

국내의 옥상녹화 기술현황분석을 통한 국내 방수·방근기술의 개선방향연구

Direction to Develop Domestic Technology for Waterproofing and Root Penetration Resistance in Comparative Study of Overseas Technology on Green Roof System

권시원*

Kwon, Shi Won

배기선**

Bae, Kee Sun

오상근***

Oh, Sang Keun

Abstract

The green roof industry have been developed with Europe, North America, Japan. At the same time, being recognized the important of green roofs in domestic industry and we just start to develop the relative technology as analyzing the future direction of advanced technology. Recently, local self-government including Seoul support the system for green roof which provide 50% of working expenses form of Matching Fund by Seed Money.

As years go by, the number of build up the green roof has gradually increased to be proved. At this result caused by management of system in government, unstructured construction system, low development of support technology.

In this study as analyzing the present of technical development, supporting by law and system for the advanced waterproofing and root penetration resistance technology, we suggest the development direction of it to be compared with application advanced technology and we could strengthen the international competitiveness to be industrialized the green roof considering system, technology, human infrastructure.

키워드 : 옥상녹화 방수·방근기술, 법·제도적 지원, 시공시스템, 기술지원

Keywords : Waterproofing and Root Penetration Resistance for Green Roof, Supporting by law and System, Construction System, Supporting Technology

1. 서론

지금까지 옥상녹화 산업은 유럽, 북미, 일본을 중심으로 많은 발전을 거듭해왔다. 이러한 기술동향에 따라 국내에서도 옥상녹화의 중요성을 인식하고 선진기술을 검토하여 관련기술의 개발을 시작하였다. 최근에, 국내에서는 서울시를 비롯한 각 지방자치단체에서 옥상녹화 및 인공지반의 녹화를 추진하기 위해 기초자금(Seed Money)에 의한 매칭펀드(Matching Fund) 형태로 사업비의 50% 지급하는 제도적 지원을 실시하고 있다.

그 결과 해를 거듭할수록 옥상녹화의 실효성이 입증됨으로써 옥상녹화 시공사례는 점차 증가하고 있다. 그러나 대부분이 재료 및 공법, 유지관리 측면에서의 옥상녹화는 성능이 인공되지 않은 시스템으로 구축되어 누수 안전성 및 구조적 안전성에 대한 의문이 제기되고 있는 실정이다. 이러한 결과는 정부의 법·제도적 관리 미비, 체계적이지 못한 시공시스템, 지원기술

의 개발 저조 등에서 기인하는 것으로 분석되어진다. 이에 본 연구에서는 국외 방수·방근기술을 위한 법·제도적 지원, 기술개발 현황, 인적 인프라 네트워크 구축 등을 분석해보고, 지난 5~6년간의 국내 옥상녹화 방수·방근기술의 적용사례를 비교해 봄으로써 향후 국내의 옥상녹화를 위한 제도적·기술적 개발의 방향에 대해 제안하고자 한다.

2. 국내 옥상녹화 방수·방근기술의 현황

2.1 방수·방근기술의 시공사례 분석

2002년부터 서울시에서 매년 시행하였던 옥상녹화 시범사업을 중심으로 방수 및 방근 시공사례를 검토한 결과, 그림 1과 같이 지속적으로 방수공법의 개선이 이루어졌다. 그러나 2006년 한 해동안 우레탄 도막방수공법이 증가하는 경향이 나타났다. 이러한 상이한 추세는 방수기술의 충분한 이해가 없는 시공사의 일괄적 시공시스템 결정, 기술선정에 관한 정부의 체계

* 서울산업대학교 산업대학원, 석사과정
** 대한주택공사 주택도시연구원, 수석연구원, 공학박사
*** 서울산업대학교 건축학부 교수, 공학박사

적이지 못한 관리, 지원 가능한 방수·방근기술의 개발 미비에서 비롯된 결과라고 할 수 있다.

