

土石流溪流における分級現象及び透過型砂防堰堤の捕捉機能に関する検討
 — 緩勾配領域における分級現象及び透過型砂防堰堤の捕捉機能に関する実験的検討 —

京都大学大学院農学研究科 古谷智彦・○楠田夏子・日浦幹・中谷加奈
 京都大学防災研究所 長谷川祐治
 立命館大学工学部 里深好文
 政策研究大学院大学 水山高久

1. 研究背景と目的

透過型砂防堰堤は日本各地に数多く設置されているが、その設置条件や形状は様々である。鋼製透過型砂防堰堤の既往検討は15度以上の急勾配を対象とした検討がほとんどで、形状も縦材と横材からなる格子型や縦型の検討が大部分を占めるため、15度よりも緩い勾配で土砂濃度が低い条件や横材で構成される透過型堰堤についての検討は少ない。また、分級現象に関する検討も多くが15度以上を対象としており、緩勾配領域を対象とした検討は少ない。更に、緩勾配では流木の集積及び閉塞により透過型堰堤が捕捉機能を発揮した事例もあり（2014年兵庫県丹波市西山川など）、土砂だけでなく流木にも着目する必要があると考えられる。

本研究では15度より緩い勾配を対象として①-③を実験的に検討して、捕捉機能の評価や流木の有無による捕捉率について検証することを目的とする。

- ① 分級現象の程度や透過型堰堤への閉塞の影響
- ② 堰堤の形状や透過間隔の違いによる捕捉機能
- ③ 流木が堰堤の捕捉機能に与える影響

2. 実験方法

実験には長さ475cm、幅10cmの可変勾配直線矩形断面水路(写真1)の下流側450cmの区間を使用し、下流端に堰堤を設置して実験を行った。水路床には粗度として珪砂3号を貼りつけた。実験には混合砂(D₉₅=10.35mm、密度:2.62g/cm³、空隙率:0.40)を使用した。堰堤には3種類の透過部形状(格子、縦、横)を使用して、部材の透過間隔はD₉₅に対して1.0倍、1.5倍、2.0倍の3段階とした。上流150cmの区間に土砂を敷き詰め、上流端から水を定常供給して土石流を発生させた。下流端の堰堤で捕捉された土砂を「捕捉土砂」、堰堤を通過した土砂を「流出土砂」として15秒ごとに採取した。

表1に実験ケースを示す。流出土砂量から捕捉率を算出して、15秒ごとに採取した流出土砂を3段階に篩い分け粒度分布を調べた。堰堤なしの実験を行い分級現象の確認を行った。流木の影響を検討するために土砂の上に流木(直径5mm、長さ4cm、160本)を敷き流

