

## 降雨時の不安定化斜面の評価に関する基礎的検討

防災科学技術研究所 正会員 ○石澤 友浩 防災科学技術研究所 正会員 檀上 徹

### 1. 概要

地方公共団体の土砂災害に関する検討課題として、ハード対策の優先順位等の検討や避難情報の精度や遅れ等があり、この主な原因は斜面変動の場所・時間の予測精度が低いためである。詳細な災害発生場所の精度を高める手法開発を進めると同時に、一方で、地盤情報が少ない広域な山間部において、発令後の巡視や避難経路の安全性に関する事前の備えとして、潜在的な不安定化斜面を把握しておくことは重要である。そこで、本稿では、降雨によって潜在的に不安定化しやすい斜面を評価する簡易な手法を検討するため、楕円球体を仮定した無数の想定崩壊地に対して3次元斜面安定解析を行い、その解析結果と被害事例との比較について報告する。

### 2. 解析方法

本研究では、想定崩壊地をモンテカルロ法により場所・規模を無数に想定でき、想定崩壊地に対して繰り返し3次元斜面安全率解析が可能な解析手法<sup>1)2)</sup>を用いた。図-1に解析の流れを示す。なお、安全率の計算は修正した3次元Hovland法である。本解析では、傾斜方向がほぼ一致する単位斜面より小さな規模で崩壊が発生することを仮定した。ここで、単位斜面とは、主に山の尾根線と谷線で囲まれた範囲であり、尾根線と谷線が確定できれば各単位斜面を特定することが可能である。

次に、本手法では、図-2に示すすべり面の3次元形状を楕円体と想定し、楕円体の地中部分と地盤と交差する面をすべり面と仮定している。想定する崩壊地点は、モンテカルロ法により乱数として変化させた楕円体の径(a, b, c)によって崩壊土塊が仮定するため、楕円体の中心位置、形状寸法を変化させた多数のすべり面を想定できる。そのため、モンテカルロ法による任意の空間位置、範囲、形状の斜面に対して、3次元斜面安定解析の多くの試行計算を行うことが可能である。

### 3. 解析の対象地域および解析パラメータ

本稿では、図-3に示す2019年台風19号により13ヶ所で土砂災害が発生した神奈川県南足柄市地藏堂地域(1.5km×1.0km)を対象とした。地質図や地盤の調査の結果より、この対象領域周辺の地質は安山岩質岩石、軽石、泥岩等の火山性岩石類および固結堆積物からなっており、斜面は露岩部が僅少であり、表土及び崩積土は比較的薄く分布している。現地調査や地盤調査の結果および土砂災害警戒区域等指定のための基礎調査マニュアルに基づき、表-1に示す土質パラメータを用いて3次元地盤データを作成し、解析を行った。

