

越流状態における植生群落を有する開水路流れの乱流構造解析

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○飯田 真帆
 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

河道内における植生群落は、流れの抵抗特性に大きな影響を与えるため、治水安全度を適切に評価した上で植生管理を行う必要がある。愛知県の新郷瀬川では河川整備に際し、環境水制工を用い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。その中で内藤ら¹⁾は、流下方向に不連続的植生群落を有する開水路流れにおいて、非越流状態での植生配置の違いが開水路の流速分布や乱れ特性に与える影響について明らかにした。しかし、越流状態については未だ検討がなされていない。そこで本研究では、越流状態における流下方向に不連続的植生群落を有する開水路流れの乱流構造について実験的に解析する。

2. 実験条件

全長 10m, 幅 $B=40\text{cm}$, 高さ 25cm からなる循環式可変勾配開水路を用い、実験を行った。実験条件を表-1 に、植生の配置パターンを図-1 に示す。植生帯の模型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。流速の点計測には I 型の電磁

表-1 実験条件

配置パターン	流量 $Q(\text{l/s})$	模擬植生帯の密度 $\lambda(\text{本}/\text{cm}^2)$	植生直径 $d(\text{mm})$	植生高 $H_v(\text{cm})$	水路勾配 I
P1 並列配置	8	4	0.242	6	1/1,000
P2 千鳥配置					
P3 片岸配置					

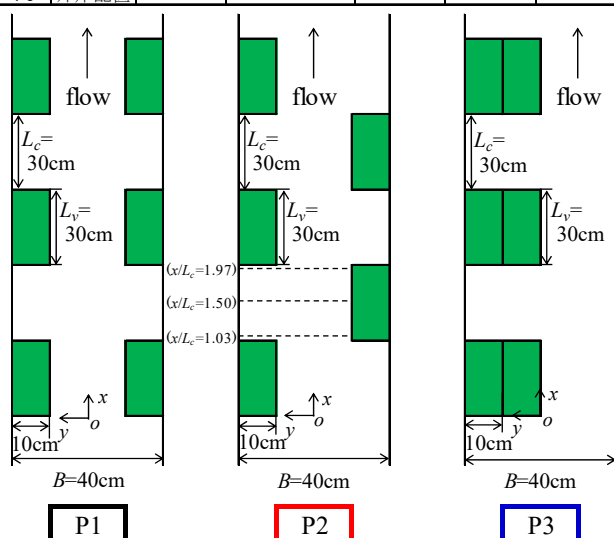


図-1 植生の配置パターン

流速計を用い、データのサンプリング周波数は 100Hz, サンプリングデータ数は 4100 とした。

図-2 に田中ら²⁾の研究により明らかになった各植生配置における流れの抵抗特性を示す。いずれの流量においても P2 で最も抵抗が大きくなり、次いで P1, P3 となることが明らかとなった。そこで本研究では、最も抵抗が大きくなった P2 に着目し、越流状態の $Q=8\text{ l/s}$ における流動機構について検討する。

3. 流動機構

(1) 横断面における主流速分布

図-3 に P2 配置の $x/L_c=1.03, 1.50, 1.97$ における横断面の主流速の等値線を示す。いずれの断面においても主流速の極大値が水路中央の $z/H_v=0.5$ 付近に発生している。これは、植生による二次流や植生の揺動の影響によるものだと考えられる。 $x/L_c=1.03$ の左岸側凹部における水面下では、直上流に植生帯を有する影響により、主流速が周囲に比べ小さな値を取っている。しかし、流下方向に向っていくと負の極大値が小さくなっていくことが確認できる。

(2) 横断面における移流における運動量輸送量

主流部と植生帯、凹部との境界付近では横断方向の運動量輸送が活発となることが予測される。横断方向の運動量輸送を次式で与える。

$$\overline{uv} = (\overline{U + u'})(\overline{V + v'}) = \overline{UV} + \overline{u'v'} \quad (1)$$

