

植生群落の配置が開水路流れの抵抗に与える影響

熊本大学工学部 学生会員 ○田中寿幸 熊本大学大学院 学生会員 田中貴幸
 熊本大学工学部 正会員 大本照憲 熊本大学工学部 正会員 矢北孝一

1. はじめに

近年, 多自然型河川工法や再自然化工法の急速な広まりにより, 植生群落は河川に果たす役割が大きくなっている。しかし, 植生群落は洪水時の流下能力を低下させるといった治水安全度上のマイナス面を持つことから, 河道内の植生が及ぼす影響を適切に評価し, 残置・除去, あるいは河岸保護のために設置するといった適切な植生管理を行わなければならない。このような河道内における植生の重要性から, 植生を有する開水路流れについては様々な観点から多くの研究が行われている。しかし, 単断面開水路流れにおいて, 弾性変形を伴う植生群落の配置が抵抗特性に与える影響についてはこれまでほとんど研究がなされていない。そこで, 本研究では植生群落の配置の違いによる抵抗特性を把握し, 各配置における流動機構について検討を行った。

2. 実験装置及び実験方法

実験は全長 10m, 幅 $B=40\text{cm}$, 高さ 20cmの循環式可変勾配水路を用いて行った。模擬植生帯は水路上流端より 100cmの位置から 840cmに渡って配置した。植生帯の模型にはプラスチック板に水流の流れに追従して撓む 6.10 ナイロンブリュスル(直径 0.242mm, 曲げ剛性 $EI=1.45 \times 10^{-4} \text{g} \cdot \text{cm}^2$)を 7.5cmの高さに揃え, 0.5cm間隔で貼り付けたものを模擬植生帯とした。配置パターンは図-1のように設定した。植生幅は $B_v=10\text{cm}$ とし, いずれのパターンにおいても植生域と非植生域の割合は同様である。座標系は植生帯先端の水路中央を原点とし, 流下方向に x 軸, 横断方向に y 軸をとり右手系とする。また, それぞれの流速成分を u, v , 平均値を U, V , 変動成分を u', v' と表す。4つの配置パターンにおいて水路勾配 $I=1/1000, 1/500, 1/300$ でそれぞれ流量を変化させていき, ポイントゲージを用いて水深を計測する。水深は水路下流端のせきを用い擬似等流場を形成して計測を行った。流動機構の検討においては水面変動の計測, 流速の多点同時計測を行った。水面変動の計測は超音波水位計を用い, 流速の多点同時計測には面的な範囲で測定が可能であるPIV (Particle Image Velocimetry)法により行った。PIV法による流速の計測においてはビデオカメラを用いて水路真上から表面流の撮影を行った。流速の計測時間は 20 秒, トレーサーとして粒径 $30 \mu\text{m}$, 比重 1.02 のナイロン粒子を使用した。可視化画像はフレーム

レート 29.97fps (frame per second), 720×480 (pixel) のモノクロビデオ画像としてパーソナルコンピュータのハードディスクに記録し, PIV 法によって処理された。PIV の計測対象領域は $x=250\text{cm} \sim x=300\text{cm}$, $y=20\text{cm} \sim y=-20\text{cm}$ の $50\text{cm} \times 40\text{cm}$ として各パターン計測を行った。

表-1 実験条件

Pattern	水路勾配 I		植生高さ $H_v(\text{cm})$	植生材料	植生直径 $d(\text{mm})$	植生幅 $B_v(\text{cm})$
	1/1000	1/500, 1/300				
	流量 $Q(\text{l/s})$	流量 $Q(\text{l/s})$				
1~4	1~8	1~13	7.5	ナイロン糸	0.242	10

