

## 한국옥상녹화기술의 현황과 과제

양 병 이<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 서울대학교 환경대학원 교수

## Current Status and Issues of Green Roof Technology in Korea

Yang, Byoung-E<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

### ABSTRACT

The purpose of the study is to review current status of green roof technology and to suggest the issues and solutions related with the technological problems of green roof in Korea. The scope of the study is limited to the extensive green roof which requires low maintenance. Technological issues related with green roof include soil, water proofing, water drain, vegetation and maintenance. Several solutions to invigorate green roof technology were suggested as follows; 1) implementation of technical standard for green roof and technology certification system, 2) development of suitable raw materials for green roof, 3) construction guidelines and uniform construction specification, 4) formulation of city ordinance for green roof, and 5) exchange program with foreign green roof organizations.

Key words : *Green roof, Roof garden, Green roof technology, Extensive green roof*

### I. 서 론

#### 1. 연구의 배경과 목적

우리 나라에서 옥상정원을 조성한지는 오랜 시간이 흘렀지만 옥상정원과는 구분되는 개념의 옥상녹화를 시행한지는 수년밖에 지나지 않았다. 옥상정원(Roof garden)과 옥상녹화(Green roof)는 유사하지만 개념상 약간 차이가 있다. 전통적으로 조성해 왔던 옥상정원은 집약적으로 관리를 해 주어야 하며 토양층이 깊고 관개 시설이 필요하고 식생에는 유리한 조건을 갖고 있다고 할 수 있는데 반해 옥상녹화는 생태적

인 효과를 얻을 수 있는 시스템으로서 관리가 그다지 필요하지 않는 저관리형이며 토양층이 얇고 관개가 거의 필요없고 식생에는 스트레스를 주는 조건이라고 할 수 있다(Beatley, 2000). 옥상정원과 옥상녹화는 다 같이 각각 장점과 단점을 가지고 있다. 옥상정원은 시각적 효과와 휴식공간으로서의 기능에 치중하여 조성된 데 비해 옥상녹화는 생태적 효과와 환경적 기능에 치중하여 조성되었다고 볼 수 있다. 따라서 옥상정원은 미국이나 일본등의 국가에서 많이 조성되었으며 옥상녹화는 독일, 네델란드, 스위스 등 유럽의 국가에서 많이 시행하였다

(Osmundson 저, 심우경 역, 2000). 유럽에서는 옥상정원까지도 옥상녹화의 범주에 포함시켜 옥상정원은 관리중량형 옥상녹화로 분류하고 있으며 옥상녹화는 저관리경량형의 옥상녹화로 분류하고 있다. 본 연구에서는 최근에 관심을 갖게 된 우리나라 옥상녹화의 기술현황을 살펴보고 그 문제점과 앞으로 해결되어야 할 과제를 제시하는 데 연구의 목적이 있다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서의 연구범위는 우리 나라의 옥상녹화의 세가지 유형 즉 저관리·경량형, 관리·중량형, 혼합형 중 저관리·경량형의 옥상녹화에 주로 초점을 맞추어 연구되었으며 도시내건물옥상에 국한하여 연구의 대상으로 하였다. 연구의 시간적 범위는 최근 5년이내에 시공된 옥상녹화사업과 관련업체가 보유한 기술에 한정시켜 논의를 전개하고 있다. 본 연구에서 사용된 연구방법은 연구의 주제가 우리나라 옥상녹화기술의 현황과 과제이기 때문에 문헌연구를 주로 했으며 그동안 옥상녹화연구회(최근에 사단법인 인공지반녹화협회로 개편됨)를 중심으로 이루어졌던 세미나에서 발표되었던 발표원고와 토론내용을 많이 활용했으며 업계와 관련 전문가들과의 인터뷰를 통해서도 자료를 수집하였다.

