정거장터널	방수 2등급 이상 요구되지 않는 교통터널	시설물터널	하수터널
허용누수량 ( ℓ/m <sup>2</sup> /일 )	0.02 (0.01)	0.1 (0.05)	0.2 (0.1)	0.5 (0.2)	1.0 (0.5)

주 1. 터널설계기준(1999)

2. 0.02 (0.01) : 0.02는 10m당 0.01은 100m 당

방수형 터널이란 터널 주변의 지하수가 터널내부로 전혀 유입될 수 없도록 차단한 경우를 말한다. 이때 작용하게 되는 수압은 주로 철근 콘크리트 라이닝에 의해서 지탱된다. 또한 방수형 터널은 터널주위의 지하수를 배수시키지 않기 때문에 공사 중 일시 변화되었던 지하수위는 곧바로 복원된다. 따라서 구조물은 터널주변의 지하수위에 해당하는 양수압을 견디도록 설계하여야 한다. 작용수압에 가장 유리한 단면은 원형이며 수압이 클 경우에는 철근보강이 필요하다.

〈표 5〉 방수조건에 따른 터널의 비교

구분	방 수 공 법
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>지하구조물의 내구연한동안 양수를 위한 유지관리비용의 절감</li> <li>지하수위에 영향을 미치지 않으므로 이와 관련된 지반침하나 건물피해의 예방 가능</li> <li>터널구조체, 내부시설물, 운행차량 등을 습기에 의한 부식으로부터 예방 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>단면형상의 제한으로 불필요한 공간의 형성</li> <li>고도의 방수공이 요구되며 보수가 곤란함.</li> <li>철근 조립공사가 까다롭고 복잡하여 부실시공의 원인이 됨.</li> <li>대단면이나 심도가 깊으면 구조체가 막중해져 비경제적임</li> </ul>

터널에 있어 누수는 터널 구조물의 안정에 영향을 미쳐 내구성에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 미관이 나쁘고 통행하는 차량에 불쾌감을 주게 되어 터널에서 큰 문제점으로 대두되고 있다.

### 3) 국내의 기존 지하터널의 방수에 대한 효율적 유지관리 방법

시공기술 및 방수재료의 미비로 많은 누수가 발생하여 터널의 유지관리에 큰 문제점을 야기하고 있는 바 설계에 있어서는 다음의 방수공법을 비교 검토하여 그중 가장 합리적이고 안전한 방수공법을 채택하여야 한다.

첫째, 수밀콘크리트 방수공법은 AE제나 혼화제 등을 사용하여 수밀성을 크게 한 콘크리트를 사용하여 구조물 자체가 방수역할을 할 수 있으므로 시공이 간편하고 공사비도 저렴하나 국내 시공실적이 없으며 완전한 방수효과를 기대하기 어렵다.

둘째, 역청재 도포 방수공법의 역청재(Asphalt)를 사용한 방수는 제품이 다양하고 시공경험이 많으며 공사비가 저렴하다. 이 공법의 단점은 역청재의 경화시간이 필요해 작업시간이 많이 소요되며 내구성이 없다. 특히 구조물 본체에 균열이 발생한 경우, 방수층이 파손되기 쉬우며 보수가 곤란하다.

셋째, Mortar도포 방수공법은 방수재를 혼합한 Mortar를 구조물 표면에 도포하여 방수하므로 시공은 간편하나 완전한 시공을 기대하기가 어렵고 외부충격 등으로 파손되기 쉬우며, 균열이 발생할 수 있으므로 이에 대한 보완이 필요하다.

넷째, Sheet 방수공법은 역청제나 PVC등으로 제작된 Sheet를 사용하여 방수하는 공법으로 Sheet재가 신장능력이 없거나 인장강도가 약할 경우, 콘크리트 타설시나 구조물 균열발생시 Sheet의 파손이 우려된다. Sheet재가 파손될 경우 방수효과는 기대하기가 어려우며, 보수도 불가능하나, 성능이 우수한 Sheet재를 사용할 경우 가장 확실한 방수효과를 기대할 수 있다.

