

流木集積による橋梁閉塞と家屋被害に関する実験的研究

京都大学 正会員 ○岡本隆明
 京都大学 学生員 染谷智紘
 国土交通省 正会員 檀原義信
 京都大学 フェロー会員 戸田圭一

表-1 実験条件

Q (l/s)	U_m (cm/s)	H_m (cm)	Fr	A_b/A	H_m (cm)	D (cm)	l (cm)	実験の種類
3.0	21.0	7.0	0.26	-	7.0	10.0	6, 9, 12	流木集積実験
5.0	35.0	7.0	0.43	-	7.0	10.0	6, 9, 12	流木集積実験
7.0	50.0	7.0	0.60	-	7.0	10.0	6, 9, 12	流木集積実験
9.0	63.0	7.0	0.78	-	7.0	10.0	6, 9, 12	流木集積実験
7.0	50.0	7.0	0.60	0.65	7.0	10.0	-	迂回流のPIV計測
							12.0	流木衝突力計測(1本)

1. はじめに

集中豪雨時には流木が洪水被害を大きくすることが知られ、橋梁で流木集積し越流した氾濫流が家屋流出させるなどの被害が報告されている。流木被害を予測するには河道閉塞時の氾濫水の挙動を予測することが重要であるが、これまで橋梁閉塞時に越流した氾濫流を対象とした研究はあまりみられない。そこで本研究ではまず橋梁での流木捕捉実験を行い、堰上げ水深から流木集積時の橋梁部での河道閉塞率を評価する。次に流木投入実験をもとに閉塞率を設定し、橋梁を迂回した氾濫流の流速をPIV計測する。さらに家屋抗力、家屋への流木衝突力を計測し、迂回流被害の予測、対策の検討を行った。

2. 実験装置

図-1 に流木捕捉実験装置図を示す。実験には長さ10m、幅40cm、高さ50cmの可変勾配水路を用いた。図に示すように氾濫原模型(1/80スケール:塩ビ製)を水路両側に設置した。低水路幅は $B_m=20\text{cm}$ 、左岸側と右岸側の氾濫原の幅は $B_f=10\text{cm}$ である。両岸の氾濫原高さは $D=10\text{cm}$ とした。橋梁模型は水路上流端から4.0mの位置に設置した。流木模型として木製円柱(直径 $d=6.0\text{mm}$ 、長さ $l=6.0, 9.0, 12\text{cm}$)を用いた。水路上流から水路中央に10本ずつまとめて同時に投入した。供給した流木量は各ケース計270本とした。橋梁模型の上流側5cmにおける水深を計測した。また流木捕捉時の橋梁部での河道閉塞率について調べるために、流木除去後に橋梁前面に既知の遮蔽面積のアルミ製ポーラス板を設置して上流側の水深を計測した。流木閉塞時の水深と比較することで河道閉塞率 A_b/A を評価した¹⁾。

次に流木投入実験をもとに閉塞率を設定し、橋梁を迂回した氾濫流の流速をPIV計測した(図-2)。x-y鉛直面PIVでは水路上方からLLSを照射し、水路側方に高速度カメラを設置し、フレームレート500Hz、サンプリングレート30Hzで60秒間撮影した。計測画像から鉛直面の時間平均流速(U, V)を算出した。

さらに橋梁閉塞時の氾濫原家屋に作用する抗力を計測した。図-3に示すように氾濫原に家屋模型(6.0cm×6.0cm×6.0cm)を設置し、固定したデジタルプッシュゲージ(分解能1/1000N)を用いた。水路上流側から流木模型を投入し氾濫原家屋に衝突させ、家屋模型に作用する流体力を120秒間計測した。図のように F_D を家屋抗力、 F_{max} を流木衝突時の瞬間最大値とする。瞬間最大値 F_{max} から衝突前の家屋抗力 F_D を引いたものを流木衝突力

