

水平梁構造を持つ流木捕捉工開発のための基礎的研究
 — 梁構造が捕捉機能に及ぼす影響の定量的評価 —

三重大学 ○古川 真由子
 三重大学 堤 大三
 筑波大学 内田 太郎
 森林総合研究所 鈴木 拓郎
 防衛大学校 堀口 俊行

1. 結論

近年、地球温暖化の影響を受けた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、流木が橋梁等の河道狭窄部を閉塞し、後続の土砂や水が越流・氾濫することにより、被害が多発している。こうした状況の中、現在の流木対策として、既設の不透過型砂防堰堤の上流あるいは下流側に補完目的で流木捕捉工を設置する手法や、透過型砂防堰堤による捕捉の手法がとられている。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や、既設の不透過型砂防堰堤で土石流とともに流下した流木が堰堤で捕捉しきれずに流出した例など、さらなる対策が望まれる。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、この梁水平部に乗り上げて、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。溪流の勾配 2 度以上である土石流区間に設置する場合は既存の砂防堰堤の補完目的として、一方で勾配 2 度以下である掃流区間に設置する場合は橋梁閉塞の防止を目的として設置することを想定している。本研究では、土石流区間を対象とした水路模型実験において、梁構造が捕捉機能に及ぼす影響に着目して、定量的な評価を行った。

2. 実験概要

実験概要を図-1 に示す。水路は長さ 3.0 m、深さ 0.1 m、幅 0.1 m の直線・矩形断面形状のもので、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。水路傾斜角は可変であるが、本研究においては土石流区間を想定して 5.0 °に固定した。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 0.3 m、高さが河床面から 5 cm 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。ロッド部は長さ 0.45 m、直径 4 mm で、木材部を含めた捕捉工模型の全長は 0.55 m 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 3 mm、長さ $L_{dw} = 4, 6, 8, 10$ cm の 4 種類を用いた。水路下流端に貯水タンクを設け、実験時には電動ポンプ（株式会社進製 PX-650、最大流量：4.3 l/s）を使用して貯水タンクから水路に 1.76 l/s の流量で連続的に給水した。流木モデルは、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（0.36 m/s）で作動させて、水路上端に投入した。流木捕捉率 R_t は、 $R_t = n_t/n$ （ 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）によって求めた。捕

捉工模型による流木の捕捉率は常に一定とはならず、ばらつきが生じる。そのことを考慮して、同じ条件の実験を 10 回繰り返し、捕捉率の平均値を求めた。

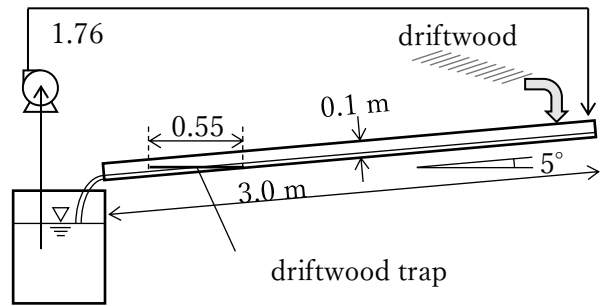


図-1 流木捕捉工の実験装置概略側面図

3. 実験条件

①捕捉工条件（梁本数：3 本、4 本、5 本）②流木モデル条件（直線型 4 cm、6 cm、8 cm、10 cm）③供給密度条件（2 つの投入方法による異なる 9 つの供給密度 [本/s]）を変化させ、すべての組み合わせで行った。すべての条件を総括し、表-1 に示す。

表-1 実験条件

DW's supply methods								
Variable number of DWs (constant setting area)					Constant number of DWs (variable setting area)			
Number of DWs								
10	20	30	40	50	50	50	50	50
DW's setting area of belt conveyer [cm]								
10	10	10	10	10	20	30	40	50
Supplying rate (density) of DWs, r_{dw} [s ⁻¹]								
36	72	108	144	180	90	60	45	36
Number of rods								
3			4			5		
Length of DWs								
10 cm		8 cm		6 cm		4 cm		

*DWs = driftwoods

4. 実験結果

流木モデル長とロッド間隔が捕捉率へ与える影響を見るために、1) 投入本数一定法および 2) 投入区間一定法の 2 つの条件に分けて、ロッド間隔 S_r に対する流木モデル長 L_{dw} の相対値 L_{dw}/S_r と流木捕捉率の関係について、代表として供給密度の最大と最小を図-2 に示す。まず、全体的な傾向として、相対値 L_{dw}/S_r が大きいほど、流木捕捉率 R_t が高まることが分かった。また、どの実験条件でも $L_{dw}/S_r = 1.6$ 以下では、捕捉率 $R_t = 0$ となり、流木が捕捉されなくなった。2 つの投入方法における全ケースの近似直線を総括し、図-3 に示す。2 つの投入方法で比較すると、b) 投入区間一定法の方が傾きの振れ幅が大きいことがわかる。特に、投入本数一定法のうち設置区間 50 cm・投入本数 50 本の場合、投入区間一定法のうち設置区間 10 cm・投入本数 10 本の場合、供給密度が両者で 36 本/s と同じであるが、後者の傾向は著しく小さくなっている。つまり、流木モデルの供給密度 (本/s) が同じ場合でも、投入本数が相対的に多いほうが、捕捉率が高くなることが分かった。これは、投入本数が多いほうが、先に捕捉される流木が一定数あるので、後続の流木がそれに絡まることで捕捉されやすくなったためだと考えられる。この仮説を証明するために、ロッドに到達する流木の一本一本の捕捉・通過をビデオで判別し、捕捉・通過の挙動の推移の解析を行った。ロッドに到達する流木の順が後半になると、捕捉される流木の数も増加していった。実際に、後続の流木が先に捕捉された流木に次々と絡まり、捕捉されていく様子が確認された。

