

## 流下方向に不連続的植生群落を有する開水路流れの三次元乱流構造

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○内藤 良介  
 豊田工業高等専門学校 正会員 田中 貴幸

### 1. 研究背景と目的

愛知県の新郷瀬川では河川整備に際し、環境水制工を並列状または千鳥状に設置して側岸凹部を形成し、流水の交換が促進される領域を創出している。しかし、それらの工法が流れの抵抗特性や乱流構造に与える影響については検討がなされていない。その中で田中ら<sup>1)</sup>は、並列や千鳥状といった様々な植生配置での開水路流れの抵抗特性および流動機構について実験的に解明した。しかしながら、流動機構については水平面の流れ構造のみを扱っており、三次元的な乱流構造については検討が不十分である。

そこで本研究では、流下方向に不連続的植生群落を有する開水路流れを対象に、横断面における流速分布や乱れ特性について実験的に解明することで三次元的流動機構を明らかにする。

### 2. 実験条件

全長 10m, 幅 40cm, 高さ 25cm の循環式可変勾配水路を用い、実験を行った。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ナイロンブリュスルを貼り付けたものを使用した。図-1 に植生の配置パターンを示す。流速の点計測には I 型および L 型の電磁流速計を用いた。電磁流速計におけるデータのサン

表-1 実験条件

配置パターン	流量 $Q$ (l/s)	模擬植生帯の密度 $\lambda$ (本/cm <sup>2</sup> )	植生直径 $d$ (mm)	植生高 $H_v$ (cm)	水路勾配 $I$
P1 並列配置	4	4	0.242	6	1/1,000
P2 千鳥配置					
P3 片岸配置					

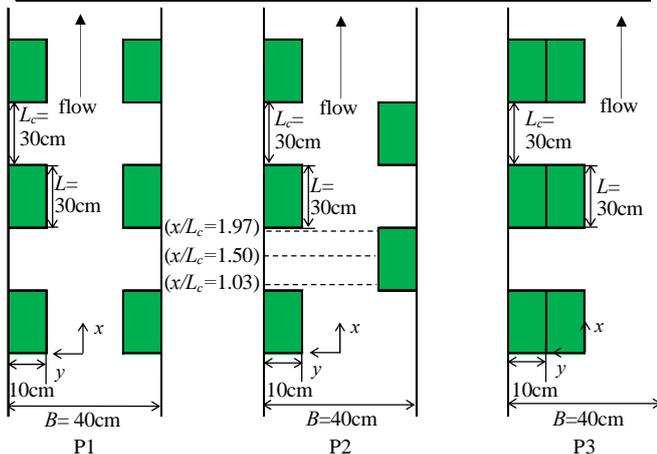


図-1 植生の配置パターン

プリング周波数は 100Hz で、サンプリングデータ数は 4,096 とした。

図-2 に田中ら<sup>1)</sup>の研究により明らかになった各植生配置パターンにおける流量と水深の関係を示す。いずれの流量においても水深は P2 が最も大きくなり、次に P1, そして P3 が最も小さくなる結果となった。その中で本論では、植生帯千鳥配置となる P2 に注目し、非越流状態の  $Q=4$  l/s における流動機構について詳細に検討する。

### 3. 流動機構

#### (1) 横断面における流速分布

図-3 に P2 の横断面における主流速の等値線および二次流ベクトル分布を示す。ここで、横断面における流速の計測位置は図-1 に示すように  $x/L_c=1.03, 1.50$  および  $1.97$  である。主流速および二次流ベクトルは断面平均流速  $U_m$  で無次元化している。

主流速の等値線に注目すると、いずれの断面においても凹部内においては主流速が抑えられ、主流部に向かうにつれ主流速が急激に増大していく傾向が読み取れる。主流部における主流速の最大値は植生帯の揺動や二次流の影響を受け水路底面付近で発生している様子が確認できる。

二次流ベクトルに注目すると、 $x/L_c=1.03$  では、凹部内において下降流が発生し、植生帯を有する右岸側で上昇流が現れている。 $x/L_c=1.03$  では水路中央でも上昇流を示しており、 $x/L_c=1.97$  においてはそのすぐ下流にて左岸側に植生帯を有する影響により、 $y/B=0.3$  付近において上昇流が強く発生している。このように、千

