

流木を伴った土石流の透過型砂防えん堤による捕捉機能について

九州大学大学院工学府 学 高野瑞己  
 九州大学大学院工学府 学 児嶋力也  
 九州旅客鉄道株式会社 正 橋村京介  
 九州大学大学院工学府 正 池松伸也  
 九州大学大学院工学研究院 フェロー 橋本晴行

1. はじめに

土石流のハード対策に砂防えん堤があるが、最近では周囲への環境的な影響を考慮した透過型砂防えん堤が注目されている。透過型砂防えん堤は中小規模の出水時は土砂を通過させ、土石流のような大規模な出水時には巨礫群を開口部に詰まらせて後続土砂を捕捉する効果が期待されているが、実際の現場では流木がえん堤開口部を閉塞し下流への土砂流出を防いでいる事例が度々報告されている。このことは流木の有無が透過型砂防えん堤による土石流の捕捉機能に重大な影響を与えていることを示唆している。しかし、透過型砂防えん堤による流木を伴った土石流の捕捉効果について従来より定量的な研究が行われてきたが<sup>1, 2)</sup>、流木発生方法や流れの定常性に課題が残った。本研究は2種類の流木発生方法を採用するとともに、上流から定常な土石流を発生させ、様々な流木パラメータが砂防えん堤の捕捉機能に及ぼす効果を調べたものである。

2. 実験方法

使用した水路は全長 12m、幅 30cm の長方形断面水路である (図-1)。水路上流側 6m を移動床、下流側 4m を固定床とし、移動床には粒径 3.6mm、比重 2.65 の均一砂を敷き、固定床には下流端から 1.5m の位置にえん堤模型を設置した。えん堤模型は直径 1.8cm のステンレス製の円柱で製作し、その開口部長は  $L_c=3.5\text{cm}$ 、高さ 22.8cm、幅 30cm とした (図-2)。流木模型の諸元を表-1 に示す。流木の発生は2種類の方法を採用した。一つは初期移動床上に流木を設置する方法であり (Case 1a, 2a)、もう一つは流木落下装置から流木を流れの表面に一齐に落下させる方法である (Case 1b, 2b)。移動床上には横断方向 30cm、縦断方向 1m の区間に 30 本流木を設置し、落下装置上には 30cm×14cm の区間に約 100 本の密度で流木を配置した。実験では、水路を勾配  $\theta_0=8^\circ$  に設定し、上流端から単位幅流量  $q_0 \cong 100(\text{cm}^2/\text{s})$  の水を供給することで、流木・土砂・水混相流を発生させ、流下流木が堰堤に達してから 10 秒後に給水を停止した。給水停止後、えん堤に捕捉された流木本数、えん堤背後の堆砂地形を測定した。

3. 実験結果

ほとんどの実験で、透過型砂防えん堤が流木を捕捉し、捕捉された流木群が後続の土砂を捕捉する現象が確認できた。つまり、透過型砂防えん堤による土石流の捕捉機能に流木が大きな役割を担っている。

