17 並列 2 長方形断面柱まわりの流れの可視化

九大応力研 岡島 厚[○], 杉谷 肇^一 郎

Observation of flow around two rectangular cylinders arranged side-by-side

Atsushi OKAJIMA^{*}, Kenichiro SUGITANI^{*}

In the previous papers, we measured pressure distributions, lift and drag forces and Strouhal numbers of two rectangular cylinders arranged side-by-side in a wind tunnels. Then, we observed flow-patterns around two cylinders by the aid of the visualization technique of a smoke-wire, changing the shape of a cross-section of models (B/H) and a gap distance (S/H) between two models. It can be clarified that a change of flow-patterns corresponds to one of aerodynamic forces measured. It was found that there occurs a biased flow under the critical gap distance, and that bi-stable flow-patterns of the biased and the non-biased flows alternately appear just at the critical gap distance.

1. まえがき. 一様流中に並列に置かれた 2 長方形断面柱に作用する抵抗や揚力, さらに後流の速度変動のストローハル数 (St 数) などは長方形断面柱の断面辺長比やすき間間隔によって複雑に変化する^{(1),(2)}. そこでそのような流体力の変化に対する流れのパターン変化を調べるため流れの可視化観察を行った。その結果, 静圧分布や抵抗, 揚力および St 数の変化と物体まわりの流れの変化とが良く対応することを確認した。本報告では, 特に $B/H = 0.4, 1, 3$ 長方形断面柱につき, St 数の変化に対応する流れのパターン変化について注目する。なお, 静圧分布, 抵抗, 揚力および St 数などの結果の詳細は文献^{(1),(2)}で議論した。

2. 可視化実験の方法.

流れの可視化実験はそれ専用の大型低速風洞 (測定部, 高さ 2m × 幅 4m) でスモーク・ワイヤ法によって行った。模型はいずれも, 流れに垂直方向の高さが $H = 0.1\text{m}$ で, 流れ方向の辺長は $B = (0.4, 1, 3)H$ に (断面辺長比 B/H) 変えた。模型のスペン長はいずれの模型も風洞測定部の高さ 2m に等しい。そして 2 つの同一の大きさの木製模型を, 図 1 に示すように流れに並列に配置し, 模型前面約 0.5mm 離して, 幅 0.05mm のス

Fig. 1, Experimental Set-up

^{*}Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Kasuga, Fukuoka

モーク・ワイヤーを張り、これから発生する煙の流跡により流れの様相を観察した。可視化実験のレイノルズ数 $Re = HU/\nu$ (ν は空気の動粘性係数) は 0.7×10^4 で、2つの模型のすき間間隔 S/H を $0.1 \sim 2$ の間で変えた。なお静圧や St 数の測定の Re 数は $(0.7, 1.4) \times 10^5$ で Re 数が異なる。 St 数などの値は $Re = 10^4 \sim 10^5$ では Re 数の影響は小さい⁽³⁾が、 Re 数の相違は配慮する必要がある。

3. 実験結果. 図2に $B/H = 0.4$ 模型のすき間間隔 S/H に対する後流の St 数変化を、また図3には種々なすき間間隔の模型まわりの流れを示す。図2から $S/H = 0.3 \sim 1.5$ のすき間間隔では2種類の St 数が生ずることは並列平板^{(4),(5)}や並列2円柱の場合と同様である。図3に示す(a) $S/H = 0.1$ の場合、すき間間隔が狭いため、すき間の流れはその詳細図に示すごとく、ほぼ水平に噴出して、後流渦に巻き込まれている。流れは2物体よりむしろ単一物体まわ

Fig. 2, Strouhal number, $B/H = 0.4$

Fig. 3, Flow-patterns around two cylinders, $B/H = 0.4$.

