

II-315

低水路河岸に樹木群を有する複断面水路の流れと抵抗

東京工業大学大学院 学生員 津森 貴行
東京工業大学工学部 正 員 福岡 捷二
北海道開発局 正 員 柿沼 孝治

1. はじめに

本研究では、樹木群を有する複断面河道において、樹木群の流れに及ぼす影響を調べ、合成粗度係数について検討する。

2. 流れの状況

幅1.2m、勾配 $1=1/1000$ の直線水路に、高さ2cm、幅0.4mの合板を約12mにわたって両側に設置し複断面形状とした。高水敷上にはジオテキスタイル（商品名：テンサー）を張り付け低水路よりも粗くしてある。樹木群として低水路の両側に、空隙率91%、幅3.5cm、高さ6.5cm及び10cmのプラスチック製模型を連続的に設置して実験を行った。図-1に実測から求めた合成粗度係数 N_c と水深 h の関係を示す。水深 h が樹木高 h_w と等しくなる付近で N_c が最大となっている。図-2には、樹木高さ6.5cm、等流水深6.8cmの条件で観測された水面形のコンターを示す。水面形は2台の波高計を用いて測定し、条件付きサンプリングを行った後、統計処理を施してある。低水路内に水面の山と谷が流下方向に交互に2列で現れ、左右逆位相になっている。一方、高水敷上は水位の変動はほとんど認められない。写真-1はこの流況をアルミ粉により可視化したものである。高水敷上、及び低水路内に左右交互に大規模な平面渦が現れ、低水路内ではアルミ粉が蛇行しながら流下している。

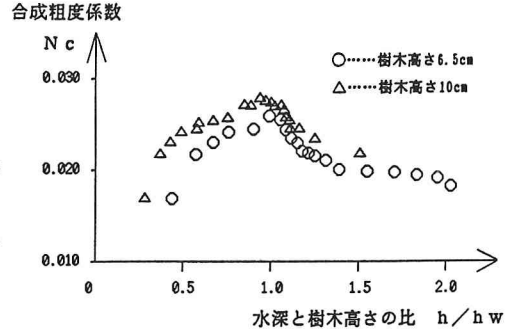


図-1 合成粗度係数 N_c と水深 h の関係

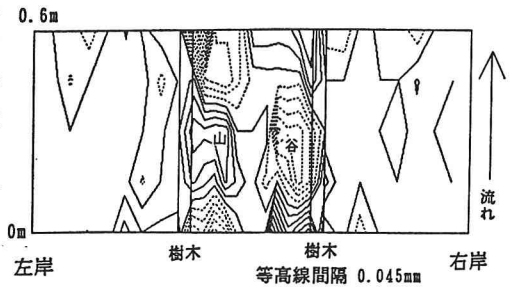


図-2 水面高のコンター

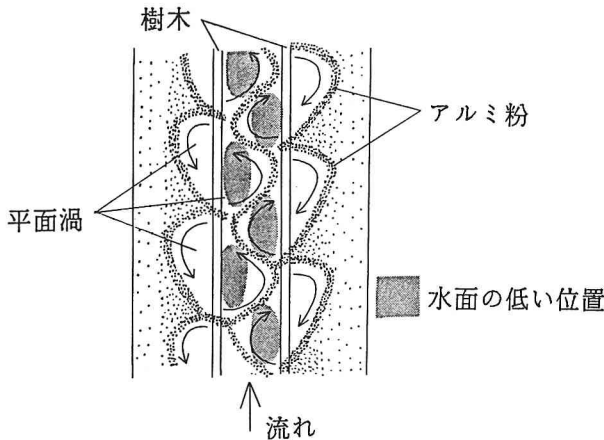
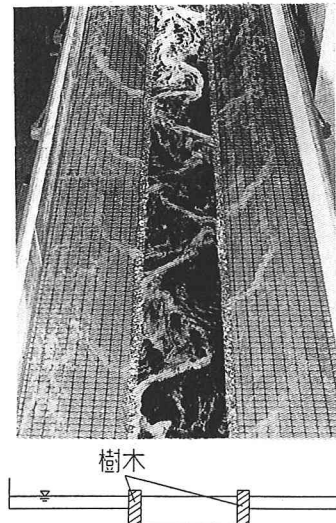


図-3 流況の模式図



条件：樹木高さ6.5cm、等流水深5.80cm

写真-1 流況

図-3は表面流況を模式的に描いた図である。低水路内の水面の低い部分に平面渦があり、平面渦の外周にはアルミ粉が集まっている。このように低水路内に左右交互に現れる平面渦により流れの蛇行が生じていることがわかる。