## II. 옥상녹화의 유형분류

옥상녹화의 일반유형은 크게 세 가지로 구분할 수 있는 바 저관리·경량형 옥상녹화와 관리·중량형 옥상녹화, 혼합형(절충형) 옥상녹화로 구분할 수 있다. 저관리·경량형은 일반적으로 토심이 20cm 이하로 얇으며 주로 인공경량토양을 사용하고 관수, 예초, 시비 등의 관리요구를 최소화한 녹화유형이다. 식재는 지피식물 위주로 하고 구조적 제약이 있는 곳이나 유지관리가 어려운 기존 건축물의 옥상이나 지붕에 적합한 유형이다. 이 시스템은 구조체에 미치는 하중부담이 적고 시공과 관리의 노력과 비용이 적게 든다. 여기에 사용되는 식물은 극한적인

자연조건하에서도 성장가능한 식물이어야 한다. 즉 장기간의 건조기 및 혹한에 견딜 수 있는 선대류, 식물체가 다육질인 세덤류, 특정 잔디류 등이 주종을 이룬다. 저관리·경량형은 사람의 접근이 어렵거나 녹화공간의 이용을 그다지 고려하지 않은 녹화유형이라 할 수 있다. 관리·중량형은 토심이 20cm 이상으로 주로 60~90cm가 많이 적용되며 식재는 지피식물, 관목, 교목으로 다양하게 구성할 수 있다. 관수, 시비, 전정 등 사후유지관리가 필수적이기 때문에 식생 및 시스템의 내구성에 대한 지속적이고 집약적인 관리가 필요하고 사람의 접근이 용이하고 구조적 문제가 없는 곳에 채택할 수 있는 이용위주의 녹화유형이라고 볼 수 있다. 관리중량형은 건물하중에 상당한 영향을 미치므로 기존 건물보다는 신축건물에 적용하는 것이 바람직하다(서울특별시, 2000). 혼합형은 관리 중량형과 저관리 경량형을 대상부지의 특성에 맞게 적절히 혼용한 유형으로 토심이 30cm 내외이고 식재는 지피식물과 키가 작은 관목위주로 하는 저

표 1. 옥상녹화 유형별 특징.

구 분	내 용	저관리 경량형	혼합형	관 리 중량형
유지관리	저 관 리	●	○	
	관 리		●	●
적용방식	전면녹화	●	●	●
	부분녹화	○	○	○
적용대상건물	신축건물	●	●	●
	기존건물	●	○	○
건물경사유무	평 탄 형	●	●	●
	경 사 형	●		
토양의 하중	경 량	●	○	
	중 량		●	●
토 심	20cm 이하	●		
	20cm 이상		●	●
식생의 종류	잔 디		○	●
	세 덤 류	●	●	●
	지피식물	●	●	●
	관목,저목		●	●
	교 목		○	●

범례 : ● 적용가능, ○ 경우에 따라 적용가능

자료 : 김현수(2000), "옥상녹화의 필요성-그 실질적 효과를 중심으로", [옥상녹화의 현재와 미래] 옥상녹화연구회 세미나 발표논문집, pp.5-20.

표 2. 옥상녹화용 토양의 종류와 장단점.

구분	소재	장점	단점
무기질 토양	팽창 펄라이트	전용면적밀도가 0.1~0.2g/cm <sup>2</sup> 사이로 초경량형이며 뛰어난 물리성(배수성, 보수성)을 지니고 있음	*양이온교환용량이 거의 없음 *표토층이 필요
	화산석	*배수성이 뛰어나며 양이온교환용량이 10(cmolc/kg) 이상으로 높은 보비성을 지니고 있고, 표토층이 불필요	*중경량형이며 보수성이 낮음 *검정색계통의 토양색상이 이질감 *교목위주의 중량형녹화에는 한계
	발포유리	*배수성이 뛰어나	*중경량형이며 보수성이 낮고 양이온교환용량이 거의 없음. 표토층이 필요
유기질 토양	피트, 초탄, 코코피트, 피트모스	*초경량형이며 뛰어난 보수성과 높은 보비성	*배수성이 떨어지며 시간이 지남에 따라 부식이 일어나 토양침하

자료 : 박현준, 2001, 인공구조물 상부녹화 토양의 문제점 및 개선방안, 옥상녹화연구회 세미나, 옥상녹화 관련 제도와 기술, 어디까지 와 있다? 발표논문집, pp.17-41.

관리를 지향한 녹화유형이다. 각 유형별 특징은 표 1에서 보는 바와 같다.