Sheet방수는 방수막과 부직포로 이루어져 있으며, 부직포는 거친 Shotcrete면에 부착되어 방수막의 손상을 방지하고 투수력을 증진시켜서 부분적 수압에 의한 내부 콘크리트 라이닝의 압력집중을 방지하고 터널주위에 수압을 일정하게 만드는 역할을 한다. 그리고 방수막의 손상 없이 내부 콘크리트와 Shotcrete면간의 미세한 움직임이 가능하도록 설치하였다.

또한 방수막은 Shotcrete에 침윤을 방지하고 내부라이닝이 지하수에 심하게 부식됨을 방지하도록 설치하였다. 따라서 부직포는 Shotcrete면에 확실하게 부착시켜야 콘크리트 라이닝 설치시 방수막에 변형이 생기는 것을 방지할 수 있고 방수막 용접부위에는 필히 방수시험을 하여 용접의 결함으로 차후 누수가 생기지 않도록 설치하여야 한다.

### 3. 국내 배수공법 분석결과

2호선 터널 중 ASSM(재래식)공법의 터널은 2개의 Abutment Arch가 하중을 부담하는 구조로서 단면 우각부(상반 2개소, 하반 2개소)에 응력집중이 발생한다.

복선터널은 원형의 인버트 Arch 폐합이 아닌 수평형상의 인버트 구조이므로 침투수압과 양압력에 매우 취약하다.

지하수위가 높거나 지하수 유입량이 많은 지형에 위치한 터널은 내부 습도가 높은 상태로 유지하여, 시설물과 전동차의 조기부식, 유지관리 어려움 등 악영향을 끼친다.

중앙 유공관이 공사용 임시관으로서 수직배수공과 연결되어 있지 않으므로 수직 배수공을 통해서 인버트 하부 용출지하수와 함께 유입하는 미세 토립자가 장기간 배수로에 퇴적하여 배수기능이 마비될 우려성이 있다.

특히 신촌~시청앞 구간의 단선병렬 터널은 터널내부 누수유입수가 자갈도상을 통해서 중앙배수로에 유도 처리되므로, 자갈 마모입자와 분진 등이 중앙배수로에 퇴적하지만 중앙배수로가 자갈도상아래에 설치되어 있어 준설청소가 어렵다.

인버트 하부에 공사배수용 유공관이 집수정까지 연결되어 있지 않아 지하수가 많은 지역에서는 지하수위가 자갈도상 아래까지 자유수면이 형성된다.

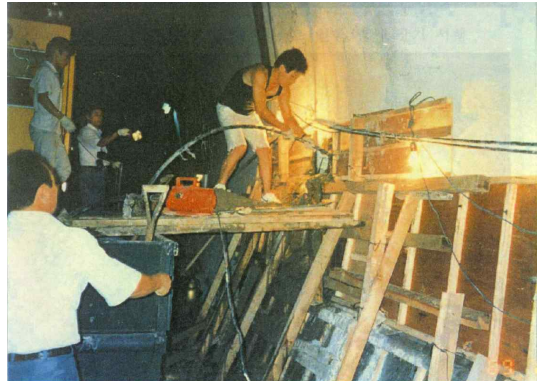
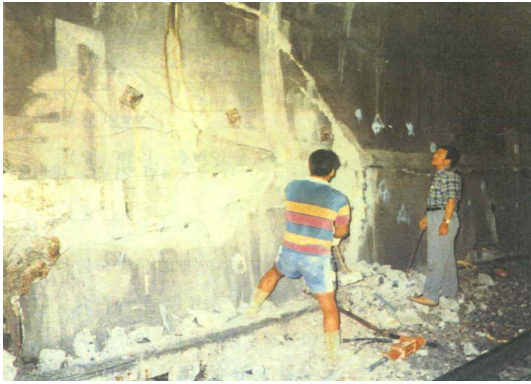
3~4호선 터널 중 완전방수(비배수) 터널은 시공시 복합적인 결함(방수막 손상, 이음부 처리미흡, 폐쇄된 협소공간 등)으로 완벽한 차수를 달성하기 어렵다.

누수는 콘크리트 균열부, 이음부 밀도가 적은 부분에서 발생하기 때문에 방수막 결함부를 찾아 내기는 거의 불가능하다. 발생하는 누수를 보수하는 것은 불가능하다.