3. 合成粗度係数の計算法

水没した樹木群を考慮して河道断面を①～⑦の7つの領域に分割する(図-4)。1つの樹木群の左右境界に作用するせん断力は等しいと考え、各領域の境界面に働く平均のせん断力を図-4に示すように τ_1 、 τ_2 、 τ_3 とすると、次式に示す運動量方程式が成立する⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

$$\textcircled{1}, \textcircled{7}: \rho g A_1 I = \tau_2 (h_w - h_k) + \tau_1 (h - h_w) + \frac{\rho g n_k^2}{R_1^{1/3}} u_1^2 b_k + \frac{\rho g n^2}{R_1^{1/3}} u_1^2 (h - h_k) \quad (1)$$

$$\textcircled{2}, \textcircled{5}: \rho g A_2 I = \frac{\rho g n_w^2}{R_2^{1/3}} u_2^2 b_w - 2 \tau_1 (h - h_w) \quad (2)$$

$$\textcircled{4}: \rho g A_4 I = 2 \tau_2 (h_w - h_k) + 2 \tau_1 (h - h_w) + 2 \tau_3 h_k + \frac{\rho g n^2}{R_4^{1/3}} u_4^2 b \quad (3)$$

ここで、 u_i 、 A_i 、 R_i は各分割断面の断面平均流速、断面積、径深、 n は低水路の粗度係数(0.0105)、 n_k は高水敷の粗度係数(0.0189)、 n_w は樹木群上面の粗度係数(0.0284)⁽²⁾である。

τ_i は、境界混合係数 f_i と各領域の平均流速差 Δu により、 $\tau_i = \rho f_i (\Delta u)^2$ ($i=1, 2, 3$)で表す。

境界混合係数 f_i の値については、福岡らの研究¹⁾⁽²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾より、非水没状態では $f_2=0.10$ 、 $f_3=0.015$ を与え、水没状態では $f_1=0.03+0.14(h_w/h)^2$ 、 $f_2=0.10(h_w/h)^2$ 、 $f_3=0.015$ を与えた⁴⁾。これらの f_i の値を用いて(1)(2)(3)式より各領域の平均流速 u_i を計算する。このようにして求めた u_i を用い連続式より流量 $Q=\Sigma A_i u_i$ を求め、この Q から合成粗度係数 $N_c=A/Q \cdot R_c^{2/3} I^{1/2}$ を求める。 R_c は合成径深である。

4. 実験結果と計算結果の比較

合成粗度係数 N_c と水深 h の関係の計算値と実測値の比較を図-5に示す。樹木が非水没状態では計算値と実測値の間に最大一割程度の差がみられるが、全体的には計算値は実験値を説明しているといえる。非水没の範囲で差が生じていたのは、境界混合係数を一定としているため水深により変化するせん断力を完全には取り込めていないためと思われる⁴⁾。

参考文献

- 1) 福岡捷二、藤田光一：土木学会論文集第411号/II-12、1989.
- 2) 福岡捷二、藤田光一：土木研究所報告NO.180-3、1990.
- 3) 藤田光一、福岡捷二：土木学会論文集第429号/II-15、1991.
- 4) 津森貴行、福岡捷二、新井田浩：土木学会第47回年講、1992.
- 5) 福岡捷二、藤田光一、新井田浩：土木学会論文集、NO.447/II-19、1992.

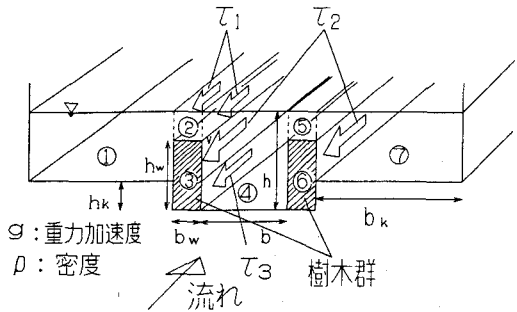


図-4 断面分割とせん断力

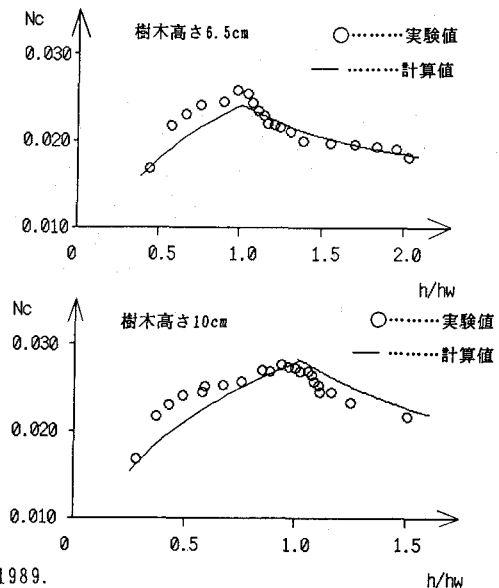


図-5 合成粗度係数 N_c の
実験と計算の比較