

落石防護柵の衝突シミュレーションに関する研究

金沢大学大学院 学 〇館 佑介
(株) ライテク 田島 与典
金沢大学大学院 正 前川 幸次

1. はじめに

従来の落石防護柵では、落石が衝突する構成要素に金網やワイヤロープ等の金属材料を用いていたが、安価で軽量のポリエチレンネットを代用することで、経済性及び施工性の向上が見込まれることから実用化のための実験も行われている¹⁾。

通常、落石防護柵の性能は実験による評価に依存している。そのため、性能評価のための実験には実際の落石を想定できる大規模な装置が必要な上に実施するにはそれなりの時間と多大なコストが伴う。

そこで、本研究では非線形動的構造解析ソフト LS-DYNA を用いて、過去の実験で用いられたポリエチレンネットを用いた落石防護柵をモデル化し、衝突現象を解析上で把握し、実現象に近い解析モデル作りを目指す。

2. 実験概要

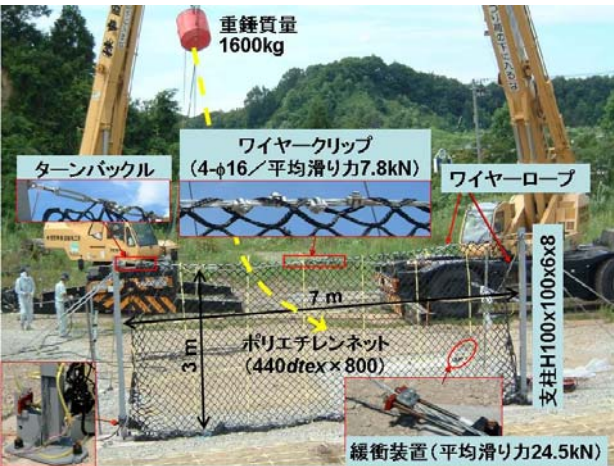


図-1 実験状況図

図-1 は実験状況を示している。支柱は H 型鋼であり、下端は落石方向に対してヒンジ構造となっている。上端には 3 本の控えワイヤロープが取り付けられ、ワイヤロープの他端は緩衝金具を介して地盤アンカーに固定されている。

ポリエチレンネットは四辺が折り返されており、その中を上下の横ロープと左右の縦ロープが通っている。各々のロープは支柱の上下端に緊結されている。また、横ロープは、2 本のワイヤロープが中央部でワイヤークリップにより連結されており、規定値以上の張力に対して滑りによる緩衝機能を期待できる。

3. LS-DYNA による解析

3.1 解析モデル

図-2 および表-1 にそれぞれ解析モデルおよび諸元を示す。

表-1 解析モデル各諸元

PART		MATERIAL	SECTION
ネット	中央部	PICewise_LINEAR_PLASTICITY	BEAM
	外周部	PICewise_LINEAR_PLASTICITY	BEAM
	端部	RIGID	BEAM
ロープ	横ロープ	PICewise_LINEAR_PLASTICITY	BEAM
	縦ロープ	PICewise_LINEAR_PLASTICITY	BEAM
	ウェブ	ELASTIC	SHELL
支柱	フランジ	ELASTIC	SHELL
	プレート	ELASTIC	SHELL
控えロープ		PICewise_LINEAR_PLASTICITY	BEAM
重錘		RIGID	SOLID

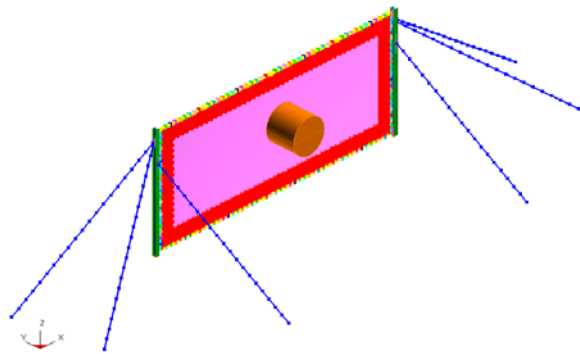


図-2 落石防護柵の解析モデル

キーワード： 落石防護柵 ポリエチレンネット 落石シミュレーション

〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科 Tel.076-234-4602 Fax.076-234-4602

