

## 拡張水平路における土石流の流動特性及び防護壁に対する衝突挙動

山口大学大学院 学生会員 ○青田凌昌  
 正会員 中田幸男  
 (株) 高速道路総合技術研究所 正会員 田久 勉  
 正会員 中村 淳  
 正会員 村上豊和

## 1. はじめに

2018年7月広島集中豪雨では土石流が流入し、道路利用者や施設などに被害をもたらす事例が多発した。そのため土石流に対するより高度な防災対策が必要であると考え、現在は小型で低コストの柔構造物を設置することを検討している。著者ら<sup>1), 2)</sup>は土石流の危険度を評価するために土石流が道路に流入した時の流動特性や衝突挙動の傾向を調べ、土石流対策の高度化を検討している。本研究では、実験装置の水平部を拡張し、流動特性や設置位置を変更可能な防護壁に対する衝突挙動を把握する。また、土石流の堆積高さを調べ、必要な高さを明確にすることで土石流対策施設高さの基礎データにする。

## 2. 典型的な土石流を再現するための模型実験

本研究では、中国地方の危険溪流 379 本を分析し、この溪流で発生すると推定される土石流とフルード数が等しくなる<sup>3)</sup>流速 0.67~1.12m/s, 水深 0.015~0.035m を目標値とする土石流を再現している。

模型実験は幅 0.30m, 溪床長 6.0m, 高さ 2.05m, 溪床勾配 20° の実験装置(写真-1)を用いる。この斜面部最上部にある初期堆積装置内に試料を投入し、ゲートを開放する。この装置上部に設置したタンクから水を放出して土石流を発生させる。給水流量は、流出口に設けた弁の幅を調整することで任意の流量を与える。流路上方にはレーザー変位計を6台設置(図-1)し、水深の測定と流速の算出をできるようにしている。試料は宇部珪砂1号A・新特5号Aを1:1で混合した砂礫を用いた。溪床には、開孔部分が縦6mm, 横25mm, 厚さ2mmの長丸孔千鳥型のパンチングシートを貼り実験を行っている。なお同一の条件の実験を3回以上行っている。既往研究からタンクからの給水流量を1.3L/sとして実験を行った。なお、流速の平均値は1.01m/s, 水深の平均値は0.022mであるため土石流を再現できている。

## 3. 実験に用いた拡張水平部

拡張水平路は、写真-2に示している。水平路の幅は斜路の幅0.30mに対し5倍の1.50mに拡大した。防護壁の設置位置に関しては水路を拡張する前りの二次元水路と比較するため、斜面部から0.1mの位置に設置した。溪床条件は斜面部でも使用したパンチングシートを



写真-1 実験装置の外観

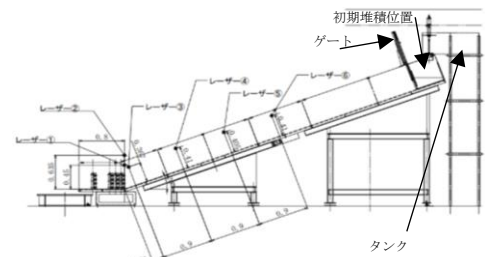
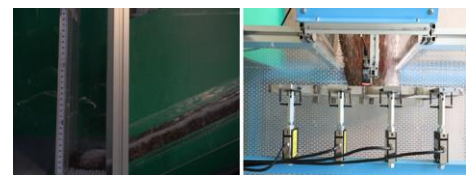
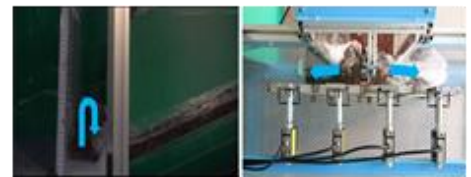


図-1 実験装置の概略



写真-2 実験装置の外観

(a)  $t-t_0=0.0s$ (b)  $t-t_0=0.4s$

斜面部と同一の方向に貼り付け使用した。また拡張水平部に設置した4分割の壁は下端ヒンジで固定した。この壁に設置した荷重は底面から距離が550mmにある荷重計で、荷重は、モーメント荷重として計測される。このため荷重は

作用した荷重=荷重計データ×{550/(土砂の堆積高さ/3)} (1) で求められる。4つの壁にそれぞれ取り付けられた荷重計は上流に向かって左から①, ②, ③, ④とナンバリングする。

