

高性能建築外皮による室内及び屋外の熱環境への負荷低減効果の検証

建築都市デザイン学科 2280050065-0 西谷 太一
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

近年、ヒートアイランド現象や地球温暖化が深刻化してきており、両者ともに有効な技術の普及が求められている。本研究の解析対象物である高性能建築外皮(図1、2)の表面は水の拡散性能を向上させるとともにツタ植物が登はんしやすい構造である。そのため打水によるタイル自身の表面温度の低下や壁面緑化による植物の蒸散効果が、ヒートアイランド緩和に期待できる。さらにタイル内部にある中空層と建物に施工した際に構造上できる通気層は外部から室内への侵入熱を緩和する。それにより空調負荷が低減することで、CO₂排出量を抑制するため地球温暖化対策としての効果も期待できる。

以上の効果を実証するため、本研究ではタイルの遮熱性能の検証、施工時にできる通気層を活用した換気による排熱効果の検証、ならびに打水の際にタイル表面からの蒸発による潜熱の冷却効果の検証を行った。

2. 遮熱性能の検証

タイルの遮熱性能を伝熱実験とCFD(コンピュータによる流体解析)で検証する。タイル内部にある中空層のサイズの違いでケース分け(表1)して中空層の評価を行う。

2.1 伝熱実験概要

タイル表面全体に熱を与え、中空層・裏面の温度を測り、タイルの熱伝導率を求める。

$$\lambda = q \times \delta / (\theta_1 - \theta_2)$$

λ : 熱伝導率 [W/m・K] q : 熱量 [W/m²]

δ : 厚さ [m] ($\theta_1 - \theta_2$): 表面温度と裏面温度の差

面状発熱体を用いて 40℃の熱を表面に与え、対象物が定常になった状態の温度を結果とした。

2.2 CFD概要

解析モデルは3ケースのタイル(表1)とした。表面に40℃の発熱条件を与え、二次元解析で行った。

2.3 解析結果・検証

実験の測定値を図3に、測定値から算出した、タイルの熱伝導率を表2に、CFDの結果を図4に示した。

実験・CFDともに裏面温度から、中空層による高い遮熱性能の効果を実証できた。中空層による遮熱効果として、中空層厚15mmのタイルが最も高い温度降下性能を示したが、熱伝導率という観点では中空層厚5mmのタイルが最も高い性能を示した。



図1 解析対象物



図2 タイル工法図

表1 タイル中空層サイズ別断面図 (mm)

CASE① 中空層厚 5mm	CASE② 中空層厚 15mm	CASE③ 中空層なし

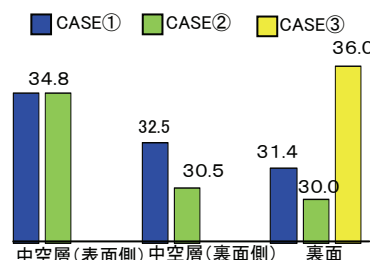


図3 実験測定温度グラフ (°C)

表2 タイル別熱伝導率

ケース	熱伝導率 [W/m・K]
CASE①	0.37
CASE②	0.45
CASE③	0.48
一般タイル	1.28

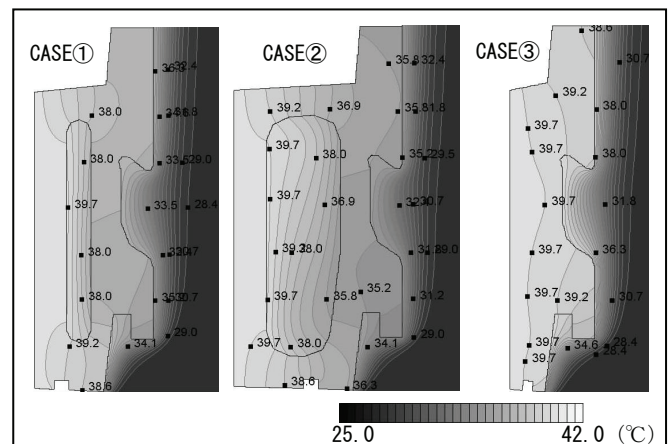


図4 ケース別タイル断面の温度分布

3. 通気層による排熱効果及び断熱効果の検証

壁断面の温度分布及び通気層の気流をCFDで解析を行った。

3.1 解析概要

[解析モデル]

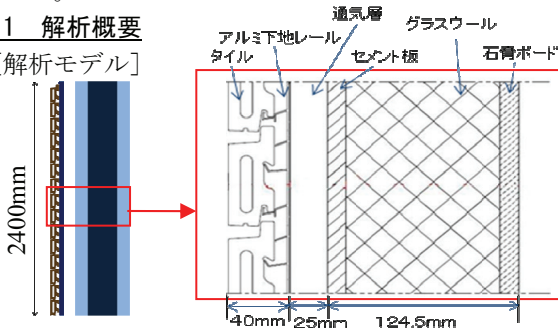


図5 壁断面全体図・詳細図

高さ 2.4m×幅 4.4m (屋外空間:1.5m、壁面:0.2m、室内空間:2.7m) の二次元空間 (図 5) とした。タイルは中空層厚 5mm のケースで解析した。

[解析条件]

