

緩衝金具を付けた落石防護ネットの開発

日本プロテクト株式会社 ○加賀山 肇
株式会社第一コンサルタンツ 右 城 猛
株式会社ロイヤルコンサルタント 筒井 秀樹

1. まえがき

筆者らは緩衝金具を付けた新しい落石防護ネットの研究開発に取り組んでいる。わが国では、落石対策工としてポケット式落石防護ネットが多用されているが、エネルギー吸収性能や耐衝撃性については確認されていない。そこで、ロングスパンタイプのポケット式落石防護ネットを実物大で試作し、全国でも類のない重錘衝突実験（写真-1）を行ったので、その概要と結果について報告する。



写真-1 重錘衝突実験

2. 実験の概要

(1) 実験の目的・方法

本実験の目的は、合理的で適正な落石防護ネットを開発するため、実物大の落石防護ネットに重錘を衝突させ、ネットの挙動、ワイヤロープの張力や緩衝金具の性能などを確認することである。

重錘の質量は、0.5t、0.7t、1.0t、2.0t、2.1tの5種類とした。重錘の底には車輪を付けて、落下高20m、傾斜角度45度に設置したレール上を滑走させてネットに衝突させた。実験装置の概観を図-1に示す。

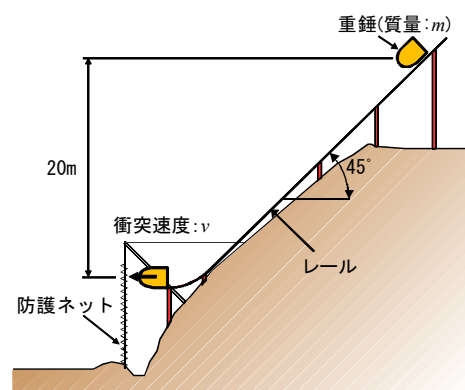


図-1 実験装置の概観

(2) 実験装置

実験に用いた落石防護ネットの形状を図-2に示す。金網は菱形金網、主ロープと吊りロープは装置の規模に応じてφ18～24mm、横ロープと縦ロープはφ18mmのワイヤロープを使用、横ロープの端部には緩衝金具を取り付けている。緩衝金具は、ワイヤロープが降伏するまえに滑り出してエネルギーを吸収する構造になっている。

(3) 計測方法

重錘衝突時のネットの変位は、側面から撮影したビデオ映像によって解析した。ワイヤロープの張力は、ロープ固定端のターンバックルに貼り付けたひずみゲージ（60Ω）により計測した。重錘の衝突速度は、ネットの手前1m区間を重錘が通過する時間を赤外線センサーによって計測することで算出した。

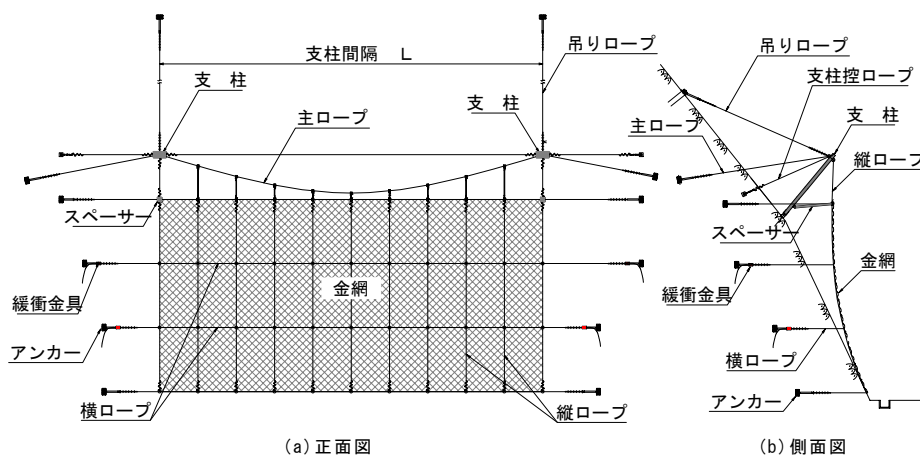


図-2 実験に用いた落石防護ネットの形状

表-1 実験結果

No.	実験日	緩衝金具	ネット横幅	ネット高さ	重錘質量	エネルギー	実験結果
1	2007年12月20日	なし	15m	10m	0.5t	70kJ	アンカーボルト破断
2		なし	15m	10m	0.5t	70kJ	
3		あり	15m	10m	0.7t	100kJ	
4	2008年4月16日	あり	15m	10m	0.7t	100kJ	成功
5	2008年5月27日 (第1回公開実験)	あり	15m	10m	0.7t	100kJ	金網に小傷
6		あり	15m	10m	1.0t	150kJ	金網破損
7	2008年10月10日 (第2回公開実験)	あり	30m	10m	2.0t	380kJ	横ロープ引き抜け 支柱基礎地盤破壊 裾から抜け出し 金網に小傷
8	2008年10月29日	あり	30m	10m	2.0t	380kJ	金網に小傷
9	2008年11月4日	あり	30m	10m	2.1t	400kJ	成功
10	2008年12月8日 (第3回公開実験)	あり	30m	10m	2.1t	400kJ	成功

