

落石防護柵用柵端金具の研究開発

落石対策 緩衝金具 防護柵

日本プロテクト(株) 加賀山肇
 (株)第一コンサルタンツ 右城 猛
 (株)ロイヤルコンサルタント 筒井秀樹
 田中工業(株) 田中登志夫

1. まえがき

わが国では、ストーンガードあるいはロックフェンスなどの名称で呼ばれるワイヤロープ金網式落石防護柵(従来型防護柵と呼ぶ)が落石対策工の標準的工法として古くから施工されてきた。しかしながら、可能吸収エネルギーが 50kJ 程度以下と小さく、落石が防護柵を突破する事故が時々発生している。

1990 年には鳴門市北灘の国道 11 号で、落石が落石防護柵を突破して乗客乗員 49 名が乗った観光バスを直撃し、3 名が死亡、14 名が負傷するという大きな事故が発生している。最近では、2009 年 7 月に富士山スカイラインの富士宮口新五合目駐車場で、落石が防護柵を突き破ってキャンピングカーを直撃し、中にいた男性が死亡するという事故が発生した。

近年、イ・フェンス、三角フェンス、リングネット、MJ ネットなどと言った数百～数千キロジュールの落石エネルギーを吸収できる防護柵も販売されているが、コストが高い。従来型防護柵が設置されている斜面上にある落石の運動エネルギーは、そのほとんどが 100kJ 程度以下であると考えられる。このため、従来型防護柵の性能を現在の 2～3 倍に引き上げることができれば落石に対する安全性を大幅に高められることになる。

従来型防護柵の弱点は柵端金具にあることがこれまで

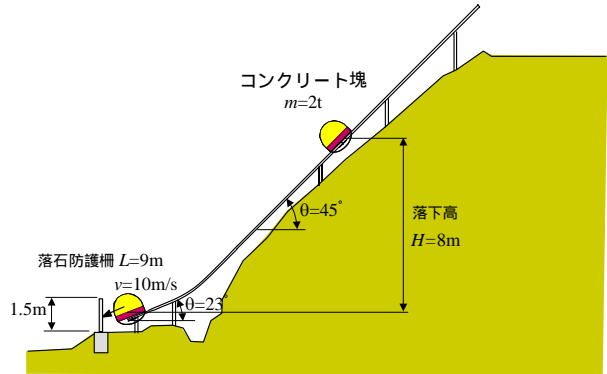


図 1 実験の方法

の損傷事例や実験で明らかになっている。そこで、筆者らは緩衝金具を装着した柵端金具を新しく開発し、その性能確認実験を行ったので紹介する。

2. 重錘衝突実験

(1) 実験の方法

実験は、図 1 に示すように斜面上に設置したレール上を、重さ 2t のコンクリート塊を滑走させ、前方に設置した防護柵に衝突させた。レールの傾斜角は 45 度であるが、下端は 23 度になっている。コンクリート塊の落下高さは 8m とした。防護柵に衝突する速度は 10m/s(36km/h)、運動エネルギーは 100kJ である。

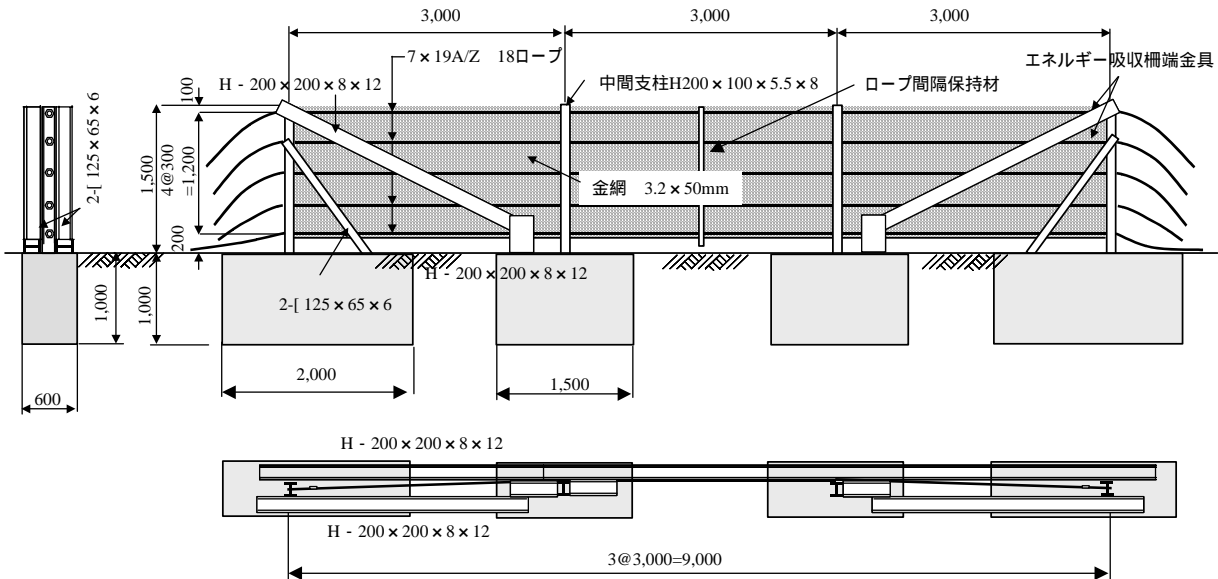


図 2 実験に用いた防護柵

Experiment to develop damper installed in lock fence

Hajime Kagayama(Nihon Protect Co., Ltd) , Takeshi Ushiro (Daiichi Consultants Co.,Ltd) ,
 Hideki Tsutsui(Loyal Consultant Co.,Ltd)andToshio Tanaka(Tanaka Kougyo Co.,Ltd)



