

異なる溪床粗度が土石流の流動特性に及ぼす影響

山口大学大学院 学生会員 ○吉村 翔

正会員 中田幸男 梶山慎太郎

高速道路総合技術研究所 正会員 村上豊和 久田裕史 竹本 将

1. 序論

土石流に対する予防保全の観点から、フェンス状構造物の設計方法の確立が求められている。現在、土石流対策の設計で用いられている斜面を流下している土石流を想定した流体力の算定方法¹⁾に加え、流下後半の緩勾配による流体力の軽減を考慮する必要がある。この検討を実験的に進めるために、まずは、実際の土石流と相似な流れを発生させることが要求される。そこで本研究では、異なる溪床で模型実験を行い、溪床粗度が土石流の流動特性に及ぼす影響の評価を目的とした。流動特性は、土石流の流速と水深について評価を行う。

2. 実験方法

本研究では、中国地方に存在する危険溪流の内、溪床勾配が $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ の溪流を対象とする。このような溪床勾配の溪流において想定される土石流は、流速 $3.0 \sim 5.0 \text{ m/s}$ 、土石流水深 $0.3 \sim 0.7 \text{ m}$ のものが多いため、これらを典型的な土石流と呼称する。

模型実験では、相似則をフルード数によって考えることとする²⁾。模型の縮尺は $1/20$ とし、流速が $0.67 \sim 1.12 \text{ m/s}$ 、土石流水深が $0.015 \text{ m} \sim 0.035 \text{ m}$ のとき想定される土石流の流動特性と相似であり、この値を目標値とする。図-1 に本研究における目標値を示す。

本研究は、2通りの流量条件で実験を行った。図-2、図-3 に実験装置の概要図を示す。図-2 は水量非制御型で、土 30 kg と水 20 L を同時に流す方法である。図-3 は水量制御型で、ゲートを開放して土 30 kg を自重流動させた後、一定流量の水を飽和土の後から流す方法である。流速と水深の測定はレーザー変位計を2台用いて行う。ここで流速は土石流の先頭が、変位計に到達する時間の差より求め、水深は斜面上流のレーザー変位計を用い、その最大値とした。

土石流用の試料には、宇部珪砂3号A、5号A、6号の混合試料を用いた。これは、既往研究³⁾で用いられた試料の粒度分布を参考に決定した。また、溪床の粗度を変えるための材料としてサンドペーパー#80（写真-1）、宇部珪砂1号A（写真-2）を用意した。図-4 にそれぞれの粒度分布を示す。

