

鋼製透過型砂防堰堤の流木閉塞による土砂捕捉に関する実験的検討

防衛大学校 ○立石龍平, 堀口俊行, 香月 智
 (一財) 砂防・地すべり技術センター 嶋 丈示
 砂防鋼構造物研究会 石川信隆
 京都大学大学院 水山高久

1 緒言

土石流の対策として、鋼製透過型砂防堰堤の建設が進められている。鋼製透過型砂防堰堤は、土石流が流下する際に、巨礫が土石流の先頭部に集中することを利用し、初めに巨礫により開口部を閉塞し、次いで後続流を捕捉するものである¹⁾。しかし、平成25年の伊豆大島土石流では、写真-1に示すように、鋼製透過型砂防堰堤によって巨礫の捕捉が少ないにもかかわらず、多くの流木とともに後続流の土砂が捕捉された。これは、従来の巨礫などにより開口部が閉塞し、後続流を捕捉するという、土砂捕捉機構とは異なった機構で土砂が捕捉されていると考えられる。筆者ら²⁾は、鋼製透過型砂防堰堤による礫と流木混じり土石流の捕捉について整理している。しかし、土砂と流木混じり土石流の捕捉については未解明であった。

そこで本研究では、直線水路を用いて、流木混じりにおける鋼製透過型砂防堰堤モデルの土砂捕捉効果について実験的に検討したものである。

2 実験要領

2.1 実験装置

図-1に実験で用いた実験装置を示す。この実験装置は、勾配可変(0°~20°)の矩形水路であり、その寸法は、流下長さ2.5m、幅0.3m、高さ0.5m、底面はステンレス製、側面はガラス製で、流下する土石流の観察が可能な構造になっている。

2.2 流木モデル

写真-2に、実験で使用した流木モデルを示す。流木モデルは、材質が木材であり、直径6mm、流木長120mmである。また、樹根部の形状は、苧住の報告³⁾におけるスギの項を参考に、下向きに発達している垂下根と根株から分岐する斜出根と小・中径根をモデル化した。

2.3 土砂モデル

実験で用いた土砂モデルは、ほぼ均一な粒度分布を持つ平均粒径 $d_{50}=0.44$ mm、比重2.56の珪砂5号を用いた。

2.4 実験条件

実験は、土砂と流木のモデルを混合して、水路勾配15°である水路上流に配置し、土砂を十分に湿潤状態にした後、表-1に示す実験ケースの流量を供給し、流下させた。各ケースの実験後に、堰堤において捕捉した土砂の容積と堰堤を通過した土砂の容積を計測した。この体積をもとに、土砂捕捉率 P_C を算出した。

$$P_C = \frac{V_C}{V_C + V_P} \quad (\%)$$

ここで、 P_C :土砂捕捉率、 V_C :堰堤で捕捉した土砂の容積、 V_P :堰堤を通過した土砂の容積

3 実験結果

表-2は、各実験条件における土砂捕捉率を示す。流量の増加に伴い、捕捉率が低下するとともに、同一流量におい



写真-1 伊豆大島における流木・土砂捕捉

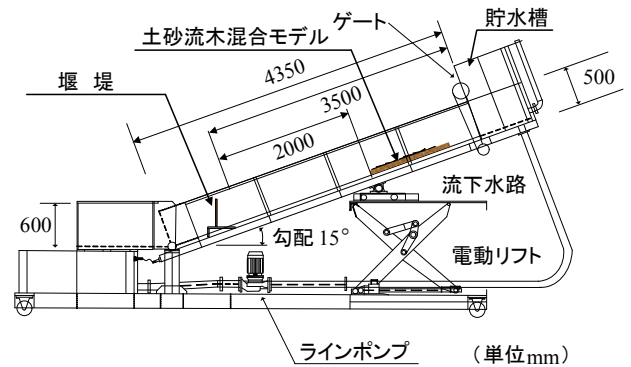


図-1 実験装置の概要 (単位mm)

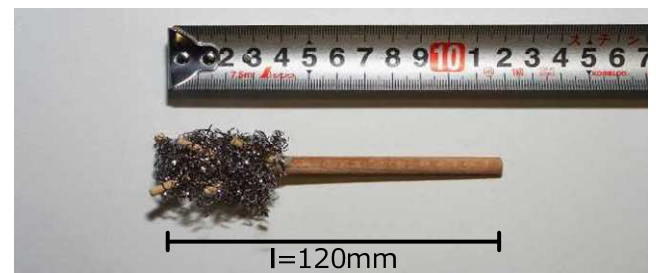


写真-2 流木モデル

表-1 実験ケース

シリーズ	土砂容積 $V(l)$	流木本数 n	流量 $Q(l/s)$
砂のみ	10	-	0.33
流木混じり		80	0.98

表-2 実験結果

シリーズ	土砂捕捉率 (%)	
	$Q=0.33$ l/s	$Q=0.98$ l/s
砂のみ	46.6	17.4
流木混じり	71.8	51.3

て、流木が土石流中に含まれると土砂捕捉率が顕著に上昇する。

写真-3に、各実験条件における土砂の捕捉状況を、写真-4に、各実験条件における土砂の捕捉形状の比較を示す。い。流量の増加に伴い、土砂の捕捉区間長が短くなるが、土砂の捕捉区間の最大高さは、高くなっている。また、同一流量における砂のみと流木混じりの条件を比較すると、流木が混じることにより、土砂の捕捉区間の最大高さが高くなるとともに、土砂の捕捉区間長が長くなっている。

