

高層オフィスの風力・重力併用型自然換気設計手法に関する研究
(その1) ボイド切替階と外部風速が自然換気量に及ぼす影響の評価
Design Method of Wind and Buoyancy Induced Natural Ventilation System for
High-Rise Office Building
(Part 1) Influence of Switching Floor of Void and External Wind Velocity
on Natural Ventilation Rate

○佐藤 可奈 (大阪大学)	小林 知広 (大阪大学)
山中 俊夫 (大阪大学)	崔 ナレ (大阪大学)
布上 亮介 (竹中工務店)	中北 直樹 (竹中工務店)
田中 英之 (竹中工務店)	三畑 一 (竹中工務店)

Kana SATO^{*1} Tomohiro KOBAYASHI^{*1} Toshio YAMANAKA^{*1} Narae CHOI^{*1}
 Ryouyusuke HOGAMI^{*2} Naoki NAKAKITA^{*2} Hideyuki TANAKA^{*2} Makoto MIHATA^{*2}
^{*1}Osaka University ^{*2}Takenaka Corporation

In recent years, the number of high-rise office buildings that introduce natural ventilation (NV) is increasing. However, general NV design method is not yet been sufficiently established. To do this, understanding of the impact of both wind and buoyancy on natural ventilation rate needs to be acquired and it needs to be organized more systematically. This study presents a parametric study assuming a realistic high-rise office building with wind and buoyancy induced NV system by using flow network model. In this paper, we focus on the "switching floor" of NV void and external wind velocity, and their impact on natural ventilation rate is to be shown.

1. はじめに

近年、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。しかし、高層建築の自然換気設計手法は確立されているとは言い難く、多数の項目について詳細な検討を繰り返して確認を行う必要がある。そのため、重要な設計パラメータに関する設計手法の体系的な整備が必要と考える。これまでも自然換気の計画及び性能予測手法に関する研究事例は見られるが¹⁾、風力の影響も含めた知見は十分にまとめられてはいない。本研究では現実的な重力・風力併用型の高層自然換気建物を想定し、逆流防止のために自然換気ボイドを複数本設置する場合の高層ボイドの開始階（以降、切替階）と外部風速に着目したパラメータ解析を回路網計算により実施した結果を報告する。

2. 対象建物概要

Fig. 1 に対象建物の概要を示す。対象建物は30階建のオフィスビルで、天井高は2.9 mで東側コアとし、立地は大阪市内を想定する。自然換気ボイドは2本とし、うち1本は4~8Fの低層フロアと12F以上の中層フロアに接続して自然換気を行う屋外の低層ボイドとした。他方は29Fまでの高層フロアの自然換気用の高層ボイドとするが、ここではその開始階をボイドの「切替階」と呼称して解析パラメータとする。4~8Fの低層ボイド下部の面積は上部の約1/3を想定する。低層ボイドの14F以上では偶数階のボイド中央部にテラスを想定した。一方、高層ボイドはボイド中央部に室、テラス、ボイドのみの3層1組構成とする。自然換気口は天井下部の横型スリット及び窓面中央下部の縦型スリットとし、低層フロアには東面以外の4面に、中高層フロアには5面全てに設置する。

