

部分透過型砂防堰堤の土石流捕捉に関する実験的考察

砂防鋼構造物研究会 ○山口聖勝 吉田一雄
 (一財)砂防・地すべり技術センター 嶋丈示
 (株)建設技術研究所 松原智生
 京都大学大学院農学研究科 水山高久

1. 緒言

平成 19 年 3 月に「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)」および「土石流・流木対策設計技術指針」(以下、土対針という)が改定され¹⁾、河床まで開口部を設けた透過型砂防堰堤(以下、全透過型砂防堰堤という)が土石流・流木対策の基本であると位置づけられた。一方、土対針に部分透過型砂防堰堤の項目も追加され、部分透過型砂防堰堤の計画・設計について詳細に示された。しかし、部分透過型砂防堰堤を設置した場合、全透過型砂防堰堤の場合と土石移動形態が異なることが予想され、筆者ら²⁾は昨年度、部分透過型砂防堰堤の土石流捕捉について以下の問題点を指摘した。

A. 不透過部が未満砂状態で土石流が流下した場合(図-1)

不透過部で土石流が捕捉され、透過部では巨礫を含まない後続流が到達して捕捉できない可能性がある。

B. 不透過部が満砂状態で土石流が流下した場合(図-2)

不透過部で不安定土砂を捕捉した場合、堆砂勾配が緩くなり透過部まで土石流が到達しない可能性がある。

C. 不透過部が湛水状態で土石流が流下した場合(図-3)

土石流フロント部が湛水上流で停止し、透過部まで到達しない可能性がある。

今年度は、これら問題点を水理模型実験にて確認するため、部分透過型砂防堰堤の土石流捕捉効果について基礎的実験を行ったので報告する。

2. 実験の概要

2.1 実験条件

実験は、実物の 1/100 の縮尺とし、図-4 に示す幅 0.5m(水路幅 0.2m に加工)、高さ 0.55m、長さ 10m の可変勾配矩形水路を用いて行った。水路勾配は、災害復旧時に谷出口に部分透過型砂防堰堤を設置することを想定し、1/20(ただし、満砂の場合は 1/40)とした。実験に用いる砂は、図-5 に示す D95=1.0cm、D50=0.2cm の混合礫を用い、流木は直径 d=0.3cm、長さ L=5cm の円柱木材を用いた。部分透過型砂防堰堤の模型は、直径 1.0cm、高さ 7.5cm の円柱木材をスリットの縦材とし、不透過部の高さは 7.5cm とし、不透過部と透過部の高さの比を 1:1 とした。またスリット間隔は土石流捕捉工として、D95×1.0=1.0cm とした。

2.2 実験ケース

実験ケースを表-1 に示す。ケース 1、2 は土砂のみを、ケース 3、4 は土砂+流木を流した。またケース 2、4 の満砂状態の堆砂勾配は 1/40 とした。本実験では、通水流量 $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$ 、土砂量 $60 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ とし、堰堤が満砂するまで流した。

3. 実験結果

3.1 堆砂肩の形成状況

ケース 1 は不透過部が未満砂状態のため、不透過部の堰上げにより堆砂肩を形成し、堆砂肩が前進して不透過部を満砂させた。ケース 2 は不透過部が満砂状態のため特に明確な堆砂肩は形成されなかった。ケース 3 および 4 は土砂が堰堤に到達する前に流木が透過部を閉塞し、これに伴う水位上昇が発生し、堆砂肩を形成した。ケース 3 は不透過部が未満砂のためその堰上げに加え、透過部の流木閉塞による水位上昇により、高さの高い堆砂肩がゆっくりと前進し、4 ケース中土砂の堰堤への到達は最も遅かった。写真-1 にケース 1、3 の堆砂肩の形成状況を示す。

3.2 土砂・流木の捕捉状況

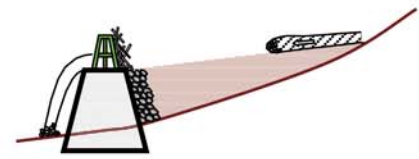


図-1 未満砂状態

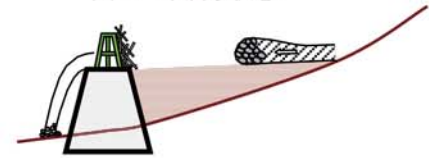


図-2 満砂状態

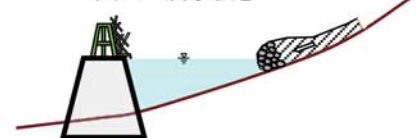


図-3 湛水状態

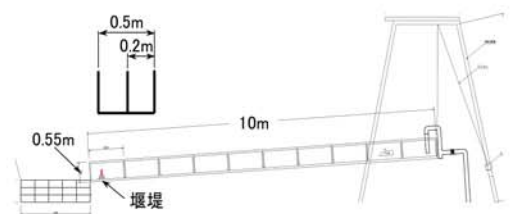


図-4 実験水路の縦断面図

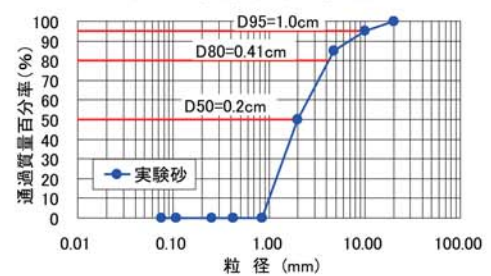


図-5 実験砂の粒度分布

表-1 実験ケース

実験ケース	実験目的	不透過部	土砂量 (m^3)	流木本数 (本)	流量 (m^3/sec)
ケース1	問題点A, Cの確認	未満砂	60×10^{-3}	0本	2.0×10^{-3}
ケース2	問題点Bの確認	満砂	60×10^{-3}	0本	2.0×10^{-3}
ケース3	問題点A, Cの確認	未満砂	60×10^{-3}	1185本	2.0×10^{-3}
ケース4	問題点Bの確認	満砂	60×10^{-3}	1185本	2.0×10^{-3}