### Ⅲ. 한국 옥상녹화시스템의 유형

옥상녹화시스템은 크게 보아 1) 건물 또는 구조물의 외피, 2) 식재기반, 3) 식생층으로 구성되고 식재기반은 1) 방수·방근층, 2) 배수층, 3) 토양여과층, 4) 토양층으로 구성된다.

식생층은 옥상녹화시스템의 최상부로 녹화시스템을 피복하는 기능을 수행한다. 식생층을 계획할 때에는 옥상녹화 대상지역의 기후특성은 물론이고 강한 일사, 바람 등 극단적인 기상조건에서 생육이 가능한 식물소재의 선택이 필수적이며 식물소재 선택시에는 유지관리, 토양층의 깊이, 토양특성을 종합적으로 고려해 선택해야 한다. 방수층은 옥상녹화시스템의 수분이 건물로 전파되는 것을 차단하는 기능을 한다. 특히 미생물이나 화학물질에 영향을 받지 않는 안전한 방수소재 및 공법이 요구된다. 방근층은 식물뿌리로부터 방수층과 건물을 보호하는 기능과 시공시의 기계적, 물리적 충격으로 손상되는 것을 예방하는 기능을 담당한다. 배수층은 식물의 성장과 구조물의 안전에 직결되므로 옥상녹화시스템의 침수로 인해 식물의

뿌리가 죽는 것을 예방하도록 배수가 원활하게 해야 한다. 기존옥상녹화 현장에서 발생하는 하자의 대부분이 배수불량으로 인한 것이므로 루프 드레인과의 연결 등 상세설계와 시공에 세밀한 주의가 필요하다. 토양여과층은 빗물에 씻겨 내리는 세립토양이 시스템 하부로 유출되지 않도록 여과하는 기능을 한다. 세립토양의 여과와 투수기능을 동시에 만족시켜야 하며 뿌리의 침투를 방지하는 방근 기능을 함께 가지는 경우도 있다. 육성토양층은 식물의 지속적 성장을 좌우하는 가장 중요한 하부시스템중의 하나이다. 토양의 종류와 토심은 식재계획 및 건물 허용적재하중과의 관계를 고려해 결정해야 한다. 토양층이 옥상녹화시스템의 총 중량을 좌우하는 부분이기 때문에 하중을 줄이기 위해서는 경량토양의 사용을 고려해야 한다.

### Ⅳ. 한국 옥상녹화기술의 현황

#### 1. 토양분야

1990년 이전에는 옥상녹화용 토양은 일반토양에 토양개량제를 첨가하여 현장에서 배합하여 사용되었다. 그 후 1991년에 최초로 펄라이트계 초경량토양이 출시됨으로 인공토양이 도입되었다. 1991년 이후에는 옥상녹화에 사용되

는 토양은 펄라이트계의 인공토양이 대부분이고 일부 경량골재를 이용한 제품이 출시되어 있다. 펄라이트계 인공토양은 국산화된 제품이 출시되고 경량골재 제품은 일본, 독일 등으로부터 기술도입하거나 혹은 완제품을 수입하였다(정관영, 2000). 현재 우리 나라에 출시되어 사용되는 옥상녹화용 토양의 종류와 장단점을 살펴보면 표 2에서 보는 바와 같다.

## 2. 방수·방근 소재분야

기존옥상은 내단열의 시공이 일반화되어 있음으로 단열효과와 실내기후조절측면에서 비효율적이며 옥상녹화 시스템과 일체화가 안되어 있는 상태이다. 지금까지 개발된 옥상녹화에 적합한 방수공법을 살펴보면 첫째 아스팔트 열방수 적층 공법으로서 방수재 내부에 아스팔트 루핑을 심재로 2겹 이상 적층하여 시공하는 공법이다. 둘째로는 개량아스팔트 시트방수공법으로서 토오치 버너로 두께 4mm 이상의 개량 아스팔트시트를 바닥에 녹여 붙이는 방법이 있다. 셋째로는 폴리우레탄 도막방수공법으로서 가장 보편화된 도막방수 공법이다. 넷째로는 FRP 도막방수와 우레탄+FRP복합방수 등으로서 이 공법은 노출방수공법으로 시공가능하며 복잡한 옥상도 시공가능한 장점을 갖고 있다. 다섯째로는 열화비닐시트방수공법인 데 이 공법은 모체와 분리되는 시트방수이며 노출형 시공이 가능

하고 저관리 경량형에 적용가능한 공법이다. 한편 방근소재는 녹화용 방근소재의 공급이 원활하지 못해 대체재(폴리에틸렌 필름이나 폴리에스터 필름)를 주로 사용하고 있는 실정이다.

