

石礫型土石流の挙動に河床条件が及ぼす影響の検討 Study on Stony Debris Flows Behaviors Focusing on Riverbed Roughness

○中谷加奈・矢野むつみ・正岡直也・木次貫太・畠俊郎

○Kana NAKATANI, Mutsumi YANO, Naoya MASAOKA, Kanta KOTSUGI, Toshiro HATA

Debris flows that occur frequently in Japan are stony-type debris flows, with boulders and woody debris concentrated at the frontal part of the flow. One of the contributing factors in the mechanism of their occurrence is thought to be the unevenness of the riverbed, but there is little quantitative data or knowledge available. In our previous studies, we conducted experiments with two types of riverbed, rough type targeting mountain slopes and natural river channels and smooth type targeting artificial constructors and bedrocks. We found that debris flow behaviors changed from different riverbed. In this study, we continued to investigate the effect of riverbed conditions on debris flows behavior by examining conditions where rough and smooth surfaces are continuous and conditions where woody debris included. (124 words).

1. はじめに

日本では、先端部に巨礫や流木が集中する石礫型土石流が多数発生する。土石流の既往研究や計算モデルの多くは、内部応力として衝突が卓越する石礫型土石流を対象に提案されている¹⁾。土石流挙動には、河床条件が影響することが知られているが、既往検討の殆どは山地斜面や自然溪流を想定した比較的凹凸の大きな粗い河床を対象とする²⁾。一方で、山間部でも露岩した区間や、道路や流路などの人工構造物など、河床の凹凸が相対的に小さく滑らかな場でも土石流は発生・流動するが、その挙動に関する知見や計算モデルへの適用は少ない。

筆者らは、河床条件に着目して実験を実施した結果から³⁾、粗面と滑面では土石流挙動が異なることや、滑面では土石流内部で衝突が発生し難く、

先端部への巨礫の集中も見られないことを明らかにしたが、検討事例が限られていた。

本研究では、河床条件が石礫型土石流の挙動に及ぼす影響を実験により明らかにすることを目的として、粗面と滑面が連続的に接続する条件や、流木が含まれる条件について検討した。

2. 実験

実験施設は広島大学東広島キャンパス敷地内の水路長 15m、水路幅 0.1m、可変勾配の直線矩形水路を用いた(図 1)。水路勾配は 18 度、水路下流には取り外し可能な 13 度、9 度、水平部からなる氾濫台が設置される。

土砂のサイズと重量比は、珪砂 4 号(平均粒径 $d_m=1.2-0.6$ mm) 44% (11 kg)、朝明砂($d_m=2.3$ mm) 44% (11 kg)、玉石($d_m=10$ mm, $d_{Max}=12.5$ mm) 12%

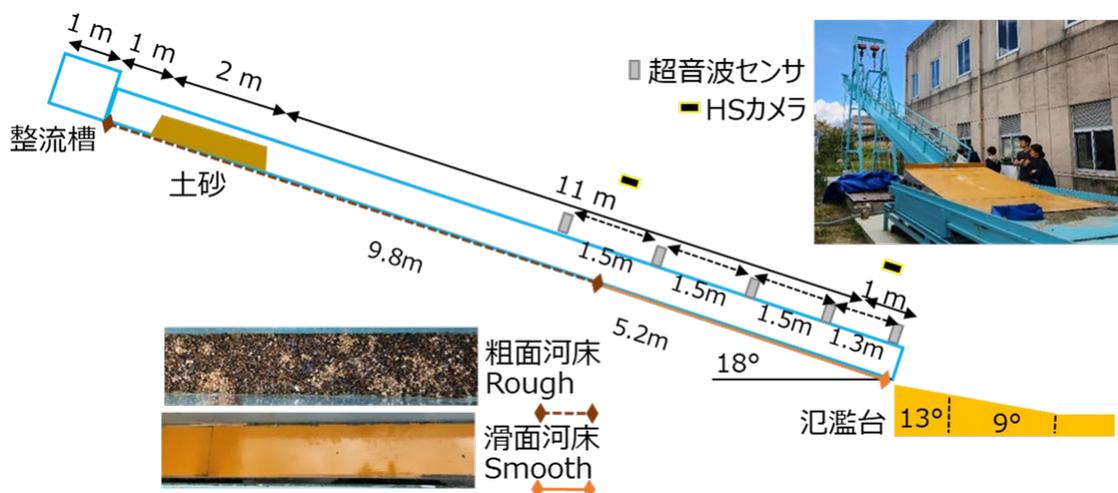


図 1 実験施設の概観

(3 kg) で、これらを混合した計 25 kg の土砂 (全体 $d_m=1.7\text{mm}$, $\sigma=2.64\text{ g/cm}^3$) を用いた。水路下端から 12m 地点を下流法尻に約 2m 長で天然ダム状に土砂を敷き、実験前は十分散水して飽和に近い状態とした。一定流量 $800\text{ cm}^3/\text{s}$ を供給して、天然ダムの越流侵食で土石流を発生させた。全土砂が流出 (天然ダム天端越流開始から概ね 7-9s) した後、2.5s 経過時に給水を停止した。

