

# 建築外皮構造の断熱と内部結露

Internal vapor condensation and thermal insulation system of external building structure

9830117 杉崎智子

指導教官 田中辰明

Satoko SUGISAKI

Tatsuaki TANAKA

## 1. はじめに

適切な断熱施工を行わないと結露が発生する。特に壁体内に発生する内部結露は普段目に見えず、見落とされがちであるが、結露水が蓄積されると、壁や土台を腐らせたり、シミやカビが発生する原因ともなるので結露防止に十分配慮すべきである。

一般的な建築材料は、その材料組成によって湿流が非常に複雑になり、理論的に詳しい事はまだ解明されていない。したがって実際にあたっては、構成材料の透湿率を元にし、定常状態にあるものとして推測計算せざるを得ないのが現状である。

そこで本研究では、壁体内部結露発生についての有効なシミュレーションを可能にするため、今回の実験に使用する材料の透湿係数を実測算出し、モデル壁体内部測定と、壁体内部結露計算を行い、計算値と測定値の比較検討を行い基礎研究とする。

また、より有効な壁体内部結露防止の手段を見出すため、断熱工法による違いや断熱材による違いについて比較検討を行う。

## 2. モデル壁体内部測定方法

Fig.1 に示す 300mm × 300mm モデル壁を作成し、外気：日変動(15°C、90% ~ -15°C、(湿度成り行き)) 室内：23°C、50% に保った実験装置に取り付けた(Fig.2)。モデル壁構成各界面の温度、相対湿度、結露発生の有無、重量変化を測定した。

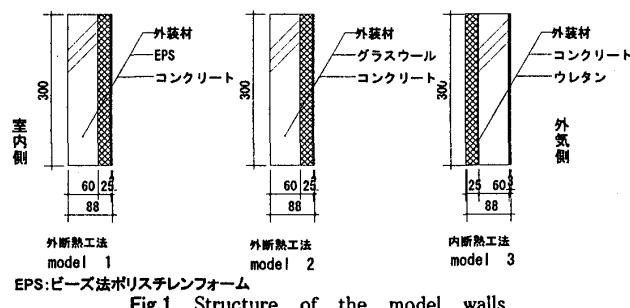


Fig.1 Structure of the model walls



Fig.2 Test installation of the model walls

## 3. 断熱結露計算

- ・各界面の温度、水蒸気圧：室内、外気温湿度に測定値を用いた。各材料の熱抵抗は文献から、透湿抵抗は JIS A 1324 透湿係数測定方法に基づき行った実験により得た値を用いた。
- ・結露発生の判定：各界面の実在水蒸気圧が、各界面温

度に対する飽和水蒸気圧より高い場合結露が発生すると判定した。

## 4. 結果と考察

### 4. 1 透湿抵抗測定結果

|              | 密度<br>(kg/m³) | 材<br>料<br>厚<br>み<br>(mm) | 透<br>湿<br>抵<br>抗<br>(m²·s·Pa /ng) |
|--------------|---------------|--------------------------|-----------------------------------|
| EPS          | 15            | 25                       | 0.0039                            |
| グラスウール       | 49            | 25                       | 0.0003                            |
| ウレタン         | 32            | 25                       | 0.0050                            |
| コンクリート       | 2300          | 60                       | 0.0043                            |
| 外装材(塗材+モルタル) | 1500          | 2.5                      | 0.0032                            |

