

内部結露と暖房負荷に関する内断熱と外断熱の比較検討

正会員 奥山博康(清水建設(株)) 正会員 木村建一(早稲田大学理工学総合研究センター)
川島亮平((株)アール・アイ・エー)

1. はじめに

コンクリート建築で起こる内部結露は、その寿命を縮め、ダニやカビによる不健康な建築環境をもたらす。本研究では、新たに考案した外断熱構法と従来の内断熱構法を取り上げ、壁体の内部結露状況やエネルギー消費量に関して、熱・換気回路網計算プログラム NETS を用いて比較検討を行った。

2. 外断熱の概要

図1に本研究の外断熱構法の断面図を示す。本構法では防湿層を設けず、断熱材に透湿性の高い材質を使用し、外装材と断熱材の間の通気層に生じる煙突効果で壁体内部の湿気を排出するだけでなく、図2の様な通気層内の区画により、風圧に関する等圧効果を適切に生じせしめ、雨水の浸入を抑制すると共に外装支持材低減やシーリング材の省略といった図3に示す総合的效果を狙うものである。

3. 検討した建物の概要

検討のために仮定した壁体仕様を表1と表2に示す。内断熱と外断熱で外壁の熱貫流率をほぼ等しくなるように断熱材厚を決めた。内断熱構法では硬質発泡ポリウレタン25mm、外断熱構法ではロックウール50mmとした。また外断熱では、断熱材に透湿性の低い発泡ポリスチレンを使用した場合と、ロックウールの材厚を約2倍の100mmにした高断熱の建物についても検討した。仮定した建物は東京にある7層の集合住宅であり、その3階北東に位置する1住戸について計算した。図4～6に平面図と断面図を示す、床面積84.5m²、室容積198.6m³で、家族数は3人である。なお本住戸では全熱交換器を付けた24時間換気システムを稼働させている。

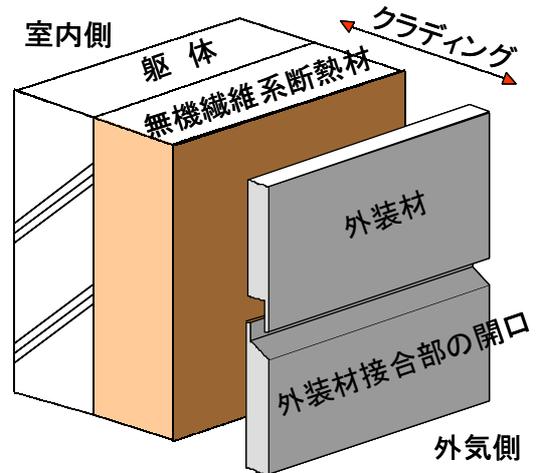


図1 外断熱-断面

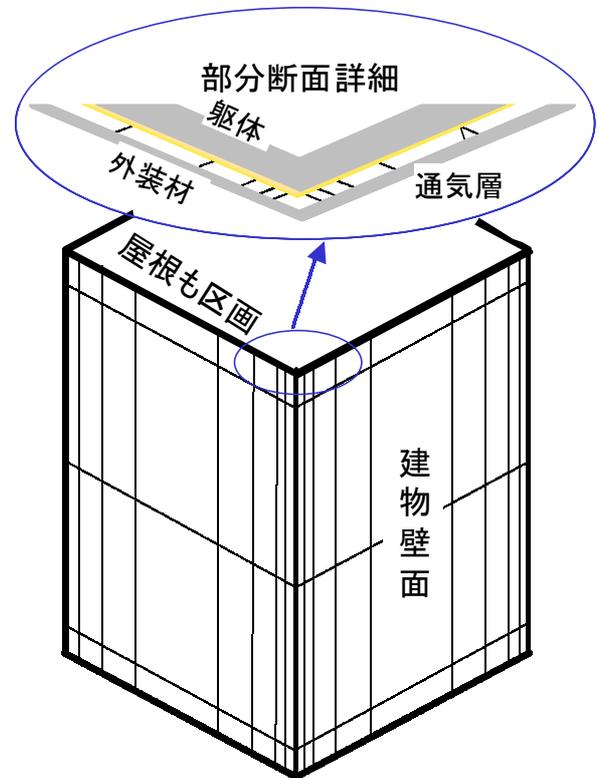


図2 風圧に関する等圧区画



図3 相乗効果

4. 計算条件

計算は、助走期間4日間を設けた上で、外気温が年間で最も低い2月18日の5日めについて検討した。暖房時間は各室毎に異なるが、何れも暖房時設定温度は22とし、加湿は行わず自然発生的な水蒸気発生だけとした。また生活に伴う窓やドアの開け閉めも模擬するようにした。表3に各室の暖房時間、表4に窓の開放時間を示す。ただし窓開放時は暖房を停止する。

