

도시철도 차량기지의 기반녹화에 적합한 방수시스템 선정을 위한 환경 조건 분석

Analysis of Field Condition for Proper Waterproofing Materials applied to Green Roof System for Depot

민 광 만*
Min, Kwang-Man

권 시 원*
Kwon, Shi-Won

최 성 민**
Choi, Sung-Min

곽 규 성***
Kwak, Kyu-Sung

오 상 근****
Oh, Sang-Keun

Abstract

Depot have a lagged behind structure in the side of building up the view. With this reason, people have been recognized depot as hatred facility causes to have car noise, air pollution. In the other hand, depot become a underground and complex facility as a higher-value added building, and moreover, it need to understand the environment that depot structure have a specific field condition to apply green roof system.

- 1) Analysis proper waterproofing material and root barrier apply to depot need root penetrating test method
- 2) Suggest root barrier and waterproofing material relate to maintain and construction for green roof system
- 3) Construction condition for depot have crack movement of structure by vehicle vibration and root penetrating force by plant growth

키 워 드 : 차량기지, 기반녹화, 구조물 거동, 뿌리 침입력,
Keywords : Depot, Green roof, Structure movement, Root penetrating force

1. 서 론

대도시 도로교통의 혼잡을 방지하기 위해 중추적인 역할을 하고 있는 것이 도심지내 지하철도라고 할 수 있다. 이러한 도심지 지하철도와 관련하여 차량기지, 부속시설물, 철로 등 다양한 형태의 시설물의 건설과 넓은 건설부지가 요구된다. 특히, 도시철도 차량기지는 경관형성에 있어서 미적으로 낙후될 수 있는 구조적 형태를 갖고 있기 때문에 주변 거주자들에게는 차량의 소음 및 공기환경 저하 등으로 인하여 과거에는 혐오시설로 까지 인식되고 있던 상황이었다. 그러나, 최근에는 부가가치가 높은 시설물로서의 집약적인 형태와 새로운 삶의 장으로 연출하고자 복합화 및 지하시설화 기술을 도입하고 있다. 특히, 도심지 내 차량기지의 입지적 장점을 살려 생태계 공간을 구축한다면 도시경관의 조성, 소음경감효과, 공기정화, 도시 열섬현상의 완화 등 긍정적인 외부효과가 발생될 수 있을 것이다.

이때, 차량기지 기반녹화가 중요한 역할을 한다는 측면에서 앞서 해결해야 할 것이 녹화환경을 구축하기 위한 구조물의 안정성 확보라 할 수 있다. 특히, 식물 및 조경관련 시설물이 구조물 상부에 구축되므로 녹화공간에 대한 올바른 이해와 선례의 파악, 철도구조물의 인공녹화조건 및 시공여건에 따른 합리

적인 기술적 대응책을 모색하여야 한다.

이러한 측면에서 국내의 열악한 차량기지의 환경 개선의 목적으로 도입 가능한 기반녹화는 구조물의 장기적인 내구성 및 안정성 확보가 실현될 수 있는 기술이어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 도시철도 차량기지의 기반녹화에 적합한 방수재료 및 공법을 선정하기 위해서 차량기지의 환경적 조건을 분석하고자 한다.

2. 기존 철도구조물의 기반녹화 적용사례

2.1 스위스 쥐리히 전철역 플랫폼 상부

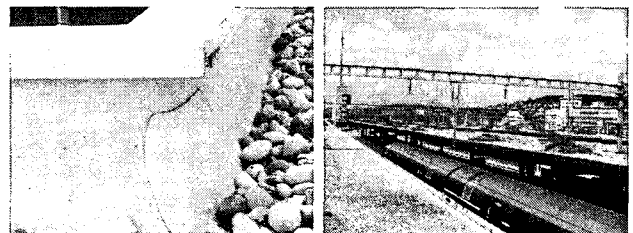


사진 1. 쥐리히 플랫폼 녹화 (좌:PVC 방수/방근, 우:플랫폼 상부)

