

옥상 저류조 설치에 따른 최상층 실내열환경 변화에 관한 모형 실험연구

The Variation of Top Floor Indoor Thermal Environment with Roof Storage Using Model Experiment

박봉길*
Park, Bong-Gil

이경희**
Lee, Kyung-Hee

장승재***
Jang, Seung-Jae

Abstract

The purpose of this study is to investigate a top floor, indoor, thermal environment by comparison between the indoor air temperature and the rooftop surface temperature, and between the indoor air temperature and the outdoor air temperature using an experimental model. The model experiment was conducted with 4 cases, : no-rainfall, 1 cm-height, 10 cm-height and 20 cm-height of rainfall on the rooftop. According to the results of the height of stored rainfall, the average air temperature difference between the indoor and outdoor air with 1, 10 and 20 cm-height of rainfall on the rooftop was 4.0°C, rooftop 1.2°C and rooftop 1.0°C, respectively. The upper 10 cm-height of rainfall on the rooftop acted to decrease the indoor air temperature on the top floor.

Keywords : Experimental model, Roof top, Top floor, Height of stored water

주요어 : 모형실험, 옥상층, 최상층, 저류높이

1. 서론

1. 연구의 목적¹⁾

우리나라에 있어서 신재생에너지의 비율은 선진국의 20~50% 정도로 조사되고 있으며, 전체 에너지 소비량 중 재생에너지가 차지하는 비율은 2.1%로 덴마크의 11.1%, 프랑스의 7.0%, 미국의 4.5%와 비교하여 매우 낮은 수준이다. 이에 따라 우리나라의 석유소비량은 1997년까지 매년 12.1%의 높은 증가율을 기록하여 왔으나, 외환위기가 발생한 1998년 15.6%로 감소한 이후 현재까지 증가추세에 있다. 2005년도 각 부문별 석유소비량을 살펴보면, 전년대비 수송물량 부문에서 2.2%, 산업부문에서 1.5%, 그 뒤를 이어 가정과 상업용에서 0.9%의 증가추세를 보이고 있다.²⁾

가정과 상업용 부문에서 사용되는 에너지 소비의 대부분은 냉방과 난방 및 급탕 등에 집중되어 있으며, 이를 줄이기 위하여 많은 연구 및 그 결과가 발표되고 있다.

가정과 상업용 건축물에서 에너지 소비의 감소뿐만 아니라 우수 또는 중수를 활용하는 건축물도 증가추세에 있다. 그러나 건축물에서의 우수 또는 중수의 활용은 상수 대체용으로 사용하는 경우가 일반적이며, 이에 따라 수자

원 활용 계획을 복합주택에 접목시켜 중수시스템과 수자원으로 활용한 연구³⁾에 대한 결과 발표가 있고, 빗물을 활용하여 정수처리비용의 절감과 동시에 소방용수, 세차용 및 조경용수로의 이용에 대한 사례를 연구⁴⁾한 결과 등이 보고되고 있다. 이와 같이 우수를 물의 이용에 초점을 맞추어 발표된 연구는 다수 있으나, 우수를 직접적으로 활용을 통하여 냉방에너지의 저감을 위한 패시브적인 방법으로 우수를 직접 이용한 예는 미흡한 편이다.

에너지 소비를 줄이기 위한 일환으로 공공건물과 대규모 건축물의 옥상층에 옥상녹화를 시공하여 생태공간 조성과 건축물의 단열효과를 통한 냉방부하를 줄이기 위한 노력을 기울이고 있고, 이는 점진적으로 증가 추세에 있다. 그러나 가정용이나 중·소규모의 건축물에 옥상녹화^{5,6)}를 설치하는 것은 과도한 비용으로 인하여 경제적 부담으로 작용하고 있다.

- 1) NEDO技術開發機構(2005), 韓國におけるエネルギー等實態調査 10, 2
- 2) 산업자원부(2005), 신·재생에너지백서
- 3) 나수연(2006), 친환경 우수시스템 적용에 관한 사례연구, 대한건축학회 논문집, 22(2)
- 4) 박승훈(2003), 빗물이용과 중수도 설비설계사례, 설비지널, 대한설비공학회, 6, 29-33
- 5) 남선영, 윤제옥(2008), 국내의 옥상녹화 공법 및 제도의 비교 분석 연구, 대한건축학회 춘계 우수졸업논문전 수상논문 개요집, 4(1)
- 6) 김현수, 이건호, 장대회, 문수영(2004), 공공부문의 옥상녹화 활성화를 위한 전략적 접근 방안, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 24(2)

*정회원(주저자), 부산대학교 산업대학원 석사과정
**정회원(교신저자), 부산대학교 건축학부 교수, 공학박사
***정회원, 신라대학교 건축학과 부교수, 공학박사

우리나라의 평지붕 형태는 저류조로 활용이 가능하며, 옥상녹화에 따른 경제적 부담 완화와 매년 호우로 인하여 발생하는 홍수 피해 예방 및 우리나라 정부에서 시행하고 있는 신재생에너지 개발의 일환으로 에너지 절약 차원에서 옥상층을 우수를 저류시켜 최상층의 실내온도를 하강시킬 수 있는 방법을 모색할 필요가 있다고 판단된다. 이와 관련하여 2007년도 발표된 논문 가운데 루프드레인을 이용하여 옥상층에 우수를 저류시킨 경우에 대한 수치시뮬레이션 실시한 결과, 옥상층에 우수를 저류시키지 않은 옥상층 표면온도와 우수를 저류시킨 옥상층과의 표면온도 차이가 20°C 이상 이고, 하기(夏期) 낮 동안에는 냉방부하가 50%이상 절감할 수 있다는 기연구 결과⁷⁾가 있다.