한편, 같은 해에 4건의 방근시공 사례 중 2건은 부분처리 방근공법으로서 완전한 기술적 이해가 부족한 시험방법이며, 그 외 2건은 일본기술에 의존한 결과였다. 이는 방근재 설치에 대한 중요성은 인지하고 있지만, 국내의 방근기술이 보편화 되어 있지 않아 시공기술자 및 건축주의 요구가 있음에도 불구하고 최소한의 기술 공급조차 이루어지지 못한데서 기인한 것이다. 특히 기존 건축물에 옥상녹화시스템을 설치하는 경우 방수에 대한 정밀분석이 어렵고, 누수안전성을 확보함에 있어 추가적 경비가 소요되므로 경제적 부담에 의해 값싼 공법을 사용하는 경향이 크다.

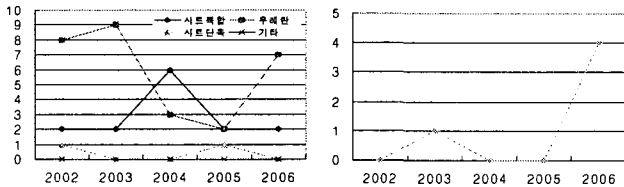


그림 1. 방수공법별(좌) 및 방근시공(우) 건수

2.2 법·제도 규정 및 시스템 지원현황

2.2.1 법·제도적 지원 미비

국내 옥상녹화를 위한 각종 연구가 1990년 중반부터 시작되면서 정부에서도 관련 지침서를 내놓는 등 제도적 방침을 마련하였다. 그러나 표 1에 나타난 바와 같이 방수 및 방근기술과 관련된 사례는 단 1건(2006년)에 불과하였다.

표 1. 옥상녹화 관련 지침서

순번	지침사례	기관	년도
1	도시 건축물 입면녹화 지침	환경부 자연보전국	1998
2	보급형 옥상녹화 가이드북	환경부	1999
3	건물미관증진을 위한 부위별 권장용 설계도서 활용방안	건설교통부	1999
4	그린타운개발사업(건축)	한국건설기술연구원	1996
5	공동주택 간이화단 권장도서	한국건설기술연구원	2000
6	건축물 옥상녹화 시스템 유형결정 및 관리 매뉴얼	서울시	2004
7	건축공사표준시방서 11070 옥상녹화방수공사	건설교통부	2006

2.2.2 시공시스템의 체계화 미비

현장에서의 원활하지 못한 기술소통문제는 불안정한 옥상녹화 시공을 야기한다. 실제 현장에서 조경분야가 방수공법을 선정하는 방식으로 진행되고 있기 때문에 방수 및 방근에 대한 이해없이 방수를 시행함으로써 옥상녹화 환경조건을 만족하지 않거나 혹은 전혀 무관한 공법이 선택되는 경우가 자주 발생하여 큰 문제점으로 지적되고 있다. 이는 기술 분야간의 기술소통을 지원할 만한 체계적이고 종합적 시스템이 구축되지 못한 데서 원인을 찾을 수 있다.

2.3 방수·방근 기술의 연구현황

국내에 방수·방근 기술개발은 서울시 녹화사업이 추진되면서 동시에 수행해왔다. 그러나 식물의 생장과 관련된 기술연구로서 옥상녹화 환경조건에 대한 이해 및 뿌리성장 시간의 절대적 지배를 받는 난점을 극복하기에는 기초연구가 전무한 상태였다. 이와 같은 상황에 선진기술에 대한 무분별한 복사 및 수입에 의존하여 국내 옥상녹화 시장의 발전을 저해하는 주요 문제점으로 지적되고 있다.

