

第Ⅱ部門

剛体・柔軟植生群落近傍の二次流及び浮遊砂堆積に関する実験的研究

京都大学 学生員 ○高田真志
 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

1. はじめに

河道の樹林化は河積の減少や植生群落周辺の流速の低減を引き起こし、河川の流下能力の低下につながる事が知られている。この樹林化が進行する要因の1つとして、植生群落周辺への浮遊砂堆積が挙げられる。堆積領域は、植生群落近傍で生じる二次流・乱流構造と密接に関連していると予想される。このような現象のメカニズムを知ることは、樹林化の進行を予測し、河川管理を適切に行う上で非常に重要である。

開水路流れにおいて植生群落が二次流や大規模渦の生成に影響を及ぼすことは知られている。しかし、植生高さや曲げ剛性などの植生要素のパラメータおよび水理条件の変化が群落近傍の流れの構造や浮遊砂輸送に及ぼす影響については、まだ十分に解明されていない。松本ら¹⁾は曲げ剛性の異なる植生を配置して水路実験を行い、剛性による渦構造の変化が平均流構造・浮遊砂堆積領域を決定することを示唆したが、流速計測の計測断面は限定的である。そこで本研究では室内水路実験を通じて、植生群落近傍の二次流および乱流の3次元の構造について調べるとともに、植生要素の剛性を系統的に変化させ、植生剛性が流れ場や浮遊砂堆積に及ぼす影響を考察した。

2. 実験方法・水理条件

本研究では鉛直面 PIV および水平面 PIV を実施し、植生群落近傍の平均流・乱流構造について考察した。図-1 に鉛直面 PIV 計測装置図を示す。図中の x, y および z はそれぞれ流下方向、鉛直方向および横断方向位置であり、植生群落上流端を $x = 0$ 、水路床高さを $y = 0$ および水路中央を $z = 0$ とした。3.0 W の YAG レーザーを光源として、鉛直面 PIV では水路上方から厚さ 2 mm のレーザーライトシート (LLS) を照射し、水路側方に設置した高速 CCD カメラ (1280×1024 pixel) でデジタ

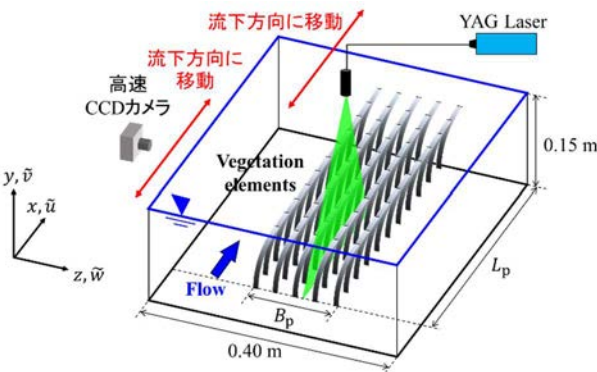


図-1 鉛直面 PIV 計測システム

表-1 水理条件

U_m	H	Re	Fr	t_v	EI	$\bar{h}_d/H$	植生剛性の分類
[m/s]	[m]			[mm]	[N·m ²]		
0.25	0.15	3.8×10^4	0.21	0.2	2.9×10^{-6}	0.22	Flexible
				0.3	9.9×10^{-6}	0.30	Flexible
				0.4	2.3×10^{-5}	0.53	Flexible
				0.5	4.6×10^{-5}	0.75	Flexible
				2.0	1.8×10^{-2}	1.0	Rigid
				2.0	1.8×10^{-2}	0.47	Rigid

ル撮影した。計測画像から鉛直面の瞬間流速ベクトル ($\tilde{u}, \tilde{v}$) を算出した。水平面 PIV では水路側方から LLS を照射し、高速カメラは水路上方に設置して ($\tilde{u}, \tilde{w}$) を算出した。なお、群落後流域では流れ場の3次元の構造を明らかにするため、LLS の照射位置を変化させて計測した。

さらに群落周辺の流れ場と浮遊砂輸送との関係を検討するため、水路内に珪砂 8 号 (平均粒径 53~75 μm) を投入して (浮遊砂濃度 $c = 9.4 \times 10^{-4}$) 水路内で 2 時間循環させ、その後水を抜いて堆積状況を撮影した。

表-1 に本実験の水理条件を示す。いずれのケースでも流量、水深は一定である。柔軟植生は植生要素の厚さ t_v を 4 通り用意し、曲げ剛性 EI を変化させた。剛体植生は非水没、水没の 2 ケースで実験を行った。

Masashi TAKADA, Kazumasa MATSUMOTO, Taka-aki OKAMOTO, Michio SANJOU
 takada.masashi.74z@st.kyoto-u.ac.jp

