

柔軟植生群落近傍における乱流構造および浮遊砂堆積に関する実験的研究

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

近年国内の多くの河川において、植生群落の拡大による治水上および環境上の種々の問題が発生している。河道内に局所的に存在する植生群落周辺での土砂輸送を解明することが河床地形や河道内植生の動態を予測する上で重要である。特に、実河川では多種多様な木本類や草本類が生育しており、生育高さや柔軟性などの植生パラメータの影響について更なる検討が必要である。

本研究¹⁾では植生剛性に注目し、剛性の異なる4通りの植生流れを対象として水路実験を行う。まずPIVによる流速計測実験を実施し、植生群落周辺での流れの構造を明らかにする。また、浮遊砂堆積実験を実施し、植生剛性が群落近傍における渦構造や浮遊砂輸送過程に及ぼす影響について考察する。

2. 実験装置・研究方法

図-1に本研究で使用した実験水路の概略図を示す。本実験では長さ10m、幅0.40mおよび高さ0.50mのガラス製水路を用いた。水路上流端から約4mの地点の水路中央の底部にPTFE製柔軟植生要素（幅 b_v = 0.8cm、高さ h = 15.0cm）を正方格子状に配置した。

本研究では植生群落周辺および内部における流れの構造を明らかにするために、PIV流速計測を行った。3.0W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2mmのレーザーライトシート（LLS）を照射し、高速CCDカメラ（HAS）でデジタル撮影した。鉛直面PIVでは水路中央のnon-wake region（植生要素間）を、水平面PIVでは $y/H=0.07$ 、0.33の2水平面をそれぞれLLSの照射位置とした。LLSおよびカメラの位置を約15cm間隔で流下方向にシフトさせ、約2mの領域の流速ベクトル $(\tilde{u}, \tilde{v})$ および $(\tilde{u}, \tilde{w})$ を計測した。

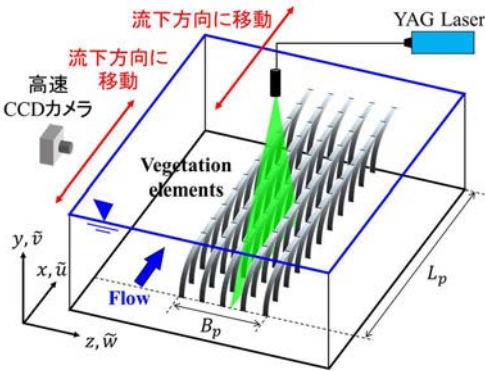


図-1 PIV計測システム（鉛直面）

表-1 実験条件

	U_m	H	Re	Fr	t_v	$\langle \bar{h}_d \rangle$	$\langle \bar{h}_d \rangle / H$
	[m/s]	[m]			[mm]	[m]	
Case1	0.25	0.15	38000	0.21	0.2	0.028	0.19
Case2	0.25	0.15	38000	0.21	0.3	0.071	0.47
Case3	0.25	0.15	38000	0.21	0.4	0.090	0.60
Case4	0.25	0.15	38000	0.21	0.5	0.110	0.73

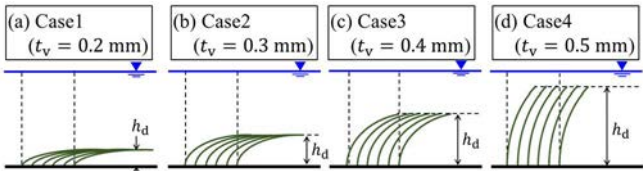


図-2 植生倒伏高さの変化

次に、PIVで計測した流れ場について浮遊砂堆積実験を行った。水路下流端の貯水槽に珪砂8号（沈降速度 $V_t = 0.25\text{--}0.47\text{ cm/s}$ ）を投入し、水とともに2時間循環させた（平均浮遊砂濃度 $c = 9.4 \times 10^{-4}$ ）。通水後、浮遊砂の堆積状況を水路上方からカメラで撮影し、堆積状況を観察した。

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 を一定とし、植生要素の厚さ t_v を変化させて剛性を4通りに変化させた（図-2）。

キーワード

柔軟植生群落, 乱流構造, 浮遊砂堆積, 植生剛性, PIV

連絡先

京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂）
e-mail: matsumoto.kazumasa.85s@st.kyoto-u.ac.jp

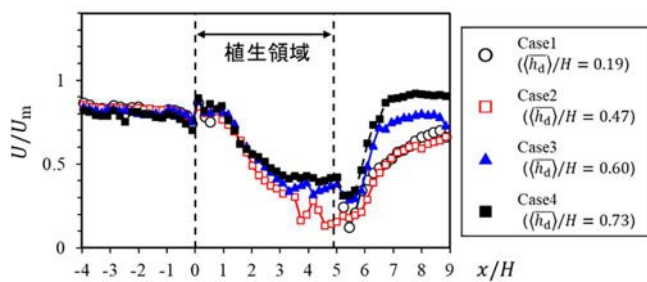
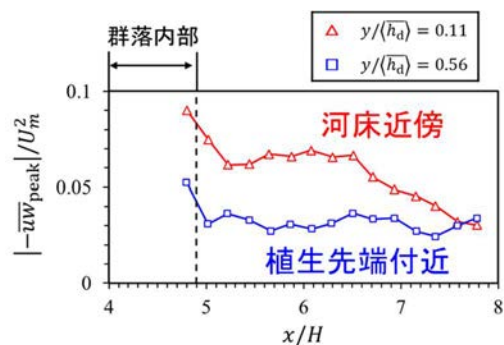
図-3 平均主流速の流下方向分布 ($y/H = 0.07$)

