

옥상슬래브 단열조건에 따른 옥상녹화의 열환경 조정효과

여 인 애, 조 홍 제, 윤 성 환^{*†}

부산대학교 건축공학과, ^{*}부산대학교 건축학부

The Control of Temperature of Green Roof System with the Roof Slab Insulation Method

In-Ae Yeo, Hong-Je Cho, Seong-Hwan Yoon^{*†}

Department of Architectural Eng., Pusan National Univ., Busan 609-735, Korea

^{*}School of Architecture, Pusan National Univ., Busan 609-735, Korea

ABSTRACT: On this study, the Control of Temperature is specified on the view of indoor comfort and building energy consumption. It is estimated by Dynamic heat load simulation which has the factors of insulation method and the soil thickness of the green roof system. The fact that the model which has no insulation has the greatest effect of dropping high temperature and the cooling load decrease is confirmed.

Key words: Green roof (옥상녹화), Insulation method(단열방식), Control of temperature(열환경 조정효과), Dynamic heat load simulation(동적열부하 시뮬레이션)

기 호 설 명

U-Value : 열전달계수 [W/m²K]

SC : 일사차폐계수

1. 서 론

1.1 연구배경 및 필요성

오늘날의 도시는 광역에 걸친 복잡한 환경문제를 가지고 있으며 도시문제의 확장은 지구적인 문제의 큰 축이 되고 있다. 이러한 지구적 차원의 문제의 심각성을 인식하고 해결하려는 노력의 움직임이 국제적으로 일어났으며 그 대표적인 예

가 “교토 의정서”와 같은 협약의 이행이다. 국내 공공사업에서는 이를 반영한 다양한 움직임이 일어나고 있으며 건축 관련 분야에서는 청정에너지, 자원의 리사이클과 같은 기술개발과 환경정화와 같은 생태복원 차원의 노력이 이루어지기 시작하는 단계에 있다. 이러한 노력의 일환으로 도시의 생태복원 차원에서 도시녹지 및 건축물 녹화가 주목받고 있다. 그러나 지금까지 형식적으로 조성되어 온 측면이 있는 녹화조성과 차별화 된 성과를 거두기 위해서는 녹화에서 비롯되는 환경 조정효과에 대한 정량적 분석 및 검증이 필수적이라 생각된다.

1.2 연구의 목적

건축물이 밀집되어 있는 도시지역에 새로운 녹화공간을 조성하기 위해서는 도시의 미 이용 녹

† Corresponding author

Tel.: +82-51-510-2355; fax: +82-51-514-2230

E-mail address: yoon@pusan.ac.kr

화공간을 최대한 확보할 필요가 있다. 이러한 관점에서 건축물의 옥상과 벽면은 도시지역의 녹화가능면적을 제공하는 장소가 된다. 도시지역의 건축물 옥상을 녹화하는 방법으로는 기존 건축물의 미이용 옥상공간을 녹화하는 방법과, 신축건물에 옥상녹화를 계획하는 방법으로 나눌 수 있는데 이는 건물의 하중 증가에 따른 대책 뿐 아니라 건물에 시공된 단열방법에 따라 발생하는 옥상녹화의 열환경 조정효과의 차이의 관점에서도 고려해야 할 문제이다.

따라서 본 연구는 건축물의 단열방식에 따른 열환경 조정효과의 차이를 정량적으로 밝혀 추후 옥상녹화 조성 시 단열효과를 고려할 수 있는 참고 자료로 제시하고자 한다.

2. 옥상녹화 모델의 개념화

2.1 옥상녹화 시스템의 열수지

옥상녹화를 행할 경우의 열이동 개념을 Fig. 1에 표시하였다. 이러한 열이동은 대상지역의 기상조건, 녹화방법, 건물의 조건(구조, 옥상 슬래브의 단열성능, 설비 스페이스의 유무), 실내의 조건에 의해 달라진다.

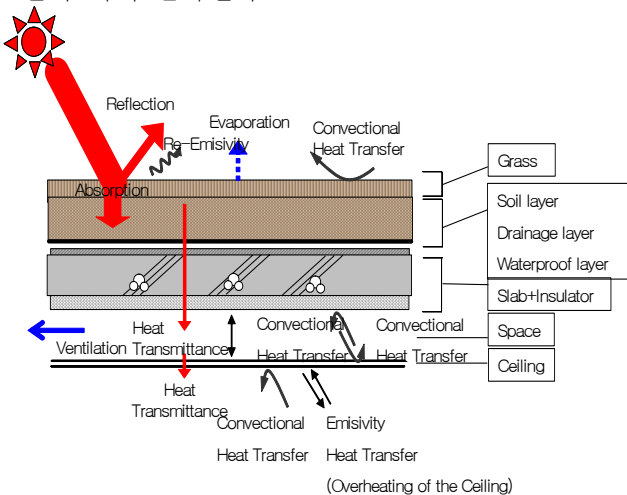


Fig. 1. The Elements related to the heat flow in the case of setting up green roof system.