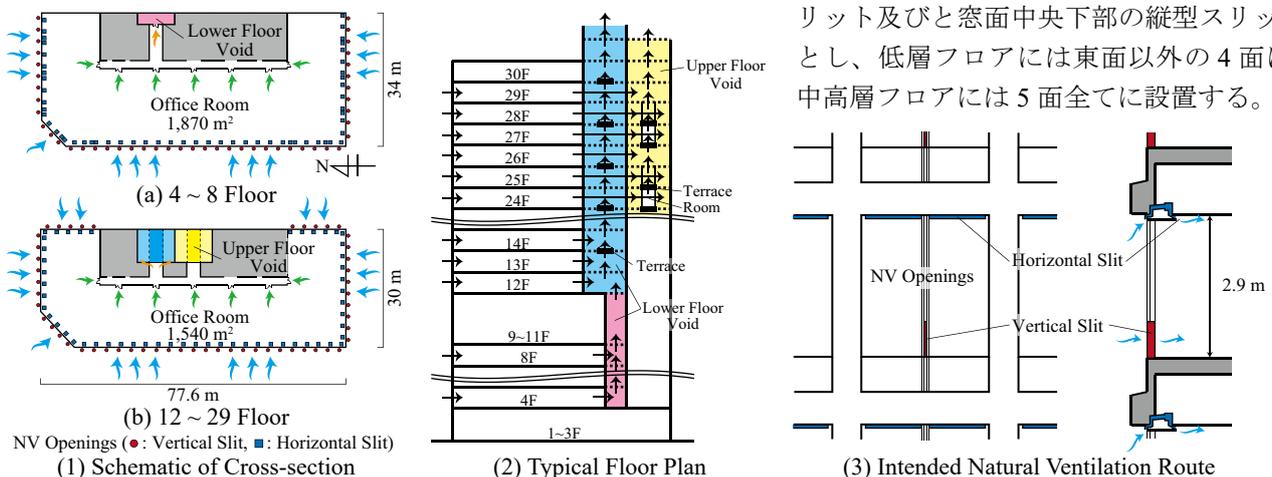


Fig. 1 Schematic of the Target Office Building

3. 風洞実験による風圧係数の取得

3.1 実験概要

換気回路網計算のための風圧係数取得を目的として風洞実験を行った。実験は Fig. 2 に示す回流型風洞で行い、実街区を想定して対象建物から半径 400 m の範囲を 1/400 で模型化した。また、半径 400 m ~ 560 m の範囲でも規模が大きい建物は再現した。模型を設置せずに I 型熱線風速計を用いて 1.0 kHz で 66 秒測定した風洞内アプローチフローを Fig. 3 に示す。風洞内風速は対象建物模型の最高高さ (373 mm) で 10 m/s に設定し、この動圧を風圧係数の基準動圧とした。また、風洞内基準静圧は風洞上流に設置したピトー管静圧とした。Fig. 4 に対象建物模型の風圧測定点を示す。測定点は概ね 3 ~ 4 フロアに 1 階の割合で、水平方向には北面 3 点、南面 3 点、西面 5 点、東面 7 点、北西面 2 点とし、ポイド内部については低層

ポイド内の 13, 20, 30 F の 3 点と屋上の測定点を含めた計 346 点を微差圧計 (メロンテクノス, 多点圧力センサ MT-MP-64-R) により 1.0 kHz で 66 秒測定した。

3.2 実験結果

16 風向に対応する風圧係数を Fig. 5 に示す。各フロアで水平方向に複数ある測定点の結果は平均し、測定点が存在しないフロアは上下階の線形補間により算出した。また、ポイド内の風圧係数については、3 点の値が概ね一致していることから、3 点を平均したグラフ (直線) を掲載している。ポイド内は概ね大きな負圧となったが、剥離位置がポイドから遠くなる S や西側に想定した高層建物が影響する W, WNW でポイドの負圧が小さくなった。低層階では周辺建物の影響から各壁面間での風圧係数の差が小さく、ポイドによる重力換気が期待される。一方、上層階では風力・重力換気の両者の効果が期待できる。

