

高木群落の幹 - 樹幹構造が出水時の流況に与える影響の解明とその解析方法の基礎的研究

宇都宮大学大学院 ○学生会員 川口 剛
宇都宮大学大学院 正会員 池田裕一

1. はじめに

現在わが国では、高水時の流下能力を評価する際には、河道の密生した樹木群を死水域とみなすことが多い。しかし、水位が樹冠まで達しない場合には、樹木群内に無視できない流れを生じることがあり、これを死水域として扱うと流下能力を過小評価する恐れがある。

そこで、本研究では樹木群の幹-樹冠構造が流れにどのような影響をもたらすかを簡便な平面二次元数値モデルより検討した。

2. 解析方法

(1) 基礎式

流れの基礎式は、平面2次元流れの連続式と運動方程式である。

<連続式>

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

<運動方程式>

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} = & -gh \frac{\partial z_s}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(-\overline{u'^2 h} \right) \\ & + \frac{\partial}{\partial y} \left(-\overline{u'v'h} \right) - \frac{g}{K^2} M \sqrt{u^2 + v^2} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} = & -gh \frac{\partial z_s}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(-\overline{u'v'h} \right) \\ & + \frac{\partial}{\partial y} \left(-\overline{v'^2 h} \right) - \frac{g}{K^2} N \sqrt{u^2 + v^2} \end{aligned} \quad (3)$$

なお、 K は樹木の透過係数で以下の式で表す。

$$\begin{cases} h < h_1 \text{ のとき} & \frac{1}{K} = \sqrt{\frac{C_d d_1 \sigma}{2g}} \\ h_1 < h \text{ のとき} & \frac{1}{K} = \sqrt{\frac{\sigma \{C_d d_1 h_1 + C_a d_2 (h - h_1)\}}{2gh}} \end{cases} \quad (4)$$

ここに、 h_1 ・ d_1 ：幹部(円柱)高さ・直径、 d_2 ：樹冠部縦横長さ、 σ ：単位面積当たりの樹木本数 ($\sigma = 1/A$)、

キーワード 河道内樹木群、樹木の幹 - 樹幹構造、平面二次元流れ、非定常流れ

連絡先 〒32-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院 TEL 028-689-6229

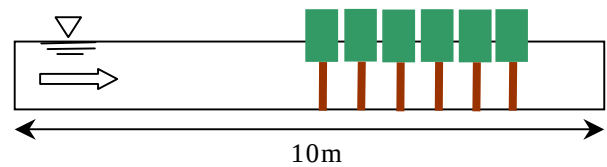


図-1 数値実験概略図

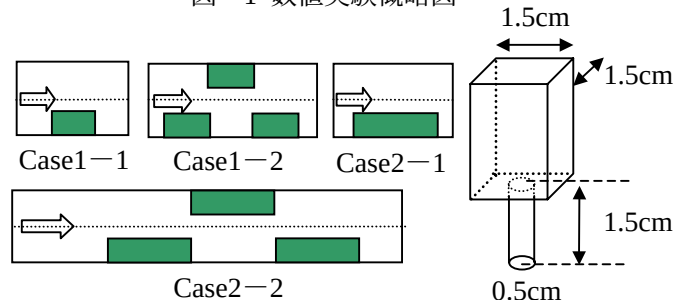


図-2 樹木群配置

図-3 樹木モデル

A ：単位樹木占有面積、 C_d ：幹部の抵抗係数、 C_a ：樹冠部の抵抗係数である。

これを一般化座標表示にする。基礎式の離散化には、スタッガードスキームの有限体積法を、移流項の差分には一次精度の風上差分を、時間積分にはAdams-Bashforth法を適用した。⁽¹⁾

(2) 計算条件

計算対象としているのは、水路勾配 1/200、縦断方向距離 10m、横断方向距離 0.2mの台形断面水路である。計算格子は 2cm×5cmの格子を x 方向に 201 断面、y 方向に 11 断面を設定した。Manning の粗度係数は 0.032、 Δt は 0.002 で計算を行った。

次に樹木群配置を図-2に示す。樹木群は単一配置樹木群と交互配置樹木群を設定した。Case1-1（単一配置樹木群、樹木本数 3×15、単位樹木占有面積 0.02m×0.02m）を基本として、Case1-2で交互配置を Case2-1・Case2-2ではそれぞれ樹木群長を2倍とした。