次に、移動床上に流木を設置した実験と一齐に流木を落下させた実験について、流下流木本数と流木捕捉率の

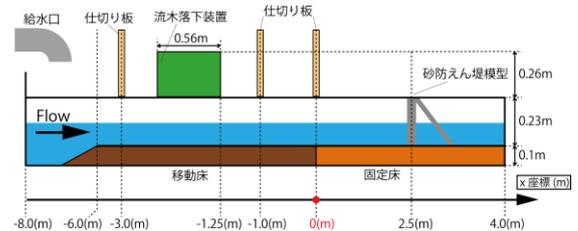


図-1 実験水路の縦断面図

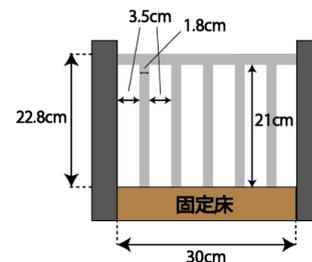


図-2 透過型砂防えん堤模型の正面図

表-1 実験における流木条件

	L (cm)	D (cm)	$L_0/L$	$\sigma$	流木の材質	移動床上の設置本数 $N_0$	落下させる本数 $N_d$
Case 1a	10	0.2	0.35	0.781	ヒノキ	60	0
	10	0.3	0.35	0.681	ヒノキ	60	0
	10	0.41	0.35	0.661	ヒノキ	60	0
	10	0.52	0.35	0.651	ヒノキ	120, 180	0
	7	0.2	0.50	0.781	ヒノキ	180	0, 90
	7	0.3	0.50	0.681	ヒノキ	180	0, 90
	7	0.41	0.50	0.661	ヒノキ	180	0, 90
	7	0.52	0.50	0.651	ヒノキ	120, 180	0, 90
5.25	0.52	0.67	0.651	ヒノキ	120, 180	0, 90	
Case 1b	7	0.41	0.50	0.661	ヒノキ	180	0, 90
Case 2a	7	0.41	0.50	0.58	ヒノキ	0, 105	0, 105, 210, 315, 420
Case 2b	7	0.41	0.50	0.58	ヒノキ	0, 105	0, 105, 210, 315, 420

L: 流木の幹の長さ      D: 流木の幹の直径  
 $L_0/L$ : 砂防えん堤開口部長さと流木の長さの比  
 $\sigma$ : 流木の比重

関係を図-3 に示す。流下流木本数が多いほど流木捕捉率が高くなる傾向にあることが分かる。しかし、ばらつきが大きいいため、パラメータを固定して実験結果の考察を行うこととする。

まず、えん堤開口部長と流木長の比  $L_c/L$  に着目した<sup>2)</sup>。移動床上に流木を約 100 本設置した実験と流木を約 100 本一斉に落下させた実験において、 $L_c/L$  と捕捉率の関係を図-4 に示す。移動床上に設置した流木同士で比べると、 $L_c/L = 0.67$  の捕捉率がほぼ 0% で最も低く、 $L_c/L$  が 0.50, 0.35 と小さくなるにつれて捕捉率が高くなっていることが分かる。

また図-4 において、 $L_c/L = 0.50$  の設置流木と落下流木を比べると、同本数であっても予め移動床上に設置した流木の方が、捕捉率は高くなっていることが分かる。実験時のビデオを分析した結果、流木が流下する際に、設置流木は落下流木よりも、密に群を形成し流下していたことや、流向に対し平行に流下していた流木の割合が落下流木の方が多く、落下流木はえん堤開口部を通過しやすかったことが考えられる。

次に、 $L_c/L = 0.50$  の設置流木と落下流木の場合について、流下流木本数と捕捉率の関係を図-5 に示す。設置流木、落下流木それぞれにおいて、流下本数が多い程、捕捉率が高くなっている。また、流下本数が約 100 本では捕捉率の低かった落下流木が、流下本数が約 300 本、400 本に増えると捕捉率が高くなり、約 200 本の設置流木と同程度の捕捉率になっていることが分かる。

4. 結論

以上、透過型砂防えん堤の流木捕捉率について 2 種類の流木発生方法を用いて実験を行った。その結果、流木捕捉率は砂防えん堤の開口部無次元スケールと流下流木本数に依存することが分かった。また、流木を落下させた場合と移動床上に設置した場合を比較すると前者の場合より後者の方が捕捉率は高い。

参考文献 1) 大隈久, 石川信隆, 渋谷一, 香月智, 水山高久: 流木捕捉工による流木捕捉状況に関する実験的研究, 砂防学会研究発表会概要集, 2011. 2) 渋谷一: 流木混じり土石流に対する鋼製骨組砂防構造物の捕捉性能に関する研究, 防衛大学校学位論文, 2012.

