

落石防護網の衝撃応答解析における初期自重安定形の影響

防衛大学校 学生会員 ○高橋利延 正会員 山本佳士
 正会員 香月 智
 東京製綱株式会社 高森 潔

1. 緒 言

近年、道路等に面する斜面において写真-1に示すような、ワイヤロープを用いたネット構造によって道路等への落石侵入を防止する落石防護網¹⁾が建設されている。落石防護網は主にワイヤロープや金網といった、曲げ剛性が小さく柔軟性に富む要素からなるため、いくつかの構造解析上の問題点がある²⁾。

本研究は実物大の防護網を用いた落石衝突実験に対して、個別要素法を用いた解析を行う際に、自重安定状態を初期条件とすることの影響について検討したものである。

2. 重錘衝突実験

実験は、写真-2および図-1に示す延長 21.0m×高さ 17.5m の実物大の落石防護網に対して、10kN の重錘を落差 40m の斜路を用いて加速させ、斜め落下状態で衝突させたものである。重錘の衝突速度は 26m/s、衝突角度は水平線に対して 25 度であり、図-1 に●で示す位置に衝突させた。また、図-1 の P1～P12 で示す点、すなわち吊ロープの片端および各横ロープの両端の計 12 点においてロードセルを用いてロープ張力を計測した。

3. 個別要素法による解析

本研究では、原木ら²⁾が提案している円柱形要素を導入した個別要素法を用いた。円柱形要素を導入することにより、細長い形状の構造に対する計算効率を高めることができる。本解析は、自重安定解析

の前と後の形状に対して、それぞれ重錘の衝突を再現して行った。

3. 1 解析モデルの形状

図-2(a)は、現地斜面を平滑化した事前データに対し、展張するための設計図面を元に作成した展張モデルである。図-1にある P7,P8 を結ぶ横主ロープを境として、上部、下部は線形の平面となっている。

図-2(b)は、図-2(a)に対して、ロープの自重を作用させて、自重による安定形(懸垂形状)になるまで自由振動解析させたものである。側面図を見ると、上部の支柱から最下部の横主ロープによる固定点に向かって、「J」の字のような自重安定形になっている。また、P9,P10 を結ぶ横主ロープは、図-2(a)では斜面側に引くようになるのに対して、図-2(b)では前方に引き出すように展張する状態になっている。つまり、展張力の方向が逆になっていることがわかる。

3. 2 解析結果

図-3には、図-1で示した、主たる展張ロープ 6本の張力～時刻関係を、実験と解析とを比較して示している。青線は、図-2(a)の状態に対して重錘を衝突させたものであり、赤線は図-2(b)を初期状態としている。まず、図-3(c)の P5 ロープ、および(d)の P7 ロープでは、初期形状の影響はあまり見られないが、その他のロープ 4 本では、顕著な違いがみられる。つまり、初期形状を懸垂形状にすることの影響は大きいことがわかる。特に、図-3(a)の吊ロープで



写真-1 落石防護網

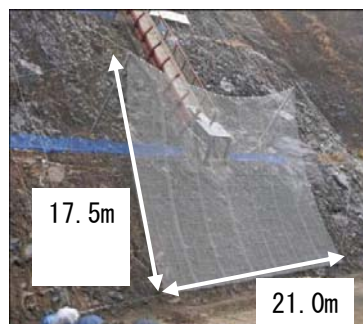


写真-2 重錘衝突実験供試体

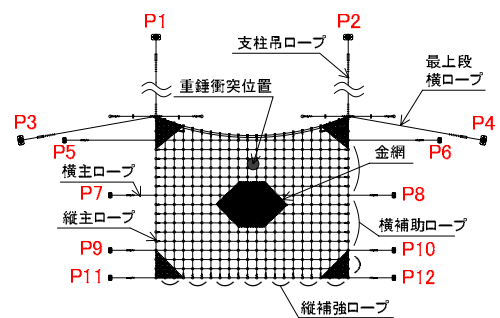


図-1 張力測定位置

キーワード 3次元個別要素法, 落石防護網, 重錘衝突実験

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校理工学研究科 TEL : 046-841-3810

は、第一回目のピーク値までは大差なく、また、実験と一致しているが、自重安定解析なしの解析結果（青線）は、その後も常に大きな荷重が続くのにに対して、懸垂形状を初期形状とする解析結果（赤線）は、零付近の荷重に戻っている。その傾向は実験において、0.3秒から0.9秒の間に零荷重が続くことをより適切に表現できている。同様なことは図-3(b)や図-3(f)においても言える。これは、懸垂形状を初期形状とすることにより、ネットが前方に押し出されながら、やや持ち上げられるように変形する挙動となり、ネット内に生じていた自重による張力を緩める方向へ変化することを表現できるためである。

4. 結 言

個別要素法を用いた落石防護網の解析について、自重による安定解析を行う前後の形状でそれぞれ重錘衝突解析を行い、初期形状の違いによる影響を確認した。

自重安定解析を行った上で重錘衝突解析をすることにより、中上段横ロープにおいて張出部にたわみが生じ、張力が発生し始める時刻が遅くなることがわかった。また、吊ロープ、最上段横ロープ、下段横ロープにおいて、2回目のピーク張力の値が低くなり、より実験に近い結果が得られることがわかった。ただし、中上段横ロープの張力は実験の約2倍であり、依然として高い。今後は要素の分割やネットの初期張力について検討する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧，2010.1.
- 2) 原木大輔，香月智，田代元司：円柱形要素を導入した個別要素法による落石防護網の衝撃応答解析，土木学会論文集 A，vol.65 No.2，pp.536-553，2009.6.

