

開水路中に設置された円柱群中の河床せん断力計測

防衛大学校建設環境工学科 ○ 学生会員 小西昭広
防衛大学校建設環境工学科 正 会 員 林建二郎
防衛大学校建設環境工学科 正 会 員 重村利率

1. はじめに

近年、環境問題の高まりとともに河道内樹林の保護・育成やその積極的な利用が重要視されている¹⁾。しかし、河道内樹林は大きな粗度であり、その抵抗則を把握することは洪水対策面から重要である。本研究は、樹林帯の強度特性および抵抗則を明らかにすることを目的とした研究²⁾の一部として、円柱群中の河床せん断力の直接計測をせん断力計を用いて試みたものである。

2. 実験方法

実験には図-2 に示す長さ 40m、幅 0.8m、高さ 1m の回流水槽を開水路として用いた。水深は $d=25$ cm とした。樹林と見立てた直径 $D=1$ cm の円柱を、開水路の一区間(長さ $L=1.47$ m)のベニヤ板仕上げの滑面水路床の幅全域に、一辺が $S=10$ cm の正三角形となる千鳥配置で設置した(図-3 参照)。円柱群の樹林帯密度²⁾は $\lambda = \pi D^2 / (2 \cdot 3^{0.5} S^2) = 0.009$ である。

図-2 に示す片持ち梁形式のせん断力計を用いて河床せん断力を計測した。その配置場所は、円柱群がない場合は水路幅中央線上、円柱群がある場合は図-3 に示す A 点～D 点とした。円柱群中央にある基準円柱からの流下方向を X 軸、横断方向を Y 軸とすると、せん断力計を設置した 4 点の座標は以下になる。

A 点 : $X=43$ mm, $Y=25$ mm B 点 : $X=43$ mm, $Y=0$ mm
C 点 : $X=-43$ mm, $Y=0$ mm D 点 : $X=86$ mm, $Y=0$ mm

2 成分レーザー流速計を用いてせん断力計設置点における流速 u, v (u : 水平方向流速成分の時間平均値、 v : 鉛直方向流速成分の時間平均値)の水深方向分布を調べた。円柱群前方 5m の位置における 7 割水深での流速を超音波流速計を用いて計測し代表流速 U とした。実験で用いた U の範囲は $0 \sim 50$ cm/s である。

3. 結果および考察

(1) 円柱群がない場合

円柱群がない場合における、せん断力計で直接計測されたせん断力 τ_b の流速 U に対する変化特性を図-4 に示す。図中には、 $U=37$ cm/s の場合における u の鉛直方向流速分布(図-5 参照)に対数分布則を適用して得られたせん断力 τ_u を比較として示す。両者の一致は良好である。

