

エネルギー吸収ネットを用いた既設落石防護柵の機能向上に関する現場実験

岐阜大学工学部	正会員	○辻慎一郎
岐阜大学工学部	国際会員	原隆史
岐阜大学工学部	国際会員	八嶋厚
前田工織株式会社	正会員	吉田眞輝

1. はじめに

山間部の多いわが国ではこれまで膨大な落石防護柵が構築されてきた。一般に、支柱、金網、ワイヤーロープで構成される落石防護柵の可能吸収エネルギーは 50kJ 程度（支柱に衝突する場合は 70kJ 程度）であるが¹⁾、落石調査の際に、既設落石防護柵の可能吸収エネルギー以上の落石が発生する恐れのある岩塊が新たに発見されることも少なくない。このため、既設落石防護柵が落石エネルギーに対して機能不足となっている例も多いが、その都度新たな落石防護柵を再構築することは費用の観点から現実的ではなく、合理的な対策工の開発が急務である。本研究では、繊維製のエネルギー吸収ネット²⁾を用いて、既存の落石防護柵を有効に活用し、既設落石防護柵の不足する機能の向上をはかる合理的な対策を提案する。

2. エネルギー吸収ネットを用いた対策工の現場実験

(1) 対策工の概要

本研究で提案するエネルギー吸収ネットを用いた既設落石防護柵の機能向上対策を図-1 に示す。既設落石防護柵の支柱から地山にロープを通して地山に設置したアンカーに接続し、エネルギー吸収ネットを吊下げ、その下端をロープでアンカーに接続する構造である。既設落石防護柵の支柱を活用するため、新たな支柱の設置を必要とせず、安価な対策が可能と考えられる。この対策は、設計落石エネルギーより大きな落石エネルギーが既設落石防護柵に衝突する前に、エネルギー吸収ネットによって落石エネルギーを減衰させて、落石エネルギーを既設落石防護柵の設計エネルギー以下に低下させることを目的としている。エネルギー吸収ネットは、ラッセル編地による衝撃吸収性に優れたネット、格子状に配置したポリエステル製ベルトと伸度 100%のロープで構成される。エネルギー吸収ネット単体で 150kJ の落石エネルギーを吸収できることが確認されている²⁾。

(2) 現場実験

図-1 に示す対策工をモデル化した実物大実験を行った。

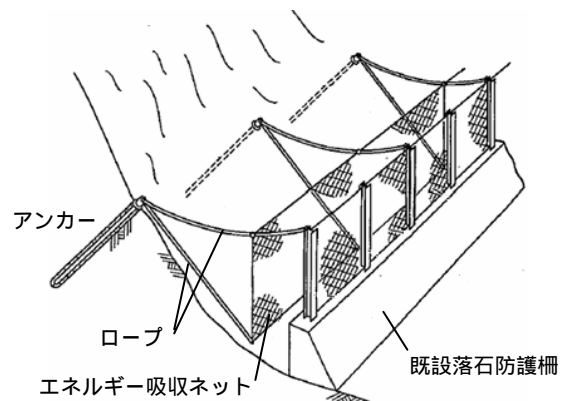


図-1 既設落石防護柵の機能向上対策

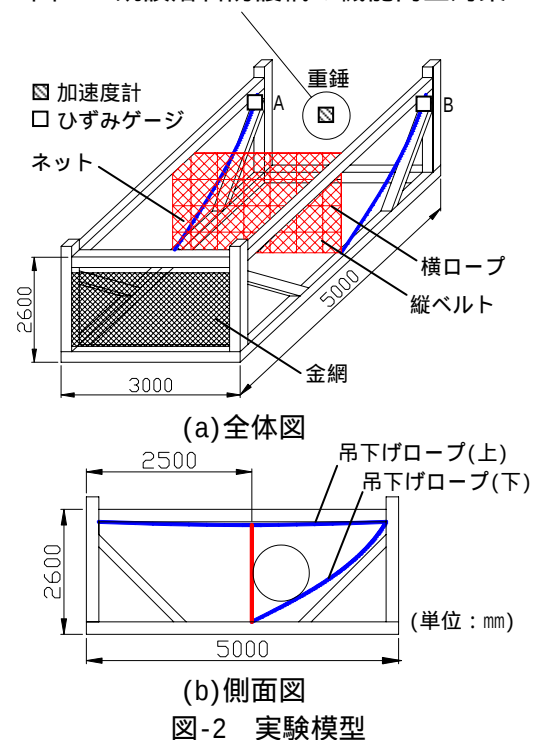


図-2 実験模型



写真-1 対策なし

キーワード 落石、落石防護柵、エネルギー吸収ネット

連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL 058-293-2462

現場実験の概要を図-2 に示す。地山を模擬した構造物を H 型鋼で構築し、前面の 2 本の支柱(スパン:3.0m)に金網(3.2 $\phi \times 50 \times 50$)を取り付け、金網の背面 2.5m の位置にエネルギー吸収ネットを設置した。落石エネルギーの载荷は、直径 90cm、重量 9kN の重錘を用いて 100kJ の落石エネルギーを作用させた。実験は、対策なし(重錘を金網に直接衝突させる)、対策あり(エネルギー吸収ネットを介して重錘を金網に衝突させる)について行った。また、計測項目は、ネットを吊下げるロープに作用する引張力、重錘の衝撃加速度とした。



