

大型土のうを用いた防護擁壁の実規模重錘衝突実験および土砂流下衝撃载荷実験

(株) ライテック 正会員 ○難波 正和 元・金沢大学理工研究域 正会員 前川 幸次
(株) ライテック 濱 晃子 (株) 泰東 河崎 隆志

1. はじめに

落石防護擁壁¹⁾は、落石が道路に到達することを防止する目的として、主に道路脇に設置される構造物であり、重力式擁壁が一般的である。また、最近ではジオグリッドを用いた補強土工法を利用した構造も使用されてきており、用途についても落石以外に崩壊土砂対策を兼用することも多い。これら落石防護擁壁は恒久対策工として用いられることが一般的であり、災害の応急対策等の時間的な制約が必要となる場合には適さず、これまで大型土のうが仮設対策工として用いられている。既往の研究²⁾では仮設落石防護柵の緩衝材として大型土のうを用いた場合の緩衝効果が研究されているが、大型土のう単体で積層した場合の落石や崩壊土砂に対する防護性能については検証されていない。

本研究では、大型土のう単体を積層した構造に対して実斜面を用いた斜面転落式による実規模重錘衝突実験を行い、構造体の緩衝効果や落石防護性能を確認することを目的とした。また、崩壊土砂に対する防護性能についても土砂流下衝撃载荷実験により検証した。

2. 実験概要

(1) 実験方法

写真-1 は、実験施設の全景を示している。実験で用いた斜面は高さ 30m、勾配 50° の砂岩斜面であり、斜面天端に重錘転落装置（装置高 10m）と土砂流下装置（容量 50m³）を設置し、斜面下部に実験供試体を構築した。図-1 は、それぞれの実験方法を模式的に示している。重錘衝突実験では大型土のうを階段状に 3 段積層した壁高 3.3m、延長 6.6m の供試体に重錘転落装置に所定の衝突エネルギーを付与させるため EOTA 形状の重錘（0.49t, 1.0t, 1.5t, 3.2t, 4.2t, 5.2t）をセットし、クレーンにより架台端を吊り上げて落下高 40m の位置から重錘を転落させた。

土砂流下衝撃载荷実験では、重錘衝突実験で用いた供試体を 2 ブロック（延長 13.2m）構築し、流下装置に満載した土砂（単位体積重量 22.5kN/m³）を供試体背面に土砂が満載となるまで 2 回に分けて流下させた。

(2) 実験供試体

供試体構造は、耐候性の大型土のう（φ1100）を階段状に 3 段積層し、各段の周囲をポリエチレンロープ（φ16）にて巻付け拘束し、さらに供試体全体をポリエチレンネット（角目 41×41）で覆う一体化構造とした。また、中段の大型土のう間には緩衝効果の向上を図るため、発泡スチロールブロック（2000×1000×500, 15kg/m³）を延長方向に 1 列配置した（以下、新型構造と言う）。

重錘衝突実験では、発泡スチロールブロック、ポリエチレンロープおよびネットを設置しない大型土のうのみを 3 段積層した供試体（以下、従来構造と言う）も比較検証として実験を行った。

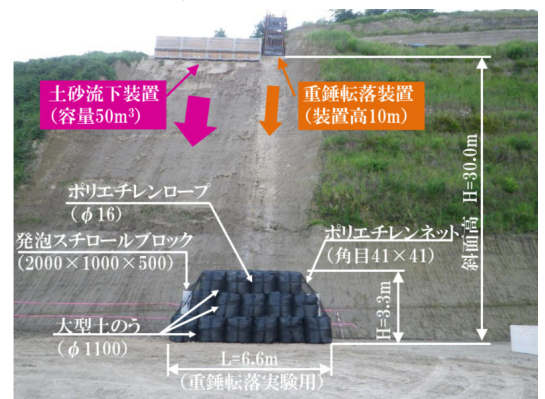


写真-1 実験施設全景

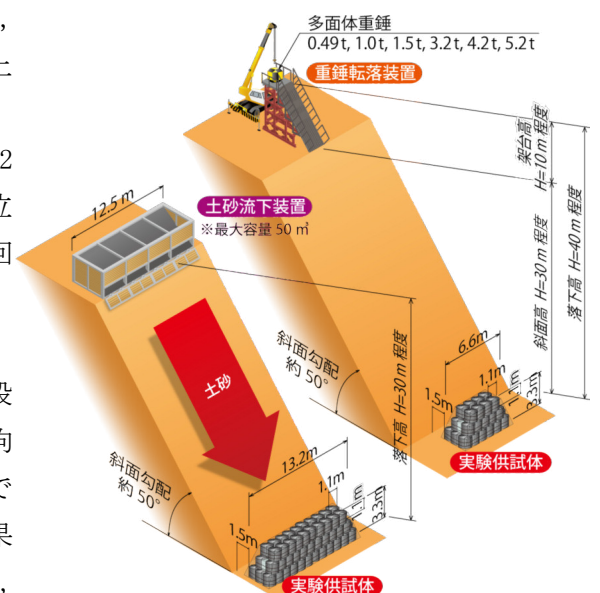


図-1 実験方法模式図

キーワード 落石防護工, 崩壊土砂対策, 大型土のう, 実規模実験

連絡先 〒951-8061 新潟市中央区西堀通7番町1555番地日生第5ビル4階 (株)ライテック新潟支店 TEL 025-378-8051

(3) 計測項目および計測方法

重錘衝突実験の計測は、重錘内部に設置した三軸加速度計による重錘加速度の計測、重錘衝突状況や衝突速度を確認するため高速度カメラによる撮影、および衝突後のスケールによる損傷範囲の計測を行った。