### 4. 2 モデル壁体内部測定結果

各モデル壁に発生した結露蓄積量と断熱結露計算から算出した計算値を Fig.3 に示す。結露蓄積量とは、コンクリート、断熱材、外装材の重量增加分である。

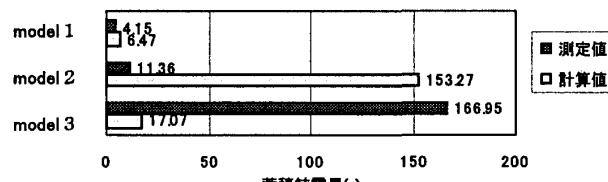


Fig.3 Condensation mass

model 3 の内断熱工法が最も結露水蓄積量が多かった。また、結露水蓄積量の測定値と計算値とを比較すると、model1、model2 では測定値=計算値であったのに対し、model3 は測定値>計算値であった。このことから、外断熱工法では測定値は計算値よりも少なく、内断熱工法では測定値は計算値よりも多くなるのではないかと考えられる。外断熱工法の結露蓄積量が少なくなる原因としては、比較的薄い外装材から結露水が排出されたためと考えられる。

この結露水蓄積量について更に詳細に検討する。各モデル壁各構成の質量変化(Fig.4)、結露発生界面(Fig.5,6)、界面間水蒸気分圧差(Fig.7)、室内側界面温度(Fig.8)を示し、各モデル壁について考察を行う。

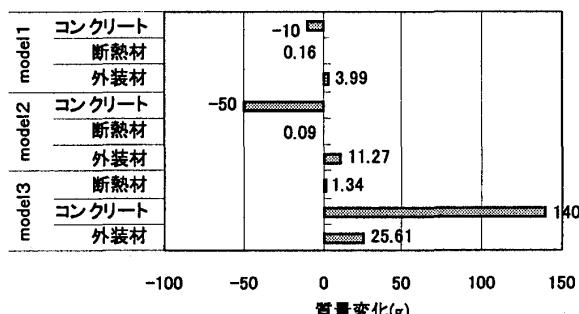


Fig.4 Mass change of each structure

### model1

model1 は、外装材に結露水が蓄積していた(Fig.4)。結露センサー反応(Fig.5, Fig.6)から、室内側界面(B)では、

結露が発生せず、外気側界面(C)で結露が発生し、この結露水が外装材に蓄積したと考えられる。これは、断熱結露計算とも一致した結果である。一方、コンクリートは、重量が減少している。これは、屋外側に比べ高温多湿な室内側から屋外側に湿度の移動が発生し、コンクリート内部の水分が屋外に移動したためと考えられる。

#### model2

model2 は、model1 と同じ外断熱工法であり、model1 と同様、外装材に結露水が蓄積した。しかし、結露水蓄積量は model1 と比べて多かった。これは、model1 と比べ、model2 の断熱材(グラスウール)の透湿抵抗が小さく、断熱材を水蒸気が多く透過したためであると考えられる。

また、コンクリートの重量減少も model1 と比べ大きい。これは、透湿抵抗の違いから来るものと考えられる。各界面水蒸気圧は透湿抵抗に関係しており、断熱材部分両界面間の水蒸気分圧差(Fig.7) B-C が小さいほど、コンクリート(断熱材より室内側)から外気側へ移動する水蒸気量が多くなる。実測データでも model2 の断熱材(グラスウール)透湿抵抗は、model1 の断熱材(EPS)透湿抵抗に比べ小さいことが確認された。

#### model3

model3 は全ての構成に結露水が蓄積していた(Fig.4)。結露の発生は、Fig.5 より、室内側界面(B)で結露水が発生したことが分かり、これが水分を蓄積しやすいコンクリートに蓄積たと考えられる。外気側界面(C)で結露センサー反応が徐々に現れている(Fig.6)のは、室内側界面(B)からコンクリートへの結露蓄積が外気側界面(C)まで徐々に達したものであると考えられる。

model1、model2 は外気側界面(C)で結露が発生したのに対し、model3 は室内側界面(B)で結露が発生した(Fig.5、Fig.6)。これは、model1、model2 は室内側界面(B)と外気の間に断熱材が位置している外断熱工法であるため、室内側界面(B)温度が外気温度の影響を受けにくく安定している(Fig.8)のに対し、model3 は室内側界面(B)より室内側に断熱材が位置している内断熱工法であるため、室内側界面(B)温度が外気温度に追従して(Fig.8)露点温度以下に達したのであると考えられる。

