

II-123

水没植生による流れの水平混合と抵抗の評価

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
建設省淀川工事事務所 正 員 新井田 浩

1. はじめに

河道内に繁茂している植生群は、水理学的観点からは粗度要素になっている¹⁾。植生群の内と外の間では流れの活発な混合が生じ、それによって抵抗が増大する。本研究では、このような混合現象が顕著にみられる河道中央に一樣で連続的に繁茂した水没植生の抵抗について、福岡らによる研究¹⁾²⁾³⁾を発展させる。すなわち、水没植生群を有する流れの混合機構を調べ、次に合成粗度係数の水深による変化を推算する方法を検討する。

2. 混合の状況

幅1.2m、勾配1/1000の直線水路の中央に、空隙率91%、高さ4cmのプラスチック製植生模型を水没状態に設置して実験を行った。図-1に植生幅を変えることによる、合成粗度係数 N_c の水深 h による変化の実測値を示す。 N_c は植生幅の違いにより特徴的な変化を示すことが分かる。図-2には、植生幅10cm、水没水深0.54cm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条件付きサンプリング法により測定した。この図から、山と谷が縦断的、横断的にほぼ規則正しく並び、特に植生上では非常に大きな横断水面勾配が生じていることが分かる。これは、植生を挟んだ左右の主流間で流水の混合が生じていることを示している。

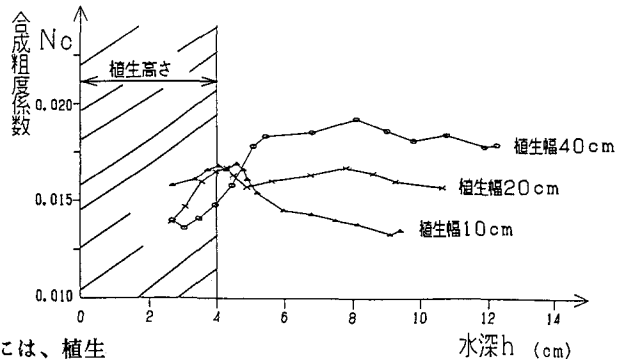


図-1 合成粗度係数 N_c と水深 h の関係

1. 5 m

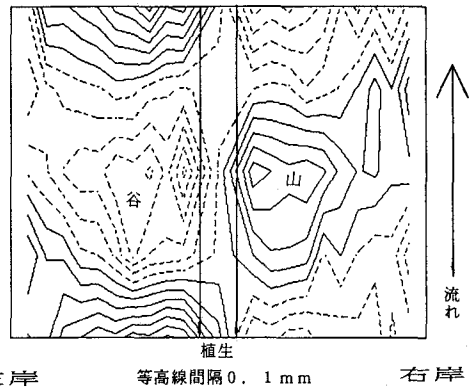


図-2 水面高のコンター

3. 水没植生を有する流れの合成粗度係数の計算法

水没植生を考慮して河道断面を①②③④の4つの領域に分割する（図-3）。分割した各領域の境界面に働くせん断力を 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⁾。

$$\textcircled{1}, \textcircled{3}: \rho g A_1 I = \tau_3 h_w + \tau_1 (h - h_w) + \frac{\rho g n^2}{R_1^{1/3}} u_1^2 (b + h) \quad \dots (1)$$

$$\textcircled{2}: \rho g A_2 I = \tau_2 b' - 2 \tau_1 (h - h_w) \quad \dots (2)$$

ここで、 u_1 、 A_1 、 R_1 は各分割断面の断面平均流速、断面積、径深、 n は水路の粗度係数（0.0105）、 h は水深、 h_w は植生高さ（4cm）、 b は主流部幅、 b' は植生幅、 I は水路床勾配、 ρ は密度、 g は重力加速度である。

