

落石防護柵のワイヤロープ用緩衝装置とその効果

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

1. はじめに

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^{1),2)}。その一環として新型防護柵への衝撃力を緩和しワイロープの破断を防ぐための緩衝装置について衝撃載荷実験を実施した。ここではその挙動ならびに効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. 緩衝装置の基本仕様

従来落石止柵に用いられているひし形金網より高いエネルギー吸収能力がある伸長ネットを新型防護柵に用いる場合、ネットを支持する上下端のワイロープが伸長ネットの高い変形性能に追従できず破断することが分かった²⁾。そこでワイロープの破断防止と落石の衝撃力を緩和できる緩衝装置の検討を行った。緩衝装置については数種提案されており、実験によりその性能が確認されている。リングネット工法³⁾に用いられているブレーキリングと呼ばれる緩衝装置は、リング状に加工した鋼製チューブの中にワイロープを通し、ワイロープに作用する衝撃引張力を鋼製チューブの変形にて低減する効果がある。すべり治具タイプの緩衝装置⁴⁾の例として、ワイロープを2本重ねて定着具で締め付け、ワイロープにある一定以上の張力が作用すると滑りが発生する機構を有するものがあり、圧着面の滑りによってエネルギーを吸収することができる。しかし、これらの緩衝装置は対象とする落石のエネルギーが 100kJ 以上であり装置自体も大きいため、著者らが開発している新型防護柵には適さない。そこで、ワイロープの伸長量を確保し、衝撃力を低減できる、新しい緩衝装置を試作した。それらの概要を図1に示す。Type-A はコイルバネで両端のフックにワイロープを通したもので、衝撃力をバネの弾性・塑性変形による低減効果を期待する。Type-B は鋼管の中にワイヤフックが付いたロッドを挿入し、長円状のロッドの中に鋼管を貫くようにボルトを差し込む構造である。ワイヤフックに取り付けたワイロープに張力が作用すると、ロッドがボルトを順次せん断破壊することで衝撃力を低減する効果を期待した。Type-C はループさせたワイロープを緩衝材料にて覆い、張力が作用するとその緩衝材料を破壊し、ワイロープのループ部分が伸長する構造をなす。今回は緩衝材料に丸外を用いた。3種類の緩衝装置は、ある一定の静的荷重が作用すると緩衝装置が変形するように設計し、伸長量を最大約 60cm とした。

3. 実験方法

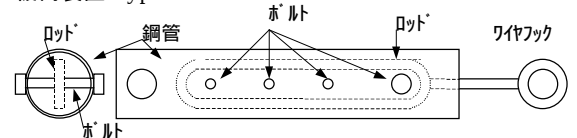
伸長ネット両端を実験架台上面に固定し、ネットの上下端にワイロープ (JIS G 3525 6×24 G/O φ9mm) を通し、その端部を架台に設置した緩衝装置ならびに張力計にワイヤグリッで固定した (図2)。そのネット中央に落石を模擬した重錘を自由落下させ、衝撃後のネットの変位量とワイロープの張力を測定した。実験は、段階的に重錘の落

キーワード：緩衝装置 / 伸長ネット / 衝撃載荷実験 / 衝撃力

緩衝装置 Type-A



緩衝装置 Type-B



緩衝装置 Type-C

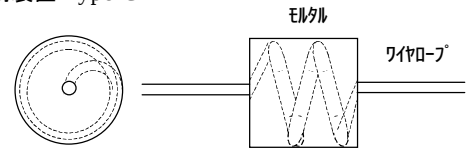


図1 緩衝装置概要

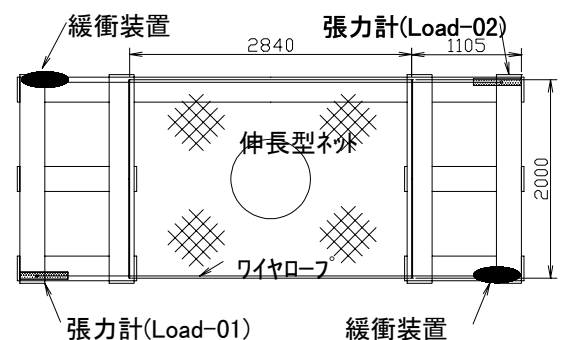


図2 緩衝装置配置図

下高さを上げ、緩衝装置 Type-A が 5 回、Type-B が 4 回、Type-C が 5 回、計 14 回の試験を実施した。
4. 実験結果

重錘落下高さが 1.27m の時のワイロープのみと緩衝装置 A～C を設置したワイロープの張力と変位の経時変化を図 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。緩衝装置が無い場合は片側のワイロープが破断したが、緩衝装置を設置した場合、いずれの場合もワイロープの破断は認められなかった。Type-A は直線的に張力が増加するのに対して、B, C は段階的に増加している。Type-B はネットがボルトをせん断破壊するたびに張力の変化があり、C はネットの脆性破壊によって張力の変化が認められた。

次に全ケースについてワイロープに作用した最大張力とその到達時間を整理したものを図 4 に示す。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。これから緩衝装置を配置することで平均荷重速度が小さくなり、すなわちワイロープに作用する衝撃荷重を低減できることが分かる。緩衝装置別では低減効果がある順に、Type-C, A, B となる。

