

옥상녹화 조성에 따른 열환경 변화분석

An Analysis of Thermal Environment Change according to Green Roof System

박지영* 정응호** 김대욱*** 차재규**** 시미즈 아키*****
Park, Ji-Young Jung, Eung-Ho Kim, Dae-Wuk Cha, Jae-Gyu Shimizu Aki

Abstract

The impermeable area on the surface of city has been increased as buildings and artificial landcover have continually been increased. Urban development has gradually decreased the green zone in downtown and alienated the city from the natural environment on outskirts area devastating the natural eco system. There arise the environmental problems peculiar to city including urban heat island phenomenon, urban flood, air pollution and urban desertification. As one of urban plans to solve such problems, green roof system is attracting attentions. The purpose of this study was to investigate the heat reduction effect according to the development of green roof system and to quantify the heat reduction effect by analyzing through simulation the heat environment before and after green roof system.

For thermal environment analysis, Thermo-Render 3.0 was used that was developed by Tokyo Industrial College to simulate. The simulation showed that the heat island index before and after the development of tree-planting on rooftop changed maximum 0.86°C and the surface temperature changed about 20°C. Only with lawn planting, heat reduction effect was great and it means that the green roof system in low-management-light-weight type is enough to see effect.

The simulation identified that only lawn planting for green rooftop brought such difference and could lower the heat island index at a narrow area. It is judged that application of green roof system to wider areas might relieve urban heat island phenomenon positively.

키 워 드 : 옥상녹화, 서머렌더, 열섬현상

Keywords : Green Roof System, Thermo-Render, heat island phenomenon

1. 서론

1. 배경 및 목적

도시는 건축물과 인공적인 토지피복의 지속적인 증가로 지표면의 불투수 면적이 증가하였다. 도시개발로 인해 도심의 녹지공간이 점점 감소되고 도시외곽의 자연환경과 단절현상이 나타나면서 자연생태계가 파괴되었고 도시열섬현상, 도시홍수, 대기오염, 도시 사막화 등의 도시 특유의 환경문제가 야기되고 있다. 이와 같은 문제들을 해결하기 위한 도시계획적인 방안 중 하나로 옥상녹화가 주목받고 있다.

옥상녹화의 효과에는 도시환경 개선효과와 더불어 환경적, 경제적, 사회적 효과들을 가지고 있다. 도시환경 개

선효과는 경관의 향상, 공기정화, 도시 생태계의 보호, 생리적·심리적, 공간창출, 환경적 효과는 환경오염 저감, 생태계 복원, 기후조절효과를 말하며 사회적 효과는 도시경관 및 녹지율의 향상, 도시민의 휴식 및 여가 공간제공, 도시환경 교육의 장 제공의 효과가 있다.¹⁾

옥상녹화의 열저감효과를 실측하여 입증한 선행연구가 많이 진행되어 왔다. 하지만 선행연구의 결과로 실내온도 혹은 건물 표면열이 낮아진다는 것을 알 수 있으나, 단열재 등 많은 다른 영향들로 인해 정량화되기에는 부족함이 있었다.

따라서 본 연구에서는 옥상녹화의 기능 중 대기 온도저감효과를 알아보고자 옥상녹화의 시행 전과 시행 후의 열현황을 모의실험을 통해 파악하고 옥상녹화 전후의 열변화 수치를 정량적 분석을 통해 열저감 효과를 확인하였다.

2. 연구방법

옥상녹화의 열환경을 확인하는 방법으로는 실측을 하거

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업(과제번호:07도시재생B04)지원사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

* 정회원(주저자), 계명대 대학원 환경과학과 석사과정

** 정회원(교신저자), 계명대 환경대학 환경계획학과 조교수, 공학박사

*** 정회원, 대구지역환경기술개발센터, 선임연구원, 공학박사

**** 정회원, 계명대 대학원 환경과학과 박사과정

***** 정회원, 계명대 대학원 환경과학과 석사과정

1) 김수봉(2008), 대구지역 대기환경 개선을 위한 인공지반 및 옥상녹화의 도시환경 개선효과에 대한 정량적 평가에 관한 연구, 대구지역환경기술개발센터, P.11-12

나 모의실험을 하는 방법으로 수치를 측정하고 있다.

