

## 阿蘇の崩壊斜面をモデルとした被害範囲推定に関する数値解析的検討

九州大学大学院 学生会員 ○田中 大貴  
 正会員 笠間 清伸 正会員 古川 全太郎

### 1. はじめに

平成 28 年 4 月 16 日 1 時 25 分頃に熊本県熊本地方を震源とする地震が発生し、熊本県阿蘇地方では震度 6 強の震度を観測した。この地震により布田川断層帯が動いたことにより南阿蘇村の阿蘇大橋付近において深層崩壊が発生した。本文では、深層崩壊の危険度および斜面崩壊に伴う土砂移動を推定するための基礎的検討として、深層崩壊の崩壊形状が円弧すべり形状と仮定できる条件で三次元斜面安定解析を行い崩壊土砂量を決定した後、崩壊後の土砂の到達範囲を連続体モデルを用い数値解析的に検討した。尚、南阿蘇村の深層崩壊を対象に崩壊後の土砂の流動解析に適用した。

### 2. 解析概要

深層崩壊による崩壊領域を調べるため、斜面の安定性をビショップ法を基にした三次元斜面分割法により評価した<sup>1)</sup>。ここで移動中の崩壊土砂に働く力は図-1 のように考えられる。柱状要素とは仮想斜面では縦横 1 m の格子、実際の斜面では縦横 8 m の格子の直方体を表す。ここで柱状要素に働く力は、地震力、自重、せん断力に加えて、柱状要素の側面に作用する水平土圧、間隙水圧である。これらの力の合力に比例して柱状要素は加速度  $a$  で加速・減速するため、柱状要素の質量を  $m$  としたとき、次式で表される。

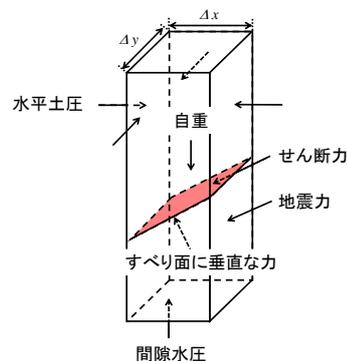


図-1 運動する柱状土塊に働く力

$$m \cdot \vec{a} = (\vec{W} + \vec{F}) + \left( \frac{\partial P_x}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial P_y}{\partial y} \Delta y \right) + \vec{R} \quad (1)$$

$W$  は自重、 $F$  はせん断力、 $R$  は地震力等の抵抗力を表す。(1)式を差分法、有限要素法等で用いる連続の式、ナビエ・ストークス式を利用することにより土砂の流動範囲を推定した。仮想斜面は縦横 147 m としこれを 1 m ずつに格子で分割した。斜面の傾斜を  $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$  と急斜面に設定し、高さは 30 m に統一した。崩壊土砂の推定も同一の仮想斜面を対象とした。この運動する柱状要素でモデル化した崩壊土砂の流動範囲を求めた<sup>2)</sup>。

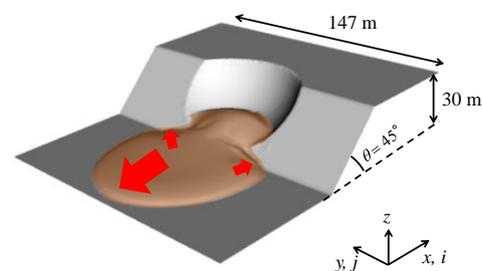
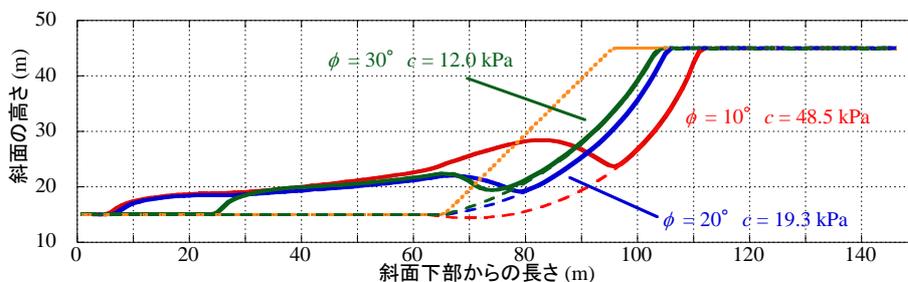


図-2 崩壊土砂の挙動

### 3. 解析結果

#### (1) 崩壊土砂到達範囲

図-2 に解析対象とした仮想斜面の 8 秒後の土砂の崩壊挙動を表した。着色している部分が土砂の崩壊部分、矢印は



a)  $\theta = 45^\circ$  の土砂の挙動

キーワード：2016 年熊本地震、深層崩壊、三次元斜面安定解析、汎濫解析

連絡先：〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 1110 電話番号：092-802-3384

