

건축물 옥상녹화에 따른 식재기반구성의 적재하중에 관한 연구

A Study on the Live Load According to Composition of the Planting Base of Green Roof

○ 김 성 수*

Kim, Sung-Su

徐 京 浩*

Xu, Jing-Hao

김 호 열**

Kim, Hyo-Youl

강 병 희***

Kang, Byeung-Hee

Abstract

We divided the planting base into waterproof layer, drainage layer and soil layer so as to investigate changes of live load according to species of wood and composition of the base to make rooftops green.

The results are follows :

1. As concerning construction and live load for green roof, sheet waterproofing is superior.
2. When materials of drainage are changed crushed gravel into artificial lightweight gravel or ferrite, live load of planting base is decreased about 22% and 25% in order.
3. When ingredients of soil are chaged normal sand into volcanic sand, live load of base is decreased about 28%. Especially, when it is changed into ferrite, 54% of live load is decreased.
4. In this study, all live load we concerned exceeds the standard about roof live load of office, school and house. Hence, structure has to be concerned thoroughly when making rooftops green. But, we judge that various methods for making rooftops green can be applied if we consider roof garden when we plan new buildings.

키 워 드 : 식재기반, 구성, 적재하중, 옥상녹화, 방수, 배수, 토양

keywords : planting base, composition, live load, rooftops green, waterproofing, drainage, soil

1. 서 론

1.1 연구목적

도시의 근대화, 효율화 등을 추구해 온 20세기의 도시개발은 도시공간 내 자연 및 녹지공간을 감소시키면서 콘크리트 구조물의 증가와 도로의 포장화가 진행된 결과, 오늘날의 도시공간은 인공적인 도시구조물이 대부분의 도시표면을 이루고 있는 실정이다.

이에 대하여, 최근 대규모 도시개발 프로젝트의 경우 친환경적 도시계획 및 설계기법이 도입되어 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 실제 도시공간의 대부분을 차지하는 기성시가지 도시건축물의 경우 지상의 대지공간은 이미 포화상태로 녹지조성가능공간이 극히 한정되어 있는 실정이다. 따라서 건축물의 옥상, 벽면 및 실내에 녹지를 조성하는 방안이 검토되고 있으며, 이 중 건축물 옥상에 녹지를 형성하는 옥상녹화방안은 현재 각 지자체의 조례로서 제정되어 도시환경개선에 대한 방안으로서 적극 권장되고 있다.

건축물에 옥상녹화방안을 적용할 경우, 식재기반의 단열효과를 통한 건축물 에너지 사용량의 감소 및 산성비 등의 외

적 건축물 열화원인을 완화하여 건축물의 내구성을 향상하는 등 다양한 효과를 기대할 수 있다.

그러나 옥상녹화방안은 식재를 위한 식재기반의 추가조성 및 식재기반의 하중에 따른 구조적 검토 등이 요구되어 그 적용에 상당한 제약을 받고 있는 실정이다. 또한 식재기반의 구성방법 및 수종의 종류를 고려한 하중증가에 관한 연구는 미비하여, 옥상녹화방안의 적용시 하중증가에 따른 영향을 검토하는 데는 상당한 무리가 있다.

따라서, 본 연구에서는 건축물 옥상녹화를 위한 식재기반의 구성 및 수종의 종류에 따른 적재하중의 변화를 검토하여, 건축물 옥상녹화 방안의 활성화를 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구방법 및 범위

옥상녹화시 식재기반 및 수종에 따른 적재하중의 변화를 검토하기 위하여, 본 연구에서는 식재기반을 방수층, 배수층, 토양식생층의 3단계로 구분하였으며, 수종의 종류는 초본류 및 소관목, 대관목으로 분류하여 각각의 중량을 산정하였다.

식재기반 중 방수층은 현재 옥상방수층 구성방법으로 활용되고 있는 시멘트액체방수, 시트방수, 합성수지도막방수, 아스팔트방수, 배수층은 쇠석자갈, 인공경량골재, 퍼라이트, 토양층은 일반토사, 퍼라이트, 화산모래로 한정하여 단위면적당

* 동아대 대학원 건축공학과 석사과정

** 동아대 건설기술연구소 특별연구원, 공학박사

*** 동아대 건축학부 교수, 공학박사

중량을 산정하였다.