따라서 본 연구에서는 옥상저류조의 설치 유무 및 저류높이에 따라 일사의 영향을 가장 많이 받는 최상층 실내 온도변화를 모형실험을 통하여 알아보고자 한다. 이를 위하여 동일한 재료를 사용한 모형을 제작하여 옥상층에 저류된 물의 높이를 조절하고, 이와 동시에 최상층의 실내온도측정을 통하여 옥상저류조 설치와 최상층 실내온도 변화와의 관계를 파악하고자 한다.

2. 연구의 방법 및 절차

옥상층 우수의 저류 유무에 따른 최상층 실내온도변화를 조사하기 위하여 알루미늄 복합판넬과 MDF, 석고보드로 3개의 모형을 제작하여 옥상부분에 물을 저류시켜 실험을 실시하였다.

① 측정일시는 장마철인 관계로 두 차례로 나누어 실험을 실시하였으며, 1차 측정은 2008년 7월 23일 08:00~17:00까지, 2차 측정은 7월 27일 09:00~17:00까지 10분 간격으로 측정하였다.

② 1차 측정은 옥상층에 물이 없는 경우 (외기가 실내에 어느 정도 영향을 미치는 가를 판단하기 위하여 오전에는 창을 개방, 오후에는 창을 닫은 상태에서 측정을 실시하였다.)

③ 2차 측정은 옥상층에 각각 1, 10, 20 cm의 물을 저류(1차 측정에서 각 모델별 외기가 실내에 유입되는 양상이 매우 달라, 2차 측정부터는 창을 닫은 상태에서 측정하여 옥상층 물의 저류 높이에 따른 영향만 고려하였다.)

이를 토대로 옥상층 우수 저류의 유무 및 저류높이가 실내온도변화에 어떤 영향을 미치는 가를 조사하고자 함을 목적으로 한다.

II. 모형실험과 측정 개요

1. 모형실험의 개요

모형실험에 사용된 재료는 외형은 MDF와 석고보드로

제작하였고, 옥상층은 방수를 고려하여 알루미늄 복합 판넬을 사용하여 석고보드 위에 부착시켰다. 모형실험은 경남에 위치하고 있는 P대학에서 실시하였다.

옥상높이는 물을 저류시키기 위하여 50 cm로 하였고, 모형의 앞쪽에는 발코니를 설치하였으며, 발코니 전면에는 유리창을 설치하였다. 모형의 평면과 단면 및 측정모습은 <그림 1~4>와 같다.

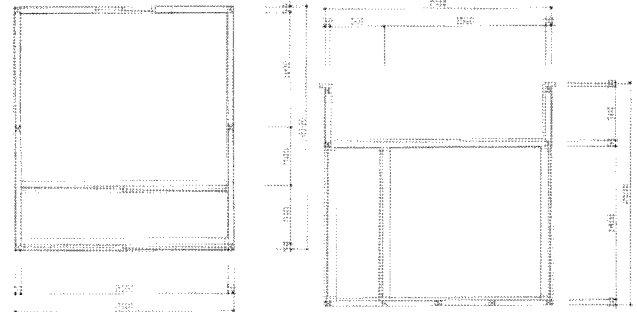


그림 1. 평면 및 단면

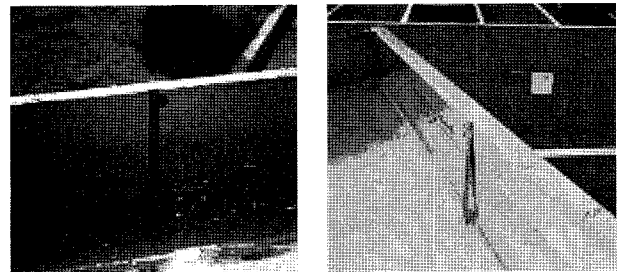


그림 2. 옥상 물 저류 모습

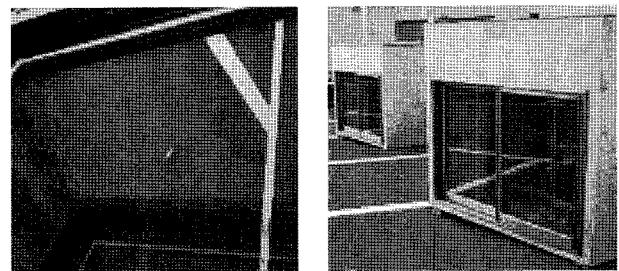


그림 3. 센서 부착 모습



그림 4. 모형전경

7) 이경희, 박민용, 최정민, 조성우(2007), 루프드레인을 이용한 옥상 우수의 활용 방안, 대한건축학회 계획계 논문집, 23(2), 165-172

2. 측정방법 및 기기

모형 내 각 지점을 측정하기 위하여 각 표면에 열전대를 부착하였고, 데이터로그와 컴퓨터를 연결하여 10분 간격으로 측정하였고, 측정된 데이터는 컴퓨터에 저장하였다. 실험에 사용된 측정기기의 특징은 <표 1>과 같다.

