

個別要素法による岩盤斜面の安定性評価と落石シミュレーション

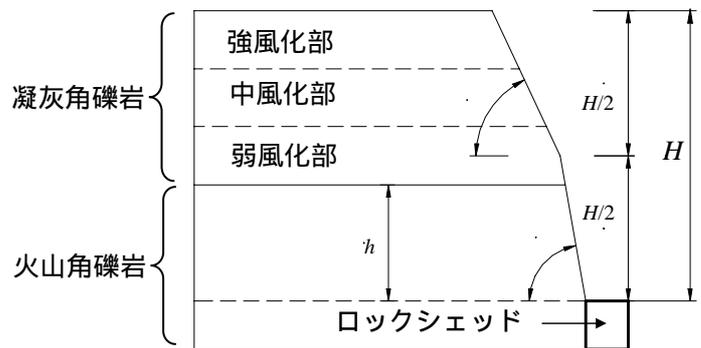
長崎大学工学部 学生会員 谷下由季 長崎大学工学部 正会員 蒋宇静
 長崎大学工学部 フェロー 棚橋由彦 長崎大学工学部 正会員 杉本知史
 長崎県土木部道路維持課 有吉正敏 長崎県土木部島原振興局 椋尾隆

1. はじめに

高速道路や鉄道の路線が山間部を通るなど地山を深く掘削した長大斜面が形成される事例が多く、崩壊が危惧される岩盤斜面も全国的に多数存在しており、斜面補強を行う必要がある。本研究では、長崎県雲仙市から南島原市の一般国道 251 号線沿いの岩盤斜面を対象として数値解析を実施することで落石などによる斜面崩壊をもたらす要因を明らかにし、将来の安定性を評価し考察することで、補強箇所の選択を可能にすることを目的としている。

2. 解析モデルの概要

本研究では、崩壊の判定と崩壊後の挙動をシミュレーションできる DEM(個別要素法)を用いて解析を行った。図-1 に本研究で対象とする岩盤斜面の断面図を示す。斜面下部傾斜角 (°)、斜面上部傾斜角 (°)、斜面高さ $H(m)$ 、火山角礫岩の基準線からの層厚 $h(m)$ とし、この4つのパラメータを変化させて解析ケースを設定した。斜面



は形状で、Type1(= 、単純斜面)、Type2(> 、斜面上部が緩やかになる斜面)、Type3(< 、斜面上部が急傾斜する斜面)に分類される。地質は斜面底部から火山角礫岩層、凝灰角礫岩層となっており、凝灰角礫岩層は風化の度合いにより強風化部、中風化部、弱風化部となっている。ロックシェッドは岩盤斜面から崩落する土砂や岩石の荷重に耐えうる強度を有する。解析ケースは斜面 Type ごとの現場断面形状の平均値とそれに、 H と h については $\pm 10m$ 、 と については $\pm 10^\circ$ のケースを加えた計 189 ケース(Type1 は 27 ケース、Type2 と Type3 は 81 ケースずつ)を基本として、不十分な部分を追加しながら解析を行った。解析に用いた岩盤ブロックの物性値は現場の調査などに基づいて決定した。

3. 解析結果と考察

3.1 斜面形状の影響¹⁾

図-2 における安定と不安定の境界線を - 曲線と呼び、 - 曲線よりも左側は安定領域、右側は不安定領域である。 h が増加すると安定領域が拡大し、 H が増加すると不安定領域が拡大している。また、 - 曲線は直線 = 付近に変曲点があり、これ

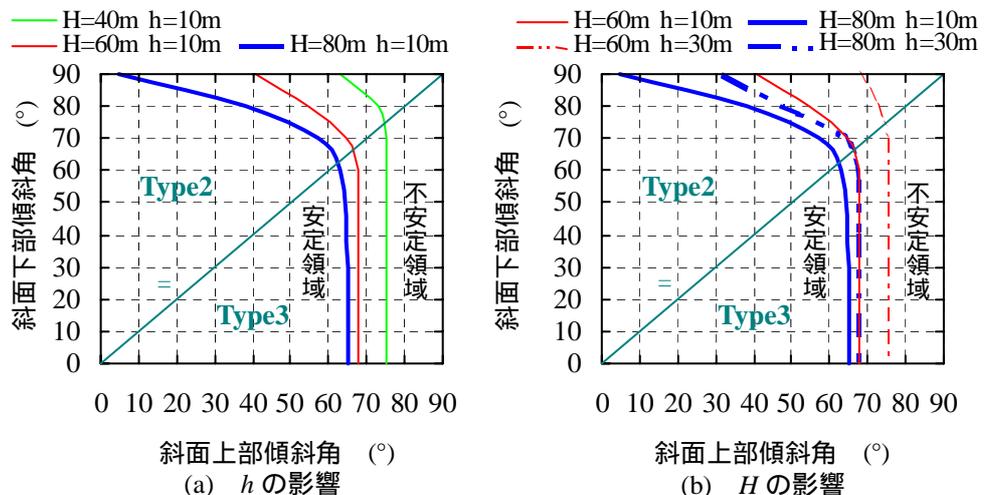


図-2 斜面の安定と不安定の境界線(- 曲線)

