

RC 建物の隅角部における温湿度性状の非定常解析と 断熱仕様・家具の配置が及ぼす影響

Analysis for Non-Steady State of Temperature and Humidity on the Corner of Concrete Building
ライフサイエンス専攻 居住環境学研究室 0440416 野中有夏 Yuka NONAKA

1. 目的

住宅の結露やカビの被害は、カーペットの下やたんすの裏側など普段目に付きにくい部分に多く発生する。住宅の断熱化は進んでいるものの、住宅におけるカビや結露の問題は重大であり、住宅金融公庫のアンケート結果によると、新築住宅でも約 70%の住民は居室内に結露が発生すると答えている。本来ならば、住宅の断熱化によって結露やカビは減少するはずであるが、住人の持ち込んだ家具の配置により局所的な高温環境が生じれば、結露やカビ発生の危険性はある。室内環境を健全に維持していく上で、これらの部分の乾燥を維持することは重要な課題である。

本研究では、RC 建物の室内表面、中でも隅角部やカーペット下などの局所的環境の乾燥を保つ手法を検討することを目的とし、これらの部分の温湿度環境を非定常解析によって明らかにするとともに、断熱や家具の配置の影響を検討する。

2. 解析概要

2-1. モデル壁体

複層の RC 建物を想定し、外壁と階間の床の隅角部を図 1 のように二次元でモデル化した。断熱仕様は、内断熱工法と外断熱工法の 2 種類、家具はカーペットとたんすを表 2 の 4 パターンで図 1 のように配置した。

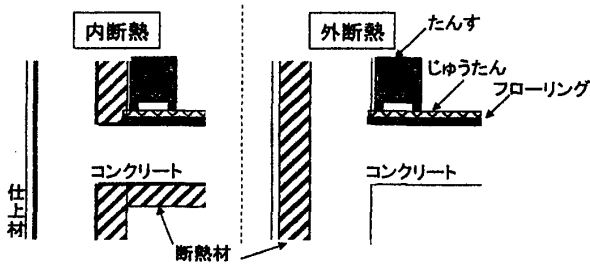


図1. 解析モデル

表1. 家具の配置パターン

| | カーペット | たんす |
|-------|-------|-----|
| パターン1 | ○ | ○ |
| パターン2 | ○ | × |
| パターン3 | × | ○ |
| パターン4 | × | × |

表2. 表面熱伝達率

| 表面熱伝達率 (W/m ² K) | |
|-----------------------------|------|
| 屋外側 | 23.2 |
| 室内側 | 9.3 |
| 室内側(たんすの裏) | 3.0 |

表3. モデル壁体構成材料の物性値⁽¹⁾

| 用途 | 材料 | 材厚 m | 密度 kg/m ³ | 熱容量 J/kgK | 熱伝達率 W/mK | 水蒸気拡散 抵抗係数* |
|-------|----------|----------|-------------------------|--------------|--------------|----------------|
| 外壁材 | モルタル | 0.010 | 1800 | 850 | 0.700 | 7 |
| | コンクリート | 0.150 | 2300 | 850 | 1.800 | 180 |
| 断熱材 | グラスウール | 札幌 0.063 | 120 | 850 | 0.045 | 10000 |
| | | 福岡 0.032 | | | | |
| | | 那覇 0.011 | | | | |
| | ウレタンフォーム | 札幌 0.058 | 40 | 1500 | 0.025 | 50 |
| カーペット | ウール | 0.010 | 60 | 850 | 0.040 | 1.3 |
| | オーク | 0.010 | 685 | 1500 | 0.130 | 140 |

水蒸気拡散抵抗係数*: 壁材の透湿抵抗が同じ厚さの空気層の抵抗と比べて何倍あるのか、いう指標

2-2. 使用プログラム

WUFI: Wärme und Feuchtetransports in Bauteilen (建物の熱水分同時輸送解析プログラム、ドイツ Fraunhofer 研究所製作)を用いて二次元非定常解析をおこなった。多層構造をもつ建物壁体の長期間の非定常計算を実際の気象条件下で行えるプログラムとしてWUFIを採用した⁽²⁾。

2-3. 設定条件

外気条件は拡張アメダス気象データから、風速、風向、気温、相対湿度、気圧、雨量、直達日射量を用いた。対象都市は札幌・福岡・那覇。室内条件は欧州規格原案 prEN15026 に基づき、外気温から室内の気温・湿度を概算する方法をとった。解析は助走期間 1 年間を含む 2 年間行い、後半 1 年間分を評価対象とした。

