

堰堤に直付けした流木捕捉工の流木捕捉機能に関する実験的検討

日鉄建材株式会社 國領ひろし, 笠原 啓, ○石垣拓也

1. はじめに

近年、流木災害が頻発化しており、砂防事業と林野事業が連携して対策を実施する“流域流木対策”が推進されている。その中で、既設の不透過型砂防堰堤の有効活用（機能向上）を狙った流木対策として、張出しタイプ流木捕捉工がある。張出しタイプ流木捕捉工には、土石流区間に設置された不透過型砂防堰堤の上流のり面に直付けするタイプ（直線配置）、および掃流区間に設置された不透過型砂防堰堤の堆砂敷に設置するタイプ（凸型配置）の2種類がある¹⁾。この2種類の施設は、既往の研究²⁾にて、掃流状態を想定した水路模型実験（水路勾配1/40）の検証結果を基に提案されている。

本研究は、土石流区間に設置された不透過型砂防堰堤の上流のり面に直付けするタイプ（直線配置）に着目し、水理模型実験により、堆砂状況が異なる場合の流木捕捉機能を検討したものである。

2. 実験概要

実験水路概要図を図-1に示す。実験は、水路勾配10°（I=1/6）に設定した直線水路（L4.2m×W0.3m×H0.5m）を使用し、フルードの相似則を適用して1：100の縮尺で実施した。

実験に用いた堰堤模型は、図-2に示すように不透過型砂防堰堤に基礎部となる土台コンクリートを設置し、その上に柱部材のみを配置したタイプ（Type1）および柱部材に加えて横部材と端部柱を配置したタイプ（Type2）とした。Type1は、張出しタイプ流木捕捉工設計の手引き¹⁾に従って部材間隔と配置を決めたモデルであり、Type2はType1よりも捕捉率を向上させることを目的に、越流水深の高さに合わせて横部材を配置し、さらに端部に流木の回り込み防止として柱部材と横部材を配置したモデルである。

実験で用いた流木材料（200本）は、比重0.9、長さ50mm（実大5.0m）、直径3mm（実大0.3m）の木材で、土砂材料は、図-3に示すように6～7号碎石を用いて配合した（最大粒径D₉₅=7.2mm、平均粒径D₅₀=2.2mm）。

実験ケースは、表-1に示すように合計6ケース行った。ケース1、2は、堰堤上流域が未満砂で、流木混じり土石流を流下させたケース、ケース3、4は、堰堤上流域が満砂で、洪水時を想定して、流木のみを流下させたケース、ケース5、6は同じく満砂で、流木混じり土石流を流下させたケースである。実験は各ケースとも3回実施した。

実験では堰堤の水通し部の水深（越流水深）が17mm（実大1.7m）となる流量（=0.57L/s）を設定した。流下土砂量は、未満砂のケース1、2は、満砂時の堆砂勾配がレベルとなる量とし、ケース5、6では、河床の土砂が土石流として運搬される想定で、水路ゲートから堆砂肩までの距離に、厚さ10mmの土砂を敷均した量とした。

