

## 模型実験における供給流量の違いが防御壁の衝突挙動に与える影響

山口大学大学院  
山口大学大学院

学生会員 ○松尾 直弥  
正会員員 中田 幸男

### 1.はじめに

土石流の自衛対策として、フェンス状の柔構造物の設計方法の確立が求められている。この設計に用いられている流体力の算定は斜面部の流下挙動に対するものである。建設計画地の地形を踏まえると防御壁に到達する直前の斜面勾配の低下（水平部）による衝突挙動の変化を考慮する必要がある<sup>1)</sup>。また、土石流の流体力は理論式より水深と流速の二乗に比例となる<sup>2)</sup>。このため衝突挙動の評価において特に流速の影響を検討する必要がある。そこで本研究では、供給流量の増加により土石流流速の増加を図り、防御壁の衝突挙動に与える影響を把握する。特に土石流の流速と流体力の関係、理論式に含まれる係数について検討する。

### 2. 土石流模型実験概要

本研究では、中国地方に存在するデータ採取が可能な危険渓流 1,104 について推定される土石流流速 3.0~9.0 m/s を対象とする。土石流に対する模型実験は、フルード数によって考慮される<sup>3)</sup>。この模型のスケールは 1/20 であり、実験値で流速が 0.67~2.02m/s が対象となる。

模型実験（写真 1）では、初期堆積装置の上に設置されている給水タンクに水を貯める。次に初期堆積装置に土（礫質砂）を投入し、試料が浸水するまで水を加えた後、試料の表面を水平に整える。その後ゲートを開放し、試料を自動流動させる。自重流動が停止後、給水タンクの流出口の弁を調整し、水を供給することで土石流を発生させる。供給流量条件として 1.3, 1.5, 2.0, 2.6, 3.0, 3.5 L/s の 6 つの条件で行った。水平部に、荷重計が搭載された防御壁を設置した。この防御壁の設置位置は水平距離で 0.0m, 0.1m, 0.2m, 0.5m に設置が可能である。



写真 1 実験装置

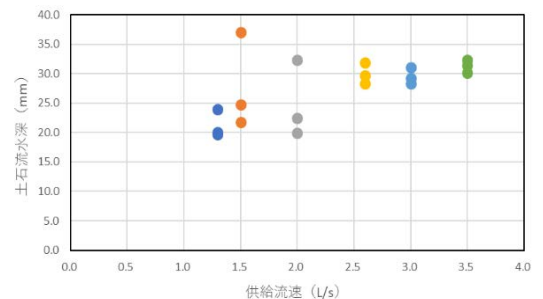


図 1 供給流量と土石流水深の関係

### 3. 供給流量の違いが土石流の流動特性に及ぼす影響

図 1 に各供給流量と土石流水深の関係を示す。供給流量を増加すると水深は 20 から 30 mm まで増加する。図 2 に各供給流量と土石流流速の関係を示す。供給流量を増加させると土石流流速も増加していることが分かる。ただし、供給流量 3.0L/s までとそれ以降の供給流量を増加に対する土石流流速の増加の勾配は異なり、供給流量 3.0L/s 以降は増加の勾配が小さくなっていることが分かる。

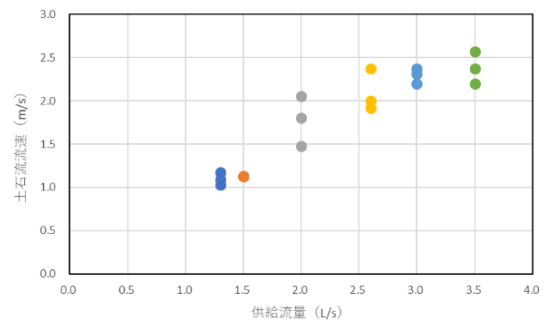


図 2 供給流量と土石流流速の関係

### 4. 供給流量の違いが防御壁に与える影響

#### 4.1 各位置における典型的な衝突挙動

図 3 は供給流量 2.6L/s の条件で、防御壁の各設置位置の場合

キーワード 土石流模型実験, 低減効果, 土石流流速, 衝突挙動, フルード数

連絡先 〒755-0097 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学 地盤工学研究室

TEL : 0836-85-7326

における荷重時刻歴を示す。t<sub>0</sub> は荷重計に荷重が最初に計測した時刻である。水平距離が長くなるほど、荷重値が低下する。これは、水平距離が長くなると到達する土砂の量が減少することおよび、到達時の速度が低下することが考えられる。

