

## 中心間隔比 3 のタンデム配置正方形角柱まわりの気流測定

日本大学 正会員 ○長谷部 寛 日本大学 (研究当時) 城石 健治  
 日本大学 (研究当時) 芹澤 裕 日本大学 フェロー 野村 卓史

## 1. はじめに

斜長橋の並列ケーブルや吊橋のハンガーロープなど、橋梁の構造要素にはタンデム配置構造が多く見られる。タンデム配置構造には、ウェイクギャロッピング<sup>1)</sup>に代表される、単独の物体には見られない特有の振動現象が生じることから、風洞実験や数値解析により数多くの研究がなされてきた。しかし、タンデム配置構造周辺の気流特性を、風速測定により検討した研究は少ない。著者らはこれまで、中心間隔比  $L/D = 4$  ( $L$ : 角柱中心間距離,  $D$ : 角柱辺長) のタンデム配置正方形角柱を対象に、スプリットフィルムプローブを用いた面的な風速測定を実施し、角柱周辺の気流特性を明らかにした<sup>2)</sup>。本研究では、角柱中心間距離を狭め、中心間隔比を 3 としたタンデム配置正方形角柱を対象に面的な風速測定を実施し、角柱周辺の気流特性を検討した。

## 2. 実験概要

本研究では、長さ 800 mm、幅 400 mm、高さ 400 mm の正方形断面の測定部を有する押し出し型風洞を用いた。図 1 に示すように、辺長  $D = 60$  mm の正方形角柱を測定部始端から 300 mm の位置に設置し、その位置から  $3D$  下流側に 2 本目の角柱を設置した。風洞風速  $U_{in}$  は  $U_{in} = 6.0$  m/s とした。一様流の乱れ強さは 1.5 % である。角柱辺長と風洞風速から算出されるレイノルズ数は 25,000 である。

図 1 に示す格子点の位置で、軸平行型スプリットフィルムプローブ (55R57: ダンテック社) を用い、風速の主流方向成分 ( $u$  成分) および主流直交方向成分 ( $v$  成分) を測定した。測定点の間隔は主流方向、主流直交方向ともに 10 mm ピッチであり、測定点数は 374 点である。測定結果に対して位相平均を施すため、位相の基準信号として上流側角柱上面の表面圧力を風速と同時に測定した。風速、圧力ともにサンプリング周波数は 500 Hz、測定時間は 30 s として測定した。

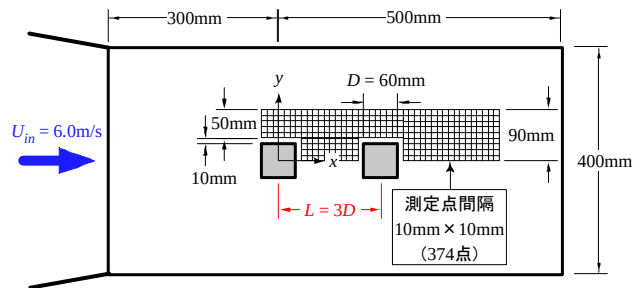


図 1 正方形角柱および風速測定点の配置

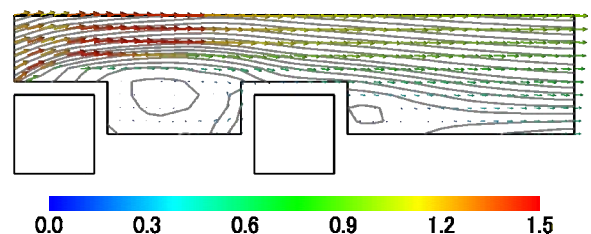


図 2 時間平均風速ベクトルおよび流線

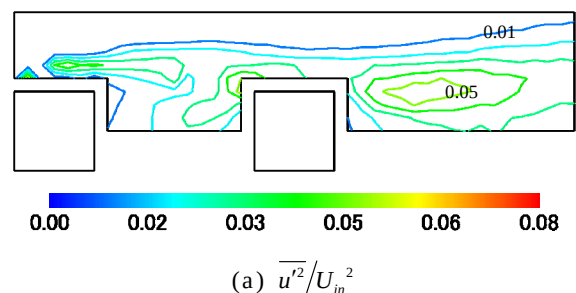
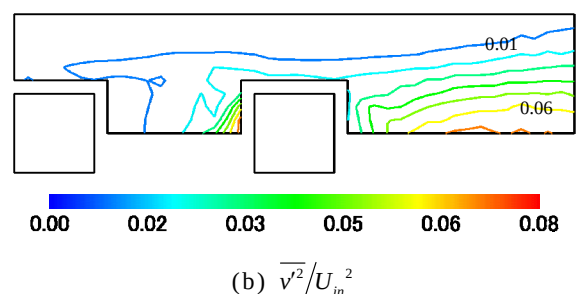
(a)  $\overline{u'^2} / U_{in}^2$ (b)  $\overline{v'^2} / U_{in}^2$ 

図 3 レイノルズ応力 (対角成分) 分布

## 3. 時間平均流れ場の特性

測定結果に対して平均化時間を 30s として時間平均風速を求めた。風洞風速  $U_{in}$  で無次元化した時間

キーワード: タンデム配置構造, 正方形角柱, スプリットフィルムプローブ, 位相平均

連絡先: 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 E-mail: hasebe@civil.cst.nihon-u.ac.jp

平均風速ベクトルおよび時間平均流線を図2に示す。

上流側角柱前縁で剥離した流れは、角柱間に入り込むことなく、下流側角柱上面を沿うように流れ、下流側角柱背後で渦を形成する。下流側角柱背後のよどみ点は、下流側角柱中心からおおよそ  $1.5D$  下流側に位置している。