표 1. 측정기기

요소	측정기기	특징
온도	1. 열전대	T형 Thermocouple
	2. 데이터 기록 시스템	ALMEMO 5590-3 AMR Data-Control 4.1
	3. Spot Thermometer	비접촉식 온도계

3. 측정위치

측정점 위치와 측정점 기호표기는 <그림 5>와 <표 2>와 같다. 발코니부분과 실내의 시간경과에 따른 표면온도와 실내온도 변화를 파악하기 위해 발코니부분은 동측 실내표면, 서측 실내표면 및 발코니 바닥표면, 실내부분은 동측 실내표면과 서측 실내표면 그리고 우수의 저류 유무에 따라 옥상층과 천정부분의 온도 변화를 파악하기 위하여 옥상층 표면온도와 천정 표면온도를 측정하였다. 실내온도는 높이 400 mm와 700 mm의 두 지점에서 측정하였다.

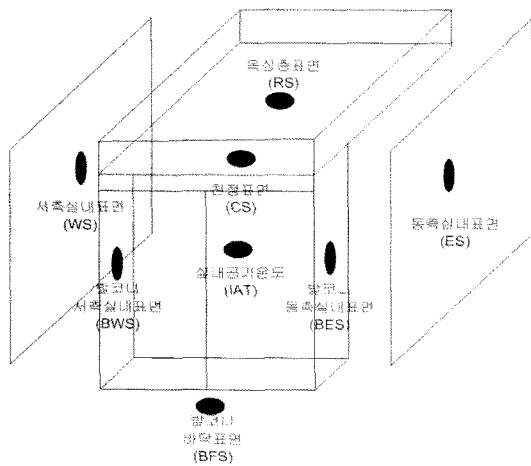


그림 5. 측정점의 위치

표 1. 측정부위별 표현기호

발코니 실내표면	실내표면					
	동측면	동측면	서측면	천정면	옥상층 바닥표면 온도	실내 공기온도
BWS	BES	ES	WS	CS	RS	IAT

III. 측정실험 결과 및 분석

실험에 대한 측정기간 동안 변화된 각 Case별 특징은 <표 3>과 같다.

실험에 대한 측정 결과 정리는 옥상에 물을 저류시키

지 않은 모델을 기준(Case1)으로 1 cm(Case2), 10 cm (Case3), 20 cm(Case4)로 각각 옥상층에 우수를 저류시킨 모델로 나누어 결과를 정리하였고, 옥상층에 물을 저류시킨 모델에 대한 측정지점별로 각각 비교분석하여, 옥상층에 저류된 물의 높이에 따른 실내온도의 변화를 측정하였다.

표 3. 각 case별 특징

Case	특징
1	옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우 (오전시간대 창을 개방하여 실내공기온도를 측정하였고, 오후시간대에는 창을 닫은 상태에서 실내공기온도를 측정)
2	옥상층에 물을 1 cm 저류시킨 경우 (창을 닫은 상태에서 실내공기온도측정)
3	옥상층에 물을 10 cm 저류시킨 경우 (창을 닫은 상태에서 실내공기온도측정)
4	옥상층에 물을 20 cm 저류시킨 경우 (창을 닫은 상태에서 실내공기온도측정)

1. 옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우

옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우에 대하여 전 시간대별 각 측정점의 온도변화는 <그림 6>과 같다.

온도변화 분포를 살펴보면, 오전시간대에서 서서히 온도가 상승하여 13시에서 14시 사이에 각 측정지점에서 최고온도를 기록하고 하였고, 옥상층 표면온도가 가장 높게 나타난 것을 볼 수 있다.

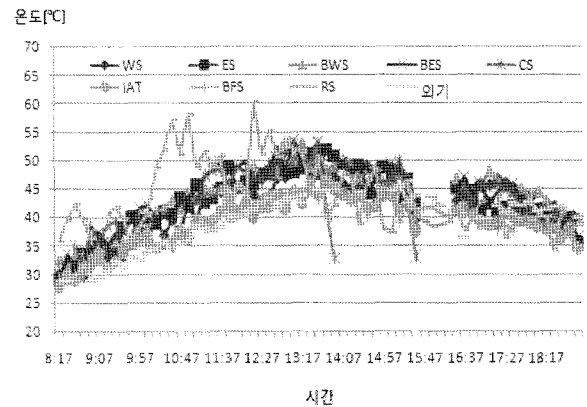


그림 6. Case 1의 전시간대별 측정지점의 온도변화

천정면 표면온도에서 약 40분간 데이터를 추출하지 못한 것은 열전대가 연결된 데이터 로그의 에러에 의한 것이 원인이다. 측정일 각 지점별 평균온도는 <그림 7>과 같다.

실내의 동측면과 서측면 표면온도의 평균값은 각각 42.5°C와 41.8°C로 외기온도 평균값 39.1°C보다 다소 높게 측정되었다.

