中高層オフィスビルを対象とした自然換気量予測法に関する研究 (その1)シャフト型自然換気システムにおける風圧係数の入力方法の影響

正会員○川分 芳子*1 同 小林 知広*2 同 梅宮 典子*3 同 落合 奈津子*4 同 松本 明広*5

4. 環境工学 - 13. 空気流動応用 自然換気 換気量評価 換気回路網 風洞実験

1. はじめに

近年、中高層オフィスビルでも空調負荷削減のため 自然換気が積極的に導入されている1)。自然換気設計 時の換気量計算には風圧係数が必要となるが、その与 え方には複数の手法がある。一般的な手法は対象建 物及び周辺建物を再現した縮小模型を作成し、風洞実 験により取得する方法であり、信頼性は高いが時間や 労力を要するため設計段階での実施が難しいことも多 い。一方、文献値やデータベースなどを参考におおよ その風圧係数を与える簡易手法も取られるが、与えた 風圧係数の誤差に起因する換気量の信頼度も不明とな る。そこで本報ではシャフト型自然換気システムを有 する実建物を計算対象として、市街地における中高層 オフィスを想定した汎用的な風圧係数データを風洞実 験により作成し、それに基づいて簡易的に与えた場合 と、実街区と実建物を再現した風洞実験から得られた 風圧係数を与えた場合で換気量を比較し、生じる誤差 ついて学術的知見を提供することを目的に検討を行っ た結果を報告する。

2. 解析対象建物の概要と自然換気システム

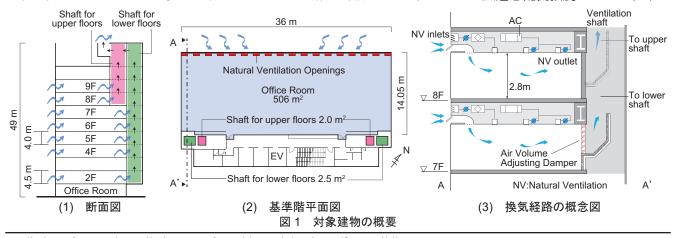
図1に対象とした実建物の断面概要と基準階平面図、自然換気経路の概念図を示す。対象建物は地上10階建のオフィスビルで、基準階の執務室面積は506 m²、天井高は2.8 m である。自然換気システムは3階

を除く2階から9階に導入されている。執務室は長方形型のフロアで、コアは南東側に配置されている。自然換気口(1箇所あたりの開口面積は0.25 m²)は北西側のガラス面上部に並べて各階18箇所設置されている。1フロアを2室に区切った場合でも自然換気が運用できるよう室内の自然換気パスは2か所に分かれ、それぞれが換気シャフトへと通じている。シャフトは屋上のソーラーチムニーにつながり地上49m付近で外気へと開放される。なお、中性帯がシャフト中に発生することによる逆流を防止するため、換気シャフトは7F以下を対象とする低層用シャフトと8・9Fを対象とする高層用シャフトに分けられている。また、9Fを除いて執務室とシャフトの間には消音チャンバーが設置されている。

3. 風洞実験

3.1 実験概要

汎用的な市街地の中高層オフィスの風圧係数作成を 意図した「モデル建物 + モデル街区」(以降、モデル 街区条件)と、対象建物に限定した風圧係数取得を意 図した「実建物 + 実街区」(以降、実街区条件)の2 種の模型配置で風洞実験を行った。実験は図2に示す 大阪市立大学研究用風洞(エッフェル型)で行った。 図3にI型熱線流速計を用いて1.0kHz,60sで測定し たアプローチフローの風速と乱流強度のプロファイル



