

河道内樹木が流れに及ぼす影響に関する実験的・解析的研究

神戸大学大学院

学生員

○魚谷 拓矢・谷口 麻衣・米谷 駿一

明石工業高等専門学校

正会員

神田 佳一

神戸大学大学院

フェロー会員

道奥 康治

1. はじめに

全国の河川では河道改修や流送土砂量の経年変化に伴って砂州や高水敷など河道内における樹林化が進行する傾向にあり、治水面において問題となっている。本研究では、高水敷上に繁茂した樹木の繁茂状況が流れに与える影響に関し、樹木密生度に着目して実験的に考察する。阿河らによる複断面開水路流の一次元等流解析モデル¹⁾を用いて、流速分布の実験値と解析値との比較を行う。

2. 実験概要

実験には図-1に示した水路長 6.4m、幅 0.8m の開水路を用い、水路の兩岸に低水路との高低差 3.5cm とを有する高水敷を設置し、高水敷上の低水路側に高さ 6cm の樹木模型を図-1(b)および(d)のように千鳥状に配置した。実験条件を表-1に示す。ここで、樹木密生度 λ とは、単位水柱あたりの樹木の流水断面内への投影面積に相当し²⁾、式(1)により定義される。

$$\lambda = \frac{Dh}{\Delta S^2 h} = \frac{D}{\Delta S^2}$$

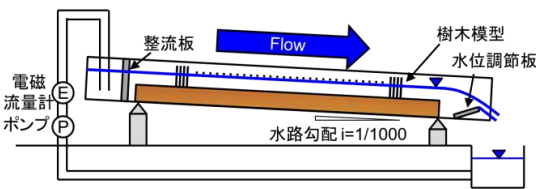
(1)

樹木が部分冠水する場合と完全冠水する場合を想定し、それぞれ、 $Q=10, 18\text{ l/sec}$ の 2 種類の流量を設定した。

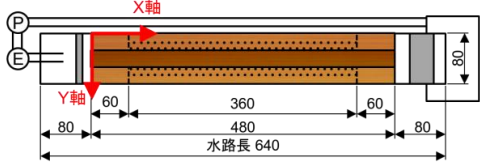
測定項目は、実験時の水深（等流状態の確認）、表面流速および断面内流速分布である。表面流速は、PIV 法を用いて画像計測し、断面内流速分布は、断面の左右対称性を考慮して、片側横断面に関してプロペラ流速計で計測した。

3. 結果および考察

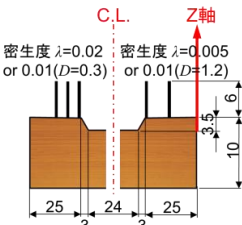
図-2に RUN 4a の表面流速分布を示す。横軸は流下方向距離 X 、縦軸は左岸からの距離 Y であり、表面流速 u_s の大きさをベクトルの長さと色で分類している。樹林帯では、樹木の抵抗によって流速が著しく低減しており、樹木によって流れが阻害されていることが分かる。図-3 は、RUN 1a, 4a, 2a, 3a, 1b, 4b の断面内流速分布の結果である。横軸は左岸からの距離 Y 、縦軸は低水路部からの高さ Z 、流速 u の大きさを着色で分類している。また、黒実線は模型樹木である。非冠水状態を見ると、密生度の大きな RUN 4a ($\lambda=0.02\text{ cm}^{-1}$) は同一流量で密生度の小さな RUN 1a ($\lambda=0.005\text{ cm}^{-1}$) に比べて、全体的に流速が小さくなっている。



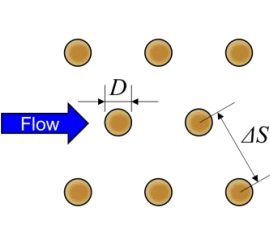
(a) 水路側面図



(b) 水路平面図



(c) 水路断面図



(d) 樹木模型(縮尺: 1/50)

図-1 実験水路概略図 (単位: cm)

表-1 実験条件

RUN No.	密生度 λ [cm ⁻¹]	樹木径 D [cm]	流量 Q [l/sec]
1a	0.005	0.6	10 (非冠水)
1b			18 (冠水)
2a	0.01	0.3	10 (非冠水)
2b			18 (冠水)
3a		1.2	10 (非冠水)
3b			18 (冠水)
4a	0.02	0.6	10 (非冠水)
4b			18 (冠水)

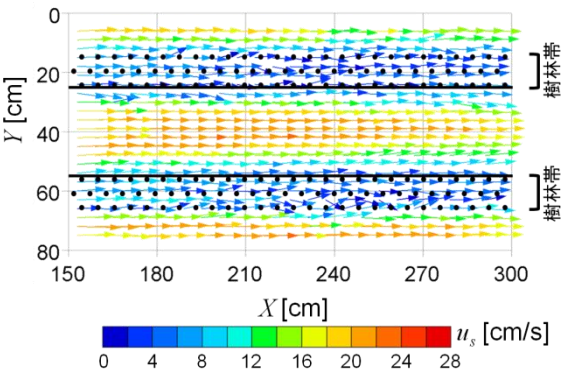


図-2 表面流速 (RUN 4a)

キーワード 河川管理, 河道内樹木, 複断面開水路, 樹木密生度, 模型実験, 等流解析

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL 078-803-6056

そのために、水位が上昇している。すなわち、樹林化が進行し、密度 λ が大きくなると、高水敷上の流速が低下するとともに水位が上昇し、疎通障害を引き起こす。 $\lambda=0.01\text{cm}^{-1}$ が同一で樹径の小さな RUN 2a ($D=0.3\text{cm}$) と大きな 3a ($D=1.2\text{cm}$) を比較すると、断面内流速分布に大きな差異はないが、樹林帯の中央において、RUN 2a では樹木により流速が低減しているのに対して、RUN 3a では逆に樹林帯内で流速が大きいことが分かる。すなわち、樹木による疎通障害効果は、樹木径 D が大きい時よりも樹木間隔 ΔS が小さい時により顕著である。すなわち、樹木管理上、樹木径が大きい樹木を伐採するよりも樹木間隔を広げる間伐の方が樹木による疎通障害を緩和できると考えられる。

