

PCM(Phase Change Material)의 건물 바닥구조 적용 방안

백상훈* 정주리* 강인성* 박진철**

*중앙대학교 건축학부 대학원

**중앙대학교 건축학부

Method for Applying PCM(Phase Change Material) to Under-floor Structure in Building

Back, Sanghoon* Jeong, Juri* Kang, Insung* Park, Jin Chul**

*Graduate School, School of Architecture & Building Science, Chung-Ang University, Seoul, Korea

**School of Architecture & Building Science, Chung-Ang University, Seoul, Korea

Abstract

This study is aim to introduce the system using PCM(Phase Change Material) to reduce energy consumption in buildings. For this, first of all, after explaining types and properties of applicable PCMs for building energy saving, we briefly analyzed its international and domestic market trend. In addition, we proposed one of the methodologies, can applied the PCM to domestic buildings. Therefore, it is expected that these results can be utilized for other researches related to PCM to reduce building energy.

주요어 : 상변환물질, 건물에너지 절감, 바닥 구조체

Keywords : PCM(Phase Change Material), Building Energy Saving, Floor Structure

1. 서론

최근 국제기구를 중심으로 건물의 에너지 사용에 따른 온실가스 배출을 감소시키기 위한 4대 핵심 기술 중의 하나로써 열저장(Thermal Storage) 매체인 PCM(Phase Change Material)의 건물 적용을 적극 권장하고 있다. 특히, PCM은 유럽과 북아메리카 그리고 중국을 중심으로 관련 기술 개발 및 시장이 활성화 되고 있으나 국내에서는 PCM 관련 연구 및 기술개발이 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 PCM의 종류와 특성을 고찰하고 이를 건물 바닥구조체에 적용하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

2. PCM의 종류 및 특성

PCM은 최초 과냉각의 고체 상태에서 상변환 없이 현열을 축열하여 상변환 온도(Melting Point)까지 상승되고 이 후, 온도 변화 없이 고체에서 액체 상태로 상을 변화시키면서 잠열에너지를 지속적으로 저장한다 또한 고체에서 완전한 액체 상태로 상변환이 되는 잠열 포화상태에서는 다시 온도상승을 동반한 현열의 형태로 축열 과정을 이어가며 방열의 경우, 이와 반대의 과정을 거치면서 현열 및 잠열을 방출하게 된다.

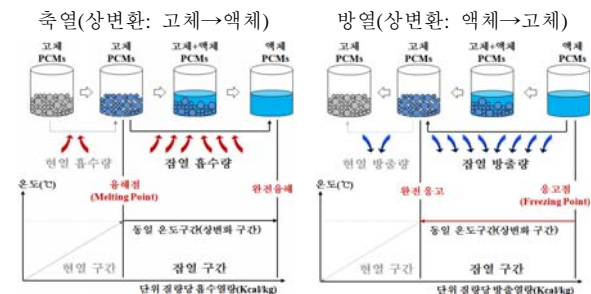


Figure 1. Phase change process of PCM by thermal storage

그러나 PCM이 완전한 액체 상태가 되는 잠열 포화상태 이상까지 이르게 되면 밀도(ρ) 및 비체적(γ) 등이 급격하게 변화하여 PCM을 담고 있는 Packaging 및 Container 등의 파괴를 유발하고 이로 인한 인접 구조체 등에 구조적인 문제를 발생시키기 때문에 일반적으로 PCM의 활용 범위는 과냉각 상태의 고체에서 완전한 액체상태가 되기 직전인 잠열 포화 상태 이하에서 반복적인 상변환을 이용하는 것이 바람직하다. 또한 최근에는 비록 열적인 관점에서는 성능이 저하될 수도 있지만 PCM을 건물의 구조체와 손쉽게 융합하기 위해 작은 캡슐에 PCM을 담아 Plate에 삽입하는 차세대 PCM기술이 일부 선진국에서 활용되고 있다. 또한 화학적 및 열적인 관점에서 PCM은 원재료와 분자구조 그리고 열적 범위에 따라 무기물 계열, 유기물 계열, 에리스리톨(바이오) 계열로 구분되며 계열별로 단위 질량당(단위 체적당) 축열 및 방열 능력이 달라진다. 특히 바이오 형태의 에리스리톨(C4H10O4) 계열은 고온 및 초고온에서 흡열 및 가열용으로 이용되며

Corresponding Author

성명 : 박진철, 중앙대학교 건축학부 교수, 공학박사

전화 : +82-820-5261

E-mail : jincpark@cau.ac.kr

아세트산 나트륨($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)계열은 중온에서 난방 및 온열용으로, 그리고 황산나트륨($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)계열은 주로 낮은 온도에서 냉방용으로 이용된다.