土砂流下衝撃載荷実験では、大型土のうの受撃面（供試体下部から 50cm の位置に 3 点配置）および斜面法尻に打設した不動点となる H 鋼(地山から高さ方向に 50cm)に配置した土圧計により土砂衝撃力を計測した。

3. 実験結果

(1) 重錘衝突実験結果

表-1 は重錘衝突実験の実験結果概要を示している。(C: 従来構造, N: 新型構造)。最大衝突エネルギーは、従来構造で重錘質量 5.2t を衝突させた 1375.1kJ, 新型構造では重錘質量 4.2t を衝突させた 1202.1kJ であり、全てのケースで供試体が転倒や滑動せずに重錘を捕捉した。

表-1 実験結果の概要

実験No.	重錘 m (t)	線速度 V (m/s)	線速度 エネルギー E _v (kJ)	回転速度 ω (m/s)	回転 エネルギー E _ω (kJ)	合計 エネルギー E (kJ)	等価摩擦 係数 μ	最大衝撃力 F (kN)	損傷範囲 A (m ²)	重錘貫入量 d (m)
C-1	0.49	22.8	127.4	39.3	19.3	146.7	0.40	367.8	0.49	0.6
C-2	1.0	22.3	248.6	29.6	37.7	286.3	0.44	288.4	1.00	0.8
C-3	1.5	20.9	327.6	20.4	33.7	361.3	0.53	計測不可	1.00	0.5
C-4	3.2	20.3	659.3	18.1	92.4	751.7	0.57	地山衝突	0.36	0.5
C-5	5.2	21.2	1168.5	18.1	206.6	1375.1	0.51	1468.0	1.96	1.4
N-1	0.49	24.0	141.1	34.1	14.5	155.6	0.32	262.5	0.36	0.3
N-2	1.0	21.7	235.4	27.6	32.8	268.2	0.48	446.0	0.48	0.4
N-3	1.5	21.3	340.3	23.4	44.4	384.7	0.50	495.2	0.90	0.4
N-4	3.2	19.1	583.7	14.3	57.7	641.4	0.64	848.2	1.44	0.4
N-5	4.2	22.4	1053.7	18.1	148.4	1202.1	0.43	1869.2	1.21	0.4

線速度は 20.3m/s~24.0m/s であり、重錘質量が大きくなるに従い線速度は遅くなる傾向であった。また、回転速度も線速度と同様の傾向がみられ、重錘質量が小さいほど回転運動が卓越することが確認できた。

損傷範囲については、従来構造の方が新型構造に比べ範囲が大きく、重錘貫入量も深い。そのため新型構造では衝突後の補修も容易に可能であった。これは、ポリエチレンロープとポリエチレンネットで構造体を拘束し一体化したことによる効果と考えられる。重錘衝撃力については、従来構造で計器の不具合や地山に着地したケースにより、明確な差異までは確認できなかった。

(2) 土砂流下衝撃載荷実験結果

図-2 は、新型構造における土砂衝撃圧の時刻歴応答波形を示している。受撃面での最大衝撃圧は、供試体中心位置に設置した受③の 43.5kN/m²であり、斜面上に設置した H 鋼の不動点では 136.6kN/m²であった。これは、土砂災害防止に関する基礎調査の手引き³⁾の土砂衝撃圧算定式を用いて本実験の条件を基に算定した土砂衝撃圧 139.0kN/m²に近似した結果であった。また、受撃面最大値と不動点の結果から大型土のう構造体における衝撃力緩和係数を算定すると、0.32 であった。

土砂を連続して 2 回流下したが、供試体の転倒までには至らず土砂を捕捉した。また、供試体背面に土砂を満載にさせた状態においても転倒等の変状は見られなかったことから、堆積土砂による土圧に対しても構造体の安定性能を検証することが確認できた。

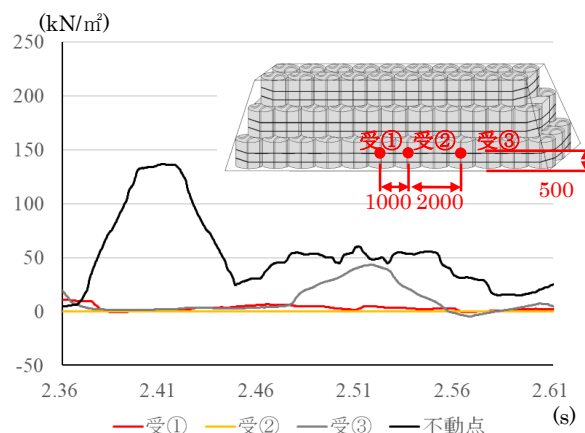


図-2 土砂衝撃力時刻歴応答波形

4. まとめ

本実験において、大型土のうをポリエチレンロープやポリエチレンネットで一体化構造とすることで重錘衝突後の損傷を軽減することが可能であり、補修可能な範囲で最大 1202kJ までの落石エネルギーに対応可能であることが確認できた。崩壊土砂に対しても土砂衝撃力を 30%程度まで低減できることが確認できた。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧，p.195，2017 年 12 月。
- 2) 阿部和樹，池田憲二，今野久志，岸徳光，川瀬良司：仮設落石防護柵に用いられる土のうの緩衝効果，第 6 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集，pp.159-162，2002 年 7 月。
- 3) 社団法人砂防フロンティア整備推進機構：土砂災害防止に関する基礎調査の手引き，p.19，2001 年 6 月。