

# 躯体の蓄熱効果を考慮した通気層を有する二重屋根の遮熱特性に関する検討

吉浦 温雅\* 芹川 真緒\*\*

## Study on Heat Shielding Effect of Double Roofing with Air Passage

### Considering Heat Storage Effect of Building Structure

Atsumasa YOSHIURA\* Mao SERIKAWA\*\*

#### 1. はじめに

高温多湿気候区の特到低緯度地域の夏季では、エネルギーの消費量を抑えて室内の環境調整を行うために、屋根面の日射遮蔽が重要となる。さらに、コンクリート造の屋根面への日射遮蔽においては、蓄熱された受熱量の放熱による夜間の温熱環境の悪化や、熱負荷の増大の解消が求められる。こうした問題に対し、屋根面から一定の間隔を設けて日射遮蔽材を設置し、その間の通風をはかることで、受熱量の多くを屋外に放散させる二重屋根構造が、山田ら<sup>[1]</sup>により提案されている。ここでは、日射遮蔽材を「日傘」と称し、実験的研究により二重屋根の日射遮蔽の基本性能が示されている。そして白石ら<sup>[2]</sup>は、二重屋根の遮熱性能を発揮するための通気層の厚さについて解析を行い、通気層のアスペクト比が 0.1 以上で有効な遮熱性能が得られると報告している。しかしこれらの研究では、軽量構造が実験の対象であり、解析対象も熱負荷のピーク時であるため、躯体の蓄熱効果が作用する状態における二重屋根の遮熱特性について、詳細に言及されていない。この状態において一定の遮熱性能を発揮できることが確認されれば、夏季にオーバーヒートが生じる公営住宅等の建築ストック<sup>[3]</sup>の省エネ改修を計画・設計する上での有効な知見となりうると考えられる。本研究では、通気層を有する二重屋根の躯体の蓄熱効果を考慮した遮熱性能を明らかにすることを目的とし、CFD 解析の結果について述べる。

#### 2. 解析の概要

建物モデルは 2 次元とし、解析ソフトに STREAM V2022 を用いて非定常 CFD 解析を行う。図 1 に解析対象を示す。解析領域は白石論文<sup>[2]</sup>に従い設ける。日射は ASHRAE ハンドブック<sup>[4]</sup>によるデータライブラリから、東京の 1 年で太陽高度の高い時期より、6 月 21 日のものを用いる。大気放射は上空面を通して、解析領域外から 30°C に応じた放射が入射するとして模擬する。遮蔽材と屋根材はそれぞれ厚さ 0.01m の合板と、0.1m の軽量コンクリートと仮定する。室温は外気温度と同じ温度とし、天井面の対流熱伝達率は  $1.74\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$  と

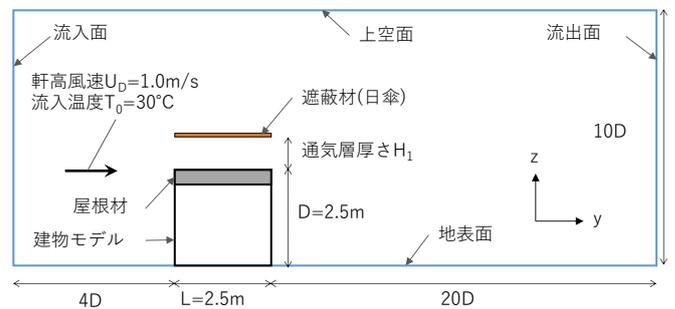


図 1 解析対象

表 1 境界条件

流入面	べき乗則流速規定, べき指数の逆数 3.70 放射率 0.0
流出面	表面圧力規定 0Pa 放射率 0.0
地表面	ノースリップ 断熱, 放射率 0.0
上空面	フリースリップ 断熱, 外部温度 30°C, 放射率 1.0
遮蔽材側面, 建物屋根側面, 断熱材側面	ノースリップ 断熱, 放射率 0.0
遮蔽材上下面, 断熱材上面, 建物屋根面	ノースリップ 放射率 0.9 日射吸収率 遮蔽材上面のみ 0.8
日射	ASHRAE ハンドブック, Japan TOKYO, 6 月 21 日, 方位 y 軸最小方向が東

