

新しい落石防護ネットの開発

高知県 建設部門

右城 猛

(株)第一コンサルタンツ



1. まえがき

四国では、道路より数10m上方の崖部が崩壊または崖から剥離した岩塊が、斜面をバウンドしながら道路まで落下してきて、通行中の車両を直撃するという事故が度々発生している。落石対策として、ポケット式落石防護ネットを採用するケースが多いが、道路利用者の安全・安心を確保するために従来の落石防護ネットよりもっとエネルギー吸収性能が高く、経済性と信頼性に優れた落石防護ネットを開発することが強く望まれている。

このようなニーズに応えるため高知県の斜面防災工事専門会社、建設コンサルタント会社、地盤工学会四国支部落石対策研究委員会(委員長: 矢田部龍一)、愛媛大学が連携し、信頼性とコストパフォーマンスに優れた新しいタイプの落石防護ネット・ロングスパンを開発した。

2. ロングスパンの構造概要と特徴

ロングスパンの構造を図1に示す。ロング

スパンとは、著者らが研究開発した落石防護ネットの商品名称である。エネルギー吸収性能や経済性を高めるために以下に述べるようないくつかの工夫をしている。

【その1】エネルギー吸収金具を装着

ロングスパンには、横ロープの端部に写真1に示すエネルギー吸収装置を取り付けている。ワイヤロープの張力があらかじめ設定したある大きさに達すると、その張力を保ったままで金具内をワイヤロープがスリップするので、過大な衝撃力が発生することがなく、大きなエネルギーを吸収できる仕組みになっている。このため、落石の衝突でワイヤロープが破断したり、ワイヤロープを地山に固定しているアンカーボルトが破断したりする恐れはない。

【その2】セーフティネットを装着

従来のポケット式落石防護ネットでは、落石がネットに衝突した際に道路側に大きく変形して建築限界を侵したり、ネットの裾から道路にこぼれ出したりして車両の通行に支障を

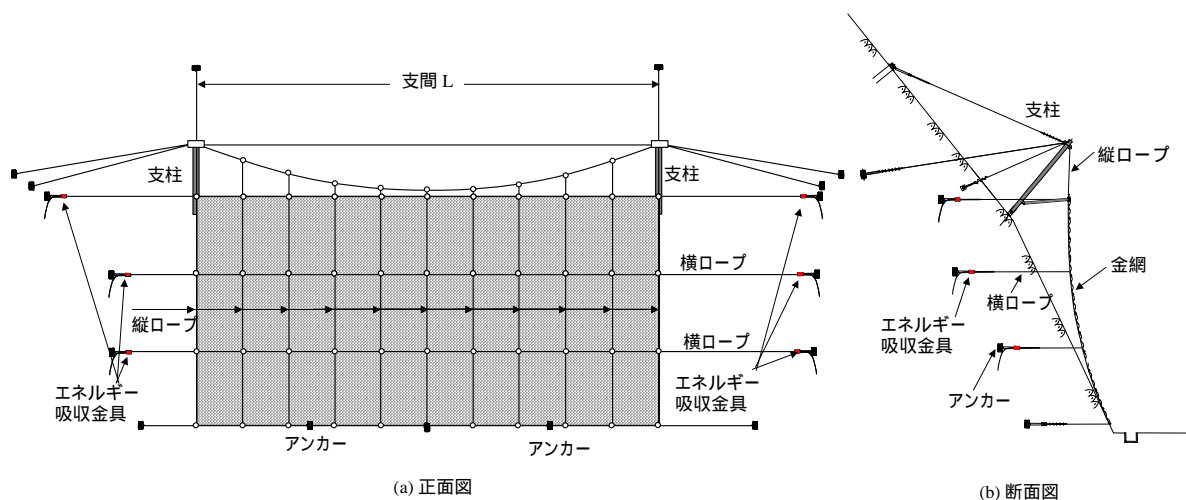


図1 ロングスパンの構造



写真1 エネルギー吸収金具



図2 セーフティネット

及ぼしていた。ロングスパンでは、ネットと背面の地山との間にハンモックのようなセーフティネットを図3に示すように取り付け、落石をキャッチすると共に、ネットの過大な変形を抑制できる構造にしている。

【その3】支柱位置は両端のみ

従来のポケット式落石防護ネットは、3m間隔で複数個の支柱を設置しているが、ロングスパンの支柱は両端のみである。支柱は落石の経路となる沢部を避けるなど地形の状況に応じて、10～30mの間隔で自由に設定することができるので、落石が支柱を直撃したりネットを飛び越えたりする恐れがない。

3. 性能確認実験

(1) 実験の目的

ポケット式落石防護ネットが高知県の土木技師の田中忠夫氏によって考案されてから40年以上経過するが、実物大実験による安全性の検証は行われていない。そこで、落石の衝突によるネットの変形、ワイヤロープの張

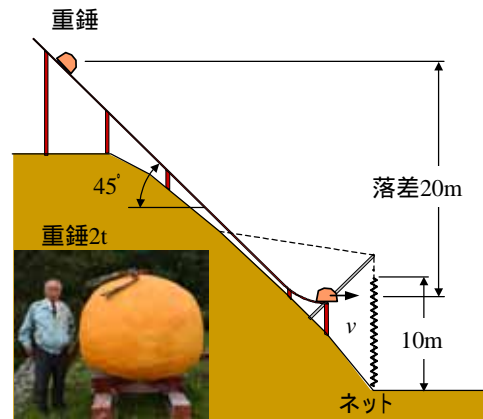


図3 実験装置

力、エネルギー吸収金具の性能などを明らかにすることを目的に、実物大のロングスパンに重錘を衝突させる実験を行った。

(2) 実験装置と実験の方法

実験は、防護ネットの支柱間隔、縦・横ロープ間隔、重錘の運動エネルギーなどの条件を変えて10回行った。そのうちの3回は公開実験とした。実験場所は南国市岡豊町小蓮の田中工業(株)の資材置き場である。

