

潜熱蓄熱材と通気層工法を組み合わせた壁体の有効性の検証

建築都市デザイン学科 2280070045-4 高橋 奈恵
(指導教員 小林 知広)

1. はじめに

近年建物に対する熱負荷を軽減するため、有効な技術の開発・普及が求められている。夏期では日射により壁体温度が上昇することで室内への熱負荷となり、冬期では室内から屋外への熱損失が問題であることから、外皮、壁体部材において対策が必要であると言える。これまで既往の研究¹⁾では、信楽焼の成型技術、釉薬技術を用いた、「外壁冷却タイル」と通気層を有した壁面システム(図1)の性能検証を行ってきた。

本研究では、既存の壁体工法の性能をさらに向上させるために、潜熱蓄熱材(Phase Change Material 以降 PCM)を用いる。PCMは、設定温度域で相変化が起きるため、その潜熱量によって蓄熱量を増加させる特徴がある。そこで壁体内の通気層に導入すると、昼間の日射熱を蓄熱することで、蓄熱の応答遅れによる夜間放熱を夏期は通気層で屋外に排熱し、冬期は通気層の開口部をダンパーで閉じて空気層にすることで室内への放熱と壁体の保温効果に有効だと考えられる。本研究ではPCMの相変化温度域、通気層への設置位置(図2)をパラメータとして、夏期と冬期それぞれで最も効果的な仕様の検証を行った。

2. 解析概要

外壁の屋外側表面から室内側表面までの温度分布の1日の変化¹⁾を算出するために次元非定常熱伝導方程式²⁾を差分法、陽解法により非定常熱伝導計算で夏期・冬期を対象として解析を行った。³⁾

2.1 解析モデル

解析対象とした外壁構成のモデルを図2、部材構成を表1、解析モデルの設定条件は表2、計算条件は表4に示す。

2.2 部材の物性値

物性値は表3に示す。また、PCMの相変化熱による蓄熱量増加を再現するために本来の比熱に加えて、見掛けの比熱²⁾を用いる(図3)。相変化の中心温度を基準とし、その温度から±1Kの温度域で相変化が起こると設定した。

2.3 境界条件

境界条件として、室内側の壁表面温度は空調による一定室温を想定し、夏期26℃、冬期22℃に設定した。屋外側は日射量が十分な日を選定し、既研究¹⁾で使用した屋外暴露試験棟の壁表面温度の測定値を与えた。また、夏期は西面、冬期は南面を対象とした。

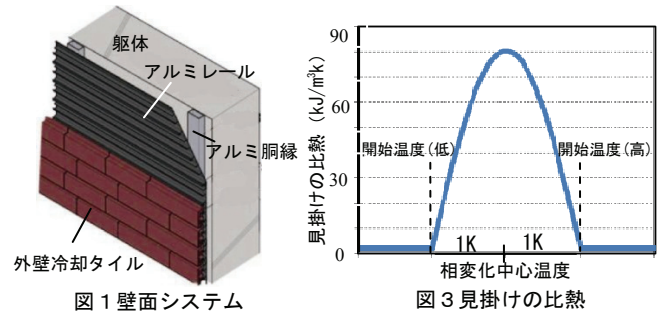
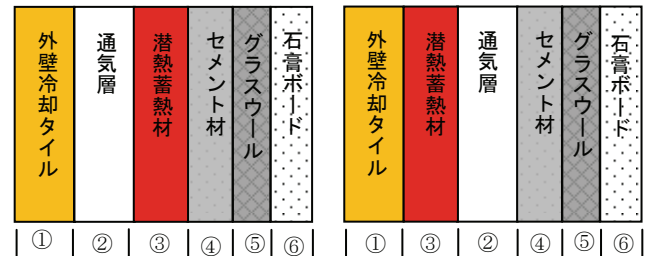


図1 壁面システム

図3 見掛けの比熱



(1) PCM 室内側設置モデル

(2) PCM 屋外側設置モデル

図2 解析対象モデル

表2 解析モデルの設定条件

材料名	厚み [mm]	メッシュ幅dx [mm]	分割数
①タイル	24	1	24
②通気層	33.5	33.5	1
③PCM	15	1	30
④セメント板	12	1	12
⑤グラスウール	10	1	10
⑥石膏ボード	12	1	12
TOTAL	121.5		89