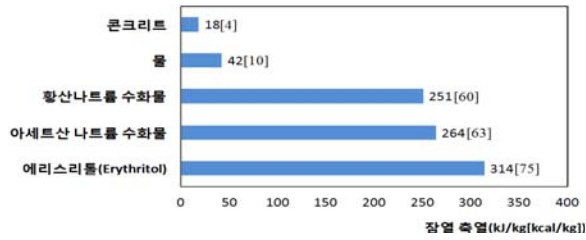


Figure 2. Thermal capacity by PCM type

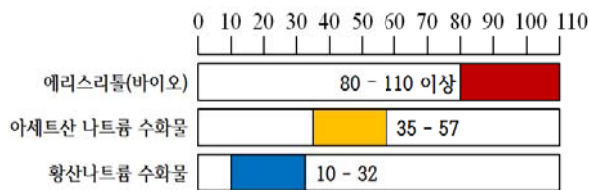


Figure 3. Temperature range by PCM type

3. PCM의 바닥구조 적용 방안

건물에서 PCM의 적용은 주로 벽체, 지붕, 바닥 등 기존의 구조체와 결합하여 이용되는 것이 일반적이다 또한 냉방 혹은 난방 등 사용 용도를 고려하고 PCM과 융합된 다른 구조체 및 재료들의 전도 및 복사 등 열적 특성들을 분석하여 최종 재료에서의 표면방사에 의한 목표 온도를 충족시킬 수 있도록 적절한 상변환 온도를 가진 PCM을 적용하는 것이 바람직하다.

다음의 Figure 4는 PCM 적용 전, 기존의 일반적인 바닥 난방 시스템 형태이고 Figure 5는 PCM을 바닥 온수난방 시스템에 적용하기 위한 방법론을 나타낸 것이다 즉, 기존의 바닥 온수난방 시스템에서 경량 및 기포콘크리트나 모르타르로 마감되었던 부분을 PCM으로 대체하여 구성한 바닥 난방 시스템이다 이와 같은 시스템은 심야 전력을 통해 공급되는 온수나 일사에너지지를 통해 공급되는 열에너지를 PCM으로 저장 시킨 후, 난방을 필요로 하는 시기에 이를 방열함으로서 난방에너지 지 감소 효과를 도모할 수 있다. 또한, 이와 같은 원리로 벽체와 천정 등에서도 PCM을 이용하는 것이 가능하다.

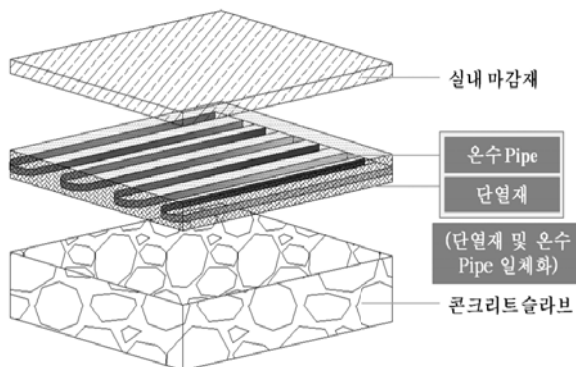


Figure 4. Structure of existing under-floor heating system using hot water system

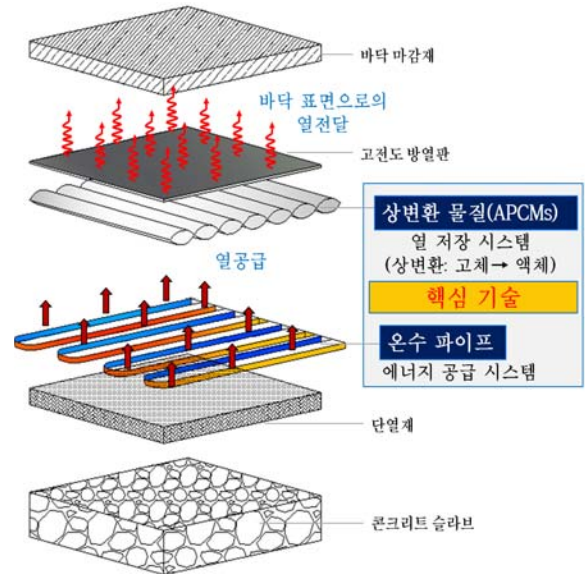


Figure 5. Schematic of under-floor heating system using PCM and hot water system

4. 결 론

본 연구에서는 건물에서 에너지 사용을 줄이기 위한 방법으로서 PCM을 활용하는 방안을 제시하였으며 특히 기존의 바닥 온수난방 시스템과 PCM과의 융합에 의한 에너지 절감을 도모할 수 있는 기초 시스템을 제안하였고 시스템 구성과 특징을 간략하게 분석하였다. 그러나 PCM 관련 핵심 기술과 원재료는 전량 수입에 의존해야하기 때문에 개발 단계에서는 초기 투자비용이 높고 보급에 어려움이 있을 것으로 보인다. 그러나 PCM 기술개발의 성숙기 및 응용기술개발 단계에 있는 국외와 비교하여 국내 상황은 아직 기술도입기 수준에 머무르고 있는 실정이다. 따라서 향후, 건물의 에너지 사용에 따른 온실가스 배출 절감의 목표를 달성하기 위해서는 이러한 핵심기술에 대한 R&D 투자와 기술의 국산화 그리고 보급을 위한 사전 준비 및 시장성 확보가 시급히 해결되어야 할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비 지원(15CTAP-C078014-02)에 의해 수행됨.

참 고 문 헌

1. 김호민, 방선규, 박진철. (2015). PCM과 Cool Roof를 이용한 냉방부하 저감 연구. 대한설비공학회 학술발표대회 논문집: 대한설비공학회, 6, 618-624.
2. 김수민, 정수광. (2014). 상변화물질(PCM)을 적용한 고열효율 축열 건축자재. 한국건축친환경설비학회 건축환경설비 논문집: 한국건축친환경설비학회, 8(2), 20-27
3. Mahmood Mastani Joybari. (2015). Heat and cold storage using phase change materials in domestic refrigeration systems: The state-of-the art review. Energy and Buildings: 106, 111-124