$\overline{UV}$ は移流による運動量輸送を、 $\overline{u'v'}$ は流速変動による運動量輸送を示す。

図-4 に移流による運動量輸送量の分布を示す。移流

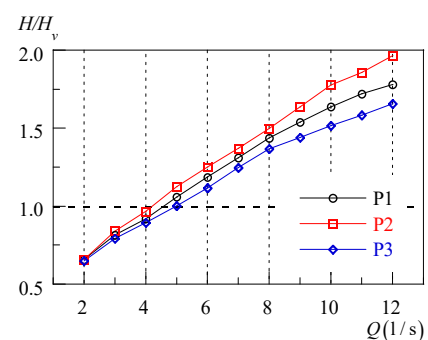


図-2 流量と水深の関係

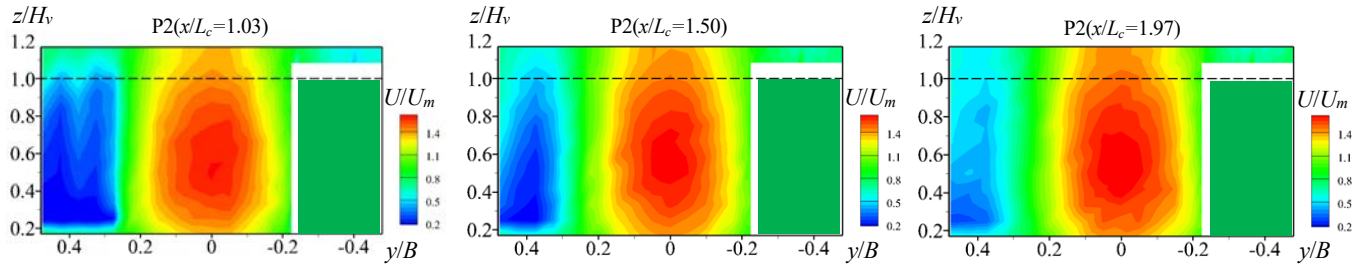


図-3 横断面における主流速分布

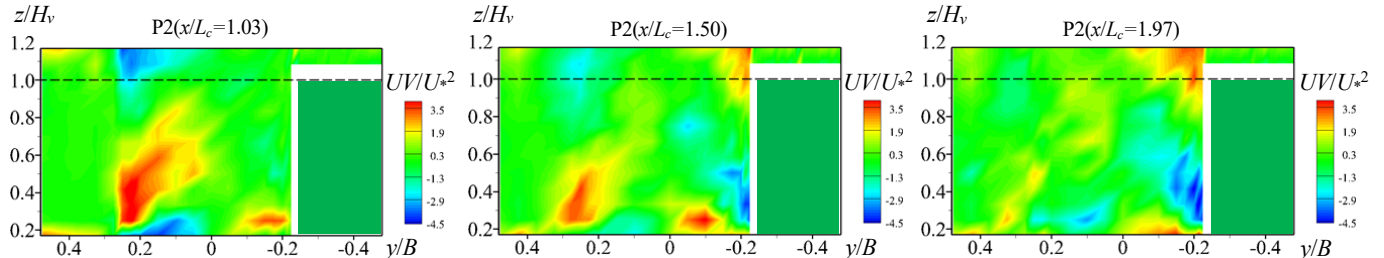


図-4 横断面における移流による運動量輸送量

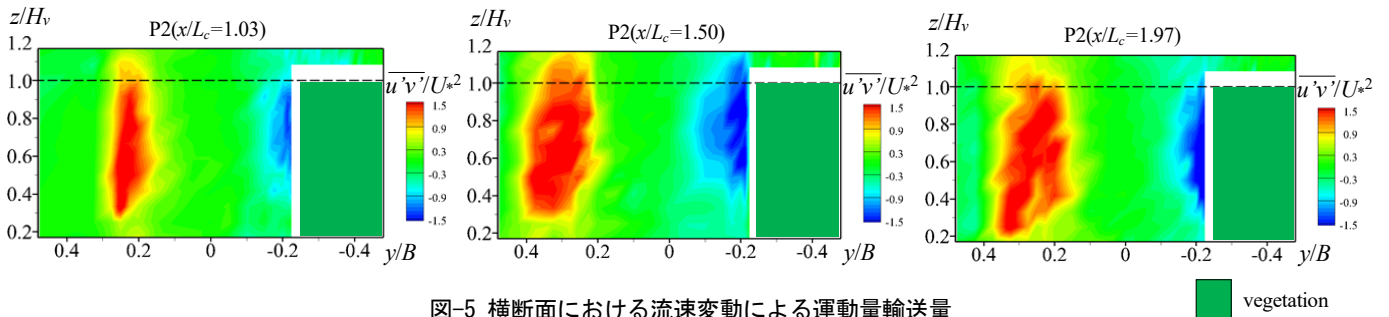


図-5 横断面における流速変動による運動量輸送量

による運動量輸送量は $x/L_c=1.03$ の $y/B=0.2$ の底面付近で大きな値を示し、主流部から凹部内へ運動量が運ばれている。一方で、水面付近では凹部から主流部に運びこまれていることが確認できる。また、 $x/L_c=1.03$ から下流に向かうにつれて左岸側の運動量が減少し、右岸側の運動量が増加していく様子が見て取れる。これは、 $x/L_c=1.03$ の直上流に植生帯があり、下流に向かうとその影響が小さくなっていき、右岸側にある植生帯の影響が大きくなっていくためだと考えられる。

(3) 横断面における流速変動による運動量輸送量

図-5 に P2 配置の横断面における流速変動による運動量輸送量の分布を示す。 $x/L_c=1.03$ の $y/B=0.2$ 付近では主流部から凹部内に運動量が運ばれており、鉛直方向に大きな値を示している。これは直前の植生帯の影響が強く現れているためと考えられ、下流に向かうとその影響が小さくなり、 $x/L_c=1.50$ 、 $x/L_c=1.97$ では大きな値を示す位置が横断方向に広がっていく様子が見て取れる。一方で右岸側植生帯境界付近では流下方向に向かうにつれ植生帯の影響が大きくなることから運動量輸送量は負の大きな値を示すことが確認できる。

また、移流による運動量輸送量と比較すると、その

極大値は流速変動に比べ移流による運動量輸送量が大きな値を示すことが認められる。これにより、越流状態では非越流状態に比べ三次元性が強い流れ場となることが明らかになった。

4. まとめ

本研究では、越流状態における流下方向に不連続的植生群落を有する開水路流れの乱流構造について植生帯千鳥配置対象とし、その流動機構について解析した。これにより、越流状態では流速変動による運動量輸送に比べ、移流による運動量輸送量が大きな値を示し、より三次元性の強い流れ場となることを明らかにした。

【参考文献】

- 1) 内藤良介, 田中貴幸: 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, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, pp.115-116, 2017.
- 2) 田中貴幸, 大本照憲, 古川和樹: 側岸凹部を有する種々の植生配置条件における開水路流れの抵抗特性と乱流構造, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 71, No. 4, I_1045-I_1050, 2015.