表3. 外気温から概算する室内の温度および相対湿度

| 外気温 T(°C) | 室温 t(°C) | 室内相対湿度 h(%) |
|--------------|---------------|-------------|
| T ≤ -10 | t = 20 | h = 30 |
| -10 < T < 10 | t = 20 | h = T + 40 |
| 10 ≤ T ≤ 20 | t = 0.5T + 15 | h = T + 40 |
| 20 < T | t = 25 | h = 60 |

3. 解析結果および考察

3-1. 外壁の温度分布

傾向が顕著な冬期(1月15日)の札幌の外断熱と内断熱の例を図2、3に表す。x y 平面に2次元のモデルを、z 方向に温度を示した。

図2の内断熱では、屋外の冷気がコンクリートに伝わり、室内側の付近まで温度低下が侵入していることがわかる。特に隅角部においてもっとも温度が低下している。

外断熱では、壁体内の温度が室内とほぼ同じ 20°C であり、壁体内の温度分布はほぼ均一である。

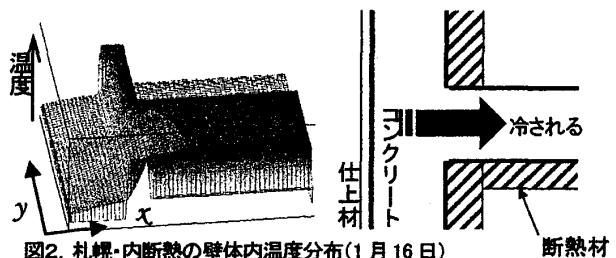


図2. 札幌・内断熱の壁体内温度分布(1月16日)

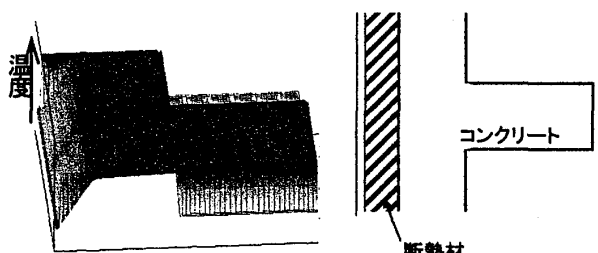


図3. 札幌・外断熱の壁体内温度分布(1月16日)

3-2. 隅角部の湿度性状とカビ予防

3-1の温度分布図より温度の低下が確認された隅角部室内表面における湿度性状をカビの生息条件と照らし合わせた。既往研究⁽³⁾、またドイツの工業規格⁽⁴⁾を参考に、カビの生息しやすい環境を「相対湿度80%以上」とし、1年間のうちで相対湿度が80%を超える時間の割合(時間累積率)を求めた。結果を図4、表5に示す。

外断熱では、札幌・東京・那覇いずれの都市も1年間通して相対湿度80%以下となり、カビの生息しやすい環境ではなかった。

内断熱では、表のとおり、札幌ではパターン4の家具なし以外は、時間累積率が100%となり、家具を置くと常にカビが生息しやすい環境になる。福岡は、パターン4の家具なしでは時間累積率0%でカビの生息しやすい環境ではないが、家具を置くことによって時間累積率が増加し、カビが発生しやすい環境になることがわかった。

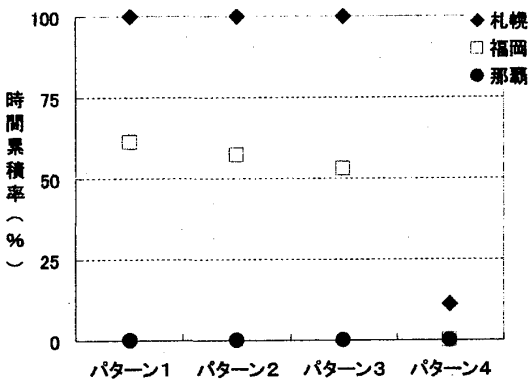


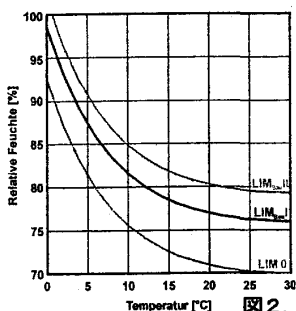
図4. カビが生息しやすい環境にある時間の割合(時間累積率)

