

옥상녹화를 위한 방수재료 및 공법개발의 필요성에 관한 분석

The Necessity Analysis of Development Waterproofing Materials and Methods of Construction Technologies for Green Roof

○ 권 시 원* 오 미 현** 강 호 진*** 오 상 근****
 Kwon, Shi-Won Oh, Mi-Hyun Kang, Hyo-Jin Oh, Sang-Keun

Abstract

The need for this study must be considerable, as being activate of green roofs research that the organization and construction obtain access to more development technologies. Nevertheless, the green roofs system has begun to apply since 1980's, the green roofs technology was restricted to develop without verification of technologies such as a load or water leakage. There is a limit as urethane waterproofing to almost domestic waterproofing materials and methods of construction for general green roofs.

The introduction of materials and methods of construction which are appropriated to property of green roofs could be a decisive factor in a long-range durability and economical maintenance cost, moreover, it support to variety construction system and organization.

This present paper describes a necessity of waterproofing and root barrier system is one of the sub-organization based on green roofs construction. which have enormously large impact on the durability.

키 워 드 : 옥상녹화, 하부시스템, 방수층, 방근층,

Keywords : Green Roofs System, Sub-organization, Waterproofing layer, Root barrier layer

1. 서 론

1.1 연구의 필요성 및 목적

옥상녹화는 지난 50여년간 소규모의 개인적 공간부터 대규모의 공적 공간에 이르기까지 도시에 버려져 있는 옥상공간을 활용함으로써 도시의 생태적 관점에서의 문제해결과 에너지 절약을 동시에 충족시킬 수 있는 대안으로 친환경적 생활공간의 가치를 격상시켜 왔다. 최근 옥상녹화 연구가 더욱 활성화됨에 따라, 그에 대응하는 옥상녹화시스템(이하 녹화시스템이라 함)구조 및 시공성 측면에서 보다발전된 기술로 접근하기 위한 연구가 절실히 요구되고 있다.

지금까지 녹화시스템은 지속가능하고 건강한 옥상녹화의 요구사항을 체계적으로 뒷받침할 만한 기술적 검증과정(하중·누수)의 부재(不在)로 큰 성과를 거두지 못하였다. 이로 인해 국내 건축물의 옥상녹화를 위한 방수재료·공법의 범위는 매우 한정되어 있다. 해외사례를 비추어 보면 옥상녹화의 특성에 맞는 재료 및 공법의 도입은 다양한 옥상녹화시스템의 지원을 확대시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 이는 건물의 장기적인 내구성 확보와 유지관리를 통해 경제적인 가치를 극대화하는데 있어서 중요한 조건이 될 것이다.

본 연구에서는 옥상녹화 조성에 있어서 기반이 되는 녹화시스템 중, 방수방근층에 대한 기술¹⁾개발의 필요성을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 내용

본 연구에서는 다양한 옥상녹화²⁾를 위하여 기존에 적용된 방수·방근 기술이 해결할 수 없었던 현상이나, 여러가지 옥상녹화유형을 위하여 합리적인 시공선택을 위한 방수기술개발의 필요성을 다음과 같은 순서에 의해 입증한다.

- 1) 옥상녹화개발과 방수기술개발의 연관성
- 2) 국내·외 옥상녹화 방수기술의 사례
- 3) 옥상녹화를 위한 방수기술의 요구성능

2. 옥상녹화개발과 방수기술개발의 연관성

2.1 옥상녹화의 개발

미관상 옥상녹화는 건축환경을 개선하는데 있어 도움이 되며, 외관향상 그 이상의 역할을 기대할 수 있는 생태계의 복

* 정희원, B&K방수기술연구소, 연구원
 ** 정희원, 서울산업대학교 건설기술연구소, 연구원
 *** 정희원, 서울산업대학교 주택대학원, 석사과정
 **** 정희원, 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수, 공학박사

1) 본 연구에서 기술은 재료와 공법을 통칭한다.
 2) 옥상녹화는 건축물 옥상에 녹화를 하는 것뿐만 아니라 지하주차장의 상부공간, 교량의 상판, 공동주택의 테크 등 생물이 서식할 수 없는 인공지반을 녹화하는 개념을 통칭한다.