스위스 법은 대안없이 생물서식공간을 파괴하는 것을 금지하고 있다. 하나의 대안으로서 쥐리히 전철역 플랫폼에 지반과 상호연계 될 수 있도록 지붕에도 동일한 토양과 암석표면 등을

* 정회원, 서울산업대학교 산업대학원, 석사과정

** 정회원, B&K방수기술연구소, 기술이사

*** 정회원, B&K방수기술연구소 소장, 공학박사

**** 정회원, 서울산업대학교 공과대학 건축학부 교수, 공학박사

그대로 연출시켜 필수적인 동식물군의 체계를 구축하기 위하여 생물서식공간을 조성하였다. 특히, 스위스를 포함한 유럽 전지역에서는 방수·방근기술 채택에 있어 PVC시트공법이 80% 이상을 차지하고 있는 것이 특징이다.

2.2 프랑스 몽파르나스(Paris-Montparnasse) 역세권

몽파르나스역은 1981년 TGV 대서양선의 건설계획에 따른 2단계의 재개발계획을 추진하여 여객수송능력을 배가시킨 제1역과 55,000㎡에 달하는 콘크리트 슬래브를 형태로 신축한 제2역을 포함, 24개의 선로와 13개 플랫폼으로 구성되고, 총 70,000㎡의 업무용 건물과 30,000㎡의 옥상공원시설을 설치하였다. 특히 양 측면에 고층아파트와 그 사이의 인공 테크를 조성하여 대규모 옥상공원을 유도하였다.

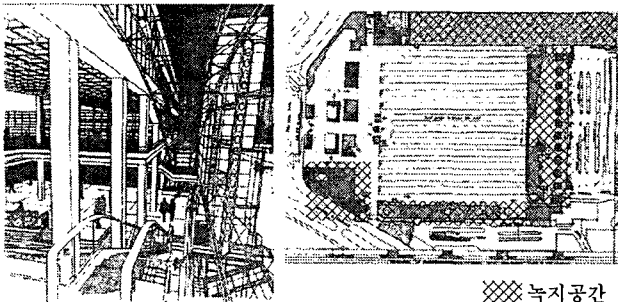


그림 1. 몽파르나스 역사 녹화(좌:역사내부전경, 우:녹지 비율)

2.3 기타 주요국가의 철도구조물 녹화



사진 2. 독일의 철도노선 녹화(좌:프라이브르크, 우:슈투트가르트)



사진 3. 일본의 고가도로 아래 녹화조성(좌:우:나고야시)

독일은 건축물을 축조할 때 자연면적이 파괴되는 건축면적만큼 그대로 옥상이나 그밖의 방법으로 복원시키는 개념의 녹화를 하는 환경공생형 공간을 계획하도록 되어있다. 일본에서는 도시내에 도로나 철도를 건설할 때 반드시 고가도로화 및 지하도로화 하도록 하고 있다. 고가도로의 아래나 지하화된노

선의 윗면 등을 그대로 방치한다면 콘크리트면이 장대하게 노출되는 것을 감안하여 녹지공간에 대한 특수녹화를 계획하도록 하고 있다.

3. 국내 도시철도 차량기지의 개발사례

차량기지는 전동차의 안전 확보를 위해 일상검사, 월상검사, 중간검사 등의 정기적인 검수 및 정비를 하는 장소로서 서울시의 경우, 현재 총 11개의 차량기지가 있다.[표 1]

표 1. 도시철도 차량기지 현황(서울)