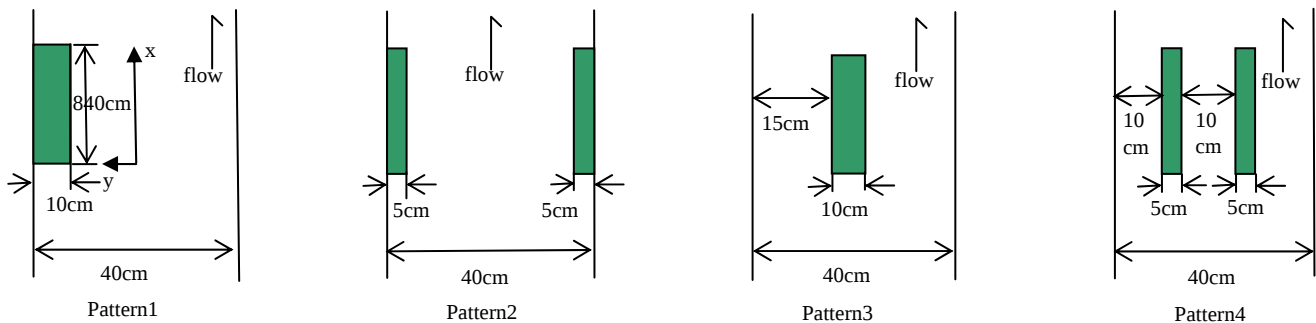


図-1 実験水路概要

3. 抵抗特性

各配置パターンにおいて流量を 1 l/s間隔で段階的に変化させ, 各流量における水深を計測することにより流れの抵抗特性の把握を試みる。図-2 に植生帯の各配置における流量と水深の関係を示す。水深 H は植生高さ H_v で無次元化を行った。Basicは植生帯を配置していない滑面状態を示す。緩やかな曲線を描いているものもあるが, どのパターンにおいても流量の増加とともにほぼ比例して水深も増大している。何れの水路勾配においても水深はPattern1, Pattern2, Pattern3, Pattern4 の順に大きくなることが確認できる。Pattern1 とPattern2 はほぼ同じ水深をとるが, Pattern3 とPattern4 はその約 2 倍の水深を示す。越流状態になると, 流れ構造の変化に伴い直線の傾きも変化し, 抵抗特性が若干変わることが読み取れる。図-3 に非越流状態の下, 植生の配置による抵抗特性を粗度係数 n を用いて評価した値を示す。何れのパターンも水深が底面付近から植生高さ付近まで増加するにつれて n 値も大きくなる傾向がある。植生高さ付近において, $I=1/500$ ではPattern1,2 と比較してPattern3 は約 2 倍, Pattern4 は約 2.5 倍の n 値をとる。これにより, 今回の実験条件においては, 植生帯を横断する流れを両境界で許容するような植生の配置では片岸や

