

財団法人建設技術研究所

○長谷川祐治

杉浦 信男

小田 晃

京都大学大学院農学研究科

水山 高久

筑波大学大学院生命環境科学研究科

宮本 邦明

1. はじめに 前報¹⁾では、直線矩形断面水路を用いて、水路側面の突起と流木混入の有無が土石流の流れに及ぼす影響を確認した。その結果、水路幅の変化によって、流木を含む土石流は、流量などが僅かながら増大する。これは、流木が土石流先端部に混合し、その流木が突起に引っ掛かり、流れを阻害することで一時的な河道閉塞（以下、短時間溪流閉塞と呼ぶ。）を形成するためである。しかし、矩形断面水路では突起との衝突点に流木の中心が位置しないため流木が引っ掛かり難いことが考えられる。そこで、i) 流木を引っ掛かりしやすくして短時間溪流閉塞の決壊による流量変化を明確にする、ii) 実際に近い状況を再現するため水路を矩形断面から台形断面に変更を行った。本報では、流木を含む土石流が突起によって短時間溪流閉塞の形成する状況および決壊過程に着目し、一般的な天然ダム決壊との違いについて考察を行った。

2. 実験概要 実験条件を表-1 に、実験概略図を図-1 に示す。条件を分かり易くするため左岸側の側壁、立木を表示していない。水路は、幅 10cm、長さ 700cm、深さ 20cm、勾配 15 度、側壁勾配 55 度の直線台形断面水路を使用した。水路下流 600cm の区間は、底面から 10cm 嵩上げを行い、固定床の土石流流下区間とした。その上流 100cm は、流下させる土砂と流木を敷き詰めた。実験砂は、図-2 に示すように最大径 2.0cm、平均粒径 0.82cm の混合砂（粗砂）と粒径 0.025cm の一様砂（細砂）を 2 種類使用した。流木は、全て同一の形状で、木製の円柱タイプ、長さ 4.2cm、径 0.2cm を 2000 本使用した。水路に立木を設置する場合、水路下流端より 100cm の位置に設置し、予備通水を行い流木の閉塞による堆積が生じないような間隔とした。その時の水路幅は 8cm となる。測定は、水路下流端から流出する土砂と流量、流木量をローラー上に設置した採取箱を用いて時系列に計測を行った。

3. 実験結果 写真-1 に実験 No. 4 と No. 6 の土石流が立木を通過するときの瞬間像を示す。時刻 $t=0.0\text{sec}$ は、土石流先端部が立木に到達したときの時刻である。両者ともに流木は先端部 ($t=0.0\sim 1.0\text{sec}$) に集中し、立木到達時の数は約 1650 本である。実験 No. 4 は、流木群が立木に到達後、流木が瞬間的に立木に引っ掛かり、それと同時に狭くなった間隔に土砂が次々に捕捉され、最大 10cm の高さの短時間溪流閉塞を形成する ($t=0.5\text{sec}$)。形成直後は流木の流下が遅れるため、水路下流端から流出する先端部の流木量は、1286 本である。形成後は、土砂が上流に伝播し堆積することはない、天端を飛び越え

