

I - B181

柔構造落石防護柵の衝撃性能確認実験

（財）鉄道総合技術研究所 正員 加藤千典 正員 村石 尚  
東亜グラウト工業(株) 下条 和史

1.はじめに

近年、従来の落石防護柵に比べて高いエネルギー吸収性能を持つものが開発、実用化されている<sup>1)</sup>。これらのものの中から高耐力の鋼製網を用いたタイプのものについて、その性能を確認するため実物大の柵体に落石を模擬した岩塊を衝突させて、柵体の持つエネルギー吸収性能の確認実験を行ったので報告する。

2.実験柵の特徴と概要

本落石防護柵（以下、リングネット柵）の概要を図1に示す。各部材の構造と主な特徴を列挙する。

- (1) 主要部材であるネットはリングネットと呼ばれ、鋼線を環状に巻いたものを互いに組み付けたものであり、落石衝撃を受けたネットは環同士の接点で互いに引き合い、環が弾塑性変形をしながら岩塊を捕捉する。
- (2) 支柱は H 型鋼を用い、落石エネルギーを吸収する柵の主部材はワイヤによって構成され、支柱はこれらのワイヤを懸架し、主として柵としての形状を保つために用いる。
- (3) 防護柵を構成する上下のワイヤおよび、支柱の頭部から斜面に張られた控えワイヤロープ（リテイニングワイヤ）にはそれぞれ環形の衝撃緩衝装置が取り付けられ、この環の収縮により発生する摩擦によって、エネルギーを吸収する。

従来のワイヤロープ金網式の落石防護柵では、柵の使用限界として落石により支柱が曲がり発生する塑性ヒンジ点の折れ角を上限 15 度とした場合の、ワイヤロープ、支柱の吸収エネルギー、および金網の吸収エネルギーそれぞれを合算したものが、柵全体の全吸収可能エネルギーと仮定している。このように従来柵ではモデルをもとにした論理構成がなされているのに対して、リングネット防護柵では構造が柔軟でありモデル化が困難であることから、実証実験を繰り返すことで部材の選定、配置が行われている。

さらに、落石防護柵の最終的機能として落下運動する岩塊を停止できれば、防護機能が発揮されたものとみなし、個々の部品の破壊については構造破壊とは見なさないという点で、これまでのものとは別概念のものといえる。そこで、柔構造柵の例としてリングネット防護柵をとりあげ、実物規模の防護柵を試験体によって主要部材に作用する衝撃力および柵の変形特性を調べることにした。

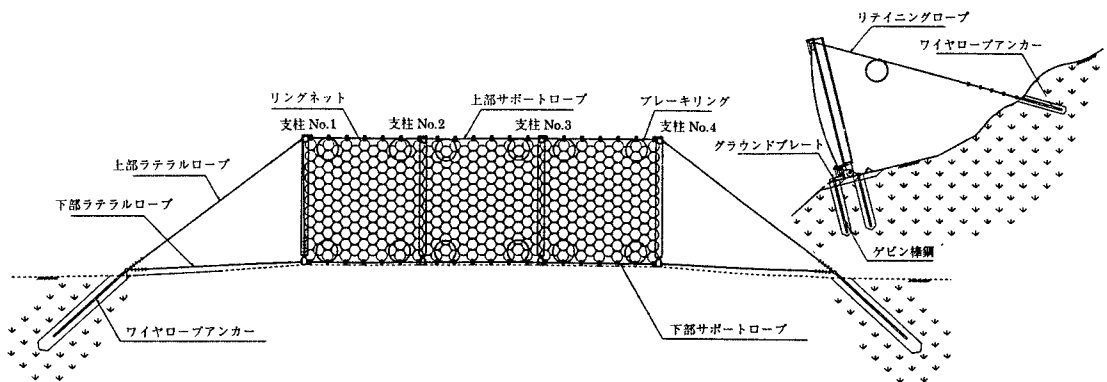


図1 リングネット柵の概要図

キーワード：落石防護／柔構造／載荷速度／現地実験

（財）鉄道総合技術研究所 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7265 FAX042-573-7398  
東亜グラウト工業(株) 〒135-0000 東京都江東区木場 3-7-11 TEL03-3630-1171 FAX03-3630-1160

