

## ベースプレート式落石防護柵の重錘衝撃実験

Drop-weight impact loading tests of rockfall protection fence with base plates

(国研)土木研究所寒地土木研究所 ○正員 中村 拓郎 (Takuro Nakamura)

(国研)土木研究所寒地土木研究所 正員 今野 久志 (Hisashi Konno)

東京製綱株式会社 正員 高橋 利延 (Toshinobu Takahashi)

室蘭工業大学大学院 正員 小室 雅人 (Masato Komuro)

室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光 (Norimitsu Kishi)

## 1. はじめに

膨大な数の既設の防護柵を効率的に維持管理していくためには、劣化や損傷状況に応じた適切な補修・補強方法を検討する必要がある。北海道における落石防護施設の損傷調査の結果、従来型落石防護柵では、ワイヤロープの腐食や変形、金網の破網に加えて、支柱の腐食や変形も確認されている<sup>1)</sup>。従来型落石防護柵の支柱は、一般的に、地中コンクリート基礎やコンクリート製擁壁に埋め込まれている。このため、劣化あるいは損傷した支柱を取替える際には、コンクリート基礎工が必要となる。一方、支柱をアンカーボルトで固定するベースプレート式支柱を用いる場合には、コンクリート掘削等が不要となり、供用環境等によっては、工期の短縮等も期待できる。ただし、従来型落石防護柵における落石捕捉時の特徴である支柱が塑性変形するまでの荷重に、アンカー等が耐えられなければならない。本研究では、ベースプレート式の支柱を有する従来型落石防護柵の耐衝撃性能を確認することを目的に、実規模試験体を用いた重錘衝突実験を実施した。

## 2. 実験概要

実験は、図-1 に示すように、振り子式で重錘を試験体に衝突させることで行った。門型フレームに吊り下げた重錘をトラッククレーンによって所定の高さまで吊り上げてから落下させ、試験体に衝突する際に重錘を吊り下げロープから切り離すことにより衝撃荷重を载荷させた。重錘には、円筒型の直径 0.5m、長さ 0.62m で先端が丸みを帯びた 890kg の鋼製重錘を用いた。試験体は、埋め込み式とベースプレート式の2種類の従来型落石防護柵とし、柵高さ 2m、支柱間隔 3m、延長 9m の実規模試験体とした。重錘の衝突位置は、中央スパンの高さ 1.4m の位置とした。また、重錘の落下高さは、落石対

策便覧<sup>2)</sup>の慣用設計法に準じて算定した試験体の可能吸収エネルギー52.2kJと重錘の衝突エネルギーが同程度となるように、重錘作用位置から 6.0m の高さとした。

図-2 に試験体の概要を示す。端末支柱および中間支柱は H 形鋼 (SS400 材) とし、支柱間隔 3m で設置した。控え材は溝形鋼 (SS400 材) とし、1 本の端末支柱に対して挟み込むように 2 本設置した。なお、ベースプレート式の試験体では、根入れ深さ 300mm とした D25 (M24) のアンカーボルト 4 本で 1 本の支柱をコンクリート基礎に固定している。間隔保持材は平板 (SS400 材) とし、各スパンの中央に配置した。阻止面は 300mm 間隔で配置した 7 本のワイヤロープと金網によって構成した。金網には線径 3.2mm、網目寸法 50×50mm のひし形金網を用いた。ワイヤロープの径は 18mm であり、ソケット式の索端金具を介して端末支柱に固定した。なお、片方の索端金具は、ワイヤロープの張力を測定するために引付棒にひずみゲージを貼付し、曲げ変形が生じないように、ターンバックル、ジョーボルト、アイボルトを介して端末支柱に接続した。ワイヤロープおよび金網は、U ボルトを用いて各支柱および間隔保持材に固定している。また、衝突実験前には、ワイヤロープに 5kN 程度を目標に初期張力を導入した。

## 3. 実験結果

## 3.1 ワイヤロープ張力

図-3 にワイヤロープ張力の時刻歴応答波形を示す。埋め込み式の試験体では、重錘衝突にともなって衝突位置近傍のワイヤロープ T-2、T-3 の張力が増加した。その後、T-3 は索端金具からの引抜けによって張力が減じるとともに、T-4 の張力が増加している。ベースプレート式の試験体においても、衝突位置近傍の T-2、T-3 のワイヤロープの張力が卓越した。ベースプレート式の試験体