이러한 열환경을 분석하는 것은 건축물에서 발생하는 열들이 모여 도시의 열섬현상을 발생시키는 요소 중의 하나가 되기 때문이다.본 연구는 옥상녹화에 의한 열환경 변화를 분석하기 위하여 실측만으로는 정량적 확인이 어려웠던 옥상녹화의 효과를 모의실험으로 확인하였다.

본 연구에 사용된 프로그램은 열환경 분석을 위해 동경공업대학에서 개발한 Thermo-Render 3.0으로 건축설계시 광역스케일의 열섬현상을 구체적인 열환경 대책을 실시할 수 있도록 모의실험이 가능하다.

Thermo-Render는 대상지역의 평균열섬지수(HIP: Heat Island Potential)를 계산하여 HIP지수로 건축의 열환경을 비교, 수치화 한다.

II.이론적 고찰

1. 도시열섬

열섬(Heat Island)현상은 도시화 과정에서 나타난 대표적인 환경문제로 이것은 하나의 원인만으로 발생하는 것이 아니다. 그 주요 원인은 크게, 인간에 의한 각종 에너지 배출과 지표면 피복의 인위적인 변화에 의한 것으로 대별된다.

지표면 피복이나 도시 형태와 열 특성의 관계는 같은 기상조건 하에서는 자연적 피복에 비하여 아스팔트와 같은 인공적 피복은 주간에는 대류현열(일사 등에 의해 뜨거워진 지면이나 건축물 등으로부터 주위의 대기에 방출되는 열)이 많이 방출되고, 야간에는 열전도에 의해 열이 내부로 축적되기 쉽기 때문에 열 방출이 크다.

그러나 나대지, 초지의 비율이 높은 지표면에 대해서는 주간에 증발잠열(지표면에 포함되어 있는 수분이 대기 중으로 증발하면서 주위로부터 빼앗는 열)이 많이 방출되어, 인공적 피복에 비하여 지표면 온도의 상승이 억제된다.2) 이러한 이유로 도시열섬의 완화를 위해 인공피복면적을 낮춰야만 하는 것이다.

2. 옥상녹화

옥상녹화는 건물의 옥상뿐 아니라 주차장 등 인공지반을 녹화하는 것이다.

인공지반이란 자연지반과는 공간적으로 분리된 상태에서 인위적으로 조성된 인공구조물로서 별도의 조치가 없이는 생물이 서식할 수 없는 공간이다.

따라서 옥상녹화란 인공적인 구조물 위에 인위적인 지형, 지질의 토양층을 새로이 형성하고 식물을 주로 이용한 식재를 하거나 수공간을 만들어 녹지공간을 조성하는 것을 말한다. 대표적인 인공지반인 옥상에 녹화를 하는 것은 도심지역의 부족한 녹지공간을 확보하기 위한 인공대지의 활용이라는 측면과 함께 도시환경에 자연적인 요소를 도입함으로써 생물이 서식할 수 있는 공간을 마련해

주며 도시미관을 증진시키고 여가공간을 확보해 주는 등 다양한 공익적 기능과 역할을 한다.3)

또한 옥상녹화는 한정된 공간의 도시에서 부족한 녹지를 확보하여 도시환경문제를 완화시켜 쾌적한 도시환경을 조성할 수 있다. 특히 건축물의 일사흡수로 인한 실내의 과열을 방지하고 단열효과와 수목의 이산화탄소 흡수로 환경 조정효과를 통해 주거환경개선을 기대할 수 있다.

III. 사례연구

1. 모의실험

1) 대상지 현황 및 선정기준

대구시는 분지형태의 지형으로 이러한 특성을 띤 도시는 일반적으로 열섬현상이 발생하기 쉽다.

이러한 대구에서도 특히 공업지역인 북구의 3공단, 서구의 서대구공단, 달서구의 성서공단 등이 지표면 온도가 매우 높은 것으로 분석되었으며 상업시설과 업무시설이 집중되어 있는 중구지역 일대가 다른 지역에 비해 높은 것으로 나타나고 있다는 것을 열섬현상을 위한 대구광역시 온도분포도를 보면 알 수 있다.4)

대상지는 이러한 대구시의 도시열섬현상이 가장 심각한 지역 중 달성구의 성서공단지역으로 그 공단 내의 신축 건물을 대상으로 선정 하였다.