### 3.実験方法

実験は碎石工場内の斜面を利用して実物大のリングネット柵を設置し、岩塊を所定の高さまで150トン・クレーンで吊り上げ、自動着脱装置により岩塊を解放し、自由落下させて柵に衝突させる方法とした。実験で使用した柵は、H鋼支柱を4本使用した3スパンの柵体である。

### 4.実験結果

本実験柵は柔構造であることに大きな特徴があり、そのことにより、リテイニングロープのアンカーに作用する衝撃的な張力のピーク値を軽減していると考えられる。このため、リテイニングロープに作用する張力を、重錘の柵への衝突時から停止まで測定した。リテイニングロープはロープ径20mm、破断荷重235kN(DIN 3064 6×36Warrington Seale with Steel Core)のものを使用した。図2は岩塊の衝突エネルギー294, 480, 392, 98および882kJで中央のスパンに衝突させたときのリテイニングロープに作用した張力の最大値を示したものである。ロープの番号は斜面に向かって左からNo.1~No.4とした。岩塊の衝突エネルギーが大きくなるに従い、ラテラルロープに作用する張力も大きくなるが、最大でも140kN程度であった。一方、アンカーに衝撃的な荷重を加えて破壊させる「衝撃引抜き試験」<sup>2)</sup>で、ワイヤ単体に直接重錘の落下エネルギーを作用させた場合に発生する張力は、鋼製重錘の衝突エネルギーが20kJ程度でも234.2kNとなった。

図3は岩塊重量21.5kN、落下高18.3m、衝突エネルギー393.5kJで実物大実験を行ったときのリテイニングロープNo.2に作用した張力と、前述の衝撃引抜き試験でワイヤに作用した張力の経時変化を示したものである。衝撃引抜き試験では最大発生張力は前述の通り234.2kNで、荷重増加速度は2518.6kN/sであった。実物大実験では最大発生張力は83.3kNで荷重増加速度441kN/sである。

### 5.考察

実物大実験で衝突エネルギーが393.5kJの場合、リテイニングロープを介してアンカーに作用した張力の荷重増加速度は最大で441kN/sであった。しかも、最大発生張力は85kN程度である。衝撃引抜き試験の結果は衝突エネルギーが20kJ程度でも荷重増加速度が2518.6kN/s、最大発生張力が234.2kNであったことを考慮すると、作用時間は約1.5倍と長くなっているものの、最大張力、荷重増加速度において実物大試験のほうが著しく小さい。この現象はリングネットそのもののエネルギー吸収、分散効果によって柵全体に衝撃エネルギーが分散され、その結果、各リテイニングロープまで作用する力が減少したこと、および、実物のリテイニングロープには衝撃緩衝装置が付加されるためと考える。

### 6.今後の課題

リングネット柵は主要部材のほとんどをワイヤで構成し、その端末はワイヤロープアンカーに定着されるため、最終的には柵の性能はアンカーや支柱固定部のパイル等の強度に依存するところが多い。したがって砂礫、崖錐など各種の地盤条件で衝撃力を受けるアンカー等の実験と検証を行う必要がある。

### 参考文献

- 1)W.Gerber: Modern Structures against Rockfall, Interpreavent, 1996-Garmish-Partenkirchen.
- 2)加藤ほか: エネルギー吸収型落石防護柵の衝撃性能確認実験, 日本応用地質学会研究発表会, 1997

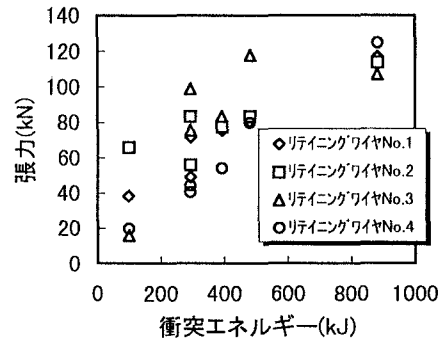


図2 リテイニングロープに作用する張力

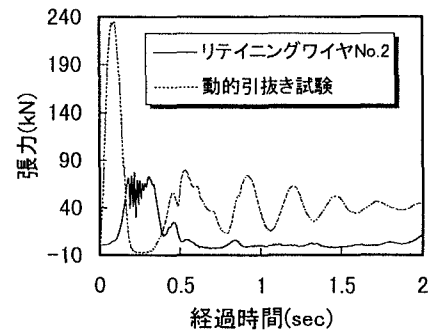


図3 張力の経時変化