粒子画像流速測定法(PIV)を用いた建物周辺気流に関する基礎的研究 市街地の地表面付近における風環境測定

江川 将史 指導教員 赤林 伸一 教授

研究目的

都市の居住環境を評価する上で重要な要素の一つに風 環境がある。風環境を悪化させる原因の一つに建物の高密 度・高層化が挙げられる。密集した市街地は、郊外に比較 して地表面付近全体の平均風速は遅くなるが、風向・風速 の乱れが大きく、局所的に突風が発生する可能性も高い。

風環境は、最大瞬間風速の出現頻度を用いて評価される。市街地における平均風向・風速とガストファクター (以下:GF=最大瞬間風速/平均風速)の空間分布を明ら かにすることは都市の風環境を評価する上で重要である。

本研究では、粒子画像流速測定法^{*1} (PIV: Particle Image Velocimetry) により市街地モデルを対象に16風向に対する地表面付近の気流性状を解析し、平均風向・風速とGFの空間分布を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 実験概要:図1に実験対象建物モデルの概要と建物配置を、表1に実験条件を示す。建物モデルの一辺をH(50[mm])とし、caselでは、H(奥行き)×H(幅)×2H(高さ)の中層建物モデル、case2では、H(奥行き)×H(幅)×4H(高さ)の高層建物モデルを対象とする。両モデルとも隣棟間隔は、0.5H^{*2}とする。市街地モデルは、建物モデルを6×6列整列配置する。市街地モデル全体のグロス建蔽率^{*3}は、約41[%]である。PIV測定対象位置は、市街地モデルの風上側から4列目と5列目の隣棟間の中心^{*4}とし、地表面^{*5}(z=4.0[mm])の水平断面である。市街地モデルに対して平行方向の風向角を0°とし、22.5°毎に風向を変化させる。両モデルと



3 解析結果

測定対象エリアを5つに分割し、図3に示す。図4、 5に各 caseの平均風速比ベクトル分布とGFの分布を、 図6に各 caseの風速比とGFの関係を示す。解析結果は、 高さ4Hの基準風速2.9[m/s]に対する風速比で表す。

3.1 case1(図4、図6(1)):case1-1のエリアA、C、E では風速比0.5程度で隣棟間に沿って流れ、GFは1.0程 度となる。エリアB、Dでは風速比0.1程度で風上側か ら流出し、風下側から流入出する。エリアB、Dにおけ るGFは3.0以上となり、左右対称の気流性状となる。 case1-2のエリアA、C、Eでは風速比0.5程度で隣棟間に 沿って流れ、GFは1.0程度となる。エリアB、Dでは風 速比0.1~0.3程度で風上側から流入出し、風速比0.2程 度で風下側から流出する。エリアB、DにおけるGFは1.5 以上となる。case1-3のエリアA、B、D、Eでは風速比0.4 程度で隣棟間に沿って流れ、GFは1.0程度となる。

3.2 case2(図5、図6(2)):case2-1のエリアA、C、E では風速比 0.6 程度で隣棟間に沿って流れ、GF は 1.0 程 度となる。エリアB、D では風速比 0.2 程度で風上側か ら流出し、風下側から流入出する。エリアB、D におけ る GF は 1.5 以上となり、左右対称の気流性状となる。 case2-2 のエリアA、C、E では風速比 0.6 程度で隣棟間に 沿って流れ、GF は 1.0 程度となる。エリアB、D では風 速比 0.1 ~ 0.5 程度で風上側から流入出し、風速比 0.3 程 度で風下側から流出する。エリアB、D における GF は 1.0 以上となる。case2-3 のエリアA、B、D、E では風速比 0.5 程度で隣棟間に沿って流れ、GF は 1.0 程度となる。

3.3 各 case の比較: 風速比は case2 の方が高くなり、

	表 2	測定機	機器の仕様	表	表3	PIV 測定	パラメータ
Camera	ハイスビ	ードカメラ	Photron FASTCAM SA3			測定断面	水平断面
Laser	DPGL-3W		LD励起Ld:YAG/	YV0₄レーザ	画像	ℓサイズ[pixel]	1,024 × 1,024
			波長:532[nm]	出力:3[W]	++1	リブレーション値	0.18
	DPGL-2W		LD励起Ld:YAG/YVO4レーザ			[mm/pixel]	0.10
			波長:532[nm]	出力:2[W]	測別	E対象領域[mm]	181 × 181
	カメラ制御		Photron FASTCAM		浿	定時間[sec]	11
SoftWare			Viewer ver.3.3.8			測定間隔	2[ms](500[fps])
	PIV解析		Flow-Expert		検	查領域[pixel]	23 × 23
			ver1. 2. 13		探	查領域[pixel]	$\pm 15 \times \pm 15$
4,000 1,000 追 見廢流 風洞							
	シュラトコー ハイスピードカメラ						
1,000 スパイアー 上ーザ(3W) 1,000 市街地モデル レーザ(2W) マッ ラフネス ターンテーブル スモーク ジェネレータ シェンク							
→ 3 1 2 風洞 ^{※6} と実験装置の概要							

GFの大きい地点の割合は casel の方が多くなる。風向角が 0°から22.5°毎に変化した場合、両 case ともに隣棟間に沿 う気流性状となり、GFの分布はエリアA、Eでは大きくな るが、エリア B、C では小さくなる傾向が見られる。また、 建物高さが変化した場合、風向角0°のエリアB、Dでは渦 の発生地点が異なる気流性状となる。GFの分布はエリア B の右端、エリアDの左端において casel-l ではモデル壁面 で GF が大きくなるが、case2-1 では隣棟間の中心で GF が 大きくなる。風向角 22.5°の気流性状と GF の分布は概ね同 様となる。風向角 45°の気流性状は概ね同様となるが、GF の分布はエリア C において case1-3 では中心に近づくほど GF が大きくなるが、case2-3 では均一な分布となる。

4 まとめ

①風速比は case2 の方が高くなり、GF の大きい地点の 割合は casel の方が多くなる。

②建物高さが変化した場合、風向角0°のときの気流性状 とGFの分布は異なる。風向角 22.5°のときの気流性状 と GF の分布は概ね同様となる。風向角 45° のときの気 流性状は概ね同様となるが、GF の分布は異なる。

- 流れの中に微細なトレーサ粒子を混入させ、その動きを動画として撮影し、個々の微粒子 × 1 あるいは微粒子群の移動距離と撮影間隔から速度ベクトルを算出する方法の総称。 ₩2 隣棟間には歩道と道路を想定し、歩道幅を 0.08H×2、道路幅を 0.34H とする。
- 建物の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。 ЖЗ
- 建物モデルを周期的に配置した場合、風上側第3列目より風下では気流分布はほとん $\times 4$ ど変化しないことが明らかとなっている。
- * 5
- 縮尺を1/500とすると、地上高さ2.0[m]に相当する。 新潟大学所有の可視化用風洞(4,000[mm](長さ)×1,000[mm](幅)×1,000[mm] × 6 接近流はU∝Z¹⁴(U:風速、Z:高さ)の流入プロファイルを持つ 高さ)).