## 3. 식재기반분야

식재기반을 이루는 배수층은 옥상녹화용 경량의 배수용 자재의 개발이 이루어져 국내에서 PP, PE를 원료로 한 성형배수판의 보급이 활성화되어 있다. 특히 저관리·경량형 옥상녹화에 적용가능한 배수층 소재를 살펴보면 표 3에서 보는 바와 같다.

## 4. 식생분야

우리 나라에서는 최근 들어 저관리형 옥상녹화를 위한 식생재료가 많이 개발되어 있는 데 주로 초화류 및 지피식물류의 식생재료가 많이 도입되고 있는 실정이다. 일반적으로 피복용으로는 돌나물, 땅채송화, 섬백리향, 외래 세덤류 같은 지피식물을 사용하고 군식용으로는 구절초, 둥근잎 썩비름, 두메부추, 매발톱꽃 같은 초화류를 사용하고 있다. 식재시공방법은 크게 포트묘 식재와 매트식 식재 두가지로 구분되어 시공되는 데 포트묘 식재는 그동안 많이 식재된 공법으로 식재계획에 의한 식재가 어렵고 멀칭이 요구되며 피복되거나 개화할 때까지 시간이 다소 걸리는 단점이 있다. 그러나 가격이

표 3. 저관리·경량형 옥상녹화에 적용가능한 배수층 소재.

배수층 종류		특 징	공급상황
배수토양	펄라이트 배수 토양	*육성토양과 동일한 공법으로 제조되어 입자크기를 조절할 것 *배수토양도 육성토양역할을 할 수 있어 토심을 줄일수 있다.	대량공급
	경량 골재	*페스치로폴, 페플라스틱, 페ABS, 페폴리스 틸렌을 파쇄하여 재 활용한 제품	양산단계
배수판	배수판	*가격저렴 *배수토양과 병행하여 사용 *방수층손상의 염려	대량생산
	드레인매트	*다양한 사이즈 및 두께로 설계가 자유로움	수입판매
저배수시스템	저배수판	*저수, 배수, 단열의 다기능소재 *방수층보호기능 *한가지 규격	양산단계

자료 : 환경부, 1999, 보급형 옥상녹화 가이드 북, p.41.

저렴하고 시공시기에 구애받지 않는 장점이 있다. 매트식 식재는 식재가 용이하고 식재계획에 따라 정확한 식재가 가능하지만 가격이 상대적으로 비싸며 시공시기에 큰 영향을 받는다는 단점이 있다(서울특별시, 2000).

## 5. 관리분야

과거의 옥상녹화가 시공후에는 거의 이용자가 휴식공간으로 이용하는 것이 대부분인 데 반해 근래에 와서는 옥상녹화후에 이를 환경교육의 공간으로 활용되는 추세이며 특히 생태적 효과를 측정하기 위해 옥상녹화의 모니터링을 지속적으로 시행하는 사례가 나타나고 있다.

## V. 한국 옥상녹화기술의 문제점과 과제

### 1. 구조적 안정성의 검토문제

신축건물의 경우 녹화시스템의 하중부하를 구조계산에 미리 반영하여 설계 시공할 경우에는 큰 문제가 없다. 그러나 기존건물의 경우는 구조물의 안전성을 검토 후 적용가능한 녹화시스템을 설계해야 한다. 일반적으로 기존건물의 녹화시스템의 토심 결정방법은 녹화가능하중부하의 도출, 토양의 무게도출, 토양층의 토심산출을 통해 이루어진다. 실제 기존건물의 옥상에 적용가능한 녹화시스템의 토양은 일반인의 인식과 차이가 있다. 기존건물의 옥상은 구조보강없이 10cm 내외의 토심이 시공가능한 것으로 나타나 있다. 지금까지의 기존건물에 대한 구조안전진단 사례들을 살펴보면 구조안전진단시 너무 엄격한 기준의 적용으로 구조안전진단의 통과가 어려운 경우가 많다. 특히 옥상녹화의 시공시에 구조안전에 별문제가 없는 경우가 대부분인 데 구조안전진단을 담당하는 전문진단업체에서는 혹시나 발생할 수 있는 구조적 안전문제의 책임부담 때문에 엄격한 기준으로 구조안전진단을 시행하고 있다.

