

土石流対策として道路用地内に設置する 土のう積層体の一体化による効果向上

○國田章真¹⁾ 嶋俊郎¹⁾ 中山遼哉²⁾

1) 広島大学大学院先進理工系科学研究科

2) 西日本高速道路株式会社

1. はじめに

近年、気候変動に伴う豪雨の影響で土石流の発生件数が増加し、被害が激甚化している。特に、道路本線上に土砂が流入すると、輸送機能が低下し被災地復旧支援が滞る恐れがある。このような状況下において、高規格道路ネットワークの早期復旧への貢献を目的とし、短期間で施工可能かつ所定の減災機能が期待される大型土のう積層体に着目した。

大型土のう積層体は、施工性に優れ、現地発生土を使用できることや、短期間で施工・撤去を行うことができるという利点がある。道路用地内の設置は、用地買収や新たな施工スペース確保の必要がなく、コストや施工期間を抑えることができる。しかし、道路用地内の設置となると、施工スペースや施工期間の制限上、限られた設置方法と土のう个数で対応する必要がある。限られた施工条件下で最大限土石流対策効果を発揮するために、土のう積層体を一体化するという手法に着目した。

土のう積層体の一体化は仮設堰堤の施工で実用化されており、土砂衝突実験も行われているが¹⁾、道路用地内に設置した際にどれほど土石流への対策効果が向上するか十分な知見がなく、設計法が確立されていない。

そこで本研究では、道路用地内に設置する土のう積層体を一体化することで、土石流対策効果がどれほど向上するかを解明することを目的とし、土のう模型(写真1)を用いた水路実験を実施した。

2. 実験方法

フルード相似則を適用させて、1/40スケールの水理模型実験を実施した。図1に示す長さ15m、幅0.1mの可変勾配直線矩形水路を用い、勾配は18°に設定し、底面に平均粒径2.3mmの砂礫を貼り付けて、粗面河床とした。側道幅4mを考慮して、水路出口先から10cm離れた場所に高さ6.7cm、勾配1:1.5の道路盛土模型を設置し、ビニールテープで貼り付けた。水路出口から13mの位置から土砂を堆積させ、整流槽から0.8L/sで越流した水とともに流下させる



写真1 土のう模型

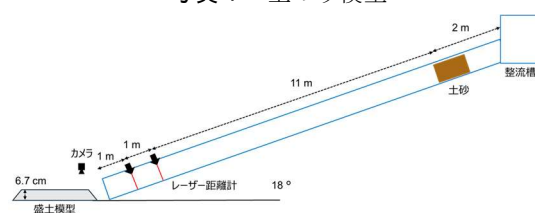


図1 実験水路の概略図



case1

土のう模型一体化なし

case2

ネットを用いて一体化

写真2 実験ケース

天然ダム決壊方式で土石流を再現した。

実験では、レーザー距離計を1m間隔で2台設置し、土石流到達時刻の差から流速を算出した。盛土模型上へ流入した土砂の法肩からの距離を土砂到達距離、最初に土のうがあった位置から本線を横切るように移動した距離を土のう移動距離とし、それぞれメジャーで測定した。

実験ケースを写真2に示す。土のう模型は「耐候性大型土のう積層工法」設計・施工マニュアル²⁾に記載されている寸法をもとに作成した。土のう模型の数は、下段が2×20個、上段が1×20個の計60個で、2段積みとした。単体積みで一体化させないcase1と、既存の一体化工法を再現するために、ポリエチレン製のネットを上から被せてネットの一部をひもで縛るcase2とし、土のうを設置しないケースも含めて各条件3ケースずつ実施した。