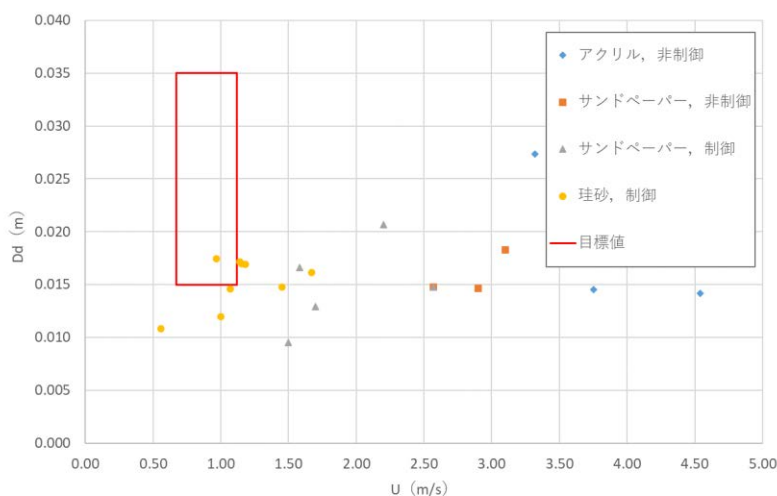


図-1 目標値および実験結果

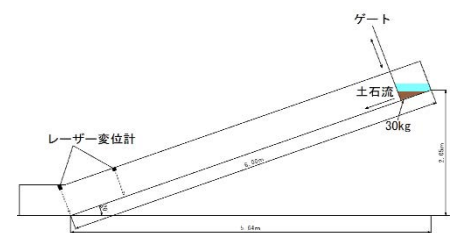


図-2 水量非制御型実験装置

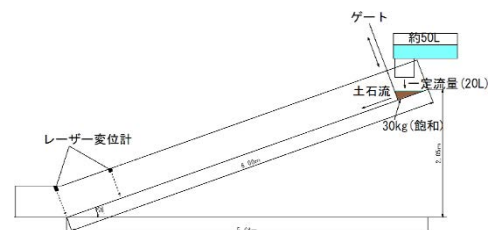


図-3 水量制御型実験装置

キーワード 土石流, 溪床粗度, 流速, 水深, 流体力

連絡先 〒755-0097 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学 大学院創成科学研究科

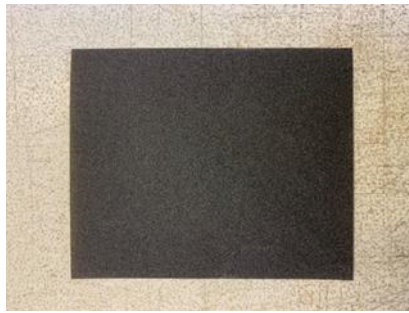


写真-1 サンドペーパー#80

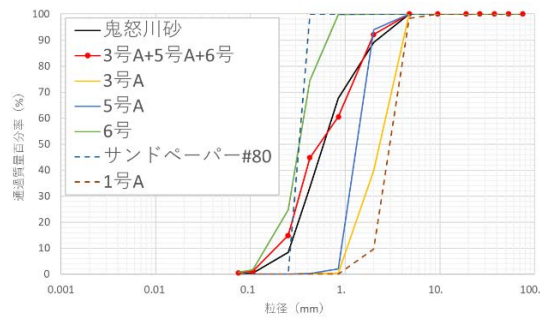


図-4 試料と溪床の粒度分布



写真-2 宇部珪砂1号A

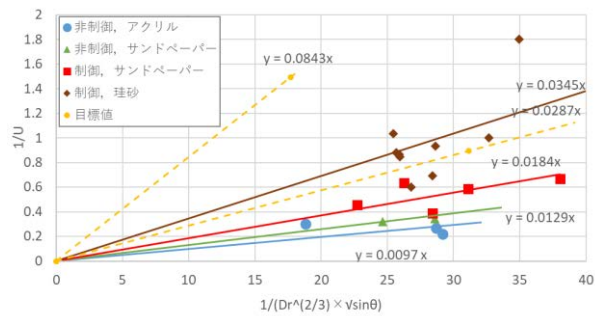


図-5 粗度係数

3. 実験結果

図-1 に模型実験から得た流速と水深の関係を示す。水量非制御型において、溪床がアクリルのとき、実験から得た流速の平均値は 3.87m/s であった。溪床をサンドペーパーにしたとき、流速の平均値は 2.86m/s であった。また、水量制御型において、溪床がサンドペーパーのとき、実験から得た流速の平均値は 1.91m/s であった。一方、溪床が宇部珪砂1号Aのとき、流速の平均値は 1.34m/s であった。このことから、流量条件に関係なく、溪床の粗度が大きくなるほど流速は減少するといえる。また、試料と流体を同時に流す水量非制御型よりも、試料の後ろから流量を固定して流体を流す水量制御型の方が流速は大幅に減少するといえる。

水深については、水量非制御型において溪床がアクリルのとき、実験から得た水深の平均値は 0.015m であった。一方、溪床をサンドペーパーにしたときも、水深の平均値は 0.015m であった。また、水量制御型において、溪床がサンドペーパーのとき、実験から得た水深の平均値は 0.014m であった。一方、溪床を宇部珪砂1号Aにしたとき、水深の平均値は 0.021m であった。このことから、溪床の粗度が僅かに水深に影響を及ぼしているといえる。一方、流量条件は水深にほとんど影響を及ぼしていない。流量を 1.0L/s、溪床に最大粒径 4.8mm の砂を用いることで、流速約 1.0m/s、水深約 0.017m の、想定される土石流とフルード数が概ね等しい土石流を発生させることができた。

それぞれの条件における粗度係数を求めるために以下に示すマンニングの平均流速公式を用いる。 $U = \frac{1}{n} D_r^{\frac{2}{3}} \sin^{\frac{1}{2}} \theta$ 。ここで、U:流速、n:粗度係数、Dr:水深、 θ :溪床勾配とする。図-5 に実験結果から求めた粗度係数および目標値から求めた粗度係数を示す。この結果より、溪床の粗度が増加すると粗度係数が増加することが分かる。また、珪砂を溪床とすると、目標の範囲に入ることが確認される。

4. 結論

溪床に粗い材料を用いることで流速が約 26~30%減少した。このとき、粗度係数がそれぞれ増加した。このことから、溪床の粗度を大きくすると粗度係数が増加し、流速が減少するといえた。また、溪床の粗度が増加することで僅かに水深が増加することが分かった。

参考文献 1) 西日本高速道路(株): 土石流対策の手引き, 2003. 2) 水山高久: 土石流の実験と相似則, 砂防学会誌, Vol. 46 No. 3, p. 35-39, 1993. 3) 山本彰, 山本修一, 鳥井原誠, 平間邦興: 砂防ダムに作用する土石流の衝撃力に関する研究. 砂防学会誌, Vol. 51, No. 2, p. 22-30, 1998.