또한 식재에 필요한 수종의 중량은 건축물 녹화시 주로 이용되는 수종을 기준으로, 초본류는 잔디, 소관목은 연산홍 등을 선정하여 그 실중량을 산정하였으며, 대관목의 경우 그 중량은 與水 鑑의 식을 적용하여 수목의 지상부중량과 뿌리분의 중량을 산정하여 도출하였다.

이상의 도출된 결과를 종합하여 식재기반의 구성방법 및 수종의 종류에 따른 각 하중을 산정하였으며, 이를 바탕으로 각 조건에 따른 하중값을 제시하여 건축물에 적합한 옥상녹화방안을 제시하는 것까지를 본 연구의 범위로 하였다.

2. 옥상녹화 하중

2.1 식재기반

1) 방수층

옥상녹화시 방수층의 구성은 현재 국내 옥상방수공사 시 활용되고 있는 방수공법을 기준으로 하였으며, 방수층구성별 단위면적당 하중은 표 1과 같다.

표 1. 방수층 종류에 따른 하중

방수공법	방수층구성	두께(cm)	중량 (kg/m ²)	총중량(kg/m ²)
시멘트 액체방수	마감 모르터	2.5	20	70.0
	경량콘크리트	6.0	15	
	방수층	0.9	15	
	고름 모르터	1.5	20	
시트방수	경량콘크리트	6.0	15	50.0
	방수시트	1.2	15	
	고름 모르터	1.5	20	
합성수지 도막방수	마감 모르터	3.0	30	82.4
	보호 모르터	1.5	30	
	도막 방수층	0.2	2.4	
아스팔트 방수	고름 모르터	1.5	20	123
	방수모르터	3.0	20	
	경량콘크리트	9.0	18	
	A/S 방수층	0.9	15	
	A/S 모르터	1.0	20	
	A/S 피치	0.5	15	
고름모르터	1.5	20		

옥상녹화에 있어 방수층은 배수층 및 식생층에 함유된 수분을 차단하기 위해 반드시 설치되어야 할 중요한 요소이며, 각각의 방수공법은 그 사용재료 및 시공방법에 따라 단위면적당 중량이 변화하게 된다. 방수공법의 종류에 따른 방수층의 단위면적당 총중량은 시트방수, 시멘트액체방수, 합성수지 도막방수, 아스팔트방수 순으로 증가하는 것으로 나타났다. 이중 아스팔트 방수는 시공이 매우 복잡하고 또한 방수층의 중량이 큼으로 옥상녹화시 방수공법으로 선정할 경우 구조 및 시공적 측면에서 불합리할 것으로 판단된다. 그러나, 옥상녹화를 위한 옥상층 바닥슬래브의 방수공법을 시트방수로 할 경우 단위면적당 중량은 약 50kg/m²로서 아스팔트방수공법에 비하여 약 60%정도의 하중감소효과가 있어 옥상녹화시 발생하는 추가하중을 경감할 수 있는 방안으로서 그 활용성이 매우 높을 것으로 판단된다.

2) 배수층

옥상녹화 배수층 형성 재료에 따른 단위용적중량은 표 2와 같다.

표 2. 배수층 구성재료의 물성

구 성 재 료	단위용적중량 (kg/m ³)		
	절건상태	기건상태	습윤상태
쇄 석 자 갈	1,600~1,800	1,700~1,800	1,800~1,900
화 산 자 갈	1,250	1,500	1,650
인공경량골재	-	-	374
퍼 라 이 트	120	180	600

현재 옥상녹화 시 배수층 형성은 주로 쇄석자갈을 사용하고 있으나, 쇄석자갈은 단위용적당 중량이 매우 큼으로 기존건축물의 옥상녹화시 하중의 부담이 매우 클 것으로 판단된다.

그러나, 배수층을 펄라이트 및 인공경량골재 등으로 대체 사용할 경우 녹화에 따른 추가하중을 경감할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 배수층은 항상 습윤환경하에 있으므로 옥상녹화 하중 산정시 각 재료별 습윤상태의 중량을 고려해야 할 것으로 판단된다.

3) 토양·식재층

수목은 그 종류에 따라 뿌리내림의 정도가 다르며, 또한 뿌리의 생육양상도 현저한 차이를 가진다. 각 식물의 종류에 따라 생장에 필요한 토심(토양의 심도)은 차이가 있으며, 그 최소심도는 표 3과 같다.

