

実物大モデルを用いた重錘衝突載荷実験によるポケット式落石防護網の評価

(株) ライテク 正会員 ○田島 与典

(株) ライテク 岩崎 征夫

金沢大学大学院 正会員 前川 幸次

1. はじめに

我が国で用いられる落石対策工のうち、ポケット式落石防護網（ポケット式ロックネット）は経済性や施工性に優れている反面、落石エネルギー対応能力が 50～200kJ 程度と小さく、適用箇所が限定される¹⁾。このことから、対応能力を高めることができれば、より多くの箇所へ用いることが可能となる。落石防護構造の先進地である欧州では、リングネット工法のように、変形性能に優れたネットやブレーキリングなどの特殊なエネルギー吸収装置を用いて構造体を大きく変形させることで、落石エネルギーの吸収性能を高めた柔構造型の落石防護柵（ロックフェンス）が主流となっている。近年日本でも同様に、エネルギー吸収装置などを構造体に組み込んだ、高エネルギー吸収型の落石防護柵を採用する事例が増えている²⁾。

本研究では、エネルギー吸収装置を装着した高エネルギー吸収型のポケット式落石防護網の性能を評価することを目的として、実物大モデルを用いた重錘衝突載荷実験を行った。

2. 実験概要

ポケット式落石防護網の特性や問題点を検討するために、実物大モデルを用いて、自由落下による重錘衝突載荷実験を行った。図-1は実物大実験供試体の正面図とエネルギー吸収装置、滑車装置を示す。

実験供試体の形状寸法は、ネット高 10m、ネット幅 18m、箇所 B と C（実構造では支柱位置）の間隔は 12m とした。基本構造は、

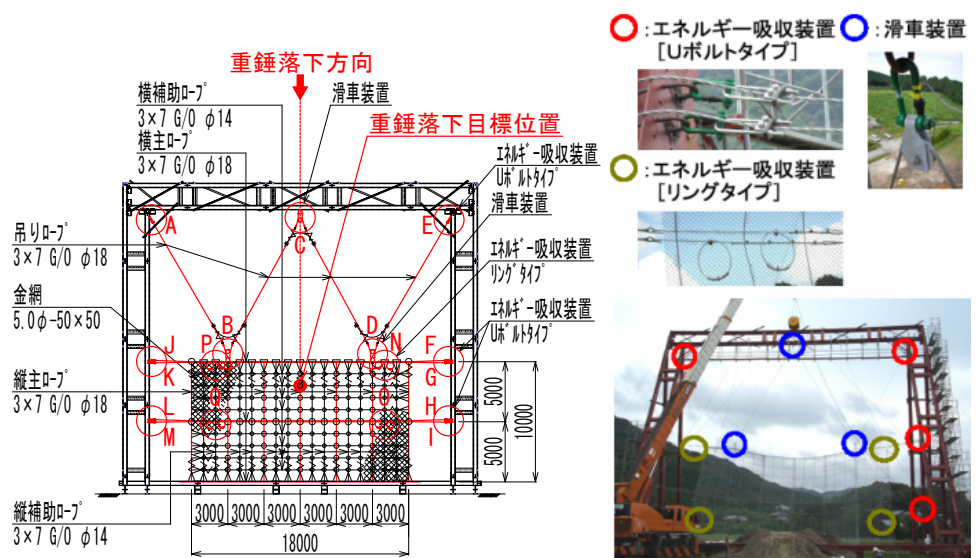


図-1 実物大実験供試体正面図とエネルギー吸収装置、滑車装置

箇所 B, C, D に設けた滑車装置により、落石の衝突時に吊りロープをスムーズに移動させ、負荷を釣り合わせるのと同時に、落石の衝撃力を分散させ構造全体で吸収する仕組みである。エネルギー吸収装置は、箇所 B, C, D 以外の箇所に U ボルトタイプとリングタイプのいずれかの装置を装着することとした。エネルギー吸収装置について、装着時と未装着時の相違を確認するため、装着しない場合を標準型、装着した場合を高エネルギー吸収型として実験を行うこととした。

実験は、エネルギー吸収装置の装着時、未装着時それぞれで、重錘の衝突エネルギーを変化させ、全 6 ケースについて行った。測定項目は、重錘の加速度、横主ロープと吊りロープの張力、エネルギー吸収装置装着時のワイヤロープ滑り長、供試体の変形状況、供試体の変位量とした。なお重錘の落下は、ラフテレーンクレーンで所定の位置で落下高まで引き上げ、エアー式離脱装置を用いて自由落下させる方法とした。

