

個別要素法と GIS による道路沿い岩盤斜面の安定性評価とハザードマッピング

長崎大学工学部 学生会員 ○森谷ゆうみ 長崎大学大学院 正会員 李 博
 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静 長崎大学大学院 フェロー会員 棚橋由彦
 長崎大学工学部 正会員 杉本知史 長崎県土木部島原振興局 棕尾隆

1. はじめに

台風等によって引き起こされる局地豪雨、記録的な長雨などにより岩盤斜面の崩壊が頻発している。岩盤斜面の崩壊は、人命にかかわる事故はもちろんのこと、社会的にも多大な影響を与えるおそれがある。崩壊する斜面を特定することや、崩壊後の挙動を予測することが可能になれば、事前に適切な補強などの対策工を行うことができ、斜面防災に大きく貢献することができると考えられる。本研究では、一般国道 251 号線沿いに存在する岩盤斜面の地形データをもとに岩盤斜面のモデルを作成し、個別要素法を用いて解析を行うことで斜面の安定条件を解明する。それにより、将来の安定性を評価・考察することで、補強箇所の抽出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 に本研究で対象現場とする一般国道 251 号線沿いの岩盤斜面(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)が存在する箇所を、図-2 に岩盤斜面のモデル図を示す。斜面下部(傾斜角 α)、斜面中部(傾斜角 γ)、斜面上部(傾斜角 β)の 3 層構造の断面形状とし、斜面上部の高さ h_1 (m)、斜面中部の高さ h_2 (m)、斜面下部の高さ h_3 (m)、斜面高さ H (m)とした。一般国道 251 号線沿いに存在する岩盤斜面 12 箇所において、現場試験から得られた物性値を用いて解析を行うことにより、斜面の安定性を評価する。



図-1 対象現場

3. 解析結果と考察

3.1 安定性解析結果の評価

既往の解析結果¹⁾より、対象現場の 4 箇所(No.1 ~ No.4)において改めて地質調査および現場試験が行われた。その結果より得られた新たな物性値を用いて、解析を行うことにより安定状態を評価した。岩盤斜面の形状値を表-1 に示し、斜面形状をType1($\alpha=\beta$ 、単純斜面)、Type2($\alpha>\beta$ 、斜面上部が緩やかになる斜面)、Type3($\alpha<\beta$ 、斜面上部が急傾斜する斜面)に分類する。一例として、図-3 に解析結果より得られた岩盤斜面の安全率分布図を、図-4 にせん断破壊と引張破壊を表す塑性領域図を示す。図-3(a)、(b)より、岩盤斜面No.3 はType2、岩盤斜面No.2 はType3 に分類できる。Mohr-Coulombの破壊規準より、安全率は、地山の主応力から求まるMohrの応力円が破壊包絡線へ接近する割合で表現される。安全率を F_S 、最大主応力を σ_1 、最小主応力を σ_3 、土の粘着力を c 、内部摩擦角を ϕ とすると、安全率の定義式が以下のようになり、 $F_S>1.0$ の場合を安定と判定する。

$$F_S = \frac{2c \cos \phi + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi}{\sigma_1 - \sigma_3} \quad (1)$$

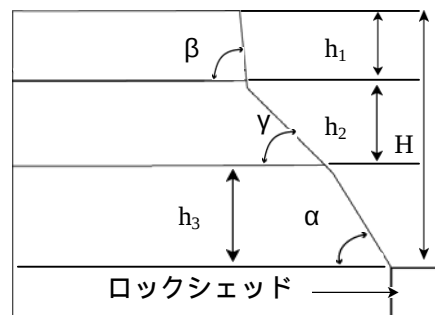


図-2 岩盤斜面モデル

表-1 岩盤斜面の形状値

斜面番号	H(m)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$
No.1	78.9	85.3	31.6	41.0
No.2	51.8	39.1	71.5	69.5
No.3	83.8	63.8	68.1	25.4
No.4	86.5	47.7	71.3	67.0