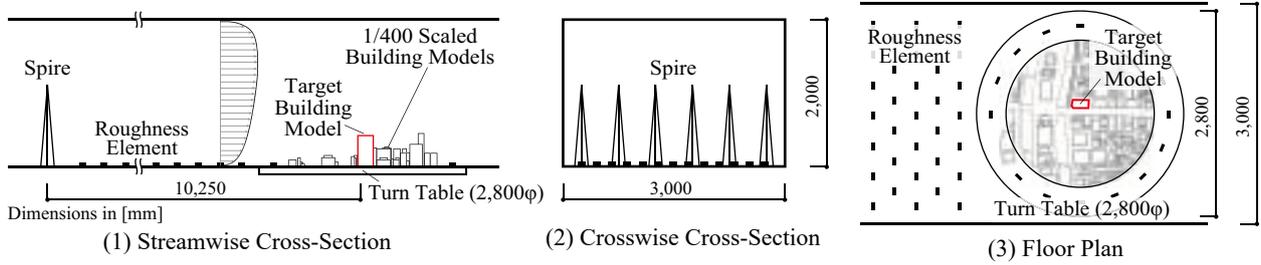


Fig. 2 Wind Tunnel Experimental Set-up

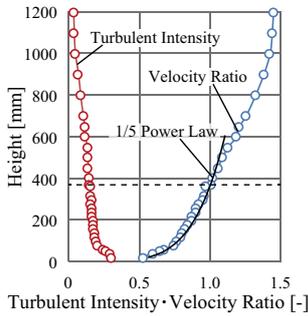


Fig. 3 Approaching Flow

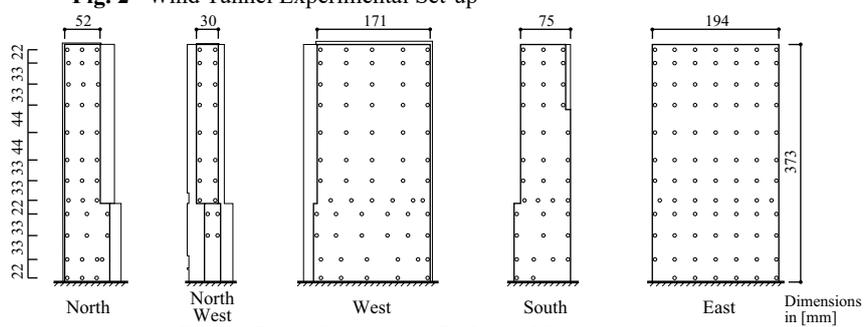


Fig. 4 Studied Model for Cp Value Measurement

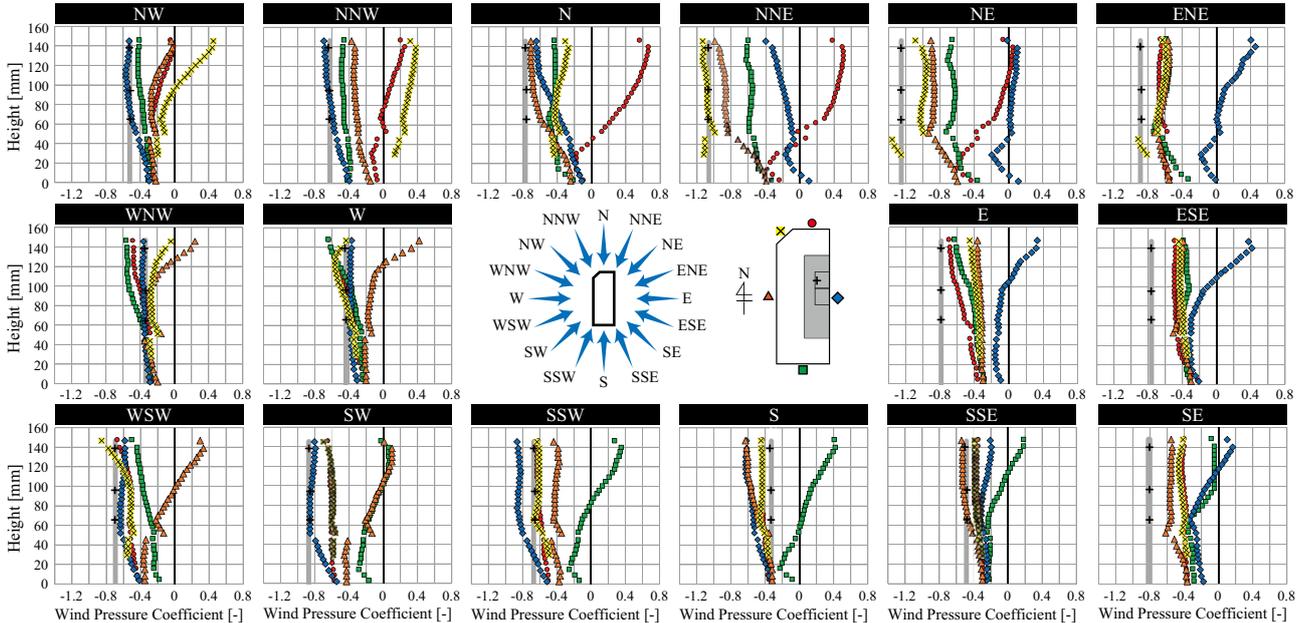


Fig. 5 Wind Pressure Coefficient obtained from Wind Tunnel Test

4. 換気回路網計算

4.1 回路網計算概要

熱・換気回路網計算²⁾により各階執務室の自然換気量を評価する。Fig. 6に回路網モデルを示す。中間期を想定し、外気温は20°C、執務室は24°Cで固定した。執務室以外では内部発熱と日射の影響は無視した。執務室の北・南・東・西・北西面及びボイド東面にある外壁は全てガラスで構成されており、熱抵抗を考慮した。気流は執務室から廊下を介してボイドへ流入するが、執務室-廊下間と廊下-ボイド間はそれぞれ流路の有効開口面積を結合して0.84 m²と1.54 m²(4~8 F), 1.25 m²(12~29 F)とした。自然換気口の有効開口面積は横型0.026 m², 縦型0.00086 m²であり、基準階合計1.49 m²(4~8 F), 1.42 m²(12~29 F)である。これは床面積の1/1000程度に相当する。ボイド内の換気抵抗は摩擦損失と断面積の拡大・縮小、流路内の障害物とみなした形状抵抗を考慮することで簡易的に再現した。

