

越屋根を有する住宅の換気量算定と CFD による検証

建築都市デザイン学科 2280070064-0 藤田 朋世
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

密集市街地では、壁面間の対面開口では風圧係数差が小さく換気駆動力を確保できないため、換気量を確保することが困難である。そこで本研究では密集市街地でも換気が期待できる越屋根に着目し、越屋根の換気性能を定量的に評価することを目的とする。

越屋根は風向や流量により全体の抵抗係数が複雑に変化するため、換気量の予測に $p-Q$ 特性(室内圧と換気量の関係)が必要だと一般的に言われている¹⁾。これまでに小林ら²⁾は風洞実験により $p-Q$ 特性を整備し、風圧係数差から換気の可能性を論じた。しかし定量的な換気量の評価には至っていない。

そこで本論文では既往の $p-Q$ 特性と風圧係数を利用して換気量を算定し、CFD(流体シミュレーション)により越屋根の換気性状の検証及び評価を行うことを目的とする。

2. 研究対象

小林ら²⁾により $p-Q$ 特性及び風圧係数が求められている住宅模型を対象とした(図 1~3)。対象模型は2階建を想定した 1/100 越屋根付設住宅模型とし、周辺に建物模型群を配置した(図 4)。

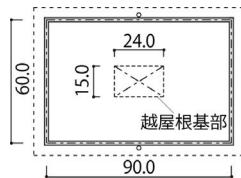


図1 平面図

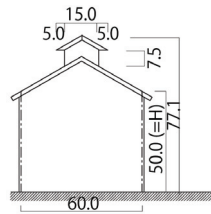


図2 立面図(短辺方向)

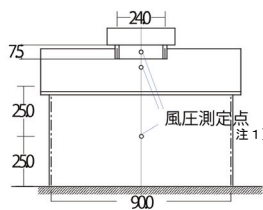


図3 立面図(長辺方向)

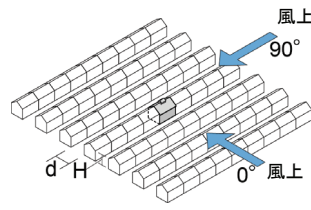


図4 周辺建物模型群

(寸法は模型寸法 [mm])

3. 換気量算定

密集市街地における越屋根の換気性能を定量的に評価するために、隣棟間隔、風向、開口の3つをパラメータとして算定を行った。詳細を表1に示す。

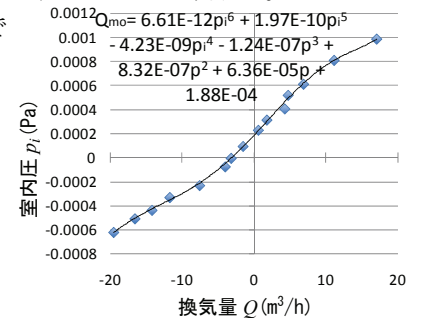
表1 換気量算定 パラメータ

隣棟間隔d/H	∞ (隣棟なし)、0.5、1.5、2.5
風向	0° 、 45° 、 90°
開口	越屋根風上、越屋根風下 側窓風上天窓、側窓風下天窓 側窓風上壁面、側窓風下壁面(開閉を組み合わせて適用)

3-1 算定手法

ステップ1 $p-Q$ 特性の近似式算出

越屋根の換気量 Q_{mo} を近似式により定義する。図5に $d/H=1.5$ 、風向 0° 条件での $p-Q$ 特性を示す。このとき、より正確な近似式を得るために、対象とするプロット点を無次元室内圧(=室内圧/外部風の速度圧) ± 1.0 の範囲に限定し、6次式による多項式近似を行った。

図5 $p-Q$ 特性の近似式ステップ2 ΔQ 式の定式化

越屋根換気量と側窓換気量の差 ΔQ を定式化した。側窓の換気量 Q_w は以下の式を用いた。

$$\text{排気時 } C_w \cdot \frac{1}{2} \rho V^2 - \zeta_w \cdot \frac{1}{2} \rho \left(\frac{Q_w}{A_w} \right)^2 = p_i \quad \text{注2)}$$

$$\text{給気時 } p_i - \zeta_w \cdot \frac{1}{2} \rho \left(\frac{Q_w}{A_w} \right)^2 = C_w \cdot \frac{1}{2} \rho V^2$$

