

防衛大学校 学生会員 横山 大輔

正 会 員 林 建二郎

正 会 員 重村 利幸

1. はじめに

筆者らは樹林帯や水辺植生に作用する流体力特性およびその抵抗則を明らかにすることを目的として、開水路中に鉛直に設置された単独円柱および群円柱に作用する流体力の計測を行っている¹⁾。開水路流れの中に鉛直に設置された直立円柱まわりの流れは、主流速の水深方向変化や底面境界および自由表面の存在により複雑である。従って開水路中に設置された直立円柱に作用する流体力に関してはまだ不明な点が多い。本研究は、開水路中に鉛直に設置された単独円柱および群円柱内の1本の円柱に作用する流体力の水深方向分布特性を調べたものである。

2. 実験概要

本実験には、図-1に示すように長さ $L=16\text{m}$ 、幅 $B=0.5\text{m}$ 、高さ $H=0.5\text{m}$ の両面がガラス張り可変勾配型の開水路を使用した。水路途中の長さ 1.8m の区間の全水路幅に渡って樹林帯を模擬した円柱群を鉛直に設置した。直径 $D=1\text{cm}$ 、長さ 60cm のステンレス製の円柱を千鳥状に配置し円柱群とした。正三角形をなす千鳥上に配置された円柱群の中心間隔は $S=7.7, 11.1, 20.0\text{cm}$ の3種類とした。各円柱群の樹林帯密度 $\lambda (= \pi D^2 / 2\sqrt{3} S^2)$ は $0.0153, 0.0073, 0.0022$ である。円柱表面の圧力測定を行うために、円柱表面に直径 1mm の圧力孔を設けた。圧力孔の位置 z は円柱下部から $1.5\text{cm} \sim 26.5\text{cm}$ の間の11点とした。各圧力孔はあらかじめパラフィンで密閉し、気密試験を経てから1個ずつ開孔し、円柱軸まわりに $\theta=10^\circ$ ずつ回転させて円柱表面の圧力分布を調べた。圧力計測用の円柱は、円柱群の中間点の水路幅中央線上に鉛直に設置した。圧力 P の計測には水中マノメーターを使用した。

流速の計測には、レーザードップラー流速計を用いた。実験流量は $Q=0.073\text{m}^3/\text{s}$ とした。圧力測定用円柱設置点の水位 h は、可動堰の高さ S_w を調節し約 270mm とした。

3. 実験結果及び考察

$\lambda=0.0153$ で配置された円柱群中の圧力計測用円柱の上流 $x=3.3\text{cm}$ で、水路床からの距離が水深 h の50%の位置における、水路方向流速の時間平均値 u の水路横断方向分布を $-8\text{cm} \leq y \leq 8\text{cm}$ の範囲で図-3に○印で示す。千鳥配置に伴い上流側に存在する円柱の直下流となる $y=3.3\text{cm}$ (上方 3.3cm の位置に円柱が存在)、 $y=9.9\text{cm}$ (上方 9.9cm の位置に円柱が存在) の位置では流速が低くなっている。比較のために円柱群がない場合の u の分布を◆印で示す。

$\lambda=0.0153$ を有する円柱群中の圧力計測用円柱の真上流の位置 ($x=3.3\text{cm}$ 、 $y=0\text{cm}$) における、 u の水深方向の分布を図-4に

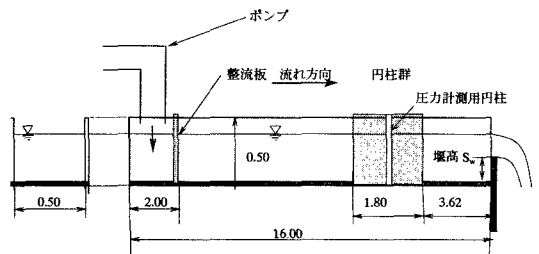


図-1 実験装置の概要 Unit: m

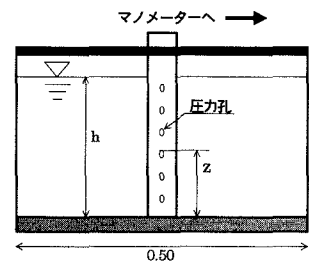


図-2 圧力計測用円柱の概略図

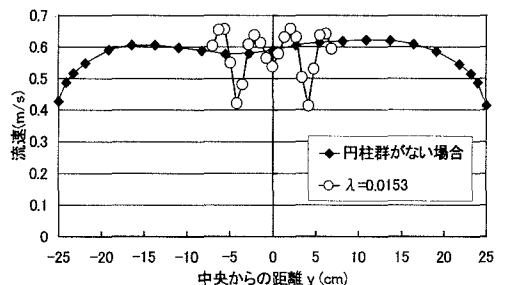


図-3 横断方向流速分布

キーワード：円柱表面の圧力分布、円柱まわりの流れ、樹林帯、抗力係数

連絡先：横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 土木工学教室水工学研究室 TEL0468-41-3810

○印で示す。図中には比較のために円柱群がない場合の u の分布を◆印で示す。円柱群 ($\lambda=0.0153$) の場合は水路床近傍から水面付近まで u の分布は一樣である。これは、鉛直方向に存在する円柱群により乱れが生じ、流れが水深方向に一樣化されたためと考えられる。水面近傍における局所的な u の増加は円柱群の存在による気泡混入の結果と考えられる。単独円柱($\lambda=0$)の場合には、円柱の高さ方向に変化が見られる。

