

高エネルギー吸収型落石防護柵の落石捕捉性能に関する実験的研究

株式会社プロテックエンジニアリング	正会員	○石井 太一
株式会社プロテックエンジニアリング	正会員	西田 陽一
株式会社プロテックエンジニアリング	非会員	Nguyen Van Binh
金沢大学	正会員	梶谷 浩
金沢大学	正会員	栗橋 祐介

1. はじめに

我が国は、国土の相当部分が急峻な地形であり、豪雨や地震が頻繁に発生することから、落石による被災事例は少なくない。平成29年に発刊された落石対策便覧の改訂版では、近年の落石防護工の新技術導入に対応するため、落石捕捉性能の検証法として統一的な実験的検証法¹⁾を示している。本研究は、阻止面に摩擦摺動型の緩衝装置を配置した、高エネルギー吸収型落石防護柵の落石捕捉性能について、実物実験による性能検証を行ったものである。

2. 実験概要

(1) 実験供試体

本実験で使用した供試体の概要を図-1、図-2に示す。

実験供試体は柵高3.5m、延長15m（支柱本数4本）を基本構造とし、部材の組み合わせによりTypeAとTypeBの2種類に分けられる。主要部材は、支柱、上弦材（STK400φ139.8mm）、上辺・底辺・縦外辺ロープ（FC6×24φ22mm 3×7φ18mm）、緩衝ロープ（3×7φ18mm）、ワイヤネット（FC6×24φ12mm）、ひし形金網（φ4.0mm-50×50）、緩衝装置である。

支柱は、外側鋼管（STK400）の内部に小口径鋼管（STK400）7本と高強度鉄筋（SD490 D41）を6本配置し、隙間にモルタルを充填したLST部材とよばれる高強度かつ靱性に優れた部材を使用した。支柱径は、TypeAでφ267.4mm、TypeBでφ318.5mmである。

上弦材は、支柱頭部間に設置する部材であり、阻止面を介して端末支柱に伝達された縦断方向の荷重を、複数の支柱で抵抗し、柵全体の變形性能をコントロールする。上弦材は、TypeAで全スパン、TypeBで端部スパンに設置した。

阻止面は、谷側から緩衝ロープ・ワイヤネット・ひし形金網の順に設置される。緩衝ロープは、柵高方向に25cm間隔で、計13段設置した。ワイヤネットは、ロープを格子状に編み込んだもので、上辺・底辺・縦外辺ロープにシャックルで接続した。

緩衝装置は、緩衝ロープを1組当たり2枚のプレートで挟み込み、ハイテンションボルトで締め付けている。エネルギー吸収機構は、所定の張力が発生すると、ロープの余長がスリップする摩擦摺動型である。TypeAはロープの片側に緩衝装置を設置し、TypeBはロープの両側に緩衝装置を設置した。また、TypeBは上辺ロープと底辺ロープにも緩衝装置を設置した。

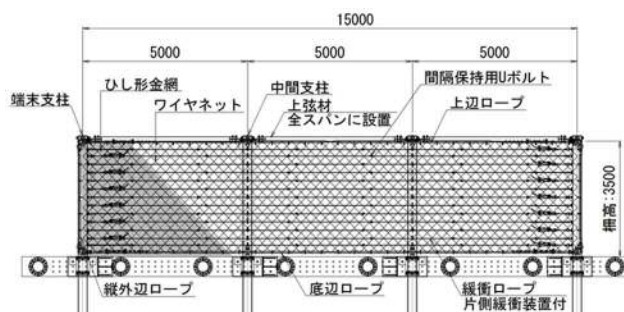


図-1 実験供試体 (TypeA)

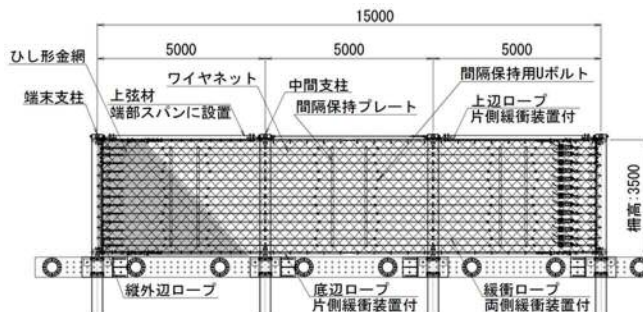


図-2 実験供試体 (TypeB)



図-3 緩衝装置

キーワード 落石防護柵、落石、衝撃実験、緩衝装置

連絡先 〒957-0106 新潟県北蒲原郡聖籠町蓮潟 5322-26 (株)プロテックエンジニアリング TEL025-278-1560

間隔保持用 U ボルトは、緩衝ロープとワイヤネットの交点に設置し、ロープネットの間隔を保持している。間隔保持プレートは、緩衝ロープ同士の柵高方向の間隔を保持するプレートであり、TypeB のみ設置した。

