

到達する流木群の流下形態が柵状部流木捕捉過程に及ぼす影響

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 土石流等に含まれる流木に伴う被害の対策を行うためには、氾濫場における流木の氾濫・堆積・閉塞機構、特に流木の堆積・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）」と実際の土石流中の流木流下¹⁾を想定した「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種類の流木供給方法の下、流木長と流木柵間隔を変化させた条件で実験を行い、流木供給方法が柵状部流木捕捉過程に及ぼす影響を把握する。また、既往研究成果に本研究の成果を加えて再整理するとともに、流木供給方法が異なる場合の流木閉塞による通水断面の阻害の程度や流木閉塞発生境界条件の違いを推察し、柵状部流木捕捉率に関する提案実験式²⁾の適用性を検証する。

2.実験概要 実験水路は、水路長 770 cm、水路幅 40 cm の一様勾配水路を用いた（図-1 参照）。水路床には平均粒径 1.2 mm の砂を貼り付けた粗度板を 360 cm 敷き、直上流に整流用の固定堰（高さ 5 cm、上縦断長さ 20 cm、下縦断長さ 30.5 cm）を設置している。実験では供給流量 6 L/s(定常流型の場合)もしくは 12 L/s(先頭部集積型の場合)、勾配 1°、流木模型本数 100 本、流木直径 D_w を 7 mm を固定条件として、流木投入方法を定常流型と先頭部集積型の2種類、流木模型長 L_w を 20, 15, 10 cm の3種類、流木柵間隔 B_w を 18.5 cm×2 径間, 12 cm×3 径間, 8.75 cm×4 径間, 6.8 cm×5 径間の4種類として合計 24 ケース行った（表-1 参照）。なを、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。流木投入地点は閉塞断面から

表-1 実験ケース

case番号	流し方	流木長 (cm)	橋梁間隔 (cm×個)
case1	定常流	20	18.5×2
case2			12×3
case3			8.75×4
case4			6.8×5
case5		15	18.5×2
case6			12×3
case7			8.75×4
case8			6.8×5
case9		10	18.5×2
case10			12×3
case11			8.75×4
case12			6.8×5
case13	先頭部集積	20	18.5×2
case14			12×3
case15			8.75×4
case16			6.8×5
case17		15	18.5×2
case18			12×3
case19			8.75×4
case20			6.8×5
case21		10	18.5×2
case22			12×3
case23			8.75×4
case24			6.8×5

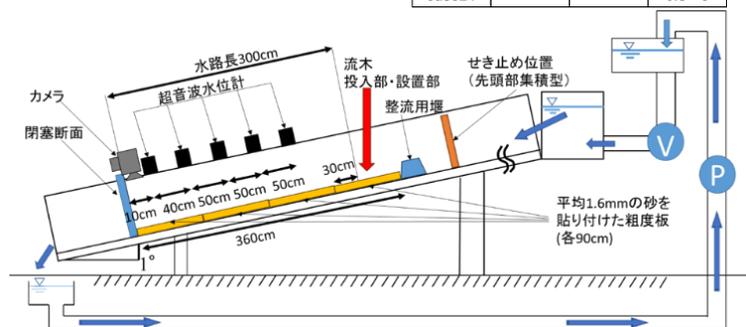


図-1 実験水路側面図

300 cm 上流地点とした。定常流型の実験では、あらかじめ水路に流量 6 L/s を流し、流木投入地点において流木模型 100 本を一気に投入する。先頭部集積型の実験では、あらかじめ流木投入地点に流木模型 100 本を設置しておき、整流用堰直上流に流水堰き止め壁を設置した後、ポンプのバルブを流量 6 L/s に調整して水を流し、所定の水位（先頭部流量 12 L/s）に到達する瞬間に堰き止め壁を外す。水路下流端に流木模型回収箱で流木捕捉割合を、閉塞断面付近のカメラにより流木到達の瞬間や流木密度を、閉塞断面から上流側 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm 地点に 5 台の超音波水位計を設置することで閉塞後の堰上げ水深を計測した。

3.実験結果および考察 上記の実験結果から、流木供給方法が異なる場合の流木捕捉率 T （流木閉塞発生境界条件）、堰上げ水位 Δh （流木通水断面の阻害の程度）について検討した。表