표 3. 식물생장에 필요한 토양의 최소심도

분 류	※ 배수층제외	
	생장최소심도(cm)	생존최소심도(cm)
초 본 류	15	30
소 관 목	30	45
대 관 목	45	60
천근성 교목	60	90
심근성 교목	90	150

수목의 성장을 위해 실시하는 토양·식재층은 주로 일반적 인 토사를 이용하고 있으나, 버미큘라이트, 펄라이트, 피트모스 등의 경량토 또한 옥상녹화용 토양재로서 활용이 고려되고 있다. 각 토양재의 함수율에 따른 단위용적중량은 표 4와 같다.

표 4. 토양재의 종류에 따른 단위용적중량

종 류	단위용적중량 (kg/m ³)		
	절건상태	기건상태	습윤상태
점토	1,200~1,700	1,700~1,800	1,800~1,900
일반토사	1,300~1,600	1,400~1,700	1,500~1,800
버미큘라이트	120	-	-
펄라이트	120	180	600
피트모스	100	-	-
화산모래	900	-	1,110
석탄재	1,000	1,100	1,450

2.2 식재수목

1) 초본류

본 연구에서는 옥상녹화 식재수목 중 초본류는 가장 보편적으로 활용하고 있는 잔디를 대상으로 하였으며, 그 성질은 표 5와 같다.

표 5. 잔디의 성질

품종	엽폭	초장	엽색	엽끝	중량
센터키블루 글래스	2~4mm	15~30cm	진녹색	보트형	6kg/m ²

2) 소관목류

소관목류는 산철쭉, 자산홍, 연산홍을 대상으로 하였으며, 규격은 수고 0.3m, 수폭 0.3m로서 평균중량은 1kg/주이다. 식재시 소관목류의 평균 수폭은 0.3m로서 단위면적에 식재할 경우 최대 9주가 가능할 것으로 사료되나, 본 연구에서는 소관목류의 단위면적당 식재수는 5주를 식재하는 것으로 설정하였다.

3) 대관목류

대관목의 중량은 興水 鑿가 제안한 수목중량산정식을 이용하여 수목의 수고, 수폭 및 직경을 기준으로 산정하였다. 또한 수종은 소나무로 한정하였으며, 나무의 규격은 조달청 수목단가표를 이용하여 선정하였다. 나무의 규격에 따른 중량은 표 6과 같다.

$W = w_1 + w_2$ ---- 식 1.

$w_1 = k\pi(\frac{d}{2})^2 Hw(1+p)$ ---- 식 2.

$w_2 = \alpha\pi A^3\beta$ ---- 식 3.

$A = 4D + 0.12$ ---- 식 4.

여기서,

W : 수목전체중량

w1 : 지상부중량 w2 : 지하부중량

k : 나무줄기형상계수(0.5) d : 흉고직경(m) H : 수고(m)

w : 나무줄기단위체적중량(소나무:1,300kg/m³)

p : 가지와 잎의 다소에 따른 할증율(1.2)

A : 뿌리화분의 직경(m)

α : 뿌리화분의 형상계수(보통분 : 0.15)

β : 뿌리화분 토양의 단위체적당 중량 (1700kg/m³)

D : 근원직경(m)-2.5d(d≤0.2m)

표 6. 수목의 규격에 따른 수목중량(소나무)

수고 (m)	수관폭 (m)	직경 (m)	중량 (kg)			단위면적당중량 (kg/m ²)
			w1	w2	W	
1.5	0.6	0.03	0.827	11.068	11.895	42.031
2.0	0.8	0.06	4.409	37.357	41.766	83.034
2.5	1.0	0.08	9.797	68.206	78.003	99.367
3.0	1.2	0.10	18.369	112.580	130.949	115.782
3.5	1.5	0.15	48.218	298.850	347.068	196.417