流木を混合する条件では、根や枝葉の無い円柱型で木製の流木模型を用いた。長さ 70mm、直径 6mm で本数 140 本 (土砂との体積比 2%)、実験前に水で濡らして比重 0.8~0.9 に調整した。流木は、天然ダム状の土砂の上に載せる形で供給した。

河床には二種類の粗度板を用いた。自然河道を想定した朝明砂 $d_m=2.3\text{ mm}$ を全体に張り付けた粗面と、道路や人工的な流路を想定した凹凸が小さい化粧板を用いた滑面である。これまでの検討は、一つの実験で一種類の粗度板を用いたが³⁾、本検討は上流側 9.8m に粗面、下流側 5.2m に滑面を連続的に設置した。土石流の流下距離は粗面 6.8m、滑面 5.2m で水路下端まで計 12m となる。

水路下端から 1m と 5.2m の位置にハイスピードカメラ(HS、fps150)を設置して側面から撮影した。下端から 0.2m、1.5 m、3.0 m、4.5m、6.0 m の位置に超音波センサを設置した。氾濫台を設置したケースは堆積状況を記録した。氾濫台を外したケースは、水路下端での土石流流出開始から 2~3s 間隔で 4 つのコンテナで、その後は土砂流出がなくなるまで水+土砂 (流木入りは流木も) を直接採取して、流出流量と土砂濃度を記録した。再現性確認のため、同条件で複数回の試行を実施している。

3. 結果

超音波センサで得た流動深の一例を図 2 に示す。凡例は土石流の流下距離、0s は最上端のセンサに流れが到達時とした。ピーク値は粗面 6.0m で最大 40mm だが、滑面を流下すると 7.5m (粗面 6.8m+滑面 0.7m) で 25mm、水路下端付近の 11.8m (粗面 6.8m+滑面 5.0m) では 16mm まで低下する。各センサへの到達時刻から、滑面を流下する際は粗面より流速が大きいことが示される。

土砂濃度 (下端から土石流流出時を 0s) を図 3 に示す。粗面 12m と滑面 12m の結果³⁾と比較すると、ピークや数値は粗面 12m に近いが、先頭 5s までにピークが生じ、その後で減少する傾向は滑面 12m に近かった。氾濫台での堆積状況を図 4 に示

す。粗面 12m と近い傾向で到達距離が短く、分級が生じたが、分級は粗面のみの方が顕著に現れた。HS の映像から、粗面では土石流先頭部に流木がジャム状に集積するが、滑面到達後は流木塊が解けて流下する様子が確認された (図 5)。

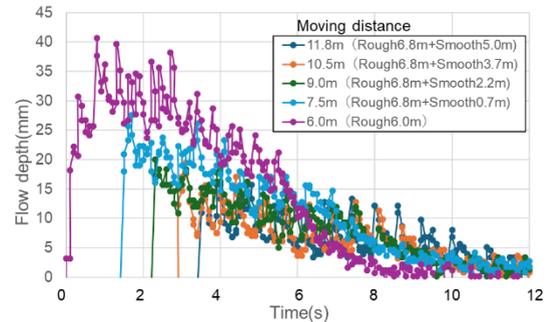


図 2 超音波センサで得た流動深の一例

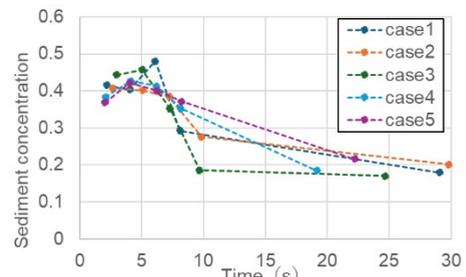


図 3 水路下端の土砂濃度 (case4,5 は流木入り)



図 4 氾濫台の堆積状況の一例

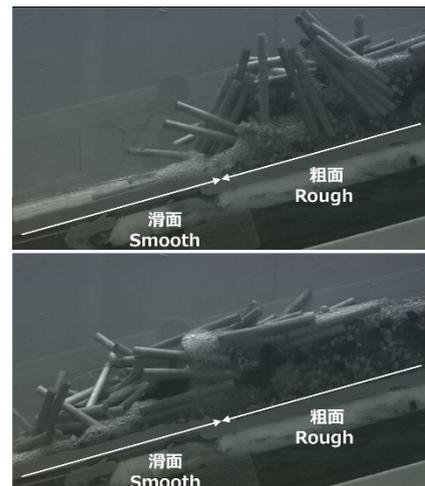


図 5 流木入り土石流の先頭部挙動 (水路下端から 5.2m、HS 撮影、下段は上段の 0.13s 後)

謝辞 本研究の一部は、一般財団法人砂防・地すべり技術センターによる助成を受けたものです。

参考文献 1) 高橋・中川(1991): 砂防学会誌, 44(3), 2) Wada, T. et al.(2015) International Journal of Erosion Control Engineering, 8(2), 3)中谷ら(2024), 令和 6 年度砂防学会研究発表会概要集