원 및 환경보존의 중요한 매개체가 된다. 이러한 관점에서 5년 전부터 국내에서는 옥상공간을 녹지·공원화하여 도심의 환경을 복원하는데 일조하고 있으며, 2002년부터는 「서울특별시 녹지보전 및 녹화추진에 관한 조례 제3954호」를 제정함으로써 옥상녹화 장려책을 확대하는 한편, 전국적 가시화를 적극 추진하고 있다.

2.2 방수기술개발의 중요성

옥상녹화의 개발 및 활성화에 따라 녹화시스템의 기술지원 문제가 최대관심사로 대두되고 있으며 방수기술의 개발도 그 중요성이 부각되고 있다. 옥상녹화 시스템은 식재, 토양, 배수, 방수방근, 단열 등의 구성요소로 세분화 된다. 그에 따른 방수방근층은 옥상녹화시스템의 구성비중에 있어 20%정도에 불과하다. 그러나 장기적인 내구성확보와 경제적인 유지관리 비용을 고려했을 때 건물에 미치는 영향은 80%이상의 비중을 차지하게 된다. 이는 방수방근층이 식재층과 건물을 연계하는 구성요소로서 문제 발생시 내구성과 직결되며, 특히 건축물과 가장 근접하게 위치하여 일체화되어야 하는 방수방근층에 대한 기술개발은 옥상녹화개발을 위한 가장 중요한 기반시스템이라 사료된다.

2.3 차별적 요구성능

1) 유지관리 측면

녹화가 조성된 옥상의 방수기술은 일반 옥상과 마찬가지로 외부로부터 침입된 물을 막는 능력이 주된 요구사항이지만, 옥상녹화용 기구와 수리기구 및 식물뿌리의 침투로부터 기계적인 손상을 받지않는 능력은 일반 옥상방수와는 차별화 된 필수 요구사항이다. 물이 항상 체류하는 녹화공간과 식재층의 수목의 뿌리는 구조체 내구성에 가장 큰 영향을 미치는 요인이 되며, 방수층은 구조체와 가장 가까운 곳에 위치한 하부요소로서 구조체의 직접적인 손상요인을 해결할 수 있어야 한다. 이에 따라 건축물 거동에 의한 방수층의 손상뿐만 아니라 뿌리의 침입방지 및 체류수에 의한 화학적 열화가 없는 재료를 선정하는 것이 매우 중요한 선결과제이다.

2) 기술적 측면

옥상녹화는 궁극적으로 내구성뿐 만 아니라 보수 없이도 영구히 지속가능한 녹화시스템을 갖추어야 하며, 건축물의 수명이 다함에 따라 함께 교체될 수 있어야 한다. 이를 뒷받침하기 위한 방수기술의 선택은 여러 종류의 제품과 공법의 특징을 이해함으로써 보다 질 높은 녹화시스템 조건을 갖추어야 할 것이다.

방수층 시공시 유의해야할 점으로서 뿌리는 매우 작은 틈새에도 파고들려고 하는 강한 성장력을 갖고 있으므로 바탕체와 완벽하게 접촉시키는 것이 매우 중요하다. 방수층 파손 후에는 물이 새는 정확한 위치를 찾기가 난이한 점을 고려하여 누수보수가 용이한 공법의 선택이 옥상녹화 방수기술에 있어 중심과제가 될 것이다.

2.4 주요 하부시스템³⁾의 구성

그림 1, 2에 나타난 것과 같이 신축의 경우는 기존 옥상녹화와는 달리 단열층과 구배를 포함한 모든 하부시스템을 연계하여 건축물에 요구되는 방수소재 및 공법의 설계가 용이하나, 기존 건축물에서는 기 시공된 방수층의 진단을 통해 구배가 충분치 못한 경우 이를 조정하여 누수문제를 최소화하도록 하며, 식재의 유형과 토심과의 상관관계를 고려하여 새로운 방수방근층을 형성시켜야 한다.

