

到達する流木群の流下密度・流木軸方向と捕捉効果の関係

鳥取大学大学院工学研究科 ○山崎一輝, 和田孝志, 三輪 浩

1.はじめに 流木流出に伴う被害対策を効果的に行うためには、流木の氾濫・堆積・閉塞機構、特に氾濫場における流木の堆積・閉塞の発生条件を把握する必要がある。本研究では、多くの既往研究成果がある柵状部での流木捕捉過程について、これまで実施されてきた「定常洪水流への流木供給（定常流型と称する）」と実際の土石流中に見られる「先頭部段波に含有された流木供給（先頭部集積型と称する）」の2種類の流木供給条件の下、流木模型長 L_w 、流木柵間隔 B_w 、投入本数 N を変化させた実験を行い、到達する流木群の流下密度・流木軸方向と柵状部における流木捕捉効果の関係を把握する。

2.実験概要 実験水路は、前年と同様²⁾である（図-1 参照）。実験では、流木模型投入本数 N を 100, 50 本の2種類とし、その他の条件は前年と同様²⁾として合計 48 ケース行った（表-1 参照）。なお、結果のばらつきを考慮して、1 ケースにつき 10 回の試行を行っている。水路下流端に流木模型回収箱を設置し計数することで流木捕捉率 T を算出した。閉塞断面上方からデジタルカメラにより流木模型の到達状況を撮影し、解析ソフトウェア「Dipp-Motion V Ver1.2.7 (DITECT 社)」を用いて流下密度（到達密度）と、流木模型両端座標から到達時の流木軸方向を取得した。閉塞断面から上流側 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm 地点に設置した 5 台の超音波水位計により閉塞後の堰上げ水深 Δh を計測した。

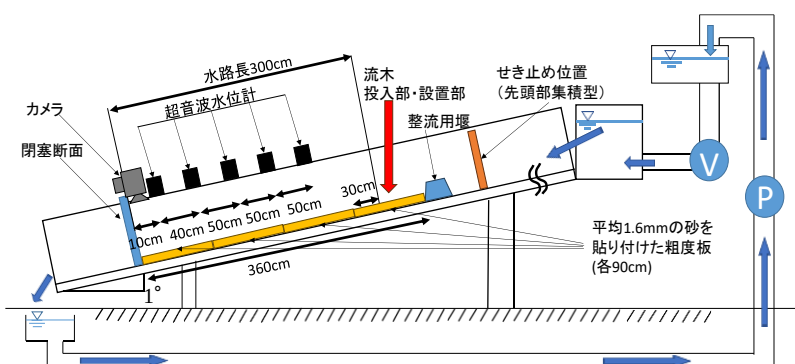


図-1 実験水路側面図

表-1 実験ケース

case番号	投入本数 (本)	流木 投入方法	流木長 (cm)	橋梁間隔 (cm×個)
case1-A,B	100(A)	定常流 流量 (6 L/sec)	20	18.5×2
case2-A,B				12×3
case3-A,B				8.75×4
case4-A,B				6.8×5
case5-A,B			15	18.5×2
case6-A,B				12×3
case7-A,B				8.75×4
case8-A,B				6.8×5
case9-A,B			10	18.5×2
case10-A,B				12×3
case11-A,B				8.75×4
case12-A,B				6.8×5
case13-A,B	50(B)	先頭部 集積 流量 (12 L/sec)	20	18.5×2
case14-A,B				12×3
case15-A,B				8.75×4
case16-A,B				6.8×5
case17-A,B			15	18.5×2
case18-A,B				12×3
case19-A,B				8.75×4
case20-A,B				6.8×5
case21-A,B			10	18.5×2
case22-A,B				12×3
case23-A,B				8.75×4
case24-A,B				6.8×5

3.実験結果および考察 実験結果から、流木供給条件および投入本数 N が異なる場合の流木捕捉率 T 、堰上げ水深 Δh について検討した。図-2 に流木捕捉率 T 、図-3 に堰上げ水深 Δh に関する 10 回の試行結果の平均値を実験ケース別に示す。

流木捕捉率に関して、どちらの流木供給条件も、流木柵間隔 B_w が狭いほど、流木模型長 L_w が長いほど、流木模型投入本数 N が多いほど、 T が増大する傾向が確認できる。この傾向は、石川ら³⁾、渋谷ら⁴⁾の既往研究成果と同様である。流木供給条件で比較すると、全体的に定常流型の T の方が大きく、特に $N=50$ でその傾向が顕著である。これは後述するように定常流型の方が到達する流木模型の中で流れ方向に対して流木軸が大きく異なるものの割合が多いためと考えられる。

堰上げ水深に関して、どちらの N でも定常流型では B_w が狭く、 L_w が長いほど Δh が増大する傾向が確認できる。一方、先頭部集積型では B_w 、 L_w に対する明瞭な傾向は確認できなかったが、全体的に先頭部集積型のほうが定常流型よりも Δh が大きい。以上から、先頭部集積型では定常流型よりも T が小さいに関わらず、 Δh が大きい結果となった。また、定常流型の場合、 T が大きいほど Δh も大きくなり、流木捕捉率と堰上げ水位の関係性が顕著に現れたが、

先頭部集積型においては、 T によらず同じような Δh となった。

これらの理由として、まず先頭部集積型の方が定常流型より流木群が集団状態で到達し、閉塞時に流木ジャムがより密な状態で形成されることが考えられる。Case9-B, 21-B における到達流木本数の時間変化を示す図-4 を見ると、先頭部集積型の方が定常流型より密な集団状態で流木柵に到達していることがわかる。