본 논문에서 적용한 옥상녹화 시스템의 열수지를 풀기 위해서는 식생의 일사반사율, 장파장 방사율, 대류열전달률 및, 증발잠열량, 성토층의 물성치를 알아야 하므로 기존연구⁽¹⁾를 바탕으로 아래의 열물성치를 적용한다.

- ① 식생의 일사반사율: 0.3.
- ② 식생의 장파장 방사율: 0.9.
- ③ 식생 표면에 대한 대류 열전달률: $7.1+10.62 \times$ 옥외풍속 m/s.
- ④ 식생의 증발산 효과(일사반사율에 반영): 0.8.
- ⑤ 식생층의 등가적열저항: $0.33 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- ⑥ 성토의 열물성치: 열전도율 0.3 W/mK , 용적비열 $1400 \text{ kJ/m}^3\text{K}$.

2.2 옥상녹화 기반과 옥상슬래브의 조합

건축물의 단열방식에 따른 옥상녹화의 단열성능을 파악하기 위해 설정한 모델 상제는 다음과 같다. 최상층 슬래브가 무단열, 내단열, 외단열일 때 단열두께를 30mm, 50mm, 80mm, 100mm로 변화시켜 단열방식 및 단열두께에 따른 옥상녹화의 단열성능을 검토하였다. 옥상 식재 기반으로는 토양 두께를 0mm, 10mm, 100mm로 변화시켰을 때 단열방식과 관련한 성능의 차이가 있는지 알아보기 위한 것이다.

Table 1. Model naming.

Insulation method	Insulator thickness (mm)	Soil thickness (mm)	Model	
None(RN)	0	0, 10(1), 100(10)	RN 00-0	
			RN 00-1	
			RN 00-10	
Inside(Ri)	30	0, 10(1), 100(10)	Ri 30-0	
		50	0, 10(1), 100(10)	~
		80	0, 10(1), 100(10)	~
		100	0, 10(1), 100(10)	Ri 100-10
Outside(Ro)	30	0, 10(1), 100(10)	Ro 30-0	
		50	0, 10(1), 100(10)	~
		80	0, 10(1), 100(10)	~
		100	0, 10(1), 100(10)	Ro 100-10

3. 시뮬레이션 방법 및 내용

3.1 시뮬레이션 프로그램

건물의 동적 열부하 시뮬레이션은 열부하 계산 프로그램 Simulation Program for Heat Load(이하, SimHeat)를 사용하였다. SimHeat는 캐드에 근거해 다수실의 동적 열부하 계산을 행하는 열부하·실온예측 프로그램으로 실내의 표면 열전

달률을 대류 열전달률과 복사 열전달률로 분리해 계산하는 비정상 열부하 계산 프로그램⁽²⁾이다.

3.2 시뮬레이션 입력조건

3.2.1 시뮬레이션 건물 평면 및 구성

오피스 평면구성은 전체 바닥면적 400m²중 80m²는 복층 코어부분으로 320m²는 작업공간으로 분할하였으며 작업공간은 하나의 실로 구성되어 있다. 오피스 재실 인원을 0.2 인/m² 기준으로 하여 오피스 작업 공간 수용 인원수를 64명으로 설정하였고 이에 따라 기기, 조명의 개수를 산정하고, 조명발열 및 기기발열은 각각 15 W/m², 20 W/m²로 설정하였다.

Table 2. Basic Items of office model for simulation

Item	Value
Height	3.25m
Floor space	20m×20m=400m ²
Length : Width	1:1
Window size	30%
U-Value	2.56 W/m ² K (Heat absorbing glass)
Shielding Coefficient(SC)	0.48

본 오피스 건물은 총 15층으로 설정되어 있으나 옥상녹화를 구성하는 구조체 및 식재기반의 열성능을 검토하는 것을 목적으로 하므로 부하량이 가장 많이 발생하고 실내 조건에서 열적으로 가장 불리한 최상층을 시뮬레이션 대상실로 설정하였다.

