

Ⅱ－39 河道内植生を考慮した水面形追跡の実際

東北工業大学大学院 学生員○荒木智弥

東北工業大学 正員 阿部至雄・相原昭洋・菅原景一

1. はじめに

河道内に繁茂する植生は良好な河川環境を創出する反面、河道の流水疎通能力を低下させ、洪水時には水位上昇の要因となる。この河川環境に配慮し流水疎通能力を確保するには、殊に中小河川では、適度な樹木の伐採が必要となる。そこで、本研究では、河道内植生の密集度と植生帯長さが変化する場合の植生抵抗係数の評価を試み、河道内植生を考慮した不等流計算に適用した。

2. 実験の概要と解析手法

不等流計算の概要：不等流計算は、植生による損失を考慮し、次式により実施した。

$$\frac{dH}{dx} + \frac{d}{dx} \left(\alpha \frac{u^2}{2g} \right) + i_f + \frac{1}{2g} C_v u^2 = 0 \quad (1)$$

ここに、 $H(h+s)$ ：水位、 h ：水深 s ：河床高さ、 i_f ：摩擦勾配、 $C_v (=C_D \times \lambda)$ ：植生抵抗係数である。

実験の概要：流れ場の模式図と座標系を図1に示した。実験には長さ2m、幅(B)0.2m、水路床勾配(i_0)1/1000の2次元小規模開水路を使用した。実験条件を表1に示した。植生モデルはアクリル製円柱及びプラスチック多孔質体を用いて作成し、水路中央の全幅に設置した。実験で対象とした流れ場は常流で、植生は非水没($h/K < 1$)である。

3. 植生抵抗係数の検討

植生抵抗係数 C_v は、従来の考え方に従えば、植生の抗力係数 C_D と植生の面積密度 λ の積としているが、本研究では、 C_v は植生密集度 C の関数と考え次式2)で求めた。

$$C_v(C) = \frac{2gi_e}{u_v^2} \quad (2)$$

ここに、 i_e ：エネルギー勾配、 u_v ：植生群内の透過流速、 C ：植生密集度である。なお、 C_v の算出に際し、植生群内の透過流速 u_v を一義的に定める事が困難であるので、植生帯前面と背後の平均流速を u_v と仮定して C_v を求めた。

図2に、樹木を対象とした円柱モデルによる水面形の計算結果を実験値と比較して示した。図より、植生抵抗係数を従来の $C_D \times \lambda$ とし、抗力係数を $C_D = 1.2$ と仮定して計算した場合でも水深は実験値より低く推算される結果となる。しかし、植生抵抗係数を(2)式より求め、その C_v を用いると、図示の様に実験値をよく説明できる。

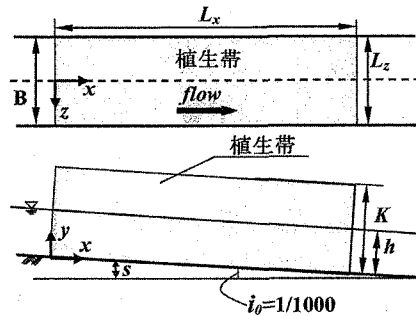


図1 流れ場の模式図

表1 実験条件

モデル	Q (cm ³ /s)	Fr	d (cm)	λ (cm ⁻¹)	植生帯				
				h/K	C	L _x (cm)	L _z (cm)		
円柱	620	0.35	0.5	0.125	0.4	0.05	20,40,60	20	
				0.5	0.4	0.2	20		
				0.78	0.4	0.31	20		
多孔質体				0.33	0.05	20,40,60			
				0.33	0.12	20,40,60			
				0.33	0.16	20,40,60			

植生密集度: $C = \frac{V_v}{V}$ 面積密度: $\lambda = \frac{A_v}{V}$
 V_v : 水中植生群の体積 A_v : 水中植生群流れ方向の遮蔽面積
 V : 水中植生群の空隙を含む全体積
Fr数: $Fr = \frac{U}{\sqrt{g \cdot h}}$ $U = \frac{Q}{h \cdot B}$ U: 断面平均流速

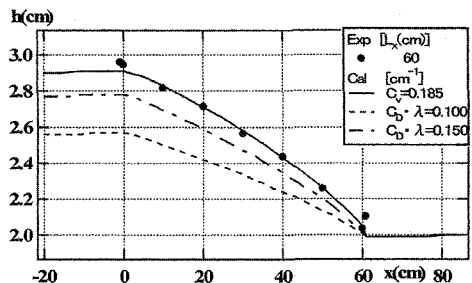


図2 水面形計算結果の比較
(円柱モデル： $\lambda = 0.125$ 、 $L_x = 60$ cm)