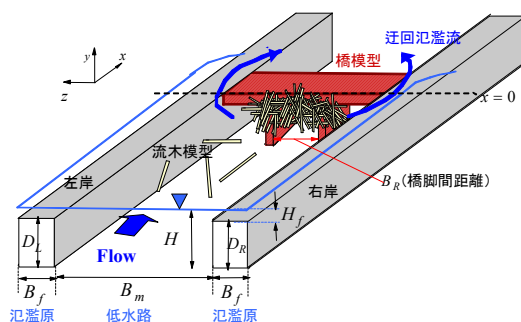


図-1 流木集積による橋梁閉塞実験

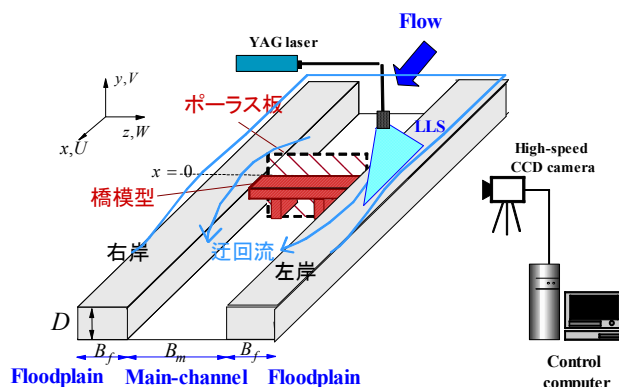


図-2 橋梁閉塞時の迂回氾濫流のPIV計測

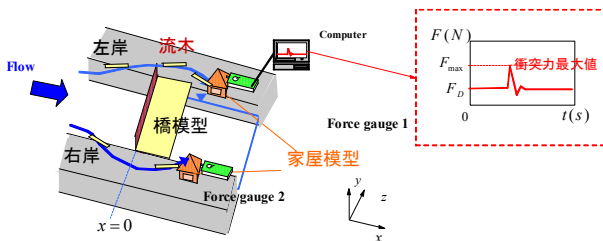


図-3 橋梁閉塞時の家屋抗力、流木衝突力の計測

キーワード 流木集積, 橋梁閉塞, 河道閉塞率, 橋梁迂回流, PIV, 流木衝突力
 連絡先 takaaki.okamoto@water.kuciv.kyoto-u.ac.jp

突力 F_c とした。

3. 結果と考察

図-4 に流木 100 本投入時の橋梁部での流木集積のスナップショットを示す。 $Fr=0.26$ のケースでは $Fr=0.60$ のケースよりも水面付近で流木捕捉が進行していることがわかる。 $Fr=0.60$ ケースでは橋梁前面で流木が集積していくと水深が増加し、越流し氾濫原で橋梁迂回流がみられた。図-5 に流木集積時の堰上げ水深の変化を示す。 $l/B_R=2.0$, $Fr=0.60$ ケースでは流木集積とともに上流側の水深が堰上げされ、70 本投入時に氾濫原への越流がみられた。200 本投入以降では堰上げ水深の増加はあまりみられずほぼ一定値 H_{max} に達している。図-6 に各ケースの流木閉塞による閉塞率 $\lambda_d = A_b/A$ を示す。フルード数 Fr が大きくなると流木閉塞による閉塞率 A_b/A が増加する傾向がみられた。これはフルード数 Fr が小さいと流木が橋梁断面で水面付近でのみ集積していくためである。

図-7 から橋梁の上流側では流速が小さい。橋梁近傍では迂回流が発生し、下流側で氾濫流速が増加している。これは氾濫流水深が流下方向に減少しているためだと考えられる。

