

水平梁構造を持つ流木捕捉工開発のための実験的研究
 -土砂が流木モデルの捕捉機能に及ぼす影響-

○三重大学 (現：日本土建株式会社)
 三重大学
 三重大学

清水 彩花
 堤 大三
 万田 純菜

1, 緒論

近年、豪雨による斜面崩壊や土石流に伴って、流木が下流域に流出する被害が増えている。特に、流木が橋梁を閉塞させ、後続の土砂や水が越流・氾濫する流木災害が多発している。現在とられている流木対策としては、河川の上流部に透過型砂防堰堤を設置する手法や、不透過型砂防堰堤に流木捕捉工を設置する手法がある。しかし、最近の流木による被害の状況は、砂防施設が未整備の小河川において発生する例が多くみられ、さらなる対策が必要とされる。そこで本研究で提案する新しいタイプの流木捕捉工は、鋼管製の梁を河川縦断方向に水平に設置するもので、土砂と共に流下した流木は、梁水平部に乗り上げ、土砂と水が鉛直方向に分離されることで流木のみが捕捉される。これによって、捕捉工が流木と土砂で閉塞されることを回避し、下流への流木の流下を防ぐ効果が期待できる。これまで我々の研究室で実施した水路模型実験においては、流木モデルのみを供給し、捕捉工の梁間隔と流木モデルの長さおよび投入密度が、流木捕捉率に及ぼす影響について検討してきた。本研究では、土砂と流木を同時に投入し、土砂が流木モデルの捕捉機能に及ぼす影響を検討する。

2, 実験概要

実験装置概略側面図を図-1に示す。水路は長さ3.0m、深さ0.1m、幅0.1mの直線・矩形型で、側壁はアクリル製、底面にはサンドペーパーを設置している。水路傾斜角は土石流区間を想定して5.0°とした。捕捉工模型本体はアルミ製ロッドで、下流側末端を木材に挿入し、水路下流端から0.3m、高さが河床面から5cmの位置になるように水路に固定し、捕捉工模型全体が水平となるように設置した。ロッド部は梁が5本で長さ0.45m、直径4mm、木材部を含めた捕捉工模型の全長は0.55mで、ロッド間隔は20mmである。流木モデルは直線型で均一形状であり、竹製で直径3mm、長さ $L_{dw}=10$ cmのものを用いた。土砂は平均粒径 $d=2, 10, 20$ mmの3種類を使用した。一番大きい20mmの粒径はロッド間隔と同じ大きさで、スケールファクターを100とするとおよそ2mの礫に相当し、大規模な土石流を想定した条件である。水路下流端に貯水タンクを設け、実験時には電動ポンプ(株式会社工進製PX-650, 最大流量:4.3l/s)を使用して貯水タンクから水路に1.76l/sの流量で連続的に給水した。流木モデルと土砂は、それぞれベルトコンベアー(三ツ星ベルト株式会社製NS41UGO/2G)を一定速度(0.36m/s)で作動させて、水路上端に投入した。同じ条件の実験を10回繰り返し、流木捕捉率 $R_t = n_t/n$ (n :投入した流木モデル本数, n_t :捕捉工模型によって捕捉された流木モデル本数)の平均値を求めた。

3, 実験条件

実験条件を表-1に示す。ベルトコンベアー上に土砂を設置する区間は50cm一定とし、土砂投入量(0, 300, 500g)と土砂粒径(2, 10, 20mm)、流木モデル投入密度(ベルトコンベアー上の設置区間:10, 20, 30, 40, 50cm)を変化させ、これらすべての組み合わせ条件で実験を行った。

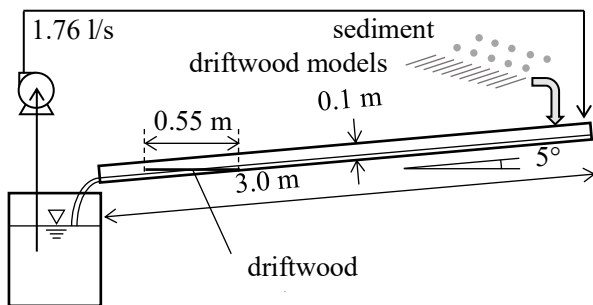


図-1 流木捕捉工の実験装置概略側面図

表-1 実験条件

		case0	case1	case2	case3	case4	case5	case6
土砂	投入量 W [g]	0	300			500		
	平均粒径 d [mm]	-	2	10	20	2	10	20
流木	投入本数[本]	50						
	設置区間[cm]	10, 20, 30, 40, 50						
	投入密度[s ⁻¹]	180, 90, 60, 45, 36						