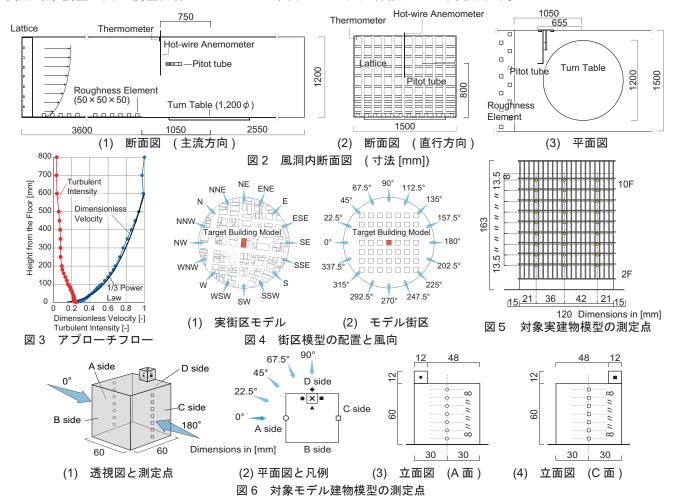
Prediction of Natural Ventilation Rate for Mid-to-High-Rise Office Buildings
(Part 1) Effect of Cp Value Input Data for Shaft-Type Natural Ventilation System
KAWAWAKE Yoshiko, KOBAYASHI Tomohiro, UMEMIYA Noriko, OCHIAI Natsuko, MATSUMOTO Akihiro

を示す。風洞内風速は床上800 mm 高さのピトー管位 置で 10 m/s に設定した。風圧係数の基準動圧はピトー 管動圧と風速プロファイルにより算出した対象模型上 端におけるアプローチフローの動圧とする。図4に風 洞内ターンテーブルに設置した実街区とモデル街区条 件における風向と模型配置図を示す。実街区条件では 前述の実建物とその周辺建物を縮尺 1/300 で作成し、 16 風向の風圧係数を得た。図5に実物件模型の立面図 と風圧測定点を示す。風圧は自然換気口の存在する北 西面ファサードで測定し、換気口高さで各階3点ずつ の27点に2つのシャフト排気口位置を加えて計29点 で測定を行った。モデル街区条件では1辺60 mmの 立方体を 7×7の 49 個配置し、中央に測定対象とな るペントハウス付きの矩形模型を配置し、その壁面2 面で風圧係数を取得することで汎用的な風圧係数取得 を意図した。なお、風圧測定は各点100Hzで30sとし、 風洞内基準静圧はピトー管の静圧とした。

3.2 モデル街区による汎用風圧係数データの作成

前述の通り、市街地オフィス用の汎用風圧係数データを作成するためにモデル街区条件で測定を行った。 測定対象模型は周辺模型同様1辺60mmの平面とし たが、高さは 60, 120, 180 mm 03 条件設定し、それぞれ 120 Model 120

図7にモデル街区条件の風圧係数を示す。ここで風圧係数の基準速度圧算出のための風速は各モデルの軒高のアプローチフロー風速とし、縦軸は60 mmで無次元化している。Model 2、Model 3 ではどちらも周辺建物より高いため、どの風向条件でも高さが等しければ同程度の風圧係数となった。一方 Model 1 では測定対象の高さが周辺と変わらないため異なる分布性状が得られた。以降、本報ではここで得られた Model 1 の風圧係数データを使用する。



3.3 実街区とモデル街区による対象建物の風圧係数

図8に実街区条件で得られた北西・南東の風向の フロアごとの風圧係数分布をモデル街区条件の風圧係 数と共に示す。ここでは比較のため、実建物における 北西・南東の風向がモデル街区における0°と180°に 対応すると想定した。また、実建物のシャフト排気部 は遮風壁により常に負圧となる工夫が施されているた め、図8の排気シャフト部風圧には風向によらずモデ ル街区条件の風向 90° における B 面ペントハウス風圧 を採用した。実街区の風圧係数は風向北西で上層が正 圧、下層部が負圧となったが、モデル街区から予測し た結果は比較的一様で分布の違いが見られる。一方自 然換気口が風下となる風向南東の風圧係数はモデル街 区の結果と大きな差異はない。また、モデル街区条件 から予測したシャフト部の風圧は実街区と比較してど ちらの風向でも負圧を過小評価している。次章ではこ れらの風圧係数の結果を境界条件に用いた換気回路網 計算を行い、換気量の算定結果を比較する。

