

## 建物群落内における拡散現象に関する風洞実験 (その2 流れ場の測定)

正会員 ○ 孟 岩  
同 老川 進

建物密度、流れパターン、平均風速と乱れ

**1.はじめに** 建物周囲の流れは、単一の建物を対象とした場合でも、屋根面や壁面での剥離、建物の上流や後流での渦の生成など複雑な流れを形成している。都市域においては、さらに多くの建物が混在しその流れ場は一層複雑である。これまでに密集した建物近傍の流れ場を系統的かつ定量的に調べた例が少ない<sup>1)~3)</sup>。本研究その2では、密集した建物間の流れ場を詳細に計測することにより、建物の密集度が建物近傍の流れ場に与える影響を調べた。

**2.実験方法** 実験装置と建物モデルについては問題その1に示す通りである。流れ場の測定はスプリットファイバースコープ(以下SFPと略記;5SR57)を用いて行った。SFPによる逆流域における乱流場の測定方法は佐々木、木谷(1985)<sup>4)</sup>により提案され、その有効性も風洞実験により検証された。本研究では佐々木、木谷の方法に従い、流れ場の乱流測定を行った。SFPは、温度補償付きの定温度型熱線風速計(DANTEC, 56C-SYSTEM)に接続されており、風速計からの出力は、1kHzでローパスし、2kHzでA-D変換を行った。平均速度と乱れの統計量の平均時間は約50秒である。また風洞風速は、6m/s ( $z=40\text{cm}$ )に設定した。計測は、測定部入り口より風下方向4.6mの所に設置される建物の中心からその真後ろの建物の中心まで行った。

**3.測定結果** Fig.1(a)~(d)には建物密度を10%から40%まで変化させた時の平均速度のベクトル図( $y/H=0$ の鉛直断面内)を示す。各速度成分は、建物の影響を受けていない高さ $5H$  ( $z=40\text{cm}$ )の風速値 $U_r$ で無次元した。建物密度10%の場合(Fig.4(a))、建物M1の後流域に顕著なlee eddyが生じ、その下に弱い下降流に伴う2次流(Secondary flow)が存在する。後流の再付着は、建物背面から約1H離れたところに見られる。再付着点を離れると、建物下層での風速が回復し始め、速度ベクトルも上昇に転じる。一方、建物M2風上面の前方では、建物高さ $2/3$ 以下の領域にfrontal eddyと呼ばれる小さな渦が見られ、また、建物M2前縁の角部に強い上昇流が存在する。建物密度10%時の流れのパターンは、全体的に見ると、孤立した建物の場合のそれ(isolated roughness flow)によく似ている。建物密度が20%になると(Fig.1(b))、流れのパターンはすこし変化する。建物M1の後流域にははっきりしたlee eddyが見られなくなる一方、後方の建物M2風上面の

前方に大きなfrontal eddyが形成される。また、建物M2前縁の角部の上昇流は、かなり弱くなっている。建物密度が30%以上になると(Fig.1(c), (d))、流れのパターンは建物密度10%の場合と大きく異なる。建物M1と建物M2の間に、二つの大きな循環流が形成されている。また、建物M2の前縁の角部には上昇流が全く見られず、風があたかも建物の屋根面を滑るように流れている(skimming flow)。

建物密度の変化が流れ場に及ぼす影響を詳しく検討するため、流れ場の特性をよく表しているいくつかの場所での流れの比較を行った。Fig.2とFig.3には、建物M1と建物M2間の中間位置及び建物屋根面における速度成分 $U/U_r$ 、逆流率 $I_r$ (全測定時間の中に逆流の占める割合)および速度変動 $u$ の標準偏差 $\sigma_u/U_r$ の鉛直分布を示す。建物の中間位置では、建物の高さ以下の層において、建物密度が大きくなるにつれ、速度成分 $U$ の値は次第に小さくなり、逆流率は逆に次第に大きくなる。また、速度変動 $u$ の標準偏差は、建物密度20%の時に最大値をとり、40%の時に最小値をとる。一方、建物の屋根面上では、建物密度10%の時に、屋根面上の流れの剥離に伴い、屋根面近傍での速度成分 $U$ の値が小さく、逆流率が大きくなっている。建物密度が20%以上になると、屋根面上の流れの剥離がなくなり、速度成分 $U$ の分布もほぼ同じようになる。流れが剥離しなくなる理由は、建物密度が高くなると建物間の流れが弱くなり、建物前面の角部に上昇流が起きにくくなることによるものである。