3. 実験の結果

実験はこれまでに10回行った。このうちの3回は公開実験とした。開発のプロセスを共有していただき、多くの意見を研究開発に反映するためである。実験の条件と結果を表-1にまとめた。実験を繰り返すうちに、これまで妥当と考えられていた理論や性能に様々な問題があることが明らかになった。

(1) アンカーボルトの破断

最初に行った実験では、0.5tの重錘を衝突させたところ、横ロープを地山に固定していたアンカーボルトが衝撃力で破断した。重錘の運動エネルギーは70kJであった。No.3以降の実験では、写真-2に示す緩衝金具を横ロープの端部に装着して行った。

(2) ネットの変形

重錘をネットに衝突させると、写真-3に示すようにネット全体が大きく変形して前後に振動する。No.8の実験では、ネットが前方へ最大5m変位した。幅員に余裕のない道路では、建築限界を侵すことになる。

(3) ワイヤロープの張力

図-3は、No.6の実験で測定された二段目の横ロープ張力の時刻歴である。最大張力は90.3kN以下となっている。緩衝金具を装着したことで、ワイヤロープは降伏する前に（降伏荷重117kN）滑り出すことを確認できた。

(4) 巻き付けグリップの引き抜け

No.7の公開実験では、横ロープを連結していた「巻き付けグリップ」が、横ロープの破断荷重157kNの約1/2である83kNで引き抜けた。巻き付けグリップは、静的荷重に対してはワイヤロープの破断荷重以上の引張耐力があるとされているが、衝撃力に対しては1/2程度の耐力しかないことが明らかになった。

(5) ネット裾部からの転げ出し

重錘の衝突によりネットは全体が変形する。その際に、ネットの裾部が持ち上がり地山との間にすき間ができ、そこから重錘が転げ出した。路肩に余裕のない道路では落石が建築限界を侵すことになる。

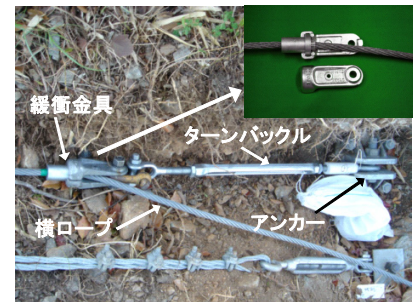


写真-2 緩衝金具

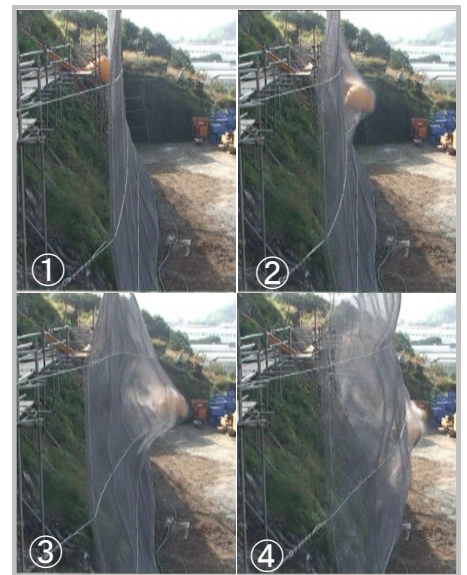


写真-3 ネットの変形

4. おわりに

実物規模の落石防護ネットで重錘衝突実験を行ったところ、従来は想定していなかった問題があることが明らかになった。

現在は、実験計測データの分析を行うとともに、非線形衝撃応答解析用汎用コードLS-DYNAで衝突実験の解析を行っている。落石防護ネットの材料特性や境界条件等を適切にモデル化することにより実験結果を精度良く再現できるようになりつつある。

本研究は、高知県と四国建設弘済会から助成金をいただき、愛媛大学防災情報研究センターとの共同で行っているものである。関係各位には心より感謝する次第である。

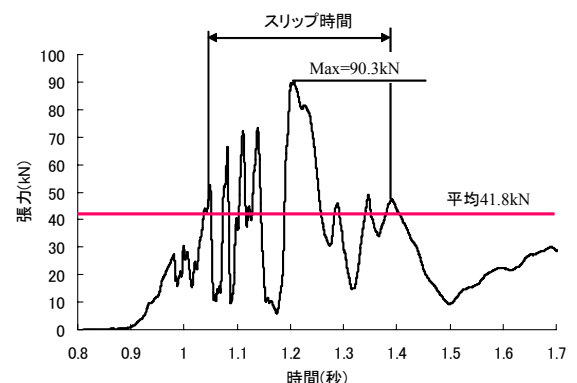


図-3 横ロープ張力の時刻歴