

緩衝装置を用いたポケット式落石防護網の実規模重錘衝突実験

(株) ライテク 正会員 ○難波 正和 金沢大学大学院 正会員 前川 幸次
 (株) ライテク 正会員 田島 与典 (株) ライテク 正会員 横田 哲也

1. はじめに

我が国の落石対策工においては、落石の発生を未然に防止する落石予防工と発生した落石を保全対象物に影響のない位置で停止、あるいは斜面下方や側方へ誘導させる落石防護工に大別され、それぞれの工種は、さらに細分化されている。ここで、落石防護工の一種である斜面中腹から下方を面的に覆って落石を受け止め、下方のポケット部へ落とし込み誘導させるポケット式落石防護網に着目すると、従来から用いられる標準的タイプの場合、経済性や施工性に優れていることから実績が多い反面、適用可能な落石エネルギーは 50~200kJ 程度¹⁾と小さく、落石エネルギーが大きな落石には対応できない。したがって、最近では高エネルギーに対応可能なポケット式落石防護網が開発されており、これら新しいタイプのポケット式落石防護網については、実験等のデータにより、適用範囲を確認したうえでの採用が求められている。

本研究では、過去に自由落下による重錘衝突載荷実験で性能が確認されている緩衝装置を用いたポケット式落石防護網²⁾について、実際の落石挙動に近い実斜面における実規模重錘衝突実験を行い、エネルギー吸収性能及び適用範囲を確認することとした。

2. 実験概要

(1) 実験方法

図-1 は、実験方法を模式的に示している。本実験では、落下高さ 23m、勾配約 55°の砂岩斜面上端の架台に重錘をセットした後、クレーンにより架台端を吊り上げて重錘を転落させ、実験供試体（緩衝装置を用いたポケット式落石防護網）に衝突させた。重錘は、斜面を転がりやすい形状とするため、ETAG27³⁾で規定されている重錘形状を採用し、所定の衝突エネルギーを与えるため、質量 2.5t、4.2t および 5.2t の 3 種類を用いて実験を行った。

(2) 実験供試体

写真-1 は実験供試体の形状寸法を示しており、網高 15.0m、支柱間隔 12.0m と 9.0m の 2 スパン、全長 21.0m とした。主要部材は、支柱 (SS400, H-150×150×7×10)、金網 (GS-3 5.0φ×50×50)、吊・縦横主ロープ (3×7 G/O 18φ)、1m 間隔で配置した補助ロープ (3×7 G/O 14φ)、「リング型」と「U ボルト型」の 2 種類の緩衝装置²⁾、アンカー及び吊ロープを支柱とアンカーに支持させる「滑車構造の金具」²⁾で構成されている。

(3) 計測項目および計測方法

計測項目は、横主ロープおよび吊ロープ端部に設置した 2 種類の緩衝装置のスリップ量、各ロープの固定用シャックルに貼付したひずみゲージによるワイヤーロープ張力、支柱に設置したひずみゲージから支柱の軸力、重錘中心に設置した三軸加速度計により重錘加速度を計測した。

また、金網の重錘衝突時の挙動および最大変形量については、高速度カメラの画像解析を行い、確認した。

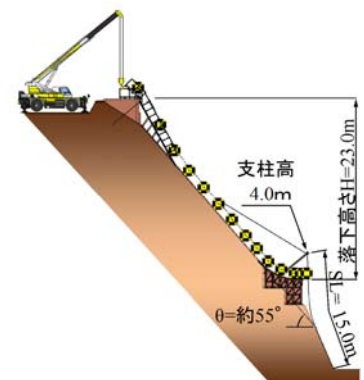


図-1 実験方法模式図

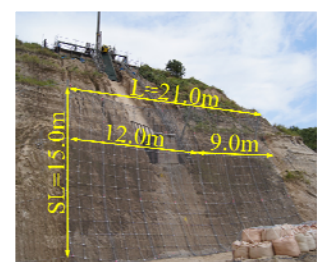


写真-1 実験供試体形状寸法

キーワード 落石防護工, ポケット式落石防護網, 実規模実験, 緩衝装置, 高エネルギー吸収型

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5階

(株) ライテク新潟事務所 TEL 025-378-8051

3. 実験結果

(1) 重錘捕捉状況

表-1 は実験結果の概要を示している。

全ケースで主要部材の大きな損傷もなく重錘を捕捉した。

写真-2 は最大衝突エネルギーである Case 3 の重錘衝突時の挙動を示している。重錘を金網等の防護面全体で受け止め、衝突エネルギーを吸収した後、下方のポケット部に落とし込み斜面法尻まで重錘を誘導し、防護網の前面へ抜け出すことなく重錘を停止させることができた。

