

水生植物の流れへの影響について

熊本大学大学院 学生員 ○福井洋幸
熊本大学工学部 正 員 大本照憲

1. はじめに

植生帯を伴う河川乱流においては、植生境界面で変曲点不安定に起因する大規模渦が発生し、乱れの発生や運動量・物質の輸送に多大な影響を及ぼす事が多くの研究により指摘されている¹⁻³⁾。しかし植生帯周辺における二次流構造については不明な点があり、植生帯の平衡領域では平面二次元流れとして扱う場合が多い。本研究は、河道中央に存在する水生植物によって生じる流れ場の3次元的構造を明かにするため、実験により検討したものである。

2. 実験装置および方法

実験は長さ10m、幅40cm、高さ20cmのアクリル樹脂からなる循環式可変勾配水路を使用して行った。植生帯の模型には5cm×300cm×0.3cmのプラスチック板に5mm四方で模擬植生を張り付けたものを使用し、水路中央に設置した。模擬植生にはナイロン糸を用い、その特性値は平均的な高さ約5.5cm、直径0.242mm、曲げ剛性 $EI = 1.45 \times 10^{-6} \text{gr/cm}^2$ であり、水流の変化に追従してたわみ柔軟性を有している。座標系は、植生帯上流端の中央に原点をとり、主流方向にx軸、横断方向にy軸、鉛直上方にz軸を取る。流速の測定には二成分電磁流速計を用いた。出力信号は、サンプリング周波数50HzでAD変換した後、1測点2048個のデータに関して統計処理された。また表1に示すように、植生帯上に流れが在る場合（Run1）と無い場合（Run2）の2ケースについて測定を行った。

3. 実験結果

3. 1. 平均流特性

図-2および図-3はそれぞれ植生帯上に流れが無い場合および在る場合における主流速の等値線および二次流ベクトルを示す。なお、図中の黒くハッチングが施されている部分は植生帯である。図-2の $x=30\text{cm}$ 地点の主流速の等値線を見ると、周辺部に比べ植生帯内で主流速が急激に減衰している。また $y=2\sim 5\text{cm}$ と $y=-2\sim -5\text{cm}$ の範囲で水面付近と比べ底面付近の主流速が若干大きくなり、等値線が傾斜している。二次流ベクトルを見ると、植生帯境界面で上昇流、 $y=\pm 5\text{cm}$ で下降流という二次流が現れている。この下降流はそのまま非植生域へ向かう流れと、再び植生域へ向かいローラー状の流れを形成するものとわかれている。この後者の流れにより周辺の高速流体が底面付近より潜り込み、前述の水面付近と比べ底面付近の主流速の方が大きくなるといった現象が生じていると考えられる。これが $x=200\text{cm}$ 地点になると植生帯内と周辺部との流速差が減衰し、主流速の横断方向変化が緩やかになっている。さらに高速流体の潜り込みが、植生帯より離れた $y=4\sim 10\text{cm}$ と $y=-4\sim -10\text{cm}$ と広範囲で生じている。同地点には底面付近に非植生域から植生域へ向かう二次流が生じている。この二次流は植生帯内に流入後、上昇流となり、水面付近より非植生域へ向け緩やかに流出している。 $x=30\text{cm}$ 地点の植生帯境界面付近と同じく、これらローラー状の二次流により、植生周辺の主流速分布は特徴付けられていると考えられる。植生帯上に流れが在る図-3の場合、 $x=30\text{cm}$ 地点では図-2とほぼ同様の傾向を示している。 $x=200\text{cm}$ 地点では、非植生域から植生域へ向かう二次流の現れる領域が図-2と比べて広がり、二次流成分の絶対値も大きくなり強い流入傾向を示している。

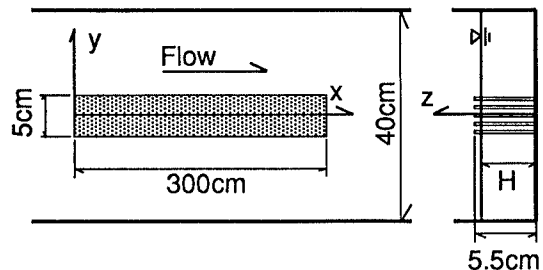


図-1 実験水路の概要

表-1 実験条件

		Run 1	Run 2
流量	Q(l/sec)	6.23	9.93
水深	H(cm)	5.4	8.6
水路勾配	1o	1/1000	1/1000
平均流速	Um(cm/sec)	27.84	28.85
植生高さ	l(cm)	5.5	5.5
植生直径	d(mm)	0.24	0.24

キーワード：水生植物、二次流、大規模渦、揺動

〒860 熊本市黒髪2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 TEL (096)342-3543