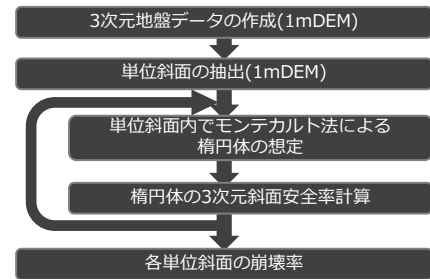


図-1 解析の流れ

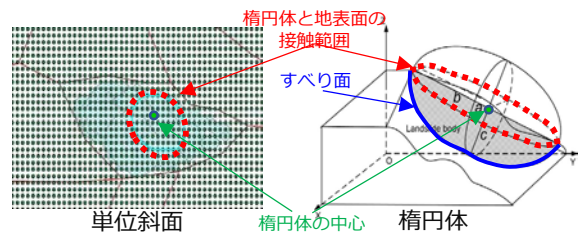


図-2 楕円体の概略図

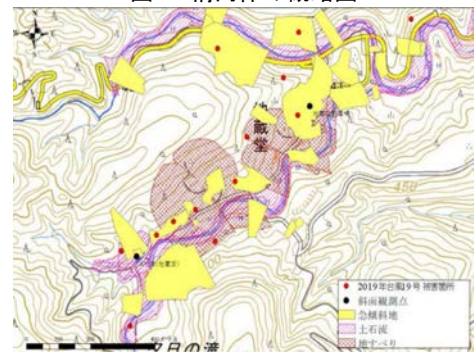


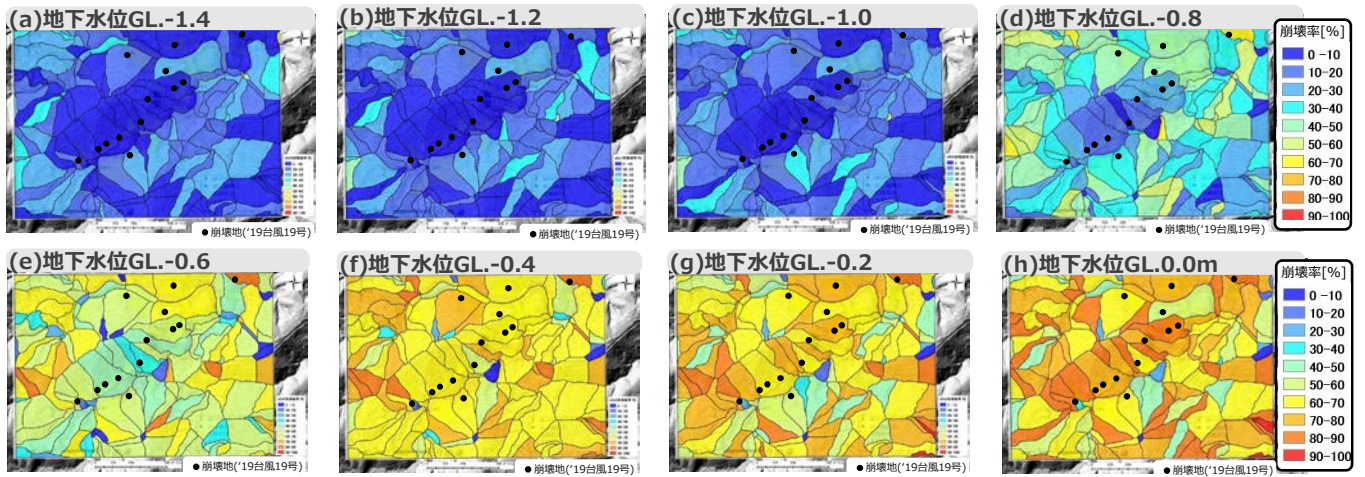
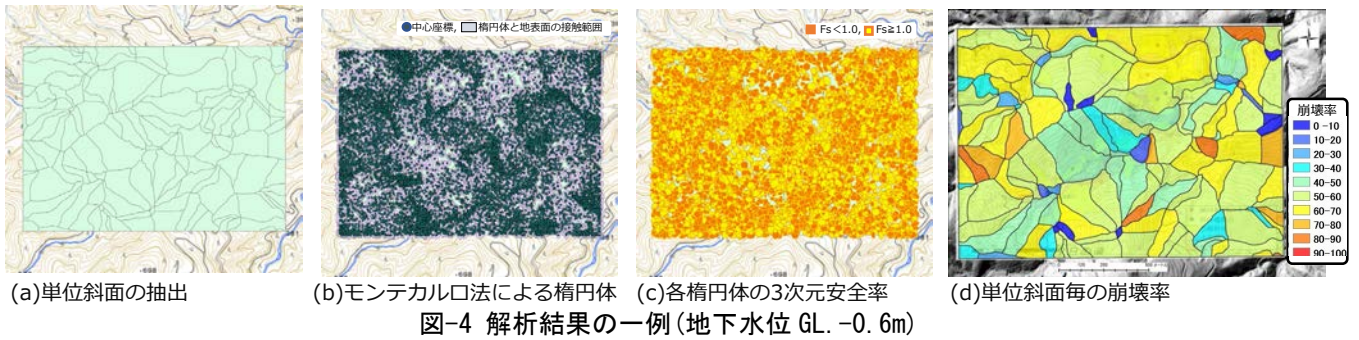
図-3 対象地域