4.2 ボイド切替階が自然換気量に及ぼす影響

まず無風時を対象に切替階とボイドトップの有効開口面積に着目したパラメータ解析を行う。Table 1に解析条件を示す。切替階が18, 21, 24, 27階及び切替

なしの5条件について、両ボイド上部の排気口の有効開口面積 αA_{void} を最大の84から42, 28, 14, 7.0 m²と5段階で変化させた。さらに高層ボイド上部の排気経路もパラメータとし、上部でそのまま排気する条件(接続なし)と、低層ボイドに合流させた後に排気する条件(接続あり)の2条件を設定した。接続あり条件では接続部の有効開口面積を3.9 m²とした。Fig. 7に計算結果を示す。ここでは5面の外周部換気口からの流入量の合計値を換気量として示し、負値はボイドからの流入を表す。グラフ上部には全フロアで室容積を4,613 m³とした換気回数を併記する。

接続なし条件では αA_{void} が大きければ切替階の影響が小さく、ボイドからの逆流が見られない結果となった。一方 αA_{void} が小さくなると逆流が生じる条件も見られ、切替階の設定が重要となり、各階における換気量のばらつきが大きくなる。これに対して、接続ありでは αA_{void} が小さいほど切替階の影響が小さく、 $\alpha A_{void} = 7.0, 14 \text{ m}^2$ の条件では切替階をどのように設定しても逆流が生じる結果となった。一方 αA_{void} が比較的大きい28, 42, 84 m²では、ボイド頂部での接続部の有効開口面積が小さいためにこれが抵抗となり排気が抑制され、結果的に逆流の発生を促進してしまう結果も見られる。これらの結果から、概して接続なしの条件の方がボイド上部で逆流が生じ難いという結果が示されたと言える。

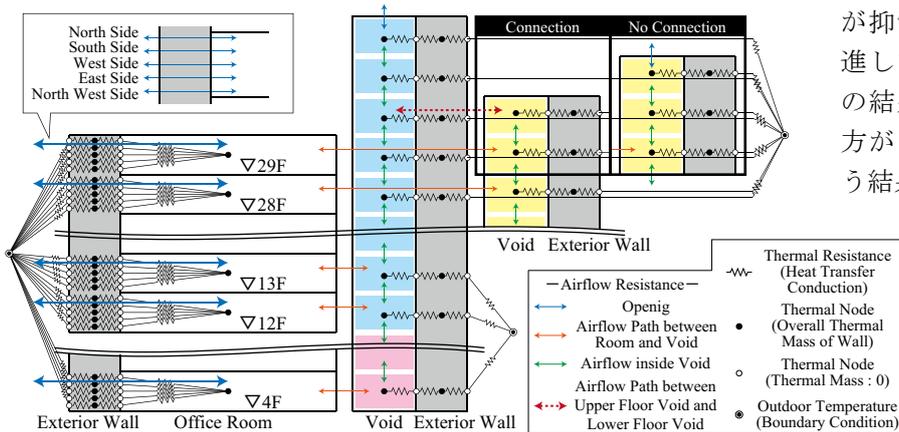


Fig. 6 Thermal and Flow Network Model

Table 1 Studied Cases in Parametric Study

αA_{void} [m ²]	84, 42, 28, 14, 7.0
Switching Floor	18, 21, 24, 27, ×
Connection	○, ×
External Wind	×

