

## 地盤に設置した新型落石防護柵の落石衝撃時の荷重伝搬過程

(財)鉄道総合技術研究所 (正)大畑 和弘 (正)佐溝 昌彦 (正)細岡 生也  
(正)村石 尚 (正)杉山 友康

### 1. はじめに

落石対策の一つである落石防護柵は線路際対策として広く一般的に施工されているが、設置空間が制約された山間線区等では施工性や経済性の面で課題が残されている。また、列車の運行に影響を及ぼす落石は、落石エネルギーが比較的小規模なものが多い<sup>1)</sup>。このような背景のもと、筆者らは簡易型落石防護柵（以下、防護柵）を開発する目的で実物大衝撃荷重載荷実験<sup>2)3)</sup>を実施した。本稿ではその実験結果の一部から防護柵への落石（重錘）衝撃時の荷重伝搬過程について述べる。

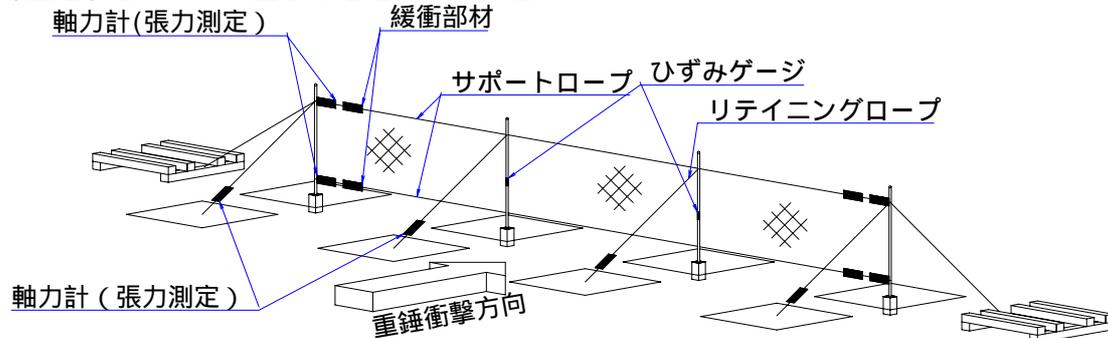


図1 防護柵概略図

### 2. 実験の概要

#### (1) 実験装置と実験方法

本実験では防護柵を崖錐などの地盤に設置することを想定した。実験方法はこれまでの実験<sup>2)3)</sup>と同様である。防護柵の設置地盤は、クラッシャーラン（40～0 mm）に置き換えたものを使用した。リテイニングロープ（以下、リテイニング）の接続には万能型簡易打ち込み式地中錨（以下、簡易アンカー）を用いた。

防護柵の構成部材はひし形金網よりも変形性能のよい伸長ネット（目あい 30mm，線径 2.6mm），鋼管（STK400 60.5mm t=3.2mm l=3,300mm 支柱），ワイヤロープ（JIS G3525 G/O 6×24 10mm），コンクリートブロック（180×180×450 支柱基礎），緩衝部材（コイルバネ型）であり，寸法は幅 15,000mm，高さ 2,000mm で 4 本の支柱により 3 スパンの構成である。図 1 に防護柵の概略図を示す。

#### (2) 計測項目と計測位置

計測項目は、重錘速度、ワイヤロープの張力、支柱の軸力、および伸長ネットの変形挙動である。

重錘速度は、ネットの手前に設置した 2 組の光電センサ間の通過時間から算出した。

#### (3) 基礎地盤

以下に防護柵を設置する地盤の構築方法を述べる。

- ・防護柵基礎 8 箇所の地盤を深さ 1,200 mm 程度掘削する。
- ・各層 300 mm 撒き出しで転圧する。1～3 層目は振動プレート，4 層目（表層）は軽量ランマーを使用した。
- ・転圧終了時に各層 5 測点（四隅，中央）で RI 水分密度測定器を使用して地盤の乾燥密度，含水比，および締固め度を測定する。
- ・各地盤表面の 1 測点で簡易貫入試験を実施し，Nc を測定する。

表 1 に RI 水分密度測定器および簡易貫入試験の測定結果を示す。

表 1 地盤計測データ

	計測データ (平均値)	標準偏差
乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.904	0.080
含水比 (%)	4.89	0.81
締固め度 (%)	87.1	0.9
Nc	11.30	1.89

### 3. 実験結果

#### (1) 実験条件

転落高さ：中段（鉛直高さ 15.2m）

重錘：直径 800 mm，質量 7.15kN

重錘の衝撃位置は図 1 中の支柱 と の中間で，高さはネットのほぼ中心である。

#### (2) 重錘の転落速度

光電センサ間の通過時間を基に算出した重錘の転落速度は  $v = 13.8\text{m/s}$  であった。

#### (3) 重錘衝突後のワイヤロープの挙動

各部材の番号は重錘転落方向右側から ， ， ， の順である。

キーワード：崖錐斜面 / 落石防護柵 / 衝撃荷重

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7263 FAX042-573-7398

#### (4) 荷重の伝搬過程

防護柵の中心から左側の各部材に作用した張力または荷重およびネット変位量の経時変化を図2に示す。時間軸（x軸）は重錘がネットに衝突した瞬間を0とした。図2からわかるとおり、各部材は重錘衝撃後約0.2秒までの間に反応し、その後約0.2秒までの間に最大張力に達した。図中の縦線は伸長ネットの伸び量が最大値に達した時間である。各部材は伸長ネットの伸び量が最大値到達前0.04秒から到達後の0.01秒までの0.05秒間に張力がピークに達していることがわかる。

