

# 암면식생매트를 이용한 옥상 및 비탈면 녹화시스템

(The roof gardening and green slope system using the rock wool mat)

진성기\*

## 1.서론

일반적으로 도심지는 한정된 토지면적에 비해 높은 인구밀도를 보유하므로 그 토지가격이 엄청나게 비싸다. 도심지 건물의 옥상은 시원한 바람이 불고 전망이 좋은 활용공간이나 일반적으로 물탱크나 녹슨 냉방기 설치장소 및 잡다한 쓰레기의 집적장소 등 버려진 공간으로서 방치되고 있어 옥상녹화의 필요성은 크게 대두된다.

옥상 정원은 하절기에 건물내 온도를 약 15℃이상 낮추고, 동절기의 한기를 크게 감소시킬 수 있으며, 주변 고층건물에 근무하는 도시 근로자들의 정서에 좋은 영향을 줄 뿐만 아니라 주변 건물의 토지가격을 높이는데 크게 일조한다. 지난 50여년 동안 작은 개인 주택에서 부터 넓은 도심지 고층건물에 걸쳐 전 세계적으로 수많은 옥상 정원이 건설되어 왔으나 그 기술적인 문제점에 대한 구체적이고 체계적인 연구는 시도된 바 없었다. 한편 옥상정원에 발생할 수 있는 문제점으로 지붕 구조물에 가해지는 과도한 토양하중, 나무뿌리의 방수막내 침투, 급수관의 부식, 배수관의 배수장애, 배수로 인한 토양유실, 토양으로부터의 유기물의 유실 등이 지적되어

왔다.

특히 식재를 위해 일반 토양을 옥상위에 성토하는 것은 과도한 상재하중으로 인해 구조물에 구조적인 문제를 야기시킬 수 있으며, 특히 강우시 하중의 추가증가로 인해 실패사례의 주요한 원인이 되고 있다. 이밖에도 1)낮은 유기물 함량 2)부식 및 뿌리성장과 수분보유에 필요한 큰 기공의 부족 3)잡초종자, 해충 및 질병 발생 4)높은 미생물 활동에 따라 유기물 부패로 인한 토양으로부터 유실 5)표토 구성분의 불균질 등이 단점으로 부각되고 있다. 한편 도로나 철도 공사시 필연적으로 발생하는 깎기, 쌓기 비탈면에 다양한 녹화공법이 적용되고 있으나 발파암 측면·경암에 적용시 실패사례가 빈번히 발생되고 있어 보다 안정적이고 효율적인 비탈면 녹화 시스템 개발이 시급한 실정이다.

본 기술은 토양대신에 특수용도로 생산된 암섬유와 식생용 첨가제로 구성된 특수 암면식생매트(Rock Wool Mat for Vegetation)를 식생기반으로 활용하여 잔디류의 파종 및 관목류의 식재, 관, 배수 및 시비, 뿌리의 절단 작업 등이 용이하도록 고안되었으며 토양 및 양분의 유실을 근본적으로 차단할 수 있는 미래형 옥상정원 및 암비탈면 녹화 시스템이다.

\* G&G Consultants, 지반공학부 상무  
(soiljin@hanmail.net)

## 2. 외국기술의 동향

일본, 유럽 및 미국 등에서 식재기반의 경량화를 위한 부단한 노력의 일환으로 레카(Leca), 규조토 및 아이솔라이트(Isolite), 펄라이트(Perlite), 버미클라이트(Vermiculite) 등의 인공 경량 토양 등이 널리 보급되어 사용되어 왔으나 장기간 식재기반으로의 사용시 토양 공극내 세립자의 유실 및 배수시스템을 통한 세립자, 유기물 및 양분의 손실 등이 큰 문제점으로 지적되어 왔다. 따라서 배수관이 막히거나 식재기반의 부패 감소로 인해 뿌리의 생육 공간이 감소하고, 인공토양의 하층부가 다져짐으로써 식물뿌리의 생장호흡을 막는 인공 경량토 시스템의 단점을 극복하기 위해 근본적으로 다른 인식의 전환이 요구되었다. 이에 따라 1890년대 미국내에서 석회암질의 점판암을 원료로 최초로 암면(Rock Wool)이 개발되었으며 이후 일본 및 국내에서도 1970년대부터 본격 생산되기 시작했으나 대부분이 건축용 및 산업용으로 사용되었으나 옥상정원 용도로서의 사용은 미미한 실정이다.

