

2段円柱周辺の局所流特性について

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 大年 邦 雄
 富 山 県 正員 ○江 幡 光 博

1. はじめに；一様円柱周辺の水理特性については，従来より数多くの実験的および理論的研究が行われ，その特性は明らかにされつつあるが，径が途中で変化する非一様円柱周辺の水理特性については殆どふれられておらず，不明の点が多く残されている。本研究では，非一様円柱の例として図-1に示す2段円柱を対象として，後流の平均流速特性および流速変動のスペクトル特性について若干の実験的検討を加えたものである。

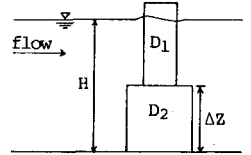


図-1 2段円柱モデル

2. 実験方法；上段円柱径 $D_1 = 3.0\text{ cm}$ ，下段円柱径 $D_2 = 6.0\text{ cm}$ ，段高 $\Delta Z = 3.0\text{ cm}$ とした2段円柱を平坦固定床上の開水路流れに設置し，後流域の流速変動を $\phi = 3\text{ mm}$ のプロペラ流速計を用いて計測した。接近流は水深 $H = 60\text{ cm}$ ，平均流速 $U = 20.0\text{ cm/s}$ であり，段面は半水深の位置にある。

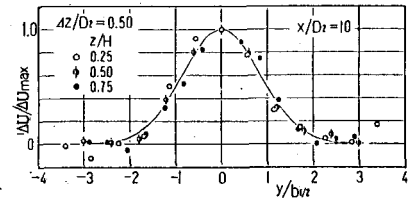
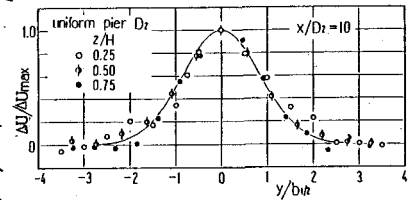


図-2 欠損流速の横断分布

3. 実験結果および検討；図-2は，流下距離 $x/D_2 = 10.0$ における欠損流速 $\Delta U/\Delta U_{\max}$ の横断分布を3種の高さについて示したものである。なお，最大欠損流速 $\Delta U_{\max}$ および半値半幅 b は計測値より評価したものをを用いており，図中に示した実曲線は一様流に対する理論値であって次式で与えられる。

$$\Delta U/\Delta U_{\max} = \exp\{-(1.665 Y/b_{1/2})^2/4\}$$

同図より，一様円柱および2段円柱のいずれの高さにおいても理論曲線に比較的良好に適合しており，欠損流速の横断分布性状で見ると，2段円柱と一様円柱とは差異は認められない。

$Y/b_2 = 0$ における最大欠損流速と接近流速との比 $\Delta U_{\max}/U_{\infty}$ を流下距離 x/D_2 に対して示したものが図-3である。計測値はかなりばらついてはいるが，一様円柱の場合， $z/H = 0.50$ および 0.75 に対するものは $x/D_2 = 5.0$ において $\Delta U_{\max}/U_{\infty}$ が $(x/D_2)^{-0.5}$ に比例して減少する傾向を示しており，一様流に対するものと同様な特性を示している。一方，2段円柱の場合には，いずれの高さに対しても $(\Delta U_{\max}/U_{\infty}) \sim (x/D_2)^{-0.5}$ となっているようではあるが，上段の小円柱の影響を強く受けるであろうと考えられる $z/H = 0.75$ での欠損流速比がいずれの x/D_2 に対しても最も大きく興味

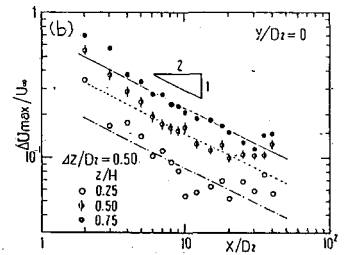
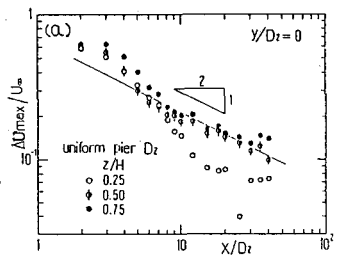


