

河川側岸の植生による流れの特性に関する模型実験

大阪府立工業高等専門学校 正員 多田博登

NTTデータ通信

井上伸一

大阪市

正員○河崎雅昭

1. はじめに

河川における抽水域水草帯の存在と流れとの相互作用においては、水草帯の幅と密度¹⁾、あるいは植物の揺動²⁾が大きな要素となる。一方現地観測においては、水草帯と河川との境界の平面形状は自然の状態では直線ではなくかなり凹凸があるのが見られる。このような形状は流れの抵抗および河川との水の交換に、どのような影響を与えるのであるかを知るための基礎として模型実験を行うものである。

2. 模型実験

模型と実験方法：水路はエンビ製で長さ9m、幅 $B=30\text{cm}$ の矩形断面で、水平床である。水路の上流端に三角堰があり、下流端は水位調節用の全幅堰が設置できる。植生帯モデルは、エンビの板に1cm間隔のメッシュで穴を開け、径3.6mm、長さ90.6mmの鉄釘を立てることによって草に代表される抽水域の植物に見立てた。これを実験水路の右岸側壁沿いに下流端から距離6mに渡り敷設した。植生域の平面形状は、一定幅(10cmおよび5cm、それぞれモデル1、および4とする)のもの、モデル4に三角形の凹凸を隙間なくつけた図-1に示すようなもの(モデル2)および三角形を一つ飛ばしにつけたもの(モデル3)の計4ケースである。水理条件は、流量 Q (1/s)、下流端堰高 w (cm)の組み合わせが、(1-4)、(2-2)、(2-4)、(3-2)、および(3-4)の5ケースとした。よって計20ケースである。

水位の計測は、ポイントゲージで水路中心軸において2点(下流端から1mおよび5m)、水路幅方向(y 方向)の流速分布は2方向電磁流速計で下流端から2.5m付近の1~2断面、深さは全ケース $z=2\text{cm}$ の測点とした。また流れの状態を観測するため可視化実験として、トレーサ(ブルーブラックインク)を流れを乱さないよう植生域に注入し水塊に添加してそれが植生域から主流域に流出する状況をビデオカメラで撮影した。

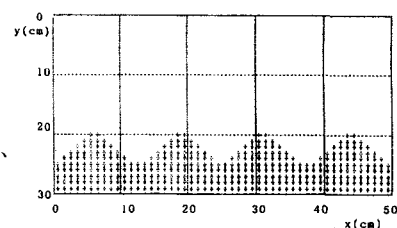


図-1 植生モデル2

3. 結果の解析

①流れの抵抗：植生域の存在のため抵抗は大きくなるが、見かけ上水路幅が小さい場合の流れの水面形と等しくなると考えて、この狭められた幅 δB (これを相当水路幅減少量と呼ぶことにする)を観測水位から求めた。これを表-1に示す。ケースでバラつくものの植生モデルの相違により明らかに差があるが、植生幅が小さいものはその規模以上の抵抗を示している。

②可視化観測：植生域と主流域間の流出と流入の組織的な構造がみられる。例を速度ベクトルとして図-2に示すが、これは色素雲の動きをビデオ

表-1 相当水路幅減少量

実験CASE	1-4	2-2	2-4	3-2	3-4
植生帯#1	10.75	10.25	9.65	10.85	12.15
植生帯#2	10.10	7.80	7.35	9.90	11.45
植生帯#3	9.60	8.50	8.25	8.50	9.80
植生帯#4	8.80	7.30	6.95	7.55	10.50