5. 計算モデル

計算モデルは、熱回路網、換気回路網と水蒸気回路網の三つのサブモデルを連成させたものである。様々なゾーン間の温度差により換気風量は影響される。また室温は隙間風や室間の空気流動によって影響される。このようにして熱回路網は換気回路網と相互影響を持つ。また各室の絶対湿度は、壁体の透湿だけでなく、室間の空気流動や換気によっても大きく影響を受ける。さらに浴槽の温水からの蒸発は、その水温と浴室の絶対湿度に依存する。逆にこの蒸発により潜熱が奪われ、浴槽の温水の温度は下がっていく。つまり水蒸気回路網は、換気回路網だけでなく熱回路網とも相互影響を持つ。NETSはこうした相互影響を考慮することができる。また浴槽の蓋の開け閉めはモード変化という考え方で、スケジュールあるいは状態フィードバック制御で模擬していくことができる。

特に本研究での外断熱は、通気層の煙突効果により水蒸気を排出する効果を狙っている。この現象の適切なモデル化が必要である。図7には、右側に外壁の断面図を、その左には対応する前述した三つのモデルを、換気回路網の下に熱回路網と水蒸気回路網を透かして示す。通気層は上下方向に幾つかに分割したモデルにすることができる。また一般に等圧効果の程度は、通気層が外気に通じる流路の抵抗と、室内空間や隣接する通気層ゾーンと間の抵抗の、両者の大小関係に依存する。

図8には、住戸全体での換気回路網モデル

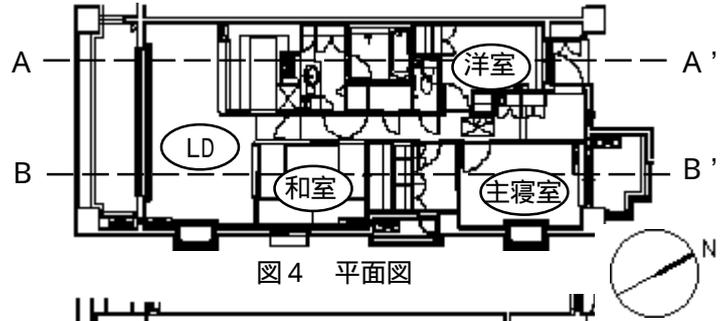


図4 平面図

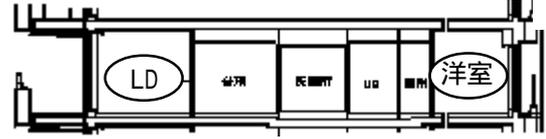


図5 A-A'断面図

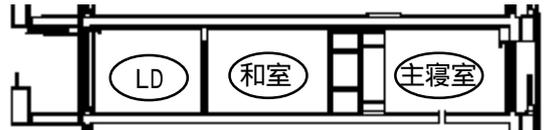


図6 B-B'断面図

表1 外壁材仕様 - 外断熱

材料	熱伝導率λ W/mK	材厚t m	熱伝達率α W/m²K	透湿率μ kg/mh(kg/kg)	湿気伝達率α' kg/m²h(kg/kg)
外気側熱伝達			25		60
タイル	1.3000	0.0060		0.0006	
アルミ板	180.6000	0.0050		-	
通気層		0.0200			
ロックウール	0.0630	0.0530		0.0753	
普通コンクリート	1.6000	0.1500		0.00642	
空気層		0.0200	14.28		12
プラスター	0.2200	0.0095		0.00348	
室内側熱伝達			9.09		24
貫流率	通気層があるので貫流率は無意味。計算モデルでは通気層の煙突効果による熱・湿気の排出が考慮されている。				