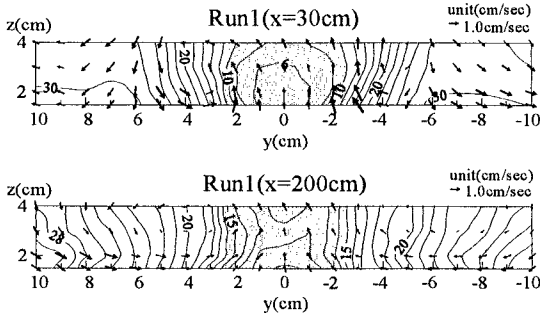


図-2 主流速の等値線および二次流ベクトル
(植生帯上に流れが無い場合)

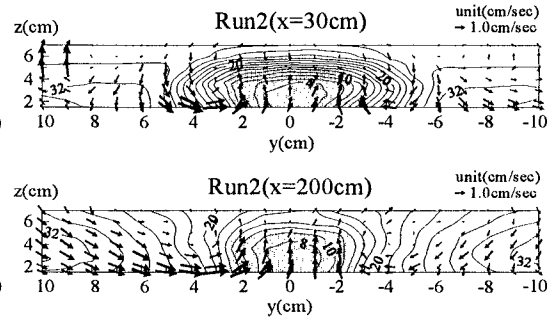


図-3 主流速の等値線および二次流ベクトル
(植生帯上に流れが在る場合)

3. 2. 乱れ特性

図-4 は植生帯上に流れが無い場合と在る場合の $x=200\text{cm}$ 地点におけるレイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ の横断方向分布を示す。なお図中の点線の内側が植生帯である。また図-5 は植生境界面 ($x=200\text{cm}$, $y=3\text{cm}$, $z=4\text{cm}$) における主流・横断方向の流速変動 (u', v') の時系列を示す。図-4 から植生帯上に流れが無いRun1の場合、 $-\overline{u'v'}$ は植生境界面で極値、植生帯中央でゼロの値を示している。植生帯上に流れが在るRun2の場合も同様であるが、極値がRun1の半分以下と小さな値を取っている。これは図-5 から、Run2と比べてRun1では変動 v' が大きな値を示すこと、及び、 u' と v' の相関に逆位相の傾向が強いことに起因する。またRun1で流速変動 (u', v') が周期的であるのは植生の揺動によるものであり、両者の周期はほぼ一致していることがビデオ解析により認められた。以上のことから、植生帯の周期的な揺動が横断方向の運動量輸送を促進していると考えられる。図-4 の非植生域においてRun1、Run2ともに、水面付近の $-\overline{u'v'}$ は、底面付近のそれと比べて大きな値を示しているが、これも植生の揺動により水面付近で横断方向の運動量輸送が促進されたためと考えられる。

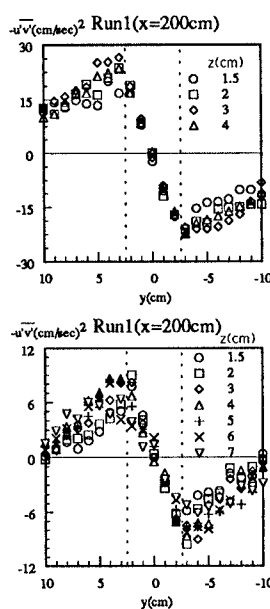


図-4 レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ の横断方向分布

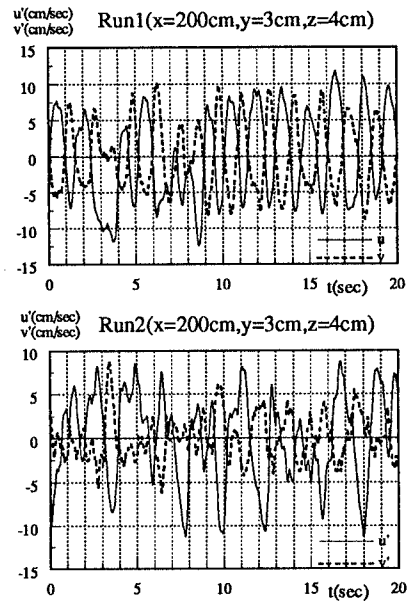


図-5 主流・横断方向の流速変動 (u', v') の時系列

4. 結論

本研究により得られた主な知見を列挙すると次のとおりである。

- (1) 水路中央に揺動する植生帯が存在する場合、平衡領域における二次流は、底面付近で非植生域から植生域に流入する形を取り、植生帯内では上昇流となることが認められた。
- (2) 植生帯の揺動は、横断方向の運動量輸送を促進することが示唆された。

参考文献

- 1) 辻本哲郎, 北村忠紀: 水工学論文集, 第36巻, pp.273-280, 1992
- 2) 福岡捷二, 藤田光一: 第33回水理講演会論文集, pp.301-306, 1989
- 3) 池田駿介, 金沢稔, 大田賢一: 土木学会論文集, No.515/II-31, pp.33-43, 1995.5