4. 壁に対する衝突挙動

写真-3 に動画の解析から変化が生じた時刻ごとに土石流の衝突挙動を示す。実験によって秒数の変化には違いがあるが、ここでは平均的な結果を示している。まずは土砂が水平部から斜面部へ流出し、防護壁に衝突後(a), 土砂は上に跳ね上がり、高さのピークを迎えると鉛直下向きに落ちていく。その後、横方向に流れ出す挙動が続く(b)。斜面部の堆積は高くなり、壁中央にも堆積が見られる(c)。次第に斜面部に堆積が始まりつつ堆積の外側から土砂が流れ出し、壁に沿って横方向に流出した(d)。

5. 拡大水路と二次元水路の荷重の比較

図-2 に壁の設置位置が0.10mの場合における二次元水平路の荷重の変化<sup>2)</sup>を示す。最大荷重は土石流流出後半に現れ、平均が86.3Nであった。次に図-3に0.10mにおける拡張水平路の荷重の変化を示す。このとき、(1)で示した荷重データは動画から壁にかかる土砂の最終堆積高さを使用した。中央部②, ③の最大荷重の平均は土石流が壁に到達した直後に現れ、約20Nであり、②, ③を合計した場合においては約54%減少している。また①, ④の荷重において計測された荷重は10Nで約25%である。

6. 拡大水平路での防護壁背面の土砂のせり上がり状況

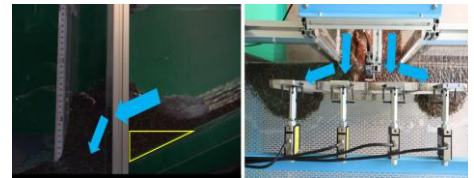
写真-4 に拡張水平路での防護壁背面への土砂のせり上がり状況を示す。ここでは堆積角度の最大と最小の様子を示す。動画解析の結果から角度の最大は27°、最小は17°、平均は23°という結果になった。加えて堆積高さは最大で0.15m、最小で0.11m、平均で0.13mとなった。よって最大せり上がり高さは、水深の7倍程度となる。

謝辞

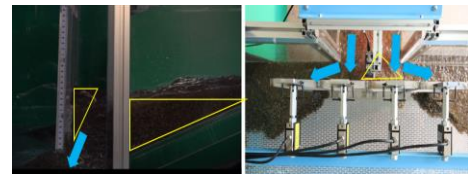
実験を進めるにあたり、本学学部生、松尾直弥、大学院生、鯨吉樹さん、吉村翔さんには、ご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1)竹本他：高速道路の沿線を想定した平坦部による土石流流体力の低減効果—模型実験による土石流の再現—, 第57回地盤工学研究発表会, 2022.
- 2)吉村他：模型実験を用いた平坦部による土石流流体力の低減効果, 第57回地盤工学研究発表会, 2022.
- 3)2022.Wendeler, et al., Load model for designing flexible steel barriers for debris flow mitigation, Can. Geotech. J. 56, 893-910, 2019.



(c)t-t<sub>0</sub>=6.0s



(d)t-t<sub>0</sub>=8.0s

写真-3 防護壁への衝突挙動

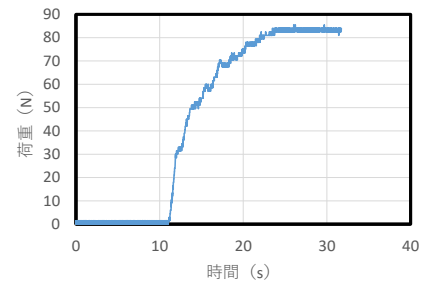


図-2 2次元水平路における荷重と時間の関係

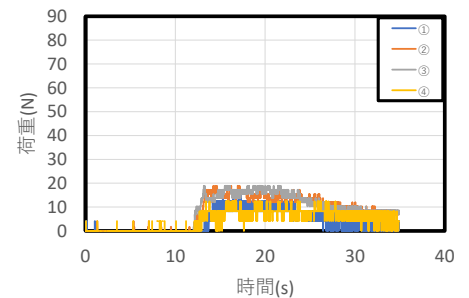
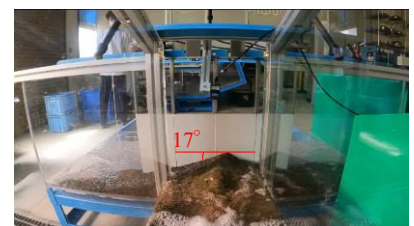


図-3 拡張水平路における荷重と時間の関係



(a)最小堆積角(t-t<sub>0</sub>=4.0s)



(b)最大堆積角(t-t<sub>0</sub>=4.0s)

写真-4 拡張水平路への堆積の様子