レーザー流速計で計測された壁面近傍でのレイノルズ応力- $\rho u'v'$ は約 $1.2 \sim 2$ mgf/cm² であった。

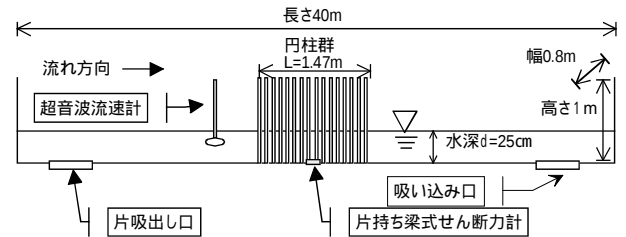


図-1 実験装置

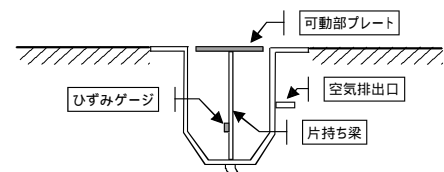


図-2 せん断力計

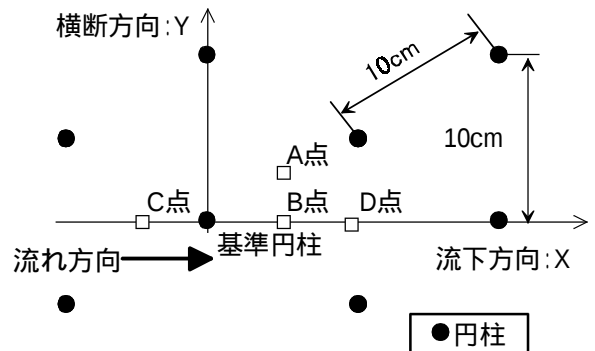


図-3 円柱の配置

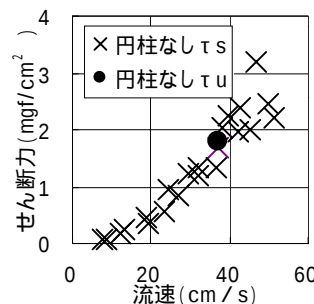


図-4 流速 U とせん断力の関係

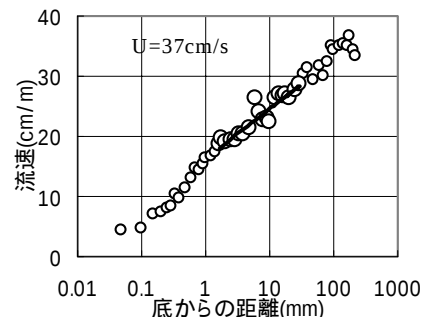


図-5 鉛直方向流速分布

キーワード 河床せん断力, 開水路と円柱群, レーザー流速計計測, 対数則, 樹林帯, 局所流,

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL 0468-41-3810 E-mail:

hayashik@cc.nda.ac.jp

(2)円柱群がある場合

せん断力計で計測された円柱群中の A～D 点における河床せん断力 τ_s の代表流速 U に対する変化特性を図-6 に示す。図中には、円柱群がない場合の τ_s を比較として示す。円柱群中でのせん断力は円柱がない場合の 1.5～2 倍程度に増加している。

$U=36\text{cm/s}$ の場合における、円柱群中の A～C 点における u の鉛直方向流速分布を図-7 に示す。図中には、円柱群がない場合の u の鉛直方向流速分布を比較として示す。円柱群中の u は鉛直方向に一様化され、その大きさは円柱後流域における相対位置で大きく異なっている。

柱群中の C 点における u の鉛直方向流速分布の片対数表示の一例を図-8 に示す。図中に示す 2 本の直線は、底面の極近傍領域での流速 u に対数分布則を適用した場合の速度勾配のとり得る範囲を示す。直線の傾きは、図-5 に示す円柱群が無い場合に比べて大きくなっていることが認められる。

基準円柱の後方 $X=43\text{mm}$ の位置における摩擦抵抗係数 $f' [=2(u^*/Uc)^2 , u^*: \text{摩擦速度}=(\tau/\rho)^{1/2} , Uc: \text{円柱群中での断面平均流速}]$ の横断方向分布 (Y 方向) の一例を図-9 に示す。図中に示す領域バ-は、流速の対数分布則より算定したせん断力 τ_u を用いた場合の f' の変動幅を示す。黒丸(●)は、せん断力計で直接計測された A 点 ($X=43\text{mm}, Y=25\text{mm}$)、B 点 ($X=43\text{mm}, Y=0\text{mm}$)での τ_u を用いた場合の f' を示す。図中に示す----線の値は、せん断力計で計測した円柱がない場合のせん断 τ_s を用いた f' である。円柱群中の河床には、円柱群が無い場合に比べて大きなせん断力が作用していることが分かる。

4. まとめ

円柱群を設置した滑面河床には、円柱群がない場合に比べて大きなせん断力が作用することを、せん断力計を用いた河床せん断力の直接計測およびレーザー流速計を用いた流速計測結果より定量的に明らかにした。

