

崩壊土砂用防護柵に対する重錘衝突実験（その2）

ゼニス羽田株式会社 正会員 ○手嶋 良祐

ゼニス羽田株式会社 正会員 福永 一基

ゼニス羽田株式会社 正会員 二見 豪

1. はじめに

近年施工数が増加している崩壊土砂用防護柵では、設計時に崩壊土砂荷重の他に落石荷重に対する検討を行うことが多く、これまでは一般的な落石防護柵と同様に、ワイヤロープの弾性伸びによる落石エネルギーの吸収量を算出し、設計を行ってきた。しかし平成 29 年 12 月の「落石対策便覧：日本道路協会」の改訂に伴い、落石防護柵に対する性能設計の枠組みが示され、H 鋼を支柱材とし、横ワイヤとひし形金網を組み合わせた一般的な落石防護柵以外の落石防護柵については実物実験による性能照査が必須となった。そこで本研究では崩壊土砂用防護柵に対して重錘衝突による性能確認実験を実施し、吸収エネルギーの算出を試みた。

2. 実物実験概要

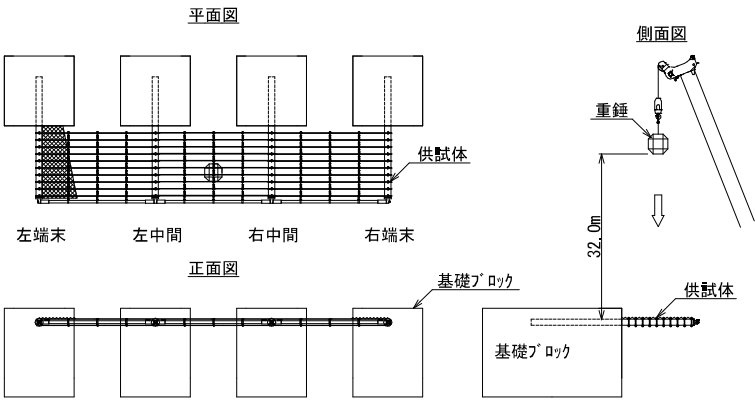
供試体概要および実験条件を表－1、表－2 に示し、実験概要を図－1 に示す。重錘の衝突は自由落下方式を採用し、重錘は 1 辺約 750mm、密度 2350kg/m³ のコンクリート多面体（EOTA 準拠）とした。

表－1 供試体概要

主部材	形 状 寸 法	強 度 特 性 等
支 柱	STK400-φ 267. 4mm, t12. 7mm コンクリート充填, D38×9	塑性抵抗曲げモーメント Mu=750. 0kN・m（実験値）
ワイヤロープ	7×19-φ 18. 0mm	破断強度 P=201. 0kN（JIS G 3549：ST1470）
ひし形金網	φ 5. 0mm×50mm	素線強度 σ=780N/mm ² 以上（JIS G 3548：SWG1-1）

表－2 実験条件一覧

柵 高	3. 0m
スパン間隔	5. 0m
スパン数	3 スパン
衝突スパン	中間スパン
重錘質量	0. 66t
落下高	32. 0m
衝突速度	25. 0m/s
衝突エネルギー	207kJ



図－1 実験概要図

3. 実験結果

阻止面であるひし形金網、ワイヤロープおよび支柱に大きな損傷は無く重錘捕捉性能が確認できた。重錘内部に取付けた加速度計のデータより得られた重錘の速度変化を図－2 に示し、同じく加速度データから得られた重錘変位量を図－3 に示す。また重錘衝突時にワイヤロープに作用した張力を図－4 にグラフで示す。なお、グラフ内の No. は全 10 本のワイヤに対して最上段ワイヤを①、最下段ワイヤを⑩として重錘衝突近傍の②～⑥のワイヤ張力を表示している。張力データより④および⑤の 2 本のワイヤの張力が最も高く、重錘はこの 2 本のワイヤに衝突したと考える。重錘が直接衝突した④および⑤ワイヤの張力はどちらも衝突 0. 043sec 後に約 120kN の張力が作用しており、それに隣接する③および⑥ワイヤには約 30kN 程度の張力が作用している。

キーワード 落石防護柵 実物実験 崩壊土砂防護柵 落石エネルギー吸収

連絡先 〒102-0083 東京都千代田区麹町 5-7-2 ゼニス羽田(株) TEL03-3556-0470

ただし加速度データからは重錘の最大変位は衝突後 0.0855sec で 1.232m であったことから 0.043sec 以降にワイヤ張力が減少しているのは 0.043sec 以降に支柱が変形し始めたことなど、ワイヤロープ以外の応答が増加したことが主な要因であると考え、表-3 に実験後に計測した支柱の転倒角度を示す。