1970년 후반부터 이러한 암면을 식생용도로 활용하려는 노력이 유럽에서 시작되었으나 미세한 소섬유 다발인 석면의 호흡기 질환 발생 및 폐기물 처리 문제 등으로 인해 진전이 없었다. 1980년부터 다국적 기업인 Denmark의 Grodan사에서는 섬유직경이 3 $\mu$ 이상인 굵은 암섬유에 식생환경을 개선한 암

면식생매트를 생산하여 전 세계에 보급하고 있는 실정이다.

## 3. 기술의 내용

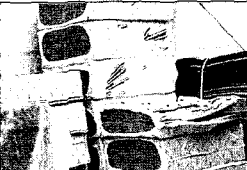
### 3.1 암면식생매트의 특징

이 시스템 내에 사용되는 암면식생매트는 슬래그(Slag), 석회석 및 헴무암이나 규산질 암석을 1500~1600 $^{\circ}$ C이상의 용광로(Cupola)에서 용융하여 고속원심 분리 방법에 의한 방사기에 의해 솜사탕 형태의 특수한 광물 섬유 형태로 제조하여 결합, 압축하여 제조한 것으로서 피트 이끼(Peat Moss), 제올라이트(Zeolite) 또는 벤토나이트, 규조토 및 펄라이트(Perlite), 버미클라이트(Vermiculite)등을 적절히 혼합하여 식물의 생장환경에 필요한 조건을 충족시킨 것을 특징으로 하며, 그 화학적인 성분은 아래 표 1과 같다.

암면식생매트는 이식과 정식이 간편하고 배수와 보수성이 양호하며 비중이 0.3~1.0 이하로서 경량이므로 취급이 용이하다. 또한, 재배 가능한 작물의 종류가 많고, 병해충 발생 위험이 적으며, 시설비가 저렴하고 재배 관리를 시스템화할 수 있는 등의 다양한 장점이 있다.

또한 암면은 전체적으로 균일한 그라스(Glass)질

표 1. 암면식생매트의 화학적인 조성표

암면식생매트	구분	조성비(%)	비고
	SiO <sub>2</sub>	35~45	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30~40	
	MgO	3.0~6.0	
	Mn	0.2~0.3	
	기타	8.7~31.8	



상태로 횡 방향으로 끊어지나 종 방향으로 끊어지지 않기 때문에 섬유직경이 3 $\mu$  이상인 굵은 섬유로서 미세한 소섬유 다발인 석면이 체내에 잔류해서 발생하는 호흡기 질환에 대해서 안전하다. 또한 수명이 다해 용도 폐기된 암면 식생매트는 대부분이 규산질 성분으로서 잘게 분쇄하여 전작물재배 및 기타 용도의 토양개량제로서 재활용이 가능하다.

한편 암면식생매트와 연계하여 설치될 방수층, 단열층, 뿌리와 바다 차수층, 배수층 및 피복층, 관·배수 및 시비 시스템 등은 상호 유기적으로 연결되어 식물의 뿌리정착, 생육 및 성장을 위한 양호한 환경을 제공한다.