4. 換気回路網計算

4.1 対象実建物の解析モデル

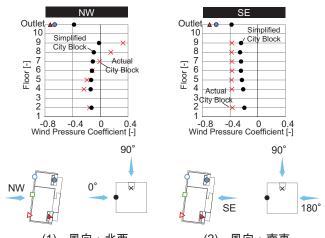
本章では対象建物の換気回路網計算を行い、風圧係数の与え方が換気量算定結果に及ぼす影響を評価する。図9に作成した熱・換気回路モデルを示す。外壁はガラス面とセメント板(コア外壁)・コンクリート壁(執務室外壁)で熱抵抗を区別した。また執務室コア間の内壁やシャフト外壁では断熱を想定した。表1に換気抵抗の入力値を示す。執務室・シャフト間はダンパやシャフト内消音チャンバーを考慮し、有効開口面積を結合して与えた。シャフト内では摩擦損失と消音チャンバーによってシャフト断面積が拡大・縮小することを想定して換気抵抗を与えた。

4.2 計算概要

解析は外気温 20 ℃、風速 4.1 m/s(拡張アメダス標準年気象データの中間期就業時間帯の平均風速に基づく軒高風速)として 16 風向+無風の 17 条件で定常計算を行った。内部発熱条件は執務室内で 36.625 W/m²として日射は無視した。風圧係数は前章で得られた実街区条件とモデル街区条件で得られた 2 種類を用いる。実街区条件の風圧係数は、各階で測定点 3 点の平均値を与えた。汎用風圧係数データを想定したモデル街区条件では、鉛直方向の壁面測定点 7 点の風圧係数分布性状に基づいて与えた。

4.3 解析結果と考察

図10に無風および風向北西・南東条件の回路網計算で得られたフロア別の換気量を示す。また、16風向の発生頻度で重み付けた換気量の平均値も併せて示す。無風条件の結果を見ると、上層階で中性帯に近づくにつれて換気量が減少するが、シャフトが切り替わる8・9階では換気量の回復が見られる。自然換気口



(1) 風向:北西 (2) 風向:南東 図8 両街区条件による風圧係数比較

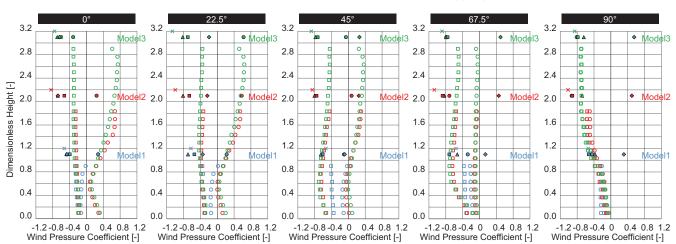


図7 モデル街区条件の風洞実験で得られた Model1 ~3 の風圧係数

が風上側の北西風向の換気量は下層階では両条件に大きな差異はないが、モデル街区と実街区で風圧係数が大きく異なる上層階で差が見られる。一方、南東風向条件では風圧係数分布の傾向が類似していることから、換気量にも大きな差異はない。また、16 風向平均の結果を見ても両条件の換気量は概ね一致している。このため今回対象としたようなシャフト型の重力換気システムでは、換気量算定に汎用的な風圧係数データ用いた場合、特定の風向で算定結果が不適切になるが、換気量の期間平均値は比較的精度良く予測できる可能性があると言える。ただし、風力を主な駆動力とする自然換気システムでは風圧係数の影響は大きくなると言え、今後は異なる自然換気システムでの検討が必要と言える。

