

高水敷上に樹木模型を設置した複断面開水路の流速特性

東海大学大学院 学生員 ○五十嵐 雅志  
 (株) 一成 正会員 山田 勝巳  
 東海大学海洋学部 正会員 田中 博通

1. はじめに

2002年7月に静岡県中部を襲った台風6号による洪水流によって、安倍川左岸に設けてある緊急用河川敷道路が各地で洗掘された。しかし、低水路と高水敷の境界付近に、流下方向に沿うように列状樹木群があった地点では、洗掘の被害を免れた。

そこで本研究はこの点に注目し、低水路沿いに群落を形成する列状樹木群が洪水時の流れに対して、どのような影響を及ぼすのかを水理模型実験により物理的に解析し、そして河川区域内の樹木管理において必要な知見を得ることを目的とする。

2. 実験方法

本実験は長さ35.0m、幅1.0m、高さ0.6mの二次元水路に高水敷高さ $h=2.0\text{cm}$ の1/100複断面河川模型を設置し、樹木模型を模した竹製円柱( $\phi 0.24\text{cm}$ )を高水敷の低水路側壁より2.0cmの位置に一系列に配置して行った。設定水深 $H$ は6.0cm、設定流速 $V$ は10.0, 20.0, 30.0cm/sの3パターン、円柱配置間隔は円柱なし(Case A), 10.0cm(B), 5.0cm(C), 2.5cm間隔(D)の4パターンであり、以上を組み合わせ、計12ケースについて、断面各点における主流方向の流速 $U$ 、横断方向の流速 $V$ 、鉛直方向の流速 $W$ を3次元電磁流速計により同時計測し解析を行った。なおサンプリング時間は10Hz、データ総数は1024個である。表-1には実験条件を、図-1には模型断面図を示す。

3. 実験結果

図-2, 3は実験条件No.2における円柱配置なし(Case A)と、円柱間隔5.0cm(Case C)の場合の等流速分布図である。縦軸は水深 $z$ を設定水深 $H$ で無次元化してあり、流速は断面平均流速で無次元化してある。両者を比較してみると、Case Aでは断面中央に流心を持った流況となっているが、Case Cでは円柱付近で流速が小さくなっており、低水路、高水敷にそれぞれ流心を持った流況となっている。

図-4は条件No.2における、水路側壁より2.5cm(a)、円柱に最も近い水路側壁より17.5cm(b)、模型中央(c)の位置のCase A~Dの主流方向の平均渦径 $L_x$ を示したものである。 $L_x$ は次式で定義した。<sup>1) 2)</sup>

$$L_x = \bar{u} \int_0^{\infty} R(\tau) d\tau \quad \dots(1)$$

ここで、 $\bar{u}$ は各測点平均流速、 $R(\tau)$ は自己相関係数、 $\tau$ は隔たり時間とし、積分範囲は $R(\tau)=0$ となる $\tau$ までとした。

図-4(a)より $L_x$ は円柱配置、水深に関係なくほぼ様な値を示し、円柱の配置による影響を受けていないことがわかる。図-4(b)より円柱直近では配置による影響を受け、 $L_x$ が円柱なしに比べて、縮小し、また水深に対して一般化することがわかる。しかし、円柱の配置間隔による差異は見られない。図-4(c)より模型中央では水深に対するばらつきが各配置条件ともに大きくなるが、円柱なしの

表-1 実験条件

条件	V (cm/s)	Q (cm <sup>3</sup> /s)	Fr	Re
No.1	10.0	5200	0.130	15800
No.2	20.0	10400	0.261	31700
No.3	30.0	15600	0.391	47500