### 3.2 암면식생매트를 이용한 옥상녹화

표 2. 옥상정원 시공단계

구분	시공단계
1단계	옥상배수시설을 완벽하게 시행하고 옥상바닥 슬래브(Slab)상에 누수를 방지하기 위해 방수액 또는 방수막을 전면적에 도포 및 포설하는 단계
2단계	건물내로의 열의 전달을 막기위해 단열재, 나무뿌리의 하향 침투를 막기위한 식물뿌리 차단막을 설치하고 상부 물의 배수를 원활히 하기 위한 배수층을 포설하는 단계
3단계	여과천을 포설 하고 그 상부에 암면식생매트를 설치한 후 잔디류의 파종 및 식재하고 피복재를 피복하는 단계
4단계	관·배수 시설을 설치하고 시비를 시행하는 단계

#### 3.2.1 개요

암면식생매트를 옥상정원에 시공하여 녹화를 시행할 경우, 시공전 옥상에 상재될 고정 및 이동하중에 대한 설계허용 지지력을 산정하고 상재하중에 따른 옥상 바닥슬래브의 지반반력, 수평, 연직응력 및 변위 산정 등의 해석이 선행되어야 하며 옥상정원의 시공절차에 따른 엄격한 품질관리가 요구된다.

#### 3.2.2 옥상정원 시공방법

##### ① 방수막

옥상표면위에 사용되는 방수막은 기본적으로 외부로부터 물의 침투를 방지해 주어야 하며, 이러한 방수막은 토목섬유 시트(Geotextile Sheet)나 유액 등이 사용가능하다.

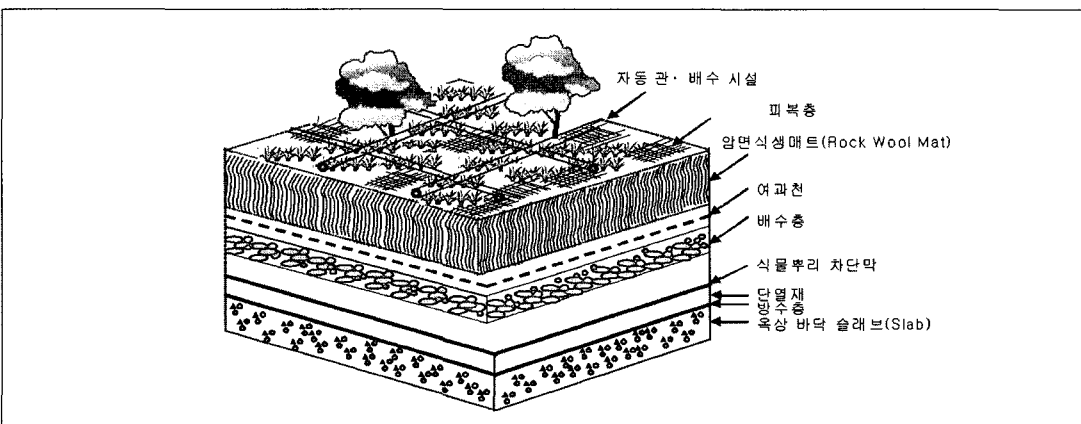


그림 1. 옥상정원 개념도



사진 1. 옥상정원 조성(Vec Tech Co., in Sweden)

② 단열재

단열재는 열의 전달을 막기 위해 같은 5cm이상 두께의 딱딱한 폴리스티렌 폼(스티로폼)이 사용가능하다.

③ 뿌리차단막

완전한 방수를 위해서는 나무뿌리의 성장을 제어해야 하며 이를 위해 뿌리 차단막이 설치되어야 한다.

④ 배수층

배수층은 물이 쉽게 배수될 수 있도록 다공질이어야 하며 내구성 및 하중에 대한 저항성이 충분해야 한다. 또한 수평배수판 및 측면배수판 등을 설치하여 물이 자유스럽게 흐르도록 유도해야 하며, 자갈이나 쇠석 등으로 약 7~15cm두께로 구성되나 고강도 플라스틱으로 성형된 인공재료로 대체될 수 있다.