図3に植生密集度 C を変化させた場合の植生帯上下流端における水深比 h_u/h_d を示した。図によれば、植生抵抗係数を抗力係数 C_D と面積密度 λ の積とすると、植生密集度の水深比に及ぼす影響は過小に評価され、植生密集度が密になるほど計算値と実験値の差異が生じる。一方、植生抵抗係数 C_v に対する水深比 h_u/h_d の計算値と実験値との対応は良い。従って、植生密集度の違いによる水位の変化を説明するには、樹木の場合であっても植生抵抗係数 C_v を用いた方が合理的である。

図4は灌木を対象とした多孔質体モデルの植生抵抗係数 C_v を植生密集度 C との関係で示したものである。多孔質体モデルでは、灌木植生の面積密度 λ やその抗力係数 C_D を定めることができない。それ故、植生抵抗係数 C_v を植生密集度 C より求めるのが合理的であると考えられる。図によれば、植生密集度が密になるほど、同一密集度に対する C_v 値の較差が大きくなる。そこで、植生抵抗係数の平均値(図中の実線)を各植生密集度に対する植生抵抗係数とみなすことにした。尚、同じ密集度 C に対する C_v の最大値、最小値は、各々植生帯前面と背後の流速に対する値である。

4. 水面形追跡の実際

図5は、植生帯長さ 60cm の場合に対して得られた不等流計算結果である。同図から、密集度の違いによる水面形の変化が良く再現していることが分かる。これらの結果は、 C_v の妥当性を示すものであり、灌木の様な面積密度 λ を適用できない場合には、特に有用であると思われる。

図6に植生密集度をパラメーターとして植生帯アスペクト比 L_x/L_z を変化させた場合の植生帯上下流端における水深比 h_u/h_d を示した。図によれば、植生帯の長さが長く、密集度が密になるほど植生上流端の水位は上昇している。植生抵抗係数 C_v の導入によって、植生の水深への影響を良く再現していることが分かる。

5. おわりに

河道部の樹木や灌木等を想定し、植生抵抗を考慮した不等流計算を実施した。その際、植生抵抗係数 C_v を導入することで、河道部の水位予測が可能であり、特に、面積密度が算定できない場合には有効である。

参考文献

- 1) Abe, T., Aihara, A. and Zhu, Z. L. (2000): A study on velocity control in a vegetative embayment, Proc. of the 12th Cong. of APD-IAHR, vol. 1, pp. 289-299
- 2) 菅原ら (2005): 植生群を考慮した河道部流れ場の数値解析, 平成 16 年度土木学会東北支部技術研究発表会, pp. 198-199

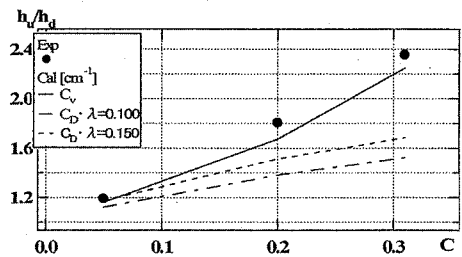


図3 植生上下流端水深比 h_u/h_d の比較
(円柱モデル: $L_x=20\text{cm}$)

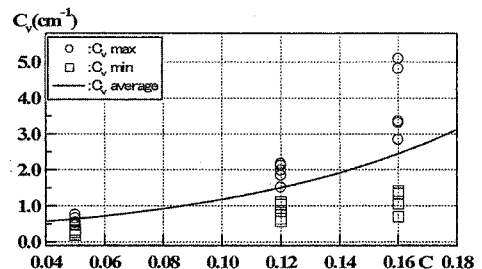


図4 植生抵抗係数 C_v と密集度 C
(多孔質体モデル)

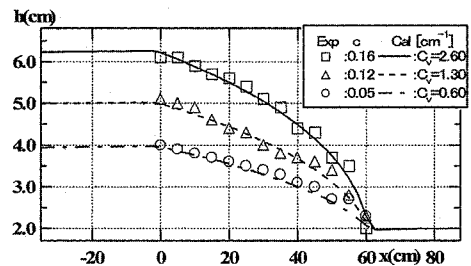


図5 水面形追跡結果 (多孔質体モデル)

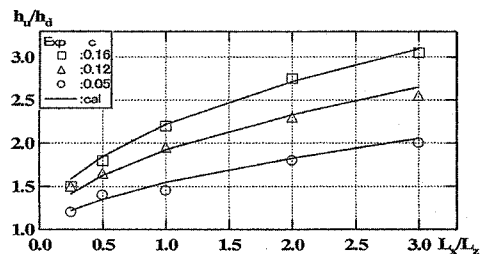


図6 植生上下流端水深比 h_u/h_d の計算結果
(多孔質体モデル)