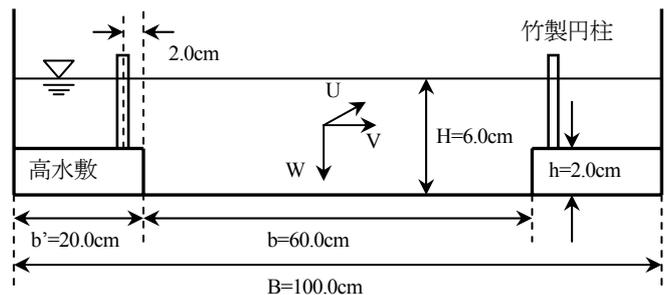


図-1 実験水路上流より見た河川模型横断面図

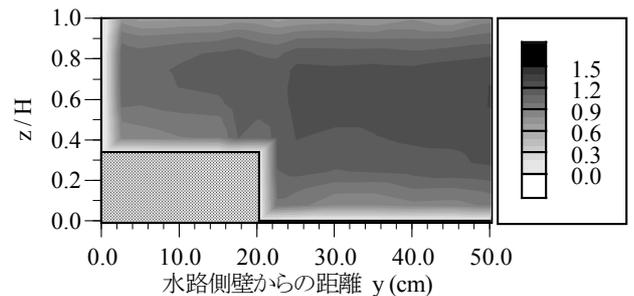


図-2 等流速分布図 (円柱なし)

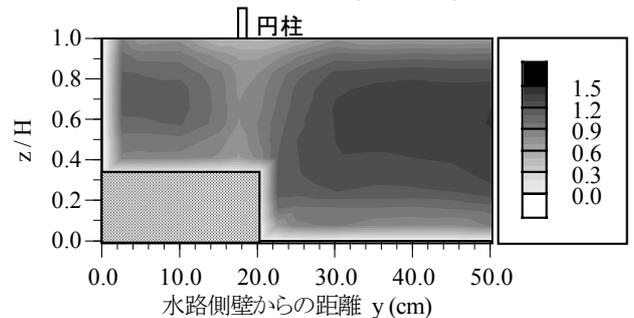


図-3 等流速分布図 (5.0cm 間隔)

キーワード 河川植生, 複断面, 流速分布, 平均渦径, 運動エネルギー, 流量

〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1 東海大学大学院海洋学研究科海洋工学専攻 Tel:0543-34-0411

場合、水深中央部分を頂点とした二次関数的な分布を示す。しかし、円柱を配置することにより、配置条件に関わらず円柱なしに比べ全体的な  $L_x$  は減少し、水面付近を除いて水深が増加すると  $L_x$  も増加する傾向がある。

図-5 は縦軸に高水敷上のエネルギーの全エネルギーに対する比率、横軸に単位面積  $A$  あたりの円柱本数  $N$  をとった図である。(a)は各測点での式(2)で定義<sup>2)</sup>する乱流運動エネルギー  $q$  について、全断面の値( $Et$ )と高水敷の値( $Et_2$ )の比率  $Et_2/Et$  を表した。

$$q = \frac{1}{2}(\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) \quad \dots(2)$$

ここで、 $\overline{u'^2}$ 、 $\overline{v'^2}$ 、 $\overline{w'^2}$ は各点における流速成分の乱れ強度である。また同様にして、(b)は式(3)で定義<sup>3)</sup>した平均流の運動エネルギー  $k$  の比率  $Em_2/Em$  である。

$$k = \frac{1}{2}(\overline{u}^2 + \overline{v}^2 + \overline{w}^2) \quad \dots(3)$$

ここで、 $\overline{u}$ 、 $\overline{v}$ 、 $\overline{w}$ は各点の流速成分の平均値である。

図-5 (a)より、円柱間隔が密になるほど高水敷上の乱れエネルギーが大きくなること分かる。しかし、図-5 (b)より平均流の運動エネルギーは円柱間隔が密になるほど小さくなる傾向を示した。また乱流運動エネルギー、平均流の運動エネルギーともに配置間隔に対する明確な線形関係が存在すると考えられる。

図-6 は高水敷上の流量( $Q_2$ )の全断面流量( $Q$ )に対する比率  $Q_2/Q$  を示したものである。これより、円柱間隔が密になるほど高水敷上の流量が減少し、その傾向は線形関係にあることがわかった。円柱なしに比べ、2.5cm 間隔では高水敷上で約 4%の流量の減少が見られる。

