

落石防護柵に用いるネットの衝撃載荷時における変形挙動特性

鉄道総研 正 安藤和幸 正 佐溝昌彦 正 村石 尚 正 杉山友康
日亜鋼業 長谷川真道 前田孝志

1.はじめに

落石対策は、落石から鉄道の安全・安定輸送を確保する上で重要である。対策工の一つである落石止柵は線路際対策として広く一般的に施工されているが、設置空間が制約された山間線区等では施工性や経済性の面で課題が残されている。この様な背景のもと、著者らは落石エネルギーが 100kJ 以下の比較的小規模な落石を対象とする低廉でかつ効果的な落石防護柵を開発している。ここでは従来用いられているひし形金網よりも高い変形性能がある伸長ネット¹⁾の衝撃載荷試験結果について報告する。

なお、本研究は運輸省の補助金のもとに「自然災害制御技術の開発」の一環として進められている。

2.衝撃載荷実験

落石防護工の一つである落石止柵は斜面の最下端または中段に設置され、比較的小規模な落石に対して有効な工法であり、従来ワイヤー・フープ金網式が広く一般的に使用されている。そのワイヤー・フープ金網式は、H 鋼を支柱としてそれにワイヤー・フープと金網を取り付けたもので、それらの許容変位量内で落石エネルギーを吸収できるよう設計されている²⁾。一方、新しく開発する防護柵は、大変形を許容しその構成要素である各部材の塑性域をも考慮した性能を期待しようとするものである。そこで防護柵の基本構成要素の一つであるネットに着目し、従来の落石止柵に用いられているひし形金網と、それに比べて高い変形性能が期待できる伸長ネットについて、落石現象を模擬した衝撃載荷試験を実施し、その変形挙動特性を把握した。

(1)実験ケースと各ネットの緒元

実験に用いたネットの寸法は、鉄道の落石止柵に使用されている、幅 3m、高さ 2m とした。表 1 に各ネットの緒元を、図 1 にネットの構造を示す。一般的な形状であるひし形金網（目あい 50mm、線径 3.2mm）とネットの単位面積当たりの質量がほぼ等しい伸長ネットを実験対象とした。伸長ネットは、素線をスパイラル状に加工した列線をねじ込むように左右を繋ぎ合わせた構造をなしている。

(2)実験方法

ネット両端を実験架台上面に固定し、ネットの上下端にワイヤー・フープ（JIS G 3525 6×24 G/O φ9mm）を通し、その一端を架台に、他端を張力計にワイヤグリップで固定した（図 2）。そのネット中央に落石を模擬した重錘（コンクリート製、φ800mm、質量 750kg）を自由落下させ、衝突後のネットの変位量とワイヤー・フープの張力を測定した。実験は、段階的に重錘の落下高さを上げ、ネットの最大吸収エネルギーを算定するために、ひし形金網が 4 回、伸長ネットが 6 回、計 10 回の試験を実施した。

表 1 ネット緒元

ネット	目あい (mm)	線径 (mm)	材質	単位質量 (kg/m ²)	寸法法(mm)	
					目幅	目長
ひし形金網	50	3.2	GS	2.76	70	80
伸長ネット	30	2.6	GS	2.71	50	67.5

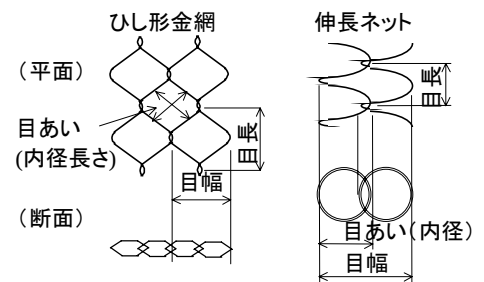


図 1 ネットの構造

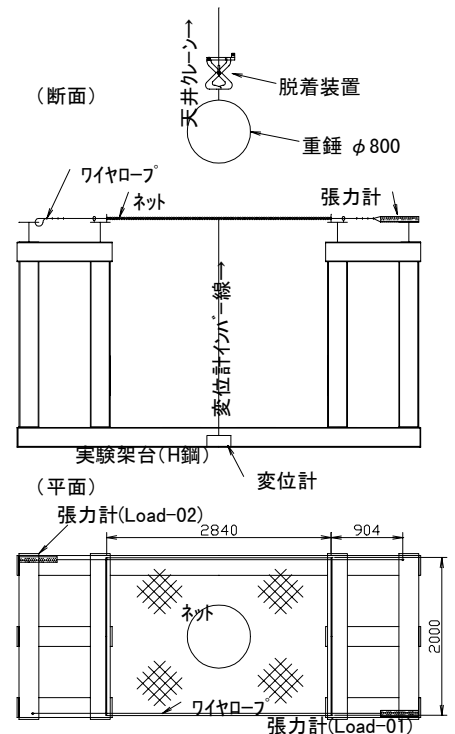


図 2 衝撃実験概要

キーワード：伸長ネット／衝撃載荷実験／衝撃力／吸収エネルギー

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL.042-573-7263 FAX.042-573-7398

