

タンデム配列正方形角柱の表面圧力特性

日本大学理工学部 正会員 ○長谷部 寛
日本大学理工学部（研究当時） 金子 翠

日本大学理工学部 正会員 野村 卓史
日本大学理工学部（研究当時） 関戸めぐみ

1. はじめに 超長大橋の桁断面として検討されている二箱桁断面周りの流れは、上流側の桁から剥離した流れが下流側の桁に衝突し、非常に複雑な流れ場を形成する。白井らは $k-\varepsilon$ モデルを用いて二箱桁断面周りの流れの解析を行ない、下流側の桁に作用する表面圧力の予測精度改善のためには、モデルの改良が必要であると述べている¹⁾。本研究では、二箱桁断面のようなタンデム配列構造物周りの流れの数値流体解析法の検証データおよび、乱流モデルに関する参照情報を得ることを目的とし、構造基本断面である正方形角柱をタンデム配置し、表面圧力および周辺流速の測定を行ったので報告する。

2. 実験方法 本研究では、吹き出し口が正方形断面(400×400mm)のACサーボモーター風洞を用いた。図-1に示すように、吹き出し口の先に長さ800mmの風路を取り付け、上流側の正方形角柱模型(辺長 $D = 60\text{mm}$ 、軸長 $B = 356\text{mm}$)を吹き出し口から流下方向に $5D$ の位置に、2本目を風下側に配置し、模型中心間隔を $L = 2D, 4D$ として測定を行った。図-2に示すように、模型のスパン方向中央断面に圧力孔(直径 1.3mm)を16点ずつ設けた。圧力測定には32ch 差圧式同時圧力測定器(東亜工業(株))を用い、圧力孔と圧力測定器はタイゴンチューブ(内径 1.6mm)で接続した。風速測定には型プロブの熱線流速計を用いた。圧力測定、風速測定ともサンプリング周波数は500Hzとした。また、測定データに対しフィルター処理は行っていない。

3. 正方形角柱単独配置実験 図-1中の上流側の正方形角柱模型のみを単独で配置し、風洞風速 11.44m/s の一様流中で表面圧力および周辺風速の測定を行った。角柱辺長と風洞風速より評価されるレイノルズ数は 4.7×10^4 である。図-3はA-D面の平均圧力係数 $\overline{C_p}$ および変動圧力係数 $\widetilde{C_p}$ を溝田の実験²⁾と比較した結果である。 $\overline{C_p}$ は溝田の結果に近い値となったが、 $\widetilde{C_p}$ は過大な値となった。この点に関しては、閉塞率および導圧チューブの影響を検証課題と考えている。

4. 正方形角柱タンデム配置実験 図-1に示す風洞吹き出し口から $5D$ の位置に1本目の模型を配置し、 $L/D = 2$ (模型中心から流下方向 12cm)および $L/D = 4$ (流下方向 24cm)の位置に2本目の模型を設置して、風洞風