表 2 解析ケース

CASE No.	通気層厚さ $H_1$ [m]	断熱材厚さ $H_2$ [m]	アスペクト比 ( $=H_1/L$ )[-]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.30	0.00	0.12
3	0.00	0.05	0.00
4	0.30	0.05	0.12

\*助教 建築学部建築学科  
Assistant Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering  
\*\*准教授 建築学部建築学科  
Associate Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering

する。これらの熱物性値は白石論文<sup>[2]</sup>に従っている。表 2 に解析ケースを示す。断熱材は硬質ウレタンフォーム保温版(熱伝導率  $0.024\text{W/m} \cdot \text{K}$ )と仮定し、断熱等性能等級 4 を満たす厚さのもので外

断熱工法とする。乱流モデルは、MP-AKN モデルを用いる。メッシュ数は 40,000 程度とする。差分スキームは QUICK を用いる。境界条件は表 1 に示す。時間間隔は 0.005s として計算する。初期温度は同日の南中時 11:42 の日射(水平面全日射量  $944.6\text{W/m}^2$ )を用いた定常解析の解とする。助走計算は日射を与えず 5 時間行い、それ以降の 24 時間の計算結果を分析に用いる。尚、CASE1 と 2 については定常解析を行い、文献値<sup>[2]</sup>と同等の結果を得られることを確認している。

### 3. 解析の結果

図 2 に 11:45 と 24:00 における温度分布を示す。まず、11:45 の CASE1 の屋根材を見ると、他のケースと比較して高温となっており、日射受熱の多くを吸熱していることが分かる。一方、CASE2・4 では対流による遮蔽材上面と通気層内の放熱により、屋根材への吸熱が防がれていることが確認できる。CASE3 では外断熱の日射遮蔽の効果を認められるが、CASE2・4 を上回る屋根材への吸熱が生じていることが分かる。次に、日没後約 5 時間経過した 24:00 の CASE1 の屋根材を見ると、依然と熱を蓄えていることが示される。CASE2・4 では、外気温度と同程度になるまで放熱されているが、CASE3 では断熱材が放熱の妨げになっていることが認められる。図 3 に天井面から室内への熱伝達量(CASE1 の熱伝達量  $1.484\text{MJ/m}^2$  で基準化)を示す。CASE1 の結果より、夜間(日射量が無い時間帯)の熱伝達量は一日の約 4 割を占める。CASE3 では一日の熱伝達量に CASE1 から 5 割程度の削減が見られ、外断熱工法の遮熱性能が認められる。CASE2 では CASE1 から約 9 割の削減が見られ、夜間の天井面から室内への放熱も大幅に縮小していることが分かる。CASE4 の熱伝達量は CASE2 と大きな変化は無く、断熱材は冬季の断熱性能の向上に効果が期待される。

### 4. まとめ

コンクリート造の屋根面に本構造を採用した場合、一日の天井面から室内への熱伝達量の内、一定程度を占める夜間分の相当を削減でき、昼間も含めて標準的な外断熱の仕様を上回る遮熱性能を有することが認められた。初期温度と助走計算の扱いは今後の課題である。

### 参考文献

[1] 多田剛, 山田水城, 古川修文, 日射遮蔽による RC 造住宅の温熱環境改善の研究 その 1)夏季における日傘効果の実験について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, 29-30 (1990.10).  
 [2] 白石靖幸, 村上周三, 加藤信介, 金泰延, 対流・放射連成解析による通気層を有する二重屋根の遮熱特性に関する検討, 日本建築学会計画系論文集, (556), 23-29 (2002.6).