표 7. 옥상녹화 식재기반 구성에 따른 적재하중

방수공법	배수층	토양 식재층	식재수목	하중 (kg/m ²)	방수공법	배수층	토양 식재층	식재수목	하중 (kg/m ²)	방수공법	배수층	토양 식재층	식재수목	하중 (kg/m ²)	방수공법	배수층	토양 식재층	식재수목	하중 (kg/m ²)								
																				방수공법	배수층	토양 식재층	식재수목	하중 (kg/m ²)			
시멘트액체방수	셰석자갈	일반토사	초본류	756	셰석자갈	일반토사	초본류	736	셰석자갈	일반토사	초본류	768	셰석자갈	일반토사	초본류	809	셰석자갈	초관목	초관목	1,056							
			초관목	1,005			초관목	983			초관목	1,015			초관목	1,299			초관목	1,340							
			대관목	1,287			대관목	1,267			대관목	1,299			대관목	1,340			대관목	1,340							
		퍼라이트	초본류	441		퍼라이트	초본류	421		퍼라이트	초본류	453		퍼라이트	초본류	494		퍼라이트	초본류	494	퍼라이트	초본류	593	퍼라이트	초본류	593	
			초관목	530			초관목	520			초관목	552			초관목	593			초관목	593							
			대관목	657			대관목	637			대관목	669			대관목	710			대관목	710							
	화산모래	초본류	594	화산모래	초본류	574	화산모래	초본류	606	화산모래	초본류	647	화산모래	초본류	647	화산모래	초본류	813	화산모래	초본류	813						
		초관목	760		초관목	740		초관목	772		초관목	813		초관목	813												
		대관목	963		대관목	943		대관목	975		대관목	1,016		대관목	1,016												
	인공경량골재	일반토사	초본류	608	인공경량골재	일반토사	초본류	588	인공경량골재	일반토사	초본류	620	인공경량골재	일반토사	초본류	661	인공경량골재	일반토사	초본류	661	인공경량골재	초관목	초관목	908			
			초관목	855			초관목	835			초관목	867			초관목	1,181			초관목	1,181							
			대관목	1,140			대관목	1,120			대관목	1,152			대관목	1,181			대관목	1,181							
		퍼라이트	초본류	293		퍼라이트	초본류	273		퍼라이트	초본류	305		퍼라이트	초본류	346		퍼라이트	초본류	346		퍼라이트	초본류	435	퍼라이트	초본류	435
			초관목	382			초관목	362			초관목	394			초관목	435			초관목	435							
			대관목	509			대관목	489			대관목	521			대관목	562			대관목	562							
	화산모래	초본류	446	화산모래	초본류	426	화산모래	초본류	458	화산모래	초본류	499	화산모래	초본류	499	화산모래	초본류	562	화산모래	초본류	562						
		초관목	612		초관목	592		초관목	624		초관목	665		초관목	665												
		대관목	815		대관목	795		대관목	827		대관목	868		대관목	868												
	퍼라이트	일반토사	초본류	631	퍼라이트	일반토사	초본류	611	퍼라이트	일반토사	초본류	643	퍼라이트	일반토사	초본류	684	퍼라이트	일반토사	초본류	684	퍼라이트	초관목	초관목	931			
			초관목	878			초관목	858			초관목	890			초관목	1,215			초관목	1,215							
			대관목	1,162			대관목	1,142			대관목	1,174			대관목	1,215			대관목	1,215							
		퍼라이트	초본류	316		퍼라이트	초본류	296		퍼라이트	초본류	328		퍼라이트	초본류	369		퍼라이트	초본류	369		퍼라이트	초본류	457	퍼라이트	초본류	457
			초관목	404			초관목	384			초관목	416			초관목	457			초관목	457							
			대관목	532			대관목	512			대관목	544			대관목	585			대관목	585							
화산모래	초본류	469	화산모래	초본류	449	화산모래	초본류	481	화산모래	초본류	522	화산모래	초본류	522	화산모래	초본류	688	화산모래	초본류	688							
	초관목	635		초관목	615		초관목	647		초관목	688		초관목	688													
	대관목	838		대관목	818		대관목	850		대관목	891		대관목	891													

※ 배수층의 두께 : 0.1m ※ 토양식생층 두께 : 초본류 - 30cm, 소관목 - 45cm, 대관목 - 60cm

※ 식재수종 : 초본류-잔디, 소관목-연산홍, 대관목-소나무(수고 1.5m, 수관폭 0.6m, 직경 0.03m)

3. 식재기반구성에 따른 옥상녹화 하중

옥상녹화 식재기반을 방수층, 배수층, 토양·식재층으로 구분하고, 또한 식재수목의 종류에 따른 옥상녹화하중을 검토한 결과는 표 7과 같다.

3.1 방수공법에 따른 옥상녹화 적재하중

옥상녹화시 옥상바닥슬래브의 방수공법에 따른 식재기반 및 식재수목의 변화에 대한 적재하중은 그림 1과 같다.

옥상녹화를 위한 방수 및 식재기반, 식재수목에 따른 하중은 아스팔트방수층 상부에 쇠석자갈의 배수층과 식생·토양층 일반토사 및 대관목을 식재한 경우 단위면적당 녹화하중은 약 1,287kg으로서 가장 높은 것으로 나타났다. 반면에 옥상방수층 시트방수로 하고, 배수층을 인공경량골재, 식생·토양층을 펄라이트 및 초본류를 식재한 경우는 약 273kg으로서 옥상녹화시 적재하중이 가장 적은 것으로 나타났다.

