

土石流が道路に流入した際の流動深に関する実験的研究

広島大学大学院先進理工系科学研究科 ○木次貫太, 畠俊郎
西日本高速道路株式会社 齋藤千夏

1. 研究の背景と目的

近年、集中豪雨の増加に伴い高速道路に対する道路区域外からの土石流などによる土砂流入が問題視されている。発生した土砂が道路区域内に流入した場合、主要道路が寸断されることとなり人流と物流が滞り市民生活に大きな影響を与えることとなる。そのため、土砂流入に対する主要道路の安全性の確保が課題となっている。一般的に、道路網の耐災性向上を図る場合、対策の実施に必要な用地買収や工事用道路の設置が必要となる。そのため、用地買収や工事用道路の設置に関する制約が比較的少ない、道路区域内(図-1)への対策施設の設置に関心が高まっている。しかし、溪流外への設置となるため側道部や盛土部等の評価を行い、設置をする必要がある。しかし、側道部や盛土部が流入・堆積に与える影響については十分に検討が行われていない。そこで、発災箇所を再現した水理模型実験を行い、異なる高さの盛土に対して本線に流入してくる土石流の流動形態の定量的評価に取り組んだ。

2. 実験方法

本研究では、幅 0.1 m × 高さ 0.3 m × 長さ 15 m で上流側に長さ 1.0 m の整流槽を有する勾配 18° の傾斜水路を用いて 1/40 スケールの水理模型実験を行った(図-2)。水路出口から上流 12 m ~ 14 m の位置に土砂を堆積させ、整流槽から設定した流量で水を流し、土砂を越流させて流下させる天然ダム決壊方式による流下方法を採用した。また、水路出口から 1 m と 2 m 上流にレーザー変位計を設置し、土石流の流速とフロント高さの計測を行った。また、整流槽から通水する時間をストップウォッチで計測し、給水量を算出した。水路出口には土砂の流動・堆積特性を観察するための氾濫台を設け、道路模型を設置した。令和3年8月広島県北広島町の約 900 m³ の土砂が高速道路本線に流出した土砂災害現場の堆積形状を対象とし

た再現実験を行い、土石流に関してのパラメータを定めた¹⁾。その結果、実験試料として珪砂4号を重量比で 44% (11 kg)、朝明砂を重量比で 44% (11 kg)、粒径約 1 cm 程度の玉石を重量比で 12% (3 kg) を混ぜた計 25 kg (14,100 cm³) の土砂を使用することとした。本研究では、道路盛土高さ 4 パターン (3.7 m, 2.7 m, 1.7 m, 0.0 m 想定) と給水流量 3 パターン (1.2, 0.8, 0.6 L/sec) の組み合わせで各ケース 3 回ずつ実験を実施し、計 36 回の実験を行った。図-3 に示すように、4 m の側道が付随し、盛土勾配が 1:1.8 となる道路模型の作製を行った。更に、ガードレールなどの構造物を考慮して対策工は設置されるため、法肩から約 1.5 cm (約 60 cm 相当) 離れた位置に音波距離計を設置し、流動深の計測を行った。

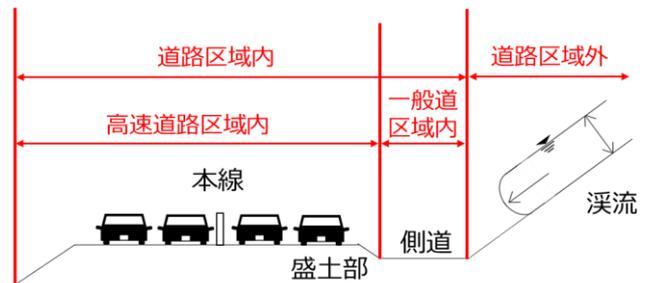


図-1 道路区域の説明

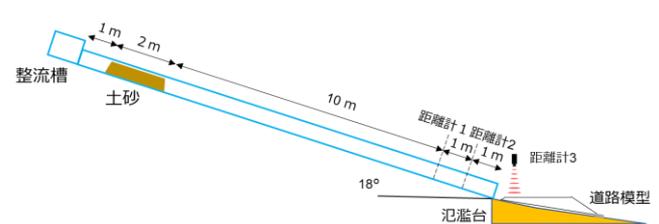


図-2 水路概略図

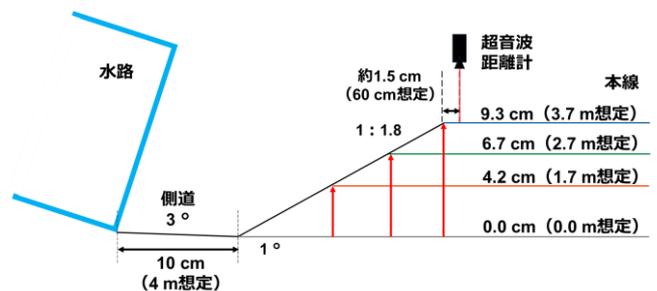


図-3 道路盛土模型

3. 実験結果と考察

図-4～6 に土砂流下後の全ケースの堆積形状の写真を示す。盛土高さ 0.0 m 想定の場合の堆積形状は他の結果と比較すると大きく変化している。通常土砂の広がりには分散角 30°が用いられることが多いが、本線上の土砂は 30°より大きな角度で土砂が広がって堆積していることが写真より明らかとなった。