写真-2 対策あり

表-1 物性定数

	弾性係数 (kN/m^2)	断面積 (m^2)	断面2次 モーメント (m^4)
ネット素線	4.27×10^4	6.36×10^{-5}	-
縦ベルト	5.56×10^5	2.40×10^{-4}	-
横ロープ	2.12×10^5	3.14×10^{-4}	-
吊下げロープ(上)	1.06×10^6	3.14×10^{-4}	-
吊下げロープ(下)	1.50×10^5	3.14×10^{-4}	-
金網素線	1.0×10^8	8.04×10^{-6}	5.15×10^{-12}
H型鋼	2.0×10^8	1.55×10^{-3}	2.34×10^{-7}

(3) 実験結果

重錘が金網に衝突する状況を写真-1, 2 に示す。エネルギー吸収ネットによる対策がない場合、金網は落石エネルギーを吸収できず、重錘は金網を破って前方へ飛び出した。一方、エネルギー吸収ネットによる対策を施した場合、重錘が金網に衝突する前に、ネットを吊下げているロープとネットが大きく伸びることによって落石エネルギーを大きく低減させたため、金網は重錘を捕捉できた。

(4) 現場実験の数値解析

現場実験におけるエネルギー吸収ネットの効果を再現するため、動的衝撃応答解析プログラム LS-DYNA による数値解析を行った。解析に用いる物性定数を表-1 に示す。ネットを構成する素線、格子状に配置したベルトとロープ、ネットを吊下げるロープは引張力のみ抵抗するビーム要素、H 型鋼と金網を構成する素線は通常のビーム要素でモデル化した。ここで、ネットの物性は、ネットのみに重錘を衝突させる実験を別途行い、実際のネットの伸び量に合うように調整した。ネットの変形状況を図-3 に、重錘の衝撃加速度とネットを吊下げているロープに作用する引張力の計測結果と解析結果を図-4 に示す。数値解析で加速度の最大値をほぼ再現できている。重錘はネットによって衝撃力を大きく減衰させてから、金網に衝突していることが分かる。ただし、ロープに作用する引張力は十分に再現できていないため、今後モデル化を検討する必要がある。

3. おわりに

吸収エネルギーが不足する既設落石防護柵にエネルギー吸収ネットを付加することにより、その機能向上をはかる合理的な対策を提案した。今後、設計方法を検討していく。

参考文献 1) 社団法人 日本道路協会: 落石対策便覧, 2000. 2) 吉田眞輝, 小林洋文, 荒川源臣, 奥村久雄: 繊維製ネットおよびロープを使用した落石防護柵の耐衝撃性試験, ジオシンセティックス論文集, Vol.23, pp.113-118, 2008.

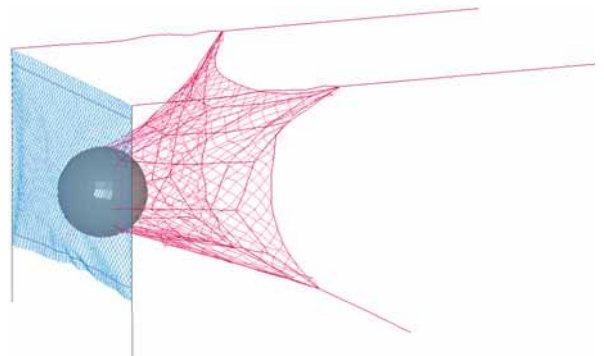
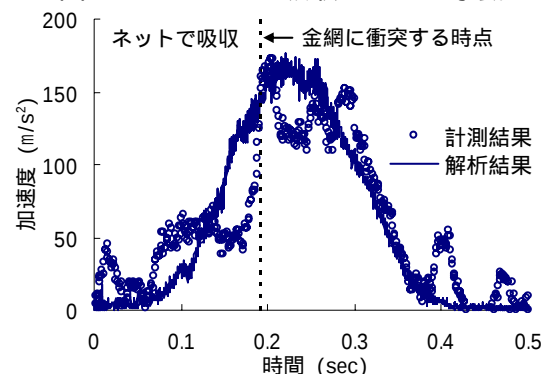
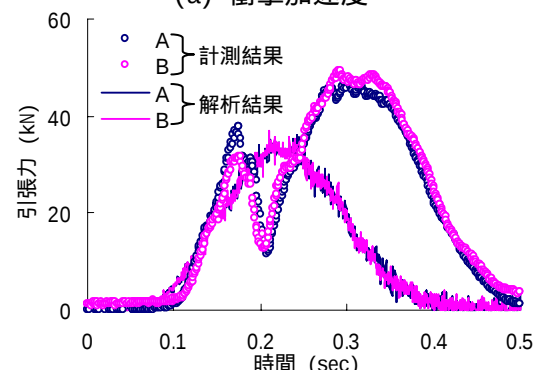


図-3 エネルギー吸収ネットの挙動



(a) 衝撃加速度



(b) ロープに作用する引張力

図-4 計測結果と解析結果の比較