

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	○浦川 諒大
株式会社プロテックエンジニアリング	正会員	石井 太一
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

近年、落石防護柵は様々な構造形式のものが開発され、多くの研究が行われている。著者らは、これまで、阻止面にひし形金網と摩擦摺動型の緩衝装置を配置した防護柵で、載荷エネルギー100kJの実験的研究を行っており、現状の基礎構造を用いた高エネルギー吸収柵の研究を行ってきた^{1,2)}。本研究は、既往の研究で性能検証をした防護柵阻止面に、硬鋼線で構成したリングネットを併用し、載荷エネルギー316kJの捕捉性能を検証したものである。

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 に示す。供試体の柵高は 3m, 支柱間隔は 5m とし, 3 スパンで構成している。

構造は、支柱（STK400 φ114.3 t=4.5mm）、ワイヤロープ（3×7 G/O φ12）、リングネット（SW-B φ350、素線径 3.2mm）、ひし形金網（Z-GS7 線径 φ4.0 50×50）、緩衝装置（摩擦摺動型緩衝金具）である。リングネットは、図-2 に示すように、SW-B φ3.2 の素線を 5 巻した φ350 のリングを連結させたものである。リングネットと金網はそれぞれシャックル、結合コイルを用いて各ワイヤロープと接続した。金網は、金網の素線切れを防止する観点から、延長方向に支柱間隔の 10% の余長を設けている。

緩衝装置は、図-3 に示す摩擦摺動型の M-type(5kN)と F-type(10kN)の 2 種類であり、M-type は、双方のワイヤロープが逆方向に 5kN、F-type は、同一方向に 10kN でスリップする構造となっている。各ワイヤロープのスリップ張力は、上辺・底辺ワイヤロープで 20kN(F-type $\times$ 2)、縦外辺ワイヤロープで 10kN(M-type $\times$ 2)、控えワイヤロープで 40kN(F-type $\times$ 4)となっている。

(2) 実験方法・実験ケース・計測項目

供試体は、実験架台に防護面が水平になるように設置し、質量 1008kg の多面体の重錘を所定の高さまで吊上げ、防護面に対して垂直に自由落下で衝突させた。表-1 は、実験ケースを示している。重錘衝突時の速度は、25m/s であり運動エネルギーは 316kJ である。載荷位置は、中央スパン(a)と端部スパン(b)の 2 か所とし、衝突高さを 2.0m とした。測定項目は、ワイヤロープスリップ量および阻止面の最大変形量である。

ケース	載荷 スパン	重錘 質量	落下高	重錘 速度	エネルギー
CASE-A	中央(a)	1,008kg	32m	25m/s	316kJ
CASE-B	端部(b)	1,008kg	32m	25m/s	316kJ

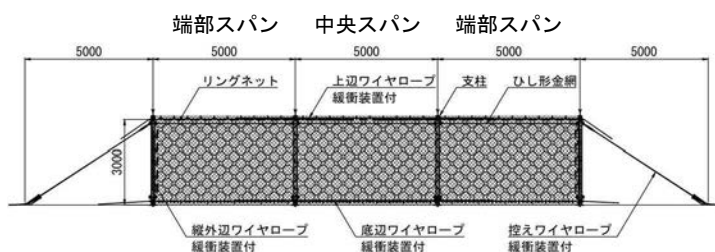


図-1 供試体概要



図-2 リングネット

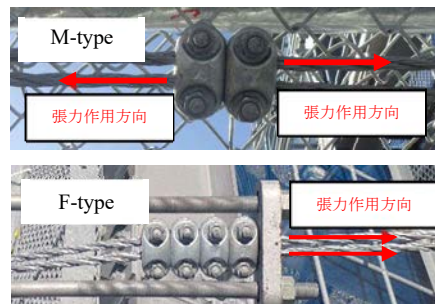


図-3 緩衝装置概要

表-1 実験ケース

ケース	載荷 スパン	重錘 質量	落下高	重錘 速度	エネルギー
CASE-A	中央(a)	1,008kg	32m	25m/s	316kJ
CASE-B	端部(b)	1,008kg	32m	25m/s	316kJ

キーワード 落石防護柵, 衝撃実験, 金網, リングネット, 緩衝装置

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

重錘载荷位置・緩衝装置設置位置を図-4 に示す。ワイヤロープスリップ量は、ロープにマーキングを行い、実験後のスリップ量を測定した。ネットの最大変形量は、高速ビデオカメラを用い画像解析を行った。