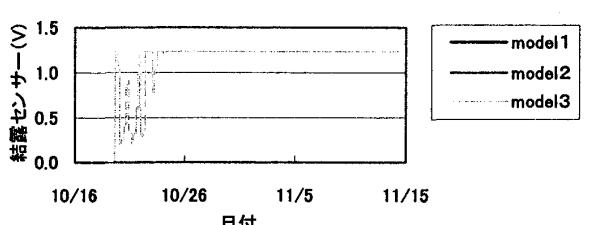


Fig.5 Occurrence of condensation on inner interface (B)

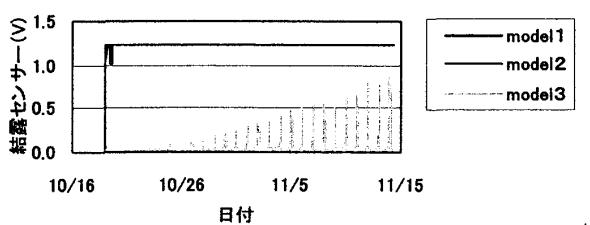


Fig.6 Occurrence of condensation on outer interface (C)

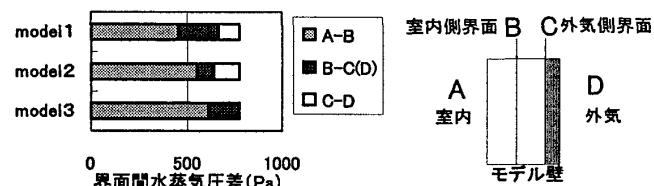


Fig.7 Vapor tension difference between each interface

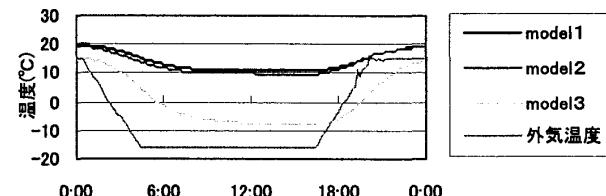


Fig.8 Temperature change on inner interface (B)

## 5. まとめ

断熱工法は、内断熱工法よりも外断熱工法のほうが、壁体内部結露防止に有効である。断熱材が壁体の外側に位置することで、壁体内部の温度が外気温度の影響を受けにくく、露点温度以下になりにくいためであり、一般的に言われている理論が確かめられた。外断熱工法の有効性は蓄積結露量からも明らかであった。これは、結露が外壁材と断熱材の界面で発生するため、発生した結露水も屋外に有効に排出することが可能であるためと考えられる。

断熱材は、透湿抵抗が高いほうが結露防止に有効であるが、断熱工法や外装材の透湿抵抗をコントロールすることによって内部結露を少なくすることも可能であることが分かった。

定常結露計算は、壁体内部結露発生の目安としては有効である。今回の実験だけからは断定できないが、外断熱工法では計算値よりも実際の結露被害は軽く、内断熱工法では計算値よりも実際の結露被害は大きいという可能性がある。蓄積結露量については、測定値と計算値が合わなかったことから、測定、計算方法とも、今後更に検討の余地がある。

## 【謝辞】

この実験を実施するにあたりご協力頂きました三菱化学生株式会社筑波研究所 新商品研究所 リサーチアソシエイトの鈴木修氏に感謝致します。

## 【参考文献】

- JIS A 1324 建築材料の透湿性測定方法
- DIN 52615 断熱技術試験
- 田中俊六 「最新 建築環境工学」 井上書院 (1990)
- 新省エネルギー基準による住宅断熱の設計から施工まで
- 田中辰明 「防寒構造と暖房」 理工図書 (1993)
- 今泉静代 「建物躯体の内部結露に関する評価研究」 平成11年度卒業論文