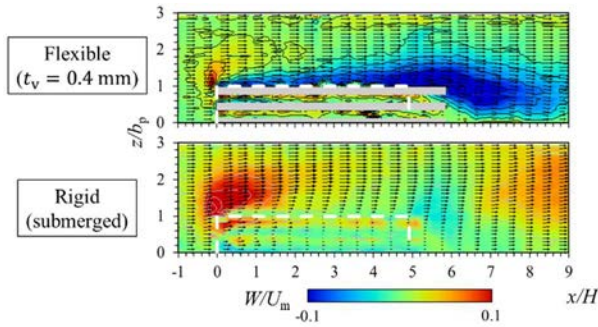
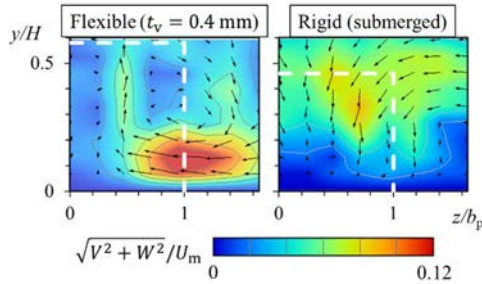
図-2 時間平均横断方向流速 W の水平面コンター

図-3 二次流ベクトル絶対値の横断面コンター

3. 実験結果

植生の柔軟性が流れ場に与える影響を検討するため、倒伏高さが全水深の半分程度である柔軟植生の 1 ケース ($\bar{h}_d/H = 0.53$) と、その倒伏高さと同程度の高さの水没剛体植生 ($h/H = 0.47$) で比較を行った。図-2 に河床近傍 ($y/H = 0.07$) における時間平均横断方向流速 W の水平面コンター図を示す。図中の b_p は群落幅の半分である。柔軟植生のケースでは、群落外 ($z/b_p > 1$) から群落内部および背後に入り込む流れ ($W < 0$) がみられる。一方で水没剛体植生のケースでは、群落直後 ($5 < x/H < 6$) で内側に入り込む流れ ($W < 0$)、その後流域で外側に向かう流れ ($W > 0$) がみられる。この違いから、2 ケースで二次流構造が異なると推測される。

図-3 に群落直後 ($x/H = 6.0$) における二次流ベクトル絶対値 $\sqrt{V^2 + W^2}$ の横断面コンター図を示す。図中の矢印が二次流ベクトル (V, W) である。柔軟植生のケースでは、植生倒伏高さ付近で水路側方に向かって流出し、下降したのちに河床近傍で水路中央に向かって流入するという、渦を巻くような流れが見られる。水没剛体植生のケースでは、植生高さ付近で水路中央に向かい、群落背後付近 ($0 < z/b_p < 1.2$) で下降している。このような二次流構造の違いは、植生要素が倒伏して流れに対して傾くことが影響していると予想される。

植生の柔軟性が流れに及ぼす影響を検討するため、直立高さ (植生要素の長さ) を揃えた 5 ケースで比較を行った。図-4 に群落外縁 ($z/b_p \approx 1$) における負の時間

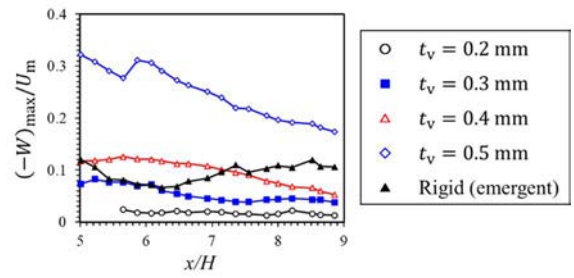


図-4 横断方向流速ピーク値の流下方向分布

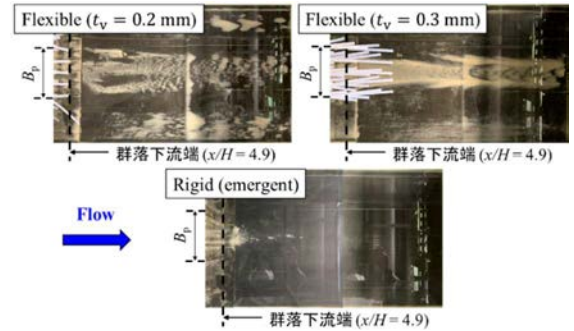


図-5 浮遊砂堆積状況

平均横断方向流速ピーク値 $(-W)_{\max}$ の流下方向分布を示す。剛性が高いほど値が大きくなっているが、非水没剛体植生のケースは柔軟植生で最も剛性の大きいケース ($t_v = 0.5$ mm) よりも値が小さくなっている。これより、剛性が中程度のケースで横断方向の流れ、すなわち二次流が最大となることが確認された。

図-5 に柔軟植生 2 ケース ($t_v = 0.2$ mm, 0.3 mm) と非水没剛体植生のケースにおける浮遊砂堆積状況の撮影画像を示す。図中の淡褐色の領域が堆積領域、黒色の領域が非堆積領域である。 $t_v = 0.3$ mm のケースが最も堆積量が多かった。他のケースと比較して二次流や水平渦が弱く、主流速の回復が遅いことが影響していると考えられる。

4. おわりに

植生流れに対する PIV 計測と浮遊砂投入実験により、植生剛性による平均流・乱流構造の変化が群落後流域における浮遊砂堆積に影響を及ぼすことが示唆された。今後は植生剛性に伴って変化する揺動や倒伏高さ等の条件それぞれについて影響を評価したい。

参考文献

- 1) 松本知将, 岡本隆明, 山上路生, 岡田啓頌, 赤堀良介: 植生群落近傍の渦構造・浮遊砂堆積に与える植生剛性の影響に関する実験的研究, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.78, No.2, I_595-I_600, 2022.