

植生域内における流れのスケールと浮遊砂堆積機構の関連性の検討

愛知工業大学工学部都市環境学科 学生会員 ○春日井勇輝
愛知工業大学工学部都市環境学科 正会員 赤堀 良介

1. はじめに

我が国の多くの礫床河川では、最近の数十年の間に河道の樹林化が進んでいる。その原因として、河道の植生が安定化する過程で細粒土砂が植生域内部に取り込まれていくことが指摘されており¹⁾、対策にあたっては植生域内での土砂輸送、特に浮遊砂の挙動に関する理解が必要である。本研究では、杭により構成された模擬植生を有する流れ場に対して、微細なスケールでの流れ場と浮遊砂粒子の挙動を把握することを目的とする。具体的には、後流の浮遊砂への影響がどのような機構によるものかを室内実験を主体に検討し、植生が河道内の浮遊砂輸送にもたらす影響を解明することを目指す。

2. 研究方法

実験は、寒地土木研究所第4 実験棟内に設置された実験水路により行った(図-1)。水路は長さ15m、幅0.6m、側壁高さ0.3mとし、主要部材は木材で構成し、下流端から6.0mから7.5m 区間においては後述のPIV計測のため、側壁、底面とも透明なアクリル部材により構築した。水路下流端には水槽を設置し、水中ポンプにより循環通水を行った。植生を模した透過性構造物として真鍮製円柱を千鳥状に並べて設置した。植生域の設置状況の概要を図-2に示す。水路床勾配は1/2000 に固定し、下流端の堰上げの高さを調節し水深を9.3cm 前後に設定した。

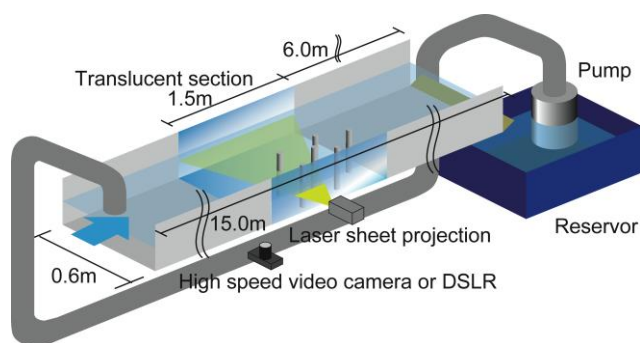


図-1 実験水路の概要

表-1 杭の配置条件

杭径	縦(列)	横(数)	本数	杭群密生度
3mm	32	6	192	2.880 (密)
3mm	15	3	45	0.675 (中)
3mm	10	2	20	0.300 (粗)
10mm	17	3	51	2.550 (密)
10mm	7	2	14	0.700 (中)
10mm	3	2	6	0.300 (粗)

実験では杭の直径(3mm, 10mm)及び杭群の密生度を変化させた際の浮遊砂の挙動を観測し、杭群後流における浮遊砂輸送のメカニズムを PIV (Particle Image Velocimetry)解析により検討した(杭の配置条件は表-1 を参照)。本研究でのケースでは、杭の径が変化しても同じ密生度であれば植生域に働く抗力はほぼ等しいと考えられ、時間平均的な流れの分布は類似したものとなる。この場合、杭径が異なるケース間では、杭径に規定された後流により乱れの空間的なスケールが異なる事が期待される。また本研究では、PIV において2種類の異なる粒子を使用した。一つ目の粒子は、比重 1.02, 粒径 0.49mm の樹脂製粒子(三菱化学製:ダイヤイオン HP20)であり、流体である水との密度差がほとんどないため、流れ場の構造の把握を目的として使用している。二つ目の粒子は、比重約 1.40, 粒径 0.14mm の PVC (塩化ビニル) 粒子であり、浮遊砂のモデル粒子として用いている。本実験では水平に照射したレーザーシートの高さを変更することで、 $z=2.0\text{cm}$, 4.0cm , 8.0cm の計3層での流況撮影と PIV 解析を行い、空間的な流れ場の把握を試みた。PIV 解析には、市販のシステム(カトウ光研製 FlowExpert)を用いて直接相互関法を適用した。

