

緩衝金具を有する落石防護網の静的解析手法に関する研究

長岡技術科学大学 学生員 山本順也

長岡技術科学大学 学生員 鍋島 渉

長岡技術科学大学 正会員 岩崎英治

1. はじめに

我が国では、地震、気候や地形などの条件から多くの落石災害が発生している。そのため、数多くの落石対策工が施されている。その一種である緩衝金具を有する落石防護網は、落石エネルギーの吸収性能が高い防護工である。しかし、緩衝金具内の滑動ワイヤの余裕長の設定に注意が必要である。これに対して、既往の研究により、動的応答解析で性能評価実験の結果が再現可能であることが示された¹⁾。しかし、動的応答解析は膨大な解析時間を要する。落石防護網を設計する際の設計式を導くためには、膨大な解析時間が必要となり、解析手法の簡易化が課題となっていた。

そこで、本研究では、解析時間を要する動的応答解析の簡易化を図るため、静的解析により設計に必要な滑り量を再現するための手法を提案する。

2. 解析方法の提案

落石防護網の設計では、ワイヤの余裕長が必要になる。そこで、動的応答解析による緩衝金具内の滑動ワイヤの滑り量を静的解析により得るため、エネルギー的に等価な式が提案された²⁾。

文献²⁾で提案した式は水平に設置された防護網に自由落下する重錘が衝突する条件で作成されたものであるため、実斜面に適用する場合、等価式を修正する必要がある。そこで、モデルを図-1に示すように斜面を想定した傾きを有するワイヤとする。ワイヤの水平からの傾きを β 、重錘の衝突方向の鉛直からの角度を α と表している。ワイヤに傾きを設けたとき、重錘がワイヤ上に静止せず、滑り落ちる場合があるため、滑り量の増加が停止した瞬間における動的なエネルギーと静的なエネルギーの保存について考える。図中の2つの式が等価であるとし、式を変形すると次のように表される。

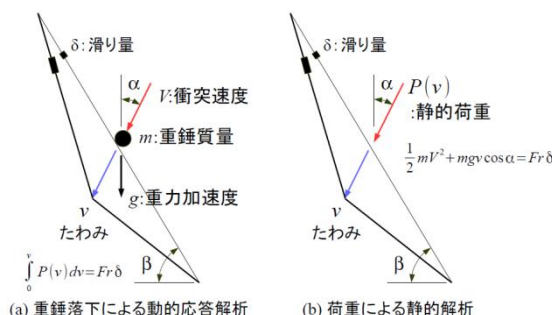


図-1 動的解析と静的解析でのエネルギーの収支

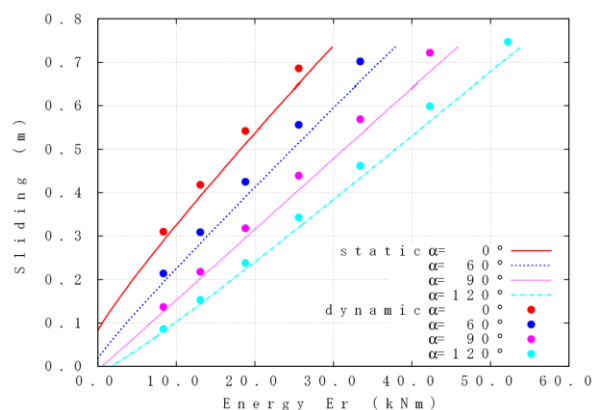


図-2 傾きを有するワイヤの滑り量

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

ここで、 P は荷重、 m は重錘の質量、 g は重力加速度、 V は重錘が衝突する時の速度、 v は重錘が衝突する方向のワイヤの変位、 F_r は緩衝金具とワイヤの摩擦抵抗力、 δ は緩衝金具内のワイヤの滑り量、 κ は0.9である。

式(1)から作用エネルギー $E_r (= mV^2/2)$ に対する滑り量の関係を求めると図-2のように表される。図中の点は動的応答解析から得た滑り量であり、曲線は静的解析から得ている。解析ではたわみが最大となるケースについて検討するため、重錘がワイヤと垂直に衝突するように傾きの条件を $\alpha = \beta$ とし、 α

キーワード：落石防護工 動的応答解析 静的応答解析

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 大学院建設工学専攻 TEL 0258-47-9617

を0度、60度、90度、120度の4通りとしている。解析の結果、多少のズレが見られる部分もあるが、概ね一致しており、動的応答解析の結果を再現できている。

3. 落石防護工の規模の影響

次に、解析諸元を変更したときの影響を調べるため、規模の異なる水平設置された防護網を作成し、静的解析法にて解析を行う。モデルは表-1に示すように縦ワイヤと横ワイヤの本数を変えており、ワイヤが3本のケース(図-3(a)), 5本のケース(図-3(b)), 7本のケース(図-3(c)), 縦ワイヤ13本、横ワイヤ7本のケース(図-3(d))とした。