구분	소재지	대지면적 (㎡)	건축면적 (㎡)	
서울 메트로	군자기지(1,2호선)	성동구 용답동	181,564	61,172
	신정기지(2호선)	양천구 신정7동	223,435	77,458
	지축기지(3호선)	고양시 덕양구	310,750	106,570
	수서기지(3호선)	강남구 자곡동	207,904	33,435
	창동기지(4호선)	노원구 제10동	179,578	33,398
도시철도 공사	방화기지(5호선)	강서구 개화동	159,450	18,592
	고덕기지(5호선)	강동구 하일동	262,926	42,096
	심내기지(6호선)	중랑구 신내동	190,140	24,794
	도봉기지(7호선)	의정부시 장암동	258,000	43,788
공사	천왕기지(7호선)	구로구 천왕동	212,518	18,981
	도란기지(8호선)	성남시 중원구	157,644	14,227

3.1 신정차량기지

신정차량기지의 경우, 대지 7만평 중 3만평을 인공대지로 조성하여 아파트 3천 세대와 초등학교를 건설한 바 있다. '89년 6월 서울시가 개최한 「시민과의 대화」에서, 지하철 신정기지 창 하층은 차량기지로, 상층은 지하철 직원 아파트로 건립하는 것을 검토하기로 하였다. 서울시 지하철건설본부는 '90년 7월 인공대지조성계획을 수립하고, 같은 해 10월 아파트건축계획을 수립하였다. 그 후 '93년 9월 서울시 지하철공사와 서울시 도시개발공사간에 인공대지 지상권 계약이 체결되고, '94년 12월 서울시 도시개발공사와 강서교육청간의 인공대지사용계약이 체결됨으로써 사업이 시행되었다.

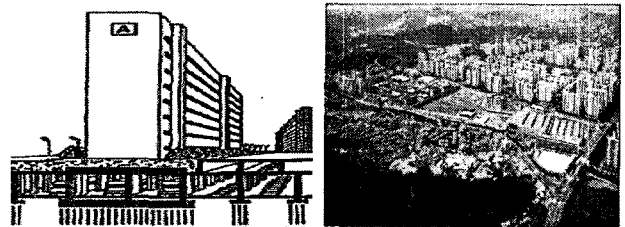


사진 4. 신정차량기지(좌:차량기지 개발 단면도, 우:차량기지 전경)

3.2 창동차량기지

창동차량기지는 그림 2에서 보는 바와 같이 고밀도 아파트 단지가 인접해 있는데, 이 경우 차량기지를 복개하여 상업 및 쇼핑센터, 또는 환승주차장 시설 등으로 정비하고 여기에 도시철도 역사를 설치할 경우 도시철도의 수요 증대를 도모하고 도

시정비를 통한 주변지가의 제고효과로 인하여 혐오시설이던 차량기지에 대한 주민들의 인식도 긍정적으로 바뀌게 될 수 있을 것이다.

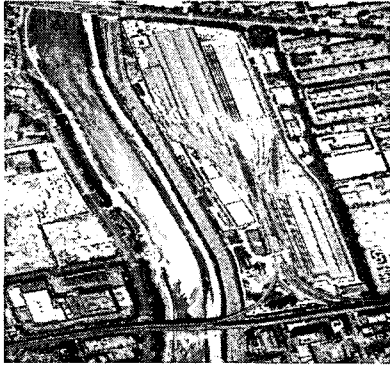


그림 2. 창동차량기지

3.3 부산 초색차량기지

'96년 부산시의 신교통수단 도입 검토시, 용도지역변경을 통한 차량기지 복합개발사업으로, 스포츠·문화·상업·업무 등의 복합기능을 갖춘 근린생활중심지 조성이 검토된 바 있었다.