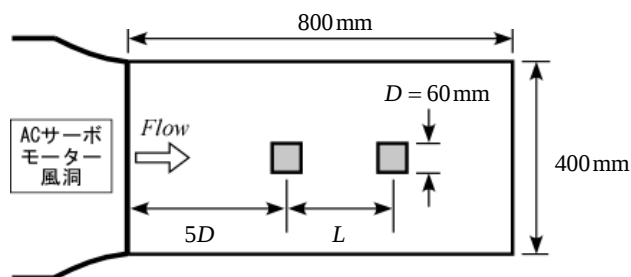


図-1 模型配置平面図

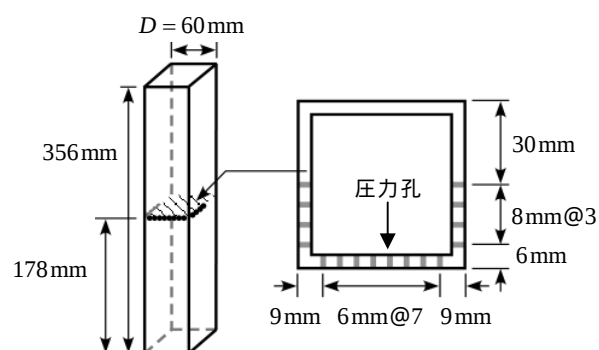


図-2 模型寸法と圧力孔位置

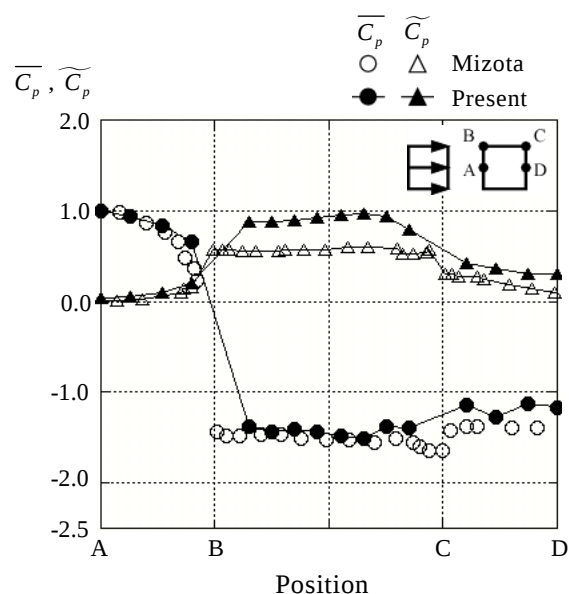


図-3 正方形角柱単独配置時の圧力係数

速 11.44m/s の一様流中で、表面圧力および周辺風速の測定を行った。図-4 は下流側の角柱中心から風軸直交方向に D の位置 P で測定した風速の主流方向成分のパワースペクトルである。 $L/D = 2, 4$ とともに同程度の周波数でピークが確認されたが、その大きさに差があり、 $L/D = 4$ では流れの中に存在する渦のスケールが $L/D = 2$ に比べ大きいと考えられる。図-5,6 は $L/D = 2, 4$ における上流および下流側の角柱の平均圧力係数 $\overline{C_p}$ および変動圧力係数 $\widetilde{C_p}$ をそれぞれ Liu らの実験結果 ($Re=1.6 \times 10^4$)³⁾ と比較した結果である。 $\overline{C_p}$ は Liu らの結果とほぼ一致しているが、 $\widetilde{C_p}$ は全体的に過大となった。Liu らは可視化実験によって、角柱間隔 L/D を変化させ、剥離せん断層が下流側の角柱に再付着する流れ (Mode I) または上流側の角柱から渦が放出される流れ (Mode II) が生じることを確認し、 $L/D < 2.5$ では Mode I、 $L/D > 3.5$ では Mode II となり、 $2.5 \leq L/D \leq 3.5$ では Mode I, II が不連続的に混在すると述べている。本研究の E-F 面の平均圧力係数 $\overline{C_p}$ に着目すると、 $L/D = 2$ では大きな負圧となっているのに対し、 $L/D = 4$ では周期的に正圧と負圧が交互に生じたため、平均圧力係数 $\overline{C_p}$ がゼロに近い値となっている。正圧が生じていることから、上流側の角柱から放出された渦が、E-F 面に衝突していると考えられ、本研究においても Liu らの実験と同様の流れパターンが確認された。

5. まとめ 本研究では、タンデム配列構造物周りの流れの数値流体解析法の検証データおよび、乱流モデルに関する参照情報取得のため、正方形角柱を流れ方向に直列に配置し、表面圧力および周辺流速の測定を行った。角柱間隔 L/D を $L/D = 2, 4$ として実験を行った結果、風速のパワースペクトルおよび下流側角柱前面の平均圧力係数の違いから、既往の研究と同様、上流側の角柱からの渦放出の有無という流れパターンの大きな違いが確認された。以上のように、タンデム配列構造物周りの流れは幾何形状に非常に強く依存するため、乱流解析を実施するに際し、その点に十分留意する必要があると思われる。今後は、現在広く用いられている $k - \varepsilon$ 系のモデルを用いて、本実験と同条件の解析を実施し、実験結果との対比からモデルの問題点の抽出を試みる予定である。