次に、土砂・流木の捕捉および流出土砂の状況について、ケース1は、堆砂肩が堰堤に到達後、その上を礫が透過部へ流下し、D95が透過部に到達すると閉塞したが、透過部が閉塞するまでの間D95より小さい土砂は下流へ流出した。

ケース2は、土砂が不透過部の堆砂面を流下し、D95が透過部に到達すると閉塞したが、ケース1と同様、透過部が閉塞するまでの間D95より小さい土砂は下流へ流出した。

ケース3は、流木が早々に透過部で閉塞することと、それに伴う水位上昇により堰堤地点への土砂の到達が遅いため、堰堤下流への土砂流出はわずかであった。

ケース4は、透過部が流木により早々に閉塞するものの、不透過部が満砂しているため、流木が透過部を閉塞するまでは土砂が下流へ流出した。また、ケース3,4とも捕捉後の流木塊は安定していた。各ケースの土砂・流木捕捉後の状況を写真-2に示す。

3.3 流出土砂量

図-6に流出土砂量を示す。ケース1,2はD95により、ケース3,4は流木により透過部が閉塞し、その背面に粒径の小さい土砂が捕捉されていた。流出土砂量については、流木がない場合(ケース1,2)は不透過部の堆砂面をD95が土砂流または掃流状態で流下して透過部を閉塞するが、透過部が閉塞するまでは土砂が流出するため多く、一方、流木がある場合(ケース3,4)は早々に透過部を流木が閉塞するので少なく、流木による捕捉効果が大きいことがわかる。

流出土砂の粒径は各ケースとも0.2cm以下がほとんどであるが、ケース1,2はD95で閉塞するまで土砂が流出したため0.2cm~1.0cmの粒径が流出土砂量全体の約8%あった。

4. 結論

今回の実験では、部分透過型砂防堰堤の問題点A,B,Cについて基礎的実験により検討し、以下のことがわかった。

(1) 流木が透過部を閉塞しない場合(ケース1,2)では、スリット間隔をD95×1.0に設定しているので、透過部を閉塞するだけのD95が透過部に到達しないと土砂は流出する。今回の実験では、不透過部の湛水、堆砂による緩勾配により土砂は集合体で流下していないが、スリット間隔をD95×1.0で設定しているので、D95で閉塞後は土砂を捕捉した。しかし、D95で透過部が閉塞するまでの間土砂は流出した。したがって、部分透過型砂防堰堤の場合は、土砂の移動形態が全透過型砂防堰堤とは異なるので、「鋼製砂防構造物設計便覧」³⁾に記載されているとおり、土砂移動形態や現地の礫径による開口部の設定(透過部までスリット間隔を設定した礫径が到達するかどうか)など十分に配慮することが必要である。

(2) 流木が存在する場合(ケース3,4)には、流木が先に堰堤に到達し透過部で閉塞するため、不透過部が満砂して堆砂勾配が緩くなり、土砂移動形態が土砂流あるいは掃流状態となった場合でも土砂を確実に捕捉できることがわかった。平成24年の九州北部豪雨災害においても同様の現象により土砂を捕捉していた(写真-3)。

筆者らは昨年度、透過部のスリット間隔は、D95ではなく、最大礫径帯の最大値であるD80の1.0倍に設定することを提案した。これにより捕捉に寄与する礫径が多くなり、より確実に土石流を捕捉できると考えられる。今後は、実験のパラメータを増やし、部分透過型砂防堰堤の土石流捕捉効果についてさらに検証していきたい。

参考文献

- 1) 「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)及び同解説」, 「土石流・流木対策設計技術指針及び同解説」平成19年11月, 国土交通省砂防部, 国土交通省国土技術政策総合研究所
- 2) 山口聖勝, 吉田一雄, 嶋丈示, 水山高久: 部分透過型砂防堰堤に関する一考察, 平成24年砂防学会概要集P.54-55
- 3) 「鋼製砂防構造物設計便覧 平成21年版」, 財団法人 砂防・地すべり技術センター



ケース1 ケース3
写真-1 堆砂肩の形成状況



ケース1 ケース2



ケース3 ケース4
写真-2 土砂・流木の捕捉後の状況

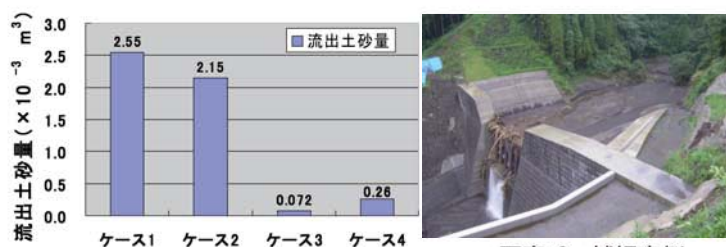


図-6 流出土砂量

写真-3 捕捉事例