建物密度の変化が流れ場に及ぼす影響を検討する上に、流れ場の水平特性を知る必要がある。Fig.4とFig.5には、建物M1の後流域と建物M2の前面域における速度成分 $U/U_r$ 、逆流率 $I_r$ および速度変動 $u$ の標準偏差 $\sigma_u/U_r$ の水平分布を示す。建物密度10%と20%の場合、建物M1の背後域と建物M2の前面域では速度成分 $U$ が負となり、逆流率も100%に近いが、建物中心軸から横方向へ離れていくに従い、速度成分 $U$ の値は次第に正となり、逆流率も0%に近い値に戻る。一方、建物密度が30%以上になると、速度成分 $U$ の負の領域が建物M3と建物M3'の中心軸まで続き、建物M1の後ろと建物M2の前面の地表近傍の全領域において上空風とは逆方向の流れとなっている。流れのスパン方向の周期性を考えると、この結果は、建物M1背後のlee eddyと建

Wind Tunnel Study of Diffusion within Model Building Canopies

Part 2 Flow Measurements

Yan MENG and Susumu OIKAWA

物M3前方のfrontal eddyとがスパン方向につながって一つの渦となっていることを意味する。同様な現象は建物M3と建物M2の間に見られる。

以上の結果をまとめると、Fig.6に示すような流れパターンの模式図が得られる。密度が10%以下の場合 (Fig.6(a)) には、流れパターンが孤立した建物のそれ (isolated roughness flow) によく似ているが、建物密度が30%以上になると、建物背後に回り込む流れがなくなり、斜め後ろの建物の間にcavity flowが形成される (Fig.6(b))。また、建物高さ以上の領域においては、流れが建物の屋根面を滑るように流れる(skimming flow)。更に、建物密度が20%近傍の場合には、isolated roughness flowからskimming flowへ遷移する様な流れ (wake interference flow) が形成されている。

**4. まとめ** 本研究その2では、千鳥状に配列された建物近傍の流れ場を対象として、乱流測定を行い、建物密度の変化が流れ場に与える影響を明らかにした。これらの測定結果は密集した建物近傍での拡散現象の説明や拡散場の予測式の作成にも寄与した。

**参考文献** 1) Morris, H.M.: Trans. A.S.M.E., 120, 373-398, (1955). 2) Hussain, M. and Lee, B.E.: Report BS 56, Dept. Building Science, University of Sheffield, (1980). 3) 村上周三、日比一喜、持田灯: 日本建築学会計画系論文報告集, 412, 1-10, (1990). 4) 佐々木久郎、木谷勝: 日本機械学会論文集, B 51, 1615-1618., (1985).