次に、先頭部集積型では流れ先頭部で集団状態の流木模型が互いに衝突することと、供給流量（流体力）が大きく流木模型が水流の影響を受けやすいことにより、流木模型が回転し流向と平行になる確率が上がり、横断方向の流木投影長さが流木柵間隔よりも小さくなる確率が增大することが考えられた。Case5-B, 9-B, 17-B, 21-B における到達流木軸角度が 50 度以上となる流木割合を示した図-5 を見ると、先頭部集積型の方が到達する流木模型の中で流れ方向に対して流木軸が大きく異なるものの割合が少ないことがわかる。対して、定常流型の方がその割合が大きくなり、その傾向は流木模型長が短いほど、流木投入本数が少ないほど顕著であった。これらの理由として、定常流型は先頭部集積型よりも流木群の流下密度が小さく、散在した状態で流下するため流木模型の自由度が高くなることが考えられる。

4.終わりに 本研究では柵状部における流木捕捉過程に着目し、2 種類の流木供給条件の下、流木群の流下密度・流木軸方向と柵状部における流木捕捉効果の関係を把握した。その結果、流木供給条件別の流木捕捉率や捕捉後堰上げの違いは、到達する流木群流下密度・流木軸方向が影響することを確認した。今後は、水路勾配が異なる場合の実験を行い、本傾向の妥当性を検証する予定である。また、流木到達時の移動速度の観点から閉塞機構の把握、流木の流下形態の自由度に着目した検討を試みる予定である。

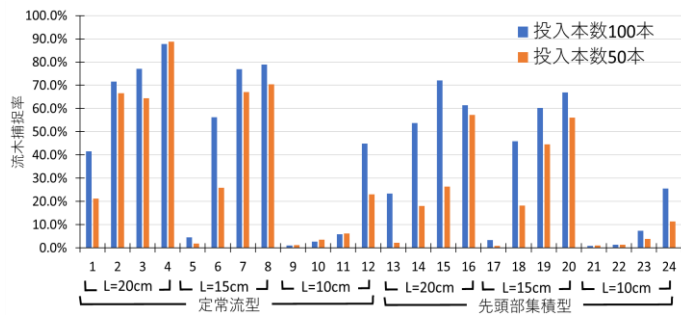


図-2 流木捕捉率 T

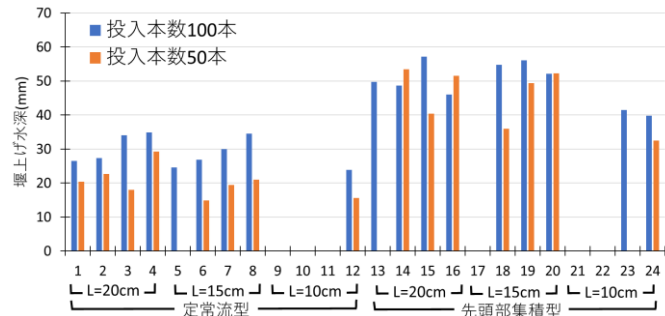


図-3 堰上げ水深 Δh

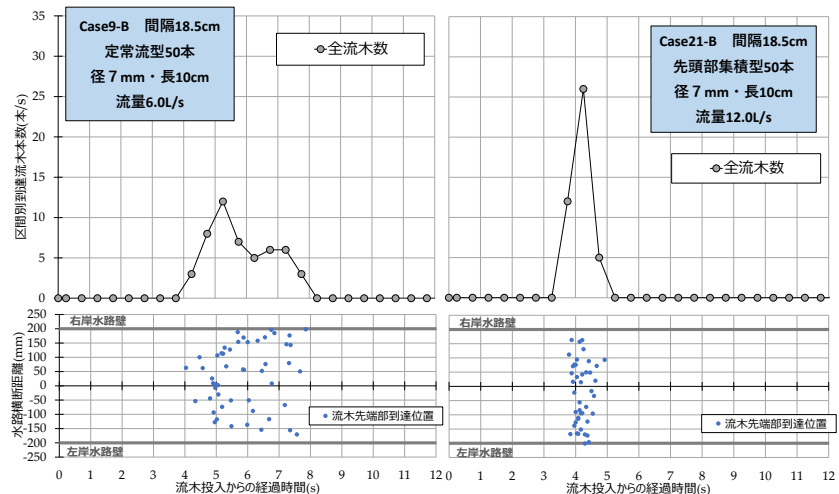


図-4 到達流木本数の時間変化

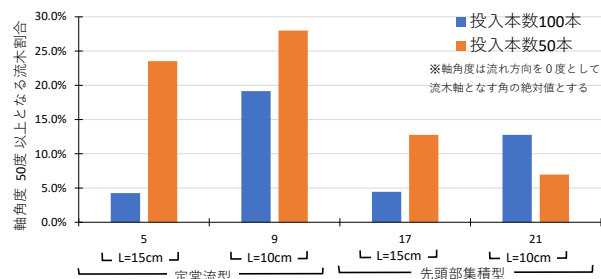


図-5 流木軸角度が 50 度以上となる流木割合

参考文献 1) 片山ら：自然災害科学，Vol.42, pp.43-51, 2023. 2) 山崎ら：砂防学会研究発表会概要集，pp.531-532, 2024. 3) 石川ら：砂防学会誌，Vol.42, No.3, pp.4-10, 1989. 4) 渋谷ら：砂防学会誌，Vol.63, No.3, pp.34-41, 2010.