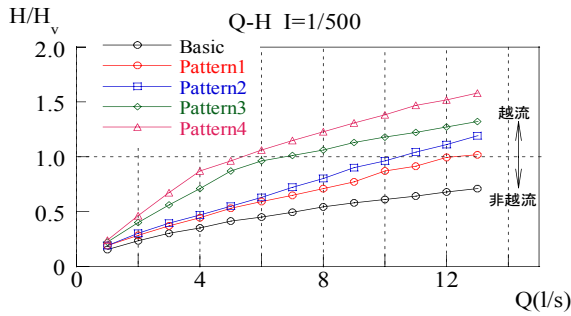


図-2 流量・水深曲線

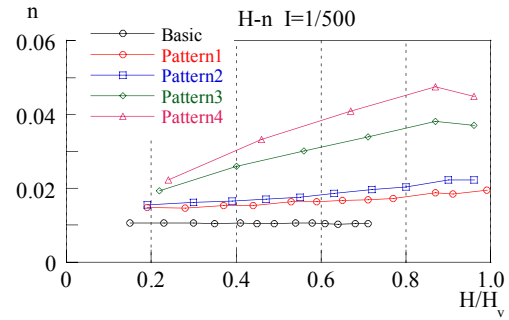
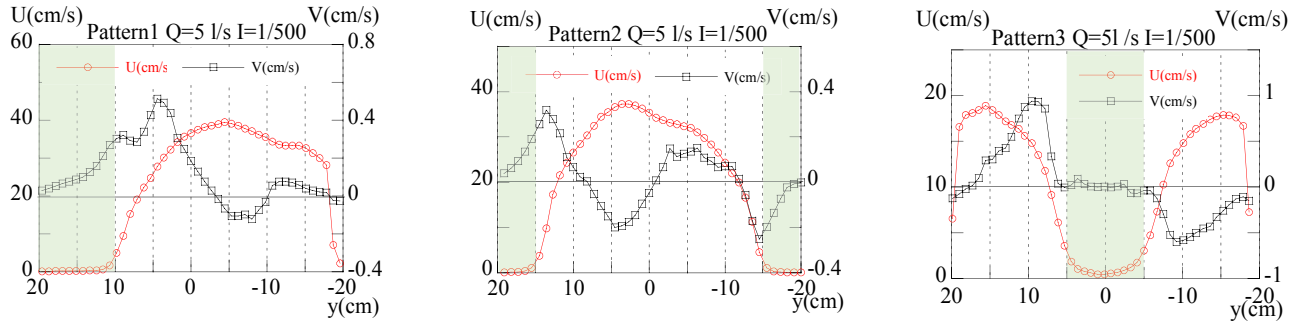
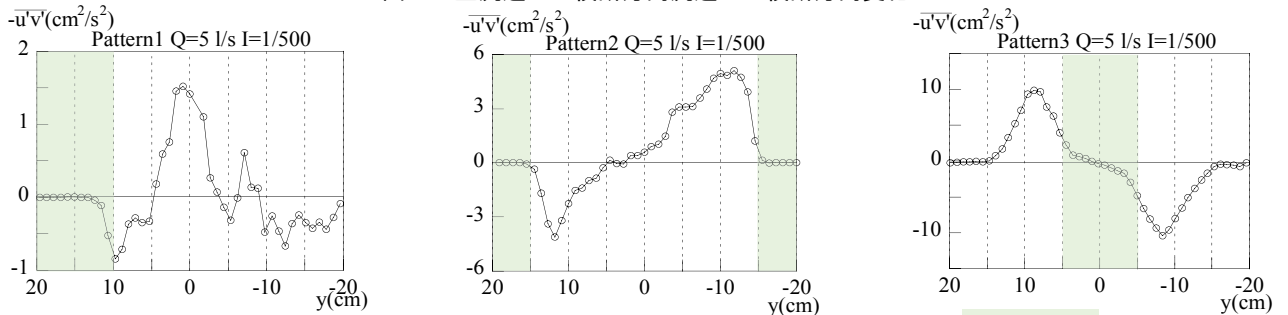


図-3 水深・粗度係数曲線

図-4 主流速 U と横断方向流速 V の横断方向変化図-5 レイノルズ応力 $-u'v'$ の横断方向変化

: 植生域

両岸に配置する場合に比べ2倍程度抵抗が大きくなることが明らかになった。

4. 流動機構

1) 平均流速の横断方向変化

図-4は主流速 U と横断方向流速 V の横断方向変化である。何れのパターンにおいても主流速 U は植生域ではほとんど0に近い値を示しており、植生帯境界付近で急激に変化し、ほぼ主流部中央で最大値をとる。Pattern1では主流速の最大値が39.4cm/s、Pattern2では37.3cm/sとほぼ同様の値を示すが、Pattern3では両岸付近で極大値をとり、その値は18~19cm/sとPattern1,2の50%程度に抑えられている。横断方向流速 V は植生帯両境界で植生帯を横断する流れを許容するPattern3で最も大きな値をとり、Pattern1,2における最大値の約2倍となる。しかし、等流状態において横断方向流速 V は水深平均が0になるはずであり、横断方向流速 V は水面と内部では異なる値を取ることが予想され、二次流の存在が考えられる。水面下の情報についても今後詳細に検討しなければならない。

2) レイノルズ応力 $-u'v'$ の横断方向変化

図-5はレイノルズ応力 $-u'v'$ の横断方向変化である。Pattern1では植生帯境界と水路中央付近でレイノルズ応力の極値をとるが、これは主流速の横断分布の非対称性や二次流の影響が考えられ、今後検討すべき点である。Pattern2,3では横断方向に対称性を有することからレイノルズ応力は水路中央を中心に点対称の分布をしており、植生帯両境界付近ではほぼ同様の極値をとる。レイノルズ応力の極値を平均して比較すると、Pattern1では1.2cm²/s²であり、Pattern2は4.6cm²/s²とPattern1の約4倍、Pattern3では10.1cm²/s²とPattern1の約8倍もの値を示し、植生帯内外の運動量輸送特性に大きな違いがあることが示唆された。

5. おわりに

本研究では植生群落の配置の違いによる流れの抵抗特性について把握し、その抵抗則に影響を与えと考えられる流動機構の検討と各パターンでの相対評価を行った。非越流状態において、植生帯を横断する流れを両境界で許容するような植生配置では、片岸や両岸に配置する場合に比べ抵抗が大きくなることが明らかになった。また、水表面における主流速の最大値やレイノルズ応力には配置パターンによって顕著な違いが見られた。これにより、植生帯内外における運動量輸送特性の違いが抵抗特性に影響を与える要因の一つと考えられる。今後、水面下における流動機構についても十分に検討する必要がある。