中高層オフィスビルを対象とした自然換気量予測手法に関する研究 (その3)異なる自然換気システムにおける風圧係数の入力方法の影響 Prediction of Natural Ventilation Rate for Mid- to High-Rise Office Buildings (Part 3) Effect of Cp Value Input Data for Various Natural Ventilation Systems

○川分 芳子 (大阪市立大学) 小林 知広 (大阪市立大学) 梅宮 典子 (大阪市立大学) Tomohiro KOBAYASHI^{*1} Noriko UMEMIYA^{*1} Yoshiko KAWAWAKE^{*1} ^{*1}Osaka City University

In this study, the flow rate of the natural ventilation building is estimated by network model using two types of Cp values, database values and experimental values of wind tunnel test with its scaled model. In the previous study, the Cp value database was arranged, and the flow rate calculated by two types of Cp value was compared for shaft-type natural ventilation system. This paper analyzes three different natural ventilation systems, i.e., cross-vent type, shaft-type, and combined type. Finally, the effects of the Cp values on accuracy of the estimated flow rate are sutudied for each system.

1. はじめに

近年、中高層オフィスビルで自然換気導入の試み が増加している¹⁾。自然換気設計時の換気量計算では 風圧係数が必要であり、複数の与え方がある。対象 建物と実街区を再現した縮小模型を作成する風洞実 験は信頼性は高いが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等を参考に与 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が不明となる。既報²⁾で は市街地の中高層オフィスを想定した汎用風圧係数 データベースを風洞実験により作成し、データベー スに基づいて簡易的に与えた場合と、実街区を再現 した風洞実験による風圧係数を与えた場合で換気量 を比較し、期間平均ではその差が大きくないことを 示した。しかし、対象はシャフト型の自然換気シス テムに限った検討であった。そこで本報ではシャフ ト型に加え、水平方向のみの風力換気(通風型)、シャ フトと水平換気を両者用いる併用型の3種の自然換 気システムを対象として換気回路網を想定して前報 同様の検討を行い、風圧係数データベースを用いた 際の換気量算定精度の検証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

本報では既報3)で対象とした実建物に基づき3種 の自然換気システムの評価を行う。Fig.1 に対象とし た実建物の概要を示す。対象建物は地上11階建ての オフィスビルで自然換気設計は3~11 階に導入され ている。自然換気口(開口面積:0.194 m²)は執務室 北側に8個、南側に12個設けられ、コア部に高層用 シャフトと階段室兼用の低層用シャフトを有する。3 ~8階(低層用フロア)では換気口から外気が流入し、 天井裏から廊下を介して低層用シャフトへ流入した 後にシャフト上部から排気される。9階以上の高層用 フロアでは天井裏までは低層用フロアと同様で、そ の後パスダクトを介して高層用シャフトへ流入して 排気される。このように、対象とした実建物は、各 フロアで南北の自然換気口間の通風とシャフトを介 した重力換気が可能な「併用型」であるが、当該シ ステムで執務室とシャフト間の開口がない状況を想 定した「通風型」と、北側に自然換気口がなく同面 積が全て南側に設置されている状況を想定した「シャ フト型」を追加した計3条件を対象に検討を行う。

Upper floors





Shaft for

Shaft for



(b) Typical Floor Plan Fig.1 Schematic of the Target Office Building

(c) Intended Ventilation Route

3. 換気量計算に用いる風圧係数

3.1 風圧係数の条件

前述の通り、本報では実街区を再現した風洞実験 で得られた風圧係数を用いる場合と、既報²⁾で整備 した市街地の中高層オフィスを対象とした汎用的な 風圧係数データベースを用いる場合のそれぞれで換 気量計算を行い、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。なお、ここでは2種類 の風圧係数をそれぞれ「実街区実験」と「データベー ス」として区別して表記する。

3.2 実街区実験による風圧係数の取得方法

本報で対象とした実建物の風圧係数は既報³⁾で縮 小模型を用いた風洞実験により取得済みであるため、 それを実街区風圧係数として利用する。ここではそ の概略説明を行うが、詳細は既報³⁾を参照されたい。 実街区実験での風圧係数は Fig.2 に示す風洞実験によ り取得した。街区は Fig.3 (1) に示すようにターンテー ブル上に直径 480 mの範囲を縮尺 1/400 で作成してい る。風圧測定点は Fig.3 (2) 及び Fig.4 に示す通り、北・ 南面の自然換気口高さで各階 3 点ずつとシャフト排 気口位置の計 59 点であり、各点において 16 風向に ついての風圧係数を取得している。

3.3 データベースによる風圧係数

同様に既報²⁾で整備した風圧係数データベースの 概略を述べる。当該風圧データは風洞内に1辺60 mmの立方体49個を格子状に配置し、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て、 壁面2面とペントハウス面で風圧係数を測定するこ とで整備された(Fig.5)。また、検討対象建物の高さ に応じた使い分けを意図して、中央の測定対象模型 のみ高さを変更して60,120,180 mmの3条件(それ ぞれ Mode l, 2, 3 と表記)について16風向で整備さ れているが、本報では対象建物が周辺建物よりも若 干高いことから Model 2 の風圧係数データを適用す ることとする。Fig.6 に測定対象模型(Model 2)を示す。 風圧測定点は模型A・C面の中央で縦方向に配置し、