〔参考文献〕

- 1)福岡捷二・藤田光一: 洪水流に及ぼす河道内樹林群の水理特性, 土木研究所報告第 130 号, 1990
- 2)林建二郎、藤井優宏、重村利幸: 開水路中における円柱群に作用する流体力に関する実験、水工学論文集、第 45 巻, pp.475-480、2001

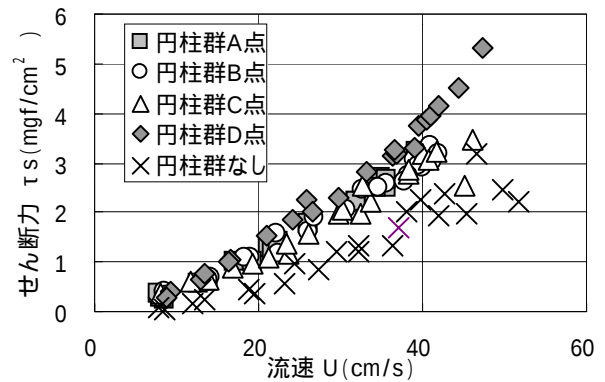


図-6 各計測点での流速と河床せん断力の関係

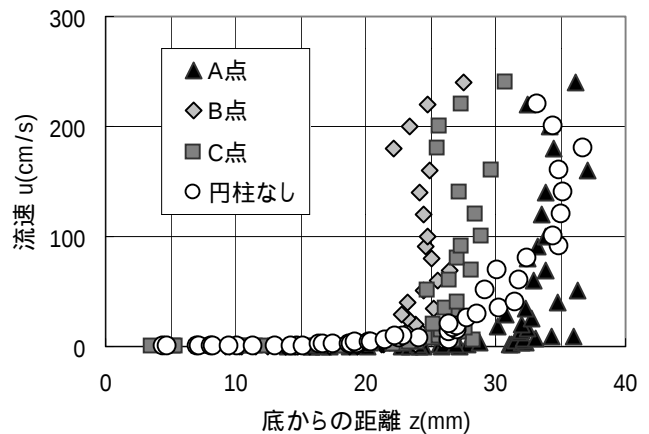


図-7 円柱群の有無による鉛直方向流速分布比較

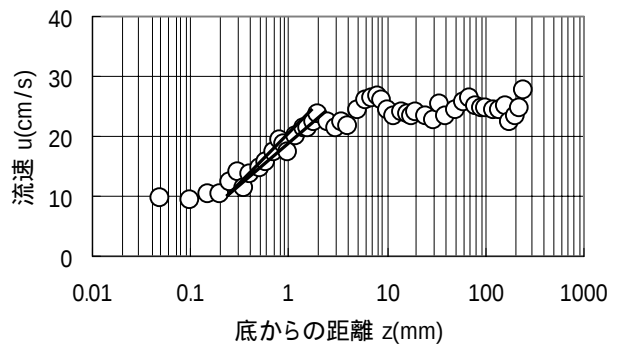


図-8 B 点の鉛直方向流速分布での直線の引き方

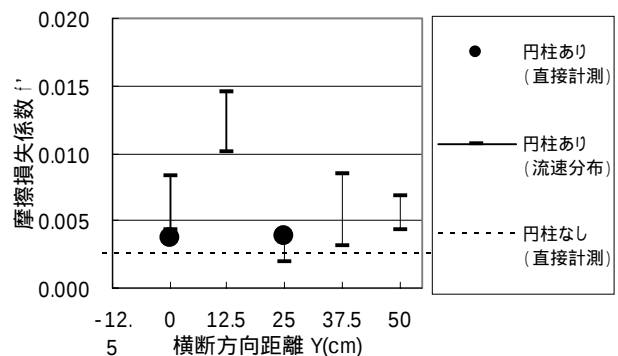


図-9 横断方向での摩擦損失係数比較