

木造住宅の小屋裏温湿度形成に関する実験的検討

その2 軒裏換気方式における小屋裏への各部空気流量と加湿量の推定

正会員 ○松岡 大介^{*1}同 銚井 修一^{*2}同 齋藤 宏昭^{*3}同 槌本 敬大^{*4}

木造住宅 小屋裏 温湿度環境 実験住宅

1. はじめに

前報¹⁾では天井断熱した木造住宅の小屋裏環境に関する実験の概要と軒裏換気方式における換気口の大きさの違いの影響を、主に温湿度環境の観点より比較考察した。本報では実験における各部風速測定値から空気流量を推定し、小屋裏への各部からの加湿量を推定した結果を報告する。

2. 実験概要

前報との重複もあるが、本検討において重要と思われる事項を記述する。

2-1. 実験住宅の概要

実験住宅は、埼玉県越谷市に建つ東西切妻屋根を持つ平面 3.64m×3.64m、天井高 2.45m の1階建建物であり、北面は真北から 27° 東に振れている。南側約 3mと東側約 2.5m に隣地との塀が、西側 2m に同規模の実験住宅があり、その更に西 2.5m に高さ 15m の構造実験棟がある。実験住宅北側は畑で開けている(図1)。

実験棟の居室には、部屋中央部に間仕切壁を想定した下がり壁(天井より 300mm 下がり)を設けている。その下端にはコンセント等の隙間を想定して開口を設けてあり、上部には気流止め断熱材が充填してある(写真1)。相当隙間面積(測定値)は 1cm²であった。通気層の温湿度および風速センサーは軒裏天井から約 20cm 下に設置した(その他センサー設置位置については前報参照)。

2-2. 実験条件

検討に使用するデータは、軒裏換気口の開口面積を機構基準²⁾の2倍(Case1)と機構基準(Case2)とし、測定期間 2010/1/26~2/9 にそれぞれ1週間程度行った実験のデータである。

居室の温湿度については、温度 20℃、相対湿度 50%RH に制御し、換気は換気回数がほぼ 0.5 回/h になるようにパイプファンで行う第2種換気とした。

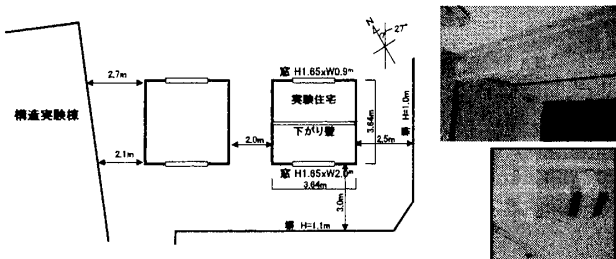


図1 実験住宅配置図・平面図

写真1 室内下がり壁

3. 各部流量の推定

3-1. 各部材における風速-通気量

軒裏換気口や通気層で測定された風速から空気流量を推定するために、図2に示すファンを内蔵したダクトと気密箱よりなる試験装置に軒裏換気部材あるいは通気層試験体を設置し、ファンの回転数を変化させて風速(V)-通気量(Q)の関係を求めた。得られた V-Q 線図を図3,4に示す。これらの関係を風速測定値に適用し、空気流量を推定した。

居室からの空気流量については、実験住宅において測定された相当隙間面積(1.0cm²)および居室と小屋裏の差圧測定値により次式によって求めた。なお居室と小屋裏の差圧は、およそ 3Pa 程度で終始安定していた。

$$Q = 3600 \alpha A \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}$$

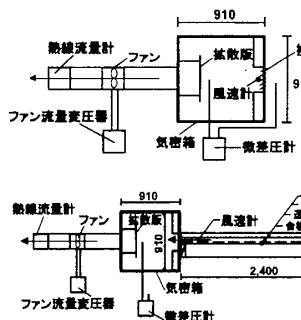
Q: 空気流量 (m³/h) αA: 相当隙間面積 (m²)ρ: 居室の空気密度 (kg/m³) ΔP: 居室と小屋裏の差圧 (Pa)