キーワード 落石、落石防護、ポケット式落石防護網、高エネルギー吸収、エネルギー吸収装置

連絡先 〒951-8061 新潟県新潟市中央区西堀通 7 番町 1 5 5 1 番地 日生第 5 ビル 5 階

(株) ライテク新潟事務所 TEL 025-378-8051

3. 実験結果

表－1 は実験結果の概要を示す。No.1 と No.2 はエネルギー吸収装置を装着していない標準型，No.3 以降はエネルギー吸収装置を装着した高エネルギー吸収型の実験である。No.3 以降の実験について，表－2 はエネルギー吸収装置におけるワイヤロープの滑り量を，表－3 はエネルギー吸収装置の平均滑り張力と滑り量を乗じて求めるエネルギー吸収量を示す。

No.2 は標準型の理論計算に基づく適用限界となる衝突エネルギー約 130kJ に設定したケースである。測定結果より，横主ロープ下段右側の箇所 I で発生した最大張力 152.4kN は，ワイヤロープの公称破断強度 157kN に近いことから，適用限界はほぼ妥当と考える。また No.1 と No.2 について，重錘は下段の横主ロープに衝突した直後に回転を始め下方へ誘導されるが，重錘の回転と架台への衝撃が大きい。これは，エネルギー吸収装置を装着しない場合，重錘の衝撃力が構造体から架台へダイレクトに伝達されることが主要因と考える。

No.3 以降はエネルギー吸収装置の効果を検証するための実験であり，衝突エネルギー，横主ロープに装着するエネルギー吸収装置の形式を変えて行った。測定結果より，最大張力はケースによって発生位置が異なるが，44.6kN から 59.9kN の範囲で発生し，衝突エネルギーの大きさとの関連性は見られない。またエネルギー吸収装置を装着しないケースと比較して，ワイヤロープ張力は小さく，重錘の回転や架台への衝撃も小さい。これは，横主ロープに装着したエネルギー吸収装置が，重錘の衝撃力を緩衝しながら衝突エネルギーを吸収したためである。また横主ロープにエネルギー吸収装置を装着することにより，ワイヤロープ張力は衝突エネルギーの大小に関わらず，エネルギー吸収装置の滑り張力に応じて一定範囲内に制御することができる。

表－1 実験結果の概要

実験 No.	構造形式	エネルギー吸収 装置の形式	重錘 質量 M [kg]	落下 高さ H [m]	衝突エネ ルギー E _w [kJ]	重錘の 最大加速度 α _{max} [m/s ²]	重錘の衝突速度		ワイヤロープ の最大張力 T _{max} [kN] (発生位置)	
							理論値 ($\sqrt{2gH}$) V _t [m/s]	実験値 ($\int \alpha dt$) V _a [m/s]		
1	標準型	未装着	1700	6.0	100.0	97.5	10.84	11.69	112.1 (I)	
2				8.0	133.4	100.1	12.52	12.98	152.4 (I)	
3	高エネルギー 吸収型	リングタイプ	2500	7.0	171.6	32.0	11.71	12.81	44.6 (I)	
4				10.0	245.2	53.1	14.00	14.49	53.0 (I)	
5		リングタイプと U ボルトタイプ		15.0	367.7	----	17.15	----	59.9 (D)	
6				20.0	490.3	69.7	19.80	19.56	58.9 (D)	

表－2 エネルギー吸収装置におけるワイヤロープの滑り量

実験 No.	エネルギー吸収装置－リングタイプにおけるワイヤロープの滑り量 [mm]									エネルギー吸収装置－U ボルトタイプにおけるワイヤロープの滑り量 [mm]										
	N-1	N-2	O-1	O-2	P-1	P-2	Q-1	Q-2	Σ_R	A	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Σ_U
3	105	110	100	80	470	460	320	350	1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4		210	200	210	830	815	890	730	4080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	340	170	220	220	85	185	905	710	2835	0	1180	0	0	0	0	940	810	0	0	2930
6	400	360	340	330	210	250	540	340	2770	0	0	0	0	0	0	1120	1080	195	450	2845

表－3 エネルギー吸収装置のエネルギー吸収量

実験 No.	エネルギー吸収量 E_f [kJ]		
	$\Sigma_R \times 28.0^*$	$\Sigma_U \times 30.0^*$	$E_f (E_f/E_w^*)$
3	55.9	-	55.9 (32.6%)
4	114.2	-	114.2 (46.6%)
5	79.4	87.9	167.3 (45.5%)
6	77.6	85.4	163.0 (33.2%)

28.0*, 30.0*: エネルギー吸収装置の平均滑り張力 E_w^* : 表－1 に示す衝突エネルギー

4. まとめ

実験対象としたポケット式落石防護網は，エネルギー吸収装置を装着した場合，網高や設置延長などの条件で異なるが，実験結果に基づく理論計算より，最大 1200kJ 程度の落石エネルギーに適用可能と評価できる。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧，2000 年 6 月，pp.83-96
- 2) 前川幸次，田島与典，岩崎征夫：PE ネットを用いた簡易型落石防護柵の重錘衝突実験，構造工学論文集 Vol.51A，2005 年 3 月