

交詢ビルディング・ダブルスキンの結露対策法とその検討

その2 熱・換気・水蒸気回路網シミュレーションプログラム NETS による検討

正会員 ○大西由哲\*1  
正会員 坂井和秀\*2

正会員 奥山博康\*1  
正会員 鈴木智朗\*2

熱回路網 換気回路網 水蒸気回路網  
結露 移流 透湿孔

1. はじめに

ダブルスキンガラス外壁では冬季において、内側のスキンにある各種の隙間を通じ、暖房加湿した室内の空気が内部の空気層に入り込むことにより、外側スキンの内表面で結露を起こす可能性がある。この結露対策として、外スキンに小さな穴を開け換気により湿気を排出する方法を前報で報告した。本現象は伝熱、換気、並びに水蒸気移動が連成して起こるシステム的な問題である。従来の結露計算法では、穴を通過する水分を透湿扱いとし、温度差換気による水蒸気の移動が適切に考慮されていない。そこで、係るシステム的な問題検討に適した熱・換気回路網計算プログラム NETS<sup>[1]</sup> により計算モデルの係数決定実験を行い、孔の大きさや形状、空気層における気密性の検討を行ったので本報で報告する。

2. 計算モデル概要

本件の空気層内の結露は、建物全体的な煙突効果によって生じる気流により運ばれる水蒸気が主因になる。そこで、計算モデルも壁体の部分的領域だけでなく、図1に示すように建物全体的なモデルを構築した。また、結露に関して最も条件が悪くなる最上階は拡大して詳細モ

デルを示すと図2, 3になる。これとつながる下層階については複数の階をまとめた概略的なモデルにした。湿気を排出する透湿孔は、孔の形状として直径5mm及び10mmの円、並びに楕円(10×30mm)を想定し、通気抵抗の試験を行い、計算モデルの中のパラメータとした。試験結果を図4に示す。他の隙間特性については、外皮全体の隙間など文献値<sup>[2], [3]</sup>を参考にし表1に示す。

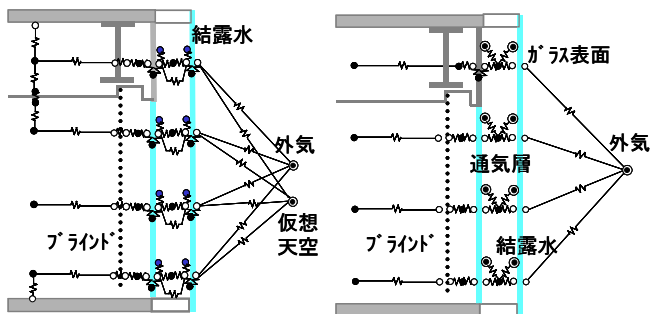


図2 10階の熱・水蒸気流動回路網モデル詳細

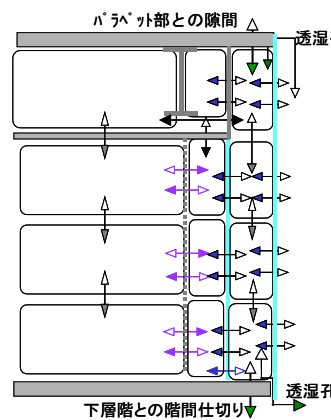


図3 10階の換気回路網モデル詳細

表1 各種流路の特性値

	流路面積、隙間長さ	圧力損失係数	圧力損失指数	
透湿孔	5φ	$2.0 \times 10^{-5} \text{m}^2$	7.13	1.51
	10φ	$7.85 \times 10^{-5} \text{m}^2$	46.9	1.51
	楕円	$2.78 \times 10^{-4} \text{m}^2$	323	1.5
外側ガラス	$1.1 \times 3.85 \text{m}$	$2.99 \times 10^{10}$	1.5	
内側ガラス	$1.1 \times 2.8 \text{m}$	$3.04 \times 10^6$	1.12	
耐火パネル突き合わせ	$1.1 \times 1.3 \text{m}$	$3.04 \times 10^6$	1.12	
層間隙間気密性高い	$0.11 \text{m}^2$	3970	1.04	
層間隙間	$2.9 \text{m}$	1.57	1.87	
ブラインド部分	$0.495 \text{m}^2$	5.67	2	
通気層内上下方向	$68.97 \text{m}^2$	5	2	
カーテンホール以外壁の隙間	該当する外壁の面積	$1.38 \times 10^6$	1.5	

