並列らせん流と流木の相互作用に関する基礎的研究

熊本大学工学部　学生会員　植木真帆

1. はじめに

近年多発している台風等による集中豪雨を起因とした土石流の発生は, 大量の水や土砂礫, そして流木などを放出し災害による被害を拡大させている.

災害時に放出された流木は洪水災害や土石流災害による被害拡大, 人為的被害拡大の要因につながる恐れがあり, 不透過型防堰堤や木除け杭による河道閉塞に対する対策が取られているが, 十分でないのが現状である.

既往研究では, 流木速度と表面流速の同時計測は成されておらず, 流木と表面流速の相対速度に対して実証的研究事例は少ない.

本研究では, 高精度の流木速度を得るために撮影には高解像度の高速度カメラを用い, 表面流速にはPIV(Particle Image Velocimetry)および PTV(Particle tracking Velocimetry)を適用した.流木と表面流速の相対速度に与える水路勾配,流木長,流木の形状について流木の運動方程式および実験結果を基に検討した.また実験水路の河床に縦筋河床を模擬した縦桟粗度を固定することにより,降水時の実際の河床を再現した.

2. 実験装置及び方法

実験に使用した水路は, 図-1 の様に長さ 15m, 幅 60cm, 高さ 40cm の可変勾配型の循環式直線水路である. 側壁は強化ガラス製となっており, 側壁からのカメラ撮影, レーザー光が照射可能となっている． 次に縦筋の横断方向の河床変動を模擬するためにスチール製の底面に図-2 に示す底面 0.5cm, 高さ 0.5cm, 長さ 10m のアクリル製正三角形桟粗度を水路中央及び中央から ±10cm,±20cm 位置に, 流下方向に上流より 2m～12m の区間にわたって設置した． 実際の河床にはこのような規則的な形状は存在しないと思われるが, その影響を強調するためにこのような形状とした． 開水路で観察される二次流の間隔は水深 h のほぼ 2 倍と言われている [1]． 本実験の場合, 二次流の間隔となる粗度の一区間の間隔は 10cm であるため，水深は 5cm である水理条件が好ましい. そのため, 水深 h=5cm で固定をし, 勾配を 1/300, 1/500, 1/1000 の 3 種類に変化させた.

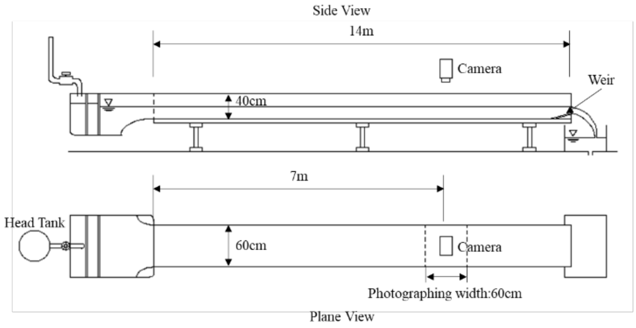


図-1 実験水路

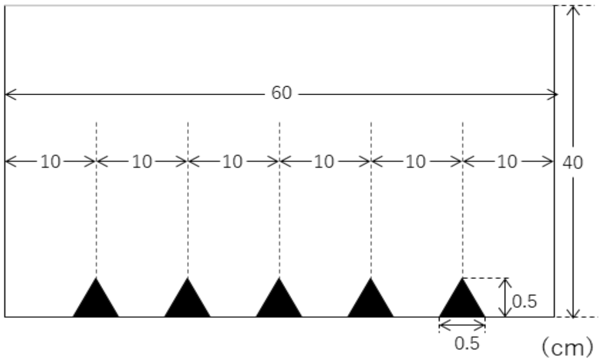


図-2 実験水路

表-1　水理条件

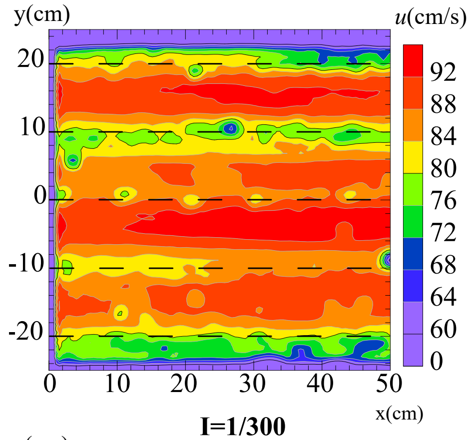
No.	1	2	3
Discharge　Q(l/s)	23.5	18	12.9
Channel slope　Io	1/300	1/500	1/1000
Flow depth　H(cm)	5	5	5
Mean flow velocity Um(cm/s)	78.33333333	60	43
Froude number $Um/(gH)^{1/2}$	1.12	0.86	0.614