表2 外壁材仕様 - 内断熱

材料	熱伝導率λ W/mK	材厚t m	熱伝達率α W/m²K	透湿率μ kg/mh(kg/kg)	湿気伝達率α' kg/m²h(kg/kg)
外気側熱伝達			25		60
タイル	1.3000	0.0060		0.0006	
モルタル	1.5000	0.0190		0.00396	
普通コンクリート	1.6000	0.1500		0.00642	
硬質ウレタン発泡板	0.0278	0.0250		0.003	
空気層		0.0200	14.28		12
プラスター	0.2200	0.0095		0.00348	
室内側熱伝達			9.09		24
貫流率	K=		0.79	K= 0.02	

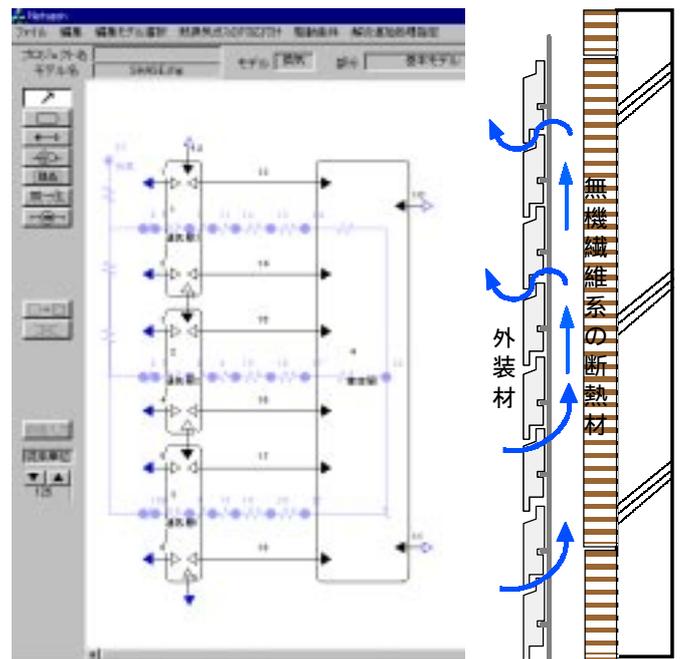


図7 外壁断面図とそのモデル図

図を示す．NETS では，モデルの図を建築平面図や断面図を下に透かしながら描いていくことができる．一つの断面図に流路やゾーンを描き難い場合には，複数の断面図を下敷きにして描けるように，ゾーンの同一化の機能を持っている．またどれか二つのサブモデル間で，節点の対応付けをする場合にも，こうした透かした画面を交互に自動切り替えで行う．

表3 各室毎の暖房運転時間

室名	朝	昼・夕	夜	合計時間
LD、和室	7～8時	12～13時	17～23時	8時間
主寝室	6～7時		22～24時	3時間
洋室	6～7時	17～18時	21～23時	4時間