ステップ3 室内圧、換気量算定

$\Delta Q=0$ が成り立つことから、2分法を用いて室内圧 p_i の近似解を決定し、換気量 Q を算定した。なお、越屋根片側の開口を開放した場合には、曲がり抵抗を考慮した。

3-2 算出結果の分析、考察

$d/H=\infty$ において風向 0° を case1、 90° を case2、 $d/H=1.5$ において風向 0° を case3、 90° を case4 として考察を行う。開口条件を図6に、風圧係数差と換気回数の関係を図7に示す。風圧係数差は越屋根開口(eでは風上壁面開口)を基準として給気と排気を定め、プロットした。

図7より周辺建物が存在することで、換気量が大きく減少することが分かる。風向 90° 条件において、対面の側窓を開放した e では換気量がほとんどない一方で、越屋根両側を開放した a、b で換気量が大きかったことから、密集市街地において越屋根を開放することが換気に有効であると確認できた。

風向 0° 条件において、case1 の a では換気量が大きい、b では小さい。これは負圧となる越屋根との風圧係数差が、風上の方が風下よりも大きいためである。case2 では周辺建物の影響で、越屋根と壁面開口の風圧係数差がほとんどなくなったため、a、b どちらも換気量が小さいと考えられる。しかし、c では越屋根が給気装置、d では

排気装置として大きな換気量を得られたことから、越屋根は両方の装置に切り替えることができ、どちらの装置としても十分に換気を行うことが可能だと確認できた。

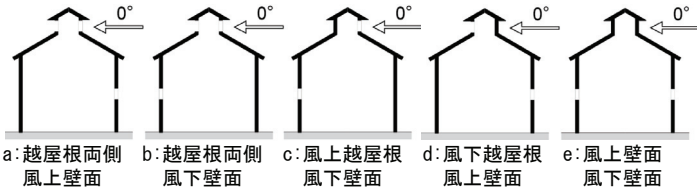


図6 開口条件

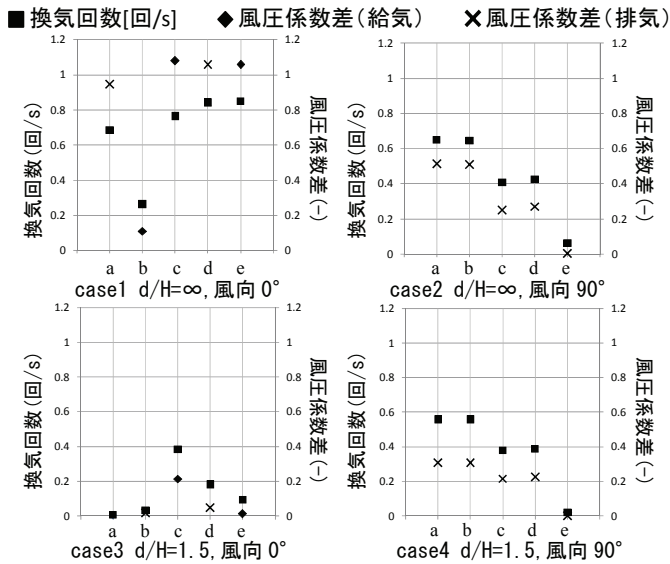


図7 風圧係数差と換気回数差

4. CFDによる検証

越屋根による換気性状の検証を、数値での評価に加え、気流性状からも評価を行うことを目的とする。

4-1 CFDの解析精度検証

建物外のCFDにより風圧を比較することで、建物内外のCFDに使用する乱流モデルを選定する。

パラメータとして隣棟間隔($d/H=\infty, 1.5$)、風向($0^\circ, 90^\circ$)に、CFDの乱流モデル(標準 $k-\epsilon$ モデル、応力方程式モデル(以下 RSM))を加え、解析を実施した。

