

ロープ伏せ工のワイヤロープ張力に関する数値解析的検討

寒地土木研究所 正会員 ○寺澤 貴裕 寒地土木研究所 正会員 今野 久志
寒地土木研究所 正会員 安中 新太郎 室蘭工業大学 正会員 瓦井 智貴
室蘭工業大学 正会員 小室 雅人 室蘭工業大学 名誉会員 岸 徳光

1. はじめに

ロープ伏せ工は、平成 29 年に改訂された落石対策便覧（以下、便覧）において、落石予備物質群を全体的に抑止する効果が期待できる¹⁾工法として、新たに落石予防工に追加された。便覧によるとその構造は、ワイヤロープ（以下、ロープ）を格子状に組むなどして浮石や転石を覆い、ロープの交点にアンカーを打設し斜面上に固定させるものである。一方、ロープを用いる他の落石予防工であるワイヤロープ掛工や覆式落石防護網工とは異なり、便覧本編や資料編において設計の手順や設計・施工例が示されておらず、統一的な設計条件やロープ等の部材への作用力算定方法が規定されていない。

このような背景の下、本研究ではロープ伏せ工の設計方法に関する基礎資料と得ることを目的として、ロープ伏せ工で対策した斜面で落石が生じた場合を想定した数値解析を実施した。なお、本解析には LS-DYNA (Ver.R9)を使用した。

2. 数値解析概要

図 1 には本研究で用いた有限要素モデルを示している。なお、図中の岩塊の配置は後述する数値解析ケースをすべて同時に示したものである。ロープ間隔は縦・横方向ともに0.5mの格子状であり、斜面寸法は幅18m×長さ18mである。ロープは3×7 G/O φ12mm とし 2 節点ケーブル要素でモデル化した。ロープの材料構成則

は、トリリニア型の弾塑性体モデルを適用し、降伏張力 $T_y=51.5\text{kN}$ 、弾性係数 $E=100\text{GPa}$ と仮定した。また、破断荷重 $T_b=68.6\text{kN}$ に到達する軸ひずみ ϵ_u は $\epsilon_u=5\%$ とし、その後はひずみのみ増大するように設定した。岩塊は上部 4 辺に R 面取りを有する 1.2m の立方体（設定重量約 45kN）であり 8 節点固体要素を用いてモデル化している。なお、岩塊および地盤は弾性体を仮定した。境界条件は地盤底部および側面を完全固定とし、ロープ伏せ工上端部の 2m 間隔毎のアンカー位置においても地盤と完全固定とした。表 1 には数値解析ケース一覧を示している。ここでは、斜面と岩塊の摩擦係数、岩塊の配置をパラメータとして 5 ケースの数値解析を行った。いずれのケースも 1 スパン当たりの岩塊個数は 1 個/1 スパンである。なお、ここではアンカーを配置したロープを主ロープ、それ以外のロープを補助ロープ、アン

表 1 数値解析ケース

ケース	岩塊配置	岩塊と斜面の摩擦係数 μ	落石荷重 (kN) ※
C0	中央 1 スパン	0	31.8
C025		0.25	23.8
C050		0.50	15.9
H3	横 3 スパン	0	95.3
V2	縦 2 スパン	0	63.5

※ 落石荷重 = 岩塊重量 × (sin θ - μ cos θ) とし算出

θ : 斜面勾配

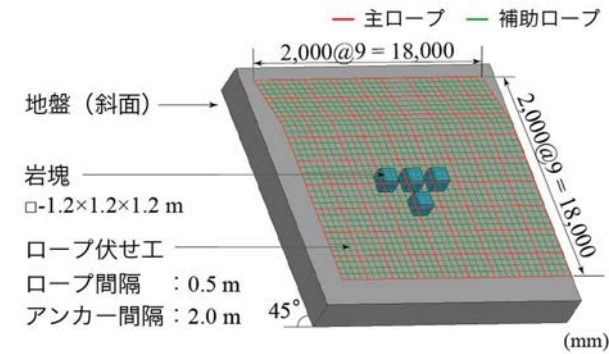


図 1 FE モデル

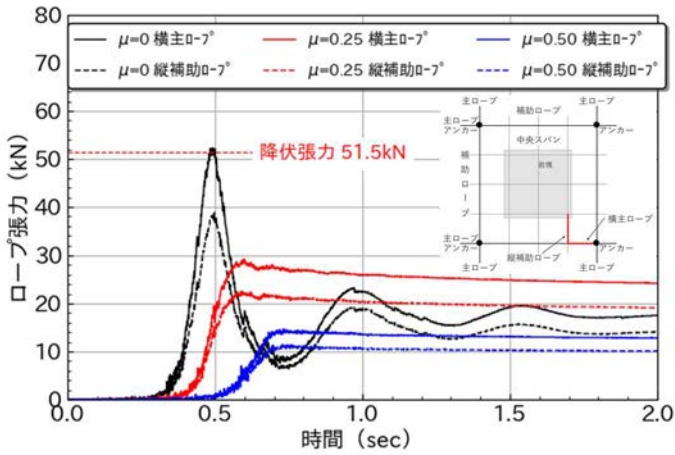


図 2 ロープ張力の経時変化

キーワード：落石予防工，ロープ伏せ工，ワイヤロープ張力，数値解析

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 土木研究所 寒地土木研究所 TEL 011-841-1698