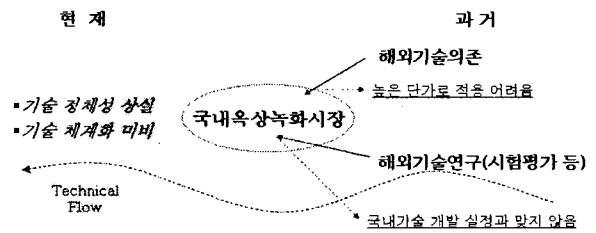


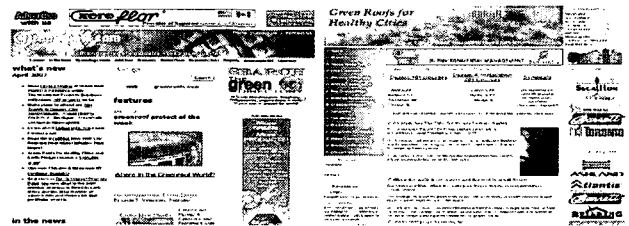
그림 2. 국내 옥상녹화 기술현황

3. 국외 옥상녹화 방수·방근기술의 현황

옥상녹화 관련 기술은 각 나라별 기후 및 취향에 따라 개발의 특징을 갖는다. 본 연구에서는 나라별 강점기술을 중심으로 기술현황을 분석하였으며, 국내 기술을 위한 벤치마킹이 될 것으로 사료된다.

3.1 북미 기술의 현황

북미의 옥상녹화 적용은 캐나다 및 북미지역으로 광범위하게 발전하고 있으며 산업이라 불리워질 만큼 그 성장력은 우세하여 국가경제 및 환경, 건축에 기여하는 바가 크다. 그림 3과 같이 옥상녹화 온라인 정보기반 구축을 통해서 국제기술교류의 장을 형성하여 활동영역을 점차확대하고 있다.



(a) greenroofs.com (b) greenroofs.org
그림 3. 북미 옥상녹화 온라인 정보기반 구축의 예

북미에서 지원하는 방수관련 대규모 기업을 중심으로 크고 작은 기업의 활동이 이루어져 옥상녹화 산업의 발전을 꾀하고 있다.

북미 옥상녹화 방수기술의 주요 특징은 아스팔트가 대부분이며, 특히 2중 시공을 통한 방수 및 방근성 확보를 통해 장기간 성능 확보에 초점을 맞추고 있다.

표 2. 각 회사별 옥상녹화 방수·방근시스템

공법	항목	특징
A공법	방수	고무 아스팔트 2겹 방수, 무화학적(친환경 등급)
	방근	구충제 및 제초제가 함유되어있지 않음. 30년 이상의 안전성 확보
B공법	방수	섬유보강된 PVC시트, 35년 이상의 성능확보, 지속적인 습기, 알칼리성 유해물, 식물뿌리의 침입, 균 및 박테리아, 수압 등의 저항성 확보(복합기능)
	방근	PVC시트, THK150, 400도의 열풍용착방식(8cm겹침)
C공법	방수	폴리에스터 섬유보강된 SBS개량 아스팔트도막(60mm-wet THK, 35-40mm-dry THK, 20년이상 성능 보장)
	방근	폴리에스터 섬유보강된 SBS개량아스팔트(1.1~4.0mm) + HDPE(20~40mm)
D공법	방수	아스팔트시트
	방근	무보강 폴리프로필렌시트

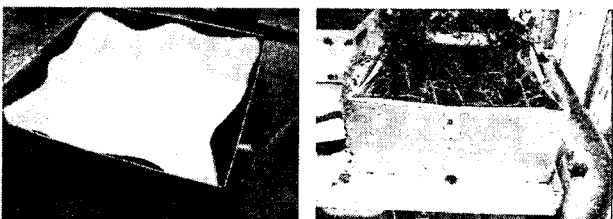
3.2 유럽 기술의 현황

표 3. 각 회사별 옥상녹화 방수·방근시스템

건물명	구분	재료
취리히Moos박물관	방수	고무 아스팔트(보수 : 동판재)
	방근	PVC sheet(Sarnafil)
바젤 대학병원	방수	아스팔트시트 2겹
	방근	방근층없음
RossettiBilding	방수	PVC sheet(Sarnafil)
	방근	PVC sheet(Sarnafil)
연립단지	방수	EPDM시트 및 아스팔트 시트
	방근	HDPE시트
취리히 전철플랫폼상부	방수	PVC sheet(Sarnafil)
	방근	PVC sheet(Sarnafil)