⑤ 여과천

배수층과 옥상 배수구의 막힘을 방지하기 위하여 물이 투수되는 여과천이 필요하며 이것은 부식되지 않고 재료의 운반과 시공이 쉽고, 내구성을 보유한 폴리프로필렌 토목섬유가 주로 이용된다.

⑥ 암면식생매트

식물생육을 위해 수분과 양분을 흡수하여 장기간 보유가 가능한 특수 제작된 암면식생매트가 설치되며, 이때 예리한 칼로 원하는 크기와 단위중량으로 절단하여 식재기반을 조성한다.

⑦ 피복층

암면식생매트 상부에 수분 보유, 토양의 단열, 뿌리의 동해 방지, 잡초방지 및 부식질의 지속적인 공급을 위해서 그 표면은 피복재(나무껍질 및 톱밥, 모래) 등으로 6~15cm정도 두께로 덮어 주어야 한다.

⑧ 배수판

수직 배수판을 통해 지면에서 위로 물이 흘러들어갈 수 뿐만 아니라 측면 배수판을 통해 물이 배수되어 옥상정원 표면 유수와 배수층의 물을 외부로 배수할 수 있도록 설치된다. 그 소재로는 플라스틱 및 철 제품 등이 이용될 수 있다.

⑨ 관·배수장치

일반적인 양액공급 및 관수 시스템은 점적형 관수 튜브를 설치하여 암면 식생매트 상에 균일하게 관수함으로써 적정 수분을 유지할 수 있어야 하며 배수된 물은 소 배수로를 통해 중앙배수탱크로 유입하여 배수 파이프를 통해 재순환하도록 한다.

3.3 암비탈면 녹화 시스템

3.3.1 암비탈면 녹화공법 국내적용 사례조사

도로나 철도 공사시 필연적으로 발생하는 깎기, 쌓기 비탈면을 장기간 방치시 침투 및 토사유실, 동상 및 풍화 등의 발생을 방지하기 위해서는 비탈면 녹화를 통한 안정이 필수적이다. 현재까지 국내 암비탈면 현장에 일반적으로 적용되고 있는 녹화공법



표 3. 암반비탈면 녹화공법

공법명	버드나무가지 녹화공법	배토습식공법	자연표토복원공법
적용대상	토사, 리핑암	토사, 리핑암, 발파암	토사, 리핑암, 발파암
시공 사진	<p>○ 공법 1. 단면도 ○ 공법 2.의 시공 ○ 공법 3. 시공 후 7일 경과 ○ 공법 4. 시공 후 90일 경과</p>		
공법 개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 비탈면에 골을 파고 버드나무 가지 식재</li> <li>· 수분증발 및 침식방지를 토양안정제 취부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· PVC코팅망을 앵커로 정착한후 배토조성물 시공</li> <li>· 씨앗을 인공식생층에 분무하여 녹화시공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 입단구조에 의한 녹화기반토양을 비탈면에 부착</li> <li>· 생태계에 적합한 식물군 식생</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 생장속도가 빨라 조기녹화 가능</li> <li>· 뿌리에 의한 토양 침식방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 보비력, 보수력이 우수하여 식생유지 높음</li> <li>· 동결 및 풍화방지 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 토양의 환경을 식물생육에 적합한 상태로 재현</li> <li>· 침식에 강함</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 급사면이나 하천인접부 등 사용에 제한적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 앵커고정 등 시공이 복잡</li> <li>· 철망부식에 따른 인공토양 유실 가능성 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 매끄러운 암사면에 적용근란</li> </ul>

