

Purging Flow Rate を用いた越屋根を有する住宅の換気性能評価

建築都市デザイン学科 2280080070-0 堀 慎太郎
(指導教員 小林知広)

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 CFD を用いて評価することを目的とする。

これまでに小林ら^{文1)}は風洞実験により p-Q 特性（室内圧と換気量の関係）を整備し、風圧係数差から換気の可能性を論じた。さらに藤田ら^{文2)}は p-Q 特性と風圧係数を用いた簡易計算を行い、定量的な換気性能の評価を行った。しかし、平均風速に基づく換気量のみでの評価を行っていたため、居住域における実際の換気性能が十分に評価されているとは言い難い。

そこで本論文では既往の住宅モデルを利用し、CFD 非定常計算による Particle Tracing の手法を用いて、居住域における実際の換気効果を表す Purging Flow Rate^{文3)}を算出し平均風速に基づく換気量との比較を行うことで、越屋根の換気性能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^{文1)}により p-Q 特性及び風圧係数が求められている住宅モデルを対象として検討を行う（図 1~3）。対象モデルは 2 階建を想定した 1/100 越屋根付住宅モデルとし、図 4 に示す通り周辺には建物模型群を配置した。

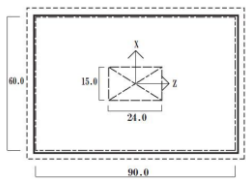


図 1 平面図

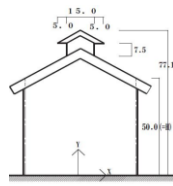


図 2 立面図（短辺方向）

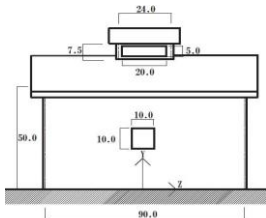
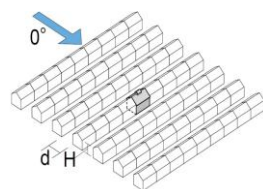


図 3 立面図（長辺方向）

図 4 周辺建物模型群
(寸法は模型寸法 [mm])

密集市街地における越屋根の換気性能を評価するために、隣棟あり($d/H=1.5$)、開口 3 条件(図 5) の 2 つをパラメータとして解析を行った。

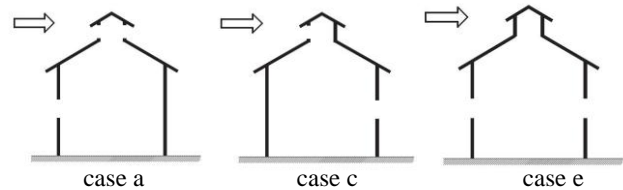


図 5 開口条件

3. CFD による検証

CFD による解析の第一段階として、乱流モデルを標準 k- ϵ モデルに設定して計算を行い、その結果を初期値として、乱流モデルを LES に設定し、助走計算を 0.4 秒間 (1/5000 秒間隔、2000 回) 行った。その後 2.0 秒間 (1/5000 秒間隔、10,000 回) の本計算を行い、平均値を算出した。流入境界に関して、Smirnov ら^{文4)}の手法を用いて変動風を与えた。図 6 に解析領域を示す。

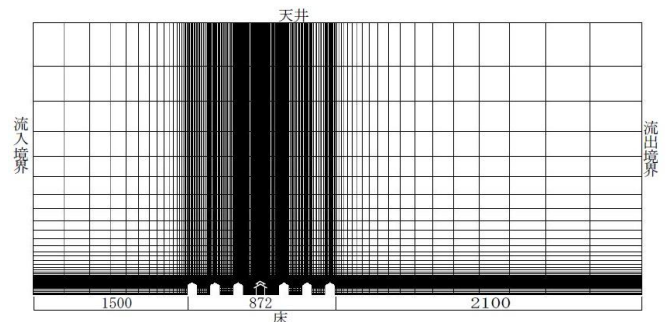


図 6 解析領域

3.1 粒子発生位置

本論文内では、粒子は居住域内で発生するものとし、発生数を 1/5000 秒間隔で 2 秒間、計 270,000 個 (単位時間あたり 135,000 個)、表 1 に示す座標を組み合わせた室内計 27ヶ所から発生させた。

3.2 居住域設定

居住域を表 2 のように設定 (体積 0.00018 m^3) した。なお、壁面表面では、風速が 0 m/s となり、粒子が動かなくなると考え、対象領域を壁面から 5.0 mm 距離をおいた。

表 1 粒子発生点座標

X	-15	0	15
Y	12.5	25	37.5
Z	-22.5	0	22.5

表 2 居住域範囲

$-25 < X < 25$
$5 < Y < 50$
$-40 < Z < 40$

4. Purging Flow Rate ^{*)}について

Purging Flow Rate (排出換気量、以後 PFR) は、局所領域で実質的に汚染質を希釈、排除するのに有効な換気空気の流入量、即ち汚染質の排出効率を示すものである。PFR は局所領域内での汚染質発生量と平均濃度を用いて以下のように定義される。

$$PFR = q_p / C_p \quad \text{注1)}$$

5. 結果、考察

5.1 風速分布、PFR、換気量比較

図 6~8 に各条件での平均風速コンター、風速ベクトルを示す。case a において、風上の側窓から入った風が越屋根を通過する気流に乗らず、越屋根による風の誘引効果が小さいと思われる。それに対して case c において、越屋根風下部が開口となっていないため、居住域への風の流入ができています。しかし通風輪道は主に居住域外で形成されているように見え、換気効果は、窓からの流入量のみでは、十分に評価できない可能性がある。

