第Ⅱ部門

| 京都大学 | 学生員 | ○松本知将 |
|------|-----|-------|
| 名城大学 | 正会員 | 岡本隆明 |
| 京都大学 | 正会員 | 山上路生 |
| 京都大学 | 学生員 | 髙田真志 |

1. はじめに

河道内に遍在する植生群落周辺では流速の低減や 浮遊砂堆積の促進の要因となることが知られており, 水域環境の変化を評価する上で群落近傍の運動量・ 土砂輸送を理解することが重要である.植生群落近 傍における浮遊砂堆積は植生先端や群落外縁で発達 する渦構造によって決定されるが¹⁾,二次流の発達 による流れの3次元性の影響については十分に解明 されていない.また,現象の一般性を理解するために は,水理条件や群落形状などの諸条件を系統的に変 化させてそれらの影響を検討する必要がある.

本研究では群落幅の異なる 4 ケースの片側剛体植 生流れに対して鉛直面・水平面 PIV 計測を実施し, 群落周辺での流れの遷移過程に対する群落幅の影響 を調べる.また, PIV の計測断面を細かく設定し,群 落近傍における二次流の構造を明らかにする.

2. 実験方法·水理条件

本実験では長さ 10 m, 幅 0.40 m および高さ 0.50 m の水路を用いた. 図-1 に本研究で用いた実験装置の 鉛直面図を示す.水路上流端から約 4 m の地点の水 路右岸側底部に幅 $b_v = 8$ mm,厚さ $t_v = 2$ mm,高 さ h = 7.0 cm の剛体植生要素を正方格子状に配置 した.植生群落の密生度 a (単位体積あたりの前面 遮蔽面積)は 7.8 m⁻¹ とした.

流速計測として鉛直面および水平面 PIV 計測を実施した. 3.0 W の YAG レーザーを光源として水路上 方あるいは側方から厚さ 2 mm のレーザーライトシ ート (LLS)を照射し,高速カメラでデジタル撮影した.本研究では植生群落近傍における流れの遷移過 程を解明するために,各ケースについて LLS および カメラの設置位置を 15 cm 間隔で流下方向にシフト させて複数回計測を行い,植生群落内部を含む約 2.4



図-1 鉛直面 PIV 計測システム



図-2 二次流計測における LLS 照射位置

表-1 水理条件

| | $U_{\rm m}$ [m/s] | H[m] | <i>h</i> [m] | H/h | $B_{\rm p} [{\rm m}]$ | $B_{\rm p}/B$ |
|-------|-------------------|------|--------------|-----|-----------------------|---------------|
| Casel | 0.25 | 0.15 | 0.070 | 2.1 | 0.092 | 0.23 |
| Case2 | 0.25 | 0.15 | 0.070 | 2.1 | 0.188 | 0.47 |
| Case3 | 0.25 | 0.15 | 0.070 | 2.1 | 0.252 | 0.63 |
| Case4 | 0.25 | 0.15 | 0.070 | 2.1 | 0.316 | 0.79 |

m 領域の流速分布を計測した.また、流れが発達する群落下流端付近を対象に LLS の照射位置を細かく 設定して鉛直面・水平面 PIV を実施し(図-2),二次 流ベクトル (V,W)の横断面分布を計測した.

表-1 に本実験の水理条件を示す. 断面平均流速 *U_m* および全水深 *H* は一定とし, 群落幅 *B_p* のみを 計4通りに変化させてその影響を調べた.



図-3 鉛直レイノルズ応力 - uv の鉛直面コンター



図-4 時間平均横断流速 W の水平面コンター

3. 実験結果

図-3 に群落中央ライン $(z = 0.5B_p)$ における鉛直 レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の鉛直面コンターを示す. 植 生先端付近においてレイノルズ応力が大きくなって おり, 鉛直渦が発達している. このような鉛直渦の発 達は群落幅の大きいケースほど顕著になるが, これ は植生要素の遮蔽面積が増加することで植生内外の 流速差が大きくなるためと考えられる.

図-4 に河床近傍 (y/h = 0.14) における時間平均横 断流速 W の水平面コンターを示す. 群落上流端付 近では流れの遷移に起因する Diverging flow (W > 0) が形成されているが,流れが発達する群落下流側に おいても正の横断流速は減衰せず、逆に増加する様 子が確認される. さらに,群落外縁近傍 ($z \approx B_p$) で は群落内部に入り込む流れ (W < 0) が形成されてい る. このような正負の横断方向流速の対は群落外縁 における二次流の形成を示唆しており,鉛直渦・水平 渦の発達と密接に関連していると予想される.

非植生域における水平渦の空間スケールを評価するために、群落下流 (x/H = 7.2)の河床近傍について次式の積分長さスケール L_x を算出した(**図-5**).

$$L_x(x,z) = \int_0^\infty \frac{\overline{u(x,z,t)u(x+r,z,t)}}{u'(x,z)u'(x+r,z)} dr$$

群落幅が最も大きいケースでは群落幅が中程度のケ ースよりも値が小さい.これは群落幅が大きいケー



図-5 水平渦の積分長さスケール L_z



図-6 群落下流端付近の二次流計測結果(Case 3)

スほど対岸側壁の影響が増大し、大規模水平渦の形 成が抑制されるためと考えられる.

図-6 に群落下流 (x/H = 7.2) における二次流ベク トル (V,W) および鉛直・水平レイノルズ応力の差 $\overline{uw} - \overline{uv}$ の横断面分布を示す ($B_p/B = 0.63$). 群落 外縁付近で反時計回りの渦状流れがみられるほか, 河床近傍では植生域に入り込む流れが形成されてい る.また植生先端付近を含む広範囲に置いて鉛直渦 が水平渦よりも卓越しており,鉛直渦による運動量 輸送が二次流の形成を引き起こすものと推測される. このような二次流構造は,鉛直渦の形成が比較的活 発であり,さらに対岸側壁の影響が小さい群落幅が 中程度のケースにおいて最も顕著に発達する.

4. おわりに

本研究では鉛直面・水平面 PIV による流速計測を 通じて植生群落近傍の渦構造および二次流構造を明 らかにした. 今後は二次流の形成メカニズムおよび 浮遊砂輸送への影響について考察していきたい.

参考文献

 松本知将, 岡本隆明, 山上路生, 岡田啓頌, 赤堀良 介, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 78, No. 2, I_595-I_600, 2022.