

実斜面を想定した緩衝金具を有する落石防護網の静的解析法に関する研究

長岡技術科学大学  
長岡技術科学大学

学生員 ○内藤 和彦  
正会員 岩崎 英治

1. はじめに

我が国の国土は急峻な地形が大部分を占めており、集落や交通路の多くが山間部に位置している。また、脆弱な地質が多く、世界有数の地震大国であり、豪雨などの厳しい自然環境下にある地域が多いなどの理由から落石災害が多発している。そのため、落石災害の防止は経済活動及び安全確保の観点から、非常に重要な問題となっており、全国に多くの落石対策工が施工されている。本研究の対象である緩衝金具を有する落石防護網は落石防護工の一種であり、エネルギー吸収性能とメンテナンス性に優れている特徴を持つ落石防護網である。緩衝金具を有する落石防護網の設計において重要となるのは、各緩衝金具内のワイヤの滑り量であり、簡易にそれらを算出できる解析手法が必要とされている。

そこで本研究では、実斜面を想定した落石防護網の解析モデルを作成し、動的応答解析とエネルギー的に等価な静的解析法による緩衝金具の滑り量の評価について検討を行った。

2. 静的解析法

既往の研究により、水平に設置したワイヤに重錘を垂直落下させた場合の動的応答解析と静的解析のエネルギー的に等価な式が提案され、その妥当性が確認された。しかし、従来エネルギー式では、落石防護網の傾きと重錘の衝突角を考慮できず、実斜面に設置されるような傾きを有する落石防護網の解析モデルについては計算できなかった。そこで、本研究では、図-1に示すような動的応答解析と静的解析のモデルのエネルギー収支について考える。これらは、片側端部に緩衝金具を有するワイヤの中央に、初速を与えた重錘を衝突させた場合のそれぞれのエネルギー状態を示している。

ここで、ワイヤの滑り量の増加がゼロとなった瞬間のエネルギーを等価とすれば、以下の式が導かれる。

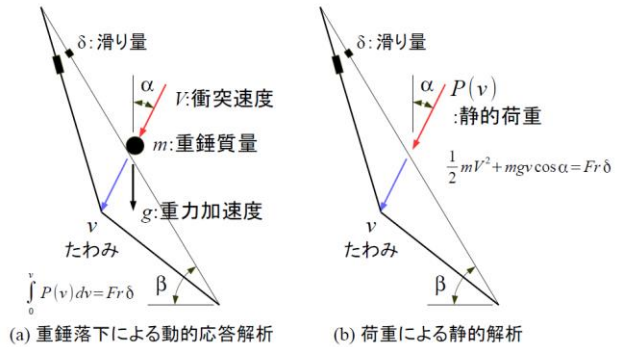


図-1 傾斜を考慮したモデル

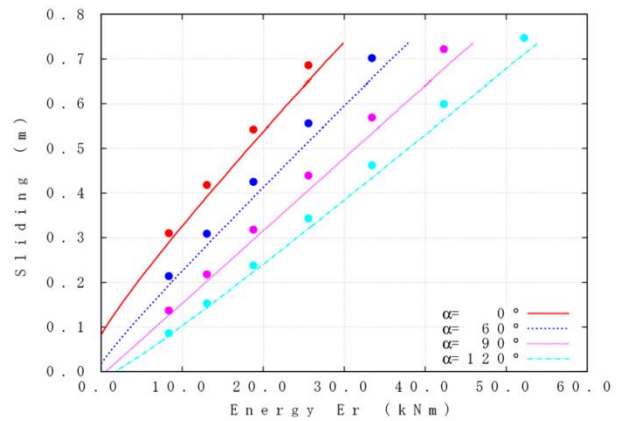


図-2 作用エネルギーと滑り量

$$\int_0^v P(v)dv = \kappa \left( \frac{1}{2} mV^2 + mgv \cos \alpha \right) \quad (1)$$

ここで  $\kappa$  は約 0.9 である。式(1)から作用エネルギーに対する滑り量の関係を求めると、それぞれ図-2 のようになる。図中の点は動的応答解析の結果であり、曲線が静的解析の結果である。この結果、動的応答解析と静的解析の結果が概ね一致していることが確認できる。

3. 傾斜を有する防護網

傾斜を考慮した静的解析法を用いて、実斜面を想定した傾斜を有する防護網について解析を行い、動的応答解析による結果と比較する。図-3に示す解析に用いたモデルは縦横 4 本ずつの主ワイヤで構成されており、それぞれの両端部に緩衝金具を有している。防護網の傾きは、30°、60°、90°、120°のパター

キーワード：落石防護工 緩衝金具 動的応答解析 静的解析

連絡先 〒940-2136 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-9617

ンで解析を行った。

図-4 に動的応答解析と静的解析の結果を示す。図-4 は作用エネルギーと各緩衝金具の滑り量の合計値を示している。この結果から、静的解析にて動的応答解析の結果を概ね再現出来ていることが分かる。