3. 結果と考察

実験結果を図2、写真3に示す。3 ケース実施した内、流速が 1.6 m/s、実スケールで約 10 m/s 付近となった結果を選定した。これは、石礫型の土石流の流速が約 5~10 m/s という特徴³⁾と整合性が得られる。土砂到達距離は、土のう模型を設置することで約 32 %減少し、一体化した case2 は case1 と比べて約 74 %減少した。また、土のう移動距離は、一体化によって約 77 %減少した。片側 3 車線の現場を想定し、今回測定した結果を実スケールに換算すると、case1 は片側車線全体が土砂の被害を受け、土のうも走行車線や追越車線まで動くのに対し、case2 は土砂と土のうともに走行車線までは到達しないという結果になった。case1 は土砂到達距離と土のう移動距離の差が大きく、土のう同士の間隙から土砂が漏れて道路上に流入していることが確認された。土のうが動いた時間を計測すると、case1 は土石流先頭流衝突後約 1 秒滑動したが、case2 は約 0.4 秒となり、一体化を行うことで土のうの移動距離と移動時間を減少させるという結果となった。

写真4に側面から撮影した画像を示す。側道に堆積した土砂を見ると、case2の方が盛り上がっている様子が確認でき、粒径の小さい土砂が土のうを乗り越えることはあるものの、本線に流入できなくなった土砂が側道の土砂ポケットに堆積できていると考えられる。今回の実験では、土のうの移動の様子を撮影することに重点を置いて撮影を行ったが、今後は側道や水路の土砂の堆積状況を撮影し、土のうによる土砂の補足性能を確認する必要がある。実際の施工では、ネットを土のうの下に巻き込んでおり、実験でも同様の条件に設定しようとしたが、土のうと道路模型の接地面積が大きく減少したため上から被せるのみとした。しかし、今回の結果から三面拘束でも十分な一体性を確保できることが示唆される。

次に下記式(1)を用いて、実験で計測した流速(U)、土のうなしのケースで測定した道路上の流動深(D_d)から、水路幅0.1mにおける先頭流の流体力(F)を算出した。係数(K_h:1.0)、重力加速度(g)は定数とし、単位体積重量(γ_d)は式(2)に示すように土砂の質量(M_s)と給水時間から算出した水の質量(M_w)、それぞれの体積(V_s、V_w)から算出した。

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

$$\gamma_d = \frac{M_s + M_w}{V_s + V_w} \times g \quad (2)$$

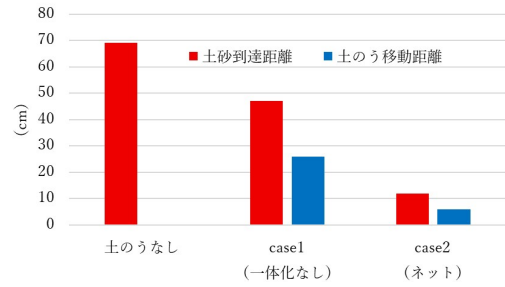


図2 土砂到達距離、土のう移動距離の結果



写真3 上から撮影した実験結果

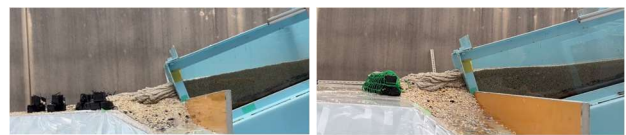


写真4 側面から撮影した実験結果

表1 流体力と仕事の比較

実験ケース	流体力 (N)	仕事 (J)
case1	3.827	0.268
case2	5.371	0.269

計算結果を表1に示す。一体化した土のう模型に同程度の仕事をするためには約 1.4 倍の流体力が必要となり、式(1)中の係数K_hを0.71に設定するのが望ましいと考えた。先頭流が衝突しない土のうも抵抗に寄与し、係数が小さくなったと考えられる。しかし、流体力は流速に大きく依存し、今回比較できるケースが十分に得られなかったため、実験数を増やして検証する必要がある。

4. まとめ

実験水路を用いた模型実験により、一体化させた土のう積層体を道路本線上に設置することで、土砂到達距離、土のう移動距離ともに約 75 %の減少が期待できることが明らかとなった。本線上へ流れられなくなった土砂が側道や水路に堆積しており、側道や溪流が土砂ポケットとして最大限効果を発揮することにもつながることが示されたが、今後実際に堆積した土砂量を測定し、詳細な比較を行う必要がある。

参考文献 1) 浦ら(2022) : sabo,131,2) 一般財団法人土木研究センター(2023),3)前田(2022) : ながれ 41,p.206-213