식재기반의 조합 및 식재수목이 동일할 경우, 옥상녹화하중은 아스팔트방수, 합성수지도막방수, 시멘트액체방수, 시트방수 순으로 나타나 옥상녹화 시공시 방수공법은 시트방수로 하는 것이 건축물의 적재하중을 경감하는데 유리할 것으로 판단된다.

식재수목의 변화에 따른 옥상녹화하중은 식재수목이 초본류에서 소관목, 대관목으로 변화함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 이는 식재수목에 따라 생존최소심도가 다르고 이에 따라 토심이 초본류는 30cm, 소관목은 45cm, 대관목은 60cm로 변화함에 기인한 것으로 사료된다. 따라서 식재수목이 초본류에서 대관목으로 변화함에 따라 토심의 증가에 따른 옥상녹화하중이 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타나 옥상녹화 식재수목을 대관목으로 선정할 경우에는 옥상녹화하중에 따른 건축물의 구조적 검토가 보다 면밀하게 이루어져야 할 것으로 판단된다.

시트방수에서 옥상녹화 기반 중 배수층을 쇠석자갈로서 사용할 경우 식생·토양층이 일반토사에서 화산모래, 펄라이트로 변화함에 따라 적재하중은 각각 약 24%, 47%, 인공경량골재의 경우는 각각 약 29%, 56%, 펄라이트의 경우는 28%, 53%정도 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 토양·식생층을 일반토사로 사용할 경우 배수층 재료가 쇠석자갈에서 인공경량골재, 펄라이트로 변화함에 따라 적재하중은 각각 약 26%, 23%, 펄라이트일 경우 29%, 25%, 화산모래일 경우 21%, 17%로 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 배수층 및 토양·식생층이 일반 토사 및 쇠석자갈에서 인공경량골재, 펄라이트, 화산모래의 경량재료로서 변화함에 따라 옥상녹화하중은 매우 큰 폭으로 감소하였으며, 경량재료의 적용은 배수층보다 토양·식생층에 적용할 경우 그 효과가 배가될 것으로 판단된다. 특히, 배수층 및 토양·식생층을 보편적으로 활용되고 있는 쇠석자갈과 일반토사를 인공경량골재 및 펄라이트로 대체 할 경우 옥상녹화 적재하중은 약 65%정도 감소하는 것으로 나타나 옥상녹화에 따른 추가하중의 경감에 매우 유리할 것으로 사료된다.

