

都市内高密度街区における通風・換気特性に関する研究
(その5) 風洞実験によるレイノルズ数効果の検討

正会員○福山 莞爾^{*1} 同 山中 俊夫^{*2} 同 Lim Eunsu^{*3}
同 小林 知広^{*4}

4. 環境工学 -13. 空気流動応用 -c. 建物周辺気流・都市気流
自然換気, 室内環境

はじめに

近年、オフィスビルや商業施設等において省エネルギーやBCPの観点から自然エネルギーの利用が注目されている。その中でも自然換気は、中間期の冷房負荷の削減が期待できる。しかし、中高層建築が密集した都市の市街地（以下、高密度街区）では建物間の気流の流れが複雑になり、換気量予測が困難である。換気量をより正確に予測するには、建物壁面の風圧係数及び壁面周辺の気流性状の情報である。既報¹⁾では、高密度街区の建物を対象に、風圧係数及び風速の取得を目的とした風洞実験を行ったが、模型の縮尺が1/1000と小さかったためレイノルズ数が小さく、都市の風を模擬できているか疑問が残った。そこで、本報ではレイノルズ数が気流場を与える影響の検討を目的とし、風洞実験で模型の縮尺を変え、それらを対象に風圧及び風速を測定した。また、動圧と静圧の和である全圧の分布を算出し、評価をして気流がもつエネルギーの街区周辺におけるやりとりを考察する。

1. 街区のモデル化の概要

Fig.1に街区モデルの概要を、Fig.2に測定対象とした街区モデルを示す。竹林ら²⁾の大阪・心斎橋地区を研究の対象とする道路幅と建物高さによる風通しに関する研究では、グロス建蔽率が48.0%で

あった。本研究では、大阪市中央区のオフィスビルが並ぶ街区を参考にモデル化し、測定対象街区モデルを、Fig.2のように異なる3つのスケールを設定する。また、既報での条件設定を引き継ぎ、測定街区(Fig.1 Target block)以外の周辺街区は前述した値に近いグロス建蔽率が51.8%になるものとする。ここで、グロス建蔽率は建築面積の合計を道路等の公共用地を含めた全体面積で除したものである。

2. 風洞実験による風圧係数・風速の取得

2.1 風洞実験の概要

街区内の気流性状を把握するために、風圧係数及び建物間の風速の取得を目的とした風洞実験を行った。Fig.3に風洞断面図及び模型配置図を示す。対象建物及び周辺街区を縮尺1/1000, 1/500, 1/250のそれぞれで再現し、境界層流下で測定を行った。Fig.4にアプローチフローの鉛直速度分布及び乱流強度を示す。風向鉛直方向の風速分布はEq.1に示す、べき乗則におおよそ従う。

$$\frac{U}{U_R} = \left(\frac{z}{H_R} \right)^{\frac{1}{4.2}} \quad (\text{Eq.1})$$

