

越流状態における植生開水路流れの三次元乱流構造解析

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○青木 慶吾
豊田工業高等専門学校 正会員 田中 貴幸
豊田工業高等専門学校 大野 寛人

1. 研究背景と目的

河道内における植生群落は、生物の生息・生育・繁殖環境になりえるという利点がある。しかし、流れが複雑になり流れの抵抗特性に大きな影響を与える。そのため治水安全度を工学的に解明し、適切な植生管理を行う必要がある。その中で田中ら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。また、志智ら²⁾により、越流状態における植生群落を有する開水路流れの流れ特性について明らかにした。しかしながら、越流状態における三次元乱流構造については十分に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について実験的に解析し、それぞれの配置との比較を行う。

2. 実験条件

全長 10m, 幅 $B=40\text{cm}$, 高さ 25cm からなる循環式

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 P2 P3	8	4	0.242	6	1/1,000

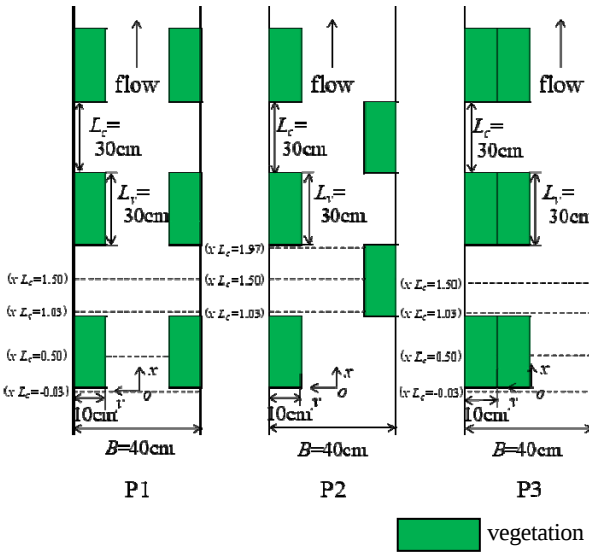


図-1 植生の配置パターン

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ースルを貼り付けたものを使用した。流速の点計測にはI, L型の電磁流速計を用い、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¹⁾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で最も抵抗が大きな値を示した。

3. 流動機構

(1) 横断面における主流速と二次流ベクトル

各配置での流下方向における植生帯中央断面であるP1, P3配置の $x/L_c=0.50$, P2配置の $x/L_c=1.50$ における主流速と二次流ベクトルの等値線を図-3に示す。いずれの配置においても、主流速の極大値は主流部の $z/H_v=0.5$ 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。また、P1配置においては、主流速の極大値が水路中央の水面付近にも発生している。このため、越流状態においては植生の影響により鉛直方向において主流速は特異な分布を示すことが明らかになった。

二次流ベクトルに注目すると、P1, P2の主流部と植生帯との境界付近において、 $z/H_v=0.4$ 付近では主流部から植生帯内に向かう流れ、 $z/H_v=0.8$ 付近では植生帯から主流部に向かう流れが発生している。P3においては、 $y/B=-0.2$, $z/H_v=0.5$ 付近では小さな循環流が発生し