3. 結果と考察

ここでは代表して 3mm 密, 3mm 粗, 10mm 密のケースに結果を示すものとする。写真-1 は、これらケースにおける通水終了時の浮遊砂粒子堆積状況をアクリルの底面の下から撮影したものである。

まず、3mm 密, 10mm 密の差異を観察すると、3mm 密のケースでは個々の杭の下流側を中心として植生域全体に粒子が堆積しているが、10mm 密のケースではほとんど堆積が生じていないことが分かった。また、3mm 粗のケースに関しては、杭に規定された幅の内側に粒子の堆積が生じており、それ以外の領域で

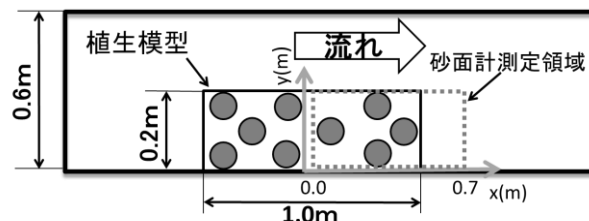


図-2 植生模型の配置状況
(点線の太枠は砂面形計測位置、縦横の矢印は本稿における座標系)

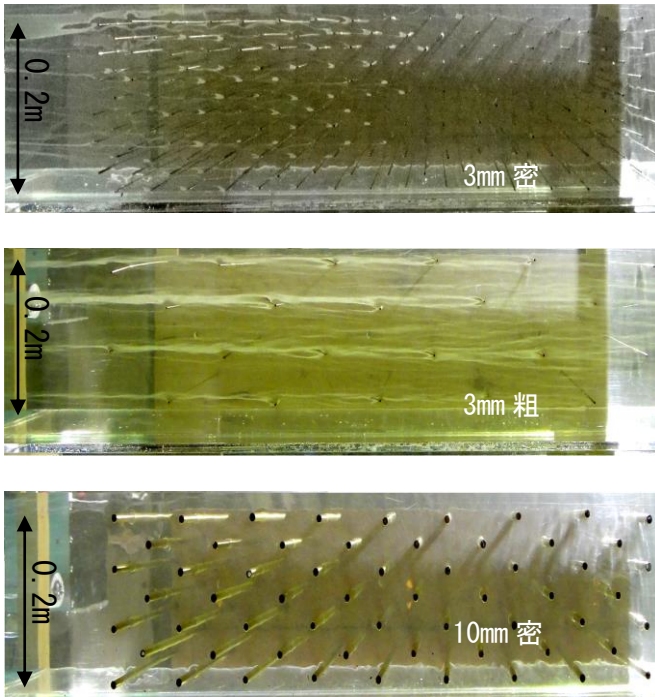


写真-1 植生下流の堆積状況 (下方から撮影)
上：杭の直径 3mm 密, 中：杭の直径 3mm 粗,
下：杭の直径 10mm 密

はほとんど堆積が見られない。

図-3 は、中立粒子(HP20)を用いた実験に対する PIV 結果に関して、 $z=4.0\text{cm}$ 平面における横断方向流速成分の瞬間値を抽出し、コンター図として示したものである。これらにおけるコンターのパターンを観察すると、3mm 密のケースでは領域全体に空間的に細かい変動のパターンが見られるのに対し、10mm 密のケースでは、その変動のパターン自体が空間的に大規模なものとなっており、3mm のケースで示されたような細かな変動パターンを生じている領域は観察されない。図-3 中の×印における流速の横断方向成分の変動に対して高速フーリエ変換を用いた検討を行うと、図-4 に示されたように 3mm 密のケースの場合は 10mm 密のケースと比較してピークがより高周波に位置していることから、このスケールの違いは定量的にも確認される。