表-1 実験条件

実験 No.	流木	立木	実験砂
1	なし	なし	粗砂
2	なし	あり	
3	あり	なし	
4	あり	あり	
5	なし	あり	細砂
6	あり	あり	

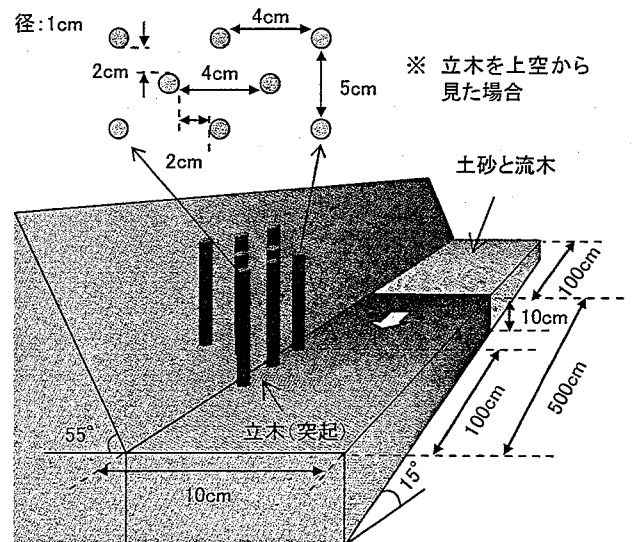


図-1 水路概略図

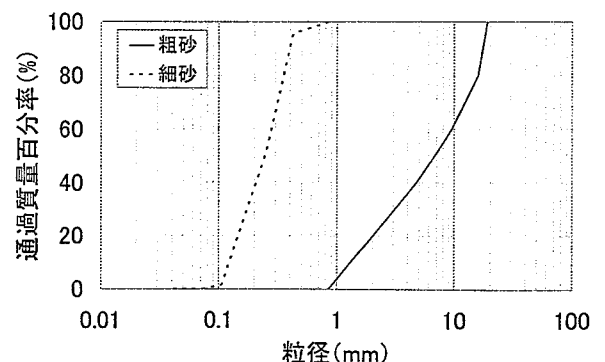


図-2 粒度分布

て勢いよく流出するため、土石流の流動性が低下することはない ($t=1.0\text{sec}$)。また、一般的な天然ダムの堆砂面に見られる湛水は生じない。これは、流入流量が大きく影響しているものと考えられる。ここで、長谷川ら²⁾のせき上げ発生・非発生の条件を参考に、土石流の流れを清水に置き換えて考えると、Froude 数 1.87 においてせき上げ発生に必要な高さは 25.7cm となるため、高さ 10cm の短時間溪流閉塞ではせき上げを生じないことが確認できる。決壊は緩やかに進行し、通水後は短時間溪流閉塞の土砂がほとんど全て流下する ($t=1.5\text{sec}$, 通水後)。一方、実験 No. 6 は、流木が瞬間的に流路を塞いだ後も土砂は堆積することなく通過するため短時間溪流閉塞を形成しない。その後も、流木なしと同様の流下状況である。

図-3 に流量、図-4 に土砂濃度の時系列を示す。粗砂を用いた全てのケースで土石流フロントが形成される。その時の流量は、 $Q_{\text{out}}/Q_{\text{in}}=3.4\sim 3.9$ である (Q_{out} : 流出ピーク流量, Q_{in} : 流入流量)。短時間溪流閉塞が形成される実験 No. 4 においてもピーク流量に顕著な相違は見られない。実験 No. 1 に対する流量比は 1.16 である。一方、後続流 ($t=4.0\text{sec}$ 以降) に着目するとその値は 1.21 とやや増加する。細砂については、土石流フロントが形成されず楔状で流下して、流木を含む土石流が立木の影響をほとんど受けない。土砂濃度の時系列は、粗砂を用いたケースでは実験 No. 4 における先端部の土砂濃度が急減する。洪水継続時間内における総流出土砂量は何れケースも同量であるため、後続流では実験 No. 4 の土砂濃度がやや高くなる。これは、短時間ながらスリット砂防えん堤と同じ傾向を示す。細砂を用いたケースは、粗砂と比べて土石流先端部の土砂濃度が低い。後続流は、実験 No. 4 と除きほぼ同じ濃度となる。

4. おわりに 流木を含む土石流は立木によって短時間溪流閉塞を形成する場合もある。流入流量の違いなどから一般的な天然ダムのように堆砂面に湛水を生じない。また、通水後の痕跡から流量を推定すると、短時間溪流閉塞を形成するケースは、水深が高い位置まで到達しているため大きく見積られる可能性がある。今後、短時間溪流閉塞の形成条件ならびに決壊流量の推定の検討を行っていく。なお、短時間溪流閉塞形成時に支えとなる立木や流木そのものが折れた場合は、流量が急増することも考えられるが、その現象を実験で再現することは難しいだろう。

