

種々の植生繁茂条件における開水路流の抵抗特性

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○田中良尚
 豊田工業高等専門学校 正会員 田中貴幸

1. はじめに

近年の河川整備においては多自然川づくりが主流となるため、植生が河川環境に与える役割は増えている。しかし、河道内の植生は洪水時に流水抵抗を増大させるといった治水安全度上のマイナス面を持つ。特に小河川においては、植生が河道内全面にわたり繁茂している様子が多々見られる。このため、適切な植生管理を行う必要がある。

植生を有する開水路流の流動機構に関しては、基礎実験や数値解析により様々な知見が得られている。しかしながら、種々の植生配置パターンや植生密度の違いによる抵抗特性については十分な検討がなされていない。そこで、本研究では植生群落の配置や密度の違いによる抵抗特性について検討を行う。

2. 実験条件

実験は全長 4 m, 幅 20 cm, 高さ 25 cm からなる循環式可変勾配水路を用いて行った。実験条件を表-1 に示す。植生帯のモデルにはプラスチック板に水流に従って撓む 6.10 ナイロンブリュスル(直径 0.242 mm, 曲げ剛性 $EI=1.45 \times 10^4 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$) を 5.5 cm の高さに揃え 0.5cm 間隔で貼り付けたものを使用した。模擬植生帯は水路の上流 20cm から下流へ 360 cm に渡って配置した。

配置パターンを図-1 に示す。Case1, 2 および 3 は水路全面配置であり、各ケースの密度を表-2 のように変化させた。植生密度 λ は中矢ら¹⁾により式(1)で表される。

表-1 実験条件

Case	勾配 I		植生高 H_v (cm)	植生直径 d (mm)	植生幅 B_v (cm)	模擬植生材料
	1/500	1/1,000				
1~6	1~6	1~6	5.5	0.242	20	ナイロンブリュスル

表-2 植生密度

模擬植生帯の密度 λ (m ⁻¹)		
Case1,4,5,6	Case2	Case3
9.68	2.42	1.08

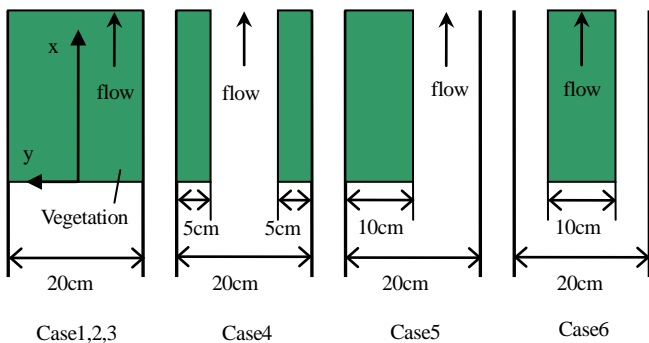


図-1 水路実験概要

$$\lambda = \frac{d}{L_x L_y} \quad (1)$$

ここに、 d : 植生直径 (mm), L_x, L_y : 植生設置間隔 (mm) である。

また、Case1 と同じ植生密度に設定した水路両岸配置を Case4, 水路片岸配置を Case5, 水路中央配置を Case6 とした。流量は $Q=1 \text{ l/s} \sim 6 \text{ l/s}$ の 1 l/s 間隔で変化させ、水路勾配は $I=1/500$ および $1/1,000$ に設定した。また、水路長 4m に対し下流方向に植生を 3.6m 配置し、さらに補助的手段として水路下流端の堰を用い、下流端の影響を極力小さくすることで擬似等流場を形成して水深を計測した。