風洞内に模型を設置しない状態でI型熱線風速計を用いて1.0kHz, 60sで測定した。風洞内風速は、床上1,000mm高さのピトー管位置で10m/sに設定した。

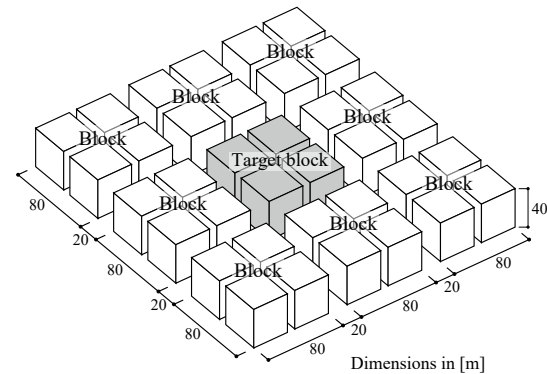


Fig.1 Block model

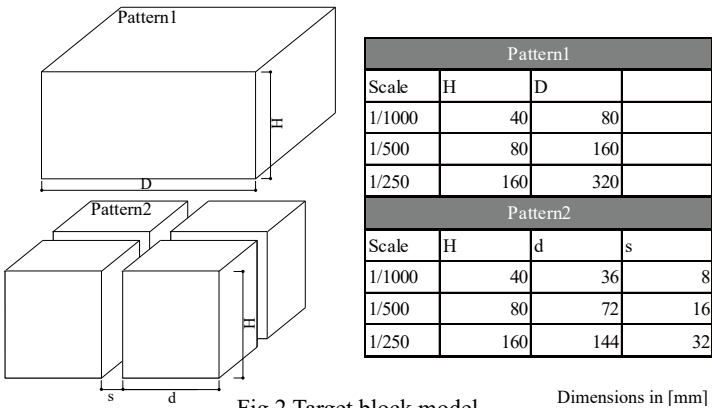
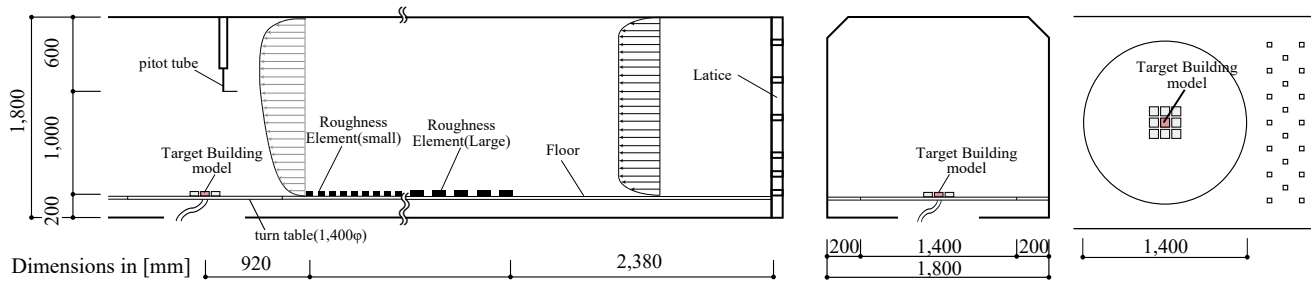


Fig.2 Target block model

Dimensions in [mm]

Ventilation of Buildings Located in High Density Block Area of Town
(Part.5) Consideration of Reynolds Number Effect Based on Wind Tunnel Test

FUKUYAMA Kanji, YAMANAKA Toshio, LIM Eunsu, KOBAYASI Tomohiro



(1) Wind tunnel section (Air-flow direction) (2) Wind tunnel section (Crossed air-flow direction) (3) Model layout