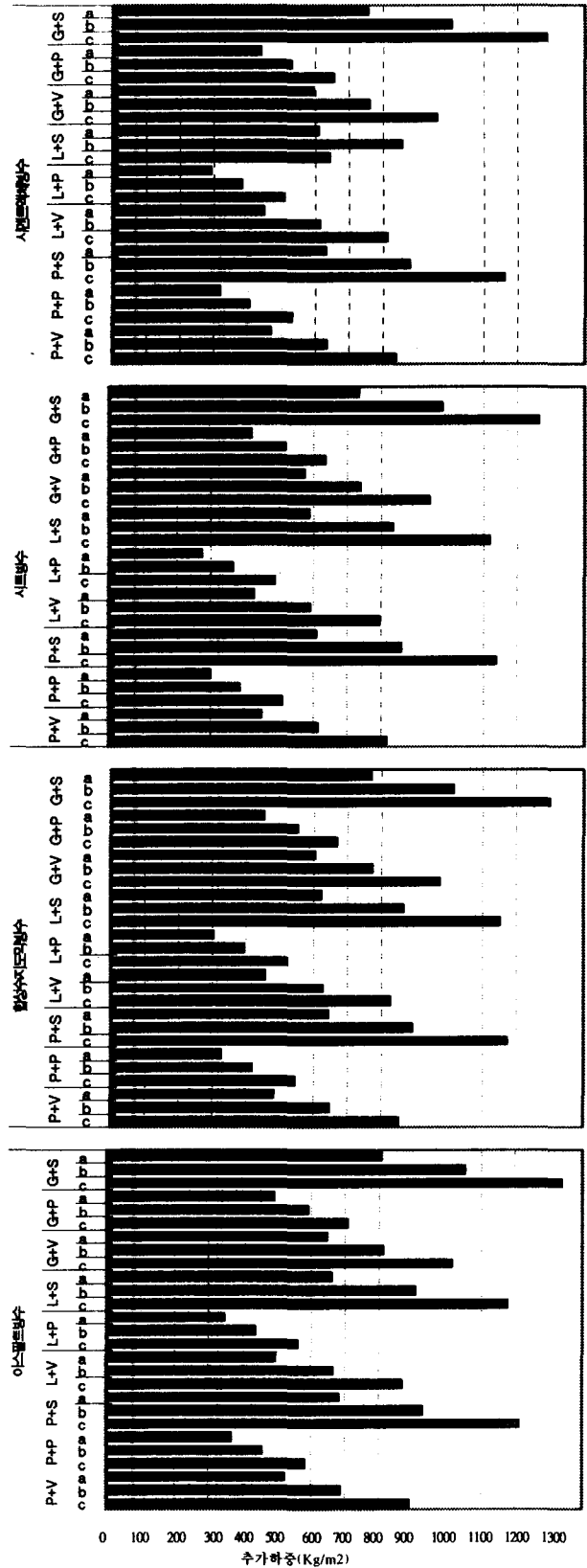


그림 1. 방수공법에 따른 옥상녹화 적재하중

- +○ : 배수층 + 토양·식생층
- G: 쇠석자갈, L: 인공경량골재, P: 펄라이트, S: 일반토사,
- V: 화산모래, a: 초본류, b: 소관목, c: 대관목

3.2 식재수목 종류에 따른 옥상녹화 적재하중

옥상녹화 시공시에는 건축물에 옥상녹화에 따른 추가하중이 발생되게 되며, 이는 건축물의 구조적인 문제를 유발하게 된다. 우리나라에서 건설되는 건축물의 옥상은 그 용도에 따라 적재하중에 대응하도록 규정되고 있으며, 그 내용은 표 8과 같다.

표 8. 건축물 종류별 옥상층 적재하중

건축물 종류	적재하중(kg/m ²)
사무실·학교·주거용 건축물	200
옥상플라자·테라스·옥상정원	500
적재물이 거의 없는 옥상	100
30° 이상 경사지붕·곡면지붕	80
헬리콥터 정착장	500

표 9. 옥상녹화 적재하중 - 초본류

단위중량(kg/m ²)	식재기반구성 (방수공법+배수층+식생·토양층)
200~300	시멘트액체방수 +인공경량골재 +퍼라이트
	시트방수 +인공경량골재 +퍼라이트
	시트방수 +퍼라이트 +퍼라이트
300~400	시멘트액체방수 +퍼라이트 +퍼라이트
	합성수지도막방수 +인공경량골재 +퍼라이트
	합성수지도막방수 +퍼라이트 +퍼라이트
	아스팔트방수 +퍼라이트 +퍼라이트
400~500	아스팔트방수 +인공경량골재 +퍼라이트
	시멘트액체방수 +쇄석자갈 +퍼라이트
	시멘트액체방수 +인공경량골재 +화산모래
	시멘트액체방수 +퍼라이트 +화산모래
	시트방수 +쇄석자갈 +퍼라이트
	시트방수 +인공경량골재 +화산모래
	시트방수 +퍼라이트 +화산모래
	합성수지도막방수 +쇄석자갈 +퍼라이트
	합성수지도막방수 +인공경량골재 +화산모래
	합성수지도막방수 +퍼라이트 +화산모래
	아스팔트방수 +쇄석자갈 +퍼라이트
	아스팔트방수 +인공경량골재 +화산모래
500~1,000	시멘트액체방수 +쇄석자갈 +일반토사
	시멘트액체방수 +쇄석자갈 +화산모래
	시멘트액체방수 +인공경량골재 +일반토사
	시멘트액체방수 +퍼라이트 +일반토사
	시트방수 +쇄석자갈 +일반토사
	시트방수 +쇄석자갈 +화산모래
	시트방수 +인공경량골재 +일반토사
	시트방수 +퍼라이트 +일반토사
	합성수지도막방수 +쇄석자갈 +일반토사
	합성수지도막방수 +쇄석자갈 +화산모래
	합성수지도막방수 +인공경량골재 +일반토사
	합성수지도막방수 +퍼라이트 +일반토사
	합성수지도막방수 +퍼라이트 +화산모래
	합성수지도막방수 +퍼라이트 +퍼라이트
	아스팔트방수 +쇄석자갈 +퍼라이트
	아스팔트방수 +쇄석자갈 +화산모래
	아스팔트방수 +인공경량골재 +일반토사
	아스팔트방수 +인공경량골재 +화산모래
아스팔트방수 +퍼라이트 +일반토사	
아스팔트방수 +퍼라이트 +화산모래	
1,000이상	-