図-3 最大欠損流速の縦断分布

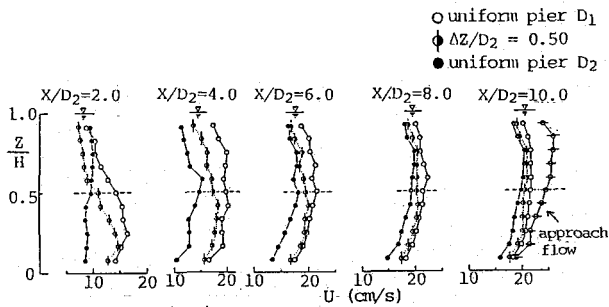


図-4 平均流速の鉛直分布 ($Y/D_2 = 0$)

深い結果となっている。そこで、 $Y/D_2 = 0$ における流速の鉛直分布について検討したものが図-4である。同図において、同一の X に対する2段円柱での流速は $X/D_2 \leq 4.0$ において水面付近の方が路床付近より小さくなっており、流速の逆転現象が顕著に見られる。また、流下に伴う流速の回復について見ると、段面より下方の方が接近流の流速へと速く回復する傾向を示している。上述した流速の逆転と接近流への回復速度の相違により、前図に示した水面付近の $\Delta U_{max}/U_m$ が最も大きいという結果が説明されると思われる。

図-5は、 $\Delta t = 0.02$ 秒ごとにサンプリングした512個の流速変動時系列記録より計算したスペクトルの20回平均を示したものである。一樣円柱後流に対しては、いずれの高さにおいても $f = 0.7 \text{ Hz}$ ($f D_2 / U \cong 0.2$) 付近に顕著なピークが認められる

が、2段円柱後流に対しては、そのような安定したピークは認め難いようである。上段および下段の各円柱からはそれぞれ $f = 1.5 \text{ Hz}$ および 0.7 Hz の周波数にほぼ対応する離脱渦が生成されているようであるが、2段円柱後流における流体塊の混合により、時間的に安定した流速変動として現われていないものと思われる。そこで、短時間 ($N = 512$ 個) ごとのスペクトル性状を $X/D_2 = 5.0$, $Y/D_2 = 0$ の測線について計算し、 $N = 0.50$ に代表させて図-6に示した。この場合には顕著なピークが複数認められるが、それに対応する周波数には系統的な特性は認められず、2段円柱後流では一樣円柱に比し時間的に安定した流況が継続しないことも示している。

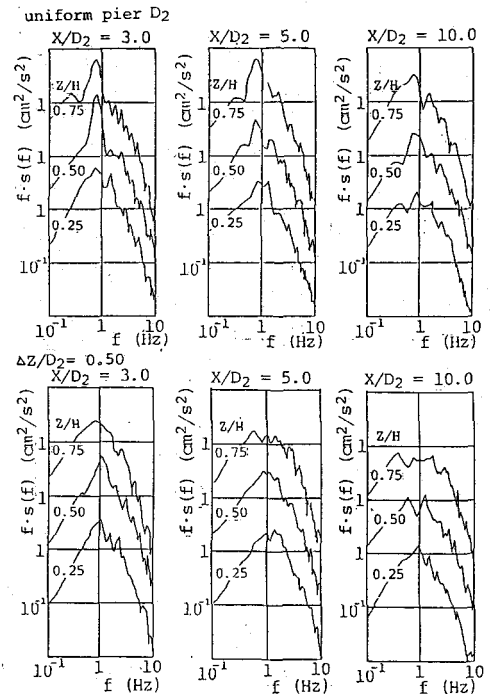


図-5 流速変動の周波数スペクトル

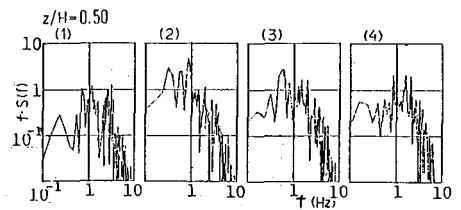


図-6 流速変動の周波数スペクトル ($X/D_2 = 5.0$, $Y/D_2 = 0$)

参考文献; 1) Schlichting, H. ; Boundary Layer Theory, 4th edition, McGraw-Hill.