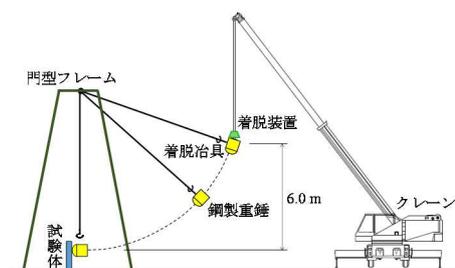


図-1 重錘衝突実験概要図

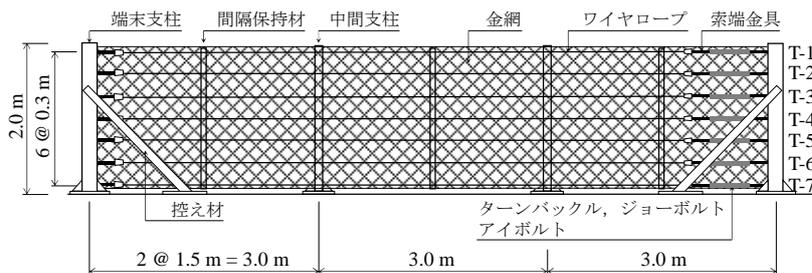


図-2 供試体概要図 (ベースプレート式の試験体の例)

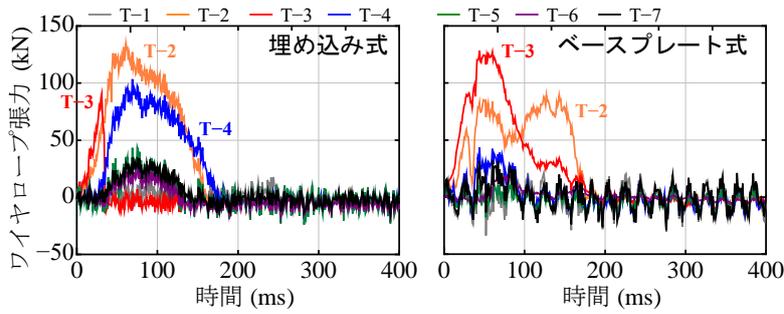


図-3 ワイヤロープ張力



写真-1 ワイヤロープのすべり出し



(a) 埋め込み式



(b) ベースプレート式

写真-2 重錘衝突実験後の試験体



(a) 中間支柱 (埋め込み式)



(b) 中間支柱 (ベースプレート式)



(c) 控え材 (ベースプレート式)

写真-3 基部の損傷状況

では、ワイヤロープの索端金具からの引抜けは生じなかったものの、写真-1に示すように、ワイヤロープのすべり出しが生じていた。また、どちらの試験体においても、重錘衝突後の50ms程度で張力は最大となり、落石対策便覧に示されるワイヤロープの降伏張力118kNを越える張力が発生した。慣用設計法による可能吸収エネルギー相当の落石が作用する場合には、端末支柱にもこの程度の荷重が作用しうることが確認できた。

### 3.2 損傷状況

写真-2に重錘衝突実験後の試験体の全景を示す。本研究の範囲内では、埋め込み式とベースプレート式のどちらの試験体においても、金網の破網をとまわずに重錘を捕捉することができた。写真-3(a)(b)にそれぞれの試験体の中間支柱の基部の状態を示す。どちらの試験体も重錘衝突によって弱軸方向にねじれるように中間支柱が塑性変形しているものの、亀裂等は生じていない。なお、中間支柱と同様に、端末支柱、控え材についても塑性変形が確認されている。また、ベースプレート式試験体の場合には、写真-3(c)に示すように控え材のプレート部のすべりが確認されたものの、端末支柱や中間支柱

においてもアンカーボルトの引抜け等は認められなかった。本研究で用いた構成のベースプレート式の従来型落石防護柵においては、慣用設計法による可能吸収エネルギー相当の衝突エネルギーを有する落石が作用しても、十分な性能を有していると考えられる。

### 4. おわりに

本研究で用いた構成の従来型落石防護柵では、埋込み式支柱、ベースプレート式支柱のいずれにおいても、慣用設計法による可能吸収エネルギー相当の衝突エネルギーを有する重錘を捕捉できることを確認した。一方、重錘が衝突したワイヤロープでは、索端金具からのすべり出しも認められたことから、索端金具への取り付け時には細心の注意を払うことが必要である。

### 参考文献

- 1) 中村拓郎, 今野久志, 山澤文雄, 寺澤貴裕, 西弘明: 北海道における落石防護施設の損傷形態に関する事例調査, 寒地土木研究所月報, No.786, pp.33-38, 2018.
- 2) 日本道路協会: 落石対策便覧, 2017.