실내의 창을 개방한 오전시간대의 평균온도는 34.0°C로 낮게 나타났으나, 창을 닫은 상태인 오후시간대에는 그 값이 41.2°C로 높게 나타났다. 이와 같이 창을 닫은 상태와 개방한 상태에 따라 온도변화가 클 뿐만 아니라 외기가 각각의 실험체에 유입되는 양상이 다르므로, 2차 측정

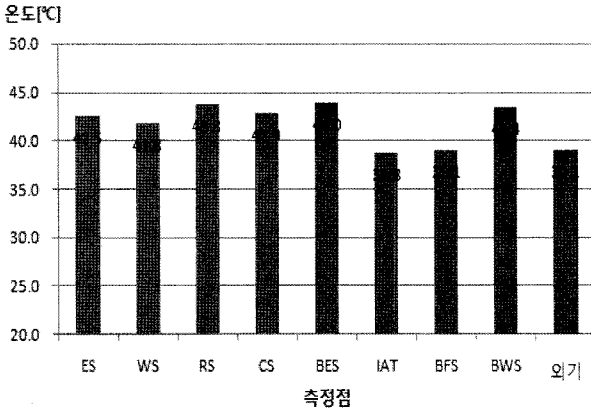


그림 7. Case 1 측정지점별 평균온도

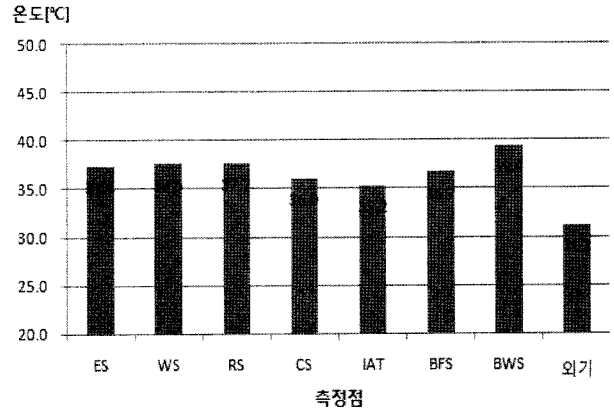


그림 9. Case 2 측정지점별 평균온도

시에는 창을 닫은 상태에서 측정을 실시하였다.

옥상층 표면의 평균온도는 43.8°C, 천정면의 평균온도는 42.8°C로 옥상층과 천정면의 온도차는 1°C로 나타났으며, 이는 물을 저류시키지 않은 옥상층 표면온도가 직접적으로 천정면에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

발코니 실내 표면의 동측면과 서측면의 표면온도에 대한 평균온도는 각각 43.9°C와 43.4°C로 옥상층 다음으로 온도가 높게 나타난 것을 볼 수 있다.

2. 옥상층에 물을 1 cm 저류시킨 경우

옥상층에 물을 1 cm 저류시킨 경우의 각 시간대별 및 측정지점별 온도변화는 <그림 8>과 같다.

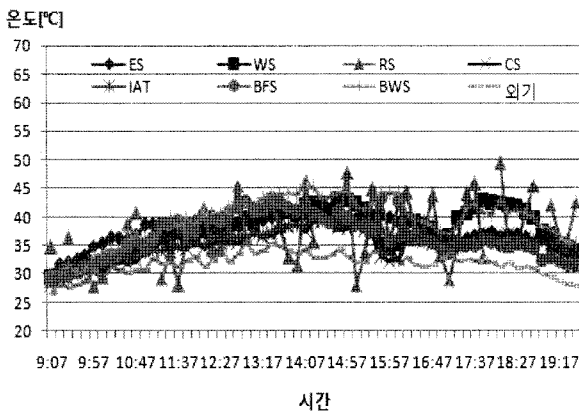


그림 8. Case 2의 전시간대별 측정지점의 온도변화

온도는 서서히 상승하여 13시경에 최고값을 나타낸 것을 볼 수 있으며, 17시 이후 약 50분 동안 서측면에서 온도가 상승된 것은 데이터로그의 에러가 원인인 것으로 판단된다. 최고온도를 나타내는 지점은 옥상층 표면으로 최대 49.4°C까지 상승하여 평균 외기온도인 31.2°C보다 약 17.2°C정도 높게 나타났다. 각 측정지점별 평균온도는 <그림 9>와 같다.

옥상층 표면의 평균온도는 37.7°C이며, 실내 동측면과 서측면의 표면온도는 각각 37.6°C와 37.4°C로 나타났다. 또한, 옥상층 표면 평균온도 37.7°C와 천정면 표면의 평

균온도 36.0°C와의 차이는 1.7°C로 Case 1보다 온도차이가 다소 크다는 것을 알 수 있다.

이는 옥상층에 저류된 물이 하기(夏期) 일사부하를 어느 정도 차단함과 동시에 증발에 의하여 옥상층에서 발생하는 열을 대기중으로 발산시킴으로서 옥상층의 표면온도를 어느 정도 저하시키는 효과가 있다고 판단된다.

외기 평균온도가 31.2°C일 때, 실내온도는 35.2°C로 약 4.0°C정도 높게 나타났다. 발코니 바닥표면 평균온도는 36.7°C로 나타났다.

3. 옥상층에 물을 10 cm 저류시킨 경우

옥상층에 물을 10 cm 저류시킨 경우의 각 시간대별 및 측정지점별 온도변화는 <그림 10>과 같다.

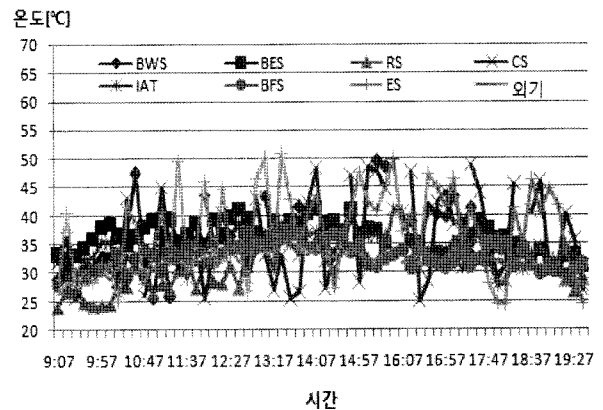


그림 10. Case 3의 전시간대별 측정지점의 온도변화

전반적인 온도분포는 Case 2와 비교하여 낮은 온도분포를 보이고 있다. Case 2와 비교하면 표면온도의 최고값은 옥상층 표면이 아닌 천정면과 실내 동측면에서 나타났다. 이는 옥상층에 저류된 10 cm의 물이 일사를 차단시키고, 증발효과에 따른 옥상층 표면온도의 하강에 의한 것으로 판단된다.