幹部の抵抗係数(C_d)は 1.2 とし、また、樹冠部の抵抗係数(C_a)は既往の研究から 0.6, 0.8, 1.0 として、それぞれ計算を行った。⁽²⁾

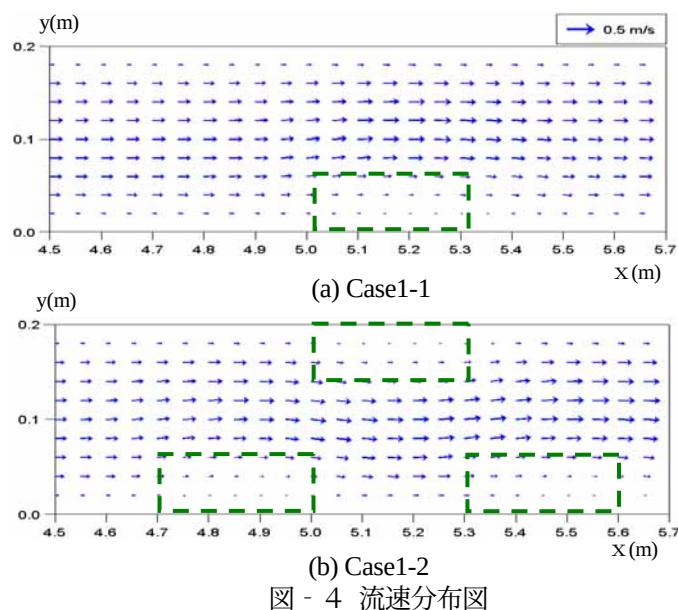


図 - 4 流速分布図

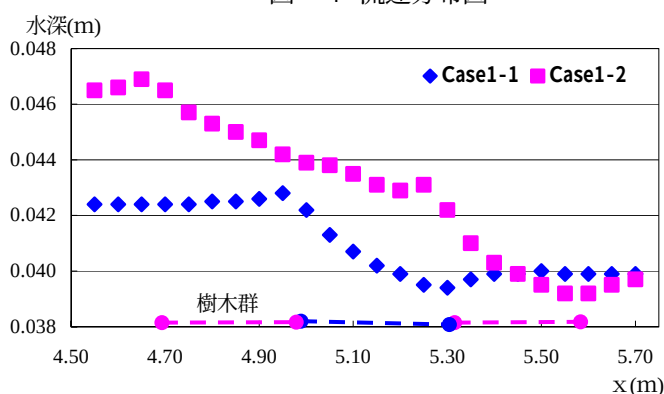


図 - 5 樹木群内縦断方向水深変化

3. 解析結果

図 - 4 に Case1-1 および Case1-2 の流速分布図を示す。各 Case とも $Ca=1.0$ で計算を行った。図より、樹木群内で流速が急激に減少していることが確認された。また、Case1-1 と Case1-2 とでは後者で流速方向の変化が良く見られた。

図 - 5 に Case1-1 および Case1-2 における $y=0.04(m)$ での樹木群内縦断方向水深変化を示す。この図より、水深の樹木群前面部での増加、樹木群内での急激な減少が確認された。

図 - 6 に各 Case における抵抗係数による水深変化を示す。各 Case とも樹木群前面部、水路中央位置での水深である。図より、各 Case とも抵抗係数が大きな値を取るとともに、水深が高くなる傾向が見られた。また、樹木群配置について見ると、単一配置と交互配置では、後者でより大きな水深変化が見られた。

図 - 7 に Case1-2 における水深-流量曲線を示す。水深は横断面平均水深である。図より、樹木構造が幹部の場合と幹+樹冠構造の場合とでは、後者で水深増加が確認された。

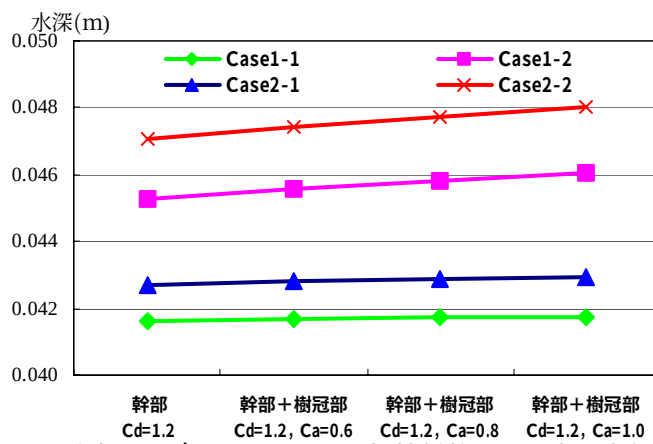


図 - 6 各 Case における抵抗係数による水深変化

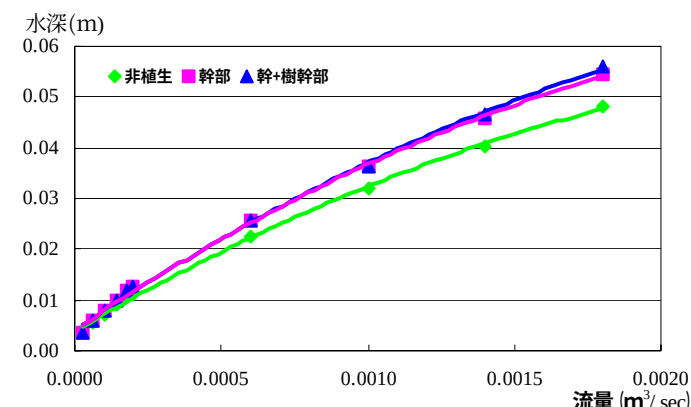


図 - 7 水深 - 流量曲線 (Case1-2)

4. おわりに

樹冠部での抵抗が大きくなるにつれ、樹木群外へ流れが偏り、樹木群前面部、水路中央位置での水深は増加する傾向が見られた。また、これは交互配置樹木群で顕著に見られた。

H-Q 曲線においては、樹木を幹部のみで表現した場合と幹+樹冠構造で表現した場合とでは、後者において水深増加を確認した。

本研究で使用したモデルでは、流速を水深平均流速として扱っているが、今後はより現実に近い幹部と樹冠部での流速の違いを考慮した数値モデルに改変して行く予定である。また、流況に与える影響が大きい植生密度についても、今後考慮していく予定である。

参考文献

- (1) 長田信寿：一般化座標を用いた平面に次元流れの数値解析，水工学における計算利用の講習会講義集，61-76，1999
- (2) 財団法人リバーフロント整備センター編：河川における樹木管理の手引き，山海堂，1999
- (3) 阿部修也・渡邊康玄・桑村貴志：樹木群を考慮した平面 2 次元数値モデルによる乙津川の洪水流解析，水工学論文集第 50 巻，196，2006