

河道内樹木群の幹・樹幹構造が出水時の流況に与える影響に関する数値解析

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. 解析概要

2.1 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>

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

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

$h_1 \cdot d_1$: 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, A : 単位樹木占有面積 ($A=d_2^2$), C_d : 樹幹部の抵抗係数 ($C_d=1.2$), C_a : 樹冠部の抵抗係数 ($C_a=0.6, 0.8, 1.0$) である。 K : 単位樹木の透過係数で水深により次式により求められる。

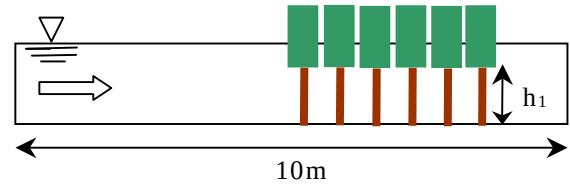


図-1 数値実験概略図

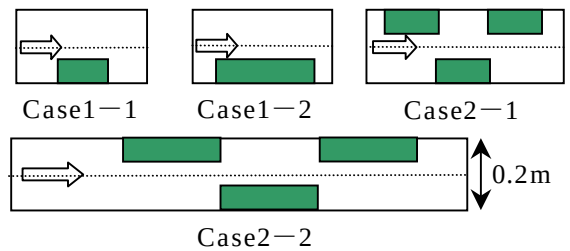


図-2 樹木群配置図

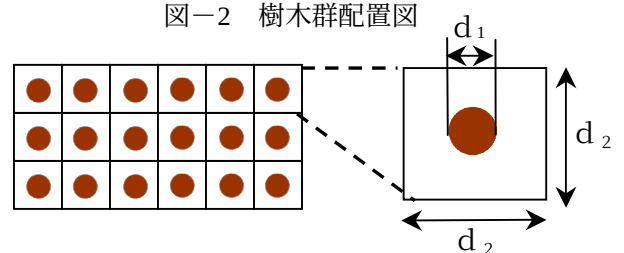


図-3 樹木群詳細 (Case1-1)

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

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適用した。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⁾。

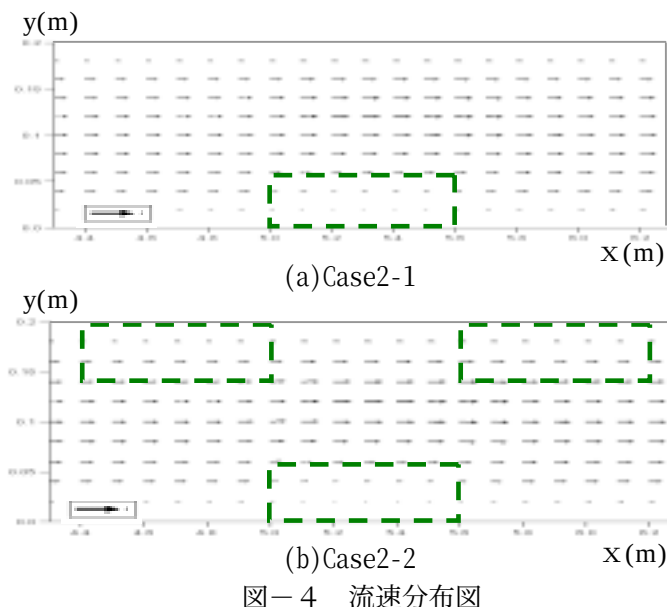
2.2 計算条件

(1) 樹木群配置

樹木配置図を図-2 に示す。樹木配置は単一樹木群と交互配置樹木群とした⁽²⁾。Case1-1 (単一樹木群, 樹木本数 3×6 , 単位樹木占有面積 $0.02\text{m} \times 0.02\text{m}$) を基本として, Case1-2 で交互配置を, Case2-1・Case2-2 ではそれぞれの樹木群長を2倍とした。

キーワード 河道内樹木群, 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



(2) 幹・樹冠部の抵抗係数

既往の研究から樹幹部の抵抗係数 (C_d) を 1.2 とした。また、樹冠部の抵抗係数 (C_a) は樹種・樹形等により 0.6 から 1.0 の値をとることが分かっているため、各 Case で $C_a=0.6, 0.8, 1.0$ をそれぞれ用いて計算を行った。

(3) 計算格子および境界条件

2cm×2cm の格子を x 方向に 201 断面、y 方向に 11 断面を設定した。また、境界条件は上流端流量 0.010m³/sec と下流端水位 0.076m を与えた。

3. 解析結果

3.1 流速分布

図-4 に流速分布図を示す。(a), (b)ともに $C_a=1.0$ で計算を行った。樹木群内で流速が急激に減少していることが分かった。また、Case2-1 と Case2-2 とでは後者で流速方向の変化が良く見ることができた。

3.2 水深と樹幹部の抵抗係数の変化

図-5 に各 Case における樹幹部の抵抗係数と水深の変化を示す。各 Case とも流下方向に対して樹木群のはじまる位置の、水路中央での水深である。

単一樹木群と交互配置樹木群では、後者でより水深が高くなった。また、 C_a が大きな値になるとともに、各 Case での水深も大きくなることが分かった。

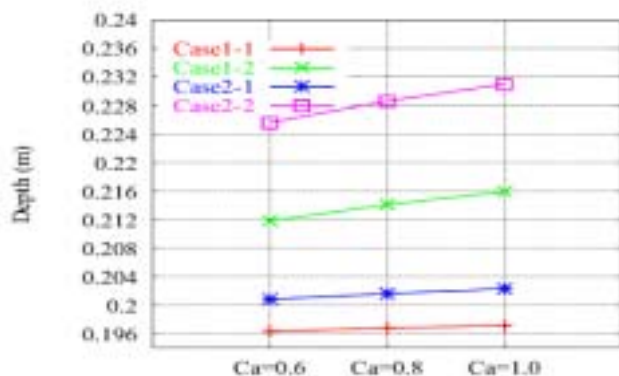


図-5 各 Case における
Ca による水深の変化

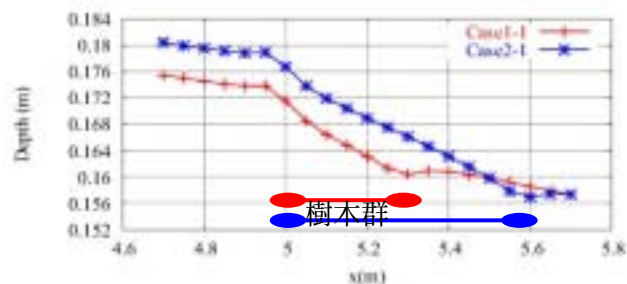


図-6 樹木群内水深変化

3.3 樹木群内水深変化

図-5 に $y=0.06$ m の樹木群内水深の変化を示す。 $C_a=1.0$ で計算を行った。図から樹木群内で急激に水深が小さくなっていることが分かった。また、樹木群長が長い Case2-1 で、より水深が浅くなる傾向が見られた。

4. まとめと今後の課題

樹冠部での抵抗が大きくなるにつれ、抵抗の少ない方向(樹木群外)へ流れが偏る傾向が見られた。このような現象での水深が樹幹部から樹冠部へと変化する際に、流況にどのような影響を与えるかを明らかにする予定である。また、使用したモデルは、流速を水深平均流速として扱っているが、より現実に近い幹部と樹幹部の流速の違いを表現できる数値モデルに改変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) 福井吉孝:樹木群のある開水路の流れと魚類の生息について, 流体力の評価とその応用に関する研究論文集, 第3巻, 49-54, 2004