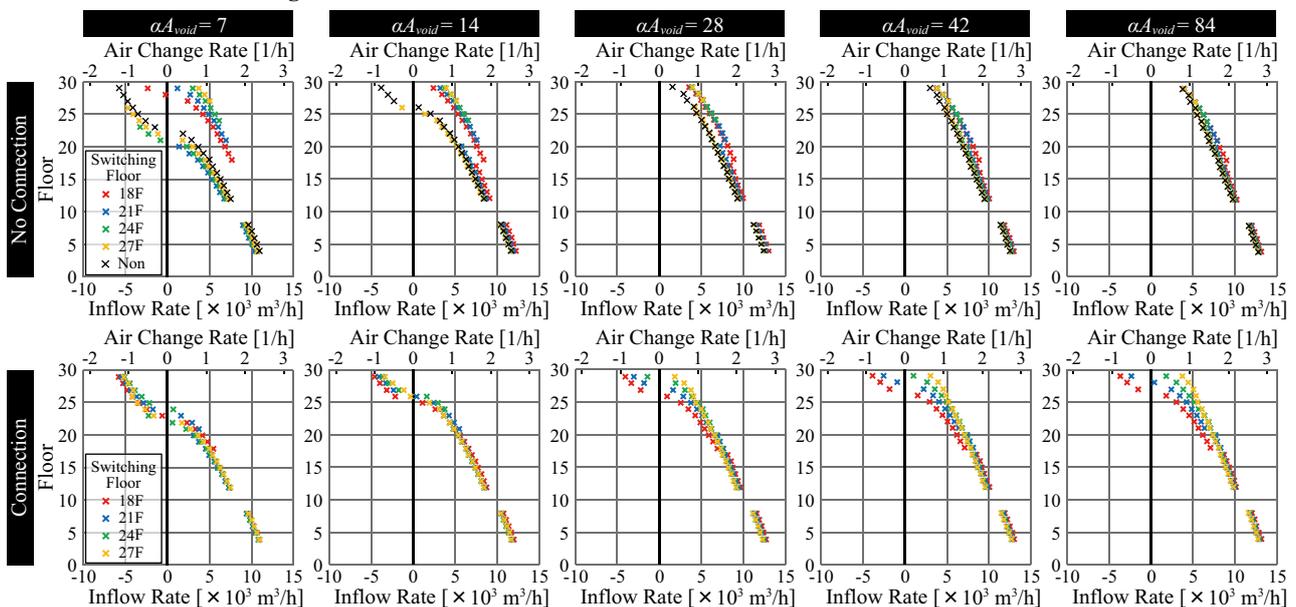


Fig. 7 Estimated Natural Ventilation Rate (Switching Floor of Void)

4.3 外部風速が自然換気量に及ぼす影響

本節では外部風速に着目して計算を行う。ここではボイド接続なしで切替階を24階に、低層ボイドトップの αA_{Void} を 84 m^2 、高層ボイドトップの αA_{Void} を 28 m^2 と想定する。外部風速条件は無風、1.0, 3.0, 5.0 m/sの4条件として風向を16風向で変化させ、執務室の自然換気量を算定した。結果をFig. 8に示す。なお、ここでは風力による水平換気が生じるため外周部の自然換気口は流入出のどちらも起こり得る。そのため、5面の外周部自然換気口のうち、流入する換気量のみを抽出してその合計値を執務室の換気量として算定した。風速1.0 m/sでは無風時とほとんど差異がないが、5.0 m/sでは多くの風向で特に上層階の自然換気量が大きく、風力換気効果が顕著に見られる。その中でも風向WNWやWでは、西側に高層の建物を想定したことから特に上層階で風圧係数が正圧側に大きくなるため上層階の換気量増加のみが顕著になっている。また、風向Sでは風速による換気量の変化が小さいが、これは、風圧係数が大きい南側の自然換気口が少ないことに加えて、ボイド内風圧係数の負圧が小さいために風力換気の影響が小さいためと考えられる。

