

土石流に伴い流下する流木における堆積に関する水理模型実験

土木研究所 ○高木将行, 田中真子, 伊藤誠記*1

*1 現国土交通省

1.はじめに

土石流・流木対策において、砂防堰堤の数や規模を決定するため、計画流出土砂量と計画流出流木量をそれぞれ算出する必要がある。このうち、計画流出流木量は、発生流木量に流木流出率を乗じて算出され、流木流出率は一律 0.8~0.9 に定められている¹⁾。一方、流木が渓流内に堆積した箇所などが整理されている²⁾³⁾。このように、流木の堆積に影響する条件に明らかになれば、適切な規模の砂防堰堤の整備に資すると考えられる。そこで、本研究では、土石流に伴い流下する流木における堆積量と堆積に影響する条件を明らかにするため、水理模型実験で実施した。

2.実験方法

2.1.概要

写真 1 に実験水路を示す。土木研究所所有の水路(勾配 17°、延長 500 cm、幅 20 cm)を用いて実験を行った。水路下端に勾配可変の河道模型(延長 100+28 cm、幅 60 cm)を接続した。水路と河道模型に土砂(厚さ 5 cm)を敷設し、水路上端より水と湿潤させた流木模型を供給し、流木を含む土石流状態を発生させ、止水後に河道模型内に堆積した流木模型の本数を計測した。繰り返し回数は 5 回とした。縮尺は 1/50 として、フルード相似則を適用させた。表 1 に水理条件を示す。

2.2 土砂と流木模型

実験に用いた土砂は、土粒子の密度が 2.65 g/cm³、50% 粒径が 2.35 cm、95% 粒径が 15 cm とし、水路に敷設した土砂の体積は約 50,000 cm³ (=延長 500 cm*幅 20 cm*厚さ 5 cm) とした。また、実験に用いた流木模型は、直径 0.4 cm で延長が 10、15 cm の 2 種類を使用した。各模型で、水路に敷設した土砂の体積に対する流下させた流木模型の体積の割合(以下、流木模型の割合という)を 1、2% の 2 通りとした。表 2 に流木模型の仕様を示す。

2.3 因子、水準、特性値

表 3 に実験ケースと特性値の結果を示す。因子(実験で変化させる条件)は、①水路上端から供給する水の流量(以下、供給流量という)、②河道模型の勾配、③流木模型の割合、④流木模型の延長の 4 つとし、水準(因子の設定値)は因子ごとに 2 つとした。よって、4 因子 2 水準の全組合せとなる 16 通りの実験ケースを実施した。特性値(測定対象の値)は、河道模型の延長 100cm、幅 60cm 内に堆積した流木模型の割合(以下、堆積割合という)とし、式 1 のとおり定義した。

$$\text{堆積割合(\%)} = \frac{\text{区間 B 内の流木模型の本数}}{\text{(流下させた流木模型の全本数} \\ - \text{区間 A 内の流木模型の本数)} * 100} \quad (1)$$

写真 2 に実験後の流木模型の堆積状況を示す。止水後に各区間に存在する流木模型の本数を計測し、堆積割合を算出した。なお、複数区間に堆積した流木模型は、存在割合が大きい区間に堆積したものとした。

3.実験結果

図 1 に堆積割合(5 回平均)の散布図を示す。堆積割合(5 回平均)(以下、堆積割合という)が大きい水準を y 軸とした。4 因子の回帰式の傾きと y 軸切片を比較すると、傾きに大きな差はないが、y 軸切片について、①供給流量のときが 0.14 の最大となり、①供給流量のプロットが y=x から最も乖離した。つまり、4 因子のうち、①供給流量を変化させた場合、堆積割合の変化が最も大きくなることを示している。一方、残り 3 因子については、堆積割合の変化は大きく認められなかった。以上より、設定した水準において、流木模型の堆積に影響する因子は、①供給流量であるといえる。さらに、①供給流量別の堆積割合について、表 3 より 2,100 cm³/s (ケース 1~8) のとき 20.7~48.6%、3,150 cm³/s (ケース 9~16) のとき 6.0~26.6% となった。60 cm の一定の幅を有する河道模型を用いて、特定の条件下においては、一定量の流木模型が堆積することが確認された。