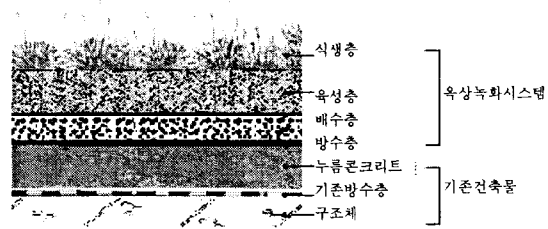


그림 1. 기존 건축물 옥상녹화 하부시스템 구성

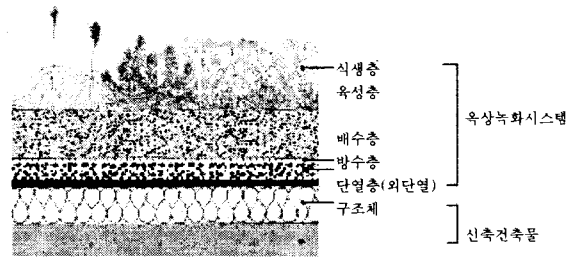


그림 2. 신축건축물 옥상녹화 하부시스템 구성

3. 옥상녹화의 조성사례

국외에서는 모델지구의 사업, 녹화기준의 완화, 공사비 지원 및 저금리 융자 등 녹지확보에 관한 다양한 제도를 시행하여 이미 활성화되고 있으며, 녹화시스템 구축을 지원하는 기반시설에 대한 기술도 많이 활용되고 있다.

3.1 국외 옥상녹화에 사용되는 방수기술

국외에는 발코니, 배수망, 터널 상부공간 등 녹화 공간의 특수성 및 면적의 증가로 인해 다양한 옥상녹화가 구축되고 있어 그에 따른 여러가지 녹화시스템이 개발되었다. 그 중 방수방근소재가 많이 개발되어있으며, 방수공법에 대한 연구는 현재에도 계속 진행 중에 있다. 사진 1과 2는 국외의 대표적인 옥상녹화 전경이며, 표 1과 표 2는 방수기술에 대한 사례를 나타낸 것이다.

3) 식재·토양층을 제외한 배수층 이하를 하부시스템이라 통상적으로 일컫는다.

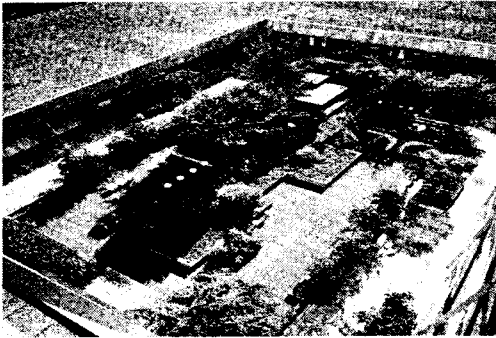


사진 1. 옥상녹화 전경, 독일

표 1. 독일 방수기술의 사례

구분	방수방수층의 소재		
단면도	식재		
	토양층		
공법의 구성	1차 방수층 (t=4mm)	기능	습기차단막 및 시공 중 일시적인 방수제 역할
		구성	탄성력 있는 알루미늄 필름바탕+ 개량아스팔트
	2차 방수층 (t=5mm)	기능	방근역할 및 물의 침수방지 등 2중방수방근
		구성	탄력성 있는 폴리에스터+ 얇은구리판+개량아스팔트

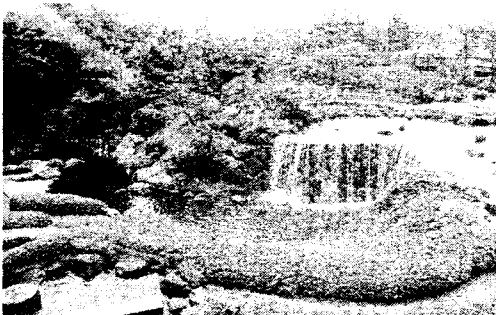


사진 2. 옥상녹화 전경, 일본

표 2. 일본의 방수기술의 사례

구분	방근 및 방수소재	
방근 소재	방근루핑	식물의 뿌리를 물리적으로 막음
	방근필름	0.3mm이상의 폴리에틸렌필름로서 뿌리를 필름 표면에서 근절함
	특수방근 시트	화학섬유를 밀실하게 조직하여 미세한 뿌리도 통과하지 못함
	베리어 시트	화학물질이 뿌리의 성장을 억제
방수 소재	방수용 필름	
	방수·보수·통기성이 우수 복합기능시스템	
	특수 폴리우레탄방수	

3.2 국내 옥상녹화의 사례

국내에서는 「녹지보전 및 녹화촉진에 관한 조례」를 제정 추진하고 있으며, 옥상녹화에 관한 인센티브 및 녹화지구 사업 등을 계획하고 있다. 한편, 구조안전진단과 방수, 녹화시스템 등의 경비지원을 통하여 기술지원을 확대 시행하고 있다. 이에 따른 신소재 및 공법이 국내에서도 개발되고 있으나, 주로 토양이나 배수와 관련된 것이 대부분이며 방수방근층에 관한 기술개발은 극히 미비한 실정이다. 사진 3과 사진 4는 현재 서울의 기존 건축물에 구축된 대표적인 옥상녹화이며, 표 3은 국내 옥상녹화에 적용된 방수방근 공법의 사례를 나타낸 것이다.