図-5.6 は各測定位置 z における円柱表面の圧力分布を圧力係数 $C_p=(P-P_0)/0.5\rho DV^2$ で示す。ここで、 P_0 は静水圧、 ρ は水の密度、 D は円柱の直径、 V は断面平均流速 ($=Q/(1-\lambda)Bh$) である。単独円柱($\lambda=0$)の場合は、 z の増加に伴い円柱前方よどみ点 $\theta=0^\circ$ での C_p は大きくなっている。一方、群円柱($\lambda=0.0153$)の場合は、水面近傍($z=24.5\text{cm}$)の場合を除くと、 C_p の z に対する変化は小さい。これは、群円柱の場合には流速 u が水深方向に一樣なためである。(図-4 参照)

z の位置における円柱の単位長さには作用する局所抗力 dF_x は、円柱表面の微小面積に作用する圧力 P を積分した(1)式で示される。

$$dF_x = \frac{D}{2} \int_0^{2\pi} P \cos \theta d\theta \quad (1)$$

したがって局所抗力係数 C_{DL} は次の(2)式で定義される。

$$C_{DL} = dF_x / (0.5\rho DV^2) \quad (2)$$

C_{DL} の z/h に対する変化特性を λ をパラメーターにして図-7 に示す。単独円柱の C_{DL} は z の増加に伴い大きくなっている。一方、群円柱の場合には、流速分布が水深方向に一樣化されるため、 C_{DL} は水深方向に概ね一樣となっている。しかし、水面近傍での C_{DL} は、激しい水面変動や流れへの気泡混入の影響を受け減少している。

局所抗力 C_{DL} の水深方向平均値を C_{Dmean} とする。 C_{Dmean} の λ に対する変化特性を図-8 に●印で示す。図中には力計測用円柱1本に作用する全抗力の三分力計による計測値結果から算出した抗力係数 $C_D=(\text{全抗力})/(0.5\rho DhV^2)$ の λ に対する変化を○印で示す¹⁾。両者の一致は良好であり、抗力係数 C_D は λ の増加に伴い増加することがわかる。

4. おわりに

円柱表面の圧力分布を計測することにより、開水路中に設置された直円柱に作用する流体力の水深方向変化特性を把握した。今後は、円柱後流れの3次元特性を調べ、円柱に作用する局所抗力の水深方向分布特性との関連を調べる予定である。

参考文献

- 1) 藤井、林、重村：開水路中の円柱群に作用する流体力に関する実験、第26回関東支部技術研究発表会講演概要集、2000。

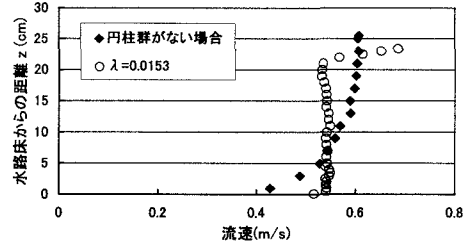


図-4 流速分布

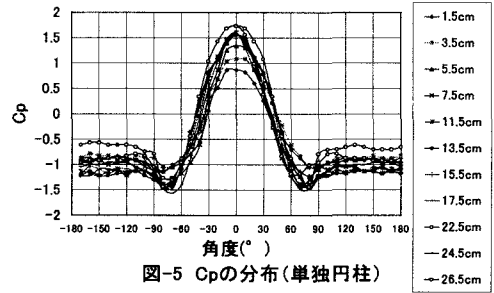


図-5 C_p の分布 (単独円柱)

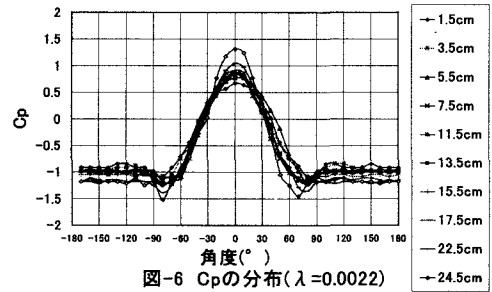


図-6 C_p の分布 ($\lambda=0.0022$)

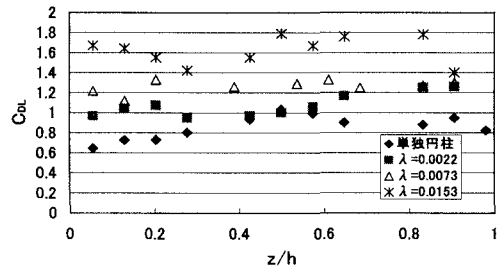


図-7 断面平均流速による C_{DL} の分布

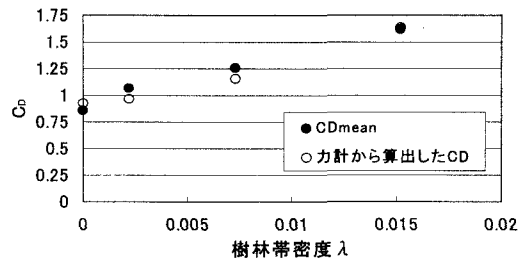


図-8 C_D と C_{Dmean} の比較