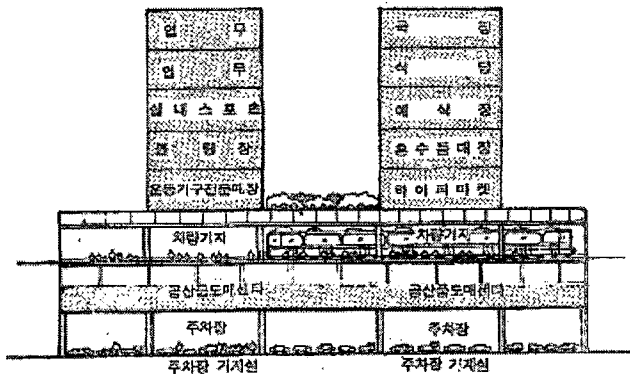


그림 3. 초색차량기지 개발계획

상기에서 살펴 본 바와 같이 기존의 차량기지들을 입체시설화·복합시설화 함으로써 발생하는 인공대지사용과 관련하여 도시철도 활용개발계획에 따른 다양한 기술이 요구되어진다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 도시철도 차량기지의 이용측면에서 점진적인 개선책이 될 수 있는 기반녹화에 있어 요구되어지는 차량기지의 환경조건분석과 그에 따른 재료적 요구성능을 파악하고자 하였다.

4. 도시철도 차량기지 기반녹화에 적용가능한 방수재료

4.1 차량기지의 환경조건분석

4.1.1 차량 진동 및 구조체 거동의 영향

철도에 의해 콘크리트 구조물에 전달되는 차량진동의 주요 원인은 다음과 같으며, 그 원인에 따라 구조체의 균열 및 이어

치부 및 콜드조인트부 등이 누수에 대한 취약부가 될 수 있다.

- ① 규칙적인 축배치에 의한 하중의 작용으로서 열차의 차륜이 지상의 특정점을 통과할 때 주기적인 재하현상에 의해 생기는 것으로 열차의 속도 및 차축 간격과 밀접한 관계가 있다.
- ② 차륜의 Tire Flat, 레일의 틀림, 이음부의 마모, 용접부의 재질변화 등에 의한 국부적 원인과 성토와 고가교의 잠합부분, 구조물의 연결부 또는 열차의 각 차량별 충랑차이 등으로 인해 발생한다.



사진 5. 균열거동 미대응

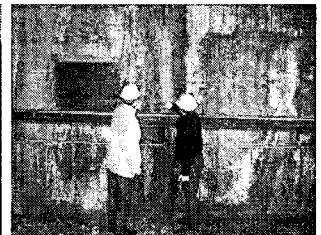


사진 6. 이어치기부 누수

4.1.2 식물뿌리에 견디는 기술 도입

방수방근층은 옥상녹화 시스템의 내구성에 가장 중요한 영향을 미친다. 항상 습기가 있고, 시비나 방제 등의 식재관리가 이루어지므로 미생물이나 화학물질에 영향을 받은 방수층은 식물뿌리의 침입으로부터 쉽게 영향을 받을 수 있다. 사진 7과 같이 식물의 뿌리는 견고한 콘크리트를 뚫는 정도로 강한 성장력을 갖는 생명체이므로 뿌리에 대한 종합적인 분석이 된 재료가 되어야 할 것이다.