表3 物性値一覧

部材	熱伝導率λ [W/m・K]	密度ρ [kg/m³]	比熱c [kJ/kg・K]
外壁冷却タイル	0.37	1032	0.84
潜熱蓄熱材	0.37	860	1.9
セメント板	0.21	1100	1.68
断熱材	0.051	10	0.837
石膏ボード	0.22	750	1.13

表4 計算条件

室温 [°C] (夏期)	26.0
(冬期)	22.0
蓄熱量 [kJ/kg]	100
通気層熱伝達率 [W/m²・K]	23(夏期) 9(冬期)
計算時間刻み [s]	0.002

表5 解析ケース

ケース	PCM 位置	相変化温度 [°C]
I-①	室内側	10, 15,
	屋外側	20, 25,
II-①	室内側	28, 30,
	屋外側	33, 35,

2.4 解析ケース

解析ケースを表5に示す。PCM 相変化温度と設置位置を主な解析パラメータとする。Iは夏期、IIは冬期を示し、相変化温度は10~35°Cの間で設定した。冬期では通気層をダンパーにより閉鎖するため熱伝達率 9W/m²Kとした。

3. 解析結果・考察

PCM 相変化温度の一例を図4から図7、PCM 室内壁面流入熱量の一例を図8、9に示す。

夏期では全てのケースで、PCMの相変化温度が33°Cの時相変化によって温度が最も低くなり、冬期では、II-①は25°C、II-②は20°Cの時に温度が最も高い結果となった。また、図8、9より壁面から室内への流入出熱量を比較してみると夏期は通気層内の屋外側、冬期は室内側に設置した場合で、より効果が得られることがわかった。

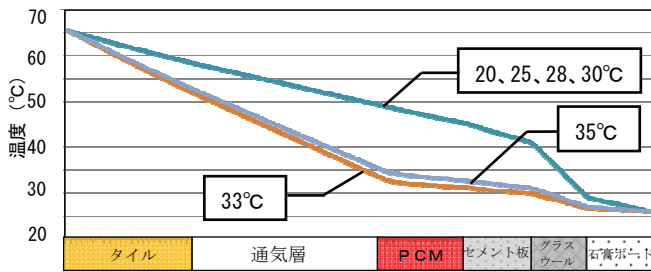


図4 PCM相変化中心温度別壁面分布 (ケースI-①) 16時

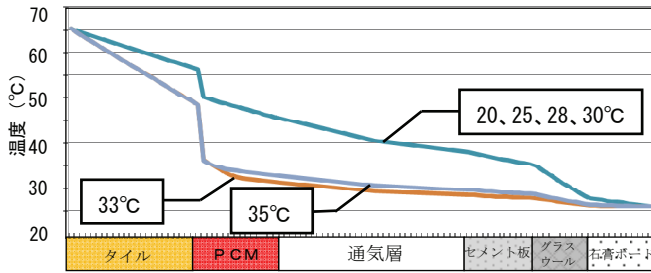


図5 PCM相変化中心温度別壁面分布 (ケースI-②) 16時

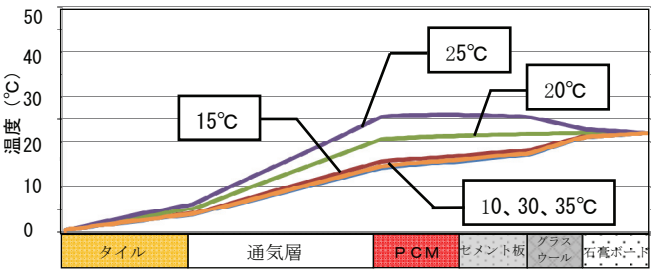


図6 PCM相変化中心温度別壁面分布 (ケースII-①) 20時

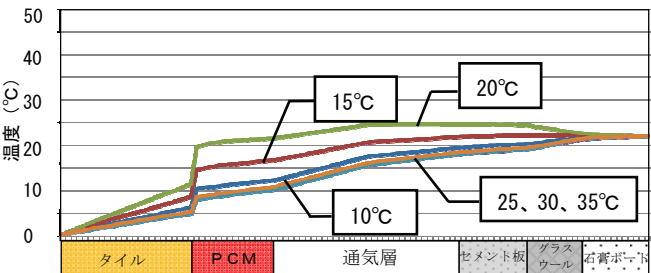


図7 PCM相変化中心温度別壁面分布 (ケースII-②) 20時

4. 年間負荷の算出

夏期と冬期で効果的なPCMの相変化温度が異なることから、各ケースの流入出熱量を空調負荷とし、冷/暖房デグリーデー^{注4)}を考慮することで、各ケースの年間の空調負荷を算出し、最も負荷の小さいPCMの仕様を求める。結果は図10に示す。比較すると、相変化温度20°Cの室内側設置モデルが年間で最も負荷が少ないという結果となった。