Fig.3 Geometry of wind tunnel test

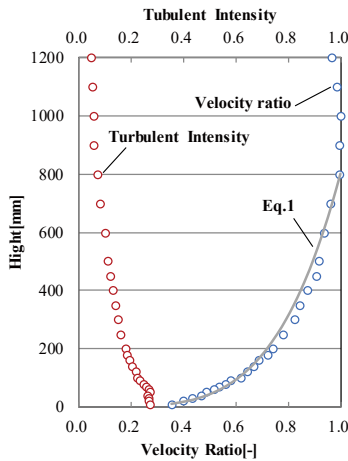


Fig.4 Approach flow in wind tunnel

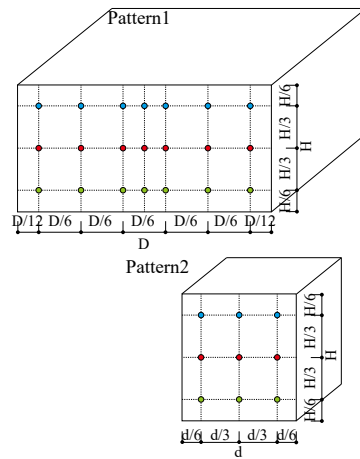


Fig.5 Target model and Cp value measured points

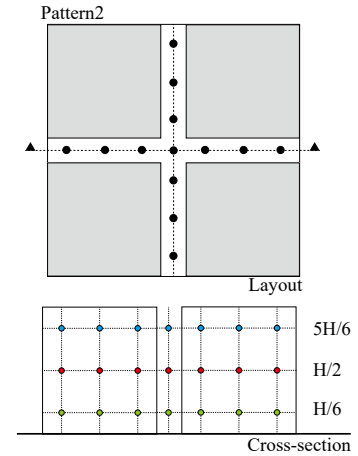


Fig.6 Wind velocity measured points

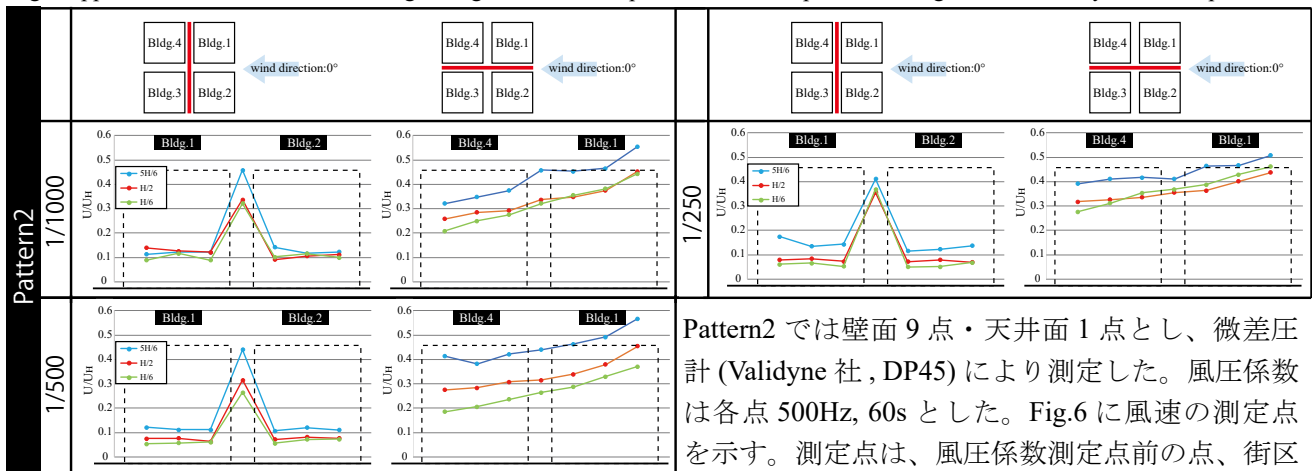


Fig.7 Distribution of wind velocity between buildings

風圧係数及び規準化風速の基準風速は、実験において測定したピトー管の風速とアプローチフローの風速プロファイルにより算出したものである。また、風洞内基準静圧は、ピトー管静圧とした。Eq.2 に風圧係数の定義式を示す。

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho U_H^2} \quad (\text{Eq.2})$$

2.2 実験条件

Fig.5 に対象建物模型と風圧測定点を示す。測定点は、Pattern1 では壁面 21 点・天井面 5 点、

Pattern2 では壁面 9 点・天井面 1 点とし、微差圧計 (Validyne 社, DP45) により測定した。風圧係数は各点 500Hz, 60s とした。Fig.6 に風速の測定点を示す。測定点は、風圧係数測定点前の点、街区の中心点とし、応答性 7 秒の無指向性熱式風速計 (KANOMAX Model 1570) で測定した。風速測定は各点 200Hz, 60s とした。また、風速は規準化風速 v とし、その定義式を Eq.3 に示す。

$$v = \frac{U}{U_R} \quad (\text{Eq.3})$$

2.3 風洞実験の結果

(1) 風速分布

Fig.7 に実験で得られた建物間の風速分布を示す。全条件において風の流れ方向の隙間では建物の摩擦で風下側ほど、減衰していくことがわかる。風速が小さな箇所において、例えば 1/1000 に比

