

連続する二つの砂防堰堤による土石流捕捉に関する実験的研究

日大生産工(院) ○山口 隼高

日大生産工 小田 晃

1. まえがき

日本国土は、全世界の活火山数の約7%にあたる111の活火山を保有する火山大国である¹⁾。火山噴出物が構成材料となる土石流は流速が速く、砂防堰堤を越流しやすい。そのため、火山地帯に合った土石流災害対策が求められる²⁾。さらに、近年透過型砂防堰堤を連続して設置されるケースが多く見られるようになってきた³⁾。

本研究では、火山噴出物が構成材料となる土石流を効率よく砂防堰堤で捕捉する方法を調べることを目的とする。

2. 実験装置及び条件

実験には幅0.1m、高さ0.3m、全長7m、勾配を変化させることができる長方形断面水路を用いた(Photo 1)。今回は絶乾状態での比重1.53の軽量骨材を用い、全実験を勾配15度で行った。尚、本概要内では実験で使用する軽量骨材を土砂と呼ぶ。土砂の粒度分布はFig.1に示す。実験では、水路下流端から4.8mの位置に土砂をPhoto 2の形で敷設した。土石流を発生させるために水路上流から流量0.9L/sで10秒間水を流した。流量と通水時間は予備実験より決定した。使用した砂防堰堤は、高さ110mmで計画捕捉土砂量4000cm³の透過型砂防堰堤 α と、高さ160mmで計画捕捉土砂量8000cm³の透過型砂防堰堤 β である(Photo 3)。捕捉面透過部の縦横の間隔は土砂の最大粒径より、16mmとした。



Photo 1 実験水路全景

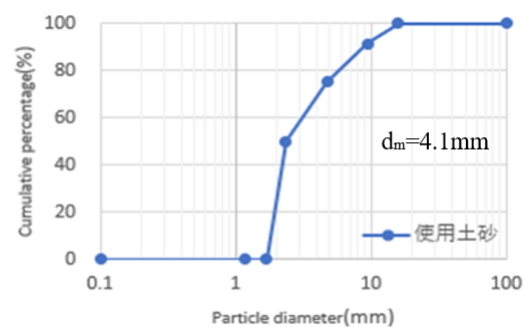


Fig.1 粒度分布図



Photo 2 土砂敷設状況

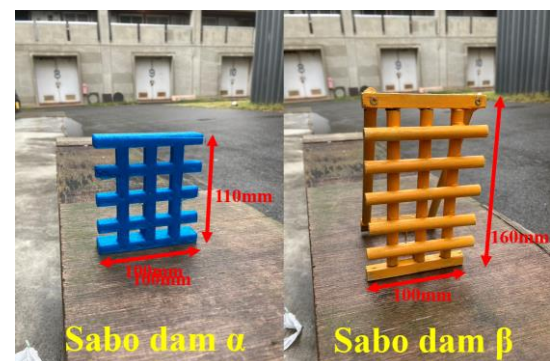


Photo 3 実験に使用した堰堤

Experimental study on debris flow capture by continuous Sabo dam

Hayataka YAMAGUCHI and Akira ODA

実験条件は、表1に示す6種類を行った。条件A1~A3の堰堤 α 設置位置は、水路最下流部に1つとそこから105cm上流方向に離れた位置に2つ目を設置した。この位置は、計画堆砂勾配⁴⁾を基準に決定した。条件Bでは、条件Aの上流部堰堤と同じ位置に堰堤 β を設置した。

3. 実験方法及び測定方法

敷設した土砂に実験条件の流量で水を流して土石流を発生させた。実験の様子をカメラで撮影し、土石流が堰堤に衝突する様子を記録した。実験後、それぞれの堰堤によって捕捉された土砂量及び粒度分布を調べた。

4. 実験結果

4.1 粒度分布の比較

Fig.2, Fig.3, Fig.4はそれぞれの捕捉土砂の粒度分布を表したグラフである。A1上流部及びB1では、粒径が小さい土砂が多く捕捉された。一方でA1下流部では粒径が大きい土砂が多く捕捉された。A1の上流部と下流部の捕捉土砂を足し合わせると、使用土砂とほぼ同等の粒度分布となった。A3, B3でも粒度分布においては似たような結果が示された。しかし、A3下流部ではA1下流部と比較すると粒径が大きい土砂が捕捉される割合は低い結果となった。A2及びB2では、A2上流部とB2は粒径が小さい土砂が多く捕捉されている。B1~B3での捕捉土砂の粒度分布においては、3条件とも大きな違いは表れなかった。