下させるケースも実施した。この時、流出した流木の本数も流出土砂と同様に15秒毎に調べた。

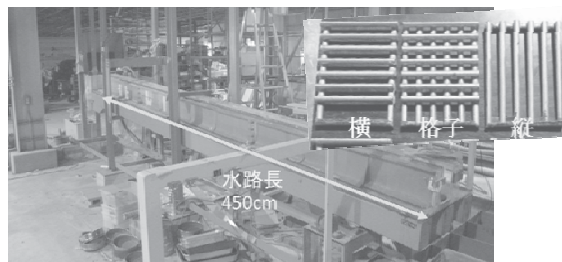


写真1. 実験水路と堰堤模型

表1. 実験ケース

| 勾配(流量) | 堰堤形状 | 透過間隔(×D ₉₅) | 流木の有無 | 勾配(流量) | 堰堤形状 | 透過間隔(×D ₉₅) | 流木の有無 | | | |
|-------------|------------|-------------------------|-------|-------------|------|-------------------------|-------|------|------|---|
| 6度(0.82L/s) | 格子堰堤 | 1.0倍 | × | 4度(1.3L/s) | 格子堰堤 | 1.0倍 | × | | | |
| | | 1.5倍 | ×○ | | | 1.5倍 | ○ | | | |
| | | 2.0倍 | ○ | | | 2.0倍 | ○ | | | |
| | 縦堰堤 | 1.0倍 | × | | 縦堰堤 | 1.0倍 | × | 横堰堤 | 1.0倍 | × |
| | | 1.5倍 | ×○ | | | 1.5倍 | ×○ | | 1.5倍 | ○ |
| | | 2.0倍 | ○ | | | 2.0倍 | ○ | | 2.0倍 | ○ |
| | 横堰堤 | 1.0倍 | × | | 横堰堤 | 1.0倍 | × | 堰堤なし | 1.0倍 | × |
| | | 1.5倍 | ○ | | | 1.5倍 | ○ | | 1.5倍 | ○ |
| | | 2.0倍 | ○ | | | 2.0倍 | ○ | | 2.0倍 | ○ |
| | 5度(1.0L/s) | 格子堰堤 | 1.0倍 | | × | 3度(1.8L/s) | 格子堰堤 | 1.0倍 | × | |
| | | | 1.5倍 | | ○ | | | 1.5倍 | ×○ | |
| | | | 2.0倍 | | ○ | | | 2.0倍 | ○ | |
| 縦堰堤 | | 1.0倍 | × | 縦堰堤 | 1.0倍 | | × | 横堰堤 | 1.0倍 | × |
| | | 1.5倍 | ×○ | | 1.5倍 | | ×○ | | 1.5倍 | ○ |
| | | 2.0倍 | ○ | | 2.0倍 | | ○ | | 2.0倍 | ○ |
| 横堰堤 | | 1.0倍 | × | 横堰堤 | 1.0倍 | | × | 堰堤なし | 1.0倍 | × |
| | | 1.5倍 | ○ | | 1.5倍 | | ○ | | 1.5倍 | ○ |
| | | 2.0倍 | ○ | | 2.0倍 | | ○ | | 2.0倍 | ○ |
| | 堰堤なし | 1.0倍 | × | 9度(0.51L/s) | 縦堰堤 | 1.5倍 | × | | | |
| | | 1.5倍 | ○ | | | | | | | |
| | | 2.0倍 | ○ | | | | | | | |

3. 実験結果と考察

3.1 分級現象に関する検討

図1に横軸に流下時間、縦軸に平均粒径をとり、堰堤なしの実験での時間毎の平均粒径の変化を示す。全ての勾配で時間が経過するごとに平均粒径が小さくなることから、流れの先頭部に大粒径が後続部では小粒径が流れると推測され、全ての勾配で分級現象が発生したことが確認された。

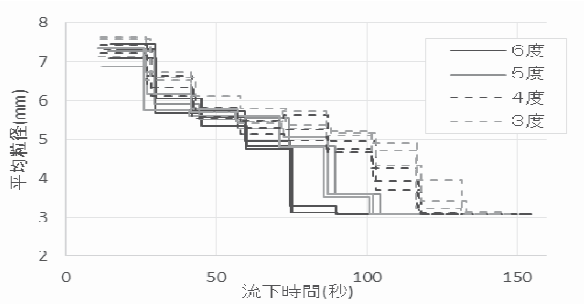


図 1. 時間毎の平均粒径の変化

3.2 堰堤の捕捉機能に関する検討

図 2 に流木なしの実験結果の捕捉率を示す。縦堰堤 1.5 倍では、3 度から 5 度で勾配が上がると捕捉率が低下するが、6 度と 9 度では既往の急勾配の条件と同様に急勾配の方が捕捉率が高い。堆積過程に着目すると 6 度や 9 度では先端部の土砂が堰堤に捕捉される。後続の土砂は堰堤断面まで到達するが堆砂勾配が徐々に緩くなるため、捕捉対象となる大粒径が流れ難くなり、透過部が全て閉塞せず、中粒径や小粒径が堰堤を通過するため、捕捉率が低くなったと考えられる。一方、5 度以下でも同様に先端土砂が堰堤に捕捉される。その後、透過部が一部閉塞することで堰上げが発生し、堰堤断面まで土砂が到達し難くなる。しかし、緩勾配の方が堰上げ背水長が長くなるため、上記の条件と異なり緩勾配の方が捕捉率が高くなったと考えられる（写真 2）。堰堤形状による比較では、格子、縦、横堰堤の順に捕捉率が高い。堰堤間隔では、1.0 倍より 1.5 倍の方が捕捉率が低くなり、捕捉率のばらつきも 1.5 倍で顕著に見られた。横堰堤では 1.5 倍では全く捕捉されなかったが 1.0 倍では他の堰堤と同程度の高い捕捉率を示した。