공법명	녹생토 공법	덩굴식물 식재
적용대상	토사, 리핑암	리핑암, 발파암
시공 사진		
공법 개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 암반비탈면에 부착망을 앵커핀과 착지핀으로 고정시킨 후 토양개량제와 양진디 씨앗을 혼합하여 분사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 암반비탈면 하단에 골을 파서 식생기반을 조성 덩굴식물(취, 노박덩굴, 담쟁이) 식재</li> <li>· 덩굴식물이 사면을 따라 성장 빠른 녹화조성</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주요 경관지역 조기녹화에 효과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 무절리 암반에 녹화효과 우수</li> <li>· 장기적인 피복 효과</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 발파암 적용시 뿌리 근입장애로 고사 가능성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 공사초기 및 동절기시 암비탈면 노출</li> </ul>

은 다음 표 3과 같으나 발파암 즉 연·경암에 적용 시 비탈면 녹화 실패사례가 많이 발생되고 있다. 이는 가파른 비탈면 경사, 경질 암반내로의 식물 뿌리의 근입 장애, 식물 생육에 필요한 수분 및 양분 부족, 동절기와 하절기의 외부 기온 등의 척박한 생육

환경에 기인되나 성공적인 암비탈면 녹화를 위해서는 내서성 및 내한성이 강한 초종의 선택, 뿌리 근입 심도가 적은 작은 키 식물종의 선택, 포장에서 식물을 충분히 생육시켜 비탈면에 피복하는 방법 등에 대한 지속적인 기술개선을 통해 양호한 생육환경을



사진 2. 압반 비탈면 시공(Vec Tech co.in Sweden)

조성하는 데 있다고 판단된다.

### 3.3.2 롤 매트(Roll Mat)를 이용한 압 비탈면 녹화 시스템

두께 2.5cm의 Roll Mat(폭 12.0m×2.5m, 중량 43 kg/Roll)를 지상 포장위에 포설하고, 키작은 식물의 씨앗을 파종한 다음 토사로 피복한 후, 일정한 물과 양분을 공급하여 생육시킨다. 일정한 기간이 경과하여 식물이 뿌리가 활착된 이후, 지상에서 분리, 운송하여 간편하게 압 비탈면 현장에 부착시키고, 매트사이의 이음은 압반용 앵커핀을 사용하여 설치하는 시스템으로서 일정기간동안 생육실험 및 현장 시험시공을 거친 후 국내 현장에 보급 가능할 것으로 판단된다.

형 녹화 조성시스템이다. 압면식생매트를 이용한 옥상정원 및 비탈면 녹화 사업은 21세기 유망 환경사업 중의 하나로서 그 적용범위 및 시장성은 무한할 것으로 예상된다. 이러한 요구에 부응하기 위해서는 암섬유 식생매트 제조비용을 기존의 인공경량토양의 수준까지 절감시켜야 하며, 품질개선을 위해 암섬유 식생매트 제조방법에 대한 꾸준한 기술개발이 요구된다.

또한 공사목적에 부합되는 식물 선정 및 장기간의 생육실험을 통한 데이터축적을 통해 과학적이고 효율적인 옥상정원 조성 및 비탈면 녹화 시스템을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

### 참고문헌

## 4. 결론

본 기술은 도심 속에 버려진 공간인 고층건물 및 기타 공간의 옥상정원 및 도로나 철도공사시 발생하는 압 비탈면 녹화를 위해, 식재 효과가 뛰어나며 유지관리가 간편한 시스템으로서 암 섬유에 식생용 재료를 첨가한 특수 압면식생매트를 식재기반으로 활용하여 양호한 식물 성장환경을 조성시키고, 토양 및 양분의 유실을 근본적으로 차단할 수 있는 미래

1. Theodore Osmundson(2000), "Roof Gardens: History, Design and Construction", PP118~133.
2. (사)한국인공지반녹화협회(2003), "한·미·일의 옥상녹화 국제 심포지엄", PP10~ 22.
3. 삼성건설(주),(2001), "중앙선 제천-도담간 복선전철 건설공사 설계보고서" PP 836~842.
4. (주)대우건설,(2005), "진주-광양 복선화 제6공구 노반건설공사 지반조사보고서 (I)", PP 624.