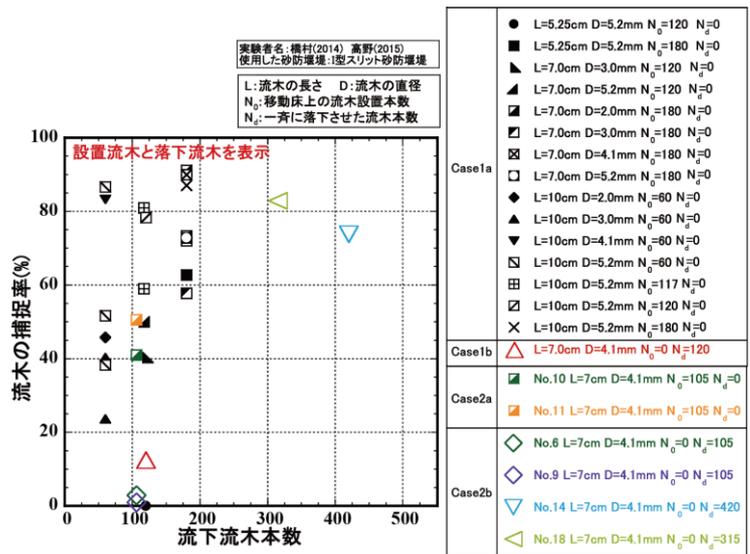


図-3 全実験ケースの流木捕捉率と流下流木本数の関係

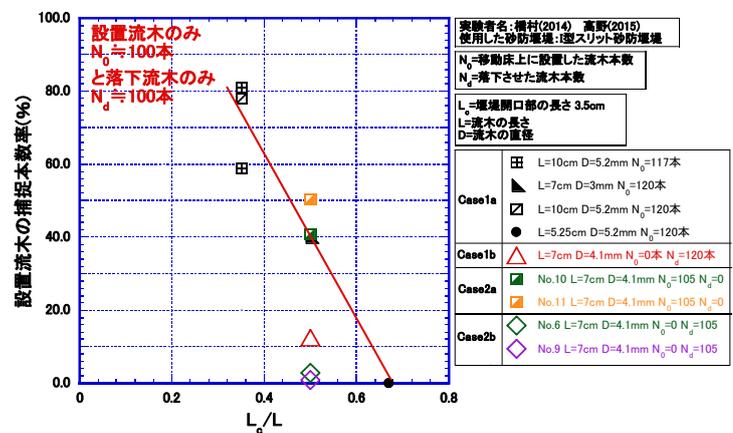


図-4 設置流木本数  $N_0 = 100$ , 落下流木本数  $N_d = 100$  に限定した場合の流木捕捉率と開口部無次元スケールの関係

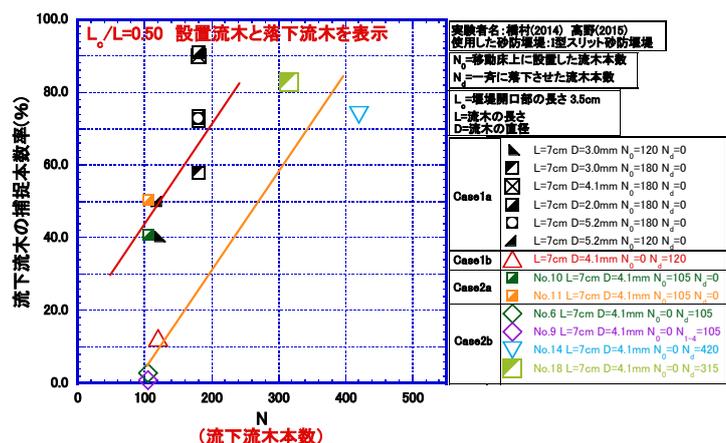


図-5 開口部無次元スケール  $L_c/L = 0.50$  に限定した場合の流木捕捉率と流下流木本数の関係