4.2 捕捉土砂量の比較

Fig.5, Fig.6, Fig.7はそれぞれの捕捉土砂量を記載したグラフである。条件A1~A3において、捕捉土砂量全体に対する上流部堰堤の捕捉土

Table 1 実験条件一覧

A1	堰堤 α 2基	敷設土砂4000cm ³ ×1回流下
B1	堰堤 β 1基	敷設土砂4000cm ³ ×1回流下
A2	堰堤 α 2基	敷設土砂4000cm ³ ×2回流下
B2	堰堤 β 1基	敷設土砂4000cm ³ ×2回流下
A3	堰堤 α 2基	敷設土砂8000cm ³ ×1回流下
B3	堰堤 β 1基	敷設土砂8000cm ³ ×1回流下

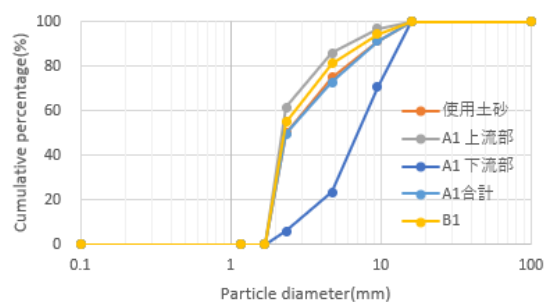


Fig.2 A1及びB1の粒度分布図

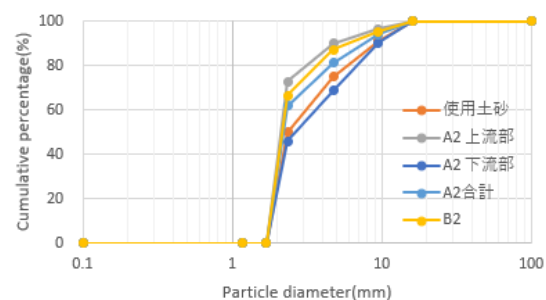


Fig.3 A2及びB2の粒度分布図

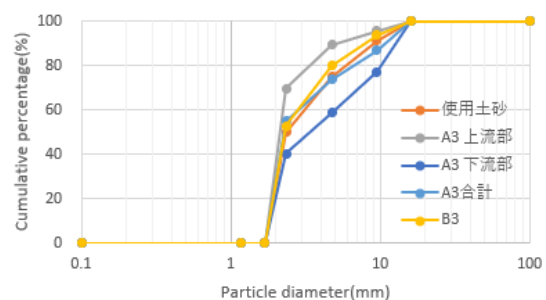


Fig.4 A3及びB3の粒度分布図

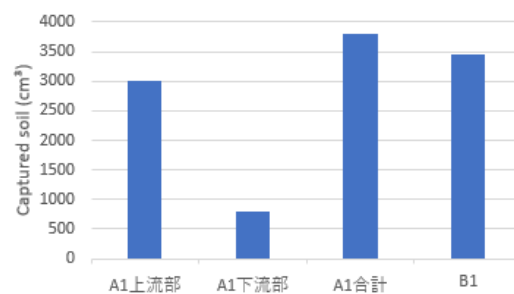


Fig.5 A1, B1の捕捉土砂量比較

砂割合は、A1は79%、A2は59%、A3は52%であり、3条件とも上流部堰堤の捕捉量が下流部堰堤より多い結果となった。A1合計とB1、A2合計とB2の比較では、A1合計、A2合計の捕捉土砂量がそれぞれわずかに上回る結果となった。しかしA3合計、B3を比較すると、B3の捕捉土砂量がA3合計の約1.7倍でありB3が大きく上回る値となった。

Table 2は全実験の土砂全体に対する流出土砂量と捕捉土砂量の割合である。全体で最も多くの土砂を捕捉した割合が高いのはA1、低いのはA3であった。

5. 考察

A1~A3において上流部堰堤で粒度が小さい土砂が多く捕捉された要因として、Photo 3の黄線で示す上流部堰堤の捕捉面に土石流の先頭部である巨礫の一部が堆積したため、後続流である粒径が小さい土砂が堰堤透過面を通過できなかったことが考えられる。上流部堰堤の捕捉面に堆積されなかった巨礫は堰堤を通過又は越流した。