図-8 に流木が家屋に衝突したときの左岸氾濫原の家屋にかかる流体力の瞬間最大値の流下方向変化 F_{max} を示す。比較のため流木衝突前の家屋抗力 F_D を併示している。値は木造家屋の破壊基準値 $F_{wd}(1.06\text{tf/m})^2$ で無次元化している。本研究では家屋にかかる流木衝突を考慮しない場合、迂回氾濫流から家屋が受ける抗力 F_D は橋梁上流端($x/B_m=0.0$)でピーク値をもち、 $x/B_m=0.0-1.0$ で家屋破壊基準値を超える抗力が作用する。一方、流木衝突を考慮すると家屋が受ける流体力 F_{max} は橋梁上流端($x/B_m=0.0$)ではなく橋梁の下流側 $x/B_m=2.0$ でピークをもち、衝突力は最大で家屋破壊基準値の 8 倍の大きさとなった。

今後は、さらに流木長さや本数を系統変化させて流体力計測や危険性の判定を行う。

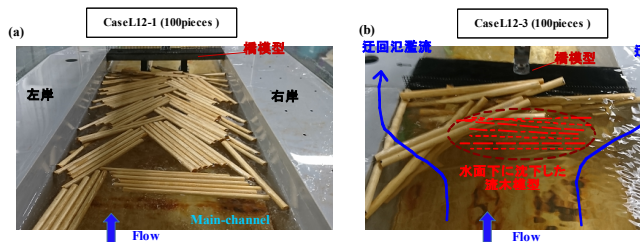


図-4 橋梁部での流木集積のスナップショット

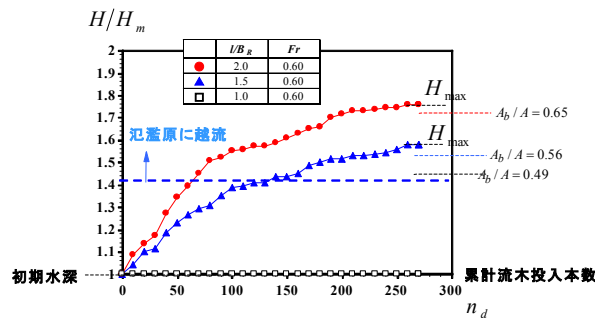


図-5 流木集積による堰上げ水深の変化

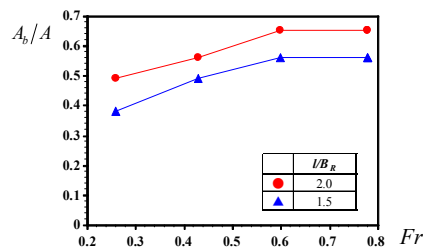


図-6 流木集積による橋梁閉塞率の変化

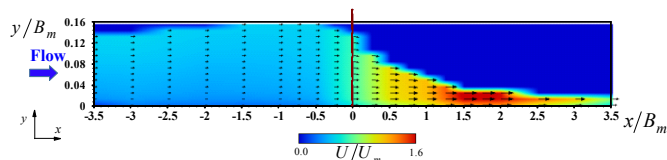


図-7 橋梁周辺の迂回氾濫流の主流速の鉛直面コンター
左岸側($z/B_m=1.7$)

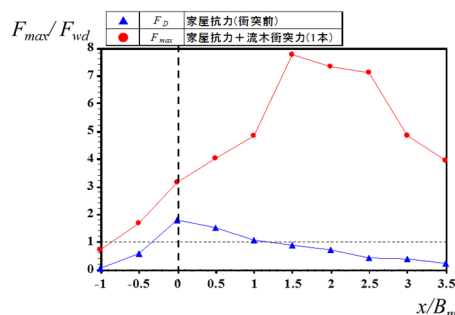


図-8 家屋抗力、流木衝突力の流下方向変化

参考文献

- 岡本隆明・竹林洋史・鈴木隆太・山上路生・戸田圭一：流木集積による橋梁閉塞と迂回流の氾濫流量に関する実験的研究，自然災害科学，Vol.36(4)，pp.447-461，2018
- 松富英夫・首藤伸夫：津波の浸水深、流速と家屋被害，海岸工学論文集，第 41 巻，pp.246-250，1994