写真-1 で示された堆積の生じた領域が上記において細かな変動パターンを生じていた領域と重なっていることから、浮遊砂粒子の植生域での堆積にあたっては、特定の杭径の植生がもたらす微細な乱れが影響を与えている事が推測される。

参考文献

- 1) 藤田光一, 渡辺敏, 李参熙, 塚原隆夫: 礫床河川の植生繁茂に及ぼす土砂堆積作用の重要度, 河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, 第4巻, pp. 117-122, 1998

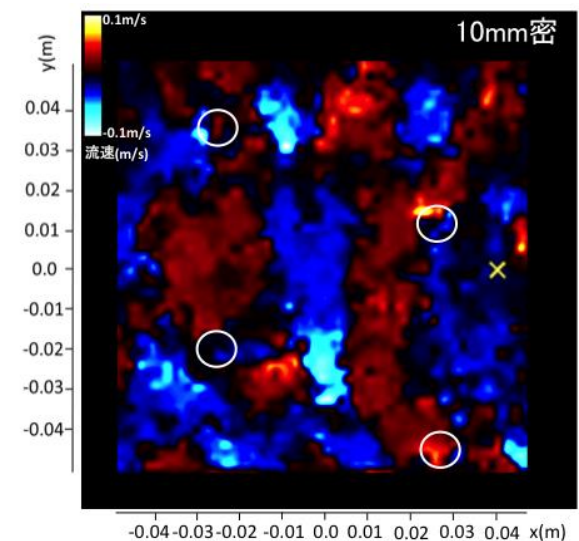
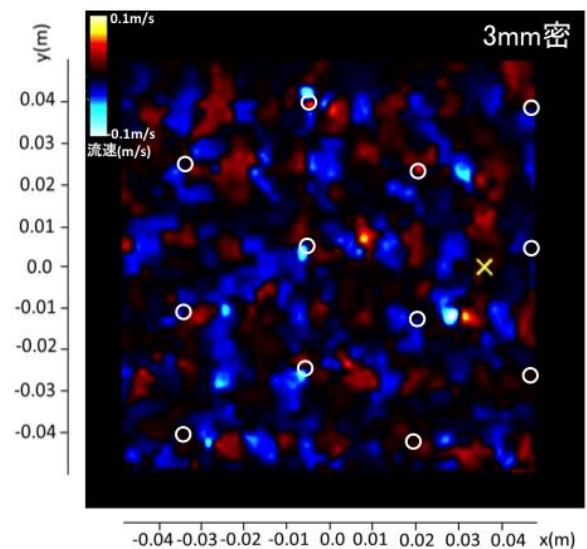


図-3 中立粒子(HP20)に対する PIV 結果の瞬間値を横断方向流速成分のコンター図として示したもの($z=4.0\text{cm}$), 上: 3mm 密, 下: 10mm 密, 白丸: 杭の位置

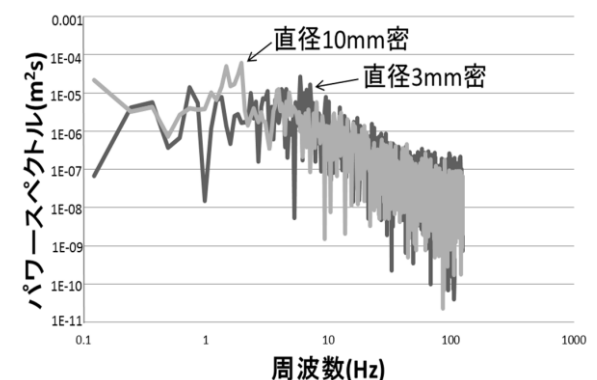


図-4 図-3 内の×印箇所における鉛直方向流速成分変動値に対するスペクトル解析 (3mm 密と 10mm 密の結果を示す)