弾塑性解析を用いた落石防護工の衝突シミュレーション

防衛大学校 学生会員 〇齊藤夏奈 正会員 堀口俊行,香月 智 東京製綱(株)正会員 高橋利延,橋口寛史

1. 緒 言

国土の特性において急峻な地形が多く、台風や集中豪 雨によって自然災害が発生している.一方で、都市計画 が進み、交通需要の増加や住宅地開発により、困難な地 形や地質条件を克服して交通網が拡大したことにより、 落石災害に見舞われることが多くなってきた.そのた め、落石対策の一方法として、たわみ性の網状部材、ワ イヤーロープ類および支持部材によって構成される落 石防護柵が建設されている.

ところで,設計根拠である落石対策便覧¹⁾が平成29年 に改訂された.従来の特殊構造の照査は特に規定が無 く,主に設計式をもとにした計算などで照査していた. 改訂後は,従来型以外の特殊構造の照査は実規模実験が 必要となり,実験と異なる条件の検討には時間や費用の 観点から数値解析での補完も可能と定められた.そのた め衝撃応答特性の把握および性能照査の手法として実 規模の実験や解析による性能照査が行われている²⁾⁴⁾.

落石対策便覧の改訂に伴い,筆者らは特殊構造の中で も比較的簡素なワイヤーロープ支持式落石防護柵につ いての実規模実験を行った.しかし,実規模実験だけで は捕捉事例が少ないので,性能照査において最悪荷重を 照査するには,不明確な部分がある.

そこで本研究は、弾塑性解析とばね質点系モデル(フ ォークトモデル)を用いて、パラメータにおける感度解 析を行い、ワイヤーロープ支持式落石防護柵の再現解析 を行うものである.

2.実験の概要

図-1 に示すワイヤーロープ支持式落石防護柵を供試体とし、写真-1に示す0.17t(50kJ用)の多面体のコンクリート製重錘を使用して実験を行った.重錘は、写真-2に示すようにクレーンで落差33.0mの地点まで持ち上げたのち、空圧式の離脱装置を用いて自由落下させ衝突させた.写真-3に、重錘衝突後の損傷状況を示す.両側の端末支柱が内側に反るように変形した.衝突箇所の金網およびワイヤーロープには塑性変形が生じ、金網には



図-2 張力の時刻歴応答

素線4本分の範囲で破網が確認された.また,図-2に張 力の時刻歴応答を示す.張力が最も大きくなったロープ は横6(上から3本目)で,96kNであった.これは降伏 張力118kNの81%であり,横ロープ荷重のピーク付近で 支柱が塑性変形したことによりエネルギーが吸収される とともに,横ロープの固定状況が変化し,ロープ張力が低 減されたものと考察している.

3. 解析手法

本解析プログラムは,弾塑性解析に落石モデルを剛体 要素としたものを用いたものである.その際,接触間には フォークトモデルを用いている.数値解析は,陽解法を用

キーワード 弾塑性解析,実規模,落石防護柵,性能照査 連絡先〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 建設環境工学科 <u>TEL:046-841-3810</u> E-mail:htoshi@nda.ac.jp



いることで大変形問題を容易に解くことを可能にした. また,複雑な逆行列を使用せずに時々刻々,姿勢マトリク スでそれぞれの節点を追跡するという特性がある.また, 全ての方程式が成立する解を陽的に求め,全体の挙動を 予測する解析手法である.図-3に,解析モデルの正面図 を示す.実験供試体は,節点778個,弾性要素1015個, 弾塑性要素317個を用いてモデル化し,表-1に示すパラ メータを使用した.また, 重錘は球形モデルを使用した.

4. 解析結果

図-4 に、実験と解析結果の変形応答図を示す.図-4(a)は、落石モデルとの接触時である.図-4(b)~(d)は、 落石が時々刻々と柵と衝突し、その衝突点から荷重が伝 わり応力伝播していることが分かる.図-4(d)のときに 変位は最大となり、最大荷重に到達する.

図-5 に実験の張力と解析で得られたワイヤーロープ 横6の張力の時刻歴応答を示す. 0.027 s のときに最大と なる.

さらに,結果を考察すると再現解析における変形応答 は,最大張出量が実験値の40%となる0.43 mとなった. 本研究における解析モデルでは変形応答が危険側になる といえる.一方で,張力の時刻歴応答においては,最大張 力が実験値の116%となる112 kNとなった.これは安全 側の照査であり,最大張力は安全側になると考えられる.

5. 結 言

本研究は、実規模実験を基に、弾塑性解析を用いた再現 シミュレーションを試みたものである.その際、実験と解 析の変形応答と張力の時刻歴応答について比較・検討し た.

 1) 張力の時刻歴応答については、ワイヤーロープ横6の 最大張力の誤差が16%となり、概ね再現することができた.最大張力は安全側の結果となった.

2) 本解析モデルは,ワイヤーロープ降伏荷重内において 実験の補完解析が可能である.

参考文献

1) 社団法人日本道路協会: 落石対策便覧, 2017.12.

 2)西田陽一,石井太一,桝谷浩:ワイヤネット式落石防 護柵の性能評価に関する実規模実験と解析について,第
11回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集,2014.10.

 3) 園田佳臣,福永一基:実規模実験と数値解析によるワイヤリング落石防護柵の性能照査,構造工学論文集 Vol.64A, 2018.3.

 酒井啓介,奥田峻,田邊梨沙,岸徳光,小室雅人:高エ ネルギー吸収型落石防護柵(支柱強化型)の実物大衝撃荷 重載荷実験による性能検証,構造工学論文集Vol.65A, 2019.3.