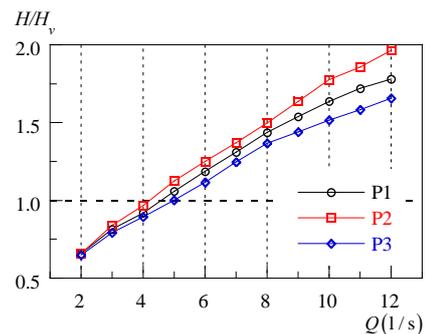


図-2 流量と水深の関係

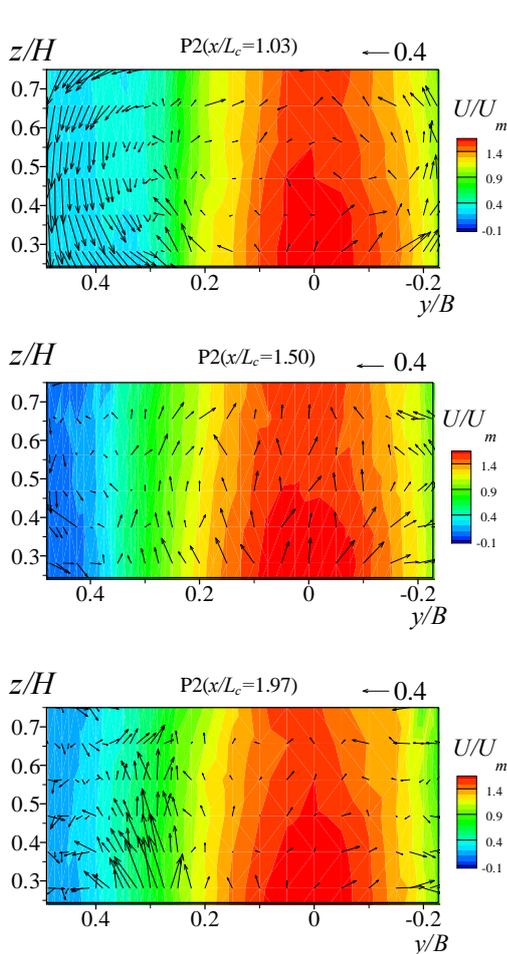


図-3 横断面における主流速の等値線および二次流ベクトル分布

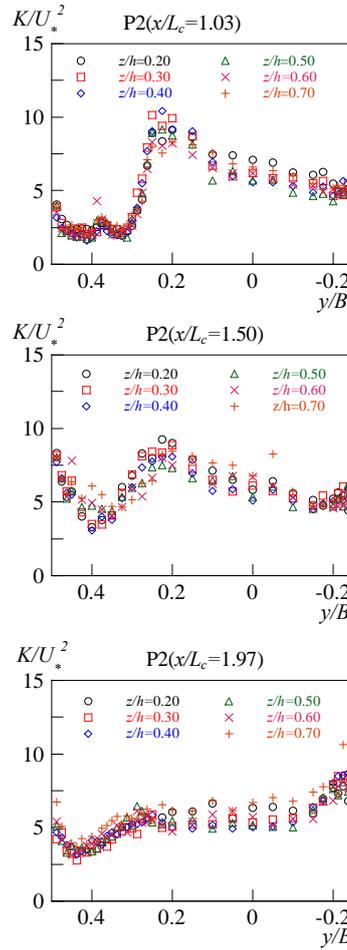


図-4 乱れエネルギーの横断方向分布

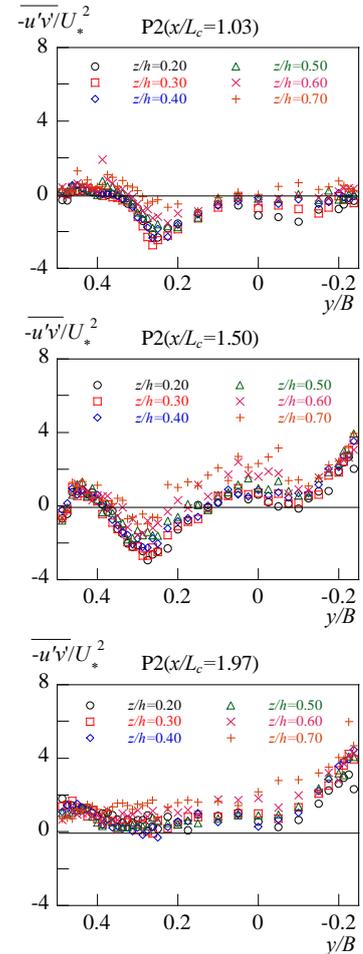


図-5 レイノルズ応力の横断方向分布

鳥状に植生が配置されることで流下方向に流れが蛇行し、その影響により二次流の形態が大きく変化することが明らかとなった。

(2) 横断面における乱れ特性

P2 の横断方向分布における乱れエネルギーを図-4 に、レイノルズ応力  $-u'v'$  を図-5 に示す。乱れエネルギーは次式により表す。

$$K = \frac{1}{2} (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) \quad (1)$$

$x/L_c=1.03$  においては、乱れエネルギーおよびレイノルズ応力のいずれも  $y/B=0.2$  付近で乱れが強く発生している様子が見て取れる。また、この位置ではレイノルズ応力の分布より、乱れによる運動量は主流部から凹部内に運ばれている様子が確認できる。 $x/L_c=1.50$  では、 $x/L_c=1.03$  に比べ左岸側壁付近の乱れエネルギーが大きくなるとともに、右岸側のレイノルズ応力が大きな値をとることが見てとれる。これは  $x/L_c=1.03$  から流下方向に向かうにつれ右岸側の植生帯の影響が大きくなるためだと考えられる。 $x/L_c=1.97$  においては  $y/B=0.2$  付近の乱れは減少し、周囲と同程度の値をとっている。

横断方向には右岸側で最も乱れが強く発生するものの、横断方向に大きな差異がなくなることも確認できる。

このため、流下方向に凹部から植生帯を有する領域では、植生帯の直上流側では植生の影響は強くは現れず、植生帯の中央付近に向かうにつれ乱れが発達していくことが認められる。

4. おわりに

本研究では透過性の不連続的側岸凹部を有する開水路流れにおいて、主に植生帯千鳥配置について三次元的乱流構造を明らかにした。今後はその他の配置パターンについても詳細に検討を行っていく。

【参考文献】

- 1) 田中貴幸, 大本照憲, 斎藤俊貴: 流下方向に非植生域を有する種々の植生配置条件が開水路の乱流構造に与える影響, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 72, No. 4, I\_565-I\_570, 2016.
- 2) 田中貴幸, 大本照憲: 透過性および不透過性の凹部流れにおける抵抗特性と流動機構, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.68, No.4, pp.I\_805-I\_810, 2012.