3. 実験結果及び考察

3.1 流量と水深の関係

各配置パターンにおいて、 $Q=1 \text{ l/s}$ から 6 l/s 間隔ごとに流量を変化させ水深を計測した。図-2 に流量と水深の関係を示す。縦軸は水深 H を植生高 H_v で除して無次元化を行った。Clear は植生帯を配置していない滑面状態を示す。水路全面に植生が繁茂している Case1 は何れの流量においても植生の無い Clear の約 2 倍の水深を示す。Case1 に比べて Case4, 5 および 6 では水深が三割程度減少する。また、Case4, 5 および 6 では水路に繁茂する植生の割合は同じでも配置が異なると水深も異なることが読み取れる。水路全面に繁茂している Case1, 2 および 3 は、流量 $Q=3 \text{ l/s}$ で流量と水深の関係が変化することが見られた。また Case2 におい

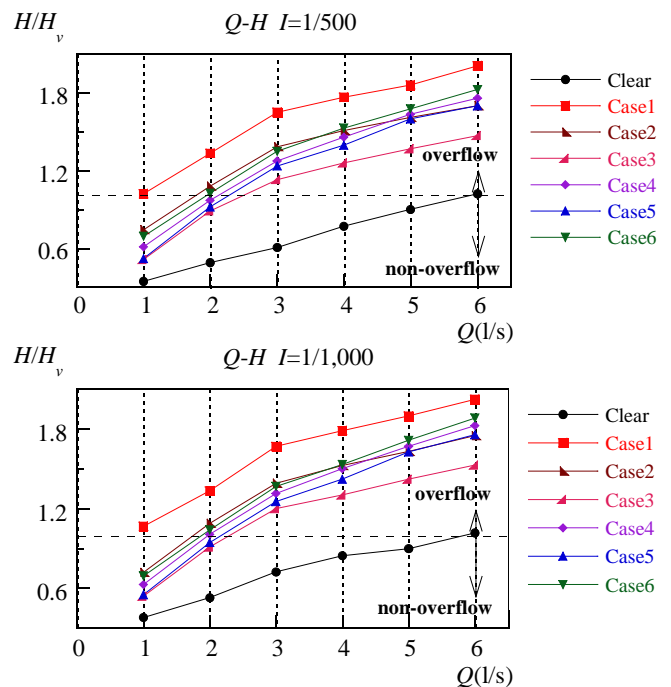


図-2 流量と水深の関係

表-3 USDAにおける植生高に注目した植生種のカテゴリ

Average grass length	Grass retardance categories
150mm to 250mm	C
50mm to 150mm	D
Less than 50mm	E