3. 実験結果

(1) ワイヤロープの挙動

重錘落下高さが 1.2m の時のひし形金網、伸長ネットに設置したワイヤロープの張力の経時変化を図 3 に示す。重錘がネットに接触した瞬間を、時間 0 とした。凡例の Load-01, 02 はそれぞれ前後の張力計の位置を表す。ひし形金網は Load-02 が、伸長ネットは 01 の張力がピーク後、ゼロになっているがこれはワイヤロープがネット端部付近で破断したことによるものである。張力の最大値は両ネットとも差異は見られないが、最大張力の到達時間に顕著な差が見られる。すなわち、ひし形金網は約 0.19sec であるのに対し伸長ネットは約 0.24sec とひし形金網より遅い。これは伸長ネットの方がひし形金網よりも変形に対する余裕が大きいため、ネットへの衝撃力がネット自身の変形を伴いながら上下端部のワイヤロープへ衝撃荷重が伝達されていると考えられる。そこで全ケースについて最大張力とその到達時間との関係を図 4 に示す。両ネットについてワイヤロープの破断の有無別にプロットし、図中の直線はそれぞれの平均荷重速度（最大張力を最大張力到達時間で割った値(kN/sec)）の平均値を示す。凡例の「ワイヤ○」、「ワイヤ×」とはそれぞれワイヤロープが破断しなかったケース、破断したケースを表す。破断しなかったケースと比較するとひし形金網より伸長ネットの方が平均荷重速度が約 70%小さく、すなわちワイヤロープに作用する衝撃荷重が小さいことが分かる。

(2) 吸収エネルギーの比較

ネットの吸収エネルギーと変位量の関係を図 5 に示す。ここでの吸収エネルギーは、重錘重量と落下高さの積、すなわちネットが重錘を補足したときの重錘の位置エネルギーと等しい。図にプロットした結果は、いずれも重錘を補足することができたケースを示している。落下高さを上げるにつれて、ワイヤロープの破断やネットの損傷が顕著となる。最終的にネットの支持部付近と重錘の接触面の破断・破損状態から、各ネットの最大吸収エネルギーを推定すると、ひし形金網は約 26kJ で伸長ネットは約 32kJ である。

4. おわりに

落石エネルギーが 100kJ 以下の比較的小規模な落石を対象とした新型落石防護柵の開発にあたり、その基本構成要素の一つであるネットに着目し、従来用いられているひし形金網とそれに比して高い変形性能が期待できる伸長ネットについて衝撃载荷試験を実施した。その結果、ネットを支持するワイヤロープに作用する衝撃荷重はひし形金網より伸長ネットの方が低減でき、最大吸収エネルギーも伸長ネットの方が約 1.2 倍大きいことが分かった。

参考文献

- 1) 安藤他：落石防護ネットの静的载荷時の変形挙動，鉄道連合シンポジウム(J-RAIL'99)，1999.12.
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所：落石対策技術マニュアル，1999.03.

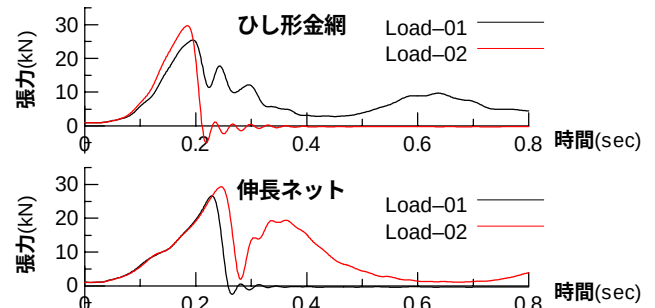


図 3 ワイヤロープ張力の経時変化

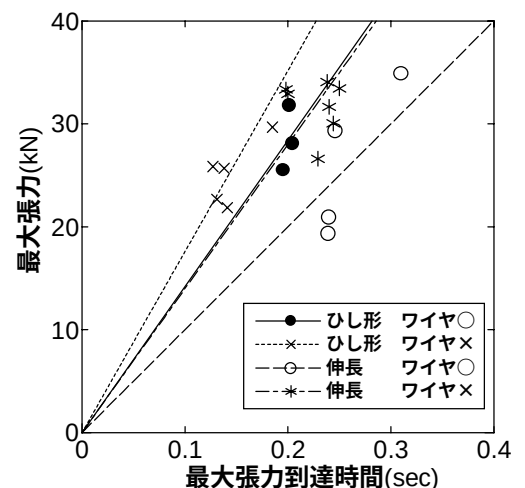


図 4 ワイヤロープ最大張力

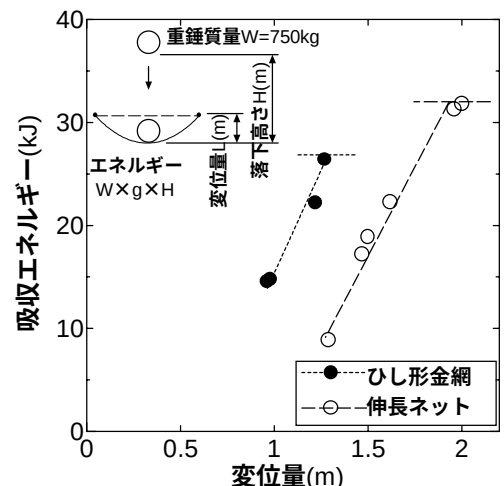


図 5 吸収エネルギー