実験で用いた流木は, 単体投入実験では比重 0.7, 直径 0.6cm, 長さが 5cm, 10cm, 15cm の 3 種類の棒状の樹種メンピサンである. 流木が時間経過とともに水を吸収し, 比重が変化することを抑えるために防水剤を塗布した. なお, 全ケースおいて流木の投入位置は, 開水路の上流

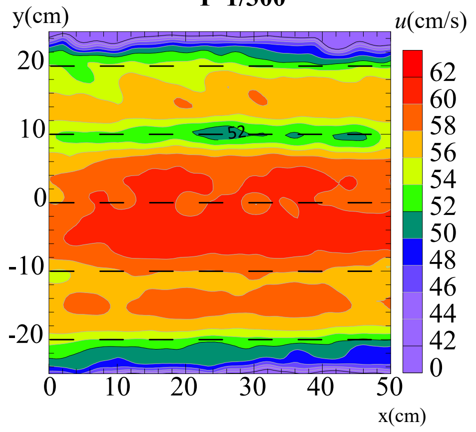
端より 2m 下流側の水路横断方向中央部より右岸方向に 5cm の位置とした．

流速の計測には，非接触型の代表的な画像処理法である PIV(Particle-Image Velocimetry)法を用いた．勾配 1/300 においては 250fps(frame per second), 1024×1024(pixel)のモノクロビデオ画像として，勾配 1/500，1/1000 においては 125fps，1024×1024(pixel)のモノクロビデオ画像としてコンピューターのハードディスクに記録され，PIV 法により画像処理を行った．このときの計測範囲は水路幅中央から横断方向に±10cm とし，この範囲の時空間平均を表面流速とした．なお，トレーサーとして粒径 100μm，比重 1.02 のナイロン粒子を注入した．また，対象とする流木の解析区間は投入条件や側壁の影響を避けるために上流端より 7m～7.6m の下流区間において水路中央より±10cm の範囲とした．単体投入実験における流木の平均速度は，重心位置が所定の流下距離を移動に要するコマ数（移動時間）から計測した．計測対象区間の水路床には水路中央および中央から横断方向に±10cm 位置に計測対象区間に 10cm 置きに白印を付けた．

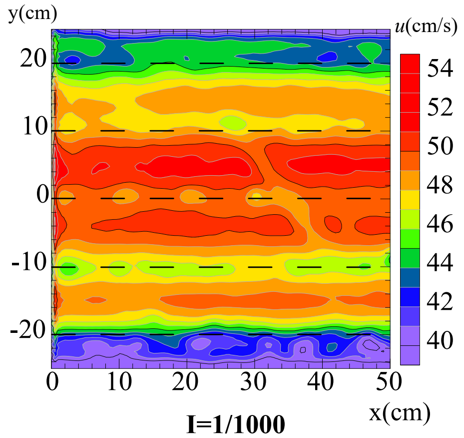
3. 実験結果



I=1/300



I=1/500



I=1/1000

図-3 各勾配における表面流速のカラーコンター

図3ではそれぞれ，水路勾配1/300,1/500および1/1000における表面流速の平均ベクトルを-25cm＜y＜25cmの範囲をカラーコンターで示した．y=0cm,±10cm,±20cmの位置には粗度を入れており、点線で示している．y=±10cm,±20cmの位置ではどの勾配の時も比較的寒色になっている．本来であればy=0cmの位置でも低速度域になっていることが望ましいが，どの勾配も高速度域と低速度域が混在するという結果になった．また，y=±5cm,±15cm位置の粗度を設置していない部分の高速度区間では暖色となっている．そのため，全体的に筋状の模様が現れている．二次流のはたらきで粗度中央部の流速が大きくなり，粗度に近づくにつれて小さくなっていることが考えられる．

4. 結論

本研究では，並列らせん流が流木の挙動へもたらす影響について検討した．

5. 参考文献

1)中川博次，祢津家久，冨永晃宏：2次流を伴う流れの乱流構造について，1982年2月，第26回水理講演会論文集， p 469-474

2)大本照憲， 平野宗夫， M.S.パルー:縦筋河床上の三次元乱流構造について,1989 年 2 月,第 33 回水理講演会論文集,P529-534