이상의 적재하중에 대한 옥상녹화 방수공법 및 식재기반, 식재수목에 따른 하중을 검토하기 위하여 단위중량에 따라 옥상녹화 적재하중을 분류한 결과는 표 9~표 11과 같다. 본 연구에서 대상으로한 옥상녹화 식재기반의 구성의 경우 모든 경우에서 단위면적당 적재하중은 200kg이상의 범위를 나타내어 기 건축된 사무실·학교·주거용 건축물에는 적용하는 데 문제가 있을 것으로 사료된다. 그러나 건축물 신축시 옥상정원을 사전 계획하여 옥상바닥슬래브의 적재하중을 500kg/m²으로 설계한다면 초본류 및 소관목을 비롯한 대관목의 경우도 식재가 가능할 것으로 판단된다.

표 10. 옥상녹화 적재하중 - 소관목

단위중량(kg/m ²)	식재기반구성 (방수공법+배수층+식생·토양층)
200~300	-
300~400	시멘트액체방수 +인공경량골재 +퍼라이트
	시트방수 +인공경량골재 +퍼라이트
	시트방수 +퍼라이트 +퍼라이트
400~500	합성수지도막방수 +인공경량골재 +퍼라이트
	시멘트액체방수 +퍼라이트 +퍼라이트
	아스팔트방수 +인공경량골재 +퍼라이트
500~1,000	아스팔트방수 +퍼라이트 +퍼라이트
	시멘트액체방수 +쇄석자갈 +퍼라이트
	시멘트액체방수 +쇄석자갈 +화산모래
	시멘트액체방수 +인공경량골재 +일반토사
	시멘트액체방수 +인공경량골재 +화산모래
	시멘트액체방수 +퍼라이트 +일반토사
	시멘트액체방수 +퍼라이트 +화산모래
	시트방수 +쇄석자갈 +일반토사
	시트방수 +쇄석자갈 +퍼라이트
	시트방수 +쇄석자갈 +화산모래
	시트방수 +쇄석자갈 +일반토사
	시트방수 +인공경량골재 +일반토사
	시트방수 +인공경량골재 +화산모래
	시트방수 +퍼라이트 +일반토사
	시트방수 +퍼라이트 +화산모래
	합성수지도막방수 +쇄석자갈 +퍼라이트
	합성수지도막방수 +쇄석자갈 +화산모래
	합성수지도막방수 +인공경량골재 +일반토사
합성수지도막방수 +인공경량골재 +화산모래	
합성수지도막방수 +퍼라이트 +일반토사	
합성수지도막방수 +퍼라이트 +화산모래	
합성수지도막방수 +퍼라이트 +퍼라이트	
아스팔트방수 +쇄석자갈 +퍼라이트	
아스팔트방수 +쇄석자갈 +화산모래	
아스팔트방수 +인공경량골재 +일반토사	
아스팔트방수 +인공경량골재 +화산모래	
아스팔트방수 +퍼라이트 +일반토사	
아스팔트방수 +퍼라이트 +화산모래	
1,000이상	시멘트액체방수 +쇄석자갈 +일반토사
	합성수지도막방수 +쇄석자갈 +일반토사
	아스팔트방수 +쇄석자갈 +일반토사