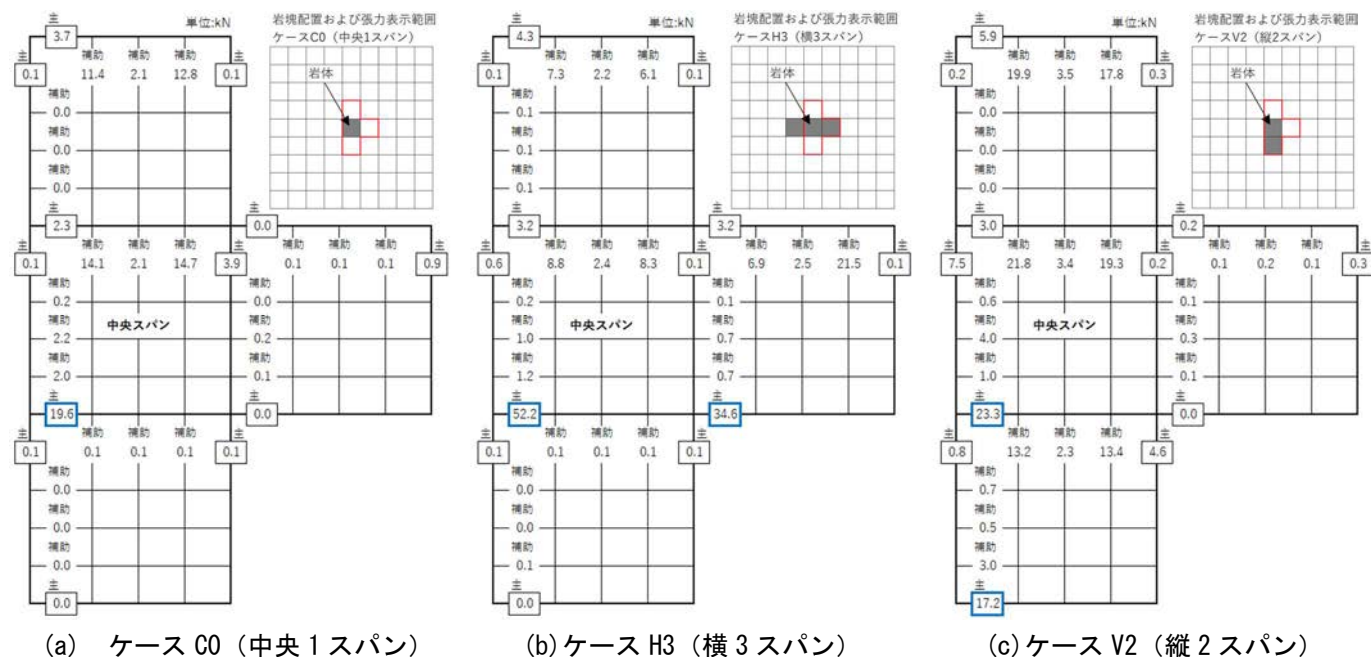


図3 複数の落石が発生した場合のロープ張力への影響

カーで固定された縦2m×横2mを1スパンと定義した。また、いずれのケースも斜面勾配は45°と仮定した。

数値解析は、1) 岩塊と斜面を完全固定とした状態で、重力によってロープと岩塊を接触・安定させ、2) ロープ長で2m間隔毎の縦・横ロープ交点を簡易に空間上に固定しアンカー配置点を設け、3) 岩塊と斜面間に摩擦係数を設定し、岩塊の固定条件を解除することにより落石現象を再現した。

3. 数値解析結果

図2には岩塊と斜面の摩擦係数を変化させたケースC0～C050における、岩塊右下アンカー近傍の横主ロープおよび縦補助ロープ張力の経時変化を示している。図より、摩擦係数を $\mu=0$ としたケースC0の場合、岩塊が横主ロープと接触した後、ロープ張力は大きくなり降伏張力 T_y を超過していることが確認できる。これより、斜面の風化等によりロープ格子面と斜面に空間が生じ摩擦力を消失した状況などでは、落石荷重によってロープに大きな張力が発生する可能性があることが示唆された。

図3には岩塊を横3スパンおよび縦2スパンに配置した配置したケースH3およびV2の岩塊近傍のロープ張力をケースC0と比較して示している。なお、図中に示したロープ張力は数値解析終了時の値であり、岩塊配置の対称性考慮し、図中赤枠範囲のみのロープ張力を示している。図3(a)より、中央1スパンに落石が生じた場合には主に岩塊下方の横主ロープおよび縦補助

ロープ2本で落石荷重を負担している。また、縦補助ロープを介して岩塊上方の横主ロープにも荷重が伝達していることが確認できる。一方で、岩塊右側スパンのロープ張力は小さい。図3(b)よりケースH3の場合には、ケースC0の場合と比較して1スパン当たりの落石荷重は等しいが、1スパン毎の岩塊下方の横主ロープ張力(図中青枠)が大きいことが確認できる。その大きさは、中央スパンでケースC0の約2.7倍、右側スパンでケースC0中央スパンの約1.8倍であった。図3(c)よりケースV2の場合には、ケースC0の場合と同様に、落石荷重は縦補助ロープを介して岩塊上方の横主ロープにも伝達していることが確認できる。中央スパンの岩塊下方の横主ロープの張力は、ケースC0の場合の約1.2倍である。

以上より、隣接する複数のスパンで落石が発生した場合、1スパンのみの落石による場合と比較してロープ張力が大きくなる可能性があることを確認した。

4. まとめ

- 1) 斜面との摩擦力を消失した状態で落石が生じた場合には、ロープには大きな張力が発生する可能性がある。
- 2) 隣接するスパンで複数の落石が生じた場合のロープ張力は、1スパンの落石の場合と比較して大きくなる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧, 2017.