

勾配水路を用いた高速道路で発生した土砂災害現場の再現実験

広島大学	学生会員	○木次 貫太
広島大学	正会員	畠 俊郎
西日本高速道路株式会社	非会員	澤田 日出夫
西日本高速道路株式会社	非会員	宮原 崇

1. 研究の背景と目的

近年、地球温暖化による気温上昇などの要因により土砂災害発生件数が増加傾向にある、中でも、発生した土石流などにより土砂が主要道路に流入した場合、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、土砂流入に対する道路の安全性確保に関する社会的要求が高まっている。一般的に、道路区域外の溪流部分に堰堤などの土砂流入防止施設を整備する場合には、法規制や費用などの関係機関協議や用地買収のハードルが高いため多くの時間と労力を要す。そこで、山地境界から道路本線までの道路区域内への土石流対策工の設置に関心が高まっている。しかしながら、道路区域内に設置が可能な土石流対策工については十分な知見が得られていないのが現状である。そのため、道路区域内に設置が可能な対策工の有効性評価や設計法への反映に向けた検討が求められている。道路区域内に設置が可能な対策工の設置数は少なく、被災事例も少ないため、経験則的に検証することは難しく、解析的検討では妥当性を評価することが難しいという課題がある。そのため、水理模型実験により対策工の効果を検証することが有効であると考え、土石流の発生および道路区域内での拡散状況再現に関する土石流のパラメータ設定を目的とした現場再現実験を行った。本文では、勾配水路と 1/40 スケールの模型を用いて行った現場再現実験の結果について報告する。

2. 研究の概要

本研究では幅 0.1 m×高さ 0.3 m×長さ 14 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-1)。なお、水路床には粗度をつけるために、砂礫を張り付けた粗度板を設定した。水路出口から上流 11 m~13 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 上流にレーザー距離計を設置し、土石流の流速とフロント高さの計測を行った。あわせて、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。水路出口先には道路上での土砂の流動・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。再現実験を行う対象現場は令和3年8月広島県北広島町の高速道路本線に土砂が流入した災害現場とし、可変勾配水路の仕様にあわせた条件を設定した。災害現場は、図-2 に示すように道路区域外からの土砂流入により登坂車線を含む上下5車線に約 900 m³ の土砂と倒木が堆積し、道路を寸断した。堆積形状として、流出した土砂の大部分は本線上に堆積し、一部の土砂が本線を越え、側道部と溪流内にも土砂が堆積していた。

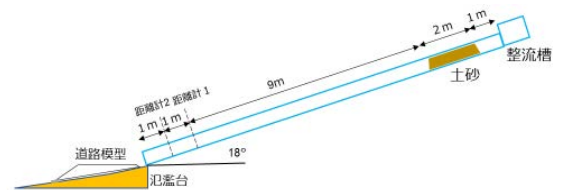


図-1 水路概要図



図-2 災害状況

キーワード 土石流, 水理模型実験, 道路

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学 社会基盤環境工学プログラム

TEL 082-424-7784

表-1 土石流各パラメータ比較

	土砂災害現場	模型 (1/40)
溪床勾配 (水路勾配)	19.3°	18°
平均流下幅 (水路幅)	4.6 m	10 cm
溪流長 (流下距離)	約 429 m	11 m
土砂量	約 900 m ³	約 1.41×10 ⁻² m ³
最大粒径	約 50 cm	約 1.25 cm
平均粒径	100 mm	1.7 mm
土石流タイプ	石礫型	石礫型
流木	ほとんどなし	なし
道路面粗度	—	テープ
給水流量	—	0.8 L/sec

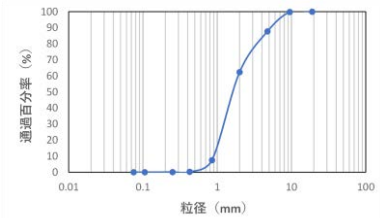


図-3 粒径加積曲線



図-4 実験結果

そのため、1) 流下した土砂の大部分が本線上に堆積するとともに一部の土砂が本線を越えること、2) 側道部と溪流内に土砂が堆積していること、を堆積形状の再現条件とした。再現実験を行う前に、災害現場の溪流調査書を参考にフルード相似則を適用させ、現場条件に近い値に設定できたものは固定パラメータとした。また、災害現場の堆積形状の流木や巨礫位置から土石流は先頭部に巨礫や流木が集中する石礫型土石流であるため、土砂の配合を変えながら、石礫型土石流として発達が確認され、相似則適用値である平均粒径に近い平均粒径となる配合を適切な土砂配合として決定することとした。決定した土砂配合と固定パラメータの値を用いて、今回の実験では、道路模型粗度と給水流量を変動させて実験を行い、堆積形状の条件を満たす条件を最適なパラメータの値と定めることを目標とした再現実験を行った。

3. 実験結果

まず、土砂配合の決定に関しては、災害現場では最大粒径が約 50 cm だったため、模型値で 1.25 cm (50 cm 相当) となるように、土砂の配合を変えて、石礫型土石流として発達する配合を決めた。平均粒径の相似則適用値は 2.5 mm (100 mm 相当) であるが、石礫型土石流として発達させるためには粒度分布の広さが必要となる。そのため、最大粒径を 1.25 cm (50 cm 相当) とし、巨礫が先頭部に集中し後続流の粒径が小さく、平均粒径が 2.5 mm (100 mm 相当) に最も近い配合を最適な土砂配合とし、図-3 に示すように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 の平均粒径 1.7 mm の土砂を実験に用いることとした。予備試験の結果から、実験水路長の長さから、粒度分布の広さがある土砂配合であれば、給水流量を小さくしても土砂の入れ替えが起こるための流下距離が確保できるため、石礫型土石流として発達する傾向を確認することができた。

道路表面の粗度再現に関しては、道路面にアクリル系のテープを貼った場合に近い堆積形状を得たため、テープを貼った条件で再現可能と判断した。また、給水流量に関しては、約 0.8 L/sec で土石流を発生させて流下させたところ、流速約 1.4 m/sec でフロント高さ約 3.5 cm となり、図-4 に示すように設定した条件を満たす堆積形状を得たため、給水流量 0.8 L/sec が最適であると考えた。その結果から、表-1 に示すように再現実験により土石流に関するパラメータを全て決定することができた。

4. 結論

今回は、土石流発生および堆積に関するパラメータを設定するために、水路を用いて高速道路で起きた土砂災害現場の再現実験を行った。その結果、溪流調査書から設定した固定パラメータと石礫型土石流として発達する土砂配合、更には予備試験から得た道路模型粗度と給水流量で模型実験に必要な土石流のパラメータを定めることができた。今後は、今回の実験で設定した土石流のパラメータを用いて、道路区域内に設置が可能な土石流対策工の効果検証をしていきたいと考えている。