次に緩衝装置が伸長ネットに及ぼす影響を検討するために、横軸にワイロープの最大張力到達時間を、縦軸にネット中央の最大変位時の時間をプロットしたものを図 5 に示す。最大変位時は重錘が瞬間的に静止しており、落石エネルギーを全て防護柵で吸収したと考えられる。ワイロープの最大張力とネットの最大変位量の到達時間が同じであれば、伸長ネットと緩衝装置の組み合わせが理想的な状態であると考えられるが、Type-C の場合、ワイロープの方がネットの最大変位より早く最大張力に達するため、それ以降ネットの方に衝撃荷重が生じることになる。伸長ネットへの負荷は Type-A, B が小さく両者に有意差はなく、それらよりも Type-C が大きい。

5. おわりに

衝撃力を緩和しワイロープの破断を防ぐための緩衝装置について衝撃載荷実験を実施し、その挙動ならびに効果について検討した。今後は緩衝装置と伸長ネットの最適な組み合わせ、ならびに柵構造全体について検討し、低廉で効果的な落石防護柵の開発を進めていく。
参考文献 1) 安藤他：落石防護ネットの静的載荷時の変形挙動，鉄道連合シンポジウム(J-RAIL'99)，1999.12. 2) 安藤他：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，第 55 回土木学会年次学術講演会，2000.09. 3) 村石他：エネルギー吸収型の落石防護柵，鉄道総研報告，Vol12 No.12, pp35-40，1998.12. 4) 柴田他：高エネルギー吸収落石防護柵の開発について，日本道路会議論文集，1993.10.

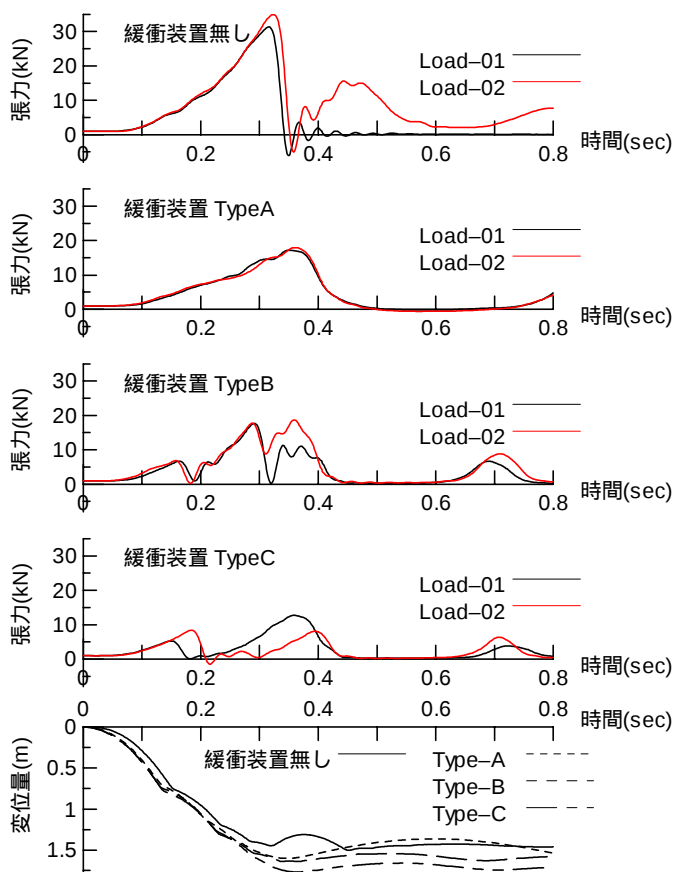


図 3 ワイロープ 張力の経時変化

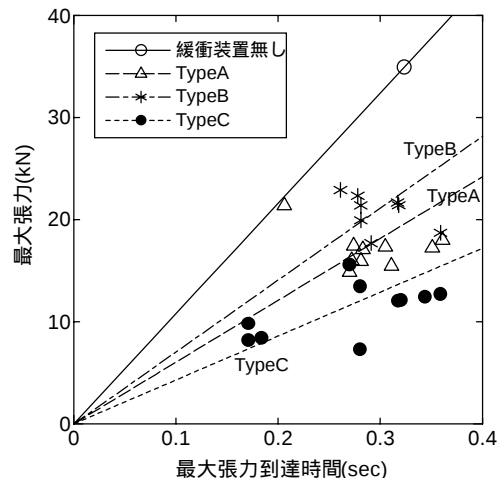


図 4 ワイロープ 最大張力

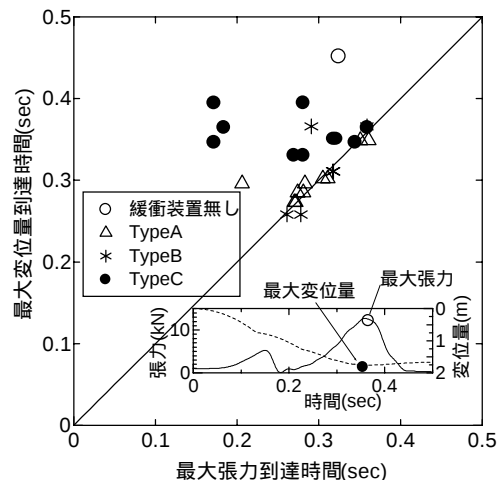


図 5 ネット最大変位とワイロープ 最大張力到達時間