Model 2 では各面 14 点ずつ設けた。模型屋上にはペントハウスを想定した立方体を設置し、その壁面 4 面中央と頂部でも風圧係数を取得して整備している。 Fig.7 にデータベースにおける Model 2 の風圧係数分 布を示す。なお、図の縦軸は軒高の 120 mm で無次元 化して示している。Fig.3 及び Fig.5 に示す建物配置 から、本報ではデータベースの風向 0° の風圧係数が 実街区実験の風向 SSW に対応するものとして次章で 換気回路網計算を実施して換気量を比較する。

4. 換気回路網計算

4.1 対象実建物の解析モデル

「通風型」、「シャフト型」、「併用型」の3種の自然 換気システムを対象に熱・換気回路網計算⁴⁾を実施し、 風圧係数を実街区実験とデータベースの2通りの方 法で与えて換気量算定結果を比較することでその影 響を評価する。対象とした実建物は風力重力併用型

の自然換気システムを有するため、まず併用型の換 気回路網を作成し、これに基づき執務室とシャフト 間の開口がない水平換気の通風型、南面にのみ自然 換気口を設けたシャフト型を想定して換気回路網を 作成した。作成した換気回路モデルを Fig.8 に示すと ともに、各所に入力した換気抵抗の値を Table 1 に示 す。通風型については自然換気口の換気抵抗のみを 入力し、シャフト型と併用型に関してはさらに執務 室-シャフト間とシャフト内の換気抵抗を与えた。執 務室 - シャフト間の抵抗は低層用フロアと高層用フロ アのそれぞれの換気経路に基づき、天井ガラリやパ スダクト等の有効開口面積の結合値から与えた。シャ フト内の換気抵抗については、階段室兼低層用シャ フトは文献値5を参考とし、高層用シャフトは摩擦 損失を想定して流量係数を与えた。なお、これらの 換気抵抗の入力値は既報³⁾で計算を実施した実建物 での値に基づいた値としている。



Table 1 Effective Opening Area given in Airflow Network Model Calculation

Natural Ventilation Type	Cross-Vent Type	Combined Type	Shaft Type
Natural Ventilation Opening	for each opening $\alpha A_{intake} = 0.0783 [m^2]$ (Nominal discharge coefficient $\alpha A_{intake} / A_{intake} = 0.403$, 20 openings for one floor)		
	North Side … 8 openings, South Side … 12 openings		South Side ··· 20 openings
Flow Path between Office Room and Staircase	N/A	$\alpha A_{path-lower} = 0.442 \text{ [m}^2 \text{]}$ (for lower floors)	
Flow Path between Office Room and Shaft	N/A	$\alpha A_{path-upper} = 0.448 \text{ [m}^2 \text{]}$ (for upper floors)	
Staircase (one story)	N/A	$\left(\alpha_{\text{stair}} = 0.17 \text{ [-]}\right) \alpha A_{\text{stair}} = 2.30 \text{ [m}^2\text{]} (\text{ for lower floors })$	
Shaft (one story)	N/A	$\left(\zeta_{shaff} = \lambda \frac{L}{D_e} = 0.0866 \ [-]\right) \alpha A_{shaff} = 7.46 \ [m^2] (\text{ for upper floors })$	
Extract Opening at Shaft Top (Backflow Prevention Window)	N/A	$(\alpha = 0.43 [-])$ $\alpha A_{stair-top} = 5.23 [m^2] \alpha A_{shaft-top-W} = 2.06 [m^2] \alpha$	$\alpha A_{shaft-top-N} = 0.34 \text{ [m}^2 \text{]} \alpha A_{shaft-top-S} = 0.34 \text{ [m}^2 \text{]}$

4.2 計算概要

換気回路網計算は外気温 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 で既報³⁾同様 36.6 W/m²として日射は無視した。

4.3 風圧係数入力値の比較

前述の通り、実街区実験とデータベースの2種類の風圧係数を用いる。実街区実験の風圧係数は、北・ 南面それぞれ各階で3点ずつ測定値があるが、ここ ではその平均値を与えた。データベースの風圧係数 では、各自然換気口の無次元高さにおける風圧係数 を壁面14点の測定値から線形補間して求めて入力し た。また、実建物の低層用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、モ デル街区条件の排気シャフト部風圧には風向によら ず90°におけるペントハウスB面の風圧を採用した。 例として実街区の風向SSWとデータベースの風向0° について、Fig.9にフロアごとの風圧係数の入力値を 示す。風向SSWでは2種類の風圧係数の分布の傾向 が、執務室北側と南側共に比較的類似していること が分かる。

4.4 解析結果と考察

Fig.10 に風向 SSW での換気量算定結果をフロア別 に示す。当該風向では両条件の風圧係数分布の傾向 が類似していることから、換気システムの違いによ らず両条件の換気量にも差は少ない。Fig.11 に無風 条件の解析結果と16 風向の発生頻度で重みづけた換 気量の平均値を示す。無風条件の結果から、シャフ ト型と併用型は重力換気の影響が大きいと言え、通 風型は風圧係数が換気量に及ぼす影響が大きいこと が確認できる。しかし換気量の平均値によると、い ずれの換気システムでも、2 種類の風圧係数による換 気量は概ね一致していると言える。以上のことから、 データベースの風圧係数の妥当性が示されたと言え、 データベースの風圧係数を使用して換気量の期間平 均値を計算する場合、比較的精度よく予測できる可 能性があると言える。

5. まとめ

本報では実物件を基に3種の自然換気システムの 換気回路網を作成し、実街区とデータベースの風圧 係数を使用して換気量比較を行った。その結果、2種 類の風圧係数の分布形状が類似している場合、換気 量の期間平均値の差は大きくないことが示された。



Fig.11 Estimated Natural Ventilation Rate (External Wind Speed : 4.1 m/s)