4.おわりに

本研究では、土石流に伴い流下する流木における堆積量と堆積に影響する条件を明らかにするため、水理模型実験で実施した。今後は、水準の設定値や河道模型の幅を変化させて実験を行う予定である。

【謝辞】

土木研究所の金澤牧子氏(現国土防災技術)、榊原颯輝氏、菅野拓矢氏、松永隆正氏には実験を補助いただいた。また、火山・土石流チーム各位に実験結果について助言をいただいた。

【参考文献】

- 国土交通省国土技術政策総合研究所(2025): 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説, p.20
 黒岩知恵ら(2016): 平成 23 年台風 12 号土砂災害における和歌山県那智川支流域の流木の発生と流出実態, 第 8 回土砂災害に関するシンポジウム
 染谷哲久ら(2019): 鹿児島県境松崎川における流木堆積箇所の特徴, 令和元年度砂防学会研究発表会概要集, p.455-456

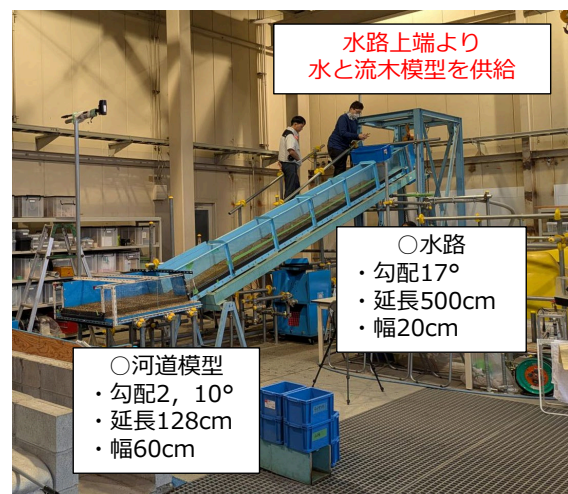


写真 1 実験水路

表1 水理条件

項目	単位	供給流量	
		2,100cm ³ /s	3,150cm ³ /s
水深	cm	4.8	3.2
速さ	cm/s	55.1	96.8
土砂濃度		0.50	0.48
フルード数		0.80	1.73

※水路勾配17°で、水と土砂（延長500cm*幅20cm*厚さ5cm）のみを流下させ、水路下端にて土石流の先頭部を計測した結果（5回平均）である。

表2 流木模型の仕様

項目	単位	流木模型の延長10cm		流木模型の延長15cm	
		直径	cm	0.4	0.4
乾燥密度	g/cm ³	0.51	0.47		
湿潤密度	g/cm ³	0.70	0.63		
体積	cm ³ /本	1.26	1.88		
総本数	本	405	810	270	540
総体積	cm ³	509	1,018	509	1,018
流木模型の割合	%	1	2	1	2

表3 実験ケースと特性値の結果

	①供給流量 cm ³ /s	②河道模 型の勾配 °	③流木模 型の割合 %	④流木模 型の延長 cm	特性値（堆積割合）						
					1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	5回平均	
水準1	2,100	2	1	10							
水準2	3,150	10	2	15							
ケース1	2,100	2	1	10	22.5%	28.7%	19.0%	19.4%	43.8%	26.7%	
ケース2	2,100	2	1	15	42.2%	41.0%	27.6%	21.1%	41.6%	34.7%	
ケース3	2,100	2	2	10	16.5%	42.8%	42.3%	37.3%	63.4%	40.5%	
ケース4	2,100	2	2	15	33.8%	44.8%	57.3%	49.8%	57.2%	48.6%	
ケース5	2,100	10	1	10	12.9%	26.1%	23.0%	16.9%	24.5%	20.7%	
ケース6	2,100	10	1	15	27.2%	34.9%	25.7%	16.2%	26.2%	26.0%	
ケース7	2,100	10	2	10	21.3%	26.0%	22.8%	18.2%	23.8%	22.4%	
ケース8	2,100	10	2	15	25.4%	41.6%	32.6%	28.7%	35.5%	32.7%	
ケース9	3,150	2	1	10	13.8%	4.0%	3.1%	13.1%	22.9%	11.4%	
ケース10	3,150	2	1	15	18.2%	7.5%	10.6%	10.2%	6.2%	10.5%	
ケース11	3,150	2	2	10	19.9%	8.8%	24.9%	22.6%	18.4%	18.9%	
ケース12	3,150	2	2	15	34.5%	22.5%	29.7%	33.5%	12.7%	26.6%	
ケース13	3,150	10	1	10	17.9%	8.9%	21.7%	1.3%	21.2%	14.2%	
ケース14	3,150	10	1	15	16.0%	23.0%	14.9%	18.2%	17.1%	17.8%	
ケース15	3,150	10	2	10	2.0%	5.0%	4.6%	1.7%	16.6%	6.0%	
ケース16	3,150	10	2	15	9.8%	21.2%	18.7%	21.0%	18.6%	17.9%	