대상 건물은 성서 산업단지 내(폴리텍대학, 섬유패션대학)에 위치하며 면적은 부지 29,014㎡, 연면적 27,000㎡,이다.

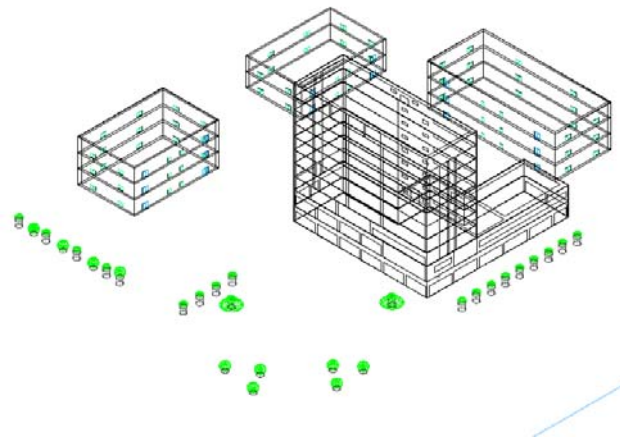


그림 1. 대상건물 모델링

2) 모의실험 분석의 전제

모의실험의 진행은 2008년 대구지역의 가장 더웠던 8월 2일의 기상을 베이스로 하여 모델링하였으며 여름철 열환경을 분석하고 24시간 HIP를 측정하였다.

대상지의 열환경을 개선하기위해 옥상녹화 조성을 변수로 하여 모의실험을 실시하였으며 여기서 옥상녹화는 잔

2) 오병철(2006), 전주시의 열섬현상에 대한 조사, 한국풍공학회, Vol.-No.9 P.186-187

3) 한국인공지반녹화협회(www.ecoearth.or.kr)

4) 차재규(2007), 도시열섬현상 완화를 위한 녹지네트워크 및 바람길 구축, 한국지리정보학회지, Vol.10 No.1 P.106

더를 식재하는 것을 녹화라고 본다.

또한 기상조건은 2008년 8월 2일의 기온, 습도, 풍향, 풍속, 일조시간, 수평면일사량을 적용하고, 구름 등으로 생기는 그늘에 대해서는 고려하지 않는 것으로 한다.

기존의 녹지면적은 2,237㎡로 고정하고 옥상의 녹화면적 126.36㎡의 녹지를 추가로 조성하였다.

이 모의실험에서 사용되는 단위는 HIP(Heat Island Potential)로, HIP란 가구가 주위에 미치는 열환경 부하를 수치로 나타낸 것이다.

HIP는 개발 등의 대상이 되는 부지나 단지가 주위에 미치는 환경영향의 지표로서 열섬현상을 일으킬 수 있는 정도를 평가하기 위해서 호야노교수가 제안한 것이다.

건물이나 지면 등 모든 표면으로부터 발생하는 현열의 부지 또는 단지의 면적에 대한 비율로 정의되며, 온도로 환산해 산출하는 것으로 부지나 가구가 평탄하다고 가정했을 때에 그 면이 기온보다 몇 ℃ 상승하는가를 확인하는 지표이다⁵⁾

HIP 산출식은 다음과 같다.

$$HIP = \frac{\int_{all_surfaces} (T_s - T_a) dS}{A}$$

HIP : 열섬 지수 (℃)

Ts : 미소면(微小面)의 표면온도(℃)

Ta : 기온(℃)

A : 가구의 수평면 투영 면적

dS : 미소면(微小面)적(㎡)

2. 모의실험 분석결과

2008년 최고기온을 나타낸 8월 2일 기온을 외기조건으로 설정한 모의실험의 결과는 다음과 같다.

최고기온은 13시 34.3℃였으며, 옥상녹화 전의 HIP가 가장 높을 때 13시 12.77℃, 옥상녹화 후 HIP 13시 11.93℃로 나타났다.