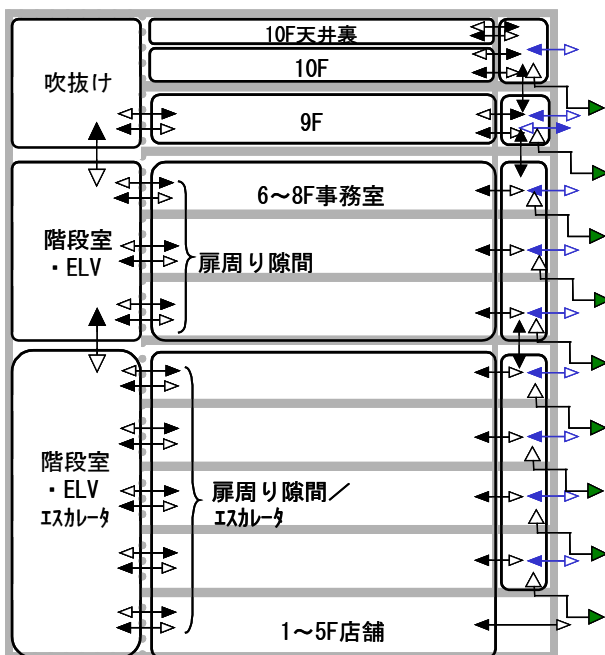


図1 建物全体の換気回路網モデル

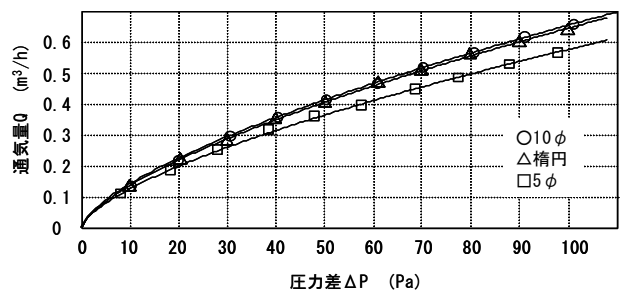


図4 透湿孔の通気特性試験結果

結露を起こす可能性のあるダブルスキン内表面には、結露を起こす条件の場合だけ雰囲気とつながる飽和水蒸気膜の節点を設け、雰囲気の間で蒸発と凝縮の水分移動を考慮できるモデルとした。ただし、この飽和水蒸気膜は結露状態だけに存在するものとし、雰囲気との間では結露状態の時だけ物質移動係数による一般化湿気コンダクタンスでつながり、そうでない場合には切断する。こうした一般化コンダクタンスの値の変化は、モード変化という概念で制御する。この制御は、飽和水蒸気膜の絶対湿度と雰囲気の絶対湿度との大小関係によって行われる。前者が小さければ結露状態であり、物質移動の一般化コンダクタンスが発生し、前者が大きければ、その一般化コンダクタンスはゼロに切り替わり結露水の蒸発が模擬できる。外側のガラスの外表面は外気温度だけではなく、夜間放射量を算出するために設けた仮想天空温度ともつながっている。

### 3. 計算条件

気象条件は東京における冷暖房設計用時刻別温湿度のデータ<sup>[4]</sup>により、1日分の外気温湿度変化を用い、これを5日間繰り返し、最後の1日において検討した。空調は9時から20時まで22℃、40%RHとし、それ以外の時間帯は自然室温、自然湿度としている。結露防止の為に検討した穴の形状、空気層における階段仕切り板や最上階の気密性の組み合わせを表2に示す。また透湿孔の数は、孔による他の不具合を考慮し、最大で1ユニット幅1.1m当たり4個とした。