表-3 支柱の転倒角度

支 柱	左端末	左中間	右中間	右端末	合計
転倒角度(°)	1.2	0.2	0.1	0.6	2.1

4. 吸収エネルギーの算出

ワイヤロープ④および⑤によるエネルギー吸収量は、式(1)より $EW1=48\text{kJ}$ と考える。なおワイヤの伸び量は図-5¹⁾ に示す構造用ワイヤロープ(構成: 7×19) の切断荷重比とひずみの関係を示すグラフより推定した。同様にワイヤロープ③および⑥の2本の吸収エネルギーは $EW2=5.5\text{kJ}$ となり、全ワイヤロープによるエネルギー吸収量合計は $EW=53.5\text{kJ}$ と推測する。次に支柱の転倒によるエネルギー吸収量 EP は、実験後の転倒角合計 2.1° と塑性抵抗曲げモーメント $Mu=750.0\text{kN}$ より $EP=27.5\text{kJ}$ と算出できる。またひし形金網によるエネルギー吸収量は推定が困難であるため「落石対策便覧」に示される 25kJ として表-4 にエネルギーの収支を示す。約半分のエネルギー吸収が不明である。

$$EW = n \cdot P \cdot \Delta L / 2 \quad \text{式 (1)}$$

ここで、 n : ワイヤ本数 (2 本) P : 作用荷重 (120kN) ΔL : ワイヤの伸び (0.4m)

P' : ワイヤの破断荷重 (201kN) L : ワイヤ全長 (30.84m)

表-4 エネルギー収支

重錘衝突 エネルギー	ワイヤロープの 吸収量	支柱の 吸収量	金網の 吸収量	その他の 吸収量
207kJ	53.5kJ	27.5kJ	25kJ	101kJ

5. まとめ

実物実験により崩壊土砂対策防護柵の重錘捕捉性能を確認したが、算出した吸収エネルギーと重錘衝突エネルギーには大きな差が生じる結果となった。ひし形金網の素線には高強度の素線を使用していることなどから金網によるエネルギー吸収能力が向上していること、またその他補助部材として使用している間隔保持材等の変形などによるエネルギー吸収等があったと考えられる。またその他にも重錘衝突時のエネルギーロスによるエネルギー吸収などや、実験時には重錘が約 5.0m 程度真上方向へリバウンドしたことなどから、支柱の弾性変形によるエネルギー吸収なども考慮する必要があると考える。今後吸収不明なエネルギーに関しては数値解析の実施により解明していきたい。

参考文献

1) 株式会社テザック神鋼ワイヤロープ: テザック神鋼のワイヤロープ No. 1, pp110, 2018. 4. 1

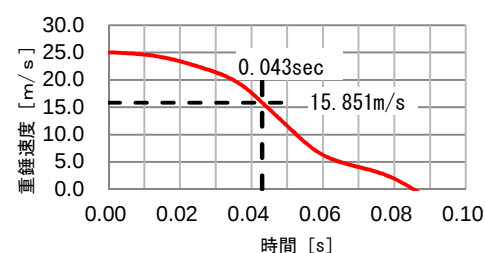


図-2 重錘の速度変化

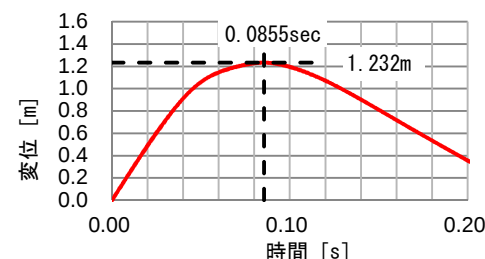


図-3 重錘の変位量

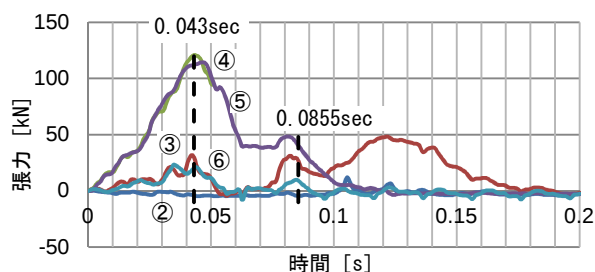


図-4 ワイヤ作用張力

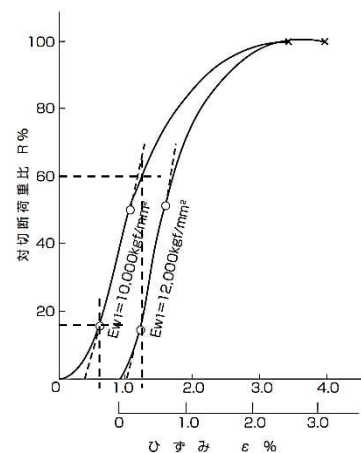


図-5 切断比-ひずみ関係¹⁾