4.2 疑似流体力に与える影響

荷重データみると荷重が一時的に保持状態となる瞬間が防御壁衝突後 0.3s~0.5s 程度で存在した。これは、土石流先頭部の水深が急増し終えたことによる荷重保持状態であり最大の流体力(動的荷重の最大値)とみなせる。そのため、この時の荷重値を疑似流体力として定義する。図 6 に水平距離 0.0m 時の疑似流体力と供給流量の関係について示す。供給流量の増加に伴って疑似流体力が直線的に増加していることが分かる。

4.2 疑似流体力を用いた理論式の検討

土石流対策の手引き<sup>3)</sup>より、単位幅当たりの土石流流体力を F, 土石流の流速 (m/s) を U, 土石流の水深(m)を D<sub>d</sub>, 重力加速度(9.81 m/s<sup>2</sup>)を g, 係数を K<sub>h</sub>, 土石流の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)を γ<sub>d</sub>とすると

$$F = K_h \cdot \frac{\gamma_d}{g} \cdot D_d \cdot U^2 \quad (1)$$

となる。

実験で測定された壁の設置位置 0m の土石流流速を U, 土石流水深を D<sub>d</sub>として(1)式に代入し、疑似流体力を F に代入することで係数 K<sub>h</sub>を算出した。この K<sub>h</sub>とフルード数との関係を図 7 に示す。K<sub>h</sub>は線形的に減少していることが分かる。

$$K_h = -0.355x + 2.20 \quad (2)$$

5. まとめ

本研究では、供給流量の増加により土石流流速の増加を図り、防御壁の衝突挙動に与える影響を把握した。その結果供給流量の増加によって、水深の大きな増加は見られなかった。一方、流速は供給流量が増加するにつれて線形的な増加傾向がみられた。ただし、供給流量 3.0L/s 以降に関しては増加の傾きが緩やかとなった。疑似流体力を算出する理論式の係数 K<sub>h</sub>の検討はフルード数に対して線形的に減少することが分かった。

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) Wendeler, et al., Load model for designing flexible steel barriers for debris flow mitigation, Can. Geotech. J. 56, 893-910, 2019.
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所：土石流・流木対策設計技術指針及び同解説, 2007.

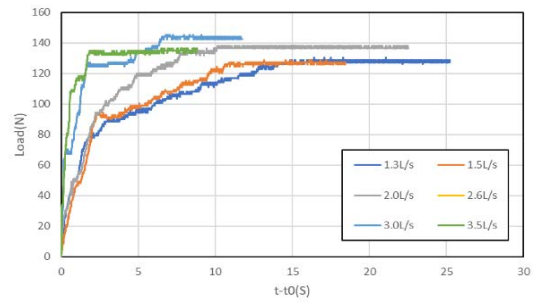


図 3 供給流量 2.6L/s の各水平距離における時間と荷重の関係

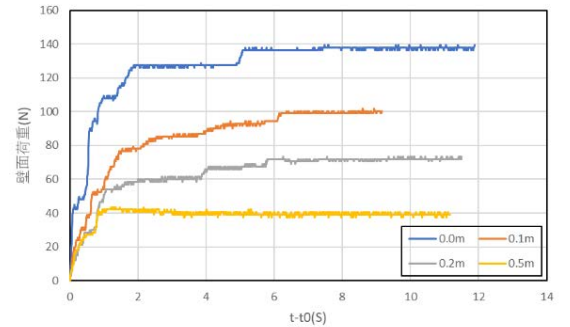


図 4 壁の設置距離が 0.0m での各供給流量の時間と荷重の関係

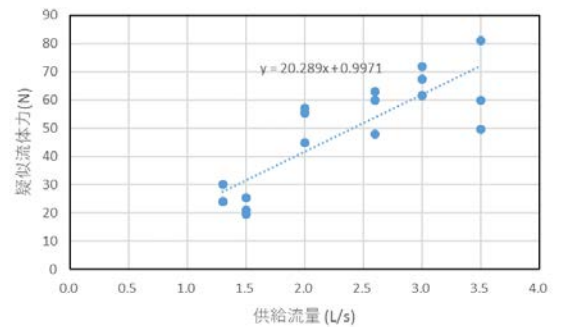


図 5 疑似流体力と供給流量の関係

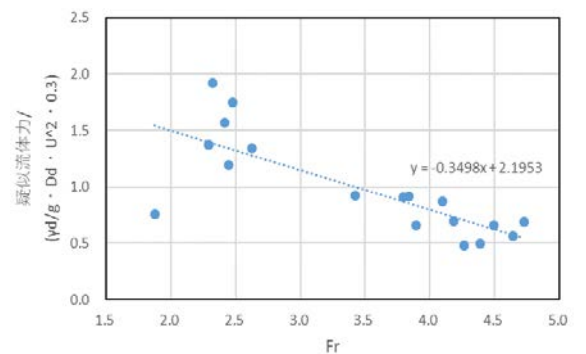


図 6 フルード数と K<sub>h</sub> の関係