(a) 화분바닥에 시트를 설치하여 뿌리관통평가 (b) 적용 시험체
사진 1. 과거의 방근시험방법(DN)-시험기간 6주



(a) FLL시험방법 제정(1984) 시험기간 4년 (b) FLL시험방법 개정(1999) 시험기간 2년
사진 2. FLL 시험방법의 조건완화

북미의 영향을 받은 유럽에서는 25년전부터 성능평가를 통한 인증제도를 실시하였으며, 방수층에는 별도의 규정은 없으나 방근재는 FLL의 성능검증을 받은 재료를 사용하도록 제도적 방침을 운용하고 있다. 이는 유럽전체에 규정화 됨으로써 범용화를 위한 시험조건의 완화(시험체의 삭감/식물종의 삭감)

를 검토 중에 있다. 관련하여 독일의 경우, 100개 이상 검증 의뢰하여 그 중 약 25%제품이 합격하였다.

3.3 일본 기술의 현황

일본에서는 방수층과 방근층의 재료적 구분을 확실히 하는 경향이 있다. 방수층의 경우에는 대부분이 내구성이 우수하다고 판단되는 아스팔트 도막으로 방수층을 시공하고, 방근층은 별도로 특수 방근 처리된 PE시트를 시공함으로써 식물 뿌리의 침투를 막게 한다. 일본에서는 아스팔트 방수 + PE제 시트가 옥상녹화 방수·방근 공법으로써 주로 사용되고 있으며, 이러한 기술개발이 이루어지기까지는 지속적인 산학연 공동연구가 지원되었다. 사진 3과 같이 일본건축학회 하부조직에는 연구평가기관, 방수업체, 조정업체 등으로 구성된 방수공사 운영위원회 및 내구성평가위원회가 조직되어 정기적으로 세미나 및 작업모임을 개최한다. 또한 별도 시험평가소를 운용함으로써 정량적 평가가 가능하도록 추진하고 있으며, 이러한 인적 인프라 네트워크를 통해 다양한 재료 및 공법의 개발을 촉진하고 있다.

표 4. 방수·방근소재의 분류

구분	종류	내용
방근재	방근루핑	식물의 뿌리를 물리적으로 막음
	방근필름	0.3mm이상의 폴리에틸렌필름로서 뿌리를 필름 표면에서 근절
	투수방근시트	화학섬유를 밀실하게 조직하여 미세한 뿌리도 통과하지 못함
	베리어 시트	화학물질이 뿌리의 성장을 억제
방수재	A공법	방수용 필름
	B공법	자체개발 방수·보수·배수기능시스템
	C공법	폴리우레탄방수
	D공법	아스팔트도막재



(a) 정기 세미나 및 실험평가 (b) 방근시험평가소 운영
사진 3. 방근성 연구조직운영 및 연구체계

4. 국내 옥상녹화 방수·방근기술의 개선방안

국내 옥상녹화 방수·방근기술의 발전을 위해 정책적인 제도 마련을 통해 기술개발 도입을 용이하게 하고자 하였다. 그 대표적인 예가 2006년도 건설교통부와 대한건축학회에서 실시한 건축공사표준시방서의 연구로써, 옥상녹화 방수기술에 관한 요구사항을 제정한 것이다. 그러나 이는 옥상녹화 기술 전문가 네트워킹이 이루어지지 않은 상태에서 수행된 것으로 내용에 대한 범용성 및 적합성은 재고려 되어야 할 것으로 판단된다. 그밖에 개발 및 개선해야할 방안에 대해서는 다음과 같이 제안 하고자 한다.

4.1 제도적 개선

4.1.1 시공시스템 플로우 및 시공지침서

방수기술자 뿐 아니라, 조정기술자, 하도급시공자, 건축주 모두 옥상녹화의 특수환경조건을 이해함으로써 그림 4의 예와 같이 시공시스템플로우에 따른 적정 재료 및 공법의 선정이 이루어질 수 있도록 하여 설계단계에서 사후 유지관리까지 종합적인 체계하에 옥상녹화가 적용 및 사용될 수 있도록 한다.