### 2. 옥상녹화시스템에서의 단열 및 방수문제

일반적으로 기존건축에는 내단열 공법이 보편화되어 있으나 우리 기후조건에는 외단열공

법이 바람직하다. 그러나 외단열은 이에 적합한 단열소재와 방수소재의 개발을 전제로 한다. 콘크리트 슬라브위에 방수층을 시공한 후 그 위에 단열재와 PE필름 그리고 보호콘크리트를 시공하는 경우 PE필름하부에 결로가 발생해 단열재의 기능을 떨어뜨리고 시스템의 내구성을 저하시키는 문제가 발생하고 있다. 따라서 하부시스템의 설계가 필수적이다.

### 3. 식재설계상의 문제

현행 옥상녹화를 위한 식재설계의 문제로는 첫째 옥상녹화의 특성에 적합한 식재설계가 안 되고 있다는 점이다. 옥상녹화를 위한 식재설계시에는 건물옥상의 환경조건이 식물생육에는 매우 열악한 조건이라는 점을 충분히 감안하여 이러한 조건에 적합한 식물종을 선택하고 옥상녹화효과를 최대화하기 위한 식재설계가 되어야 한다. 기존에 조성된 실제 옥상녹화시공사례를 보면 간혹 지상에 있는 조경설계와 똑같은 식재설계를 해놓아 많은 하자가 나타나는 경우도 있다. 둘째로는 옥상녹화용 식생재료가 제한적으로 공급되고 있어 다양한 식재설계를 하지 못하는 실정이다. 따라서 저관리형 옥상녹화를 위한 지피식물의 개발과 공급이 절실히 필요하다. 특히 우리나라 향토종의 옥상녹화용 식생재료의 개발과 보급이 필요한 실정이다. 옥상녹화에 적합한 향토식생종들이 많이 있는데 아직은 이들 식생재료들이 옥상녹화용으로 개발되지 않아 공급이 되지 않고 있다.

### 4. 토양의 문제

우리 나라 기후에 가장 적합한 옥상녹화용 토양은 여름철 집중호우에도 견딜 수 있는 탁월한 배수능력과 긴 갈수기에도 수분을 보유할 수 있는 수분보유력을 가지며 인공구조물 상부에 사용가능하도록 경량성과 단열성을 갖추어야 한다(박현준, 2001). 국내의 현실에서 비관리·경량형 옥상녹화를 위해서는 무기질 경량토양소재 사용이 손쉬운 방법이나 양분을 보유할 수 있는 능력인 양이온치환용량이 거의 없는 단점이 있기 때문에 적정량의 유기물을 공

급할 수 있는 대안이 필요하다.

## VI. 한국 옥상녹화기술의 개발 활성화방안

### 1. 옥상녹화기술의 평가기준설정 및 인증제 시행

옥상녹화에 대해 점차 국민들이 관심을 갖고 정부에서도 옥상녹화지원사업을 시행하게 됨에 따라 많은 업체들이 각자의 옥상녹화 기술과 소재를 개발하고 이를 시공에 활용하는 사례가 나타나고 있다. 그러나 아직은 개발된 기술과 소재에 대한 확실한 검증이 되지 않은 제품들이 있어 초창기에 옥상녹화의 부실을 초래할 가능성도 있다. 따라서 문제의 소지가 있는 옥상녹화기술의 무분별한 시행에 따른 옥상녹화의 부실을 방지하기 위해 옥상녹화기술의 인증이 필요하다. 이를 위해 정부의 인가를 받은 옥상녹화 관련단체에서 인증기준을 제시하고 이에 의거해 인증제를 시행하는 것이 바람직하다. 예시적으로 저관리 경량형 옥상녹화를 위한 시스템의 평가기준 항목을 제시하면 표 4에서 보는 바와 같다.