図3(a), (b)は、風速の瞬時値  $u_i$  と時間平均値  $\bar{U}_i$  の差である変動成分  $u_i'$  より算出したレイノルズ応力の分布である。風速の2成分の同時測定は行っていないため、対角成分  $\overline{u'^2}$ ,  $\overline{v'^2}$  のみを示す。また、図3に示した結果は風洞風速  $U_{in}$  の2乗で無次元化した。コンター間隔は0.01とした。

上流側角柱上面には  $\overline{u'^2}$  のピークが見られ、このピークに沿うように剥離せん断層が存在している。下流側角柱背後では  $\overline{u'^2}$ ,  $\overline{v'^2}$  とともに値が大きいが、これは渦放出に伴う流れの変動に起因すると考えられる。上流側角柱背後では、 $\overline{u'^2}$ ,  $\overline{v'^2}$  とともに値が小さいことから、角柱間の流れには大規模な変動が生じていないと考えられる。

#### 4. 位相平均流れ場の特性

流れの大規模な変動特性を把握するため、測定結果に対して30Hzのローパスフィルターをかけた後、上流側角柱上面の表面圧力を基準信号とした位相平均を行なった<sup>3)</sup>。図4(a)～(d)に位相平均風速ベクトルと位相平均風速から求まる流線を示す。なお、位相平均風速は風洞風速  $U_{in}$  で無次元化した。

角柱間には閉じた流線が形成され、その形は位相ごとに若干変化する。ただし、角柱周辺と比べ、角柱間の風速は非常に小さい。中心間隔比4の場合には上流側角柱からの渦放出が見られたが<sup>2)</sup>、中心間隔比3の場合には上流側角柱からの渦放出は見られなかった。一方、下流側角柱からの渦放出は認められた。位相  $\phi = 3\pi/2$  は、下流側角柱上面側からの流れの巻き込みによる渦が形成されたタイミングである。下流側角柱の後流域では、位相ごとに流線が大きく変動しているが、上流側角柱上面から下流側角柱上面の領域では、流れは大きく変動しない。

#### 5. まとめ

本研究では、中心間隔比3のタンデム配置正方形角柱周辺の気流特性を、スプリットフィルムプローブを用いた面的な風速測定により検討した。流れの大規模な変動特性を把握するため、位相平均流れ場

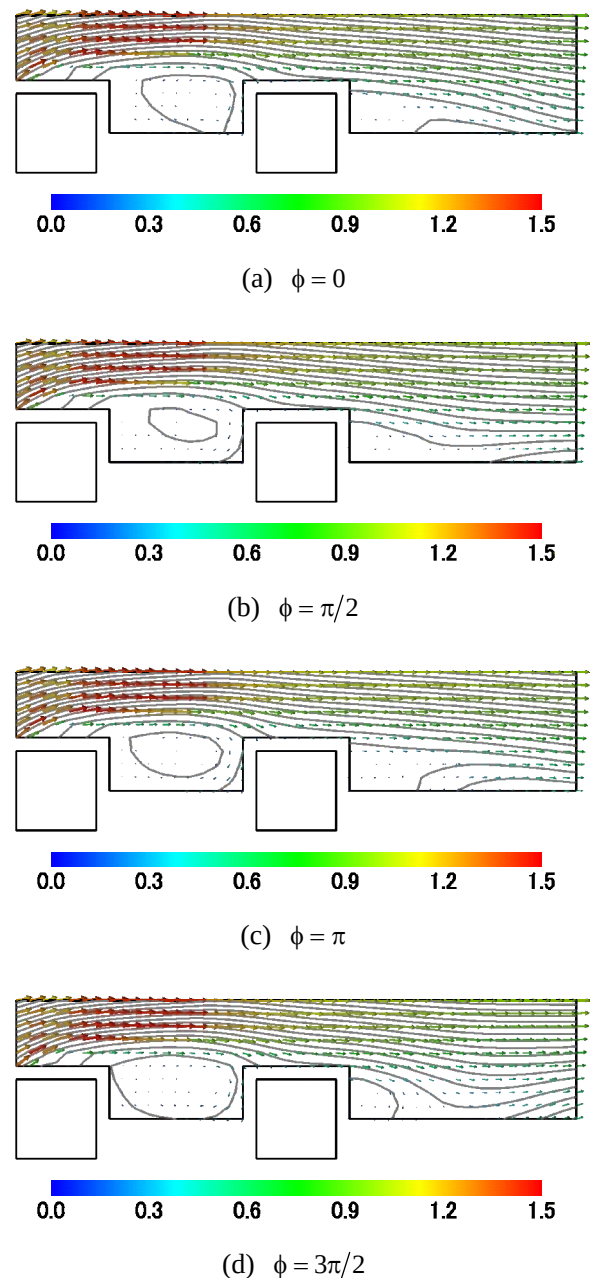


図4 位相平均風速ベクトルおよび流線

に着目したところ、下流側角柱の後流域では、渦放出に伴う流れの大きな変動が見られたものの、上流側角柱上面から下流側角柱上面の領域では、上流側角柱からの渦放出が生じないために、流れの大規模な変動は生じず、時間平均的な流れ場が形成されることがわかった。

参考文献：1) S.Tokoro et al., J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., Vol.88, pp.247-261, 2000. 2) 長谷部寛, 他3名, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集, I-500, 2009. 3) 長谷部寛, 他3名, 第20回風工学シンポジウム論文集, pp.379-384, 2008