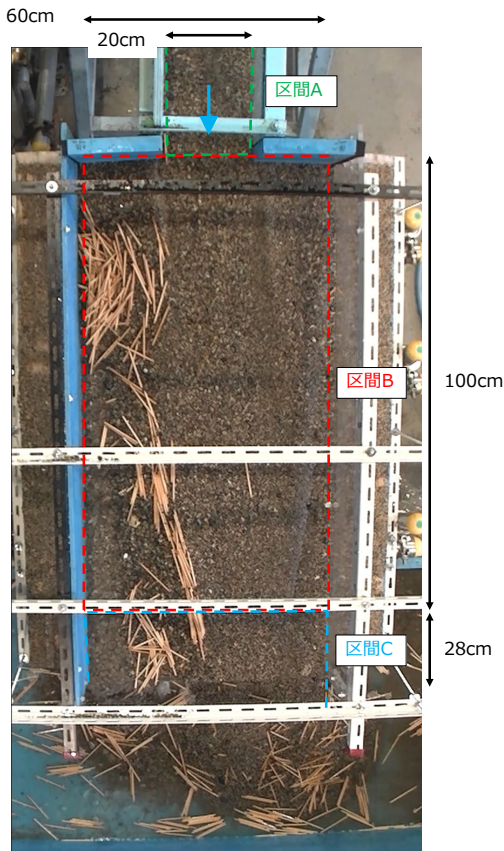


写真2 実験後の流木模型の堆積状況

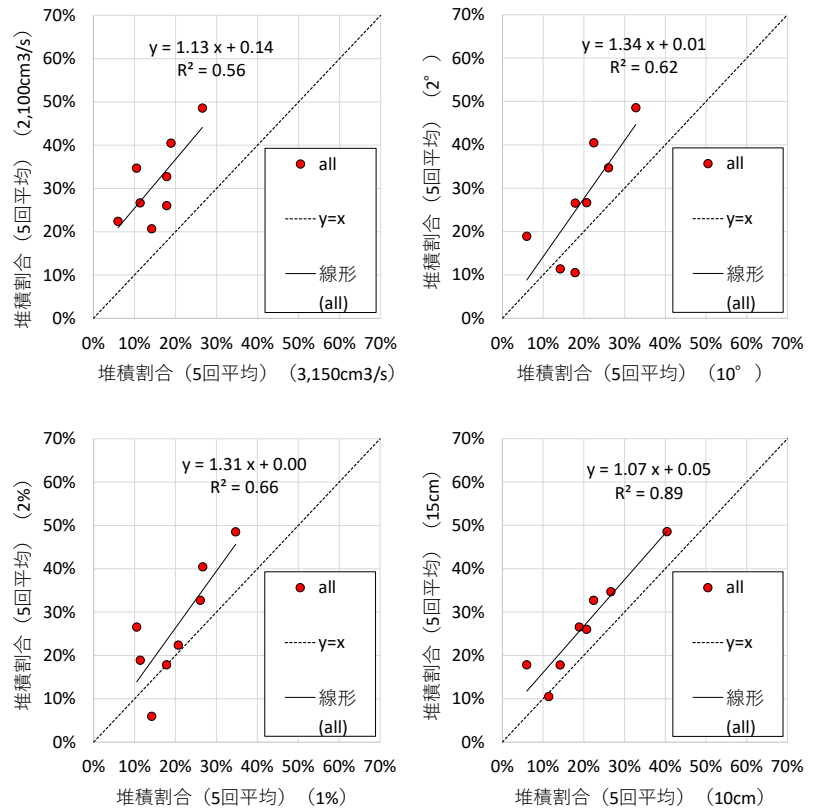


図1 堆積割合（5回平均）の散布図