図-3 に示すように、安全率がほとんど 1.5 以上と算出され、他の 2 断面においても同様の結果が得られたため、安定と評価することができた。しかし、Type3 に分類された No.2 においては、斜面中部の安全率は低いと算出されているため、円弧すべりに近い形で破壊する可能性があるとして評価できる。また、図-4(a)に示すように、岩盤斜面 No.3 にのみ引張とせん断破壊が発生した箇所が算出された。そのため、該当斜面において当面は安定であるが、将来局所的崩壊の可能性があると考えられる。また、地質調査および現場試験より物性値の見直しを行ったため、既往解析で行われた 12 箇所の岩盤斜面においても新たな物性値を用いて弾性解析を行い、それぞれ安全率を決定した。図-3(c)に斜面 No.3(H20)、図-3 (d)に斜面 No.3(H21)の結果を示す。既往解析結果と本研究の結果を比較してみるとほとんど変化はなく、安全率も 1.5 以上の箇所が多く安定と評価できる。しかし、図-4(b)、(c)より、既往結果では引張とせん断破壊が発生した箇所は算出されなかったが、本研究結果では算出されているため、環境的要素の変化などから局所的破壊が進行していると評価できる。また、解析結果だけでは安定と評価されている岩盤斜面においても、表層での安全率の低下傾向も顕著に確認されているため、将来破壊を起こす可能性を考慮しなければならない。また、破壊の可能性があると判断された場合、斜面下の道路防災対策(ロックシェットの耐荷力評価や崩壊抑止工の設計など)を行うことが必要である。

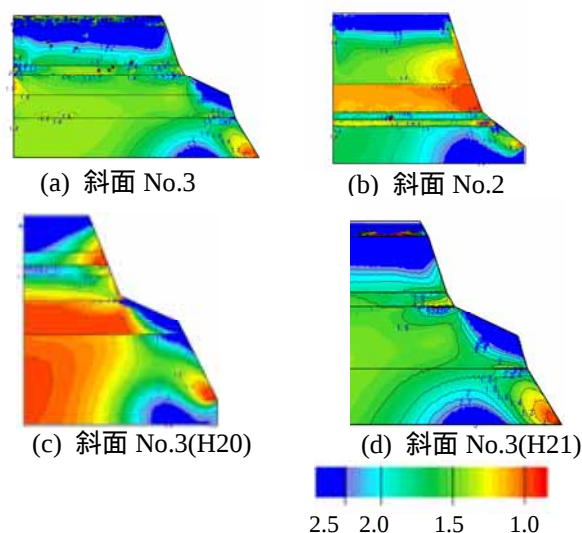


図-3 安全率分布図

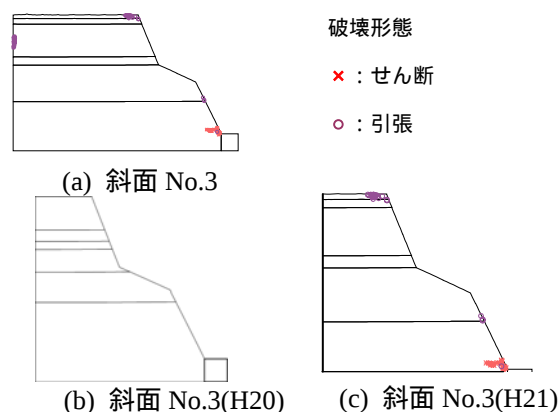


図-4 塑性領域図

3.2 安定性の空間的把握

対象現場の地形データに基づいて出力された等高線図のデータを GIS に取り込み、対象現場全体を 3 次元的に表すことで、岩盤斜面の断面毎の安定性を反映し、岩盤斜面全体の安定性を空間的に把握する。図-5 に対象現場である岩盤斜面の等高線データ図を示す。また、GIS を用いて、Type1、Type2、Type3 の 3 タイプ毎に岩盤斜面を分類し、傾斜角や高さによる解析、岩盤斜面の層の構成による解析を行うことで、岩盤斜面のハザードマッピングを行う。解析結果は紙面スペースの関係で講演時に述べる。



図-5 道路沿い斜面等高線図

また、GIS を用いて、Type1、Type2、Type3 の 3 タイプ毎に岩盤斜面を分類し、傾斜角や高さによる解析、岩盤斜面の層の構成による解析を行うことで、岩盤斜面のハザードマッピングを行う。解析結果は紙面スペースの関係で講演時に述べる。

4. おわりに

本研究では、個別要素法による岩盤斜面形状を考慮した安定性を評価することができた。また、GIS により対象となる道路沿い岩盤斜面の補強箇所を抽出することができた。斜面の安定性や崩壊は、時間の経過や地層の変化、また、岩盤物性値や斜面形状の変化に伴って変化しうることが明らかになった。今後は本研究で提案した手法を活用して、道路防災のための情報提供を進めていく。

参考文献：

- 1) 蔣 宇静, 谷下由季, 棚橋由彦, 杉本知史, 有吉正敏, 椋尾 隆：岩盤斜面の安定性評価と落石シミュレーション, 土木学会第 64 回年次学術講演会概要集(CD-ROM), 3-78, pp.155-156, 福岡(2009.9)