

京都大学工学部
 京都大学大学院工学研究科
 京都大学大学院工学研究科
 京都大学大学院工学研究科

学生会員
 正会員
 学生会員
 正会員

○田中健太
 岡本隆明
 染谷智紘
 山上路生

1. はじめに

豪雨時には河川に流出した流木が橋脚部に集積し、河道を閉塞させ河川の水位が急激に上昇することで、洪水被害が拡大することが知られている(図-1 2018年宍粟市高野川, 岡本ら(2019)¹⁾).

これまで氾濫解析において河道閉塞率は100%とされることが多く、河道閉塞率を定量的に評価した研究はほとんどない。また1ピア橋梁での流木集積による河道閉塞のメカニズムや流木閉塞が発生する限界条件については不明な点が多い。そこで本研究では1ピア橋梁において流木集積実験を行い、最終的な流木塊の大きさや堰上げ水深を計測した。またポラス板によって河道閉塞率を定量的に評価した。次にビデオカメラで流木塊の形成過程を撮影し、堰上げ水深も同時に計測することで、流木沈下が堰上げ水深に与える影響を調べた。

2. 実験手法および水理条件

図-2のように流木集積実験には長さ10m、幅0.4m、高さ0.5mの可変勾配水路を用いた。 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である。流下方向原点 $x=0$ は橋梁の上流端位置、鉛直方向原点 $y=0$ は水路底面、 $z=0$ は水路右側の側壁とした。水路右岸側から流木塊の形成過程を観察できるように氾濫原模型(塩ビ製)を水路左側に設置した。水路幅は $B_m=0.2\text{m}$ 、氾濫原幅は $B_f=0.2\text{m}$ である。氾濫流による流木流出を再現するため氾濫原の高さは $D=0.1\text{m}$ とした。橋梁模型(1/60スケール)は水路上流端から4.0mの位置に設置した。橋長0.2m、幅員0.05m、床板厚0.01m、高さ0.01mで、高さ0.09m、幅0.02mの橋脚が橋桁の中央に付いている。橋脚と側壁の距離は $B_R=0.09\text{m}$ である。橋模型の上部には欄干部として高さ0.03m、幅0.02m、厚さ2mmのメッシュ(メッシュサイズ3×3mm)板を取り付けている。流木模型として木製円柱(直径 $d=6\text{mm}$ 、長さ $l=0.09$ 、0.12m(1/60スケール)、 $l/d=15, 20$ 、比重 $\rho_d=0.7$)を用いた。

橋模型の2m上流から水路中央部に流木模型を同時にまとめて10本ずつ投入した。着水時の流木の方法はランダムである。捕捉された流木は除去せず続けて流木を投入した。これを堰上げ水深が増加しなくなるまで繰り返し行った。最大投入本数は2000本である。流木の投入終了後、流木塊の流下方向長



図-1 1ピア橋梁での流木集積と迂回氾濫流 (2018年7月宍粟市高野川)

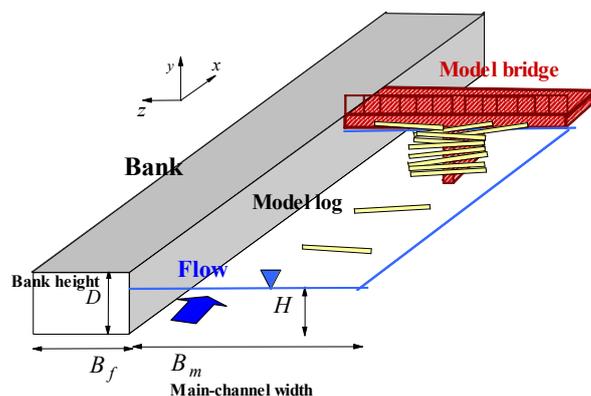


図-2 流木集積実験の実験装置図

さ、鉛直方向長さとして橋模型の上流側0.01mにおける水深を計測した。流木除去後、橋模型の前面にアルミ製ポラス板(0.2m×0.15m、パンチ径3.0mm)で穴の配置は均等、遮蔽率は既知)を設置して橋模型の上流側の水深を計測し、流木集積実験で得られた堰上げ水深と比較することで河道閉塞率 A_b/A を定量的に評価した。様々な実験条件下で実験を行ったが、表-1に代表的な実験条件を示す。流木投入前の断面平均流速を $U_m(\text{m/s})$ 、流木投入前の水路水深を $H_m(\text{m})$ とした。 Fr はフルード数である。

次に流木塊の形成過程を撮影した。図-3のように水路の上方と側方にカメラ(1334×750Pixel)を設置した。流木集積実験と同様に流木を投入し、投入する度に橋模型の上流側の堰上げ水深を計測した。また流木の集積過程を水路上方と側方に設置したビデオカメラで撮影した。 $U_m=0.28\text{m/s}$ 、 $H_m=0.09\text{m}$ 、 $l=0.09$ 、