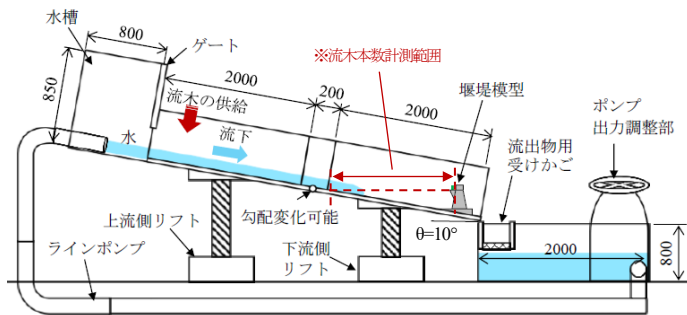


図-1 実験水路概要図（単位mm）

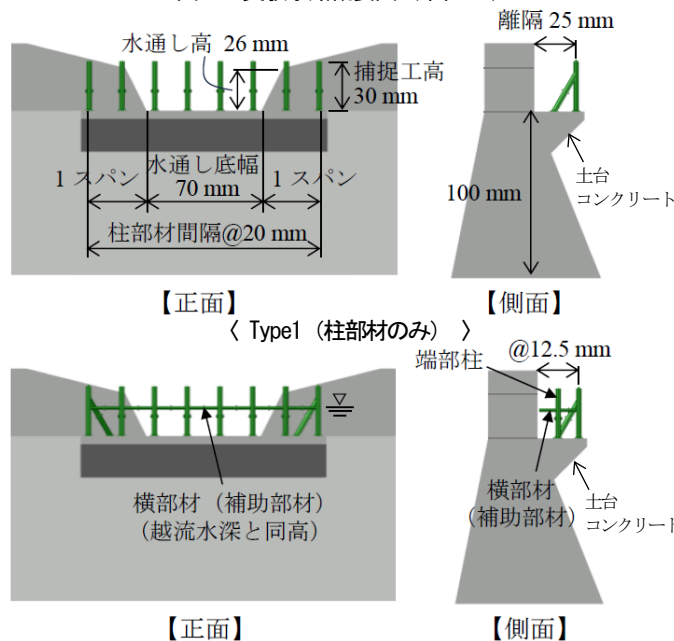


図-2 堰堤模型

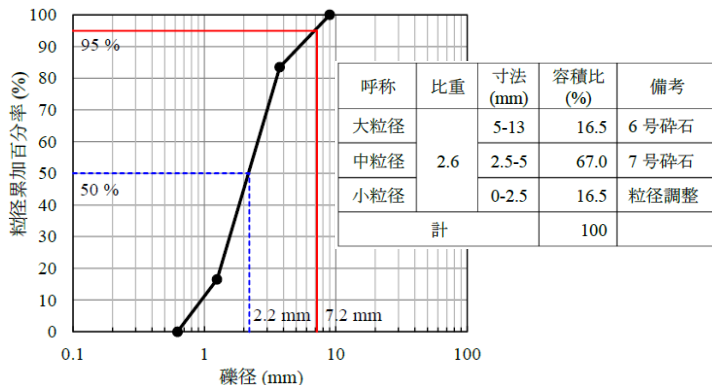


図-3 土砂材料の粒径加積曲線

表-1 実験ケース

ケース	堰堤モデル	堆砂状況	流下土砂	流木本数	流量
1	Type1 (柱部材のみ)	未満砂	9.7L	200本	0.57 L/s
2	Type2 (柱部材+横部材)				
3	Type1 (柱部材のみ)	満砂	-		
4	Type2 (柱部材+横部材)				
5	Type1 (柱部材のみ)		6.9L		
6	Type2 (柱部材+横部材)				

流木混じり土石流の場合は、水路上流の水槽に 10L 貯水し、ゲート開放により一気に流下させ、洪水時（流木のみ流下）を想定したケースでは、流木を水路上流から 1 本/sec とするよう供給した。

3. 実験結果

3-1. 流木捕捉率

表-2 に、各ケースにおける流木捕捉率を示す。流木捕捉率は、捕捉した本数を流下した本数で除した値とした。ここで、捕捉した本数は、図-1 に示した流木本数計測範囲に到達した本数とし、流下した本数は、供給本数（200 本）から流木本数計測範囲に到達しなかった本数を引いた値とした。

これより、全てのケースにおいて、Type1 の堰堤モデルに比べ、Type2 の堰堤モデルの方が、流木捕捉率が高くなる。これは、横部材および端部柱は流木捕捉率に効果があることが分かる。

堰堤上流域の堆砂状況に着目すると、流木混じり土石流の場合、満砂の方が未満砂に比べ、流木捕捉率が高くなる。

一方、満砂の流木のみの場合、他のケースに比べて流木捕捉率が低くなる結果となった。

3-2. 流木捕捉状況

図-4 に流木捕捉状況の一例を示す。ケース 1, 2 は、どちらのケースも、土石流捕捉後の流水によって流下する流木を捕捉する様子が確認された。ただし、ケース 2 においては、捕捉工正面の横部材によって捕捉された流木があり、端部でも流木を捕捉している様子が確認できる。

ケース 3, 4 は、それぞれ水面を浮遊する流木を捕捉している様子が確認できるが、流下方向に対して水平向き（すり抜けやすい向き）の流木は、柱部材の隙間からすり抜けていく様子が見られた。また、捕捉工の端部に注目すると、ケース 3 では、流木が端部から抜ける様子が確認され、ケース 4 では端部に配置した端部柱と横部材によって、捕捉された流木が端部付近に留まっている様子が確認された。

ケース 5, 6 は、堆砂数の真上から見た写真であり、ケース 5 を見ると、兩岸付近に流木が集中しており、捕捉工正面に捕捉されている流木は、ケース 6 に比べると少ない。一方、ケース 6 の捕捉工正面に捕捉されている流木に注目すると、流下方向に対して水平向きにも関わらず捕捉されている流木が数本あり、横部材の上に乗り上げるように捕捉されている流木も確認できる。

3-3. 流木捕捉前後の越流水深

流木捕捉時に堰上げが発生する可能性がある。そこで、捕捉面全体に渡って流木を捕捉しており、堰上げする可能性が高いケース 4 を対象に、流木捕捉前後の越流水深の変化量を計測した。表-3 に示す通り、流木捕捉前後の水深上昇量は、平均で 0.5mm となった。

4. まとめ

本実験で検討した範囲で得られた知見をまとめると、以下の通りである。

1) Type1 に比べて Type2 の堰堤モデルの方が、流木捕捉率が高いことから、柱部材に加え、横部材および端部柱を配置

表-2 実験結果（流木捕捉率）

ケース	堰堤タイプ	堆砂状況	流下形態	流木捕捉率 (%)			
				1回目	2回目	3回目	平均
1	Type1	未満砂	流木+土石流	93.5	84.5	93.5	90.5
2	Type2			96.5	99.0	95.5	97.0
3	Type1	満砂	流木のみ	66.5	84.5	66.5	72.5
4	Type2			90.5	97.5	95.0	94.3
5	Type1		流木+土石流	94.4	90.5	90.1	91.7
6	Type2			99.5	99.0	99.0	99.2



図-4 流木捕捉状況（一例）

表-3 流木捕捉前後の越流水深の変化

	越流水深 (mm)			
	1回目	2回目	3回目	平均
捕捉前	17.0	17.0	17.0	17.0
捕捉後	17.5	17.0	18.0	17.5
差	0.5	0.0	1.0	0.5

することで、流木捕捉率は向上する。

- 堰堤上流域の堆砂状況に着目すると、流木混じり土石流の場合、満砂の方が未満砂に比べ、流木捕捉率が高くなる。
- 堰堤上流域が満砂している状態で、流木のみ流下した場合、他のケースに比べて流木捕捉率が低くなる。
- 流木捕捉後の堰上げについては、越流水深の変化を確認した結果、水通し断面内であることを確認した。

参考文献

- 一般財団法人砂防・地すべり技術センター：張出しタイプ流木捕捉工設計の手引き（令和7年3月）。
- 嶋丈示，安富懸一：不透過型砂防堰堤の上流に付設する流木捕捉工の流木捕捉機能。砂防学会誌。2022, Vol.75, No.4, p.14-24