表4 窓の開放時間

時刻	LD	洋室	和室
10:00	10分間		
11:00	10分間	5分間	5分間

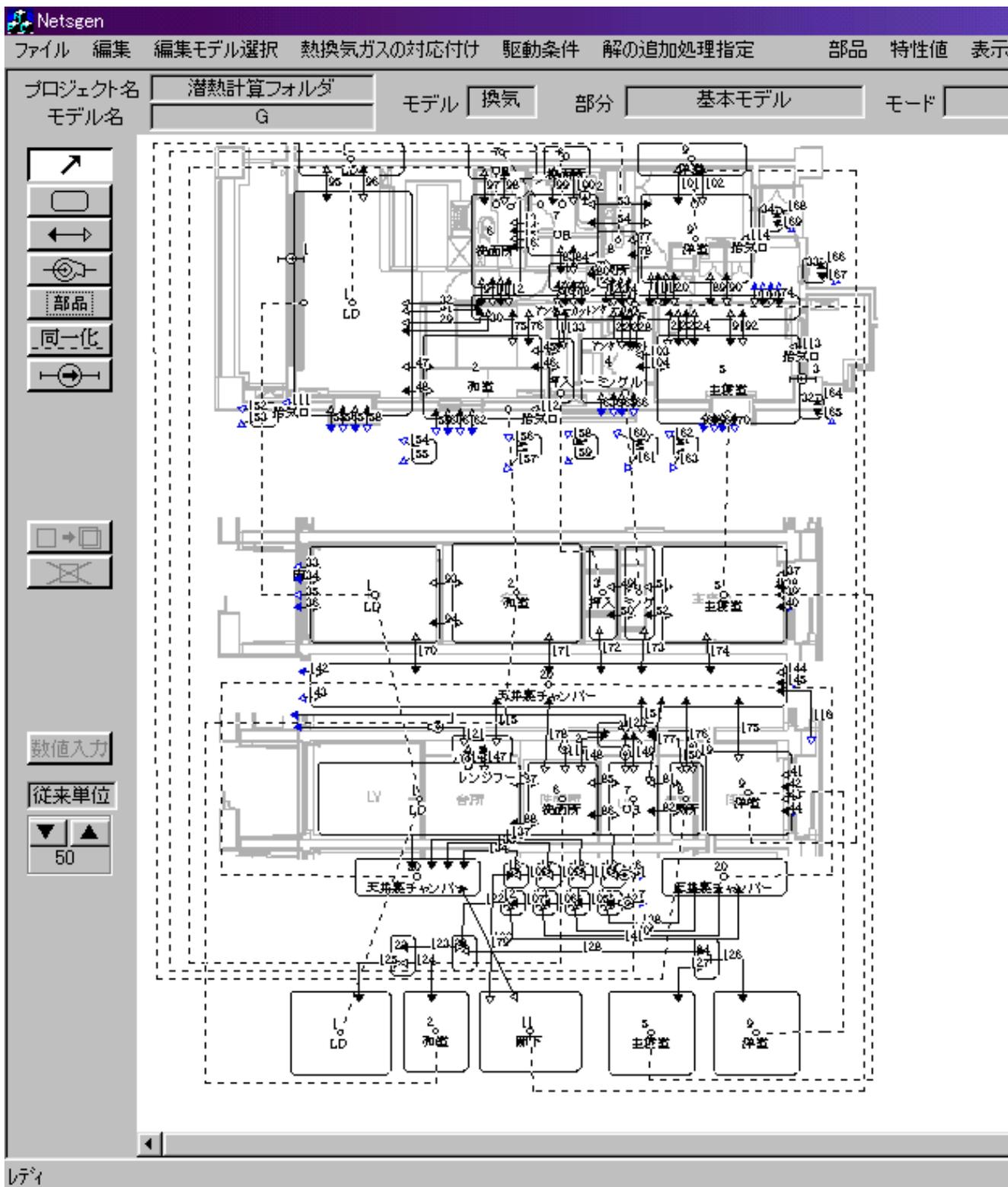


図8 換気回路網モデル図

6. 計算結果

図9から図12に、各構法や断熱材の違いによる外壁の相対湿度変動を、コンクリート躯体と断熱材境界について示す。内断熱構法で発生していた外壁の内部結露が本構法の場合発生しなかった。また発泡ポリスチレンの外断熱構法の場合は、内部結露が発生しなかったものの、断熱材と躯体の間において相対湿度が比較的高くなった。また窓の表面結露の防止には二重窓が有効であることも示された。さらに表5に示す暖房負荷を比較すると、間欠空調を行ったモデルの場合、内断熱構法が外断熱構法よりも小さくなった。しかし24時間空調を行ったモデルの場合では、外断熱構法が低くなった。

7. まとめ

本研究の外断熱構法を用いることにより、内断熱構法で生じていた外壁の内部結露が発生しないことが確認された。また本構法に用いる断熱材は透湿性の高い方が結露対策に効果的であることもわかった。適切な外断熱は、省エネよりも建物長寿命化や健康・快適性のためと考えるのが良い様である。

また本研究における外断熱構法のように、煙突効果や風圧といった自然の力を利用する建築的手法の検討をするために、NETSが適していることも示した。

【謝辞】

NETSのプリ・ポスト処理プログラムは経済産業省のハウスジャパンプロジェクトの補助を得て開発し、清水建設・設計本部の竹内真幸氏と坂本高之氏にはアドバイスを頂き、また同僚の大西由哲氏の協力を得た。