5. まとめ

夏期と冬期では効果的なPCMの相変化温度に差が出たため、デグリーデーを用いて年間負荷で評価を行った。今後は本研究で得られた、最適な仕様でPCMを用い、実物スケールの実測に繋げていく。

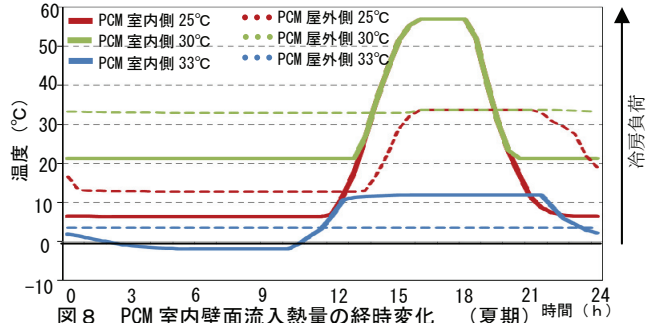


図8 PCM室内壁面流入熱量の経時変化 (夏期)

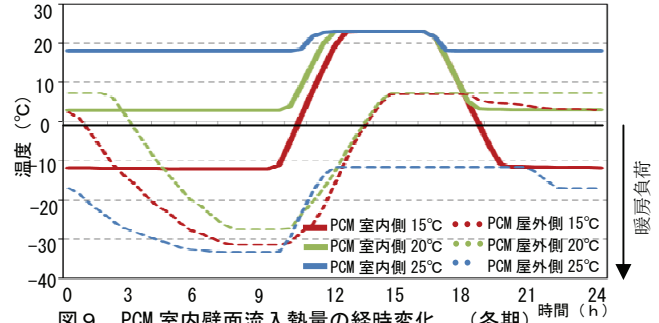


図9 PCM室内壁面流入熱量の経時変化 (冬期)

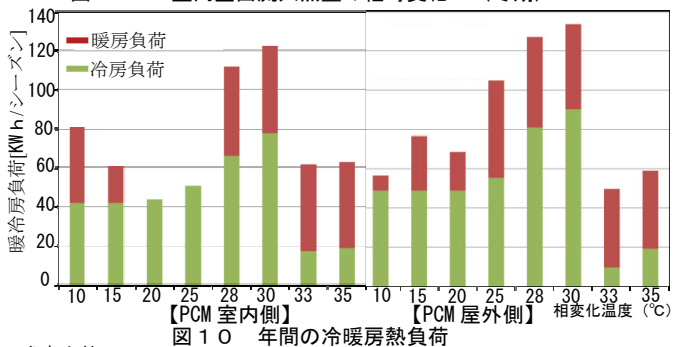


図10 年間の冷暖房熱負荷

参考文献

- 文1) 奥田、近本、西谷：信楽焼タイルの製造技術による外壁冷却タイルの開発(その1)、空調調和・衛生工学会学術講演論文集 pp.1827-1834, 2009年9月
- 文2) 北野、相良：躯体蓄熱への潜熱蓄熱材適応可能性の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.1015-1016, 2000年9月

注1) 夏期は2009年8月17日(西面)、冬期は2010年1月17日(南面)とし、の試験データを用いて日射量が十分にある晴天の日を選定日とした。
 注2) $\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \right)$ $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p}$: 温度伝導率[m²/s]、λ: 熱伝導率[W/m・K]、cp: 熱[kJ/kg・K]、ρ: 密度[kg/m³]
 注3) 本解析では夏期、冬期ともに代表日の日変動を3日間繰り返すことで、2日目までを助走計算とし、3日目を実計算とすることで、実現象に近づけた。
 注4) 冬期(夏期)の室内設定温度θiを基準とし、日平均外気温度θomが室温以下(以上)となるn日間の(θi-θom)を合計したものを暖(冷)房デグリーデーとした。