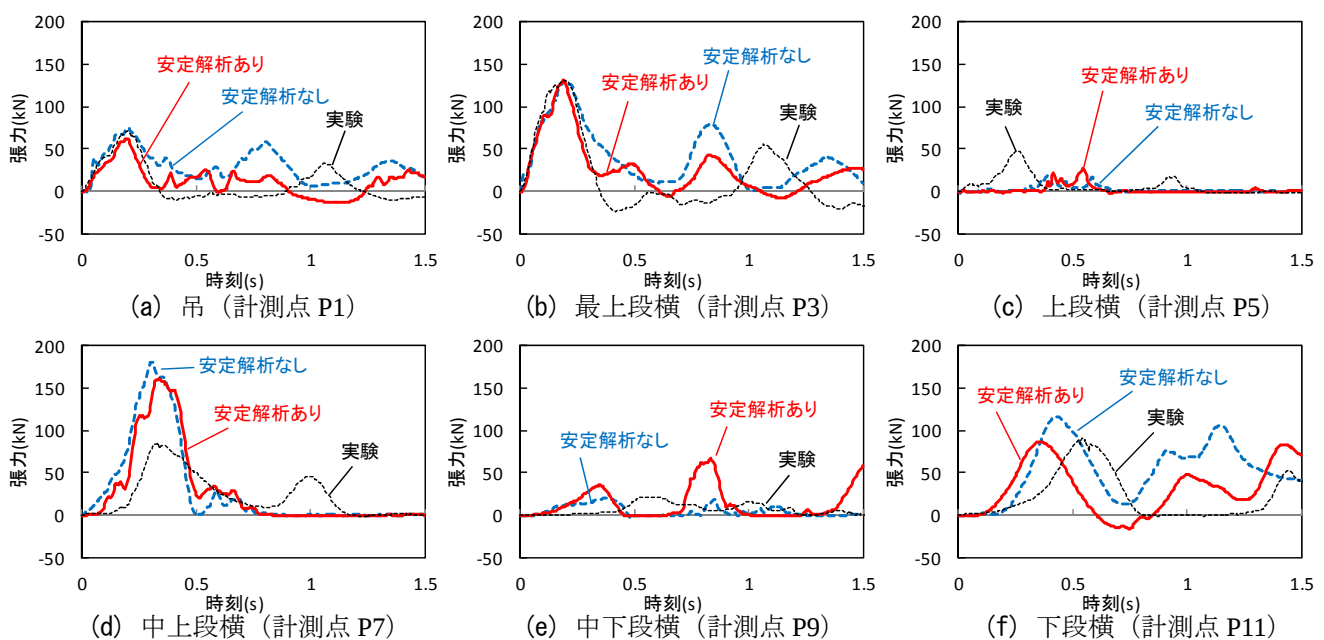
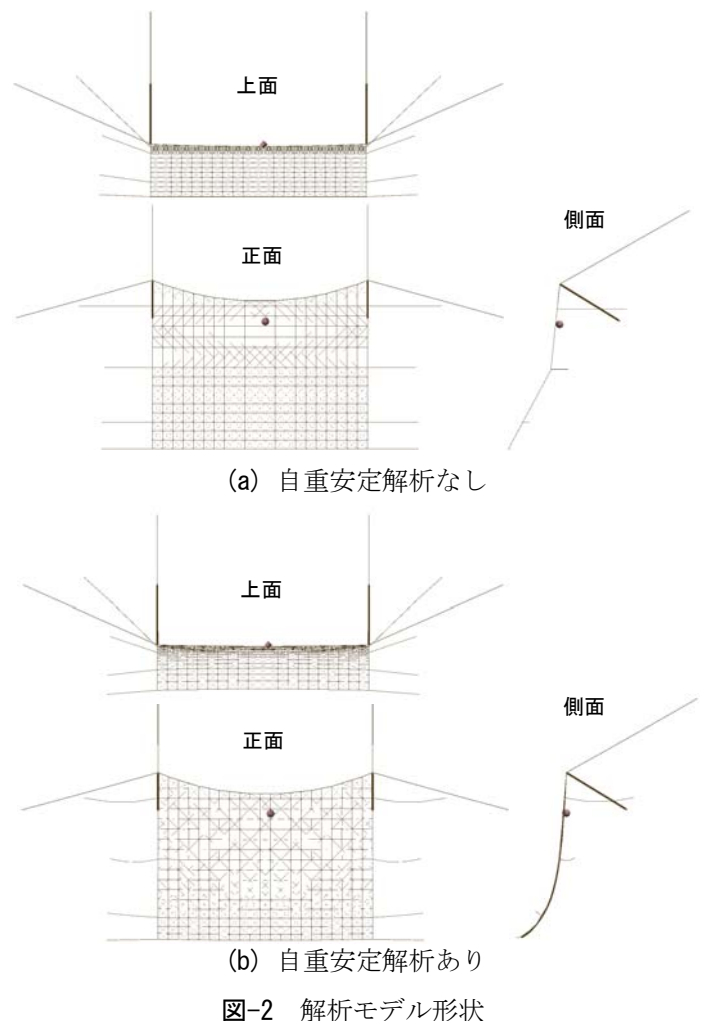


図-3 張力応答の比較