또한 부분방수(배수) 터널은 측벽 종방향 집수관(유공pvc 나선호스  $\varnothing$  50mm)의 환경이 작다.

단선병렬 터널에서는 보도가 편측에만 있어, 반대편 측벽에는 자갈도상인 관계로 청소를 위해 30m 간격으로 설치된 배수확인공이 없다.

유공관이 실시설계에는 정거장 집수정에 연결되어 있지 않은 관계로 지하수위가 자갈도상 아래까지 자유수면 형성이 불가피한 상태이다.



〈그림 1〉 배면수 수압 증가에 따른 2차 라이닝 탈락



충무로~명동 【17k624(하선)】



충무로~명동 【17k638(하선)】



충무로~명동 【17k641(상선)】



충무로~명동 【17k720(하선)】



충무로~명동 【17k876(하선)】



충무로~명동 【17k836(하선)】

〈그림 2〉 터널 구조물내 배수로 체수 및 이물질 혼입

#### 4. 향후 개선방향

2호선 터널(도림천~까치산역 구간 제외)의 유공관(ø 350mm)은 공사 중 기초콘크리트와 면고르기를 위해서 임시 부설한 관으로, 집수정까지 연결되어 있지 않고 복선티널은 인버트 형상이 수평으로 침투수압과 양압력에 취약한 구조이며 누수부분의 방수막 결함부 발견은 거의 불가능하여 완벽한 누수보수는 할 수 없으므로 지하수위가 높거나 지하수 유입량이 많은 지층에 위치한 터널은 터널내 자유수면 형성 억제는 어려워 불가피하게 내부 습도 높은 상태 유지에 의한 악영향을 초래한다.

이와 같은 결점을 보완하기 위해서는 도상자갈 교체시(자갈→콘크리트) 인버트에 균열이 심하게 발생한 손상 구간은 침투수압과 양압력 발생이 우려되므로, 추가하여 부력방지용 Anchor Bolt 설치보강과 중앙배수로를 웨도면 높이까지 인상이 필요하다.

설계시 집수정 pump용량 결정을 위해 적용한 설계 기준은 다음과 같다.

- 개착구간(본선) : 2m<sup>3</sup>/km/분

- 터널구간 : 3m<sup>3</sup>/km/분을 감안하여 지하수 유입량 제한치를 설정 후 인버트에 Core 채취에 의한 수직배수공 설치 필요

〈표 6〉 터널구간 양수규모를 파악하기 위한 배수 실측량(1985년)

구간	배수량(m <sup>3</sup> /km/분)	구간	배수량(m <sup>3</sup> /km/분)
구과발~연신내	1.18	안국~종로3가	1.28
불광~녹번	0.09	충무로~동대입구	1.29
녹번~홍제	0.32	성신여대~길음	1.10
홍제~무악재	0.09	동대문~동대문운동장	0.43
무악재~독립문	0.027	동대문운동장~충무로	0.152
독립문~경복궁	0.506	충무로~명동	0.30
경복궁~안국	0.59	회현~서울역	0.192

〈표 7〉 1992~2000년 기간동안 터널구간 정거장 집수정 양수량(단위:m<sup>3</sup>/분)

구간	양수량	구간	양수량
구과발~연신내	0.06~1.41	안국~종로3가	1.04~1.8
불광~녹번	미량	충무로~동대입구	0.18~1.08
녹번~홍제	미량	성신여대~길음	1.88~2.5
홍제~무악재	미량	동대문~동대문운동장	미량
무악재~독립문	0.62~3.06	동대문운동장~충무로	0.07~0.25
독립문~경복궁	1.9~3.41	충무로~명동	0.21~0.78
경복궁~안국	0.21~1.02	회현~서울역	0.45~1.45

※ Arch 및 측벽 배면 공동 탐사로 공동여부 확인하여 그라우팅 실시

3,4호선 터널 중 NATM 공법에 의해 굴착한 완전방수(비배수) 터널은 시공시부터 완벽한 차수가 어려운 점을 감안 하여 허용누수량을 설정하여 관리한다.