捕捉土砂量については、敷設土砂4000cm³時ではA1合計>B1、であるのに対し、敷設土砂8000cm³時ではA3合計<B3と、相反する結果となった。Photo 4はA1の土砂が流出する瞬間である。下流部堰堤を越流した土砂が極めて少なく、結果的にA1の流出土砂量は少なくなった。

Photo 5はB1の土砂が流出する瞬間である。堰堤を越流する土砂はA1下流部より多いことが確認できる。捕捉面が高い堰堤であっても土石流が捕捉面を駆け上がるように越流するため、この条件では低い堰堤を2つ設置する方が流出土砂量の軽減を期待できる。Photo 6はA3

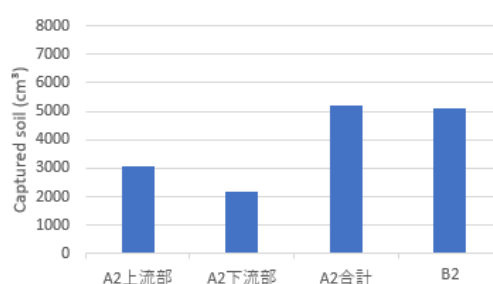


Fig.6 A2, B2の捕捉土砂量比較

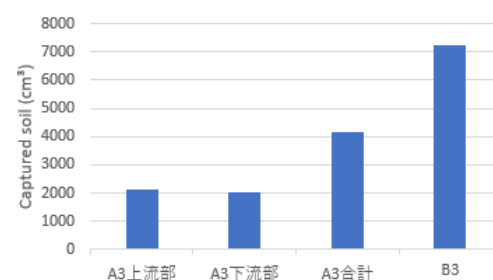


Fig.7 A3, B3の捕捉土砂量比較

Table 2 流出土砂量と捕捉土砂量の割合

	流出土砂量【%】	捕捉土砂量【%】
A1	4.7	95.3
B1	13.8	86.2
A2	34.7	65.3
B2	36.0	64.0
A3	47.9	52.1
B3	9.7	90.3



Photo 3 A1土砂捕捉状況



Photo 4 A1土砂流出状況

の土砂が流出する瞬間である。A3上流部堰堤を通過及び越流した土砂が一度下流部堰堤に捕捉されるが、多くの水と土砂を含む後続流に土砂が押し出されて堰堤を越流している様子が確認できる。結果として流下した土砂全体の半分近くを流出することとなった。Photo 7はB3の土砂が流出する瞬間である。土石流が衝突した瞬間に写真のように土砂が堰堤を越流したが、後続流は堰堤を越流や通過をせず、堰堤によって捕捉されたため多くの土砂が捕捉された。

6. まとめ

今回の実験では、計画捕捉土砂量 4000cm^3 の砂防堰堤を2基使用するケースと計画捕捉土砂量 8000cm^3 の砂防堰堤を1基使用するケースを行った。流下土砂量が 4000cm^3 であれば計画捕捉土砂量 4000cm^3 の堰堤を2基使用することで多くの土砂を捕捉することができ、流下土砂量が 8000cm^3 であれば計画捕捉土砂量 8000cm^3 の堰堤を1基使用するケースが多くの土砂を捕捉でき、流下土砂量によって流出土砂量を軽減させるための最適な堰堤設置パターンが異なる結果となった。

今回は全ての条件で流出土砂が記録されたが、堰堤を越流した土砂と堰堤を通過した土砂の正確な数量は計測できなかった。しかし、この2種類の土砂量を計測することで透過型砂防堰堤のより詳しい土砂捕捉効果が表れる。今後の課題として、流出土砂において堰堤を越流した土砂と堰堤を通過した土砂を分けて採取することが必要であると考えられる。



Photo 5 B1土砂流出状況



Photo 6 A3土砂流出状況



Photo 7 B3土砂流出状況

参考文献

- 1) 国土技術研究センター，世界有数の火山国，日本，<https://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary13>，（参照2024-09-25）
- 2) 三國凌太郎，軽石で構成された土石流の捕捉に関する実験的研究 ―砂防堰堤の性能検討について―，日本大学大学院生産工学研究科令和5年度修士論文，pp.20-50
- 3) 大久保駿，水山高久，蒲正之，井戸清雄，連続するスリット砂防ダムの土砂調節効果，砂防学会誌，Vol.50，No.2（1997）pp.14~19
- 4) 砂防研究室，砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，p40