

PCM Cool Roof System의 열성능 평가 비교 검증

Comparison and Verification of Thermal Performance of PCM Cool Roof System

○신 창 섭* 강 인 성* 정 민 희** 박 진 철***
Shin, Chang-Sub Kang, In Sung Chung, Min Hee Park, Jin Chul

Abstract

In this study, the PCM Cool Roof System was applied onto the original existing building roof to analyse the effect of reduction of the heat island phenomenon in the summer and help the thermal environment in winter. To reduce the heat island phenomenon cool roof and rooftop application can be applied. However, in winter these application causes disadvantages by inhibiting the thermal environment due to its high reflectivity. To supplement these problems, our researchers suggest PCM Cool Roof system by using PCM and WPC the roof finishing material. The numerical results adequately illustrates the actual scale model experimental, and represents the character of the PCM Cool Roof System. We believe this data can be useful in future real applied research.

키워드: 상변화물질, PCM Cool Roof System, 축소 모형실험, 열성능 평가

Keywords: PCM(Phase Change Materials), PCM Cool Roof System, Scale Model Test, Thermal Performance

1. 서 론

열섬현상이란 도시 중심부의 기온이 주변 지역보다 현저하게 높게 나타나는 현상을 말한다.

열섬현상을 저감시키기 위한 방법으로 건물 옥상 마감재에 PCM(Phase Change Material)을 사용하고자 한다. PCM이란 온도 변화에 따라 상태변화를 일으키며 잠열 형태로 열에너지를 축적 및 방출하는 물질을 말한다. PCM은 상변화 온도를 변화시킬 수 있는 장점을 가지고 있어 에너지를 효율적으로 이용 가능하며, PCM의 축열 성능을 활용하기 위한 연구와 기술 개발이 국내외에서 다방면으로 진행되고 있다. Dong(2015)은 PCM을 건물에 적용하여 에너지 소비량 저감과, 축열 성능을 바탕으로 열 쾌적 환경을 확보하는 연구를 진행하였다. Ayca(2015)는 건축 요소의 PCM 재료의 사용에 관하여 실험 및 시뮬레이션을 통한 연구를 진행하였다. Kibria(2016)는 Cool Roof와 PCM 기반의 지붕을 주택에 적용하여 시뮬레이션을 통한 열섬현상 저감 효과를 확인하는 연구를 진행하였다.

본 연구는 PCM Cool Roof System의 열성능 평가 비교 검증 연구로서 축소모형실험과 시뮬레이션을 실시하였다.

이와 같은 연구는 추후 PCM Cool Roof System의 실

물적용의 기초자료로 활용될 것이다.

2. 축소모델 실험 및 시뮬레이션 비교 검증

2.1 축소모형 실험

축소모형실험체는 일반적인 슬래브 지붕을 참조하여 1/10 스케일, 600×600×600mm 크기로 제작하였고, 지붕을 제외한 벽체 및 바닥은 실험체 내부의 열을 차단하기 위하여 40mm의 단열재를 삽입하였다. 실험체의 기본 구조는 그림 1의 순서와 같이 콘크리트, 단열재, 누름 물탈의 순서로 제작하였다.

PCM Cool Roof System의 마감재는 선행연구 Jeong(2015)의 결과로서 WPC (Wood Plastic Component)을 선정하였으며, WPC의 내부에 n-docosane RT44 PCM을 Packing type으로 제작하여 실험을 진행하였다.

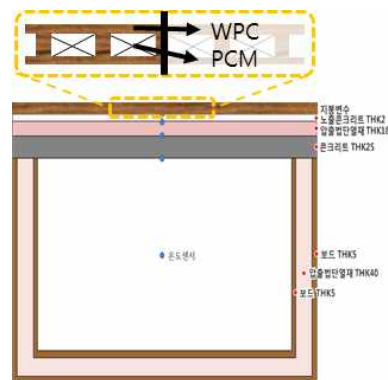


그림 1 축소모형의 구조 단면도

* 중앙대 대학원 석사과정

(Corresponding author : mesersin@naver.com)

** 중앙대 건축학부 초빙교수, 공학박사

*** 중앙대 건축학부 교수, 공학박사

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비 지원(16CTAP-C078014-03)에 의해 수행되었습니다.

2.2 축소모형실험 개요

축소모형실험은 2015년 10월 20일에 실시하였으며, 외기 조건은 서울 중앙대학교 옥상에서 실시하였다(표1 참조). 실험에 적용된 PCM 재료는 선행연구의 결과로서 파라핀 계열의 n-docosane Melting Point 44°C를 나일론 재질에 Packing 제작하여 실시하였다.