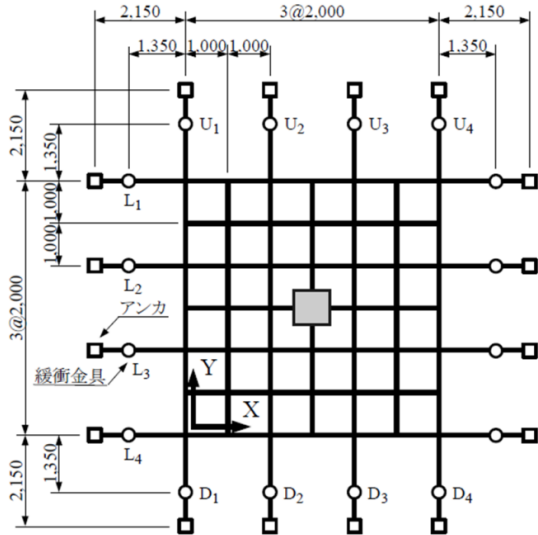


図-3 落石防護網の解析モデル

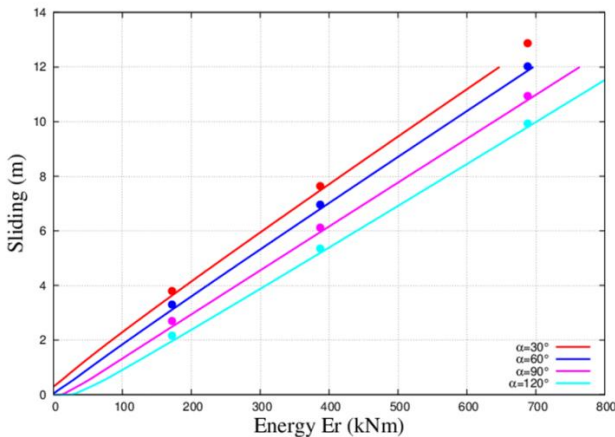


図-4 作用エネルギーと合計滑り量

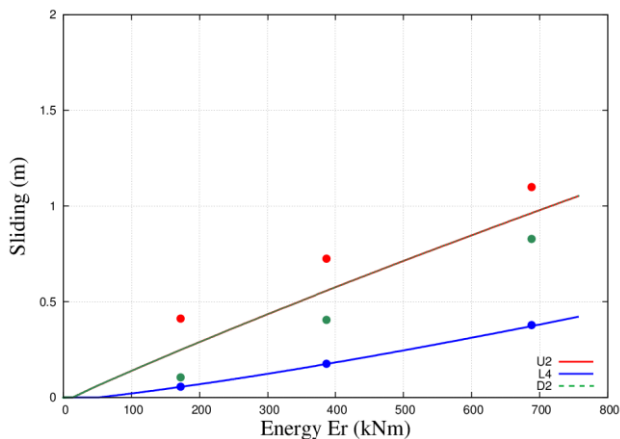


図-5 各緩衝金具の滑り量(傾き 90°)

しかし、個々の緩衝金具内の滑り量については、誤差が見られた。図-5 に防護網の傾き 90°における緩衝金具 U2, L4, D2 の滑り量を示す。U2 は重力方向上側の緩衝金具であり、D2 は下側の緩衝金具である。

5. 落石位置の違いによる滑り量の変化

落石防護網を設計するには、各緩衝金具内のワイヤの最大滑り量を知る必要がある。そこで、緩衝金具内の滑り量が最も大きくなる、図-6 の範囲のそれぞれのワイヤ上に落石を作用させた場合の各緩衝金具の滑り量を図-7 に示す。

グラフから、落石の衝突位置が変化しても、緩衝金具の最大滑り量は同程度となることが分かる。このことから、全ての緩衝金具内の滑り量の最大値を求める際には、ある緩衝金具内の最大滑り量を代表値として求めれば良いことがわかった。

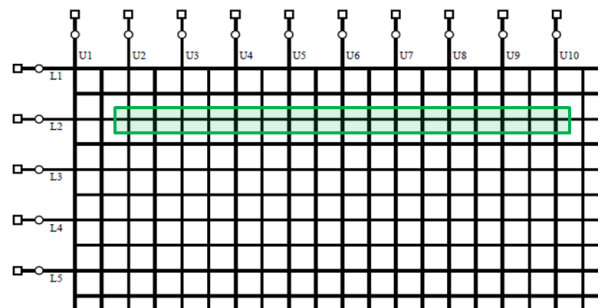


図-6 落石を作用させる範囲

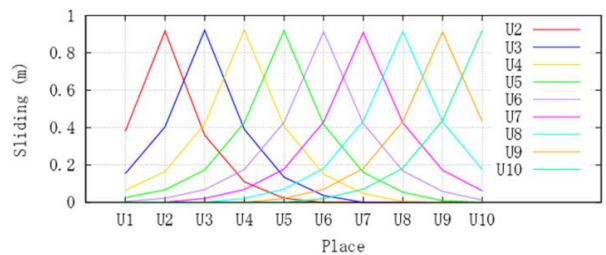


図-7 各落石位置での緩衝金具の滑り量

6. 結論

従来の解析モデルでは考慮されていなかった、実斜面を想定した傾斜を有する落石防護網のモデルを作成し、動的応答解析との解析結果を比較し、再現性を確認した。その結果、実際に施工される落石防護網により近い条件の解析を行え、より設計に則したパラメータの算出が可能となった。

7. 参考文献

[1]岩崎英治, 山本順也: 緩衝金具を有する落石防護網の解析手法の簡易化, 構造工学論文集 Vol.60A, pp35-45, 2014.3.