は斜面の形状が Type2 から Type3 に変化するためであると考えられ、Type2 では崩壊に関する の影響が Type3 よりも大きくなっている。さらに、図-2(a)より、特に Type3 において上部層の厚さが同じであれば H の影響がほと

んどないことがわかる。

3.2 解析結果の評価

昨年度の解析結果¹⁾より、一般国道 251 号線沿いに存在する岩盤斜面(雲仙市南串山町から南島原市加津佐町にかけての海岸線およそ 4500m の区間)において 8 箇所の斜面が不安定の可能性があることが判明され、現地での詳細測量により、断面形状は図-1 の傾斜角 と の間に を加え、斜面下部(傾斜角)、斜面中部(傾斜角)、斜面上部(傾斜角)の三つの構成として、外形を設定し直した。現場試験から得られた物性値を用いて解析することにより、斜面の安定状態を評価した。いずれも安定であり、実現場の安定状態を再現できたが、引張とせん断に対する安全率が 1 に近い箇所があり、風化の進行などによって局部的崩壊を生じる可能性があると考えられる。

3.3 落石解析

風化や地震などの要因により落石が起こった場合、斜面下にあるロックシェッドにかかる荷重を解析した。過去崩壊した岩盤斜面の落石の大きさを調査した結果を踏まえて、落石ブロックを最大エッジ長さ 1m の六角形ブロックとし、ブロックの重量を 20kN、落石高さ $H'=36\text{m}$ 、傾斜角度 $t=67^\circ$ とした。図-3 は斜面において落石が転がり落ち、ロックシェッドに 1 回目衝突したときと、リバウンド後 2 回目衝突したときの速度ベクトル図である。

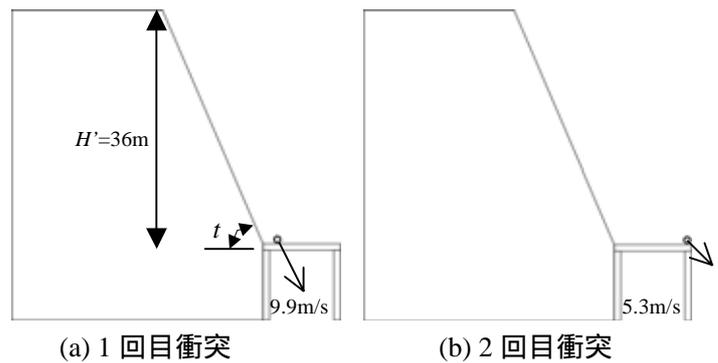


図-3 斜面落石シミュレーション(速度ベクトル)

また、落石がロックシェッドに与える荷重を、水平方向と鉛直方向の 2 方向に分けたグラフ図を図-4 に示す。はじめに 1 回目の衝突において鉛直方向では 3.6MN の力が、水平方向は 1.0MN の力がロックシェッドにかかっている。2 回目は落下速度も遅くなったので、1 回目よりも衝撃は和らいでいる。これより、落石によるロックシェッドへの影響は、ブロックのサイズと形状、落下高さに関係するものと考えられるが、詳細な落石シミュレーションの結果に基づけば、ロックシェッドの耐荷力をチェックすることができる。

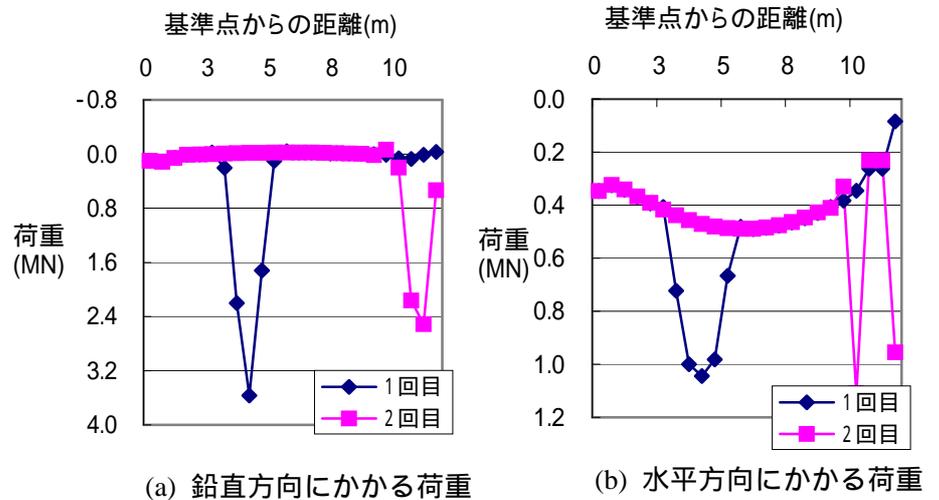


図-4 落石によるロックシェッドにかかる荷重

4 . おわりに

斜面の安定性や崩壊は、岩盤物性値や斜面外形に、またロックシェッドの安定性は落石の大きさ、落下高さなど様々な要因で変化しうることを明らかにした。今後は岩盤斜面の安定解析と落石シミュレーションの結果に基づき、不安定の可能性が高い箇所の遠隔モニタリングシステムを構築していく。

(参考文献)

1) 手島亮介, 田作祐輔, 李博, 蒋宇静, 棚橋由彦: 斜面形状が岩盤斜面の安定性に及ぼす影響の評価, 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2008