図-5 水平レイノルズ応力ピーク値 (Case3)

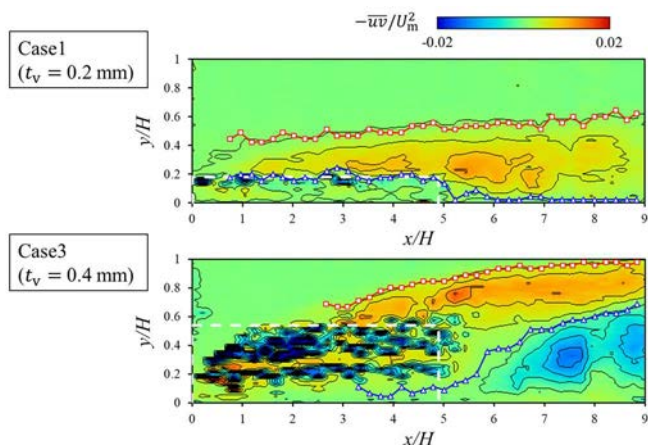


図-4 鉛直レイノルズ応力コンター (Case1, 3)

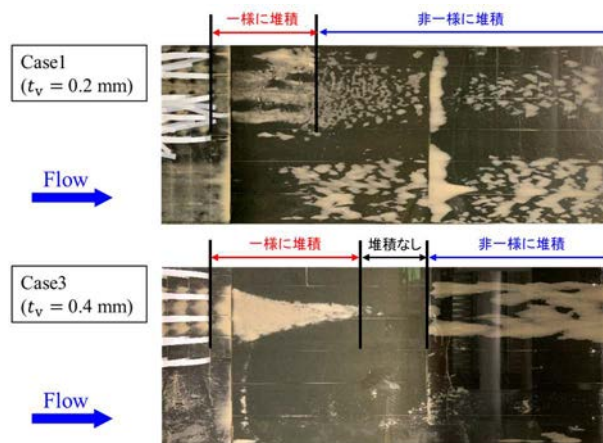


図-6 群落後流域における浮遊砂堆積

3. 実験結果

図-3に水路中央付近の河床近傍 ($y/H = 0.07$) における時間平均主流速の流下方向分布 $U(y)$ を示す。植生抵抗の影響により、主流速は群落内部 ($0 < x/H < 4.9$) で低減され、後流域 ($x/H > 4.9$) において再加速される傾向が確認される。特に、後流域では植生剛性が大きい Case3 および Case4 で比較的急激に主流速が回復しており、植生の柔軟性が群落近傍における運動量輸送過程に影響を及ぼすことが示唆された。

図-4に低剛性 (Case1) および高剛性 (Case3) の2ケースにおける鉛直レイノルズ $-\overline{uw}$ の鉛直面コンター図を示す。Case1では、植生先端付近で発達した鉛直渦が後流領域で河床近傍にまで浸透するのに対し、Case3では河床近傍においてレイノルズ応力が負になっている。これは主流速が植生先端よりも先に河床近傍で加速されることで、流速分布の勾配が負となる ($\partial U/\partial y < 0$) ためと考えられる。図-5に Case3 の2鉛直位置 ($y/\langle h_d \rangle = 0.11, 0.56$) における水平レイノルズ応力ピーク値 $-\overline{uw}_{peak}$ の流下方向分布を示す。全体的に河床近傍 ($y/\langle h_d \rangle = 0.11$) の方が植生先端付近 ($y/\langle h_d \rangle = 0.56$) よりも値が大きく、群落外

縁における横断方向の運動量輸送がより活発に行われていることが確認できる。したがって、後流域の河床近傍における主流速の再加速は、水平渦による横断方向の運動量輸送によるものであると考えられる。

図-6に2ケースの群落後流域における浮遊砂堆積状況を撮影した写真を示す。いずれのケースでも一様な堆積領域と、その下流側に非一様な堆積領域が存在する。また、剛性の大きいケースほど堆積領域が細くかつ短くなり、鉛直渦よりも水平渦の影響が大きくなることが示唆された。

4. おわりに

本研究では PIV 流速計測と浮遊砂堆積の観察を通じ、植生剛性が群落近傍の渦構造と浮遊砂堆積に及ぼす影響について考察した。今後は植生揺動の影響や浮遊砂堆積の空間分布について検討していきたい。

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.