표 11. 옥상녹화 적재하중 - 대관목

단위중량(kg/m ²)	식재기반구성 (방수공법+배수층+식생 토양층)		
200~300	-		
300~400	-		
400~500	시트방수	+인공경량골재	+퍼라이트
500~700	시멘트액체방수	+쇄석자갈	+퍼라이트
	시멘트액체방수	+인공경량골재	+퍼라이트
	시멘트액체방수	+퍼라이트	+퍼라이트
	시트방수	+쇄석자갈	+퍼라이트
	시트방수	+퍼라이트	+퍼라이트
	합성수지도막방수	+쇄석자갈	+퍼라이트
	합성수지도막방수	+인공경량골재	+퍼라이트
	합성수지도막방수	+퍼라이트	+퍼라이트
	아스팔트방수	+인공경량골재	+퍼라이트
	아스팔트방수	+퍼라이트	+퍼라이트
700~1,000	시멘트액체방수	+쇄석자갈	+화산모래
	시멘트액체방수	+인공경량골재	+화산모래
	시멘트액체방수	+퍼라이트	+화산모래
	시트방수	+쇄석자갈	+화산모래
	시트방수	+인공경량골재	+화산모래
	시트방수	+퍼라이트	+화산모래
	합성수지도막방수	+쇄석자갈	+화산모래
	합성수지도막방수	+인공경량골재	+화산모래
	합성수지도막방수	+퍼라이트	+화산모래
	아스팔트방수	+쇄석자갈	+퍼라이트
	아스팔트방수	+인공경량골재	+화산모래
	아스팔트방수	+퍼라이트	+화산모래
1,000이상	시멘트액체방수	+쇄석자갈	+일반토사
	시멘트액체방수	+퍼라이트	+일반토사
	시트방수	+쇄석자갈	+일반토사
	시트방수	+인공경량골재	+일반토사
	시트방수	+퍼라이트	+일반토사
	합성수지도막방수	+쇄석자갈	+일반토사
	합성수지도막방수	+퍼라이트	+일반토사
	아스팔트방수	+쇄석자갈	+일반토사
	아스팔트방수	+쇄석자갈	+화산모래
	아스팔트방수	+퍼라이트	+일반토사

4. 결 론

옥상녹화 시 옥상바닥슬래브의 방수공법, 식재기반 및 식재수목에 따른 적재하중을 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 옥상녹화를 위한 방수공법은 시공적 측면과 적재하중을 고려할 때, 시트방수공법을 적용하는 것이 유리한 것으로 나타났다.
- 2) 옥상녹화 시 배수층 및 토양식생층은 항상 습윤환경하에 있으므로 옥상녹화 하중 산정시 각 재료별 습윤상태의 중량을 고려해야 할 것으로 판단된다.
- 3) 배수층 재료가 쇄석자갈에서 인공경량골재, 퍼라이트로 변화함에 따라 옥상녹화 적재하중은 각각 약 25%, 26%정도 감소하는 것으로 나타났다.

4) 토양식생층 재료가 일반토사에서 화산모래로 변화함에 따라 옥상녹화 적재하중은 약 27% 감소하였으며, 특히 퍼라이트로 대체사용할 경우는 약 52%의 하중 경감효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

5) 본 연구에서 대상으로 한 방수공법 및 식재기반, 식재수목에 따른 옥상녹화 적재하중은 모든 조건에서 사무실·학교주거용 건축물의 적재하중 기준을 초과하였다. 따라서, 기존 건축물에 옥상녹화 적용시 보다 면밀한 구조검토가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

6) 신축건물 설계시 옥상정원을 고려하여 계획한다면, 다양한 옥상녹화방안이 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 옥상녹화 공법을 보편적으로 적용되는 조건으로 한정하여 옥상녹화 적재하중을 검토한 결과 모든 경우에서 기존 건축물에 적용하기에는 구조적 문제가 발생하는 것으로 나타났다. 그러나, 기존 건축물의 옥상녹화면적을 고려하고 또한 현재 개발되고 있는 다양한 경량재료를 활용한다면 기존 건축물에서도 옥상녹화가 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 한국조경학회, 조경식재설계론, 문운당, 1995, p275~310
2. 이영무, 실내조경, 기문당, 1995
3. 한국건설기술연구원, Green Town 개발사업Ⅱ 연구보고서, 1997, p7~25
4. 심근정, 건축공간의 녹화, 대우출판사, p94
5. 대한주택공사연구소, 아파트단지내 인공지반 조경녹화방안 연구, 1995, p138~150
6. 한국건설기술연구원, 생태도시 조성 기반기술 개발사업, 국립환경연구원, 1997, p58~64
7. 이영무, 하중제한이 기존건물의 옥상조경에 미치는 영향, 한국조경학회지 Vol.26, No.2, 1998, p166~180
8. 김도경, 황지환, 인공지반에서 토양하중에 따른 건축구조물 골조원가의 비교연구, 한국조경학회지 Vol.29, No.6, 2001, p72~81
9. 東京都新宿區 編著, 都市建築物の緑化手法, 彰國社, 1994, p30~31
10. 都市緑化技術開發機構, Neo Green Space Design 1, 誠文堂新光社, 1996
11. 都市緑化技術開發機構, Neo Green Space Design 2, 誠文堂新光社, 1996
12. 興水肇, 建築空間の緑化手法, 彰國社, 1995, p82~83
13. 船瀬俊介, 屋上緑化一線の建築が都市を救う, 築地書館, 2001, p12~20