参考文献

- 1) 奥山博康, "建築物の熱回路網モデルに関する理論的研究", 博士号学位請求論文, 1987年12月
- 2) 赤池学, 江本央, 金谷年展著, "日本のマンションにひそむ史上最大のミステーク", TBSブリタニカ, 1999年7月8日

表5 外壁構法や断熱材による日積算負荷

構法	外断熱			内断熱	
	基準	比較	比較	比較	
	ロックウール53mm	ロックウール100mm	発泡ポリスチレン46mm	発泡ウレタン25mm	
24h空調	ガラス	55.65kWh	51.19kWh	55.65kWh	55.70kWh
	窓単層	-	92%	100%	100%
間欠空調	ガラス	29.95kWh	25.66kWh	29.96kWh	30.00kWh
	窓複層	-	86%	100%	100%
24h空調	ガラス	36.51kWh	34.71kWh	36.51kWh	35.71kWh
	窓単層	-	95%	100%	98%
間欠空調	ガラス	21.44kWh	19.10kWh	21.44kWh	20.79kWh
	窓複層	-	89%	100%	97%

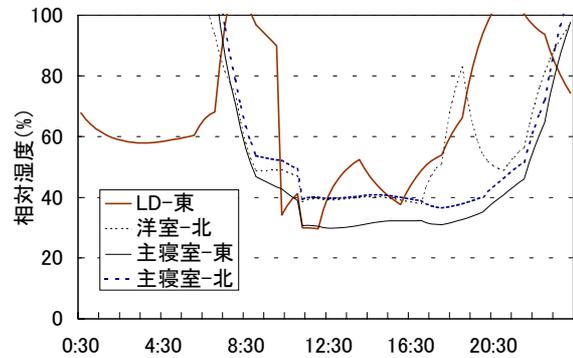


図9 壁内部相対湿度変化 - 内断熱(発泡ウレタン25mm)

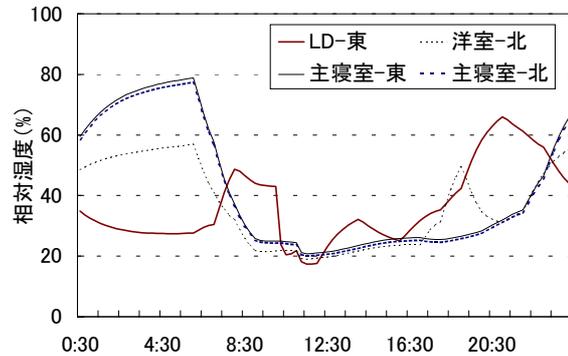


図10 壁内部相対湿度変化 - 外断熱(ロックウール53mm)

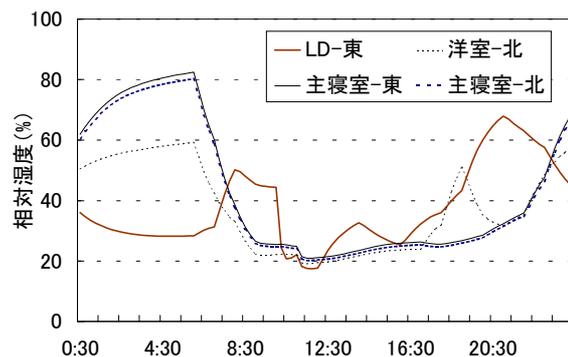


図11 壁内部相対湿度変化 - 外断熱(発泡ポリスチレン46mm)

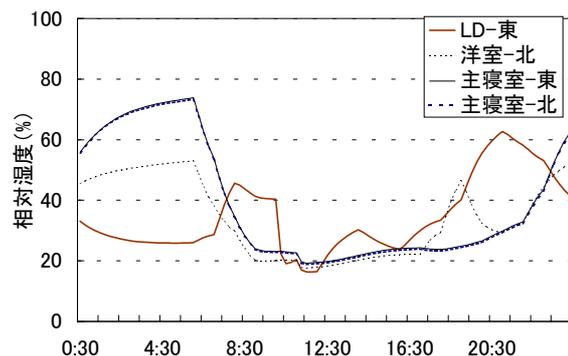


図12 壁内部相対湿度変化 - 外断熱(ロックウール100mm)