3.3 流木が堰堤の捕捉に与える影響

図 3 に流木有りの実験結果の捕捉率を示す。図 2 と比較すると全ケースで流木無しよりも捕捉率が高い。流木有りでは、流木が流れの先端に集まり、まず流木が到達して堰堤を閉塞する。このため、土砂が到達する前から堰上げが発生して、先頭部の土砂が堰堤まで到達せず堰堤から離れた上流側で堆積を始める（写真 3）。堰堤への土砂到達が遅くなるため、土砂流出が少なくなったと推測される。また、3.2 で検討された 3~5 度では勾配が高くなると捕捉率が低下する傾向は、流木有りの条件では格子堰堤 1.5 倍と横堰堤 1.5 倍以外では見られなかった。勾配 3 度では横堰堤 2.0 倍の 2 回を除いて 90%以上の高い捕捉率を示した。

謝辞：

本研究は、平成 27 年度公益社団法人砂防学会若手研究助成を受けて実施したものです。実験には京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーの施設を使用しました。

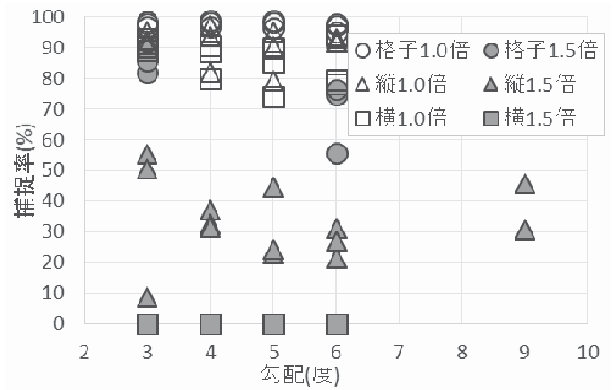


図 2. 捕捉率（流木なし）

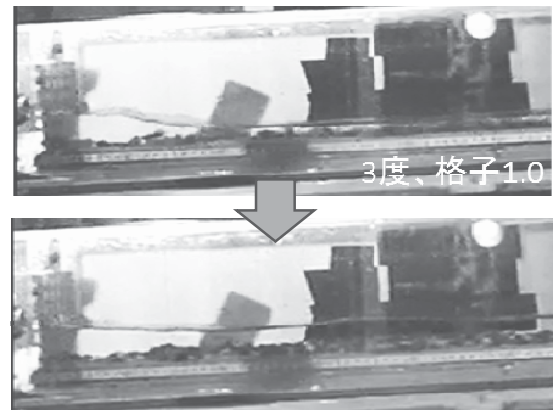


写真 2. 流木なしでの堰堤上流での堆積状況（上：閉塞開始時、下：閉塞開始から 40 秒後）

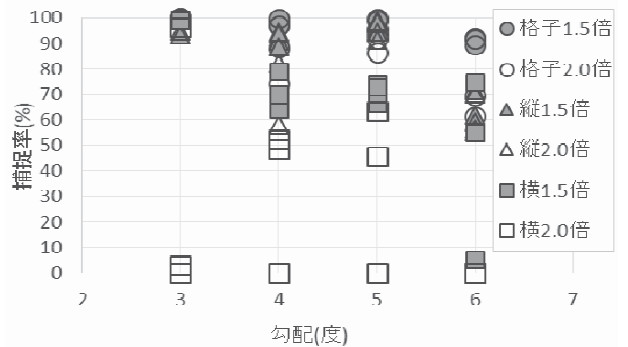


図 3. 捕捉率（流木あり）



写真 3. 流木による堰堤上流の堰上げ（3 度、格子、2.0 倍）

参考文献

日浦ら（2015）：透過型砂防堰堤の形状が捕捉機能に及ぼす影響-緩勾配領域に着目して-,砂防学会研究発表会概要集 B, 380-381