表-1 解析ケース

ケース	N3M3	N5M5	N7M7	N13M7
縦ワイヤ(本)	3	5	7	13
横ワイヤ(本)	3	5	7	7

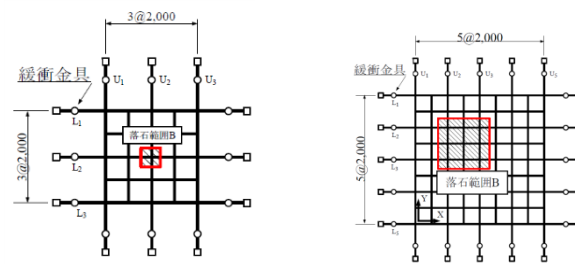
落石位置のバラツキを考慮した範囲Bの種々の位置で落石を受けたときの各緩衝金具の最大滑り量を求める。解析の結果、N7M7とN13M7のケースでは最大滑り量は同程度の値となったが、N3M3とN5M5のケースでは最大滑り量が小さくなる結果が得られた。図-4にN3M3、N5M5、N7M7の解析結果を示す。ワイヤの本数が5本以下のケースのとき、最大滑り量が小さくなったのは、落石位置に近い緩衝金具だけでなく、全体的に緩衝金具に滑りが生じているためだと考えられる。

4. 結論

- 傾きを有するワイヤに対してエネルギー的に等価な式に修正を加えることにより、静的解析にて滑り量が再現された。
- 防護網の規模と重錘の衝突位置が緩衝金具内の滑り量へ及ぼす影響について知見を得た。

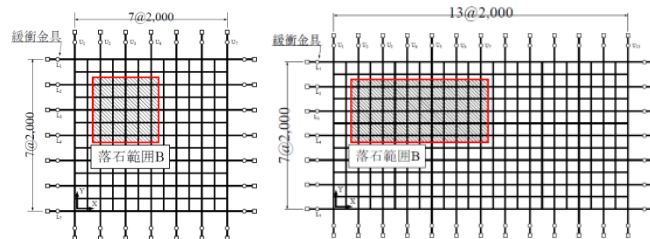
参考文献

- 1) 岩崎英治, 加規秀二, 向笠正洋: 落石防護工を用いる緩衝金具の開発と性能評価, 構造工学論文集 Vol.57A, pp.75-85, 2011.3.
- 2) 岩崎英治, 山本順也: 緩衝金具を有する落石防護工の解析手法の簡易化に関する研究, 土木学会 第68回年次学術講演会, I-482, 2013.



(a) ケース : N3M3

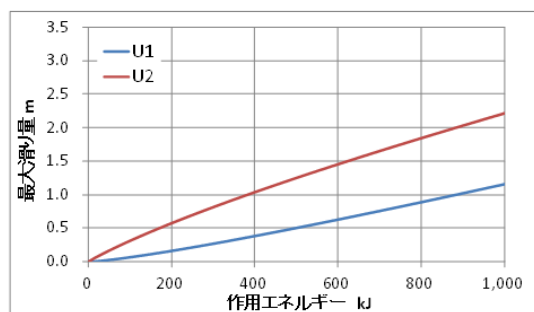
(b) ケース : N5M5



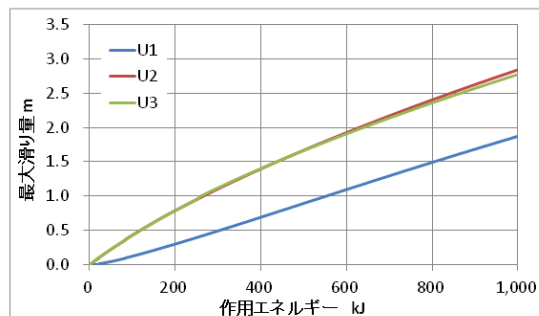
(a) ケース : N7M7

(b) ケース : N13M7

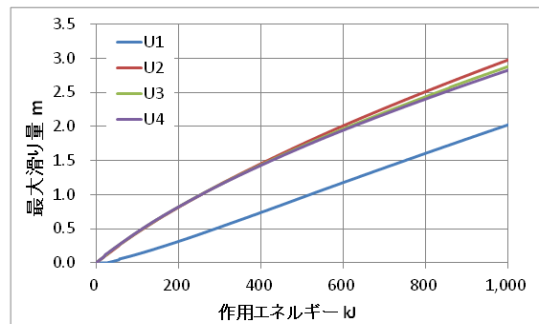
図-3 規模の異なる解析モデル



(a) ケース:N3M3



(b) ケース:N5M5



(c) ケース:N7M7

図-4 範囲Bに重錘が落下したときの最大滑り量