表-1 実験条件

U_m (m/s)	H_m (m)	l (m)	l/B_R	Fr
0.18	0.09	0.09	1.00	0.19
0.22				0.23
0.25				0.27
0.28				0.30
0.36				0.38
0.18	0.12	0.12	1.33	0.19
0.22				0.23
0.25				0.27
0.28				0.30
0.36				0.38

$n_d=240$ (Step1)

$n_d=300$ (Step2)



$n_d=360$ (Step3)

$n_d=500$ (Step3)



図-4 流木集積のスナップショット

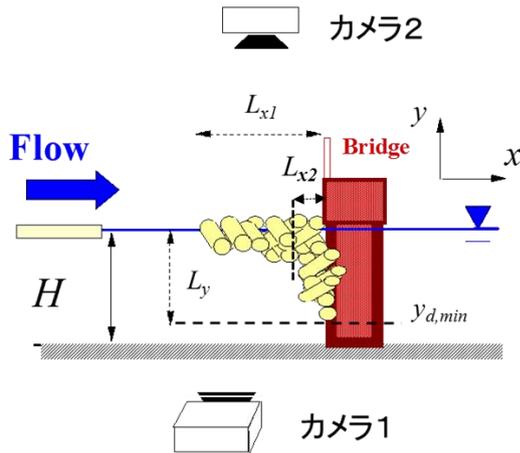


図-3 堰上げ水深と流木集積過程の計測

0.12m の条件下で実験を行った。再現性を確認するため各ケースについて6回ずつ行った。

3. 実験結果

図-4 に1ピア橋梁での流木集積のスナップショットを示す。 n_d は流木の投入本数である。観察結果から流木の集積過程を4つのStepに分類できることがわかった。流木の投入を開始してから、橋梁前面が水面から底面まで流木が縦一列に捕捉される過程をStep1($n_d=240$)、水面付近で流木が捕捉され流木塊が水面付近でのみ大きくなる過程をStep2($n_d=300$)、流木が流木塊の下にもぐりこむことで水面下に流木集積し、水面下で急激に流木塊が大きくなる過程をStep3($n_d=360$)、さらに流木を投入していき、最終的に流木沈下が起きず堰上げ水深が増加しなくなるところをStep4とした。

図-5 に流木集積による堰上げ水深 H と流木塊下端位置 $y_{d,min}$ の流木投入数による変化を示す。Step1では流木塊の鉛直高さ L_y が増加しており、先に橋脚で捕捉された流木が水面下に沈下していった。Step2では $y_{d,min}=0$ となり水面から底面まで流木が捕捉されている。Step3では、流木塊の遮蔽面積がどんどん

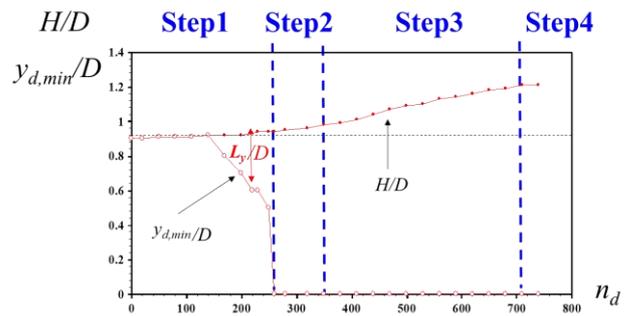


図-5 流木集積による堰上げ水深と流木塊下端位置の時間変化

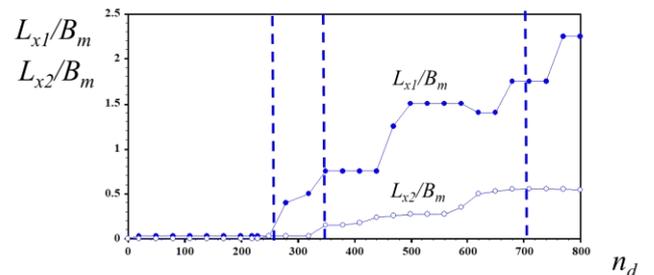


図-6 流木塊の流下方向長さの時間変化

大きくなるため、堰上げ水深が急激に増加する。

図-6 に流木塊の水面付近の流下方向長さ L_{x1} と $y=H_m/2$ での流下方向長さ L_{x2} の時間変化を示す。Step1では L_{x1} , L_{x2} ともゼロであることから流木塊が流下方向、横断方向ともに大きくない。Step2では L_{x1} が増加し L_{x2} がほぼゼロであることから、水面付近でのみ流木が集積していることがわかる。Step4では L_{x2} が一定であることから、流木沈下が発生していない。

参考文献

- 1) 岡本隆明, 山上路生, 角哲也, 佐山敬洋(2019): 2018年7月西日本豪雨における宍粟市の流木被害調査報告, 自然災害科学, Vol. 36(3), pp.365-376.