표1. 측정일(2015년 10월 20일) 기상정보

평균기온 (°C)	최고기온 (°C)	최저기온 (°C)	평균운량	일강수량 (mm)
18.8	25.1	15.4	2.9	-

2.3 축소모형실험 결과

축소모형실험 결과는 표 2와 같이 나타났으며, PCM Cool Roof System을 적용한 결과, PCM의 잠열량으로 인하여 실내온도는 변화의 폭이 적은 것으로 나타났다.

표2. 10월 20일 축소모형실험 결과

	표면	실내	외기
평균온도 (°C)	20.1	21.4	19.8
최대온도 (°C)	38.8	18.7	31.5
최소온도 (°C)	11.3	15.2	15.2

2.4 시뮬레이션 개요

시뮬레이션은 영국의 Design Builder사에서 개발한 Design Builder version 4.7을 사용 하였다. 시뮬레이션의 날씨 데이터는 기상청의 최근 10년의 서울 데이터를 참조하여 적용하였으며, 축소모형실험을 진행하였던 날씨와 가장 유사한 데이터를 적용하였다. 시뮬레이션의 실험 모델은 축소모형 실험에 적용된 재료를 동일하게 적용 하였으며, PCM의 특징인 온도별 잠열량 값은 시차주사 열량측정법(DSC)로 측정하여 동일하게 적용하였다.

2.5 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과는 표 3와 같이 나타났으며, 실내온도와 외기온도가 축소모형실험결과 데이터와 유사한 것으로 확인하였다.

표3. 시뮬레이션 결과

	실내	외기
평균온도 (°C)	21.6	19.8
최대온도 (°C)	18.7	31.6
최소온도 (°C)	15.2	15.1

2.6 비교 검증

시뮬레이션의 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션 상의 모델 조건을 축소모형실험의 구조 조건과 동일하게 구현하였다. 기존에 적용하기 힘들었던 PCM의 특성 또한 DSC의 측정 결과 값으로 동일하게 구현하였다.

비교군은 축소모형실험의 실험체 내부온도 데이터를 활용하였다. 축소모형실험 결과와 시뮬레이션 결과를 비교 하면 다음과 같다(그림2 참조).

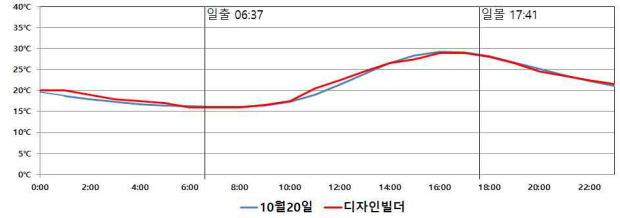


그림 2 축소모형실험, 시뮬레이션 실험체 내부온도 비교 그래프

축소모형실험의 결과와 시뮬레이션 결과는 하루 평균 온도가 축소모형실험이 21.4°C, 시뮬레이션이 21.6°C로 두 결과의 상관관계는 0.98로 나타났다(그림 3참조).

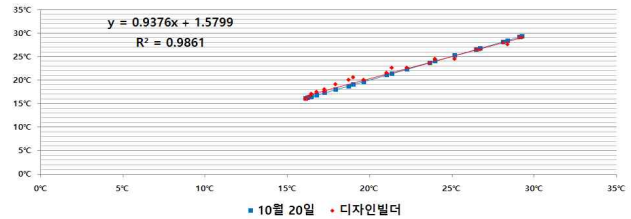


그림 3 축소모형실험, 시뮬레이션 상관관계 그래프

이러한 결과는 축소모형실험과 시뮬레이션간의 결과 데이터가 유사한 것으로 판단되며, 차후에 있을 실물적용 실험 및 시뮬레이션에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구는 PCM Cool Roof System의 축소모형실험 데이터를 시뮬레이션과 비교하였다. 이번 시뮬레이션 결과는 실제의 축소모형 실험을 적절하게 모사하고 있으며, PCM Cool Roof System의 특징이 표현되고 있다고 판단되며, 차후 실물적용 연구에 유용한 방법으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- Dong, L. et al.(2015), Numerical analysis on thermal performance of roof contained PCM of a single residential building, Energy Conversion and Management, 100, pp.147-156
- Ayca, T. et al.(2015), An experimental and numerical investigation on the use of phase change materials in building elements: The case of a flat roof in Istanbul, Energy and Buildings, 102, pp.91-104
- Kibria, K.R et al.(2016), Simulating the effects of cool roof and PCM (phase change materials) based roof to mitigate UHI (urban heat island) in prominent US cities, Energy, 96, pp.103-117
- 정주리 외, PCM Cool Roof System 마감재료의 열성능 실험, 대한건축학회 학술발표대회, 2015. 10, pp.595-596
- 기상청, 기상연보(2002~2012)