

I-B313 エネルギー吸収型落石防護柵の衝撃挙動に関する実験的研究

J R 東日本安全研究所 正員 田母神宗幸 小林 俊夫
 (株)エイ・シー・デイ 正員○小畑 康隆 正員 藤井 智弘

1. はじめに

本研究の目的は、小規模な落石エネルギーに対して緩衝金具と支柱材等をバランスよく配置することにより、衝撃エネルギーを徐々に吸収し、大きな衝撃力を発生させずに落石を防御する新しいエネルギー吸収機構を有した落石防護工の開発を行うことである。このようなエネルギー吸収機構を有する落石防護柵にとって、緩衝金具単体の性能を明らかにしておく必要があるため、防護柵本体の衝撃実験に先立って緩衝金具単体の衝撃実験を実施し、次の性能特性を確認した。つまり、図1に示すように緩衝金具内の双方のワイヤーロープが逆方向に滑るように配置した場合のワイヤーロープの平均スリップ張力は、**緩衝金具個数 $\times 0.5\text{tf}$** 、一方、平行緩衝金具内の双方のワイヤーロープが同一方向に滑るように配置した場合のワイヤーロープの平均スリップ張力は、**緩衝金具個数 $\times 1.0\text{tf}$** として計算できる。

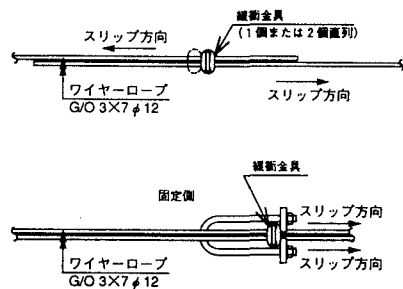


図1 緩衝金具とワイヤーロープの関係

2. 実験供試体

基本構造を図2に示す。本落石防護柵の構造は、①有効柵高： $h=2.00\text{m}$ 、②柱基礎構造：アンカー形式、③支柱間隔： $\ell=10\text{m}$ である。中間支柱には山側控えワイヤーロープ、端支柱には山側控えワイヤーロープおよび側方控えワイヤーロープが設置されており、緩衝金具を取り付けることにより控えワイヤ基礎に大きな力が作用しないようになっている。またネット部分は、スパンごとに上下に1本ずつφ12mmのワイヤーロープを支柱に取り付けた緩衝金具で固定し、そのワイヤーロープに金網を結合コイルで取り付けた構造とし、金網は心線径φ4mmのものを使用した。ワイヤーロープおよび金網の配置は、作用した力が直接支柱に作用しないように、支柱の谷側に配置し、落石エネルギーを柔らかく受け止めるよう金網は支柱間隔に対して1割増しで設置した。

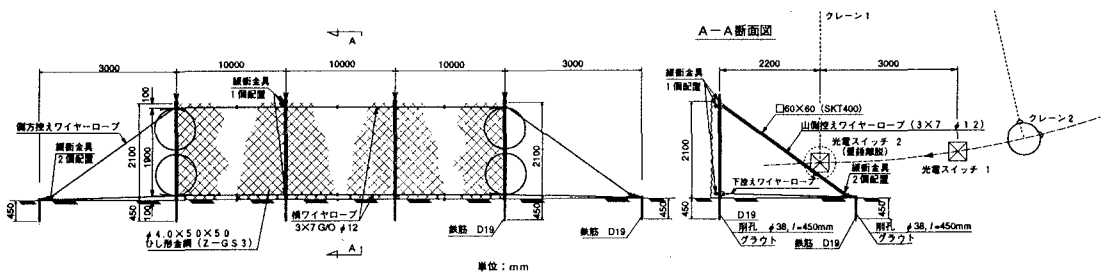


図2 供試体構造図および載荷方法

3. 実験概要

載荷方法は、図2に示すように次の手順で行った。重錘（球形φ72cm、重量0.47tf）をクレーン車で防護柵に対して所定の衝突高さまで吊下げ、他のクレーン車で側方に落下高さまで引上げた後、離脱装置により重錘を離脱させることにより、重錘は円弧を描いて落下する。重錘の運動方向が水平となり、防護柵の所定の衝突高さになった瞬間に、最初に吊下げたクレーン車に取付けた離脱装置が作動して重錘を切離すこと

キーワード：落石防護柵、緩衝金具、スリップ張力、エネルギー吸収

連絡先：〒100 東京都千代田区有楽町2丁目10番1号東京交通会館7階 JR 東日本安全研究所 TEL.(03)3211-1118 FAX.(03)5219-8678

により、所定の運動エネルギーを有する重錘が水平方向に防護柵に衝突する。防護柵の前方には、2箇所に光電スイッチが設置されており、この光電スイッチを重錘が通過することによって、正確な重錘の速度の測定と第2の離脱装置が作動するとともに、測定機器の測定が開始される。このような手順により、防護柵の各種の位置に載荷した。測定項目は、重錘加速度、控えワイヤのひずみ、および重錘が防護柵に衝突するときの挙動を調べるための高速度ビデオとした。