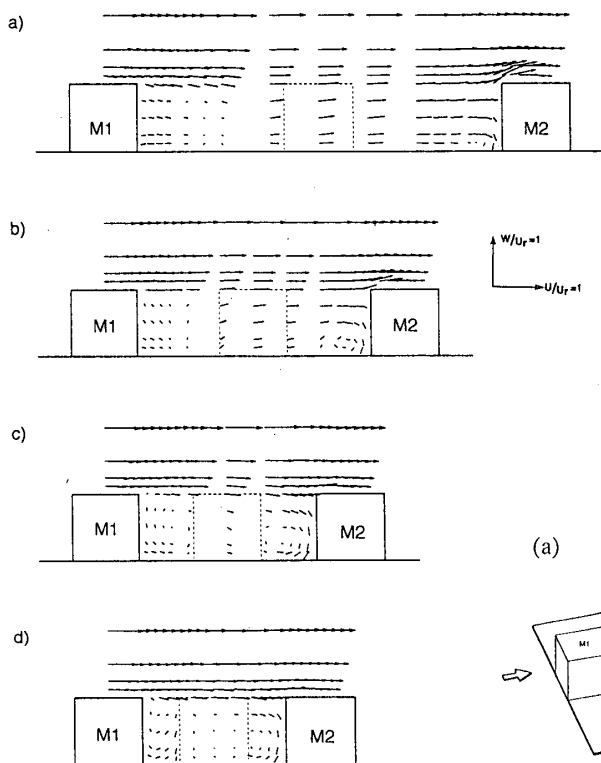


Fig.1 平均風速のベクトル図 ( $y/H=0$ の鉛直断面内)  
(a) 密度10%; (b) 密度20%; (c) 密度30%; (d) 密度40%

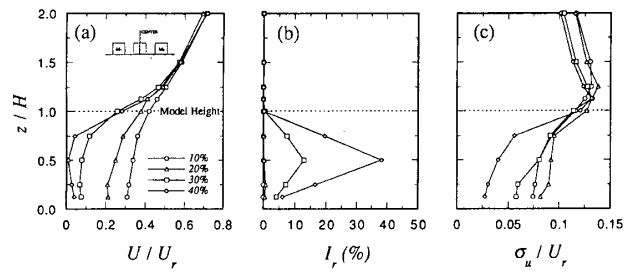


Fig.2 建物の中間地点での流れ場の鉛直特性  
(a) 平均風速; (b) 逆流率; (c) 変動風速uの標準偏差

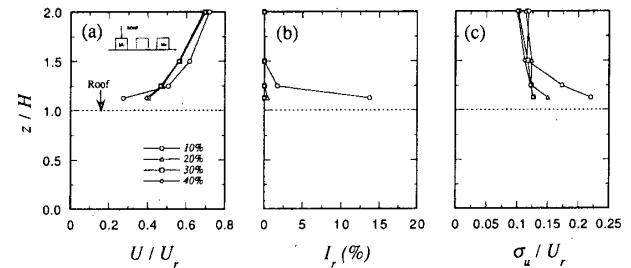


Fig.3 屋根面上の流れ場の鉛直特性  
(a) 平均風速; (b) 逆流率; (c) 変動風速uの標準偏差

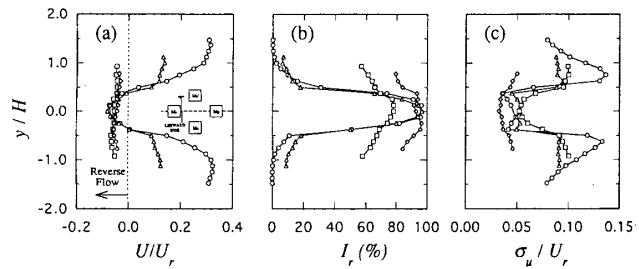


Fig.4 建物後流域の流れ場の水平特性  
(a) 平均風速; (b) 逆流率; (c) 変動風速uの標準偏差

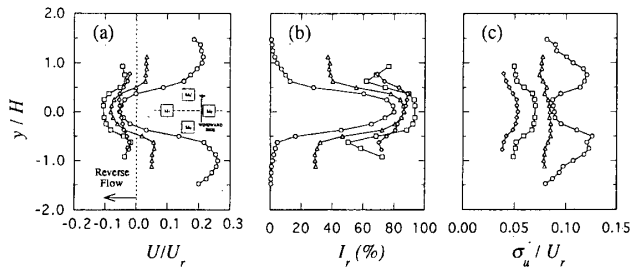


Fig.5 建物風上面前方の流れ場の水平特性  
(a) 平均風速; (b) 逆流率; (c) 変動風速uの標準偏差

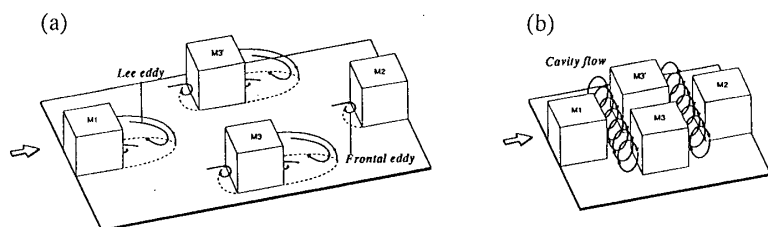


Fig.6 流れパターンの模式図