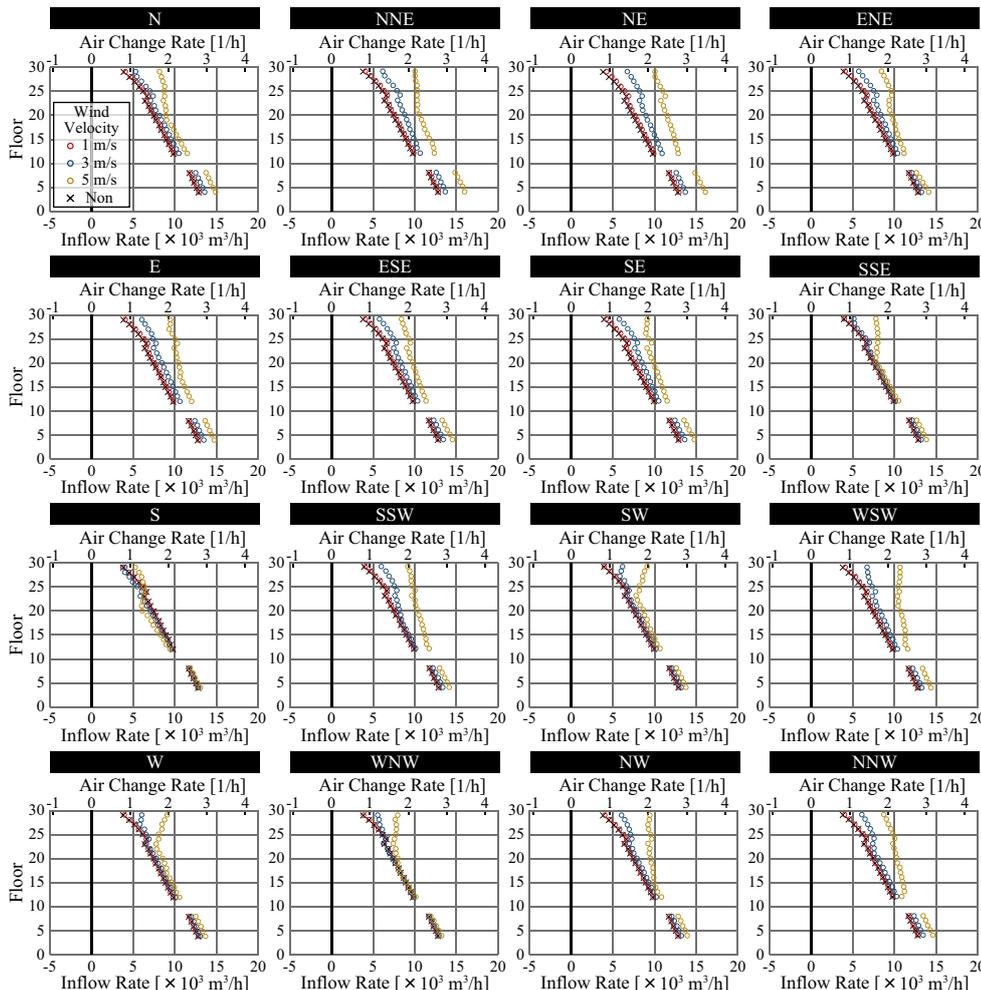


Fig. 8 Estimated Natural Ventilation Rate (External Wind Velocity)

Fig. 9に拡張アメダス標準年気象データの間中期(4~6, 9~11月)の就業時間帯(9:00~18:00)における大阪の風配図を示す。Fig. 10にはFig. 8の換気量を算術平均した結果と風配図の風向発生頻度で重みづけ平均した結果を示す。主風向はNNEとWSWであり、算術平均と重みづけ平均の結果を比較すると同様の傾向が得られたが、わずかに重みづけ平均の値の方が大きくなった。また、風速が大きくなるにつれて特に高層フロアでの換気量が大きく増加しており、今回対象とした自然換気口面積の条件では軒高風速5.0 m/sで上層階の換気回数が1回/h程度上昇した。

5. まとめ

本報では高層自然換気建物の換気回路網計算を行い、ボイドの切替階及び外部風速に着目した解析を行った。今後はより一般的な建物を対象に、重力・風力の影響を考慮した検討を行う所存である。

【参考文献】

- 1) 下ノ菡慧、郡公子：自然換気利用建物の実態調査と温度差換気の基本解析, 日本建築学会環境系論文集, No.755, pp.55-63, 2019.1.
- 2) 奥山博康：建築物の熱回路網モデルに関する理論的研究, 早稲田大学博士号学位請求論文, 1987年12月

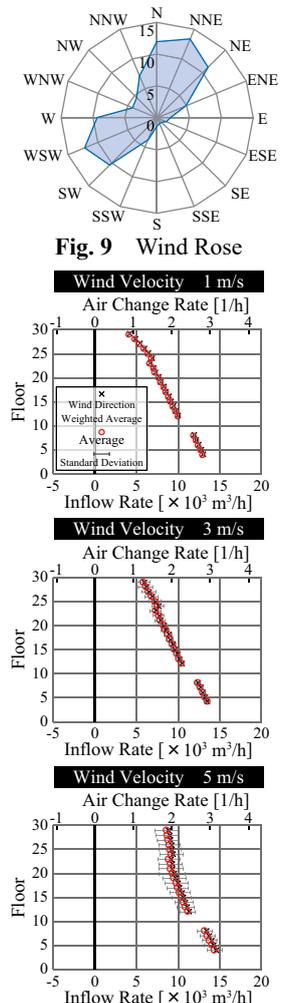


Fig. 9 Wind Rose

Fig. 10 Average Natural Ventilation Rate