사진 3. 건축물 옥상녹화사례 1



사진 4. 건축물 옥상녹화사례 2

표 3. 국내기술의 사례

건물	적용공법	구 성 사 항
○○ 유치원	우레탄 도막방수	연질형 재질의 특성상 방근층 시공이 필수적 요구사항
○○ 빌딩	우레탄 도막방수	
○○ 사옥	점착팽창성 셀개 주입공법	구조체 거동 및 상부하중에 안정성을 갖는 공법, 누수대비 보수방안 요망
○○ 학교	시트+도막복합방수	누수에 대한 안정성이 뛰어난, 누수보수방안 요망

4. 옥상녹화를 위한 방수재료·공법의 요구성능

4.1 기후변화에 따른 방수기술

옥상녹화 선진국이라 불리는 유럽과는 달리 국내의 기후는 4계절이 뚜렷하고, 이상기온 현상을 감안한 최고 40℃에서 최저 -32.6℃⁴⁾를 기준으로 충분히 견딜 수 있는 성능을 갖춘 재료의 선택이 중요하다.

옥상공간은 기후의 영향을 가장 크게 받는 공간으로서 방수층은 다음 표 4와 같은 요소에 따라 다양한 범위에서 영향을 받게 된다.

표 4. 기후인자와 방수기술의 요구성능

요 소	미치는 영향
여름철 햇빛	장시간 강한 햇빛에 노출된 식재층과 토양층은 쉽게 건조되고, 일정량 이상이 되면 건물로 열을 전달하게 된다. 방수층은 상황적 대안을 감안하여 고온에 견디어 재료의 균열 및 들뜸현상이 없어야 한다.
강한 바람	여름철 태풍과 같은 강풍에 식재층은 미동을 하게 되거나 혹은 뿌리째 뽑히게 되어 시스템의 탈락현상까지 보일 수 있으므로, 이러한 경우 방수층은 구조체에 완전 밀착되는 성능을 유지하여 건물에 영향이 없도록 해야한다.
겨울철 추위	겨울철에는 건물 내·외부에서 생기는 온도차로 인하여 결로 발생이 쉬우며, 토양층이 얼고 녹는 온도의 순환에 잘 견딜 수 있는 성능을 갖추어야 한다.

4.2 녹화시스템에 방수기술

방수·방근층은 옥상녹화와 건물의 내구성에 가장 중요한 구성요소이다. 항상 습기가 있고, 화학비료나 방제 등의 식재 관리가 이루어지므로 미생물이나 화학물질에 영향을 받지 않은 옥상녹화 특유의 안전한 방수층과 식재플랜의 특성을 고

4) 최고기온 40.0℃ (1942. 8. 1, 대구), 최저기온 -32.6℃ (1981. 1. 5, 양평) : 기상청 기후자료 발췌
5) 녹화시스템의 특성상 토심 10cm내외의 경량형 토양을 범주로 한다.

려하여 식물뿌리로부터 방수층 및 건물을 보호하는 방근층의 소재 및 공법이 요구된다.

사진 5와 같이 식물의 뿌리는 방수·방근층을 파고들어 건물에 치명적인 손상을 입혀 누수의 주된 원인이 되므로 내구성 확보를 위한 소재개발이 절실히 요구되며, 토양층에 대한 내알칼리성·내박테리아성 또한 옥상녹화 특성상 필수적으로 갖추어야 할 요구성능 중 하나이다.



사진 5. 뿌리가 파고든 난간부

한편, 이용자의 다양한 요구는 조각품·조명·그늘막 등의 시설물의 설치, 수공간의 다양화, 미적이며 편리한 포장 및 보도의 바닥 등의 매력적인 공간설계로 이어지며 더 나아가 이를 뒷받침할 수 있는 시공기술이 요구됨과 동시에 방수층에 대한 기술 개발도 광범위한 설계를 위해 필수적으로 요구되는 분야라 할 수 있다. 부분적으로 노출될 수 있는 방수층의 경우에는 고무칩, 성형품, PC블록, 기타 설치물로 방수층을 보호하여 마모 및 균열발생 정도가 적은 것, 난간의 코너부에 토양층이나 식물, 물고임 등에 취약하여 쉽게 균열·파괴되는 부분이므로 그림 3과 같이 취약부에 2중 방수층 시공을 하거나, 플라스틱계 시트·필름 또는 성형판 등 보강재를 덧붙여 방수성을 더욱 확보해야 한다.