モニタのコマ送りによって求めたものである。このような形状が流れに乗って次

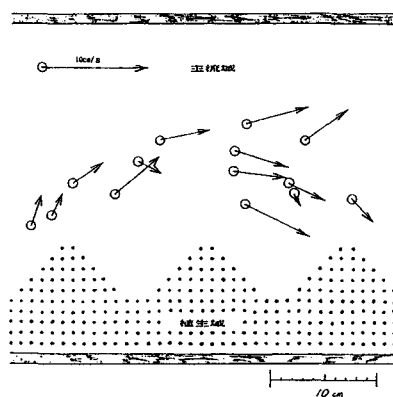


図-2 流速ベクトル

Hiroto TADA, Sin-iti INOUE, Masaaki KAWASAKI

々と流下する規則的なケース（流速大）と、比較的不規則に間欠的に流下するケース（流速小）があるようにみられる。所定断面を通過する時間間隔を周期として、モニタ上で各ケース特に明瞭に規則的な時間帯を選んでサンプリングし、平均周期と分布の標準偏差を求めた。これにより平均値は規則的とみられるケースでは小さく間欠的であるものは大きい。2.7秒から11.8秒の範囲にあり、標準偏差／平均値はほぼ0.3程度である。そして同一植生モデルにおいては流速が大きいほど周期は小さいことが分かる。流れ場の代表長さ d として上に示した δB をとると、代表流速 V は $Q/\{H(B-\delta B)\}$ として、ストロハル数 d/VT は本実験範囲では $1 \sim 1.5 \times 10^{-1}$ に集中するようである。

③流速測定結果：y 方向局所平均流速分布の例を図-3に示す。図にも現れているように植生域側の速度勾配は緩やかであり、最大値の位置はいずれも主流域の中央からはずれ固定壁側に偏っている。このことは、それ自体でまとまっている組織構造の影響でむしろ運動量の活発な交換は押さえられているのではないかと考えらるることができる。

図-4はy方向の流速 v の観測結果の例（植生モデル1、ケース3-2、 $y=16\text{cm}$ ）である。 v の正は植生域から主流域方向であり、 $v=0$ の上下の直線は標準偏差を表している。図中の□印は、 v が一旦標準偏差の下線の線以下になった後上の線を越えた時刻での v の値である。この周期は可視化実験結果の平均と標準偏差にほぼ等しい。ただし平均周期の大きなケース、すなわち流速が小さいケースではこの方法で周期を推定することは困難であった。 v の周期性は u の平均流速の最大値が生じる y の位置付近まで存在する。一方流速 u は植生域近傍では周期的であるが、離れるにしたがって速やかに周期性を失う。

y 方向の水量の交換は、図-4における v の正あるいは負の値のみの平均値によって表すことができる。図-5はその分布を、ケース1-4と3-2の場合の植生モデル1（●）と2（○）を比較して示したものである。交換は両領域の境界付近が最大で離れるにつれて小さくなっており、もちろん流速が大きく組織構造の周期が小さくて明瞭なケースの方が明らかに大きい。モデル1と2では植生の面積は差異があるにかかわらず交換量にはほとんど相違は見られない。

4. おわりに

ここでは相似則についてなにも述べておらず、基礎実験の段階であるが、水草帯の平面形状の流れの抵抗に与える影響、水のy方向輸送量の分布形など、興味ある知見が得られた。更に定量的な解析を行いたい。

なお本研究は河川環境管理財団調査・研究助成「河川水草帯における水の滞留特性の把握と適性水草帯規模の提案に関する研究」（代表者：大阪大学・村岡浩爾教授）の補助を得た。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 福岡捷二・藤田光一：洪水流の横断方向流速差がもたらす付加的抵抗の評価、第33回水講演文集、1989。
- 2) 室田明・福原輝幸：直立性植物を有する開水路流れの構造について、第28回水講演文集、1985。

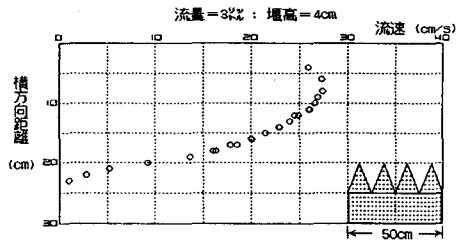


図-3 流速分布

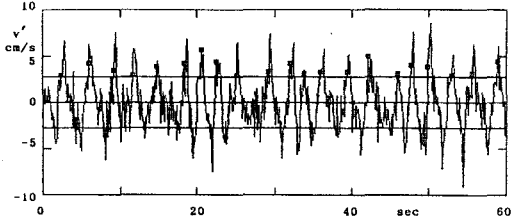


図-4 変動流速 v

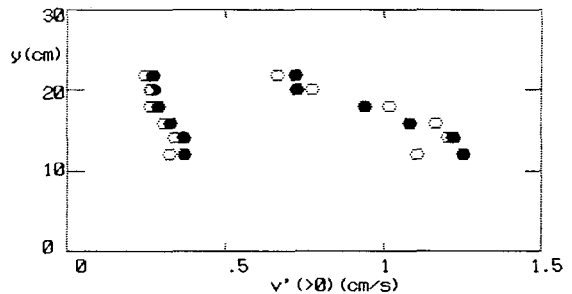


図-5 y 方向輸送量の分布