Fig. 4, Strouhal number, $B/H=1$

りの流れの様相を呈し、後流渦の St 数は図2に示すごとく単独の場合の約 $1/2$ で低い。すき間間隔が広がると、図3b($S/H=0.5$)のように、すき間内の流れは一方の側面(上)に再付着し、他方(下)は離れ、偏った流れとなる。偏られた模型背後には高い St 数の渦列が形成され、図2に示すごとく、2種類の St 数が生ずる。図3c, dの $S/H=1, 1.5$ の場合には、すき間内の流れは両側面に共に再付着しないが、上・下いずれかに偏った流れを呈する。 $S/H=2$ (図3e)ではもはや流れは偏らず、後流渦の St 数は単一で、逆位相の x 軸に対称な渦列のパターンとなる。この場合長時間平均の流れのパターンに示すごとく、それぞれの模型背後にほぼ同じ大きさの渦形成領域がある。

次に並列2正方形断面柱($B/H=1$)の後流 St 数の変化を図4に示す。 S/H に対する St 数の変化は $B/H=0.4$ 模型の場合とほぼ同じである。図5aに示す $S/H=0.5$ のすき間内の流れは上下側面に共に再付着していても、後流には偏り流れが生じ、2種類の異なる St 数が生ずる。 $S/H=1$ (図5b)ではすき間の一方の側面(上)に再付着し、他方(下)は離れていることが長時間平均流跡線からも明らかである。 $S/H=1.5$ (図5c, d)では

Fig. 5, Flow-patterns around two cylinders, $B/H=1$.

Fig. 6, Strouhal number, $B/H=3$

双安定な2種類の流れのパターンが現れる。即ち図Cの偏った流れと、図Dの対称な流れのパターンが比較的長い時間間隔で入れ替わる。すき間の流れの詳細図を見ると図Cでは上側面の後縁付近で再付着しているのに対し、図Dでは上下の側面共にはく離したまふである。この様相は静圧分布の測定結果^{(1),(2)}と良く対応している。そして $S/H=2$ の場合には図Eに示すような、 x 軸に対称な流れが安定して出現し、その時の St 数は図4のごとく単一で、単体の場合とほぼ同じ値である。

さらに断面比長比の大きい $B/H=3$ 模型について、図6に St 数変化を可視化の結果を図7に示す。

図6から平板や円柱また $B/H=0.4, 1$ 模型の場合と異なり、偏り流れによって生ずる高い St 数の渦列

が生じないことが注目される。すき間の狭い場合 ($S/H=0.5$, 図7a) には、単一物体後流の渦パターンを呈し、 St 数値は小さい。

すき間が広がり、 $S/H=1$ (図7b), $S/H=1.5$ (図7c) では2つの模型のすぐ背後で個々に渦が形成され、この場合同位相である。さらに下流側域で合体している。図b, c には長時間平均流跡線を示したが、各模型背後に

大きさを異にする渦形成領域が認められ、さらに両者一様にして渦形成領域があることがわかる。

そして $S/H=2$ (図7d) の場合、2つの模型後流の渦は逆位相で配列し、 x 軸に關して対称である。この時の渦形成領域の大きさはほとんど同一である。静圧分布の測定結果^{(1),(2)}によれば、内周側と外面側の値は異なるが、2つの模型についてはほぼ等しく、流れのパターンと静圧分布との対応が良いことがわかった。

参考文献

- (1) 岡島他2名, 丸大工集報 60 (昭59.10)
- (2) 岡島他2名, 機論, 投稿中
- (3) 岡島他2名, 機論B 50, 457 (昭59.9)

- (4) 林他2名, 丸大工集報 54-2 (昭56.3) 145.

- (5) 島本他2名, 機論B, 49-444 (昭58.8) 1019.

- (6) Bearman 他1名, J. Fluid Mech. 61-3 (1973) 499.

- (7) 岡島他1名, 丸大工集報 53 (昭55.10) 37

(a) $S/H=0.5$ (b) $S/H=1$ (c) $S/H=1.5$ (d) $S/H=2$ Fig. 7, Flow-patterns around two cylinders, $B/H=3$.