### 2. 옥상녹화용 재료의 개발

아직은 우리 나라의 옥상녹화용 재료가 충분히 개발되어 있지 않아 옥상녹화설계나 시공시에 제약이 있으며 시공 후에 문제가 발생할 가능성도 있다. 이미 문제점에서 지적한 바 있지만 이러한 문제를 해결하기 위해서 식생, 토양,

방수소재, 배수소재 등의 신규개발로 옥상녹화기술의 향상을 도모할 필요성이 있다.

### 3. 옥상녹화시스템의 안정적 시공기준과 표준품셈의 개발

옥상녹화시스템의 시공에 관한 기준이 거의 없어 시공수준이 시공업체에 따라 차이가 있으며 시공의 품질을 담보할 기준이 없어 부실시공의 가능성이 있다. 따라서 옥상녹화시스템의 시공기준의 작성과 이를 정부 혹은 공공단체가 주관하여 공식화할 필요성이 있다. 또한 옥상녹화시공시 필요한 표준품셈이 없어 옥상녹화공사의 품셈의 설정이 어려운 실정에 있으므로 표준품셈의 개발도 절실히 필요하다.

### 4. 옥상녹화지원을 위한 조례의 제정

서울시를 비롯한 일부 지자체의 경우 옥상녹화지원조례가 제정되었으나 거의 대부분의 도시는 이러한 조례가 없어 정부에서의 옥상녹화지원이 어려운 실정이다. 우리 나라에서 옥상녹화가 아직은 초기단계이기 때문에 옥상녹화의 보급을 위해 옥상녹화지원조례의 제정이 시급히 필요하다.

### 5. 외국 옥상녹화관련 단체와의 기술교류

우리 나라의 옥상녹화 기술수준이 아직은 초기단계이기 때문에 선진외국의 기술을 도입하거나 연구하기 위해 옥상녹화의 기술이 앞서

표 4. 보급형 옥상녹화 시스템의 평가기준 항목.

시스템구성요소		주요 검토항목
단 열 층	내 단 열	분리막, 습기차단막
	외 단 열	단열층의 위치, 분리막, 습기차단막
방 수 층		내근성, 내약품성, 내박테리아성, 내압성, 내담압성, 내화성
방 근 층		보호층, 분리막
배 수 층		바닥기울기, 배수성능, 세립토양필터, 저수량
육 성 층		함습비중, 유효수분량, 공극율, 투수계수, pH, EC, CEC, 유기물비율
식 생 층		초장, 천근성 뿌리, 내건성, 내광성, 내습성, 내한성, 내서성
유 지 관 리		시비, 관수, 전정, 병충해방지, 배수층 관리

있는 독일이나 일본의 옥상녹화관련단체와의 기술교류가 활성화될 필요가 있다. 또한 선진 외국에서는 옥상녹화를 위한 세미나와 전시회 등이 개최되고 있으므로 우리 나라에서도 이러한 행사에 적극적으로 참여하여 우리의 기술수준을 향상시킬 필요가 있다.

### 인 용 문 헌

- 김현수. 2000. “옥상녹화의 필요성-그 실질적 효과를 중심으로”, [옥상녹화의 현재 와 미래] 옥상녹화연구회 세미나 발표논문집 ; 5-20.
- 박현준. 2001. 인공구조물 상부녹화 토양의 문제점 및 개선방안, 옥상녹화연구회세미나, 옥상 녹화관련 제도와 기술, 어디까지 와 있나? 발표논문집 ; 17-41.
- 서울특별시. 2000. 건물옥상녹화 학술용역.
- 정관영. 2000. 옥상녹화기술의 현재와 미래, 옥상 녹화연구회세미나, 옥상녹화의 현재와 미래 발표논문집 ; 24-31.
- 환경부. 1999. 보급형 옥상녹화 가이드 북, p.41.
- Osmundson, Theodore. 심우경 역. 2000. 옥상정원, 보문당, 서울.
- Beatley, Timothy. 2000. Green urbanism, Island Press, Washington D.C.

接受 2004年 7月 1日