表-1 解析パラメータ

深度 z [m]	単位体積重量γ [kN/m <sup>3</sup> ]	粘着力C [kN/m <sup>2</sup> ]	内部摩擦角φ [°]
GL-0.0~-0.2m	18	0	25
GL-0.2~-0.4m	18	0	30
GL-0.4~-0.6m	18	0	30
GL-0.6~-0.8m	18	0	35
GL-0.8~-1.0m	18	0	35
GL-1.0~-1.2m	18	12.5	35
GL-1.2~-1.4m	18	12.5	35

キーワード 降雨 斜面崩壊 安全率

連絡先 〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1 (国研) 防災科学技術研究所 E-mail : [ishizawa@bosai.go.jp](mailto:ishizawa@bosai.go.jp)



さらに、本解析では、地下水位の変動パターンとして、表-1 に示す地表面から-1.4mまでの 8 深度で変動したと想定して解析を実施した。

### 3. 解析結果と今後の課題

本稿では、各单位斜面において崩壊の発生想定場所（楕円体の中心位置）、斜面崩壊の推定規模（楕円体のサイズ（半径  $a, b, c$ ））はモンテカルロ法を用いて 100 回計算した結果を整理した。

結果の一例として、地下水位が GL.-0.6m まで増加した場合の結果を図-4 に示す。対象範囲で抽出された 141 個の単位斜面を図-4 (a) に示している。図-4 (b) にモンテカルロ法により各单位斜面内に 100 個の楕円体の中心位置および崩壊想定範囲を示し、図-4 (c) に 14100 個の楕円体の安全率  $F_s$  を  $F_s=1.0$  で区分した結果を色分けして示している。最後に、図-4 (d) は、各单位斜面の 3 次元安全率の崩壊率  $R_{Fs}$  を整理した。ここで、崩壊率  $R_{Fs}$  とは各单位斜面内の 100 個の楕円体うち、安全率  $F_s$  が 1.0 を下回った楕円体の個数を比率で示している。

図-5 に、地下水位変動(各 0.2m 増加)に伴う単位斜面毎の崩壊率の分布を示す。同図より地下水位の上昇に伴い、崩壊率が高くなるのがわかる。また、同図には 2019 年の発生箇所も示しており、これらの崩壊深さは 0.4~0.7m 程度であった。図-5 の被害事例を含む単位斜面に着目すると、地下水位が GL.-0.6 以上で崩壊率  $R_{Fs}$  が高い値を示しており、単純な地盤モデルではあったが、合理的なパラメータを設定できたと推察できる。

本稿では地形、傾斜角度、土質強度および地下水位の 4 つの斜面安定に対する要素を考慮した基礎的な解析を行ったが、本手法の影響因子分析や他の数値解析手法との比較等を進め、地盤情報が少ない広域な山間部において不安定化しやすい斜面を評価する簡易な手法について検討を進めていく予定である。

謝辞: 本研究に当たり、神奈川県南足柄市総務防災部の皆様や、株式会社キタックの王純祥様には、貴重なデータの提供や解析補助等のご尽力、ご助言を戴きました。ここに記して皆様方に感謝の意を表します。

参考文献 : 1)Xie M.,Esaki T.,Qiu C., Wang C., Geographical information system-based computational implementation and application of spatial three-dimensional slope stability analysis. Computers and Geotechnics, 33, pp.260-274, 2006.  
2)Wang C., Esaki T., Xie M. and Qiu C., Landslide and debris-flow hazard analysis and prediction using GIS in Minamata-Hougawachi area, Japan. Environmental Geology, 51(1), pp. 91-102, 2006.