case e においては、隣棟の影響で側窓風下から風の流入が伺えるが、風速が小さいため、室内の換気には十分ではないと思われる。

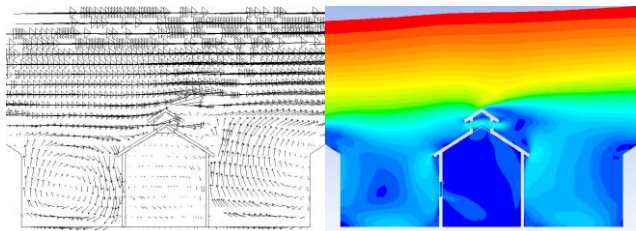


図 6 case a

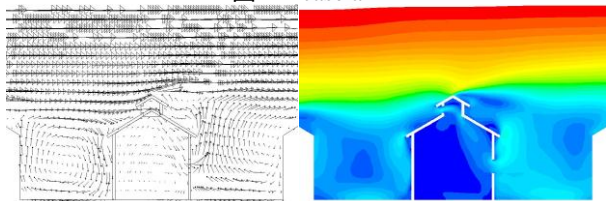


図 7 case c

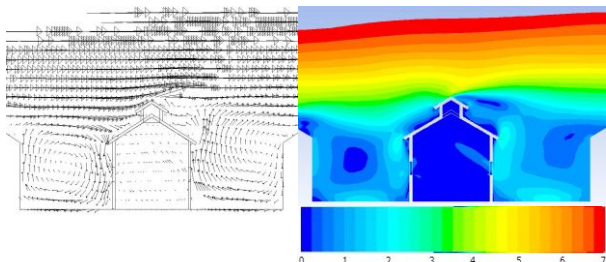


図 8 case e

次にそれぞれの条件に対しての PFR と平均風速に基づく換気量の結果を示す。(表 3、図 9)

表 3 PFR, 換気量数値

隣棟あり	case a	case c	case e
PFR(m ³ /s)	1.69 × 10 ⁻⁴	2.13 × 10 ⁻⁴	1.91 × 10 ⁻⁴
換気量(m ³ /s)	1.85 × 10 ⁻⁶	1.26 × 10 ⁻⁴	2.31 × 10 ⁻⁵

case c に関して、風速コンターにおいて、室内への風の流れが表されていたように平均風速に基づく換気量が他の条件と比べて大きい結果となった。しかし PFR に着目すると、3 条件とも大差がない。このため、case a や case e でも、側窓面における平均風速は小さくても風の乱れにより

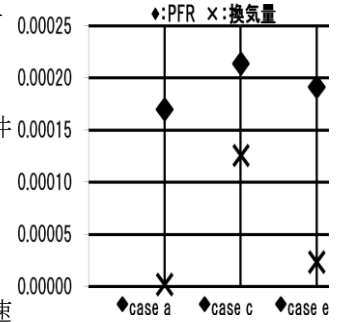


図 9 PFR、換気量散布図
一定の換気量が期待できる結果が示された。

5.2 室内 Particle 数検証

今回、全ての条件において 2.0 秒間計算を行った。しかし、室内の粒子数が定常に至っているかどうか確認する必要がある。そのため case c で計 4.0 秒間計算をし、検証を行った(図 10、表 4)。その結果、粒子数は概ね

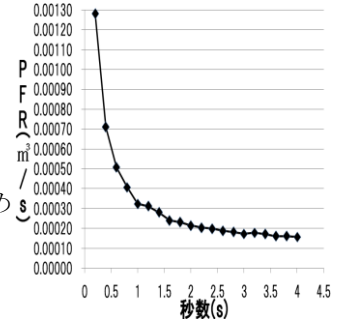


図 10 PFR、換気量散布

収束する傾向にあるが、2.0s と 4.0s では PFR に約 26.71% の差が生じた。このため他条件においても PFR を

表 4 PFR、換気量数値

case c	2.0s	4.0s
PFR	2.13 × 10 ⁻⁴	1.56 × 10 ⁻⁴
換気量	1.26 × 10 ⁻⁴	1.37 × 10 ⁻⁴

同程度過大評価している可能性があり、今後は計算時間をさらに延長して解析を行う必要があると言える。

6. まとめ

3 条件の居住域の比較より、越屋根を設け、風下に開口を設けないことで平均風速換気による効率が上がるという結果が示された。しかし PFR においては、乱流拡散の影響で大差はみられなかった。CFD での検証においては、2.0s という秒数からは、定常に至ったとは言え、さらに計算を進める必要性、さらには隣棟間隔や風向の違いなどの検証も今後必要である。

注 1) q_p : 単位時間当たり対象領域 P 内で発生する汚染質量[個/s]

C_p : 対象領域の平均濃度[個/m³]

参考文献

- 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
- 藤田朋世: 越屋根を有する住宅の換気量算定と CFD による検証、立命館大学理工学部 2010 年度 卒業研究
- 伊藤一秀他: Particle Tracing による Visitation Frequency, Purging Flow Rate の基礎的解析、日本建築学会環境系論文集、第 534 号、pp41-48、2000.8
- A.Smironov 他: Random Flow Generation Technique for Large Eddy Simulations and Particle-Dynamics Modeling