図-4 に RUN 1a および 4a の表面流速および水深平均流速と一次元等流解析モデルを用いた解析結果を示す。ここで、水深平均流速は断面内流速分布を水深方向に積分し水深で除して求めた。解析結果は、実験での水位と流量の関係と一致するようにマンニングの粗度係数 n や抗力係数 C_D を変更している。実験結果である表面流速と水深平均流速は良好に一致しており、実験は正確に行われたと考えられる。しかし、解析結果と比較すると、樹林帯や低水路部の流速は解析の方が大きく、樹林の抵抗を過小評価していると考えられる。そのため、モデル定数などの精査が必要であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、高水敷上の樹木が流れに与える影響について水理模型実験を行い、樹木の密度および樹木の冠水・非冠水状態の変化による河道内の流れの特性を考察した。また、樹木抵抗を考慮した一次元等流解析と比較を行ったが、実験－解析間に乖離が残し、モデル定数の精査が必要である。

今後の課題として、現在は再現していない樹木が冠水した場合の樹木が流れに与える影響を道奥らが開発した二次元二層流モデルを用いて表す予定である。

参考文献

- 1) 阿河一穂・道奥康治ほか：河道の経年変化から見た樹林化の要因分析と持続的な河川管理のための方策，水工学論文集，第 56 巻，pp.I_745-I_750，2012。
- 2) H.M.Nepf：Drag, turbulence, and diffusion in flow through emergent vegetation, Water Resources Research, Vol.35-2, pp.479-489, 1999。

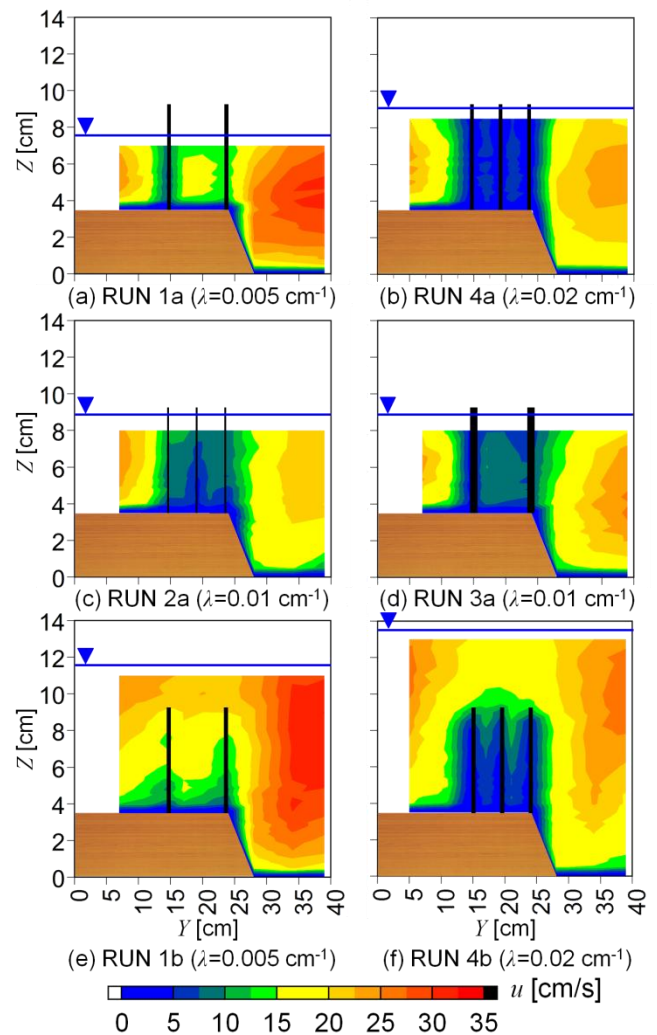


図-3 断面内流速分布

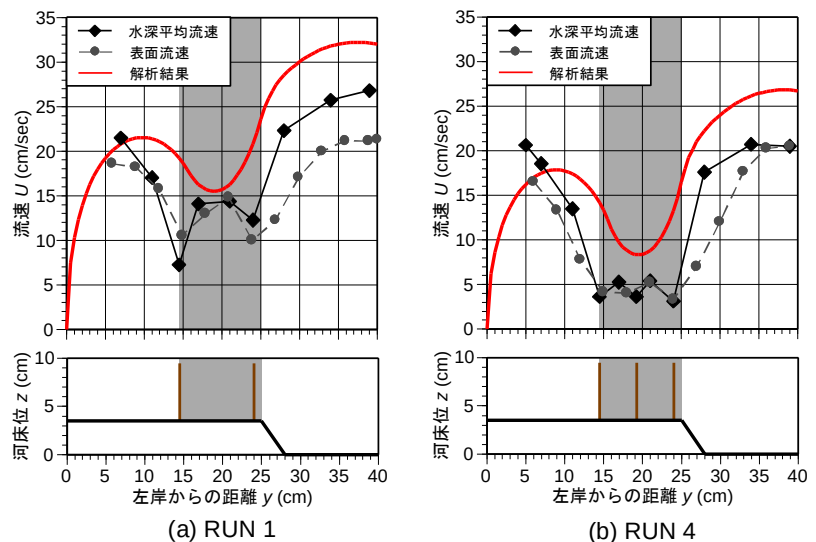


図-4 実験と解析の比較（流速分布）