図2 風速-流量測定概要

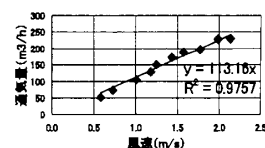


図3 軒裏換気部材の V-Q 線図

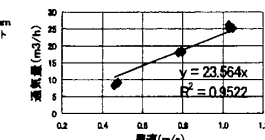


図4 通気層の V-Q 線図

3-2. 風向および空気流量の推定

風速計の計測値のみでは流れの方向が分からないため、上で求められた流量の総和が最小となる流れの向き(正負)の組み合わせを求めた(小屋裏への流入を正とする)。その結果の期間平均値を表1に示す。流量の総和の残差は、隙間からの外気流入とし「軒裏換気・その他」に含めた。

居室からの流量は昼夜を問わず一定である。軒裏、通気層とも流入量は昼間に大きく、夜間は昼間のほぼ半分になっているが、両者の割合はほぼ一定である。換気口面積の違いの影響(Case1とCase2の比較)においては、居室と通気層からの流量は換気口面積の小さいCase2の方が少なくなるが、その影響は小さい。軒裏・その他からの流量は、夜間はCase1ではCase2の約1.8倍となっており、ほぼ換気口面積に比例しているが、昼間は1.5倍と開

口面積比より小さい。昼間は外部風の変動が大きくなることと、日射による温度差換気の影響が大きくなるためと考えられる。

表 1 推定流量

流量[m ³ /h] (下段は小屋裏換気 に占める割合)	Case1			Case2		
	居室	軒裏・その他換気	通気層	居室	軒裏・その他換気	通気層
全時間平均	0.8	152.1 86.7%	23.3 13.3%	0.7	99.6 82.8%	20.6 17.2%
昼間平均(7-17時)	0.8	220.4 86.7%	33.7 13.3%	0.7	145.6 83.2%	29.5 16.8%
夜間平均(18-6時)	0.8	112.1 87.4%	16.1 12.6%	0.7	62.0 81.6%	14.0 18.4%

対象期間は全時間平均 Case1 : 1/27 0:00-2/1 23:50, Case2 : 2/3 0:00-2/8 23:50,
昼間平均 : 1/27-2/1, 2/3-2/8, 夜間平均 : 1/27-2/2, 2/3-2/9

4. 各部加湿量の推定

4-1. 通気層内の温湿度

図 5 に機構基準 (Case2) の通気層の絶対湿度、温度と層内風速を示す。通気層絶対湿度は昼間上昇し、夜間は外気より低くなるのが特徴である (南側は特に顕著)。これは、通気層に接する外装材の面積が大きく、その吸放湿の影響が大きいと考えられる。なお、1/30 の南通気層の絶対湿度が極端に上昇しているが、降雨が無かったことから、雨の影響では無い。通気層内の最高温度を見ると 1/31 は 36℃であったのに対して 1/30 は 50℃であったことから、外装材からの湿気放出が多量にあったためと推測される。

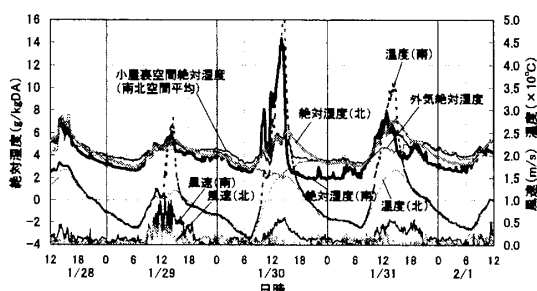


図5 通気層の温湿度および風速:Case2

4-2. 小屋裏への各部からの加湿量の推定

間仕切り壁の気流止めがなされていると、夜間の小屋裏の絶対湿度は外気のそれに近い (前報告参照)、外気との換気による小屋裏排湿は多くはない。しかし、通気層の絶対湿度は小屋裏と外気より低いことから、小屋裏に連通している通気層による小屋裏低湿効果が期待できる。そこで推定された空気流量を用いて、次式により各部の小屋裏に対する加湿量を求めた。

$$w_j = \rho_j Q_j X_j - \rho_i Q_i X_i$$

w_j : 外気や通気層からの加湿量 (g/h) ρ : 空気密度 (kg/m³)
 Q : 小屋裏に流入する空気量 (m³/h) X : 絶対湿度 (g/kgDA)
添字 i : 小屋裏 j : 外気や通気層