옥상층 표면의 최고온도는 38.5°C에 비해, 실내 동측면과 천정면의 표면온도 최고값은 각각 50.9°C와 48.8°C로 아주 높게 나타났다.

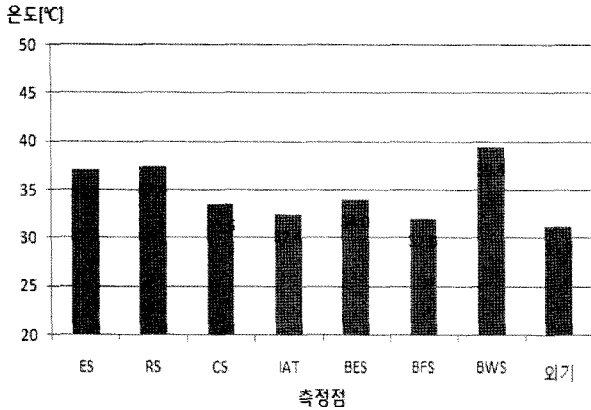


그림 11. Case 3 측정지점별 평균온도

옥상층에 10 cm의 물을 저류시킨 경우 각 측정지점별 평균온도는 그림 11과 같다. 옥상층 표면의 평균온도는 37.4°C이고, 실내 천정면 온도의 평균값은 33.6°C로 그 차이가 3.8°C로 Case 1과 비교하여 약 2.8°C, 1 cm의 물 높이를 가진 Case 2와 비교해보면 약 2.1°C로 나타났다. 그러므로 옥상층에 저류된 물의 높이와도 관계가 있는 것을 알 수 있다.

외기 평균온도가 31.2°C일 때, 실내의 평균온도는 32.4°C로 그 차이가 1.2°C로 Case 2의 4.0°C보다 약 2.6°C 낮게 나타난 것을 알 수 있다.

옥상층에 물의 저류 높이가 실내 공기온도에도 상당한 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 옥상층 물의 저류 높이가 1 cm의 경우에는 일사에 의한 부하의 많은 부분을 차단하는 것은 무리가 있으나, 저류높이가 10 cm인 경우에는 일사에 의해서 발생하는 부하의 많은 부분을 차단할 수 있다는 것을 실험을 통하여 알 수 있다.

4. 옥상층에 물을 20 cm 저류시킨 경우

옥상층에 물을 20 cm 저류시킨 경우의 각 시간대별 및 측정지점별 온도변화는 <그림 12>와 같다.

전반적인 온도분포는 Case 2와 Case 3과 비교하여 다소 낮은 분포를 보이고 있는 것을 알 수 있다.

그러나 옥상층의 표면온도 측정에서 데이터 로그의 에러로 인하여 옥상층의 표면온도는 측정값을 구할 수가 없었다. <그림 12>에서 보면, 실내 공기온도의 전반적인 분포는 측정지점 가운데 낮은 부분에 속하였다. 각 측정지점별 평균온도는 <그림 13>과 같다.

천정 표면의 최고온도는 40.7°C로 나타났고, 이 때 실내 동측면과 서측면 표면온도의 최고값은 각각 41.7°C와 41.9°C로 거의 비슷하게 나타난 것을 볼 수 있다.

외기 평균온도가 31.2°C일 때, 실내의 평균온도는 32.2°C로 그 차이가 1.0°C로 Case 3보다 약 0.2°C 낮게 나타났다.

옥상층에 물의 저류 높이가 10 cm와 20 cm인 경우에는 실내 공기온도의 평균값은 거의 외기온도와 비슷하게 측정된 것을 알 수 있다. 그러나 옥상층 물의 저류높이가 1 cm인 경우에는 외기 평균온도와 그 차이가 4.0°C로

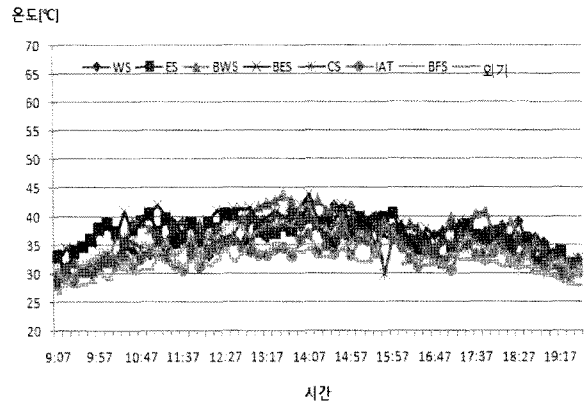


그림 12. Case 4의 전시간대별 측정지점의 온도변화

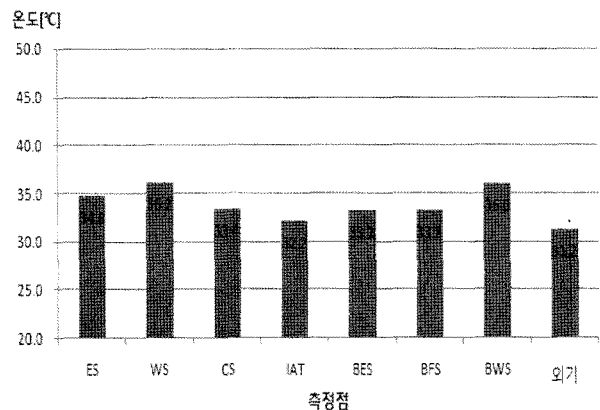


그림 13. Case 4 측정지점별 평균온도

다소 높게 나타난 것을 알 수 있다.