4.1.2 성능인증기준의 정립(표준화)

2005년부터 옥상녹화산업과 관련하여 증장기적으로 기술개발 및 보급화 연구를 실시하고자 산업자원부에서는 옥상녹화 방수·방근 기술에 대한 시험방법 및 유지관리 시공표준 등을 추진하고 있다. 이는 국내 옥상녹화 방수산업을 발전시키기 위한 첫 계기마련으로써 국제적 품질기준과의 일원화를 위한 국제 경쟁력 창출을 유도할 수 있도록 전략적인 기술기반구축 사업으로서 추진되어야 할 것이다. 그 밖에 녹화유형별 방수 및 방근시스템의 성능기준이나, 옥상녹화 시공관련 방수 및 방근층 보호물 및 부속물 설치기준 마련함으로써 관련기술 표준화를 보다 강화할 수 있을 것이다.

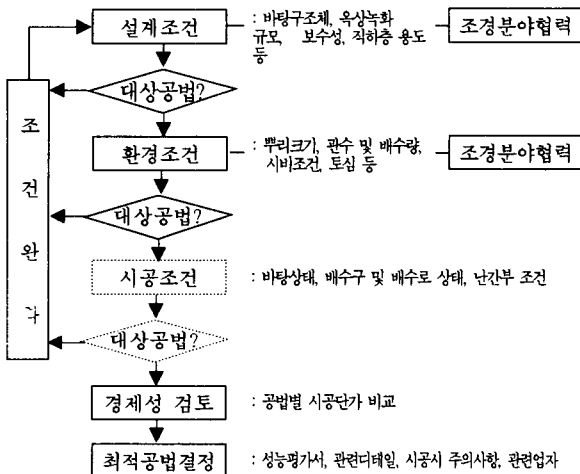


그림 4. 시공시스템플로우의 예

4.1.3 유지관리 및 품질관리의 지침

옥상녹화는 지속적인 유지관리가 무엇보다 중요한 시스템이므로 각 시공부분별 관리가 이루어져야 한다. 특히 방수 및 방근항목의 경우에는 직접 노출되지 않은 부분으로 검사방법이 어려울 수 있으므로 표 5의 예와 같이 정성적 평가를 통한 관리가 요구되어진다.

4.2 재료 및 공법의 개발

4.2.1 시험방법 및 성능평가의 개발

옥상녹화에 적용하기 위한 재료에 대한 평가는 방근성 이외에도 채류수에 의한 수밀성, 토양내 박테리아 등에 의한 내박테리아성, 정기적 시비에 따른 내약품성, 상부하중에 대한 내하중성이 고려되어야 할 것이며, 이를 종합적으로 평가함으로써 옥상녹화에 적용가능한 재료의 선택이 가능할 것으로 판단된다.

표 5. 방수 및 방근공법의 유지관리 체크리스트의 예

구분	체크리스트	고려요소	척도	점수	평가
방수	○방수공법은 어떠한가?	설계도서를 통한 공법확인	2-1-0 양호·보통·불량		
	○누수 및 결로는 없는가?	녹화시스템 주변공간(하층부, 난간 등)의 누수 및 결로상태의 육안관찰 및 인타뷰 확인	4-2-0 양호·보통·불량		
	○각 시설물의 누수는 없는가?	취수구 및 냉각탑 등 옥상용 설치물 주위의 접합부 및 상태의 육안관찰	2-1-0 양호·보통·불량		
방근	○방근층의 손상상태는 어떠한가?	방근층 확인을 통한 시공상태 확인 및 누수를 통한 결정	2-1-0 양호·보통·불량		