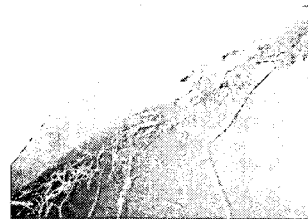


사진 7. 콘크리트 뚫은 뿌리



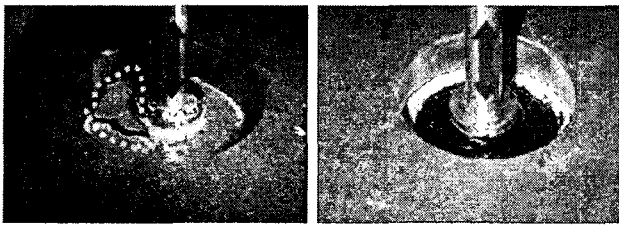
그림 4. 방수층 뚫은 뿌리

4.2 차량기지 환경조건분석에 따른 재료적 요구성능

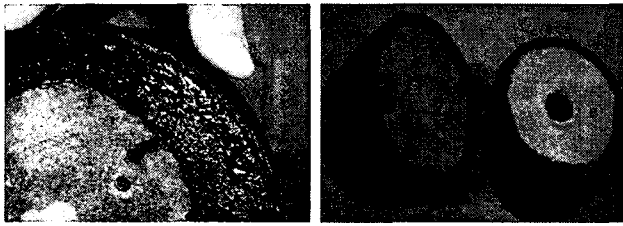
4.2.1 차량 진동 및 구조체 거동 대응

콘크리트 구조체의 진동 및 거동을 흡수하여 장기적인 대응이 가능한 것으로서, 탄성력, 인장강도, 접착성능을 동시에 갖춘 고내구성의 재료가 적당할 것으로 판단된다.

- ① 거동에 쉽게 파단되지 않도록 탄성이어야 한다.[사진 8]
- ② 접착성능이 저하되면 바탕체로부터 들뜨고, 방수층 표면이 열화된 부위로부터 누수가 시작되므로 진동환경에서도 지속적으로 바탕면에 점·점착되어 있어야 한다.[사진 9]



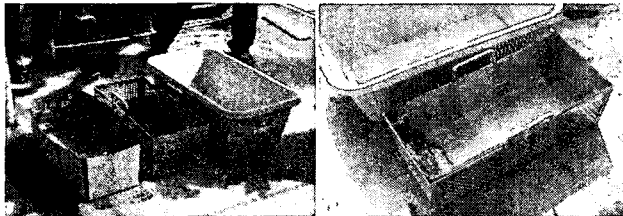
a) 경질재의 균열 및 누수 b) 연질재의 탄력적 대응
사진 8. 구조체 거동 대응성 시험



a) 방수층 내부 누수확인 b) 누수 미확인된 방수층
사진 9. 구조물 거동 대응성의 방수층별 시험결과

4.2.2 방근성능을 갖는 재료 및 공법

방근성 실험을 위하여 시험체(시험장치+방수층), 수목, 토양층을 구분하여 2004년 7월부터 2006년 7월에 걸쳐 2년간 일본에서 실시하였다. 실험기간 내 식물성장 조건을 균일하게 하기 위해, 온도 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 습도 60%이상의 온실조건에서 일정하게 관리하여 2회에 걸쳐 뿌리 침입 여부를 확인한 결과, 다음 사진 11~16과 같이 나타났으며, FRP 시험체에서 뿌리 침입 흔적이 없는 것으로 나타났다.



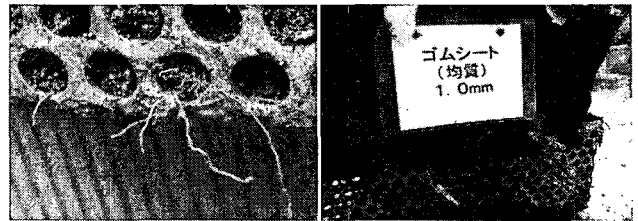
(a) 실험체의 준비 (b) 펀칭메탈 박스내 방수층 시공



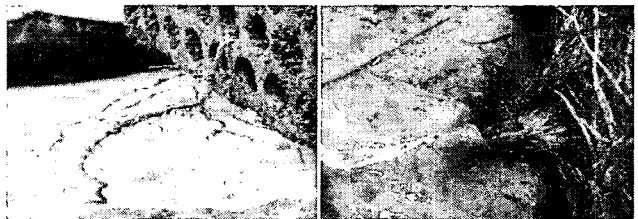
(d) 식재 및 관리 (d) 결과확인
사진 10. 내근성능 실험체(장치+방수층) 제작 및 식재현황