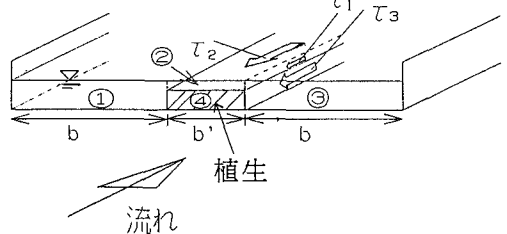
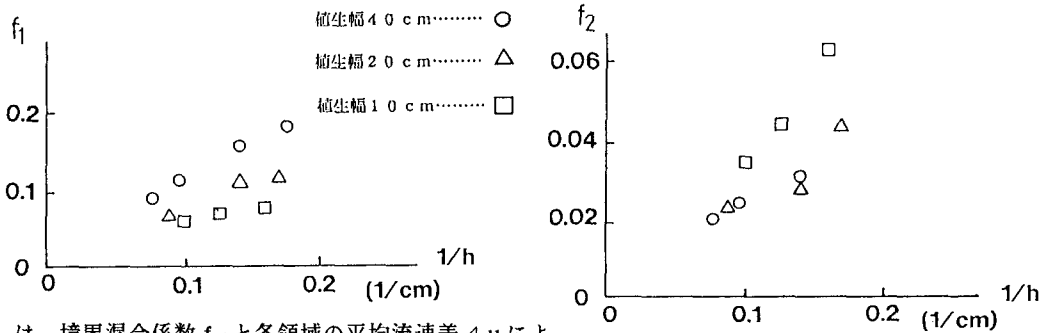


図-3 断面分割とせん断力



τ_i は、境界混合係数 f_i と各領域の平均流速差 Δu により次式で表わす。

$$\tau_i = \rho f_i (\Delta u)^2 \quad (i = 1, 2, 3) \quad \dots (3)$$

(1)(2)(3)式より各領域の平均流速 u_i を計算する。このためには、 f_i が既知であることが必要である。 f_i は、境界面に働くせん断力と各領域の平均流速をそれぞれ実測し、(3)式により求めている。次に、このようにして求めた u_i を用い連続式より流量 $Q = \sum A_i u_i$ 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。各境界面上ではせん断力は分布を持つが、それぞれの分布の平均値を各々のせん断力としている。図-4は境界混合係数 f_i と水深 h の関係を示している。本実験条件の範囲では、境界混合係数 f_i はいずれも水深 h に逆比例しており、ここでは f_i と $1/h$ の関係を直線で近似することにする。

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。計算値は概ね実験値を説明しているといえる。しかし、植生が水没した直後は計算値と実験値の差が大きい。これは、水没深が小さいときの τ_1 と τ_2 が、用いた電磁流速計のプロープが大きすぎたために正確に把握できず、大きい水没水深でのせん断力値を準用し、境界混合係数 f_1 と f_2 求めたためである。幾つかの未解決問題が残されているが、異なる水没水深を有する植生を持つ河道の合成粗度係数 N_c は本計算法により推定が可能であると思われる。

図-4 境界混合係数 f と水深 h の関係

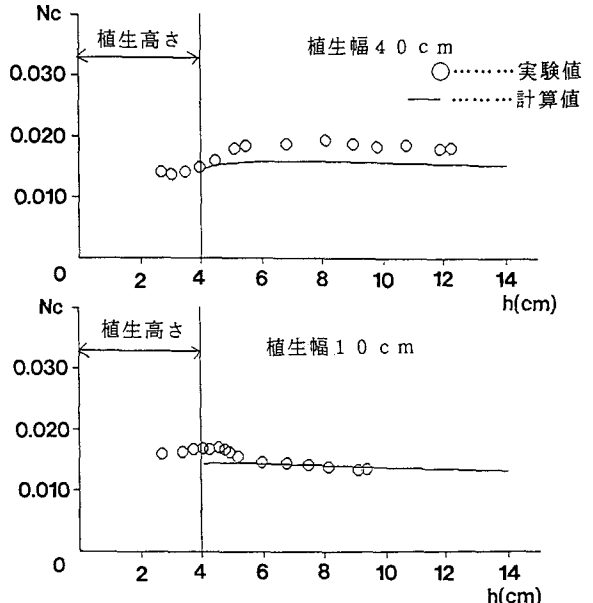


図-5 合成粗度係数 N_c の実験と計算の比較

参考文献

- 1) 福岡捷二、藤田光一：洪水流に及ぼす河道内樹木群の水理的影響、土木研究所報告NO.180-3、1990。
- 2) 福岡捷二、藤田光一：複断面河道の抵抗予測と河道計画への応用、土木学会論文集第411号/II-12、1989。
- 3) 藤田光一、福岡捷二：洪水流における水平乱流混合、土木学会論文集第429号/II-15、1991。