3. 実験結果

写真-1 に各実験ケースの変形状況を示す。また、実験結果を表-2 に示し、緩衝装置によるエネルギー吸収量を表-3 に示す。

実験結果より、载荷スパンによらず重錘を捕捉することができ、阻止面の変形量は、5.3m～5.8m であった。緩衝装置による吸収エネルギーは、CASE-A で 219kJ、CASE-B で 142kJ であり、重錘の運動エネルギーに対してそれぞれ 69%、42%程度 of エネルギー吸収率であり、CASE-A に比して CASE-B が小さくなっている。これは、CASE-A の支柱は健全であったものに対して、CASE-B では端部支柱が変形し、エネルギーを吸収した影響であるものと推察できる。重錘载荷後の阻止面は、リングネット、金網の変形、緩衝装置の摩耗であり、支柱は、中央スパン载荷の CASE-A で健全であったものの、端部スパン载荷の CASE-B で局部座屈している。

4. まとめ

本実験より、次のことがいえる。
1) 柵高 3m, 延長 15m (支柱間隔 5m) の本防護柵は、最大 316kJ の重錘の捕捉性能を有している。

2) 緩衝装置によるエネルギー吸収の割合は、入力エネルギーに対し、中央スパン载荷で 69%、端部スパン载荷で 42% と推察できる。端部スパンに载荷した時は、支柱の変形によるエネルギー吸収量が大き

くなるため、緩衝装置が負担するエネルギーの割合が小さくなると考えられる。

3) 本防護柵の阻止面の最大変形量は 5.3～5.8m である。

4) 本防護柵の捕捉性能回復のための補修は、リングネット・金網・緩衝装置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、载荷スパンによって交換が必要であることが明らかとなった。

5. 参考文献

1) 石井太一, 西田陽一, 榎谷浩, Tran Le Hoang Trung : エネルギー吸収型落石防護柵の支柱間隔の性能評価に関する実験的研究, 土木学会第 72 回年次学術講演会, 2017.9
2) 石井太一, 西田陽一, 榎谷浩, Tran Le Hoang TRUNG : エネルギー吸収型落石防護柵の金網設置面積の影響に関する一考察, 土木学会第 73 回年次学術講演会, 2018.8

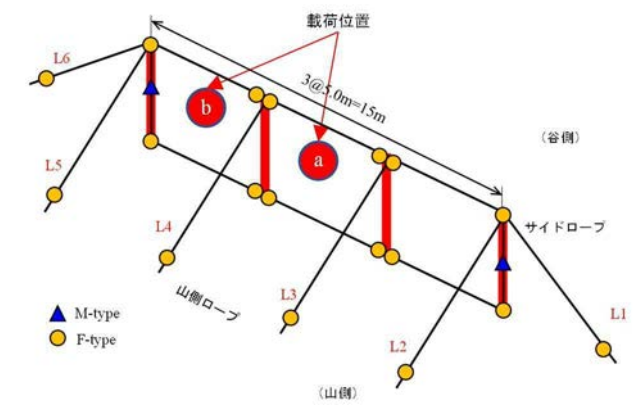


図-4 重錘载荷位置・緩衝装置設置位置

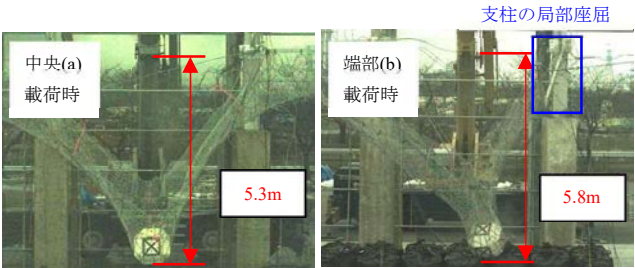


写真-1 変形状況

表-2 実験結果

ケース	载荷スパン	最大変形量 (m)	緩衝装置 吸収エネルギー (kJ)	損傷判定		
				阻止面	支柱	控えロープ
CASE-A	中央(a)	5.3	219.2 (69%)	ネット：変形 金網：変形 ワイヤロープ：健全 緩衝装置：摩耗	健全	健全
CASE-B	端部(b)	5.8	132.3 (42%)	ネット：変形 金網：変形 ワイヤロープ：健全 緩衝装置：摩耗	変形	健全

表-3 緩衝装置によるエネルギー吸収量

ケース	CASE-A			CASE-B		
	中央 (a)			端部 (b)		
種類	スリップ量 (m)	吸収エネルギー (kJ) ※	吸収エネルギー率 (%)	スリップ量 (m)	吸収エネルギー (kJ) ※	吸収エネルギー率 (%)
上辺ロープ	3.75	75.0	24	3.01	60.2	19
底辺ロープ	4.82	96.4	31	3.28	65.6	21
縦外辺ロープ	0.18	1.8	1	0.09	0.9	0.3
控えロープ	1.15	46.0	15	0.14	5.6	2
合計	9.90	219.2	69	6.52	132.3	42

※緩衝装置による吸収エネルギー (kJ) = スリップ量 (m) × 平均スリップ張力 (kN)