(2)実験ケース・計測項目

実験ケースを表-1 に示す。エネルギーは、簡便的に阻止面から重錘底部までの高さを計測し、位置エネルギーとして求めた。

表-1 実験ケース

ケース名	供試体タイプ	重錘質量	落下高（重錘速度）	エネルギー
CASE1	TypeA	1513kg	35.0m(26.2m/s)	519kJ
CASE2	TypeB	3479kg	35.2m(26.3m/s)	1200kJ

実験は、実験架台に供試体を防護面が水平になるように設置し、ラフテレーンクレーンで重錘を所定の高さまで吊り上げ、エア式の離脱装置を用い自由落下で衝突させた。重錘は、質量 1513kg（密度 2.6t/m³）および質量 3479kg（密度 2.5t/m³）であり、鋼製殻にコンクリートを充填した多面体形状である。重錘の衝突位置は水平方向に載荷スパンの中央、鉛直方向に高さ 2.5m とした。

計測項目は、落下高、重錘速度、残存柵高、阻止面の変形量、支柱頭部の残留変位である。落下高、支柱頭部の残留変位は、トータルステーションを用いて計測した。残存柵高は、載荷前後にスタッフで計測した。重錘速度および阻止面の変形量は、高速ビデオカメラで撮影した画像を解析して求めた。

3. 実験結果

実験結果を表-2 に示す。

残存柵高は、初期柵高（3.5m）に対し、85% 程度の柵高保持率を有し、最大変形量は、載荷エネルギー519kJ で 2.7m、1200kJ で 3.7m となった。

阻止面の損傷は、小礫のすり抜けを防ぐ金網のへこみ変形、緩衝装置の摩耗およびロープのスリップ、ワイヤネットの部分破断、間隔保持プレートの塑性変形である。支柱は、残留変位が最大 2° と小さく、LST 部材は静的曲げ試験で最大 15° まで耐荷性能を確認していることから、再使用可能と判定できる。

これらから、捕捉性能を回復させるための補修は、緩衝装置・ワイヤネット・間隔保持プレートの交換およびスリップしたロープの引き直しとなる。

4. まとめ

本実験より、以下のことがいえる。

- 1)柵高 3.5m、延長 15m を基本構造とした 2 種類の防護柵は、それぞれ 519kJ、1200kJ のエネルギー捕捉性能を有している。
- 2)本防護柵は、85%程度の柵高保持率を有する。
- 3)本防護柵の阻止面の最大変形量は 2.7m～3.7m である。
- 4)本防護柵の捕捉性能回復のための補修は、緩衝装置・ワイヤネット・間隔保持プレートの交換およびスリップしたロープの引き直しであり、支柱は再使用可能であることが明らかになった。

参考文献

- 1)（公社）日本道路協会：落石対策便覧，2017.12

表-2 実験結果

ケース名	残存柵高	最大変形量	損傷判定	
			阻止面	支柱
CASE1	3.1m	2.7m	金網：へこみ変形 上辺・底辺・縦外辺ロープ：健全 緩衝ロープ：健全 緩衝装置：摩耗・ロープのスリップ ワイヤネット：部分破断	再使用可能 （支柱残留変位2°）
CASE2	3.0m	3.7m	金網：へこみ変形 上辺・底辺・縦外辺ロープ：健全 緩衝ロープ：健全 緩衝装置：摩耗・ロープのスリップ ワイヤネット：部分破断 間隔保持プレート：塑性変形	再使用可能 （支柱残留変位1°）

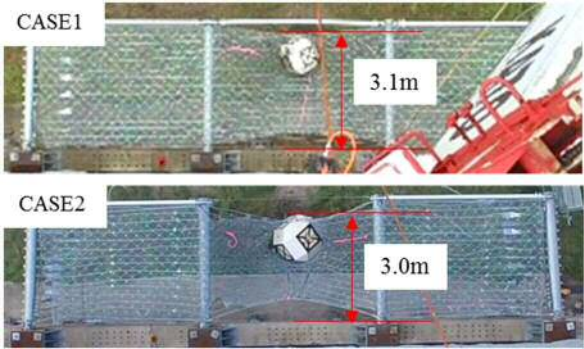


図-4 残存柵高

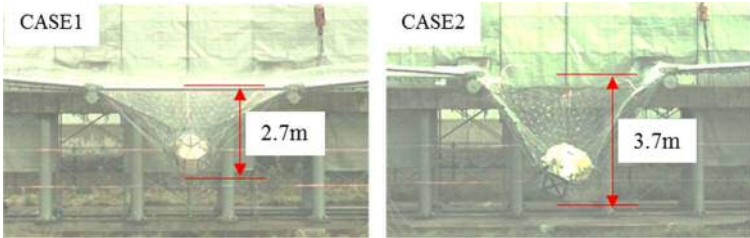


図-5 阻止面の最大変形量