그러므로 옥상층에 물을 저류시켜 최상층의 실내온도를 큰 폭으로 하강시키기 위해서는 최소 10 cm의 물을 저류시켜야 할 것으로 본 실험에서 결과가 도출 되었다.

Case 1, Case 2 및 Case 3을 통하여 하기 최상층의 실내부하를 줄이기 위하여 옥상층에 물을 저류시키는 것은 효과가 있는 것으로 나타났고, 옥상층을 활용하기 위해서는 옥상층 방수 공사가 확실히 수행되도록 하고, 이에 따라 빗물을 저류시킴으로서 최상층 실내온도의 하강효과와 어느 정도 홍수조절도 가능할 것으로 사료된다.

5. 옥상층에 물이 없는 경우와 옥상층 물의 저류높이가 10 cm와 20 cm인 경우에 대한 측정결과 분석

기준 모형인 Case 1과 옥상층에 물을 저류시킨 Case 3 및 Case 4에 대하여 주요 측정점에 대한 온도변화를 조사하여 비교 분석 하고자 한다. Case 2는 Case 3과 Case 4와 비교하여 실내의 평균온도와 실외의 평균온도차이가 작게 나타나 검토에서 제외하였다.

Case 1과 Case 3 및 Case 4의 주요 측정점과 외기의 온도차는 <그림 14>와 같다.

3가지의 Case에 있어서 전반적인 온도분포는 Case 1에서 높은 분포를 보이는 반면, Case 3과 Case 4에서는 Case 1보다 낮은 온도분포를 보이는 것을 알 수 있다.

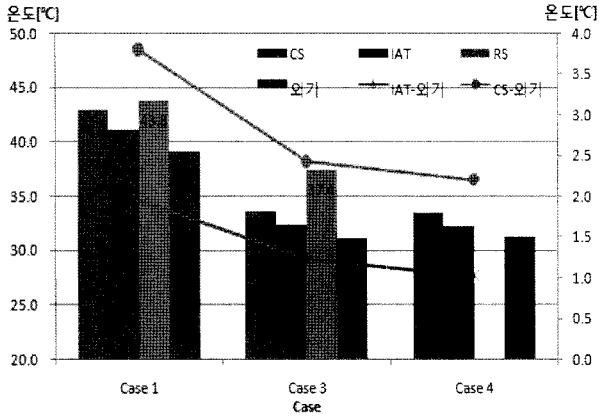


그림 14. Case 1과 3 및 4의 주요 측정점의 온도변화와 외기와의 온도차이

옥상층 표면온도는 외기의 영향을 감안하더라도 Case 1에서 가장 높게 나타났고, 옥상층 물의 저류 높이가 가장 높은 Case 3에서 낮게 나타난 것을 볼 수 있다. 이를 추론해보면 Case 4의 경우에도 옥상층의 표면온도는 Case 3의 옥상층 표면온도와 비슷한 값을 가질 것으로 예측할 수 있다.

Case 1에서 옥상층의 평균 표면온도는 43.8°C를 기록하고 있으며, 모형 실내 천정 평균 표면온도는 42.8°C로 옥상층의 표면온도와의 차이는 약 1°C로 옥상층의 일사부하가 그대로 실내로 전달되는 것을 알 수 있다.

또한, 실내온도의 평균값은 41.1°C로 나타났으며, 외기 평균온도와의 온도 차이는 약 2.0°C, 천정면의 표면온도와 외기 평균온도와의 차이는 3.8°C로 나타났다. 옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우에 옥상층에서 받는 일사부하의 많은 부분이 실내로 유입된다는 것을 알 수 있다.

Case 3에서 평균 옥상층 표면온도는 37.4°C, 실내의 평균 천정 표면온도는 33.6°C로 옥상층의 표면온도와의 차이는 약 3.8°C로 나타났다. 이는 옥상층에서 유입되는 일사부하가 옥상층에 저류된 물에 의하여 실내로 유입되는 부하를 어느 정도 차단하고 있다는 것을 보여주고 있다.

실내온도의 평균값은 32.4°C로 나타났으며, 이 때 외기 평균온도와의 온도 차이는 약 1.2°C, 천정면의 표면온도와 외기 평균온도와의 차이는 2.4°C로 나타났다. Case 1과 비교하여 외기 평균온도와 실내온도 차이는 약 0.8°C 정도 작게 나타난 것을 알 수 있다.

Case 4에서 실내의 평균 천정 표면온도는 33.4°C로 Case 3과 비교하여 약 0.2°C 정도 낮게 나타난 것을 볼 수 있다. 그러나 Case 1과 비교하면 그 차이는 9.4°C로 매우 크다는 것을 알 수 있다. 그러므로 Case 3과 마찬가지로 옥상층에서 유입되는 일사부하가 옥상층에 저류된 물에 의하여 실내로 유입되는 부하를 어느 정도 차단하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 실내온도의 평균값은 32.2°C로 나타났으며, 이 때 외기 평균온도와의 온도 차이는 약 1.0°C를 보이고 있으며, 천정면의 표면온도와 외기 평균온도와의 차이는 2.2°C로 나타났다.

옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우와 옥상층에 물을 저류시킨 경우를 비교해보면, 옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우에는 옥상층에서 받는 일사부하가 그대로 실내로 전달되어 실내 온도와 외기온도와는 약 2°C 정도의 차이를 보이고 있는 반면, 옥상층에 물을 저류시킨 경우에는 실내온도가 외기온도보다 약 1~1.2°C로 다소 작은 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. 그러므로 옥상층에 물을 저류시킨 경우에는 옥상층에 가해지는 일사부하를 어느 정도 경감시킬 수 있는 것으로 나타났으며, 이로 인하여 최상층 실내의 온도하강을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 옥상층 물의 저류높이에 대한 측정결과 분석

옥상층의 물의 적절한 저류높이를 알아보기 위하여 옥상층에 물을 저류시킨 Case 2, Case 3 및 Case 4에 대한 측정지점별 온도변화는 <그림 15, 표 4>와 같다.

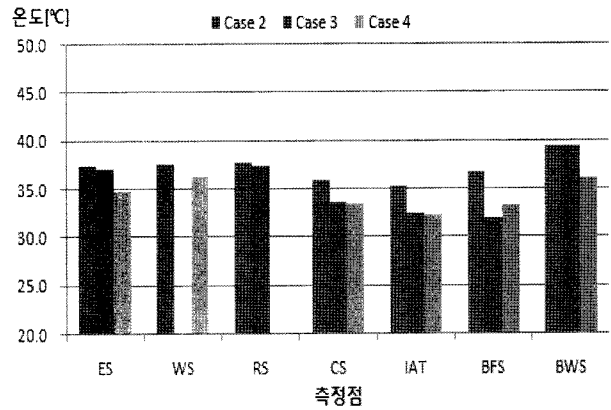


그림 15. 옥상층 물의 저류높이에 따른 측정지점별 온도변화

표 4. Case 2,3,4의 각 측정부위별 평균온도

Case	ES	WS	RS	CS	IAT	BFS	BWS	외기
2	37.4	37.6	37.7	36.0	35.2	36.7	39.4	31.2
3	37.1	-	37.4	33.6	32.4	32.0	39.4	31.2
4	34.8	36.2	-	33.4	32.2	33.2	36.0	31.2

옥상층 물의 저류높이가 가장 높은 Case 4에서 전반적으로 온도분포는 낮게 나타난 것을 볼 수 있고, 옥상층 물의 저류높이가 작은 Case 2에서 높은 온도분포를 보이는 것을 알 수 있다. 모형 실내의 동측과 서측면 표면온도는 물의 저류높이가 가장 높은 Case 4에서 낮게 나타난 것을 볼 수 있으나, 일사의 영향을 많이 받는 발코니에 있어서는 옥상층 물의 저류높이와 관계없이 시각별 주변변화나 기상조건에 따른 영향이 큰 것을 알 수 있다.

Case 4에서는 옥상층의 평균온도를 측정하지 못하였으나, Case 2와 Case 3에서 옥상층의 표면 평균온도는 각각 37.7°C와 37.4°C로 비슷하게 나타났으나, 천정면의 표면온도 평균값은 각각 36°C와 33.6°C로 나타났다.

Case 2에서 옥상층 표면과 천정표면과의 평균온도 차이는 1.7°C인데 비하여 Case 3에서 3.8°C로 약 2배 이상의

차이를 보이고 있는 것으로 나타났다.

실내의 평균온도를 보면, Case 2에서는 35.2°C, Case 3에서는 32.4°C, Case 4에서는 32.2°C로 나타났다. Case 2와 Case 3을 Case 4와 비교해보면 실내의 평균온도 차이는 각각 3.0°C와 0.2°C로 큰 차이가 있는 것을 알 수 있다.

옥상층 물의 저류높이가 1 cm인 Case 2와 옥상층 물의 저류높이가 10 cm인 Case 3의 옥상층 평균 표면온도와 평균 실내온도의 차이를 살펴보면, 그 차이는 각각 2.5°C와 5°C로 큰 차이가 있음을 보여주고 있다. 이는 옥상층에서 일사에 의한 영향이 데워진 열이 실내로 유입이 작게 된다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

옥상층 물의 저류높이는 옥상층의 표면온도와 천정면의 표면온도 및 실내 공기온도에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 물의 저류높이가 너무 작은 경우(Case 2: 옥상층 물의 저류높이가 1 cm)에는 옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우와 비슷한 양상의 온도 차이를 보이는 것으로 나타났다. 옥상층의 증발량에 관한 실험논문에 따르면 5일간 평균 증발량은 0.144 kg/h인 것으로 조사되었으므로, 증발되는 양을 가정하여 옥상층의 저류높이를 상정하는 것이 타당성이 있다고 판단된다.

IV. 결 론

옥상층에 물의 저류시키지 않은 경우와 옥상층에 물의 저류높이를 달리하여 실험 한 결과, 최상층 실내온도 변화를 요약하면 아래와 같이 정리할 수 있다.

(1) 패시브적인 자연조절방법을 활용하여 최상층의 온도 변화를 알아보기 위하여 옥상층에 물을 저류시켜 모형실험을 한 결과, 옥상층에 저류된 물에 의해서 최상층 실내의 온도변화를 유발시킬 수 있다고 판단된다.

