# 自然換気制御のための建物屋上近傍気流のモニタリング手法に関する研究 (その3) PIV 測定による屋上近傍の風向変動の評価

屋上近傍気流 風洞実験 PIV 測定

## 正会員○佐藤 可奈<sup>\*1</sup> 同 小林 知広<sup>\*2</sup> 同 山中 俊夫<sup>\*3</sup> 同 明石 大<sup>\*1</sup>

## 1. はじめに

中高層建物の屋上では風向風速計の設置により外部風 向や風速を測定する場合が多いが、適切な設置位置をま とめた指針は存在しない。建物の屋上の気流場は、風上 側で生じる剥離流や屋上部で生じる逆流により非定常性 が大きくなる<sup>1)</sup>。これにより、屋上に設置された風向風速 計が正しく外部風を測定できているとは限らず、その精 度は設置位置によって異なると予想される。

本研究では、風向風速計の設置想定位置における風向・ 風速と実際の外部風向・風速との差を風洞実験及び CFD 解析にて評価し、自然換気時の適切かつ高度な開口制御 の提案に繋げる。本報では、建物高さと外部風向をパラ メータとした風洞実験により、建物直上の水平断面での PIV(Particle Image Velocimetry)を用いた風速・風向の測定 及び風向差の評価結果を報告する。

#### 2. 風速測定実験概要

建物直上の水平断面における風速・風向の測定を目的 として、大阪大学工学部内の吹放し型風洞(測定胴長さ: 9.5 m、幅:1.8 m、高さ:1.6 m)にて PIV 測定を行った。 図1に風洞断面図及び実験機器配置を示す。実験模型は 中高層矩形建物を想定し、縮尺1/200とした。実験は概 ね1/4.8 乗のべき乗則に従う境界層流下で行った。座標は 模型屋上平面の中心を原点、主流方向をX軸に設定した。 図2にアプローチフローの風速比及び乱流強度の鉛直分 布を示す。アプローチフロー風速は、模型を設置していな い風洞内でI型熱線風速計を用いてサンプリング周波数1.0 kHz で1分間測定した。風洞内風速は床上高さ1,000 mm H=400 mm の1:1:4 単体建物 (以下 Case 1H) の2 条件を設 定した。各建物条件で建物に対して直行する風向(0°)と 対角線方向の風向(45°)の風向の検討を行い、計4条件に 対して風洞実験を行った。

#### 3. PIV 解析概要

PIV は可視化した気流にレーザーシートを照射し、微小な時間間隔で2枚の画像を連続撮影することでトレーサー 粒子の移動距離から速度を算出する。可視化は煙発生器 (日本カノマックス,8304)で発生させた煙を模型上流から注入して行った。CW:YAGレーザー(日本カノマック ス,CW532-10-3W)を光源として、風洞側面から模型上部 の水平断面を投影し、風洞上部に設置した高速カメラ(カ トウ光研,K8)で1500枚の画像を1秒間撮影した。水平 断面の高さは、図4に示すように模型屋上面からの高さ(Y) が5,10,20,30 mmとした。表1にPIV測定の概要を示す。 画像処理には Davis 8.3 (LaVision)を使用し、解析アルゴリ ズムに直接相互相関法を用いて流速を算出した。また、統 計的信頼性と空間分解能の向上のために再帰的相関法を 用い、瞬時の速度場を算出するための相互相関係数分布を 計算するプロセス(Pass)を計30回とした。

## 4. 外部風向と測定風向の風向差

各点における瞬時風向がアプローチフローの風向とど の程度一致し得るのかを把握するため、瞬時風向とアプ ローチフロー風向の差の確率密度分布及びそこから算出 される確率によって、各評価点での風向の測定精度を評



Monitoring Method of External Wind Velocity around Building Roof Top for Natural Ventilation Control (Part 3) Evaluation of Wind Direction Fluctuation around Building Roof Top by Wind Tunnel Test

価する。図5に検討する風向モニター点の平面配置を示 す。以降に示す確率密度分布のグラフは、PIV測定を行っ た高さ方向4断面のグラフを示しており、縦軸は確率密 度、横軸は外部風向からの風向差である。この風向差は、 -180°から180°の範囲とし、測定風向がアプローチフロー と一致する際は差が0°、アプローチフローに対して時計 回りを示す際は正の値となるように設定している。

図6に確率密度分布を示す。風向0°では低い位置 (Y=5,10mm)で目立った山が見られず、様々な風向が計 測されているのに対して、風向45°では低い位置でも0° 付近に山が見られることが分かる。また、Case 1H\_0°の Line Cでは±180°の位置で山が確認できることから逆流 が生じていることが分かる。Line A では両模型条件とも に高さが低い位置での山が負の値に偏っていることが分 かる。これは気流がよどみ点から放射状に広がることで、 風向が反時計回りに変化したものと考えられる。

確率密度分布を-10°から10°の範囲まで積分すること で、風向差が±10°の範囲に属する確率を算出し、精度を 評価した結果を表2に示す。確率が50%を超える結果は 網掛けで示す。風向0°では高さが高いほど確率が高くなっ ていることが分かるが、風向45°では高さとの関係が無 いことが分かる。Line C では50%以上を示す点が多く確 認でき、特に風向45°ではすべての高さで50%を超えて いることから比較的精度良く風向を測定できると言える。 風向0°に着目すると、Line A, C ともに高さが Y=5 mm の

Line A (-50, -50)

-50 -30 -100 10 30

X coordinate [mm]

-180°

180

50

測定点の概要及び風向の定義

風向 45°

風向 0°

Approach flow

E -30

coordinate

図 5

-10

 $\begin{array}{c} 0\\ 10 \end{array}$ 

30

50

ときの確率は10%未満とかなり低く、この高さに計器を 設置しても正確な風向測定は難しいと言える。

#### 5. まとめ

本報では、風洞でのPIV 測定により屋上近傍の水平断 面の気流性状を把握し、外部風向との風向差を評価した。 模型中央では比較的測定精度が高くなり、特に風向 45°で は高さに大きく依存しないことが示された。次報では同様 の模型条件に対して、LES による CFD 解析を行った際の 結果及び実験結果と解析結果の比較を示す。



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。

【参考文献】

1) 西村宏昭、谷池義人:二次元正方形角柱の変動風圧特性,日本建築学会構造系論文集,No.533, pp.37-43. 2000.7





※1大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 博士前期課程 ※2大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 准教授・博士(工学)

※3大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 教授・博士(工学)

Graduate Student, Division of Global Architecture, Graduate School of Eng., Osaka University Associate Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Eng., Osaka University, Dr. Eng. Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Eng., Osaka University, Dr. Eng.