-2に、流木捕捉率 T 、堰上げ水位 Δh に関する 10 回試行結果の平均値を実験ケース別に示す。この表より、どちらの流木供給方法においても、流木柵間隔 B_w が狭いほど、流木長 L_w が長いほど T が増大する傾向が確認できる。この傾向は、石川ら²⁾、渋谷ら³⁾の既往研究成果と同様である。ただし、先頭部集積型では T が小さいにも関わらず、 Δh が大きい結果となった。 T が小さい理由は、流れの先頭部で集団状態の流木模型が互いに衝突することで、流木模型が回転して流向と平行に流れる確率が上がり、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増大するためと考えられる。また、先頭部集積型のほうが Δh が大きいのは、定常流型よりも流木が集積して到達するため、閉塞時に流木ジャムがより密な状態で形成されるためと考えられる。捕捉による水位堰上げについては、定常流型の場合、流木捕捉率 T が大きいほど堰上げ水深 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 に関係なく、似たような Δh となった。これは、密な集団状態で流木群が閉塞断面へ到達するため、流木捕捉率 T 、すなわち閉塞流木量の大小に関係なく、水位の堰上げが閉塞投影断面に依存して発生することを示唆している。

最後に、柵状部流木捕捉率に関する既往実験式²⁾と既往実験結果²⁾³⁾、本実験結果の比較を行った(図-2 参照)。本実験結果は、流木供給方法に関係なく、既往提案式、既往実験結果と類似した範囲にプロットされており、既往成果との整合性が高いことが確認できた。既往実験式は、横軸の流木閉塞パラメータに対して B/L_w (B :水路幅)を追加することで流木捕捉率と強い関係性を持つパラメータとなることが分かった。

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、流木供給方法の違いによって柵状部流木捕捉にどのような影響を与えているかを考察した。その結果、流木捕捉率、堰上げ水位において異なる傾向があることを確認した。また、既往提案式との整合性についても確認できた。今後は、流木群と土砂を混在させた状態での閉塞に関する実験を試み、土石流状態で到達する流木の閉塞により近づけた条件下での更なる検討を行う。

参考文献 1) 片山和紬ら, 自然災害科学, Vol.42,pp.43-51,2023. 2) 石川芳治ら: 砂防学会誌, Vol.42,No.3, pp.4-10,1989. 3) 渋谷 一ら: 砂防学会誌, Vol.63,No.3,pp.34-41,2010.

表-2 流木捕捉率および堰上げ水位 (赤枠は水位の堰上げなしを示す)

case 番号	橋梁間隔 (cm×個)	流木平均捕捉率(%)	堰上げ水位平均値(mm)
1	18.5×2	41.6	27
2	12×3	71.6	27
3	8.75×4	77.1	34
4	6.8×5	87.8	35
5	18.5×2	4.6	25
6	12×3	56.3	27
7	8.75×4	76.9	30
8	6.8×5	78.9	35
9	18.5×2	1.1	
10	12×3	2.7	
11	8.75×4	5.9	
12	6.8×5	44.9	24
13	18.5×2	23.3	50
14	12×3	53.8	49
15	8.75×4	72.1	57
16	6.8×5	61.4	46
17	18.5×2	3.3	
18	12×3	45.9	55
19	8.75×4	60.2	56
20	6.8×5	66.9	52
21	18.5×2	0.8	
22	12×3	1.3	
23	8.75×4	7.3	42
24	6.8×5	25.6	40

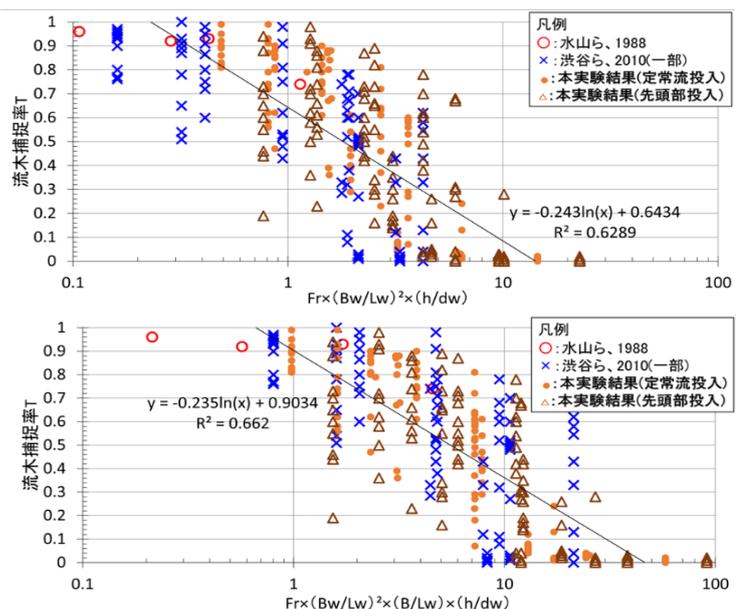


図-2 既往実験提案式¹⁾(上図)、既往実験提案式に B/L_w を乗じたパラメータ(下図)と流木捕捉率の関係