謝辞 本研究を実施するにあたり科学研究費補助金（若手研究 (B)：17760380）の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 白井秀治ほか：土木学会第 58 回年次学術講演会，I-119, 2003. 2) 溝田武人ほか：日本風工学会誌，第 36 号，pp.82, 1988. 3) C.H.Liu *et al.*：J.Wind Eng. Ind. Aerodyn. Vol.90, pp.1019-1050, 2002

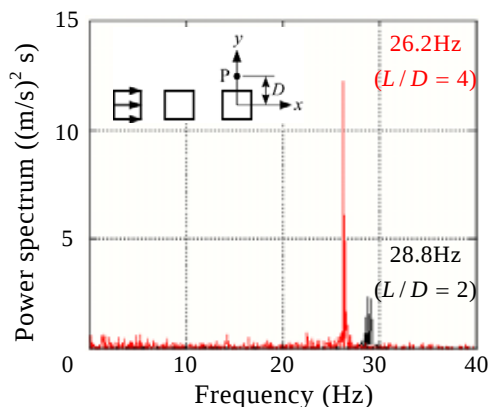


図-4 P点での風速パワースペクトル

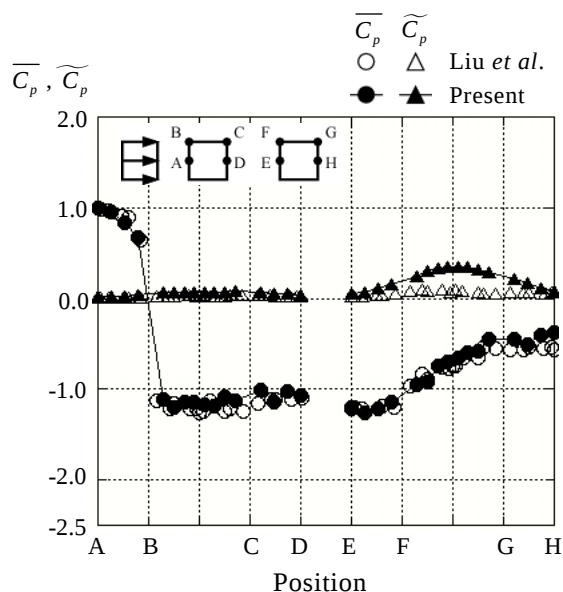


図-5 $L/D = 2$ の圧力係数

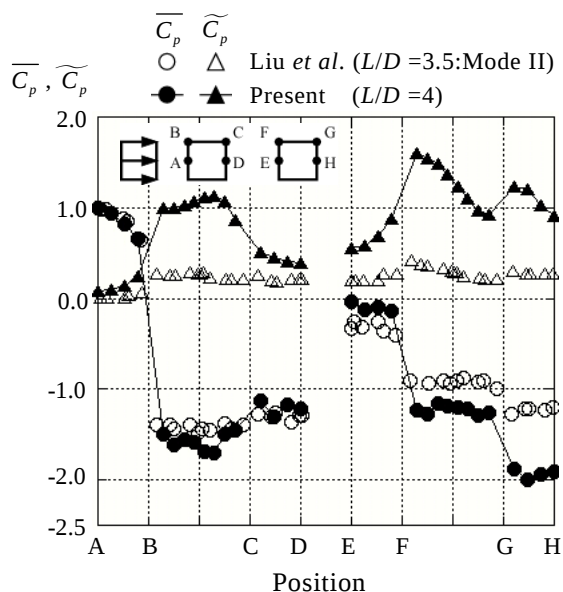


図-6 $L/D = 4$ の圧力係数