(1) ポリエチレンネット

ネットは中央部、外周部および端部の3つのパートで作成した。外周部は折り返しを表現するために断面寸法を中央部の2倍とした。端部にはリングを作成し、その中を通るロープとの間に接触機能を用いて、非緊結状態の支持を表現した。

(2) 横ワイヤーロープ

ワイヤークリップで連結された横ロープのすべりを表現するために、滑り出す張力(平均値 7.9kN)以上が発生しないよう横ロープに対して完全弾塑性モデル(降伏応力と極めて大きな破壊塑性ひずみ)を考慮した。

(3) 支柱

支柱は SHELL 要素によりモデル化した。

(4) 控えロープ

控えロープも横ロープと同様に単体で用いられているわけではなく、緩衝装置が取り付けられている。この緩衝装置は平均値で 24.5kN で滑るので横ロープと同様な設定とした。

(5) 重錘

鋼殻とコンクリートで製作されている重錘は実形状の剛体とし、実質量となる密度を用いた。解析においては、ポリエチレン製ネットに接触する直前の位置で、初速度を与えた。初速度は落下高さから求めた理論値を用いた。

(6) 接触条件

ネットと重錘の接触条件には Contact_Automatic_node_to_surface を用いた。ネット端部とロープ間の接触には Contact_Automatic_general を用いた。

(7) 境界条件

控えロープについては地表で全方向の移動を拘束した。支柱下端については支柱が重錘衝突方向にのみ傾くようにヒンジ支持とした。

3.1 解析結果

図-3 はモデルの変形図、図-4 は重錘の時間-加速度関係を示したものである。図-4 の実験値は重錘の局所座標系を用いているが、解析値は全体座標系を用いている。しかし、実験・解析いずれにおいても重錘はほとんど傾くことがなかったので、これらの影響を考慮しないものとする。

左右方向、進行方向については概ね一致している。しかし、鉛直方向は重錘衝突後 0.55 秒以降大きな違いが見られる。実験においては異常に大きな鉛直上向き方向の加速度が急に加わっていることから、地表に落下した際に地表から受けたものであると考えられる。解析においては地表をモデル化していないため、重錘は停止後そのまま落下してゆき、重力以外の力を受けない。

合成値については実験値と解析値では実験において地表による力が加わっていることを除けば、おおむね近い波形となっている。最大衝撃力も現れる時刻は多少違うが非常に近い値となっている。



図-3 モデル変形図

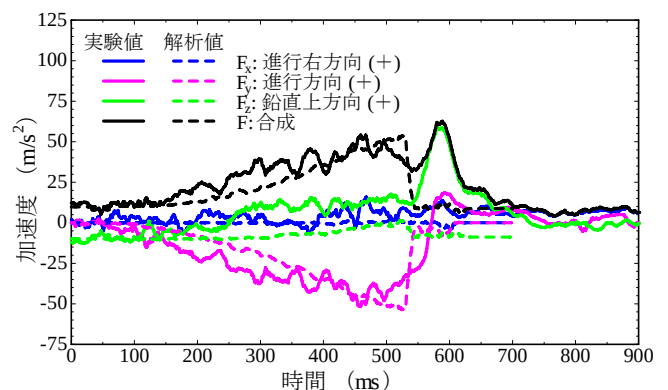


図-4 重錘時間-加速度曲線

4. まとめ

解析において、ネットと縦・横ロープの滑りを表現することにより、実験で見られたような変形に近くなり、モデル化を改善できた。それにより、重錘の加速度変化は実験のものに近づき、地面との接触を考慮しないと解析値は非常に近いものになった。よって、ポリエチレンネットを用いた防護柵の落石衝突シミュレーションが可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 前川幸次, 田島与典, 岩崎柁夫: PE ネットを用いた簡易型落石防護柵の重錘衝撃実験, 構造工学論文集 No1.51A 2005.