参考文献 1)長谷川ら：流木を含む土石流の流れに関する研究，平成 18 年度砂防学会研究発表概要集 2)長谷川ら：透過型砂防えん堤のせき上げに関する実験的研究 (2)，平成 15 年度砂防学会研究発表会概要集

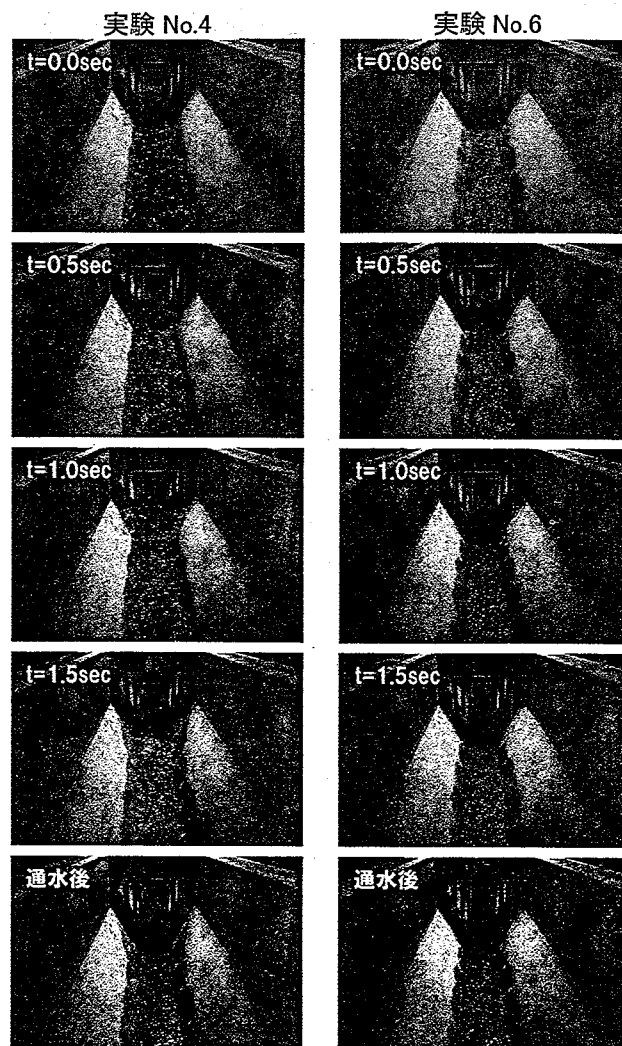


写真-1 瞬間像

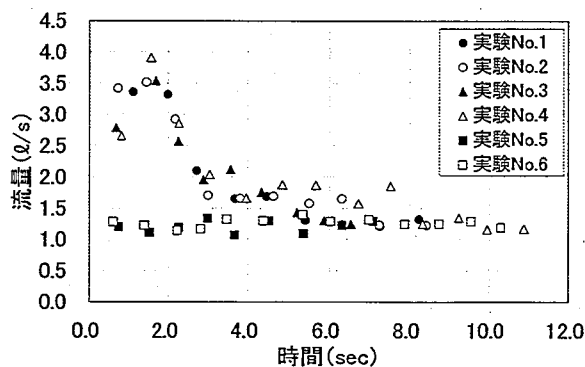


図-3 流量の時系列

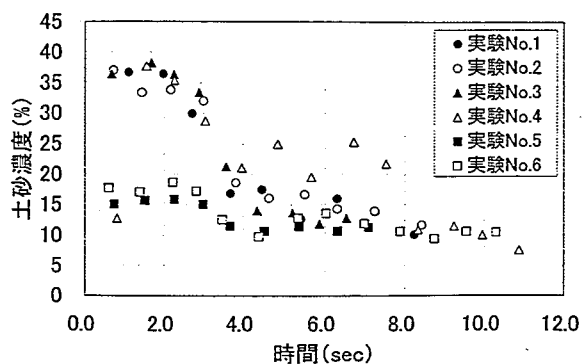


図-4 土砂濃度の時系列