5. まとめ

本報ではオフィスビルの自然換気量算定に実街区と モデル街区の風圧係数を使用して換気量の比較を行っ た。その結果、モデル街区の風圧係数を使用すると特 定の風向では換気量算定結果に差が見られるが、期間 平均では差が大きくないことが示された。

[謝辞]

本研究の一部は JSPS 科研費(若手研究 A, 課題番号 JP16H06110, 研究代表者:小林知広)の助成を受けた。モデル作成にあたっては、ヒューリック株式会社にご協力頂いた。回路網計算には神奈川大学の奥山博康先生のご厚意で NETS (研究教育版) を利用させて頂いた。ここに記して謝意を表します。

[参考文献]

1)日本建築学会編「実務者のための自然換気設計ハンドブック」, 技報堂出版,2013.8.

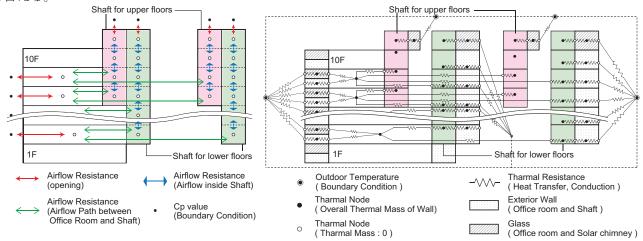


図 9 対象建物の熱・換気回路網モデル

表 1 換気回路網計算における有効開口面積				
Flow Path	Natural Ventilation Opening	Flow Path between Office Room and Shaft	Shaft (one story)	Exhast Opening of Solar chimney
Effective Opening Area	for each opening $\alpha A_{intoke} = 0.115 [m^2]$ Nominal discharge coefficient $\alpha A_{intoke} / A_{intoke} = 0.460$ (18 openings for one floor)	for 2nd to 8th floors $\alpha A_{path-lower} = 0.872 \ [m^2]$ for 9th floor $\alpha A_{path-lower} = 1.16 \ [m^2]$ including resistance of the volume dampter and duct silencer	for lower floors (2-7F) $\alpha A_{shaft-lower (2-7F)} = 4.40 [m^2]$ for lower floors (7-8F) $\alpha A_{shaft-lower (7-8F)} = 4.05 [m^2]$ for lower floors (9F-) $\alpha A_{shaft-lower (9F-)} = 8.80 [m^2]$ for upper floors (8F-) $\alpha A_{shaft-upper} = 6.84 [m^2]$	for each opening $\alpha A_{outlet} = 4.085 [m^2]$ Nominal discharge coefficient $\alpha A_{outlet} / A_{outlet} = 0.430$ (2 openings on the rooftop)
10 5 10 10 5 10 10 5 10 10 5 10 10 5 10				Air Change Rate [1/h]

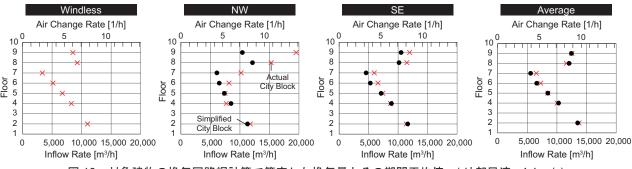


図 10 対象建物の換気回路網計算で算定した換気量とその期間平均値 (外部風速: 4.1 m/s)

Nikken Sekkei Ltd

- * 1 大阪市立大学工学部建築学科
- * 2 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻
- * 3 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻
- * 4 株式会社日建設計
- * 5 株式会社日建設計

- 学部生
- 講師 博士(工学)教授 博士(工学)
- Undergraduate Student, Department of Architecture, Faculty of Eng., Osaka City University Lecturer, Department of Urban Eng., Graduate School of Eng., Osaka City University, Dr.Eng. Professor, Department of Urban Eng., Graduate School of Eng., Osaka City University, Dr.Eng. Nikken Sekkei Ltd.