그림4. 옥상녹화 조성 전과 후의

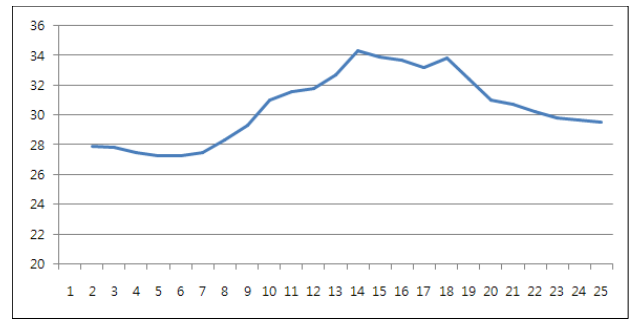


그림 2. 2008년 8월 2일 대상지의 기온

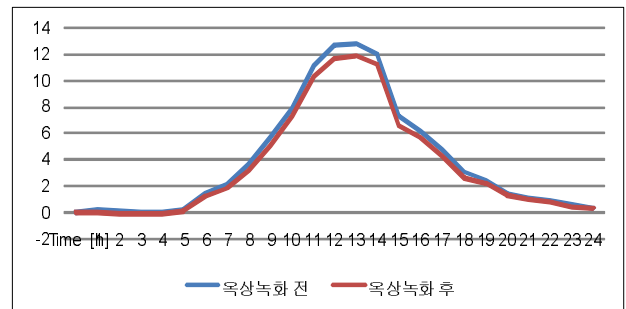
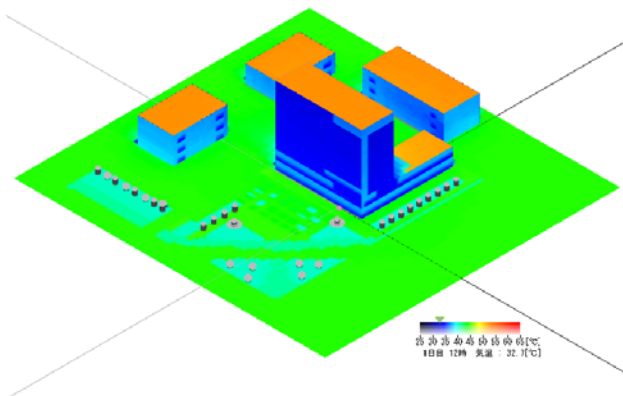


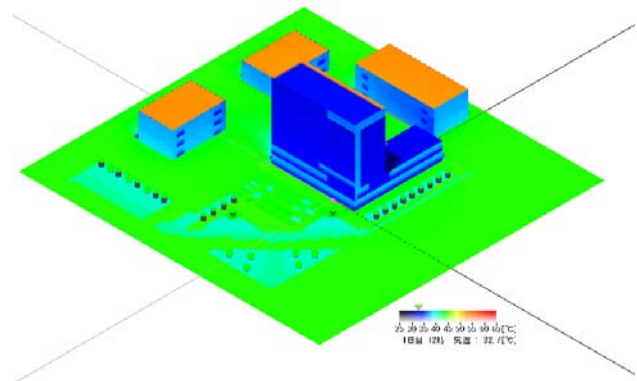
그림 3. 옥상녹화 전후의 HIP 비교

HIP는 쉽게 현 기온에 HIP수치를 더한 값을 열섬지수라 할 수 있는데 13시에 옥상녹화 전은 47.07℃, 옥상녹화 후는 46.23℃라 할 수 있다.

이것으로 볼 때, 옥상녹화 전후의 차가 가장 높았던 12시의 온도차는 0.86℃였으며, 옥상녹화 조성 전후의 표면열은 옥상녹화를 조성하기전의 건물옥상부의 표면온도는 약 55℃, 옥상녹화를 조성한 후의 표면온도는 약 33℃ 정도로 약 22℃의 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있었다.