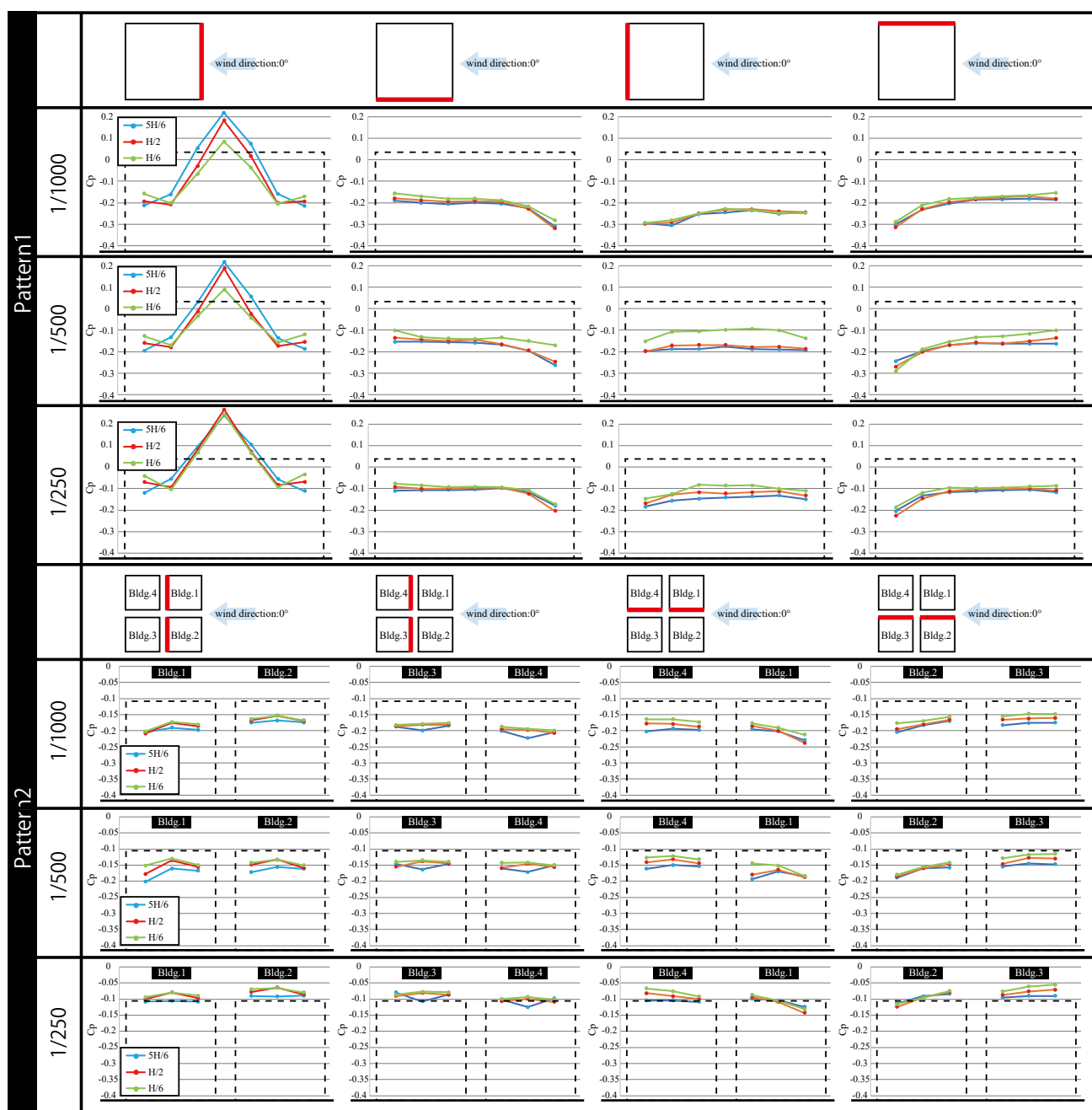


Fig.8 Distribution of wind pressure coefficient on wall surface

べて 1/250 では 20 ～ 25% 程度風速が大きくなるといった違いが見られた。

(2) 風圧係数

Fig.8 に実験で得られた風圧係数の分布を示す。Pattern1・Pattern2 両者において、風上側で壁面に当たった風が要因となる剥離流の影響で、主流並行面の風上側の測定点において風圧係数が負圧側に大きくなっていることが分かる。また、概ね Scale 間による風圧係数の絶対値の違いがある程度見受けられ、例えば Pattern2 の主流方向の面では最大 50% 程度 1/1000 と 1/250 では差が見られた。これより、気流が狭い隙間を通る際にその長さに影響を受けやすいことが示唆された。