表3 解析ケース

CASE	外気温度 (°C)	外皮表面発熱 (°C)	通気層	ツタ登攀
1-1	30.0	50.0	開	なし
1-2	(夏期温度)	30.0		あり
2-1	7.0	15.0	閉	なし
2-2	(冬期温度)			

夏期温度において、通気層の温度差による上昇気流の排熱効果を検証した。冬期においては通気層を密閉した場合の空気の断熱効果を検証した。また、外皮表面発熱は、実測値をもとに設定した。

3.2 解析結果・考察

結果は図 6、7 に図示した。

夏期の排熱効果としては、ツタ登攀していない CASE1-1 の方が、通気層の上昇気流の風速が速く、排熱効果として、通気層の流入温度と流出温度の差から、3.0~5.0°C の排熱効果が確認できた。冬期の断熱効果の解析では、CASE2-1 では通気層に空気の流れはなく、外部からの冷たい空気が流入しないため通気層内が CASE2-2 のように冷却されることがなく結果、CASE2-1 の室内温度の方が高くなっていた。

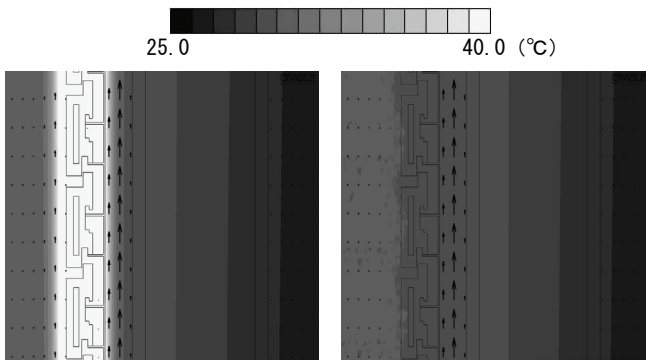


図6 壁断面温度コンター・風速ベクトル (夏期)

4. 潜熱による冷却効果の検証

4.1 実験概要

打水をしたタイル (6 枚の壁体) の蒸発する水分重量を精密重量計で測定した。タイル周囲の湿度条件 (空気中の水蒸気圧とその空気の飽和水蒸気圧の差) と風速を変化させるため加湿器を用いた風洞実験を行い、ケースごとの潜熱除去量を調査した。※水蒸気圧差は 0.57kPa は湿度 50% 時、0.34kPa は湿度 70% 時の値とした。(測定時の気温は 9°C)

4.2 実験結果

図 8、9、10 で経過時間ごとの積算蒸発量を実験時の周囲風速に分けてグラフ化した。また、測定した蒸発量をもとに水の蒸発熱 2.5 kJ/g から単位時間、単位面積あたりの潜熱除去量を表 4 に算出した。

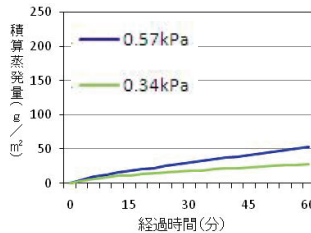


図8 風速 0.0m/s

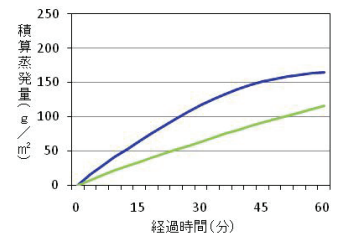


図9 風速 2.0m/s

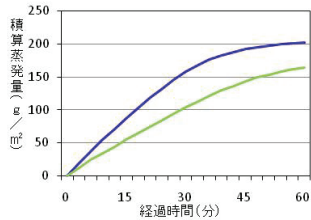


図10 風速 4.0m/s

表4 ケース別潜熱除去量 (KJ/m²・h)

水蒸気圧差 (kPa)	風速 (m/s)		
	0.0	2.0	4.0
0.57	133.1	413.2	503.5
0.34	70.1	288.3	410.7

4.3 考察

水蒸気圧差が大きい方が、蒸発する推進力が高いため、蒸発量が高くなった。また、風速の違いによって蒸発量の差が大きくなっており、風環境に合わせた打水の仕方を検討する必要があると考える。

5. まとめ

本研究では、高性能建築外皮の熱伝導率や潜熱除去量を算出した。今後はこれらの値を用いて、タイルを建物に取り入れた際の省エネ効果の検証を行う。

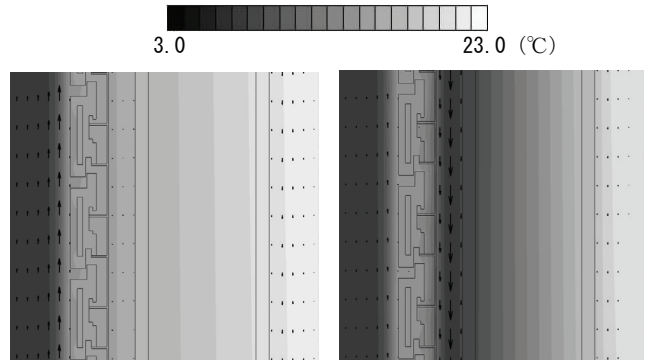


図7 壁断面温度コンター・風速ベクトル (冬期)