(2) 옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우 옥상층에서 발생하는 일사부하는 그대로 실내로 전달되어 실내온도와 외기온도와의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 옥상층 물의 저류높이가 작은 경우에도 옥상층에 물을 저류시키지 않은 경우와 비슷한 양상을 보이고 있으므로 옥상층 물의 저류높이는 적정 수준을 유지하여야 할 필요가 있다고 판단된다.

(3) 옥상층 물의 저류높이가 1 cm인 경우에는 모형의 실내온도와 외기온도와의 차이가 4.0°C로 실내가 높게 나타난 반면, 옥상층 물의 저류높이가 10 cm와 20 cm인 경우 실내의 평균온도차이는 약 1.2°C와 1.0°C로 Case 2 경우보다 최대 3.0°C 낮게 나타난 것을 알 수 있다. 그러므로 옥상층 물의 저류높이는 실내온도에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

(4) 옥상층 물의 저류높이는 일사에 의한 증발량을 고려하여 저류높이를 결정하여야 할 것으로 판단되며, 이와 더불어 하기(夏期) 집중호우 시, 저지대의 홍수 피해를 줄이기 위해서는 건축구조적인 문제를 함께 고려하여 저류

높이를 설정할 필요가 있다고 판단된다.

(5) 옥상층에 물의 저류는 정확한 방수 시공만에 의해서 최상층 실내의 온도를 하강시킬 수 있으므로, 이에 대한 제품개발이나 연구가 필요할 것으로 판단된다.

건축물에서 냉·난방부하의 대부분을 차지하고 있는 지붕면에서의 부하를 절감할 수 있는 방안을 모색하기 위하여 본 연구에서는 축소모형을 이용하여 지붕면에 옥상 저류조를 설치하여 물의 저류 높이별에 따라 열환경을 실험하여 열환경조절 가능성을 평가하였다. 이러한 모형실험에 대한 열성능을 보완하기 위해 실제 건물에서의 열성능을 평가하여 비교·검토할 필요성이 있고 사료된다. 그리고 또한 지붕면에서의 장기 우수 저류에 따른 방수 문제 해결과 지붕재 제품개발이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 산업자원부(2005), 신·재생에너지백서.
2. 이경희·박민용·최정민·조성우(2007), 루프드레인을 이용한 옥상우수의 활용 방안, 대한건축학회계획논문집, 23(2), 165-172.
3. 조수(2009), 건물에너지 통합 운영 기술 개발현황, 건축, 대한건축학회지, 53(2), 29-37.
4. 이경희·임수영(2002), 친환경건축개론, 기문당, 39-50.
5. 임상홍·이시웅·박철민(2002), 자연친화건축, 고원, 200-201.
6. 박승훈(2003), 빗물이용과 중수도 설비설계사례, 설비저널, 대한설비공학회, 6, 29-33.
7. 정유선·유복희·남규현·윤정숙(2004) 친환경주거의 계획 미치 기술요소 적용특성에 대한 한일 사례비교, 대한건축학회논문집, 20(9), 3-12.
8. NEDO技術開發機構, 韓國におけるエネルギー等實態調査(2005), 10, 2.
9. 大西正宣(2005), 環境と共生する建築—25のキーワード, 學芸出版社, 128-137.
10. 남선영·윤재옥(2008), 국내외 옥상녹화 공법 및 제도의 비교 분석 연구, 대한건축학회 춘계 우수졸업논문전 수상논문 개요집, 4(1), 105-108.
11. 국찬·전지현·신용규(2006), 흡집의 하절기 실내 물리적 환경 특성과 온열감에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 17(5), 9-6.
12. 문유석·장상목·홍채호·차윤정·오상근(2007), 블록형 패널을 이용한 옥상녹화 하부시스템의 건식화·일체화 시공기술에 대한 실험적 연구, 한국건축시공학회 학술기술논문발표회논문집, 7(2), 119-123.
13. 김현수·이건호·장대회·문수영(2004), 공공부분의 옥상녹화 활성화를 위한 전략적 접근 방안, 대한건축학회 추계 학술발표대회 논문집, 24(2), 531-534.
14. 최미영·홍원화(2005), 공장건축물의 중수도 시설 지역순환방식 경제성 분석에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회(창립60주년 기념) 논문집, 25(1), 79-82
15. 이병현(2007), 우수를 이용한 옥상층 열부하저감에 관한 실험 연구, 부경대학교, 석사학위 논문, 39-105.
16. 나수연(2006), 친환경 우수시스템 적용에 관한 사례연구, 대한건축학회논문집, 22(2), 235-242.
17. 서원덕(2008), 에너지 부하 감소를 위한 인텔리전트 외피 디자인의 분류 및 표현특성에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 19(2), 67-75.

18. 최윤정·정연홍(2008), 아파트의 겨울철 실내온열환경 실태와 생활요인 분석, 한국주거학회논문집, 19(4), 97-105.
19. 이우준·전영일(2006), 대학캠퍼스에서의 빗물이용 방향설정에 관한 연구, 한국태양에너지학회 추계학술발표대회논문집, 188-193.
20. 전기수(2001), 환경친화형 주거단지의 특성 및 계획수법에 관한 연구, 인하대학교 석사학위논문
-

접수일(2009. 4. 24)
수정일(1차: 2009. 5. 28)
게재확정일자(2009. 6. 12)