*1: 측정불가일 경우: 0

표 6. 옥상녹화 적용성 시험항목 및 평가기준

시험항목	근거	참고규격 및 규정
수밀성	항상 습윤상태의 가혹한 조건이므로 형성되지 않는 기밀한 조지의 재료상태임을 확인해야 한다.	KS F 4919
방근성	식물의 뿌리가 방수층에 직접 접촉하지 않도록 하며, 방근층의 접합부 및 취약부 등을 통해 방수층에 침입하여 누수를 일으키지 않도록 한다.	독일 FLL
내약품성	녹화환경에는 식재관리를 위해 주기적으로 비료나 농약 등을 사용하게 되므로 이의 성분에 침식되지 않도록 내약품성이 요구된다.	KS F 4935
내박테리아성	토양 중에는 조류, 사상균, 방선균, 박테리아, 곰팡이, 효모 외에 바이러스 등의 성분에 침식되지 않아야 한다.	JIS Z 2801
내하중성	옥상녹화 적재하중에 대한 방근재의 탄성도 및 내손상도를 관찰하기 위한 것이다.	-

4.2.2 체계적 R&D 구축

체계적인 R&D 구축은 지속적인 옥상녹화 방수·방근기술 개발 및 실용화를 위한 정부 지원의 프로젝트추진을 활성화함으로써 가능할 것이며, 산학연 네트워크의 적극적인 협력하에 이루어져야 할 것으로 판단된다.

4.2.3 다양한 제품개발

신기술 및 특허기술 개발을 통해 다양화 재료 및 공법의 개발이 필요할 것이다. 방수재의 경우, 계열별 적용이 가능하도록 하여 적용범위를 확대시킬 필요가 있으며, 여러 조건의 방수층을 보호할 수 있는 방근재의 요구성능이 다각화됨으로써 개발의 다양화를 꾀하여야 할 것이다. 한편, 방수 및 방근재를 보조할 수 있는 보조물이나 기타 구성물의 개발도 중요한 요소가 될 수 있다. 이러한 제품의 개발은 기술개발의 경쟁력을 강화시키는 수단으로서 방수·방근기술 시장을 안정화 시킬 수 있는 핵심요소가 될 것이다.

4.3 네트워크 기반 구축

옥상녹화 방수 및 방근 전문위원회 및 작업반(Working Group)을 운영 및 활성화함으로써 연구기반이 될 수 있는 네트워크가 형성되어야 할 것이다.

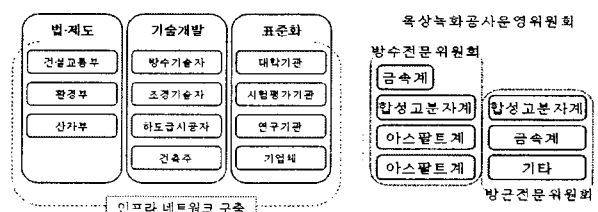


그림 5. 인프라 네트워크 구축의 예

5. 결론

본 연구에서는 국외 기술사례를 통해 국내 방수·방근기술의 발전을 위한 대안을 제시하였다. 국외기술현황을 분석한 결과, 북미에서는 정보기반구축 등의 제도적 활성화, 유럽에서는 성능인증제도(표준화)의 확립, 일본에서는 방수·방근기술 인프라 네트워크 구축이 주된 특징이라 할 수 있으며, 공통적으로 나라별 방수·방근기술이 확립되어있다. 이를 벤치마킹함으로써 국내 옥상녹화 방수·방근 기술개발 및 개선책으로 보완하여 다음과 같은 제안(안)에 의해 효율적 체계적 기술개발 추진을 위한 옥상녹화 방수·방근기술 개발 분야의 연계강화 방안이 마련될 수 있을 것이라 판단된다.

- 1) 제도적 개선을 위한 시공시스템 플로우 및 시공지침서 마련, 성능인증기준의 정립, 유지관리 및 품질관리의 지침
- 2) 재료 및 공법의 개발을 위한 시험방법 및 성능평가의 개발, 체계적 R&D 구축, 다양한 제품의 개발
- 3) 인프라 네트워크 기반구축 및 운영활성화

참고 문헌

1. ことよしやつき, 日本の屋上緑化技術-防水及び耐根保護に関する技術,たじまる-フィンク, 한국인공지반녹화협회, 2004.8
2. Procedure of investigating resistance to root penetrations at green roof site, 1999 edition, with editorial changes dated, jan. 2002