4, 実験結果

流木が土砂と水から分離され、流木のみ捕捉される様子を図-2 に示す (case 5)。流木のみが捕捉され、土砂は捕捉された流木の下を通過した。一方で、後続の土砂が一旦捕捉された流木を再度流出させてしまう様子を図-3 に示す (case 6)。図-2,3 に示す通り、条件によっては土砂と流木が効果的に分離されて流木のみが捕捉される場合と、土砂が流木の捕捉率を低下させる場合があることがわかる。全ての実験条件の流木捕捉率の結果を土砂平均粒径別 ($d = 2, 10, 20 \text{ mm}$) に、図-4, 5, 6 にそれぞれ示す。土砂を投入しない条件 (case 0) では、流木投入密度が大きいかほど流木捕捉率が上がるのに対し、土砂を投入する条件 (case 1~6) では、どの粒径の土砂でも、流木投入密度が大きいかほど流木捕捉率が低くなった。実験では、流木が流れた後の後続土砂が流木に衝突することで、一度捕捉された流木が再流出する様子が見られた。この現象は、土砂粒径が大きい条件 (case 3, 6) のときほど顕著にみられ、そのことが、図-6 の case 3, 6 で捕捉率が大きく低下していることに表れている。土砂粒径 $d = 2, 10 \text{ mm}$ はロッド間隔より小さく、土砂は1%以下しか捕捉されないのに対し、 $d = 20 \text{ mm}$ はロッド間隔と等しく、土砂の30~60%が捕捉され、土砂による流木への衝突に加えて、水位の急上昇が起り、一度捕捉された流木が多く再流出することも観察されており、これも図-6において捕捉率が低下している原因と考えられる。一方、土砂量の違い ($W = 300, 500 \text{ g}$) は、流木捕捉率にそれほど大きな影響を及ぼしていないことがわかる。

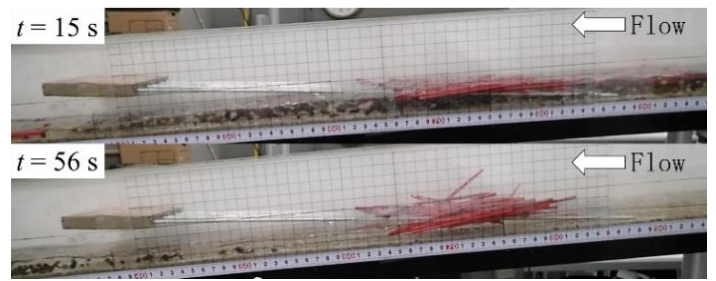


図-2 case5 流木設置区間 50 cm

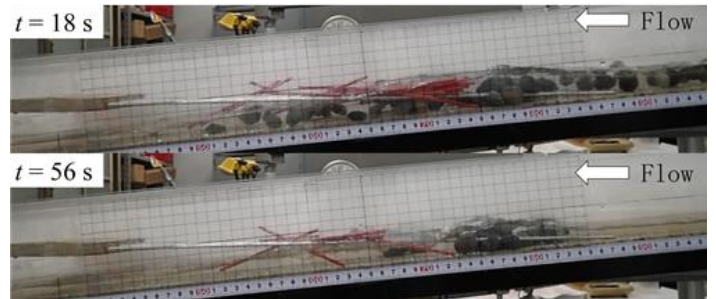


図-3 case6 流木設置区間 10 cm

5, 結論

流木モデルと土砂を同時供給した本実験においては、流木投入密度が高い条件と、ロッド間隔と同じ大きさの土砂を投入した条件において流木捕捉率が下がる結果が得られた。

同様の流木捕捉工を用いた実験を行っている共同研究者の研究では(仲田ら, 2022), 直線型流木と比較して、根付き流木は流木同士が絡み合い、安定した形状で捕捉されることが明らかになっている。捕捉率に関しても、直線型の流木と比較して、根付き流木は捕捉率が格段に高いことが分かっているため、土砂を投入した本実験においても、根付き流木の場合は再流出しにくく、捕捉率は大きく低下しないのではないかと考えられる。

本実験では、土砂が流木捕捉率に及ぼす影響について検証を行った。今後は、根付き流木を用いた実験や、大量の流木が到達する際の捕捉工の効果や機能の検証、捕捉工の現地設置に向けた検討を行う必要がある。

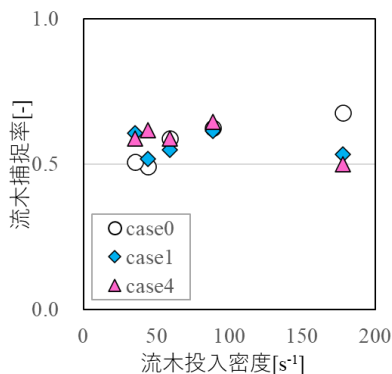


図-4 case 0 と case 1, 4 の比較

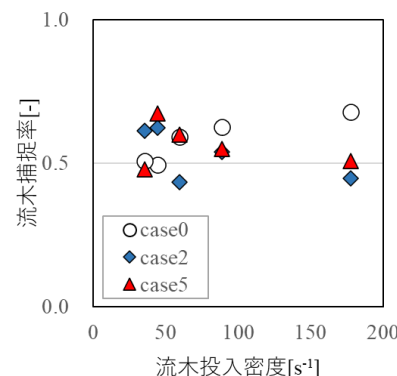


図-5 case 0 と case 2, 5 の比較

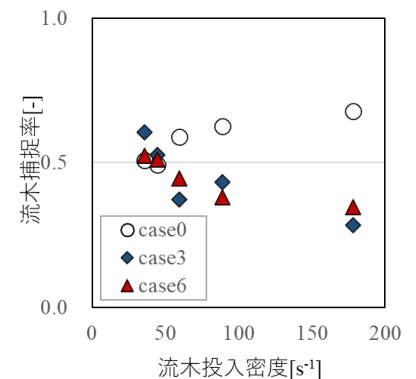


図-6 case 0 と case 3, 6 の比較

参考文献

仲田清夏・小泉香那子・堀口俊行・堤大三 (2022) : 流木による橋梁閉塞における河川氾濫対策工の基礎的研究, 土木学会関東支部第 49 回技術研究発表会概要集, I-39