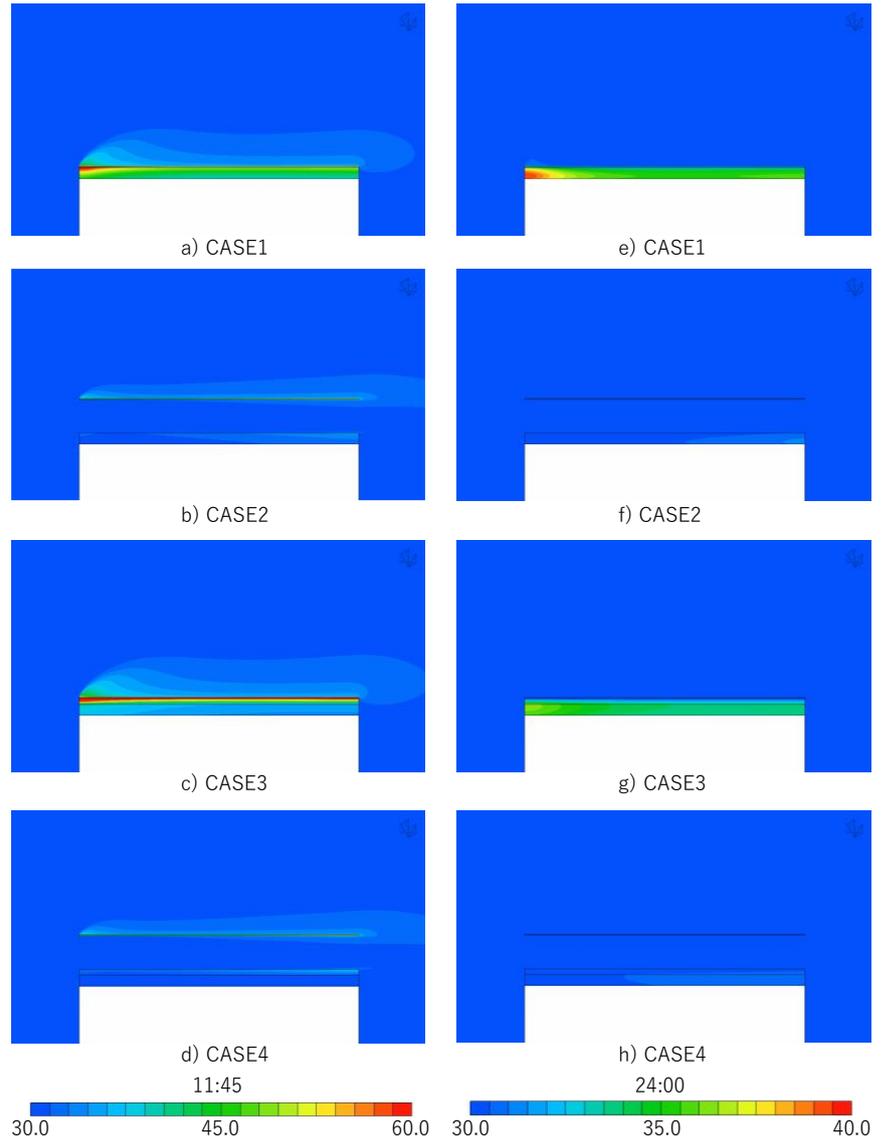


図 2 11:45 と 24:00 における温度分布

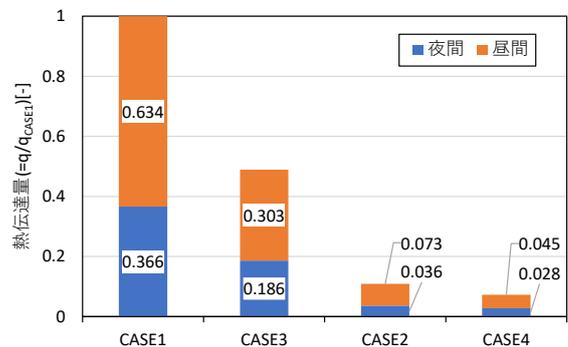


図 3 天井面から室内への熱伝達量

[3] Yannis MERLET, Simon ROUCHIER, Arnaud JAY, Nicolas CELLER, and Monika WOLOSZYN, Integration of phasing on multi-objective optimization of building stock energy retrofit, Energy and Buildings, 257 (2022).  
 [4] ASHRAE, 2013 ASHRAE handbook: fundamentals (SI ed.) (2013).