$d/H=1.5$ 条件の考察を行う。図8に風洞実験による風圧係数と、各乱流モデルにより算出された風圧係数を示す。

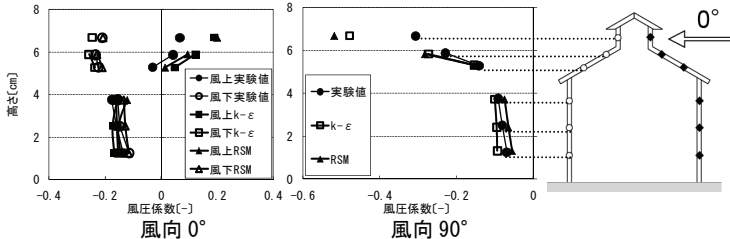


図8 風圧係数分布

RSMで得られた風圧係数は、風洞実験で得られた値に標準 $k-\epsilon$ モデルの場合よりもわずかに近いが、風圧分布の傾向はどちらの乱流モデルでも一致した。よって次章の検証では、高次のモデルであるRSMを使用した。

4-2 建物内外のCFDによる換気検証

換気量の比較による換気量算定結果の検証、気流性状の把握による越屋根の換気性状の検証を行う。

風向を 0° 、乱流モデルを RSM に固定し、隣棟間隔($d/H=\infty, 1.5$)、開口条件(a, e)をパラメータとして解析を行った。換気量算定により比較的換気量が大きかったことから $d/H=1.5$ 条件には開口条件 c を追加した。換気量のCFDによる算出値と換気量算定による計算値の比較を表2に、case3における開口条件 a, c, e の風速のベクトル図を図9~11を示す。

表2より、CFDでの算出値と算定による計算値は概ね一致したことから換気量算定の結果の妥当性が確認できた。

風速分布を見ると、aでは、越屋根の両側を風が抜けてしまい建物内にはほとんど風が流入せず、換気に有効に働いていないことが分かる。cでは、明確な通風輪道が確認できることから、越屋根が気流を十分に引き込んでいると言えるが、通風輪道が居住域になりにくい位置にあるため、気流感を得る目的に利用するためには換気経路を作り出す制御が必要であると考えられる。eでは、風下開口から建物内へ流入する風の風速は大きいですが、居住域における流速は小さな値に留まった。

表2 換気量比較

隣棟間隔	開口条件	換気回数[回/s]	
		CFD算出値	計算値
$d/H=\infty$	a	0.580	0.684
	e	0.947	0.851
$d/H=1.5$	a	0.072	0.007
	c	0.362	0.383
	e	0.055	0.093

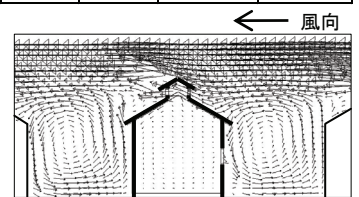


図9 風速分布(開口条件 a)

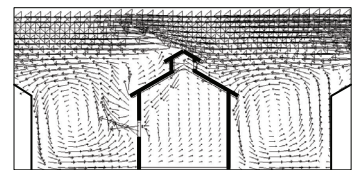


図10 風速分布(開口条件 c)

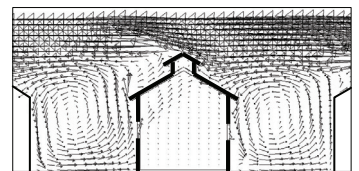


図11 風速分布(開口条件 e)

5. まとめ

風圧分布及び換気量の比較から、換気量算定手法の妥当性が示せたと言える。算定結果及びCFDによる検証から、周辺建物がある場合、越屋根は換気装置として有効であることも分かった。今後は、室内で形成される気流分布の制御手法を含めた検討が必要と考えられる。

注1) 小林らの実験と同様に定めた。注2) p_i は室内圧[Pa]、 ζ_w は側窓の形状抵抗、 ρ は空気密度[kg/m³]、 Q_w は側窓換気量[m³/s]、 A_w は開口面積[m²](=1cm²と設定)、 C_w は側窓の風圧係数、 V は外部風向[m/s]とした。

文1) 石原正雄：建築換気設計、朝倉書店、1969年 文2) 小林知広他：勾配屋根を有する独立住宅に設置された越屋根の換気特性、日本建築学会環境系論文集、第653号、pp.595-601、2010.7