結果を表 2 に示す。居室からの加湿量は小屋裏との絶対湿度差が大きいため、空気流量より影響が大きくなっている。昼間は大部分が換気口を通しての換気による排

湿であるが、夜間になると通気層の低湿化効果が約 30% も占めている。前述の夜間の通気層の絶対湿度が外気より低くなるためである。

表 2 推定加湿量 (マイナスは除湿量)

加湿量[g/h] (下段は小屋裏換気 に占める割合)	Case1			Case2		
	居室	軒裏・その他換気	通気層	居室	軒裏・その他換気	通気層
全時間平均	4.4	-92.8 92.9%	-7.1 7.1%	4.0	-107.3 89.6%	-12.4 10.4%
昼間平均(7-17時)	3.9	-193.9 99.0%	-1.9 1.0%	3.4	-214.0 92.5%	-17.3 7.5%
夜間平均(18-6時)	4.7	-23.9 69.0%	-10.8 31.0%	4.4	-24.4 71.8%	-9.6 28.2%

4-3. 通気層流量についての考察

Case1 の 1/27~1/29 の南通気層の空気流量を図 6 に示す。正が小屋裏へ流入する量 (上向き) である。通気層 (南) と外気の温度差、測定された外部風向・風速を南北方向の成分に分解した風速 (北壁に当る方向を正とする) も併記した (右軸)。昼間、通気層 (南) は温度の上昇に合わせて小屋裏への流入が大きくなっている。また 1/28 (図中※1) や 1/29 (※2) の夜間では、南からの風の時に通気層 (南) が、北からの風の時に通気層 (北) が上向き気流となっており、先に検討した流れの向きの組み合わせの推定は気流の状況をおおよそ捉えられていると考える。しかし、1/27 の早朝 (※3) は南からの風に対して通気層 (南) が下向き気流となっていることや、上昇気流が大きいと思われる昼間の通気層 (南) で時々下向き気流が生じているなど、流体力学の観点から考えづらい組み合わせも含まれているかもしれない。これらの詳細な検討は今後の課題とする。

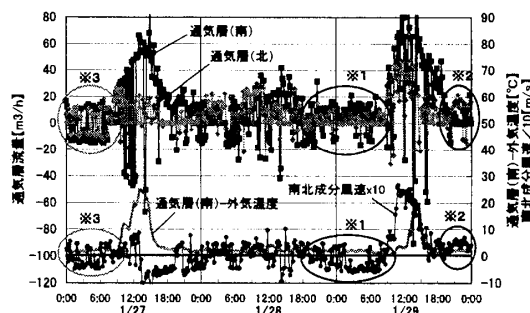


図6 通気層流量:Case1 1/27~1/29

5. まとめ

部材の P-Q 関係を測定し、実験住宅の小屋裏への流量を推定した。その結果、通気層を通しての空気流量は小屋裏換気量の 13~18% であるが、夜間は小屋裏の湿気減少の約 30% を担っていると推定された。

注) 住宅金融支援機構共通仕様書における小屋裏換気口面積の基準値
参考文献

1) 松岡, 鈴井ほか: 木造住宅の小屋裏温湿度形成に関する実験的検討その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.255-256, 2010.9

謝辞

本研究は、国土交通省住宅局「長期優良住宅実現のための技術基盤強化を行う事業」として、木造長期優良住宅の総合的検証委員会 耐久性分科会 (主査: 中島正夫 関東学院大学教授、事務局: (社) 日本木材防腐工業組合) の研究の一環として実施した。関係各位に謝意を表する。

*1 (株) ボラス暮し科学研究所 修士 (工学)
*2 京都大学大学院工学研究科 教授 工学博士
*3 (独) 建築研究所 環境研究グループ 博士 (工学)
*4 国土交通省国土技術政策総合研究所 博士 (農学)

*1 POLUS R&D Center of Life-Style Inc., M. Eng.
*2 Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.
*3 Dept. of Environmental Engineering, Building Research Institute, Dr. Eng.
*4 National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr. Agr.