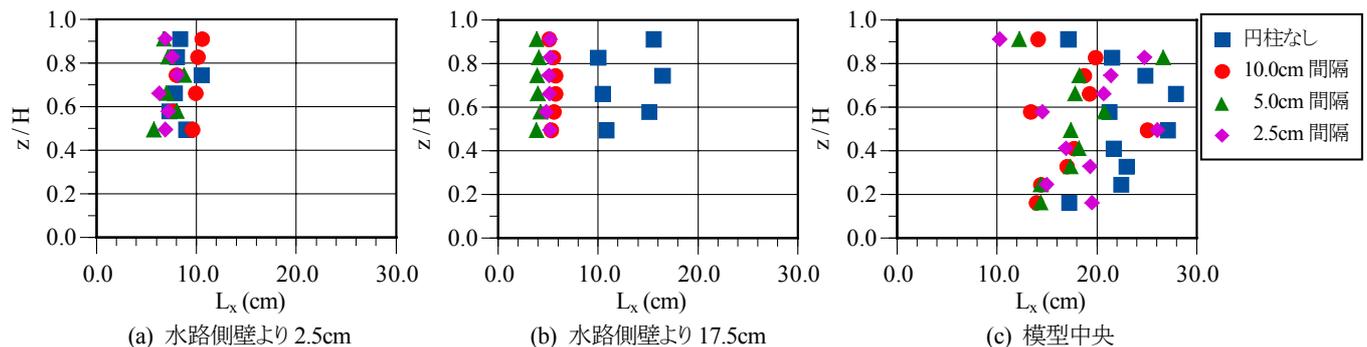


図-4 主流方向の平均渦径

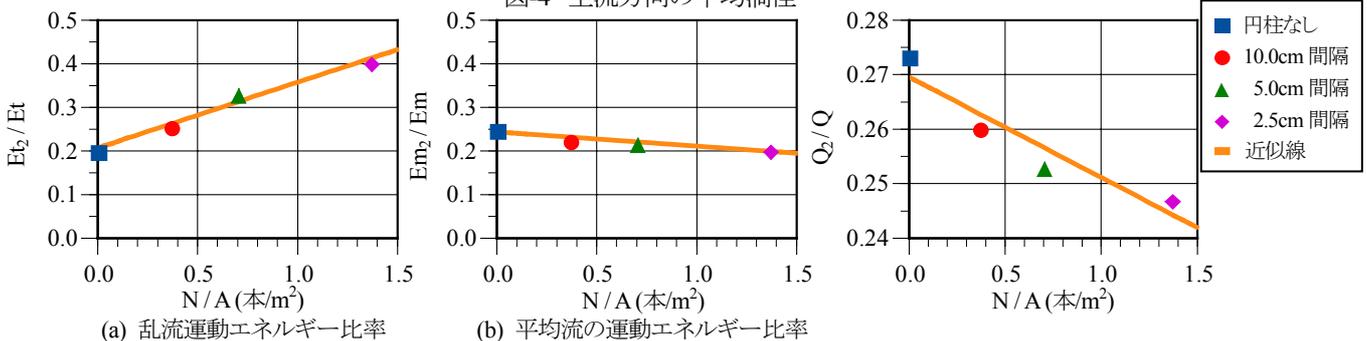


図-5 高水敷上のエネルギー比率

図-6 高水敷上の流量比率

4. 結論

以下の結論を得た。

- (1) 円柱近傍の流速を小さくし、低水路・高水敷それぞれに流心を持った流況を作り出す。
- (2) 平均渦径は円柱付近では円柱の整流効果により水深に対して一様化する。ただし円柱の配置間隔には関係しない。そして平均渦径が小さくなるため、エネルギーが散逸しやすいと考えられる。
- (3) 平均流の運動エネルギーは円柱の効果により配置間隔が密になるほど、エネルギーの熱としての散逸、乱流運動エネルギーへの変換により小さくなる。また円柱間隔が密になるほど乱流運動エネルギーは大きくなるため、エネルギー散逸が効率よく行われていると考えられる。
- (4) 高水敷上の流量は円柱を配置することにより小さくなる。

以上より低水路・高水敷境界付近の列状樹木群は、高水敷上の洪水流の緩和に効果があり、高水敷の保全に有効であると考えられる。

5. おわりに

近年、河道内の増えすぎた樹木が治水面、環境面に悪影響を与えている事例があり、河道内樹木を計画的に伐採する動きがある。本研究は、その伐採法の一例として役立つものと考えられる。

[参考文献]

- 1) 日野幹雄：スペクトル解析，朝倉書店，1977
- 2) 日野幹雄：流体力学，朝倉書店，1992
- 3) J.C.ロッタ，大路通雄：乱流，岩波書店，1975