a) 옥상녹화 조성 전



b) 옥상녹화 조성 후

5) A&A(2008), Thermo-Render 3.0 User's Guide

표 1. 옥상녹화 전 후 비교

시간	기온(°C)	옥상녹화 전 후 비교				증감량
		옥상녹화 전		옥상녹화 후		
		HIP	온도	HIP	온도	
1	27.9	0.16	28.06	0.01	27.91	-0.15
2	27.8	0.07	27.87	-0.09	27.71	-0.16
3	27.5	0.03	27.53	-0.13	27.37	-0.16
4	27.3	0.02	27.32	-0.13	27.17	-0.15
5	27.3	0.22	27.52	0.05	27.35	-0.17
6	27.5	1.44	28.94	1.2	28.7	-0.24
7	28.3	2.15	30.45	1.79	30.09	-0.36
8	29.3	3.65	32.95	3.15	32.45	-0.5
9	31	5.67	36.67	5.03	36.03	-0.64
10	31.6	7.85	39.45	7.23	38.83	-0.62
11	31.8	11.04	42.84	10.3	42.1	-0.74
12	32.7	12.63	45.33	11.77	44.47	-0.86
13	34.3	12.77	47.07	11.93	46.23	-0.84
14	33.9	11.93	45.83	11.17	45.07	-0.76
15	33.7	7.2	40.9	6.59	40.29	-0.61
16	33.2	6.17	39.37	5.64	38.84	-0.53
17	33.8	4.76	38.56	4.27	38.07	-0.49
18	32.4	2.99	35.39	2.64	35.04	-0.35
19	31	2.43	33.43	2.21	33.21	-0.22
20	30.7	1.43	32.13	1.26	31.96	-0.17
21	30.2	1.14	31.34	0.98	31.18	-0.16
22	29.8	0.88	30.68	0.74	30.54	-0.14
23	29.7	0.56	30.26	0.42	30.12	-0.14
24	29.5	0.28	29.78	0.23	29.73	-0.05

III. 결론

현재의 도심은 열섬현상으로 이상기후가 나타나고 있다. 이러한 도시에서는 지금 열섬현상의 완화가 시급하다. 경관의 향상과 휴게를 위한 더 많은 공원들이 생겨나고 있는 추세이나 그것만으로는 부족하다는 것이 현실이다.

본 연구에서는 이러한 상황에서 인공피복을 낮추는 방법으로 옥상녹화를 제시하였고 그것은 저탄소 녹색성장이라는 현재의 트렌드에 적합한 설계기법이라 할 수 있다.

이 설계기법을 사용하여 이미 보편적인 이야기가 되어버린 옥상녹화의 정량화하는 것이 이 연구의 목적이었다.

정량화를 위한 Thermo-Render 모의실험을 통하여 옥상녹화의 전후를 비교해 보았을 때 HIP의 수치는 12시에 최고 0.86°C의 차를 가지고 왔다.

또한 표면온도를 측정했을 때는 12시에 약 22°C의 높은 온도차를 나타냈다.

이 모의실험에서는 단지 옥상녹화를 위해 잔디만을 식재했음에도 이러한 차이를 가져왔다는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 국소적인 지역에서도 열섬지수를 낮출 수 있다는 것으로 확인되며, 옥상녹화를 더 많은 장소에 조성하여 광역적으로 활용한다면 열섬현상 완화에 도움이 될 것으로 기대된다.

또한 이러한 옥상녹화의 적용은 더 나아가 냉난방 에너지를 저감과 건축물 보호효과로 경제적인 효과를 얻을 수 있을 것이며 도시경관의 향상과 도시민의 휴식공간을

제공하는 사회적 효과, 도시생태계의 복원과 열섬현상 온난화 등의 기후조절 등의 환경적 효과를 옥상녹화를 통해 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. A&A(2008), Thermo-Render 3.0 User's Guide
2. 김수봉(2008), 대구지역 대기환경 개선을 위한 인공지반 및 옥상녹화의 도시환경 개선효과에 대한 정량적 평가에 관한 연구, 대구지역환경기술개발센터, P.11-12
3. 오병철(2006), 전주시의 열섬현상에 대한 조사, 한국풍공학회, Vol.-No.9 P.186-187
4. 차재규(2007), 도시열섬현상 완화를 위한 녹지네트워크 및 바람길 구축, 한국지리정보학회지, Vol.10 No.1 P.106
5. 한국인공지반녹화협회(www.ecoearth.or.kr)