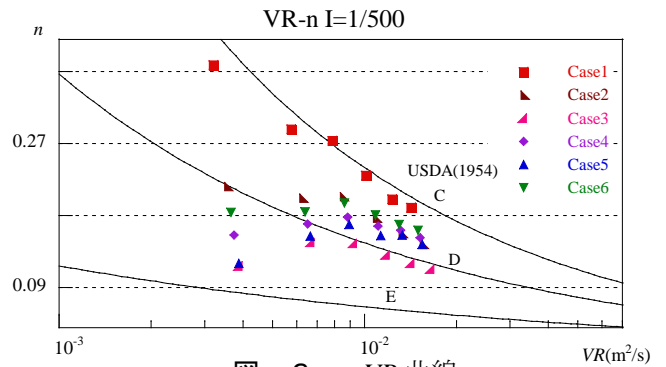


図-3 n-VR 曲線

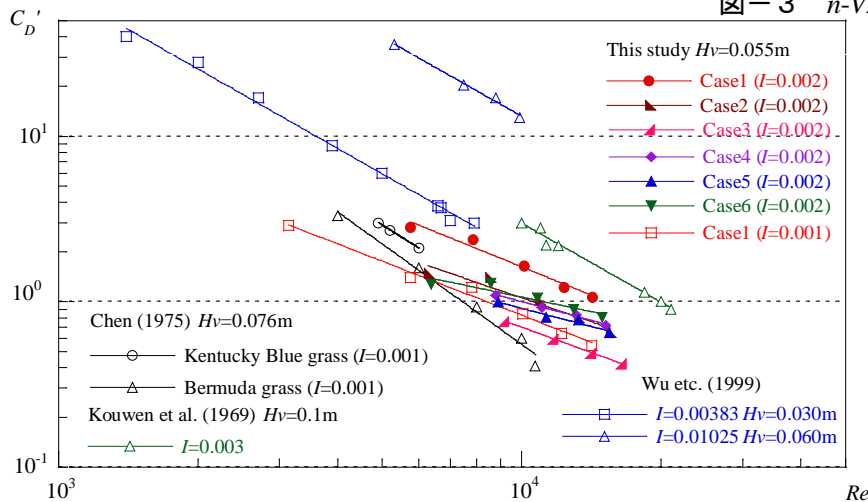


図-4 越流状態におけるレイノルズ数 Re と抗力係数 C_D' の関係

では、 $Q=3l/s$ を境に、水路幅よりも狭い有限幅の植生を有するケースとの大小関係が変化することが確認できた。また、水路幅よりも狭い有限幅の植生を有する配置に比べ、植生帯全体の密度を小さくしていくとある密度から流れの抵抗が小さくなることが確認された。

3.2 n-VR 曲線

図-3 に水路勾配 $I=1/500$ における、平均流速 V と径深 R の積 VR と Manning の粗度係数 n で表された $n-VR$ 曲線を示す。アメリカ農務省 (USDA) ²⁾ の実験結果も併せて表す。何れのケースにおいても非越流状態では、 VR の増加に伴い粗度係数 n は増加傾向を示すものの、越流状態では VR の増加に伴い粗度係数 n は減少傾向を示し、USDA による $n-VR$ 曲線と類似の曲線を描くことが伺えた。また、本実験で用いた模擬植生は USDA の分類では D に分類され、ほぼ類似の分布傾向が見られた。しかし、分類 C, D の中間の値を示した理由として、植生密度や水路幅の違いなどが考えられる。

3.3 レイノルズ数と抗力係数の関係

図-4 は水路勾配 $I=1/500$ における各配置パターンおよび $I=1/1,000$ における Case 1 に関して、越流状態に注目したレイノルズ数 Re と抗力係数 C_D' の関係を示す。抗力係数 C_D' は Wu ら ³⁾ により式(2)で表す。

$$C_D' = \frac{2gl}{V^2} \quad (2)$$

ここに、 H : 水深、 H_v : 植生高、 g : 重力加速度、 I : 水路勾配、 V : 断面平均流速である。

また、Chen (1975) の Kentucky Blue grass および Bermuda grass を用いた室内実験、Wu ら (1999) および Kouwen ら (1969) の模擬植生を用いた室内実験における流れの抵抗則に関する実験結果も併せて表す。

何れの密度および配置においても、直線の傾きは異なるもののその他の研究結果と類似の分布傾向を示すことが認められた。特に Wu らの模擬植生を用いた実験の直線分布とは傾きも類似の傾向を示している。

また、本研究および既往研究により水路勾配が大きくなるにつれて抗力係数 C_D' も大きくなることが確認できた。

4. おわりに

本研究により、植生の密度や配置の変化に伴う流れの抵抗特性を明らかにした。今後、流れの抵抗特性に影響を与える要因を明らかにするために、流動機構について検討していく次第である。

【参考文献】

- 1) 中矢哲郎, 池田俊介, 戸田祐嗣: 側岸部植生密度の変化が開水路横断方向運動量輸送に及ぼす影響, 河川技術論文集, 第9巻, pp.383-388, 2003.
- 2) U.S.Department of Agriculture(USDA):Handbook of channel design for soil and water conservation,Technical Paper TP-61, Washington,DC, 1954.
- 3) Fu-Chun Wu, Hsieh Wen Shen : VARIATION OF ROUGHNESS COEFFICIENTS FOR UNSUBMERGED AND SUBMERGED VEGETATION, pp.934-942, 1999.