写真-5、写真-6に、流量 $Q=0.98\text{ l/s}$ における流木の有無による土砂の捕捉状況の時間変化を示す。写真-5の砂のみにおいては、堰堤後端の勾配が変化する地点において、流水の流れの変化が生じ、速度差が生じることで、流速が遅い水路床付近において土砂の堆積が促進される。土砂の堆積により、流水の流れの変化する地点が後退し、さらに後方に土砂が堆積することで、堰堤部で土砂が捕捉される。一方、写真-6の流木混じりにおいては、土石流先端部の流木が堰堤に衝突することで、後続の土砂混じりの流水を瞬間的に塞き上げ、流れが乱れることで、流速が低下し、土砂の堆積を促進する。砂のみと同様に、さらに後方に土砂が堆積する。

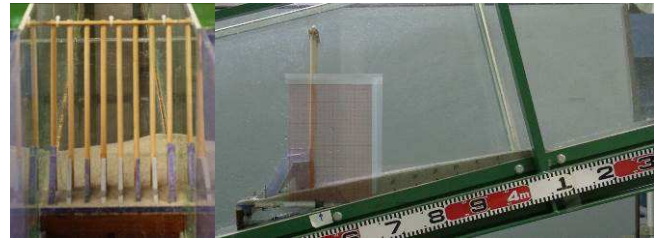
4 結言

本研究で、得られた成果を以下に示す。

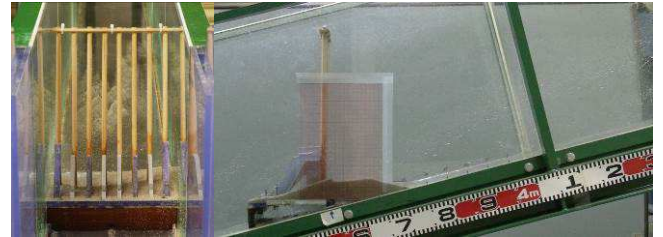
- 1) 流木が土石流中に混じると、流木の先行によって堰堤開口部が閉塞され土砂捕捉率が向上する。
- 2) 流木混じりでは、堰堤を閉塞すると、流れが堰き上げ型に変わり、流速が低下するので土砂の堆積を促進する。

参考文献

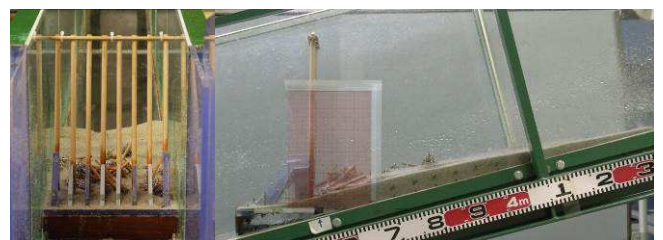
- 1) 財団法人 砂防・地すべり技術センター 鋼製砂防構造物委員会編集：平成21年版鋼製砂防構造物設計便覧，エッセイプロ，2010。
- 2) 香月智，澁谷一，大隈久，國領ひろし，石川信隆：個別要素法による透過型砂防堰堤の流木混じり土石流捕捉解析，土木学会論文集A2（応用力学），Vol.69，No.1，pp.16-29，2013.2。
- 3) 菊住昇：樹木の根の形態と分布，森林総合研究所研究報告，No.94，pp.1-197，195



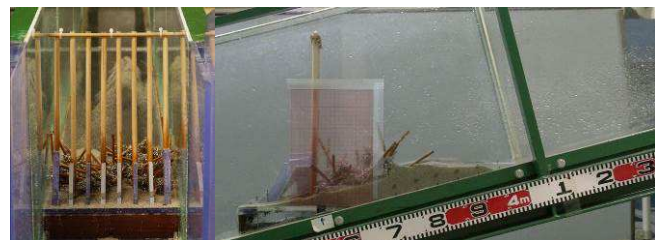
(a) $Q=0.33\text{ l/s}$ 砂のみ($P_c=44.6\%$)



(b) $Q=0.98\text{ l/s}$ 砂のみ($P_c=17.4\%$)



(c) $Q=0.33\text{ l/s}$ 流木混じり($P_c=71.8\%$)



(d) $Q=0.98\text{ l/s}$ 流木混じり($P_c=51.3\%$)

写真-3 土砂捕捉の形状

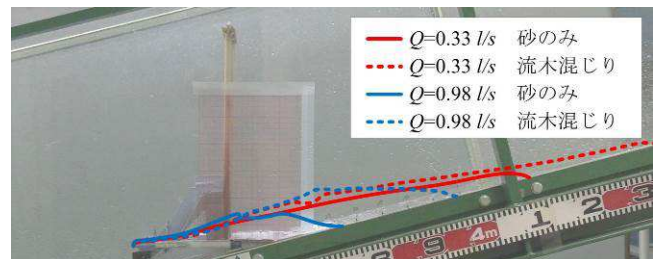


写真-4 土砂の捕捉形状の比較



(a) $t=t_0+1.0\text{ s}$ (b) $t=t_0+4.0\text{ s}$ (c) $t=t_0+7.0\text{ s}$ (d) 最終形状

写真-5 $Q=0.98\text{ l/s}$ 砂のみにおける土砂捕捉形状の時間変化($P_c=17.4\%$)



(a) $t=t_0+1.0\text{ s}$ (b) $t=t_0+4.0\text{ s}$ (c) $t=t_0+7.0\text{ s}$ (d) 最終形状

写真-6 $Q=0.98\text{ l/s}$ 流木混じりにおける土砂捕捉形状の時間変化($P_c=51.3\%$)