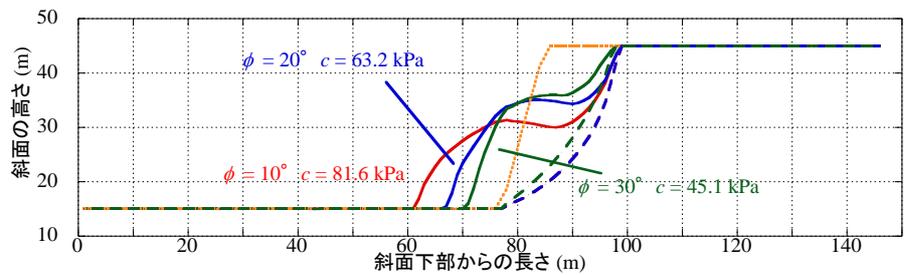
土砂の移動方向を表す。また、図-3 は崩壊土砂が 8 秒後に到達した範囲を a) が傾斜角  $45^\circ$  , b) が傾斜角  $75^\circ$  の土砂の挙動を示す。図の実線は崩壊後の移動土砂の堆積形状であり、破線はすべり面を示す。a) の場合、内部摩擦角が  $10^\circ$  において土砂移動到達距離は 61 m であった。一方、内部摩擦角が  $30^\circ$  において土砂到達距離 42 m となり、到達距離は約 31% 減少した。b) の場合は内部摩擦角が  $10^\circ$  から  $30^\circ$  となるに従い土砂到達距離は 15 m から 7 m と約 53% 減少した。以上のことより、傾斜角が大きくなると土砂の到達範囲は小さくなるが、傾斜角  $60^\circ$  以上であれば内部摩擦角が大きくなると、土砂の到達範囲の減少率が大きくなること示唆される<sup>3)</sup>。

(2) 実斜面における土砂の崩壊挙動

図-4 に実斜面での土砂の崩壊挙動をそれぞれ 5 秒後、15 秒後、25 秒後において示した。図の実斜面は南阿蘇村の阿蘇大橋の深層崩壊を示しており、崩壊領域は崩壊前後の標高は LP データを用いた。また、粘着力を 5 kPa, 内部摩擦角を  $30^\circ$  と仮定して解析を行った。図の赤い部分は、崩壊土砂の厚さが 10 m 以上の部分の大崩壊を示す。崩壊土砂は、山の中腹に達すると集積が多くなり、その一部は山の中腹にも残留した。またほとんどの土砂は傾斜の緩い斜面下部を流れ、川に達した。これより、この解析手法により実際の阿蘇の深層崩壊を再現できる可能性があることを示唆している。

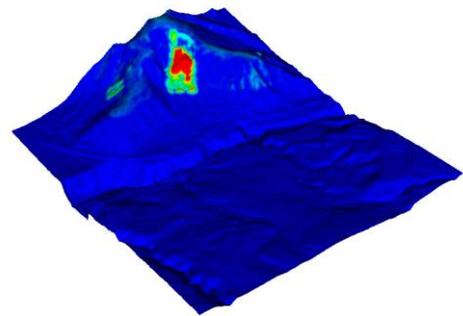
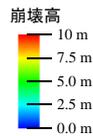
参考文献

- 1) Reid, M. E. Christian, S. B, Brien, D. L, and Henderson, S. T. : Scoops3D-Software to analyze three-dimensional slope stability throughout a digital landscape : U.S Geological Survey Techniques and Methods, Chapter-2. Basis of the Slope-stability Analysis, pp.7-26, 2015
- 2) 佐々恭二 : 地すべり・斜面崩壊の運動予測—改良そりモデルとシュミレーションモデル, 京大防災研究所年報第 30 号 B-1, pp.8-12, 1987.
- 3) 田中大貴 : 三次元斜面安定解析を用いた崩壊土砂量および被害範囲推定に関する一考察, 第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 2016

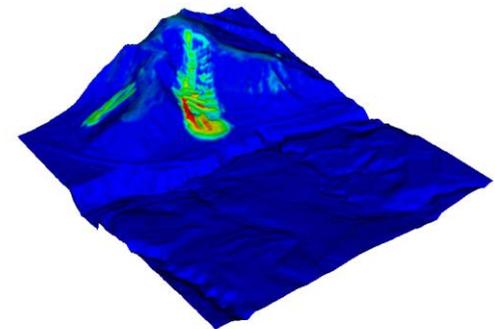
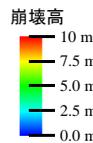


b)  $\theta = 75^\circ$  の土砂の挙動

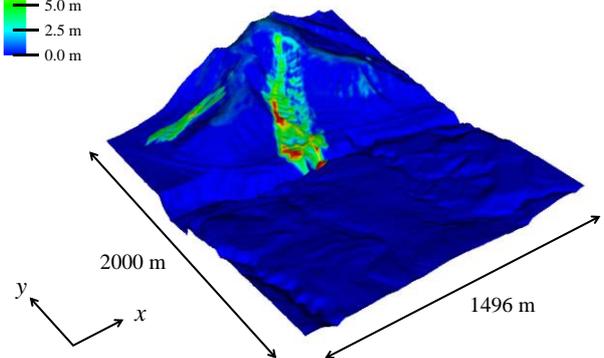
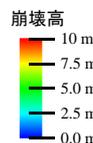
図-3 崩壊土砂の高さと土砂到達距離



a) 5 秒後



b) 15 秒後



c) 25 秒後

図-4 深層崩壊現場斜面