流木の長さは発生源の立木の長さの約 1/3~1/2 であり、流木の平均長は土石流流下幅の最小値 (狭窄部の幅) と同程度である¹⁾。図-3 より、流木捕捉率が 70 % の場合、流木の供給密度が最大であるときは、 $L_{dw}/S_r = 4.7$ となる。そのため、水路幅と同程度の長さの流木を仮定すると、 $S_r = 10/4.7 \approx 2.1$ となり、必要なロッド数は 5 本である。

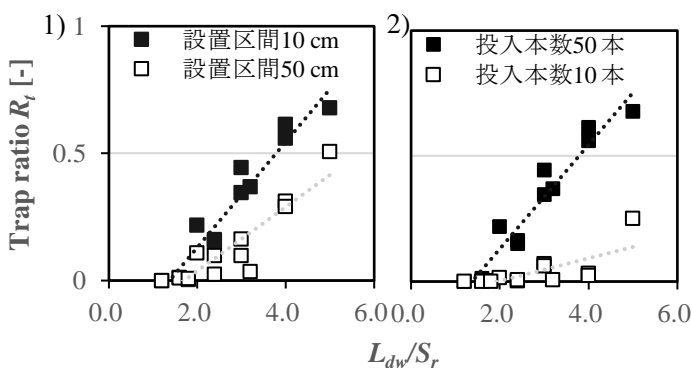


図-2 L_{dw}/S_r と捕捉率の関係：1) 投入本数一定法 2) 投入区間一定法

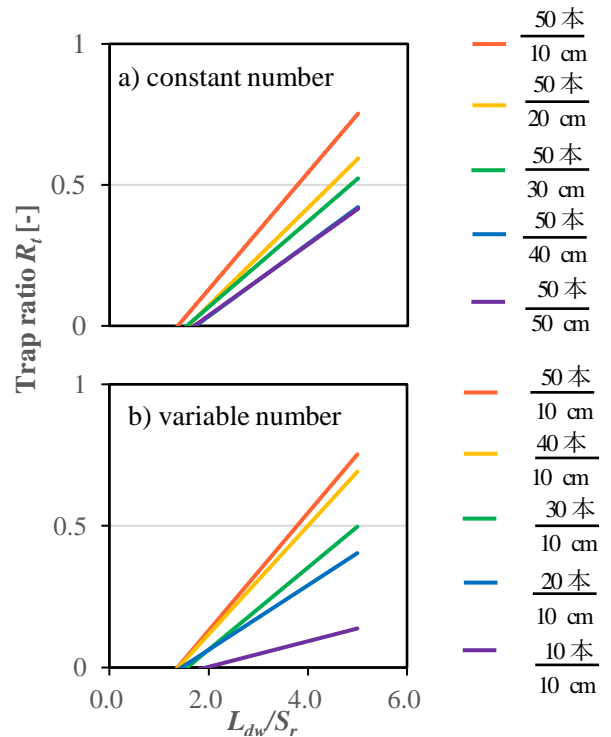


図-3 L_{dw}/S_r と捕捉率の関係：流木投入方法による近似直線の傾きの変化の比較

5. 結論

相対値 L_{dw}/S_r と捕捉率の傾向を定量的に示せたことから、本実験で提案する新たな流木捕捉工の設計を考える場合、相対値 L_{dw}/S_r は重要な指標となる。相対値 L_{dw}/S_r が 1.6 以下の場合、捕捉率 $R_t = 0$ となったことは重要な知見である。また、相対値 L_{dw}/S_r と捕捉率の解析結果から、 L_{dw} の最大値を川幅と同じと考えれば、ある捕捉率を目標にした場合、 S_r またはロッド本数を設定できる。一方で、ある川幅にロッドを何本設置すれば、もしくはロッド間隔 S_r をどの程度に設定すれば、期待される流木捕捉率がどの程度である、という計算も可能となった。本実験では基礎的な捕捉効果の検証を行った。今後は、水理条件や流木モデルの特性を変化させることや、土砂との分離挙動についての検証を行う必要がある。

6. 参考文献

- 1) 石川芳治・水山高久・福澤誠 (1989) : 土石流に伴う流木の発生および流下機構, 砂防学会誌, Vol.42 (3), pp4-10