表-1 実験結果の概要

実験 No.	重錘質量 W(ton)	金網	上段:主ロープ 下段:補助ロープ	横主ロープ 緩衝装置	衝突エネルギー E※ ¹ (kJ)	金網変形量 δ ※ ² (m)
Case 1	2.5	5.0φ50×50	3×7 18φ 3×7 14φ	Uボルト型	554.5	2.379 (47.6%)
Case 2	4.2	5.0φ50×50	3×7 18φ 3×7 14φ	Uボルト型	931.5	2.681 (53.6%)
Case 3	5.2	5.0φ50×50	3×7 18φ 3×7 14φ	Uボルト型, リング型	1153.3	2.543 (50.9%)

※¹衝突エネルギーについては、実験場の斜面状況(斜面勾配 $\theta=55^\circ$ 、落下高さ $H=23.0\text{m}$ 、等価摩擦係数 $\mu=0.15$)から落石対策便覧¹⁾の落石全運動エネルギー算定式を用いて算定。 ※² () 内は横主ロープ間隔(5.0m)に対する比率。

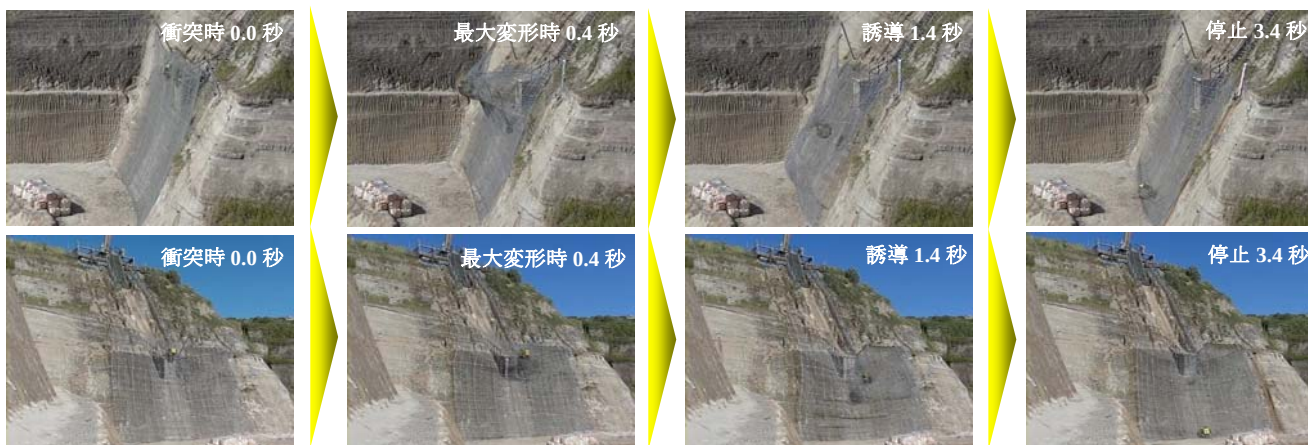


写真-2 重錘捕捉状況 (Case3)

(2) 金網変形量

写真-3 は Case 3 の重錘衝突時における金網の最大変形量を示しており、変形量 2.543m は、横主ロープ間隔 5.0m に対して 50.9%である。

従来のポケット式落石防護網では、金網の遊びを考慮してスパンの 1/4¹⁾とされているが、本実験の供試体では 1/2 程度である。これは、1m 間隔で配置した補助ロープの面的作用と横主ロープに設置した緩衝装置のスリップにより、金網の大変形を可能とすることで、エネルギー吸収効果を高めることができる。



写真-3 金網最大変形量 (Case3)

4. まとめ

本実験において、ポケット式落石防護網が必要とされる機能、すなわち防護面で落石のエネルギーを吸収し、その後ポケット部に落とし込み斜面法尻まで誘導し、最終的に防護網の前面へ抜け出すことなく落石を停止させる、という一連の捕捉挙動ならびにその防護性能を確認できた。また、緩衝装置を用いた本構造体の適用範囲については、落石対策便覧¹⁾で算定される衝突エネルギー1200kJ程度まで対応可能であることを確認した。

緩衝装置を用いた本構造体については、横主ロープ間隔の 50%程度まで金網を変形させることが可能であり、従来のポケット式落石防護網に比べ、金網の吸収エネルギーを大きく見込める。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧，p.19，p.95，p.140，2000年6月。
- 2) 田島与典，前川幸次，岩崎征夫，河上康太：実物大重錘衝突実験による緩衝装置を用いたポケット式落石防護網の評価，構造工学論文集 Vol.56A，pp.1088-1100，2010年3月。
- 3) European Organization for Technical Approvals(EOTA):ETAG27，GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL of FALLING ROCK PROTECTION KITS，p.34，2008.2.1.