表5. カビが生息しやすい環境にある時間の割合(時間累積率)

| | | パターン1 | パターン2 | パターン3 | パターン4 |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|
| 内断熱 | 札幌 | 100 | 100 | 100 | 11.1 |
| | 福岡 | 61.1 | 57.4 | 52.8 | 0 |
| | 那覇 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 外断熱 | 札幌 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 福岡 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 那覇 | 0 | 0 | 0 | 0 |

3-3. LIM 曲線との照合

カビの予防基準として、LIM 曲線との照合という方法がある。LIM 曲線とは、横軸を温度、縦軸を湿度とした曲線で、この曲線より下の環境であればカビ発生の可能性が低いというものだ。LIM 曲線では湿度に加えて温度条件も入るので、より精度の高い予測ができる。



3つの曲線は、基質の分類によるもので、上から
 II 生物が利用できない基質
 I 生物が利用しやすい基質
 0 生物にとって好条件の基質
 ここでは、Iと照らし合わせた。

図2. LIM 曲線

今回特にカビが生息しやすい環境という結果になった、内断熱の札幌について、LIM 曲線との照合をおこなった。

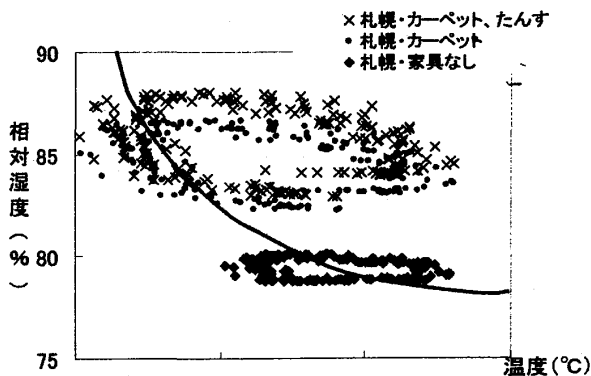


図5. 内断熱・札幌の1年間の相対湿度・温度の推移とLIM 曲線

図5を見ると、家具なしの場合でも夏期にはカビの生息しやすい環境にあることがわかる。さらに、カーペットを敷いた場合、敷かない状態よりも相対湿度が約5%程度上昇し、それによって温湿度環境はLIM 曲線を上回った。家具の配置によって、より相対湿度が高くなるとともに、カビの生息しやすい環境にある期間が長くなったといえる。

また、カーペットのみを配置した場合よりも、カーペットの上にたんすを置いたときの方が相対湿度が高くなっている事が読み取れる。このことから、隅角部を乾燥させるためには、外壁に接する家具は熱抵抗値の小さいものを選んだ方がよい。

4. 総括

内断熱と外断熱では隅角部の温湿度環境が異なる。外断熱では家具の有無にかかわらず、カビの生息しやすい環境ではなかった。一方、内断熱では札幌と福岡において、家具の設置によってカビ発生の可能性が生じる結果となった。内断熱の建物で家具配置を考える際には、カビや結露の防止の観点から、外壁に接する部分に家具を置くことは避け、家具を配置する際には熱抵抗値の小さいものを選ぶことが望ましい。

特に寒冷な地方では温暖な地方よりも、室内側の壁が低温になりやすいので注意が必要である。

【参考文献】(1)日本建築学会、建築材料の熱・空気・湿気物性値、2001年 (2)Hartwig M. Kuenzel, 田中辰明 WUFIを使った建築部位における非定常熱湿気同時移動のシミュレーション 建築上技術No.355 (3)小峯裕己ほか、住宅室内のカビ汚染と防止に関する研究、日本建築学会計画系論文集 No. 484 1996年 (4) DIN4108 Wärmeschutz im Hochbau

【発表状況】1.野中有夏、田中辰明「壁体内湿度の非定常解析」2004年8月日本建築学会大会(北海道大学) p493 2.野中有夏、田中辰明「非定常プログラムを用いた壁体内湿度の非定常解析—カビの発生しにくい断熱工法の研究—」2004年9月、日本空気調和衛生工学会大会(中部大学) p1119 3.野中有夏、田中辰明「壁体内のカビを防ぐ断熱工法の研究」2005年5月日本家政学会大会(中村学園大学) p172 4.野中有夏、田中辰明「RC造建物の非定常壁体内熱水分同時移動のシミュレーション—壁体内のカビを防ぐ断熱工法の研究—」2005年5月、日本防菌防霉学会大会(千里サイエンスセンター) 5.野中有夏、児玉佑希子、田中辰明「病院建築における断熱工法の違いに関する考察」2005年8月、日本建築学会大会(近畿大学)、p1265 (指導教官:田中辰明教授)