また、土砂が本線に流入したケースの超音波距離計の計測結果をまとめる。本研究では、先頭部の流動深に着目し、渓流内の流動深と本線到達時の流動深の比較を行った。図-7 に本試験で明らかとなった流速と流動深の変化率（本線到達時の流動深/渓流内の流動深）を示す。盛土高さ 1.7 m 想定の場合の結果は土石流が道路盛土に衝突した際に土砂が跳ねて流入し、変化率が 1.0 以上になるケースもあるため、正確に行えていないと判断し、盛土高さ 1.7 m の結果を除いた。その結果、流速は流動深に対して正の相関があることが明らかになった。流速の増加は土石流濃度の減少と関係するため、液相が多くなると減衰を受けにくくなることが示唆される。さらに変化率の結果は約 0.46～0.86 の値を得た。土石流が流下する際に分級するため先頭部は玉石を多く含む。渓流内の流動深が約 3.0～3.5 cm であり、玉石が 1.25 cm 程度である。そこから、最低値は約 0.4 程度となることが分かり、今回の実験結果と一致する。そのため、礫分を多く含む土石流の流動深は礫径に依存することが示唆される。

4. 結論

本研究では、道路区域内に設置が可能な対策工の設置のための本線流入時の流動形態の評価のために水理模型実験を行った。その結果、石礫型土石流を対象とした場合、流速と土石流濃度は流動深の変化率に関係し、流動深の変化率には礫径が大きく関与していることが示された。今後、粒径や土石流濃度を变化させて、より広い条件での実験を継続して行う。

参考文献

- 1) 木次貫太, 梶俊郎, 澤田日出夫, 宮原崇: 第 75 回土木学会中国支部研究発表会, 2023.

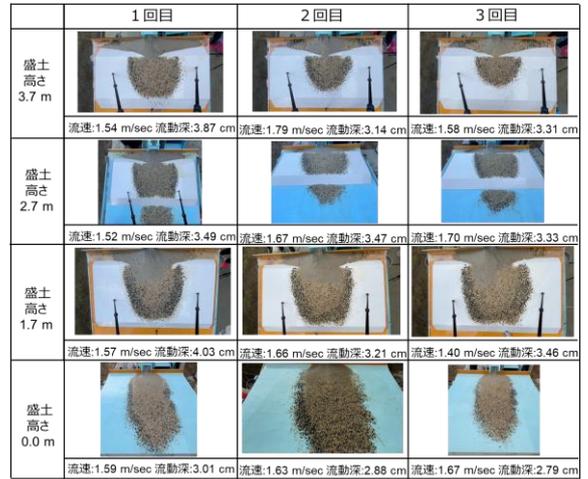


図-4 土砂堆積結果 (給水流量 1.2 L/sec)

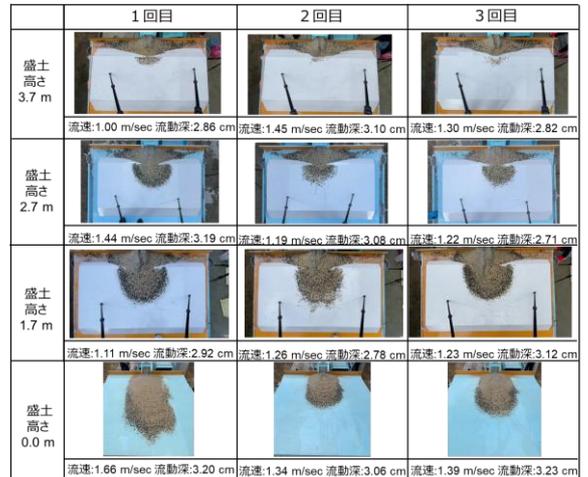


図-5 土砂堆積結果 (給水流量 0.8 L/sec)

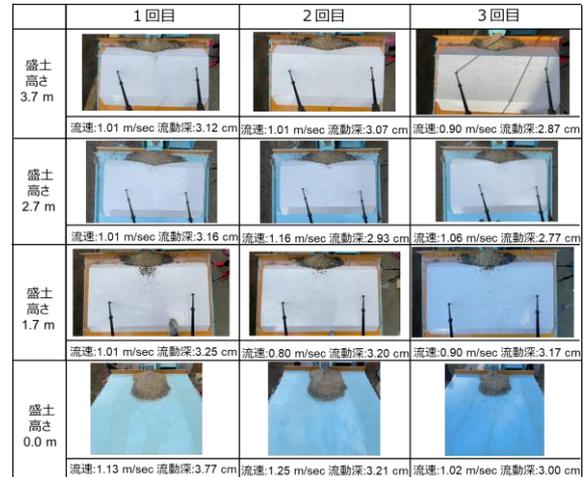


図-6 土砂堆積結果 (給水流量 1.2 L/sec)

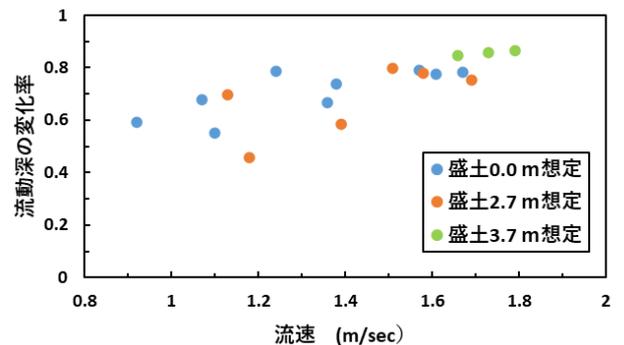


図-7 流速—渓流内・道路流動深比図