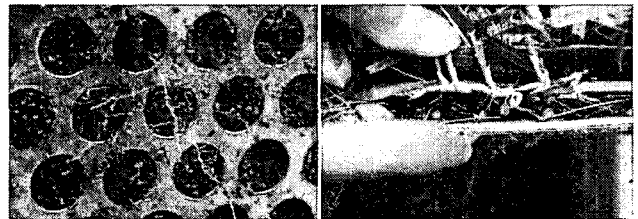
a) 2004.10_뿌리 침입(PU-5) b) 2006.7_뿌리침입후 성장(PU-1)
사진 11. 폴리우레탄의 방근성 시험결과



a) 2004.10_뿌리침입 (1.5mm유리섬유유) b) 2006.7_뿌리 침입후 성장(1.0mm)
사진 12. 고무시트의 방근성 시험결과



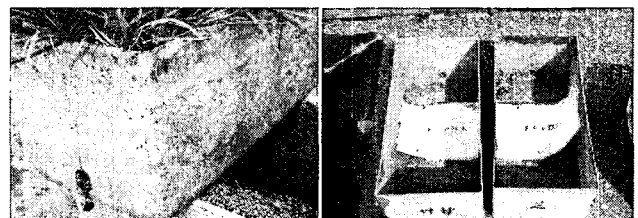
a) 2004.10_뿌리침입(0.1mm) b) 2006.7_뿌리침입 후 성장(0.1mm)
사진 13. 염화비닐시트의 방근성 시험결과



a) 2004.10_뿌리침입 b) 2006.7_뿌리침입후 성장
사진 14. 개량아스팔트시트의 방근성 시험결과



(b) 2004.10_뿌리침입 (c) 2006.7_전면뿌리침입
사진 15. 용융아스팔트 도막의 방근성 시험결과



(b) 2004.10_건전상태 (d) 2006.7_건전상태
사진 16. FRP 도막의 방근성 시험결과

4.2.3 적정 재료의 선정

철도구조물에 인공녹화를 적용할 경우, 가장 큰 영향을 주는 환경조건을 상기와 같이 1), 2)로 분류하였다. 이때, 1)+2)를 동시에 만족하는 방수재는 현실적으로 불가능할 수 있다. 그러나, 적용현장의 제대로 된 환경조건파악이 선행됨과 동시에 재

료 및 공법의 종합적인 설계가 필요할 것으로 판단된다.

따라서, 기반녹화를 적용할 경우, 구조물의 장기적 안전성과 내구성을 확보하기 위해서는 방수 및 방근공법의 선택이 중요하며, 차량의 진동에 의한 구조체의 거동환경과 식물의 뿌리 침입 조건을 고려한 설계된 것이어야 한다.

5. 결 론

- 1) 본 연구는 도시철도 차량기지의 기반녹화 적용에 따른 적정 방수 및 방근공법의 제안에 대한 검토를 국내외 사례 및 실험결과를 통하여 재료의 설계방안을 제시하였으며, 옥상녹화 시공 및 관리에 부합될 수 있는 방수층의 내근성 확보와 내근층의 안정성 확립이 필요함을 제안하였다.
- 2) 철도구조물의 환경조건 즉, 차량 진동에 의한 구조체 거동과 인공녹화에 따른 식물뿌리의 침입이 가장 중요하게 고려되어야 할 사항으로 나타났다.
- 3) 향후, 연구에서는 기반녹화에 적용 가능한 방수·방근재에 대한 세부적인 실험을 실시하여 적정 재료의 범위를 제안하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 오상근, 권시원 외, 옥상녹화에 적용되는 방수층의 내근성능평가 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 2005.8
2. 오상근, 콘크리트 구조물의 방수 및 누수보수기술의 새로운 접근, 구조물진단학회회지, 제3권 제2호, 1994
3. 신·녹지공간디자인 특수공간녹화계획, 기문당, 2003.10
4. ことよしやっき,日本の屋上緑化技術-防水及び耐根保護に関する技術, たじまル-フィン,한일옥상녹화국제세미나,한국인공지반녹화협회 2004.8
5. 第2回 防水シンポジウム資料集, 日本建築學會 2003.8
6. Theodore Osmundson, Roof Gardens, 基文堂, 2000,6