### 4. 計算結果

孔の形状については5mmの透湿孔では水封現象が生じ、また、図4に示すように通気特性試験結果から楕円形は10mmの透湿孔と顕著な違いは見受けられなかったため、ここでは10mmの透湿孔について検討した。冬期における結露の検討結果を図5に示す。10mm孔1個の場合、空気層の気密性能がいかなる場合も結露している時間帯がある。また、10mm孔4個の場合でも空気層の気密性能の組み合わせによっては結露している。やはり階間の気密性を低くし、複数階にまたがる空気層の換気を利用することで湿気排出効果は高まる。図6は、10φ4個の場合における、階間の気密性能の違いによる、空気層に関する移流並びに透湿分の合計の水蒸気流を示す。凡例の「空気層→外スキン」の値が凝着速度である。階間の気密性を高めた場合、その階での室内からの湿気流入量が増加し、天井裏空間の高さにおける雰囲気の水蒸気濃度が高くなり、結露が増大している。

### 5. まとめ

透湿現象だけでなく移流による水蒸気移動現象を考慮すべき防露検討においては、熱・水蒸気・換気の連成と建物全体のモデル化が必要になりNETSが有用である。また結露・蒸発の現象をNETSのモード変化機能で模擬する

一般的モデルを構築し、幾つかの設計上のパラメータ決定を行った。

#### 【参考文献】

- [1] 奥山博康, "熱・換気回路網モデル計算プログラム NETS の検証", IBPSA-Japan 講演論文集 2002, ISSN 1347-4391, pp. 15-22
- [2] G.T.Tamura, "Air Leakage Measurements of The Exterior Walls of Tall buildings", ASHRAE TRANS, 1973, Vol.79(2), pp. 40-48
- [3] 建築換気設計, 日本建築学会設計計画パンフレット 18, 昭和55年第一版, 第10刷, pp. 61
- [4] 空気調和・衛生工学便覧<第13版> 3 空気調和設備設計篇, 2001年11月30日第13版第1刷発行, 第5編空気調和設備設計 第2章冷暖房負荷 pp. 20

表2 空気層の気密性検討のための計算条件

	孔の形状	階段仕切り板の気密性	パラペット部への気密性
case1	5φ, 10φ, 楕円	比較的ゆるく隙間幅6mm	低い
case2			高い
case3		比較的気密性高く、モヘヤ層付き隙間3.1mm	低い
case4			高い

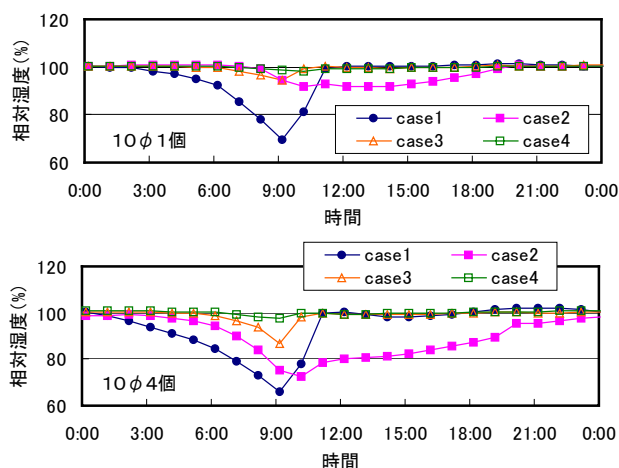


図5 ガラス表面での湿度変化(10φ1, 4個)

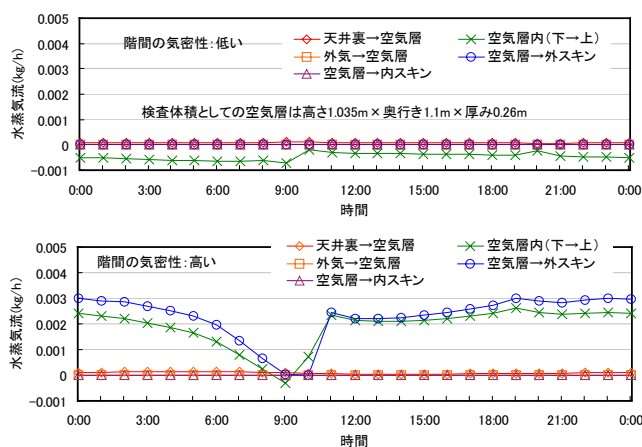


図6 階間の気密性能の違いによる天井裏高さの空気層での水蒸気流変化

\*1 清水建設 技術研究所 \*2 清水建設 建築事業本部

\*1 Shimizu Corporation Institute of Technology \*2 Shimizu corporation Design Center