4. 実験結果および考察

図3は、控えワイヤロープに取付けた鋼棒のひずみから求めた控えワイヤロープの張力の経時変化を示している。左右の側方アンカー、および中央スパン両側の山側アンカーの控えワイヤロープには、ほぼ対称に張力が発生している。これらの張力は、最初、側方アンカーの控えワイヤロープに大きい張力が発生するが、山側アンカーの張力は小さい。その後、側方アンカーの張力は一旦小さくなるが再び大きくなり、このときは山側アンカーの張力も大きくなる。また、控えワイヤロープに発生する張力の最大値は、緩衝金具が2個直列に配置されておれば、1.6tf（緩衝金具単体衝撃試験から得られた平均スリップ張力に対する最大スリップ張

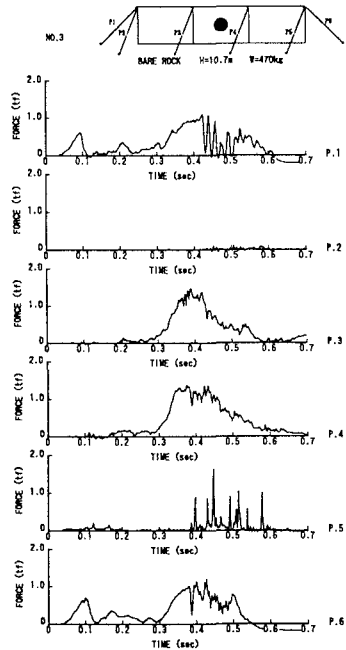


図3 控えワイヤロープ張力の経時変化

力の比が1.6)を超えることはない。これは、緩衝金具の衝撃荷重試験結果に一致している。

表1は、重錘の全運動エネルギーのうち、緩衝金具が吸収したエネルギーとその割合（吸収率）を示したものである。この表から衝突位置 Case1 に衝突した場合には、緩衝金具のエネルギー吸収率は45%以上あるが、衝突位置 Case2,3,4 に衝突した場合には25~40%程度と小さい値になっている。Case5では、緩衝金具のエネルギー吸収率は極めてわず

表1 緩衝金具のエネルギー吸収率

No.	実験番号	地盤種別	衝突位置	落石重量 (tf)	落下高さ (m)	落石エネルギー (tf·m)	吸収エネルギー (tf·m)	吸収率 (%)	落石変位量 (m)
1	R10511-1	岩盤想定	Case1	0.470	10.7	5.029	2.690	53.5	3.498
2	R0511X-1		Case1	0.470	10.7	5.029	2.768	55.0	3.787
3	R10511-2		Case1	0.470	10.7	5.029	2.590	51.5	4.646
4	R30511-1		Case3	0.470	10.7	5.029	1.735	34.5	3.415
5	R20511-1		Case2	0.470	10.7	5.029	2.070	41.2	3.900
6	R50511-1		Case5	0.470	10.7	5.029	0.110	2.2	4.060
7	R40511-1	土砂想定	Case4	0.470	10.7	5.029	1.283	25.5	3.491
8	R10516-3		Case1	0.470	16.0	7.520	3.650	48.5	5.660
9	R50511-2		Case5	0.470	10.7	5.029	支柱に衝突せず失敗		
10	E10511-1		Case1	0.470	10.7	5.029	2.270	45.1	4.667
11	E40511-1		Case4	0.470	10.7	5.029	1.418	28.2	3.847

衝突位置 Case1: センタースパン、スパン中央、欄高1/2
Case2: センタースパン、中間支柱から2m、欄高2/3
Case3: センタースパン、中間支柱から2m、欄高1/3
Case4: 端部スパン、端部支柱から2m、欄高1/2
Case5: 中間支柱直撃

かとなっている。また、緩衝金具で吸収しきれなかったエネルギーは、ネットおよび横ワイヤロープ、控えワイヤロープの弾性変形によって吸収されたものと考えられる。特に、ネットの吸収エネルギーは大きく、衝突位置 Case1 の場合で2.5tf·m程度、衝突位置 Case2, 3, 4 の場合で3.5tf·m程度が期待できるものと考えられる。支柱に衝突した場合には、支柱の塑性変形によるエネルギー吸収が大きかったものと思われる。

5. おわりに

本研究では、比較的小規模な落石、すなわち落石エネルギー5tf·mに耐え得る落石防護柵を試行的に製作し、機能確認試験を行った。その結果、実験に使用した落石防護柵は、軽量部材で構成され、かつ非常に簡易な構造であるにもかかわらず、設計衝撃エネルギーに対して十分な防護機能を有することが確認できた。また、設計エネルギー内であれば、落石防護柵は大破することではなく、補修程度で再利用できる可能性もあることがわかった。なお、設計規模の1.5倍の落石エネルギーに対する実験を行い、落石防護柵の損傷程度は多少大きいものの正常に重錘を停止させることができたことを付け加えておく。