3.2.2 오피스 재실자의 생활패턴

오피스 모델을 이용한 동적 열부하 계산 시 재실자의 생활 패턴과 실내 공조 조건을 고려해야 한다. 재실자가 오피스에 근무하는 시간은 주중 오전 9시~오후 6시로 설정한다. 재실자가 사용하는 실내 발열기기 및 조명기구는 재실자의 실내 거주 시간과 동일하게 설정하였다. 실내 측 공조는 여름철 냉방온도 25℃ 및 상대습도 50%, 겨울철 난방온도 22℃, 상대습도 40%로 제어하고 자연환기는 없는 것으로 설정하였다. 코어부분은 실내공조 조건은 작업공간과 동일한 조건으로 변동한다고 가정한다. 옥상녹화면적은 옥상면적의

100%로 가정하였다.

4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

4.1 하계의 과열방지 효과

Fig. 2는 하계 대표일 시뮬레이션 대상건물 최상층의 실내측 및 옥상측 표면온도를 나타낸 것이다. 옥상녹화 토심이 확보되지 않은 경우 무단열 모델인 RN 00-0의 온도 분포는 최저 30℃~최고 38℃로 가장 일변동이 크며 대체로 내단열보다 외단열이 단열재 두께의 확보에 따른 온도저감효과가 크게 나타난다. 옥상녹화 토심이 10mm로 확보된 경우, 무단열 모델의 천정표면 온도변화 패턴은 내단열 전체 모델의 일변동과 0.1℃ 이내의 차이로 유사한 결과가 나타나는데 옥상녹화 미설시 모델에 비해 일변동 폭이 1℃ 이내로 감소하고 일 최고온도 또한 8℃가량 감소한다. 옥상녹화 토심이 100mm로 확보된 경우 무단열 및 내단열 모델의 온도 분포는 거의 변화가 나타나지 않는다. 이상의 사실을 통해 옥상녹화의 단열효과는 단열이 미 실시된 건물에서 가장 큰 효과를 나타내며 일정 두께의 옥상녹화 토심이 확보되면 온도저감 효과는 둔화되는 것을 알 수 있다.

4.2 하계의 단열효과

Fig. 3은 8월 적산부하 및 최대 부하를 나타낸 것이다. (a)로부터 옥상녹화 토심이 확보되지 않은 경우의 월적산 부하는 내단열 두께 100mm인 모델 Ri 100-0이 최소가 된다. (b), (c)로부터 옥상녹화 토심이 각각 10mm, 100mm로 확보되면 단열이 없는 모델이 전체 모델 중 월적산 냉방부하가 가장 적어지며 옥상녹화 토심 0mm인 경우에 비해 약 450 KW, 350 KW의 냉방부하가 절감됨을 확인할 수 있다. 내단열 및 외단열의 경우 월적산 냉방부하절감효과는 옥상녹화 토심 확보에 따라 단열두께가 적은 모델에서 크게 나타남을 확인할 수 있다.

냉방부하 피크치의 변화를 살펴보면 옥상녹화 토심 0mm > 토심 100mm > 토심 10mm 순으로 피크치가 커지게 됨을 확인할 때 옥상녹화 적정 토심의 확보가 여름철 냉방부하 전력 피크에 유리하게 작용할 수 있을 것으로 판단된다.