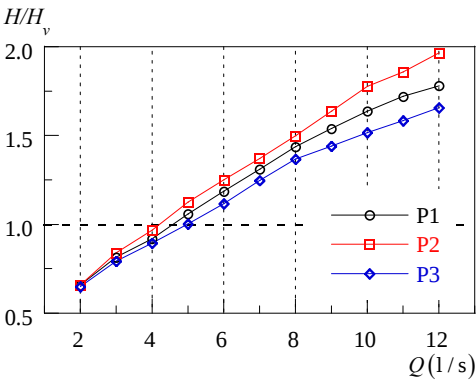


図-2 流量と水深の関係

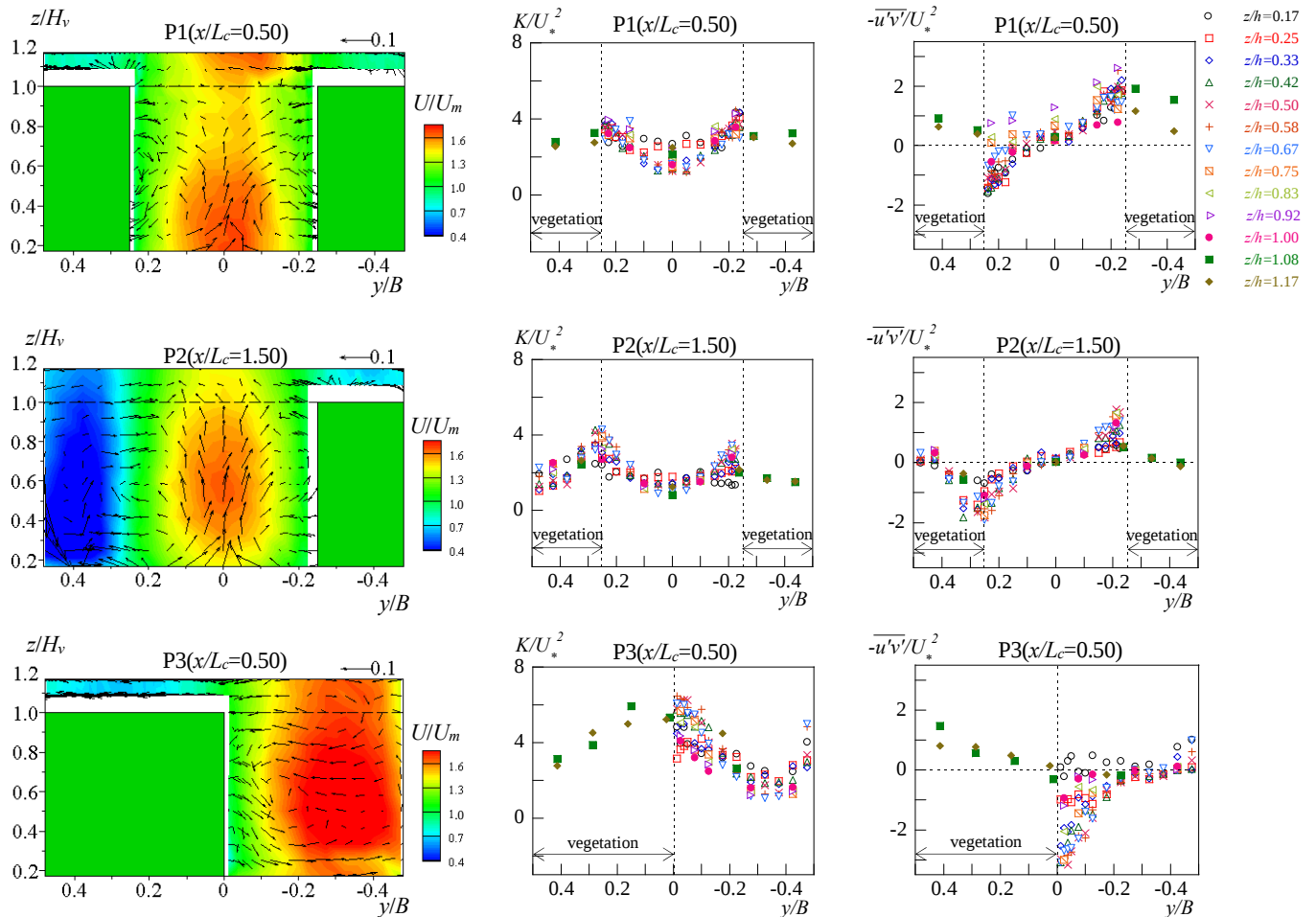


図-3 横断面における主流速と二次流ベクトル 図-4 横断面における乱れエネルギー 図-5 横断面におけるレイノルズ応力

ているのが見て取れるが、主流部と植生帯との境界付近において P1, P2 のような二次流ベクトルの分布傾向は見られなかった。

(2) 横断面における乱れ特性

主流速と同様に各配置での流下方向における植生帯中央断面における乱れエネルギーを図-4 に、レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ を図-5 に示す。鉛直方向に植生を有している領域を **vegetation** と図に示す。乱れエネルギーは次式により表す。

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

いずれの配置においても主流部と植生帯、凹部との境界付近で乱れが大きく発生している様子が見て取れる。またレイノルズ応力分布より、乱れによる運動量は主流部から植生帯内や凹部内に運ばれている様子が確認できる。P3 においては、主流部と植生帯との境界付近において他の配置パターンに比べて乱れエネルギーが大きな値を示した。また P3 配置では、他の配置パ

ターンに比べて植生帯の上部においても大きな乱れが発生することが明らかとなった。これは片岸配置においては主流部と植生帯内の流速差が大きいことによるものであると考えられる。

4. おわりに

本研究では越流状態において、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、並列配置、千鳥配置、片岸配置について三次元乱流構造を実験的に明らかにした。

【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, pp. I_565-I_570, 2016.
- 2) 志智海斗, 田中貴幸: 様々な植生配置における越流状態の開水路流動機構, 令和元年度 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.149-150, 2020.