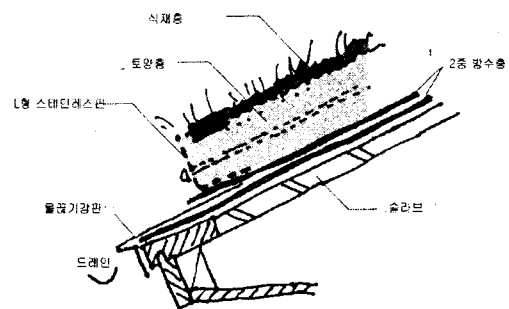


그림 3. 경사지붕 끝단부의 방수처리

4.3 적용가능한 방수공법

표 5은 옥상방수에 적용되는 공법을 계열별로 분류하여 녹화시스템을 위한 선택적 사항에 적합성 유무를 나타낸 것이며, 표 6은 재료적 요구성능을 갖춘 것으로 현장조건에 따라

합리적으로 방수공법 선택이 이루어질 수 있도록 시공성 측면에서 고려된 공법이다.

표 5. 계열에 따른 방수공법의 특성

계열	특성	고려사항
아스팔트계 시트방수	방근성이 적음	장기간 침수시 아스팔트의 유화현상
도막방수재	방근성이 보통	장기간 침수시 분해현상 발생(수경성, 무기질탄성계)
합성고분자계 시트방수	수밀성 및 방근성이 좋음	조인트처리의 개선 (일자형, I형, 복합형)
시멘트계 방수재	내균열성이 없어 사용불가	

표 6. 국내 적용가능한 방수공법

계열	종류	성능평가
아스팔트 방수	개량아스팔트 시트방수공법	· 시공공정 간단 · 비노출형에 적합
도막방수 공법	논타르 우레탄 도막 방수공법	· 누수하자 발생시 부분보수성 용이 · 비노출형에 적합 · 방근층 필요
	FRP/우레탄 방수공법	· 노출방수공법 적용 · 라이닝공법으로 복잡한 시공가능 · FRP층이 방근층 역할
시트방수 공법	염화비닐계 시트방수공법	· 노출방수공법 적용 · 접합부 시공 용이 · 방수층이 방근층 역할
복합방수 공법	시트·도막 복합방수공법	· 조인트부 시공용이 · 바탕면 균열 추종성 우수 · 방수층의 경량화

5. 결 론

본 연구는 국내 옥상녹화시스템의 기술을 위한 주요 하부 시스템 중, 방수·방근 기술 개발의 필요성에 대해 검토하였으며, 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- 1) 현재 국내의 옥상녹화시스템에 적용되고 있는 방수·방근 재료 및 공법이 다양한 현장과 녹화유형에 적절하게 적용될 수 있도록 기술개발이 요구된다.
- 2) 보다 발전적인 방수·방근 재료와 공법을 개발함으로써 현재 보급과정에 있는 국내 옥상녹화시스템의 활성화에 기여하고, 건축물의 내구성 확보와 효율적 유지관리를 위한 점진적 방수·방근 재료의 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김현수 외, 옥상녹화시스템의 설계와 시공, 대한건축학회 논문집, 1998, p 63-68
2. 양병이 외, 인공지반 아카데미 교재, 인공지반녹화협회, 2002,10
3. 최일홍, 일본의 옥상녹화 제도 및 시공사례, 인공지반녹화협회, 2000,10
4. Ferrante, The Influence of water, green and selected pasive thechnigues on the rehabilitation of historical indusrial buildings in urban areas. Solar Energy, Greece Vol. 70, No 3. pp. 245-253, 2001
5. 방수공사핸드북, 대한전문건설협회·미장방수공사협회, 1997,12
6. Theodore Osmundson, Roof Gardens, 기문당, 2000,6
7. 日経アーキテクチャ, 実例に学ぶ 屋上緑化 `2003