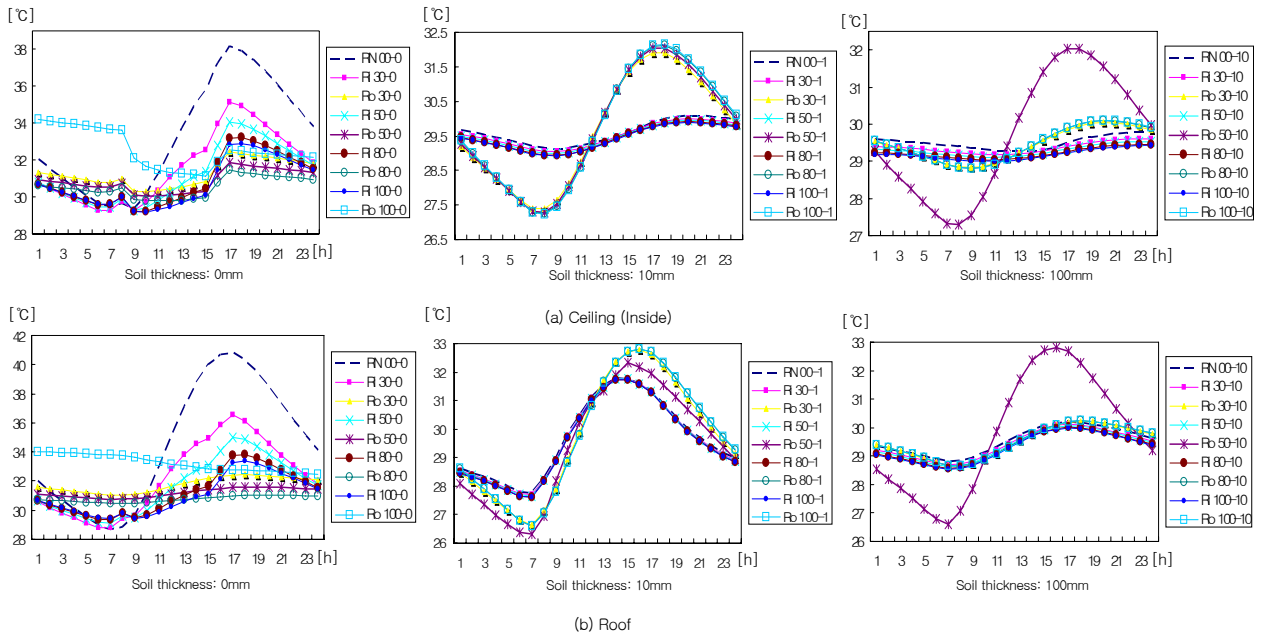


Fig. 2. The Temperature of the ceiling and the roof according to the insulation variations.

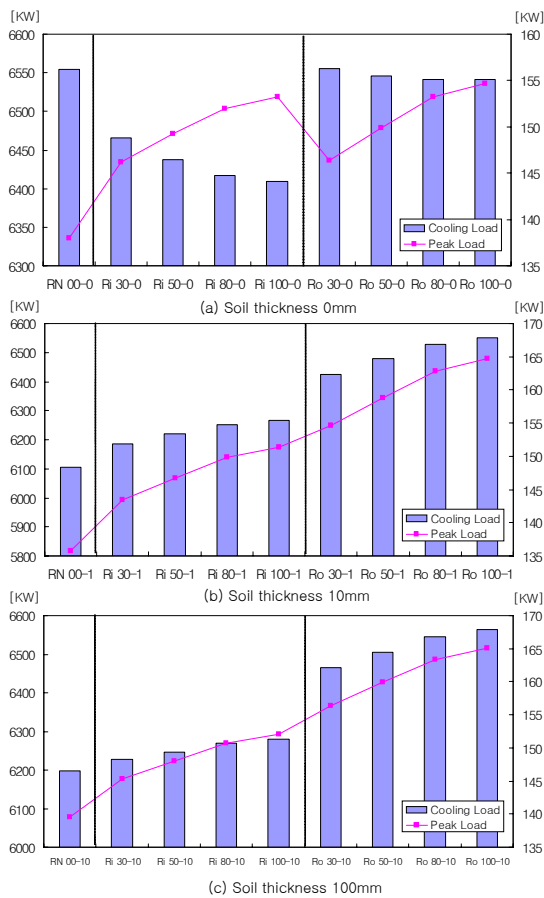


Fig. 3. Cooling load of summer representative day

5. 결론

시뮬레이션 결과를 바탕으로 단열방식에 따른 옥상녹화의 열환경 조정효과에 대해 정리하면 다음과 같다.

(1) 옥상녹화의 온도저감효과는 일정 두께의 옥상녹화 토심이 확보될 때 단열이 미 실시된 건물에서 가장 크게 나타남을 알 수 있다.

(2) 옥상녹화 토심확보에 따른 냉방부하절감효과는 단열이 없는 건물 > 단열두께가 얇은 모델 > 단열 두께가 두꺼운 모델 순으로 크게 나타남을 확인할 수 있다.

참고문헌

- 堀口剛ら, 1995, 屋上緑化システムの提案とその熱的特性 その2 日本建築學術講演梗概集(北海道), pp 485~486.
- Kim, Y. T., Miyajima K., and SaKamoto Y, 2003, The Development of CAD System for Supporting Simulation Load Programs Related to Architectural Environment, AIK, Vol. 21, No. 10, pp. 283-290.
- 梅干野 晁, 尹聖皖, 『環境共生住宅の良さの分析, 屋上緑化による室内環境良化についての検討』, (株)ネオジャグラス, 2001.