3. 測定点から算出した全圧の評価

3.1 全圧の評価方法

静圧と動圧の和である全圧という風のもつエネルギーの点から、街区周辺における気流性状を検討する。Eq.4 に測定した風圧及び風速により全圧を算出する式を示す。

$$P = \frac{1}{2} \rho U^2 + p \quad (\text{Eq.4})$$

また、風速に関しては測定点の前で測定しているため、正確には同じ場所における動圧と静圧ではないが、今回は同じ点とみなして、全圧を計算している。

3.2 全圧の算出結果

Fig.9 に算出した全圧と静圧の分布を示す。グラ

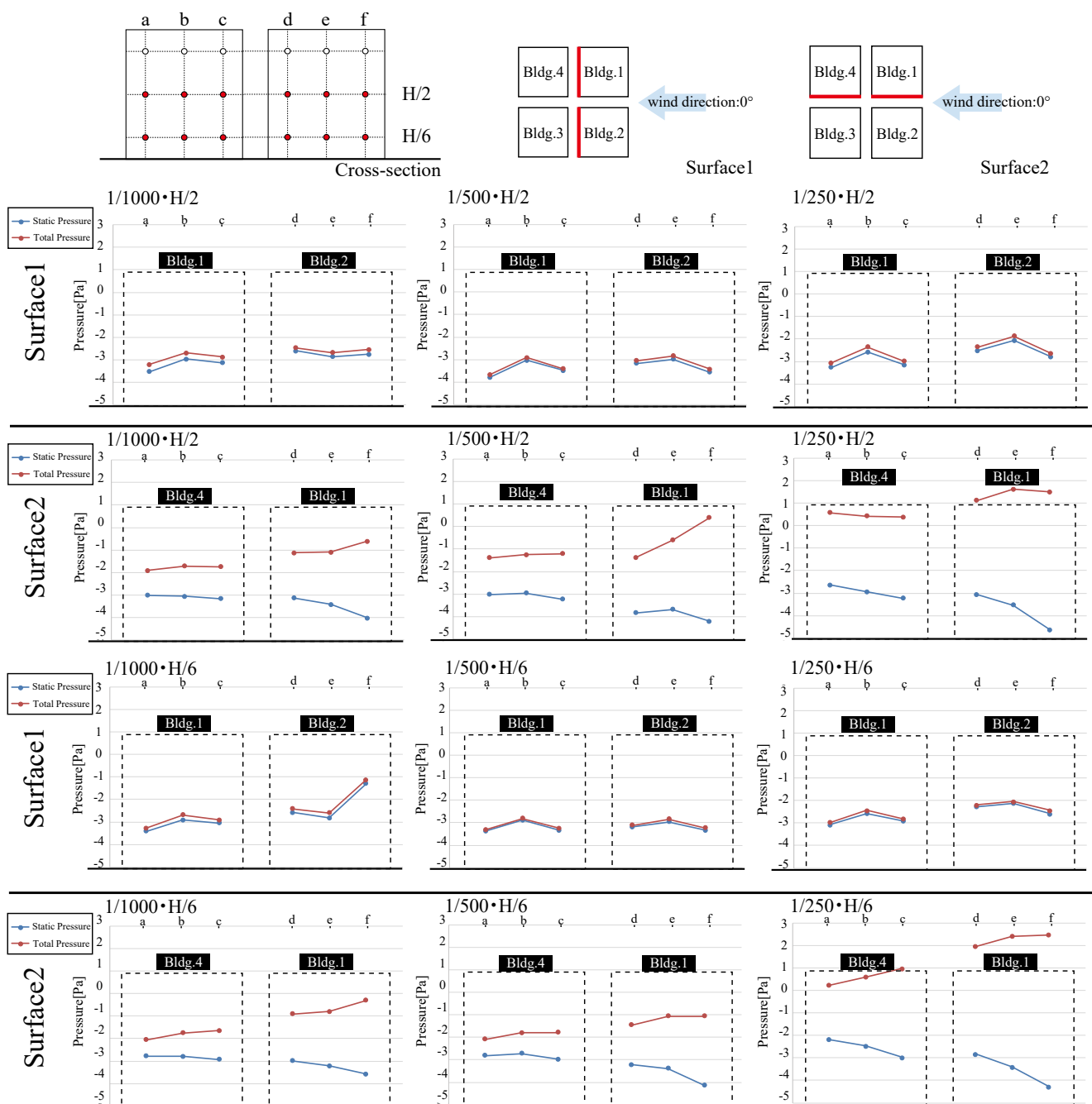


Fig.9 Distribution of Total and static pressure

フにおいて上側（赤色）が全圧、下側（青色）が静圧であり、両者の差が動圧である。本報では一番高い測定点は除く。Surface2 の H/2 の高さにおいて、風下側で全圧が増えているが、これは上空からのエネルギーの供給があったからと考えられる。また、Scale が大きくなると全圧の絶対値も大きくなり、最大で 2 倍以上差がひらいている。

4. おわりに

本報では実在する高密度街区をモデル化し、風洞実験を通して模型の縮尺と Re 数の関係を評価した。結果としてレイノルズ数が風圧係数や風速の値に与

える影響は無視できない程度ではあることが分かった。今後は LES 解析によってより詳細な部分への検討を行い、街区周辺の気流場の知見を深めていく所存である。

【注釈】

C_p : 風圧係数 [-], ρ : 空気の密度 [kg/m³], p : 測定点風圧 [Pa], P_R : 基準動圧 [Pa], v : 規準化風速 [-], U : 測定点風速 [m/s], U_R : 基準風速 [m/s], U_H : 軒高風速 [m/s], P : 全圧 [Pa]

【参考文献】

- 1) 福山、山中、Lim、小林、佐嶋：都市内高密度街区における通風・換気特性に関する研究（その 1）風洞実験による建物壁面風圧及び建物間風速の分布性状
- 2) 竹林ら：気候資源としての風の利用を目的とした街路形態街路空間の風通しの関係の分析，日本建築学会環境系論文集，74(635):pp.77-82

*1 大阪大学大学院工学研究科地球総合専攻 博士前期課程

*2 大阪大学大学院工学研究科地球総合専攻 教授・博士（工学）

*3 東洋大学大学院理工学部建築学科 准教授・博士（工学）

*4 大阪大学大学院工学研究科地球総合専攻 准教授・博士（工学）