写真1 柵の変形 写真2 緩衝金具とスリップしたワイヤロープ

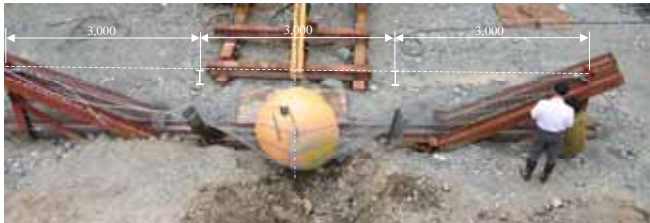


写真3 防護柵の変形

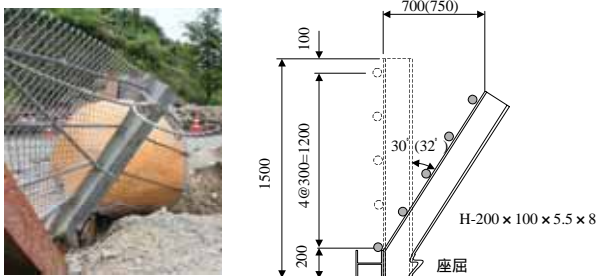


写真4 中間支柱の座屈状況

実験に使用した防護柵を図2に示す。金網は 3.2×50 の菱形金網で一般的に使用されているものと同じであるが、ワイヤロープには 7×19A/Z 18 を使用している。19本の小さい素線で編んだ7本のストランドをより合わせて作られているので、一般の落石防護柵に使用されている 3×7G/O 18 よりもロープの断面が真円に近く、破断荷重は 1.25 倍大きい。

新しく開発した柵端金具を写真1に示す。ワイヤロープの破断荷重は 200kN であるが、50kN 以上の力が作用すると、柵端金具の中をワイヤロープがスリップする仕組みになっている。スリップしている間の摩擦力を一定に保つために、各種の工夫がされている。

(2) 実験結果

コンクリート塊衝突後の状況を写真2、写真3に示す。中間支柱は根元が座屈して前方へ大きく倒れた。写真2の破線は、衝突前のワイヤロープの位置を表している。倒れたことによる頭部の水平変位は、正面から見て左側が 70cm(傾斜角 30°)、右側が 75cm(傾斜角 32°)であった。

端末支柱に固定した柵端金具の中を通して外に出していたワイヤロープは、1段目(最下段)以外は左右で 255~416mm スリップした。全体では 1303mm スリップしている。各ロープのスリップ量を表1に示す。従来の柵端金具を用いた実験では、引付棒の破断やワイヤチャックの楔の緩みでワイヤロープが引き抜けるという問題が発生した。しかし、新しく開発した柵端金具には、変状は全く見られなかった。

表1 柵端金具位置のワイヤロープのスリップ長 (mm)

	左側	右側	計
5段目	201	54	255
4段目	162	122	284
3段目	168	248	416
2段目	176	172	348
1段目	0	0	0
合計	707	596	1,303

表2 吸収エネルギー

部材	エネルギー	備考
柵端金具	65 kJ	柵端金具とワイヤロープの摩擦
金網	2 kJ	鉄道総研の実験を参考にして推定。
中間支柱	13 kJ	支柱の塑性変形
その他	20 kJ	ワイヤロープや地盤の塑性変形など

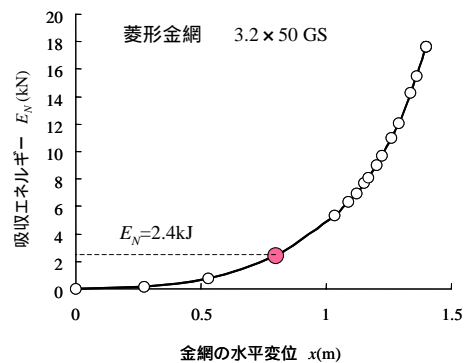


図3 菱形金網の吸収エネルギー

3. 吸収エネルギー

新しく開発した柵端金具を付けることで 100kJ の運動エネルギーを持つ落石を受け止めることができた。その内訳は表2のように推定される。ワイヤロープに 50kN の張力が作用すると、柵端金具の中をワイヤロープがスリップするので、柵端金具の吸収エネルギーは $50\text{kN} \times 1.303\text{m} = 65\text{kJ}$ となる。

鉄道総研の実験による菱形金網の荷重と素変位の関係から、金網の吸収エネルギーを求めると図3が得られる。これより今回の実験による金網の吸収エネルギーを算定すると 2.4kJ となる。設計の実務では 25kJ が用いられているが、実際には 1/10 以下になる。

4. 結論

実験に使用した防護柵の可能吸収エネルギーを現行の理論式で求めると 54kJ になるが、四国技術事務所が行った実験では 23kJ で重錘が金網を突き破っている。今回の実験と同様の条件で過去に 2 回実験を行っているが、1 回目は端末支柱が破壊し、2 回目は柵端金具が破損している。新しく開発したダンパー付き柵端金具を使用することで、従来型防護柵のエネルギー吸収性能を数倍に改善できることを確認できた。

[参考文献] 村石尚, 杉山友康, 佐溝昌彦, 安藤和幸: 静的荷重下における落石防護ネットの変形特性, 土木学会論文集, No.693/ -53, pp95-103, 2001.12