図3に示すようにH形鋼で作ったレールを斜面に傾斜角45度で設置し、レール下端の前方にロングスパンを架設した。

ロングスパンの寸法は、全ての実験で高さは10mであるが、支柱間隔は15mと30mの2タイプとした。縦ロープの間隔は従来のポケット式落石防護ネットと同じ1.5mとその2倍の3mとした。横ロープの間隔は従来のポケット式落石防護ネットと同じ5mと、その半分の2.5mの2タイプとした。

最初に行った0.5tの重錘を用いたエネルギー70kJの実験以外は、横ロープの端部にエネルギー吸収金具を取り付け、張力が50kNに達した時点でエネルギー吸収金具の中を横ロープがスリップしてエネルギーを吸収する仕組みにした。

実験に用いた重錘は0.5t、0.7t、1.0t、2.0t、2.1tの5種類である。重錘の底面には



写真2 第1回目の実験(重錘0.5t, 70kJ)



写真3 第6回目の実験(公開実験)



写真4 第9回目の実験(重錘2.1t, 400kJ)

車輪を取り付けてある。落差20mでレール上を滑走させて落下させ、ロングスパンに衝突させた。衝突速度は16.7~19.5m/sである。

(3) 計測方法

重錘の加速度は、重錘の重心位置に埋め込んだ加速度計で計測した。衝突時の重錘の速度は、レールの先端付近に1.0m間隔に設置した赤外線センサーを重錘が通過する時間を計測することで算出した。ワイヤロープの張力

は、ロープ端部のターンバックルに貼り付けた歪みゲージ(60)より測定した。重錘衝突時のネットの変位は、特殊な変位測定装置と側面からのビデオ撮影から算出した。

(4) 実験結果

実験によって以下のことが明らかになった。

重錘が衝突すると大きな衝撃力が発生する。防護ネットの破損を防ぐには、エネルギーに対する検討だけでなく、衝撃力に対する検討も必要である。エネルギー吸収金具を取り付けずに行った実験では、重錘の運動エネルギーが70kJと小さかったにも関わらずアンカーボルトが破断した。

重錘が衝突すると、写真3に見られるように防護ネットが大きく変形する。1.0tの重錘を17.3m/sで衝突させたときの最大変位量は5mであった。変位を抑制するには、横ロープ間隔を狭くすることや、図2に示したセーフティネットを取り付けるのが有効である。

落石防護ネットの施工では、ワイヤロープの端部を固定するときに「巻き付けグリップ」を使用することがあるが、「巻き付けグリップ」は落石防護ネットのように衝撃力を受ける構造物には適さない。メーカーが保証している荷重の約1/2の張力で横ロープが引き抜けた。

重錘をポケットの中へ取り込んでも、ネットの裾から外へ転がり出す。セーフティネットを取り付ければ、落石が道路に転がり出すのを防ぐことができる。

防護ネットの変位を抑制するには、横ロープ間隔を2.5mにする必要がある。セーフティネットを取り付ければさらに効果がある。

ロングスパンに2.1tの重錘を19.5m/sの速度で衝突させても、金網に塑性変形が残るだけで、ワイヤロープや支柱に損傷は生じず、400kJのエネルギーを吸収できることを確認できた。横ロープにエネルギー吸収金具を取り付けることで、耐衝撃性能とエネルギー吸収性能を大幅に向上させられる。



(a)森林基幹道河口落合線工事(香美市物部)



(b) 国道 195 号防災工事 (香美市物部)



(c)造成地のり面落石対策(須崎市)
写真 5 施工されたロングスパン

4. これまでの成果

ロングスパンは、新技術情報提供システム NETIS に登録されており、既に 7 件の施工実績がある。その一部を写真 5 に紹介する。(a) は発破作業で岩塊が飛散するのを防止する目的でロングスパンが採用された例である。このとき、直径 1.7m の岩塊が落ちてきたがそれを見事に受け止めた。

5. あとがき

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。10 回に及ぶ実験を重ねながら問題点を一つ一つ解決していった結果、400kJ のエネルギーを吸収できる落石防護ネット・ロングスパンを開発できた。

公開実験に参加された方々からは貴重なアドバイスをいろいろと頂いた。ロングスパンの研究開発に際しては、高知県の「頑張る企業総合支援事業費補助金」、社団法人四国建設弘済会の「建設技術開発助成金」を受けている。関係各位に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 右城猛, 西岡南海男, 筒井秀樹, 田中登志夫: エネルギー吸収金具を付けた落石防護ネットの開発, 第 3 回南海地震四国地域学術シンポジウム, 土木学会四国
- 2) 矢田部龍一: 落石防護ネットの開発への取り組み, 大学発産業界行シリーズ(研究成果)探訪, 月刊愛媛ジャーナル, 2009.
- 3) 加賀山肇, 右城猛, 筒井秀樹: 緩衝金具を付けた落石防護ネットの開発, 第 28 回日本道路会議, 日本道路協会, 2009.
- 4) 落石対策技術研究会: ロングスパンポケット式落石防護網工法 計画・設計・施工マニュアル, 2009.