表2に防護柵構成部材の反応開始時刻と最大値到達時刻を示した。最初に反応を開始した上部サポート右側から最後に反応を開始したリテイニング4までの時間差は約0.19秒である。また、反応開始順位からわかるとおり、重錘の運動エネルギーはネットから上部サポート、下部サポートへと伝搬し、支柱に伝搬して支柱を前方へ倒そうとする力がリテイニングに作用した。

一方、最大張力に達した順位は反応開始順位とは異なる結果になり、各部材ごとにばらつきが見られた。また、反応開始から最大値に達するまでに要した時間も0.1秒～0.3秒でばらつきがあった。

#### 4. おわりに

落石エネルギーが比較的小規模な落石を対象とした防護柵の開発にあたり、防護柵を崖錐斜面へ設置することを想定した条件下での衝撃荷重実験を実施し、防護柵を構成する各部材の挙動を確認するとともに、荷重の伝搬過程に関する知見を得ることができた。

なお、本研究は国土交通省の補助金のもとに、「自然災害制御技術の開発」の一環として進められた。

#### 参考文献

- 1) 奈良他：鉄道における落石災害事例の調査・分析，第34回地盤工学研究発表会，1999.07
- 2) 大畑他：簡易型落石防護柵への衝撃荷重実験と変形挙動，第56回土木学会年次学術講演会，2001.10
- 3) 細岡他：衝撃荷重実験による簡易型落石防護柵の基礎実験，第56回土木学会年次学術講演会，2001.10

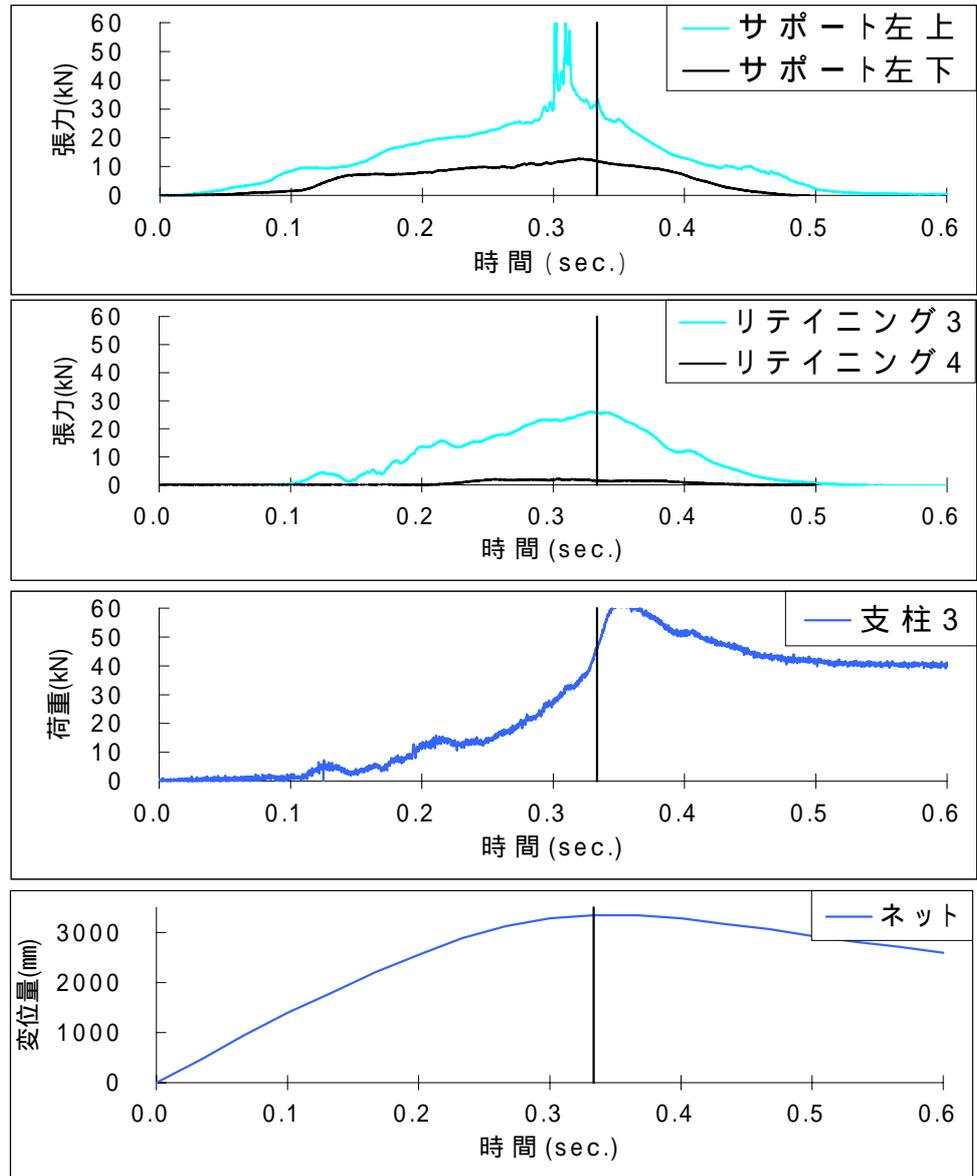


図2 各部材の経時変化

表2 各部材の反応時間

測定位置		反応開始時刻 (sec.)	反応開始順位	最大値到達時刻 (sec.)	最大値到達順位
リテイニング		0.1750	9	0.3400	9
		0.0740	7	0.3078	3
		0.0947	8	0.3283	8
		0.2063	10	0.3050	2
サポート	右上	0.0173	1	0.3272	7
	右下	0.0272	3	0.3232	5
	左下	0.0273	4	0.3190	4
	左上	0.0190	2	0.2932	1
支柱		0.0932	6	0.3442	10
		0.0615	5	0.3233	6