※ 외국을 기준 할 경우 단선터널 1ℓ/100m/분



〈표 8〉 외국의 지하철 비배수형 터널의 허용 누수량 (단위: ℓ/100m/분)

구분	독일	영국	미국				호주	벨기에
	stuva	ciria	워싱턴 샌프란시스코 아틀랜타	보스턴	볼티모아	버팔로	멜버른	앤티워프
지하철 단선터널	0.28	1.39	1.25	2.5	0.97	0.28	0.14	0.14

※ 누수처리 방법으로 합성수지 그라우팅은 지향하고 가급적 동판유도처리 한다.

또한 ASSM과 NATM 공법으로 시공한 부분방수(배수)터널은

중앙유공관(∅ 350mm) 맨홀과 측벽 보도구간에 설치된 배수 확인공 맨홀은 정기적으로 준설을 실시하여 터널 내 자유수면 형성을 억제시켜 터널내부 습도를 낮춘다.

도상 교체시(자갈→콘크리트) 단선병렬 터널 측벽부에 배수 확인공 맨홀을 신설한다.

지하수 유입량 제한치를 설정하여서 초과되는 경우에는 차수그라우팅을 실시 등의 방법에 의한 터널 유지관리가 필요하다.

배수형 터널은 수압이 작용하지 않는 구조 개념으로 내부 배수형은 콘크리트 라이닝 내부에 배수 시설을 설치하고 외부배수형은 콘크리트 라이닝 내부에 배수로를 설치하여 터널의 내구연한 동안 유입수를 원활히 처리 할 수 있도록 하며, 방수방식은 방수재에 전적으로 의존하지 않고 콘크리트 라이닝 자체에서도 방수 기능이 가능한 방수개념 도입이 필요하며, 방수재를 시공하고 관리하는 제도적인 장치를 강화하고 품질을 확보하는 한편 콘크리트 시공 이음부는 종방향 배력철근을 완전 절단하여 지수판을 설치하고 수밀콘크리트 라이닝과 방수재를 적용하는 설계 방안도 있다.

## 5. 결 론

지하철 1~4호선은 배수형터널 88.3%, 비배수터널 11.7%의 분포로 건설하였으며, 그중

배수형 터널은 터널주위에서 흘러 들어오는 지하수를 계속적으로 배제하여야 하나 각종 침전물의 터널내부 유입에 의한 배수관 기능저하, 배수구배 부적정 등으로 인한 누수와 수압으로 라이닝 콘크리트 균열, 박리 현상과 터널내부의 습도를 증가시키고 시설물과 차량의 부식을 촉진시키므로 도상자갈 교체시(자갈→콘크리트) 인버트에 균열이 심하게 발생한 구간에는 부력방지용 Anchor Bolt 설치보강과 중앙 배수로를 웨도면 높이까지 인상할 것을 제안하며,

부분방수(배수)터널은 중앙유공관(∅ 350mm) 맨홀과 배수 확인공 맨홀을 정기적으로 준설하고 도상 교체시(자갈→콘크리트)에 배수 확인공 맨홀을 신설하여 정기적으로 확인하는 방안을 제안한다.

또한 구조물의 불안정을 초래할 수 있는 변단면 구조물 접속부위의 배수 구배는 단차 없이 연속적인 기울기로서 원활한 배수처리토록 건설하는 방안과 지하철 하자 발생 유형 및 문제점을 설계 반영한다면 유지관리 측면에서 경제적으로 유리한 조건이 될 것을 기대한다.

## 6. 참고문헌

1. 서울지하철 1~4호선 터널 배수형식 검토 (2001.11 서울메트로)
2. 서울지하철 1~4호선 건설지 (1986)
3. 터널설계기준 (1999)
4. B.P.Kriekemans, "Polyurethane grouting for sealing leakages in tunnels", Tunnels and Metropolises, Vol 1, A.A.BALKEMA/ROTTERDAM/BROOKFIELD/1998.
5. J.R.Madinaveitia, "Control of leaks in the Bilbao Metro" , Tunnels and Metropolises, Vol 1, Vol 1, A.A.BALKEMA/ROTTERDAM/BROOKFIELD/1998.
6. 서울지하철 기술회보('97.5)