

GISを用いた福岡県朝倉市の広域斜面崩壊危険度評価

九州大学 学生会員 ○矢原 和明 東京工業大学大学院 正会員 笠間 清伸
九州大学大学院 正会員 古川全太郎

1 はじめに

九州地方は、地理的な条件から台風の上陸率が高く、地球温暖化などの気象環境の変化から局所的に集中豪雨が発生しており、土砂災害が頻発する状況にある。例えば、平成29年7月九州北部豪雨に起因して、福岡県朝倉市、東峰村及び大分県日田市を中心に広域的な土砂災害が発生した。これら災害を軽減するためには、災害関係情報を迅速かつ効率的に活用することが極めて大切である。本研究では、気象レーダー情報や地盤情報データベースなどの地理・地質・降雨の空間情報をGIS上で連結し、リアルタイムで斜面崩壊の発生時間と位置を推定できるシステムを構築した。本文では、そのシステムを福岡県朝倉市に適用し、平成29年7月九州北部豪雨時の崩壊データとの比較を行い、推定精度を検証した。その結果を報告する。

2. 解析手法と入力定数

本研究の対象地域は、平成29年7月九州北部豪雨で被災した福岡県朝倉市の奈良ヶ谷川・北川・寒水川・白木谷川・乙石川・赤谷川の流域を含む北緯33度東経130度の領域である。図1に示すように地形を10mのメッシュで分割し、そのメッシュごとの降雨量から表面流と斜面浸透流を計算し、最終的にはそのメッシュごとに無限斜面における降雨浸透モデルを適用し、式(1)に示す安全率の式を用いて斜面崩壊危険度評価を行った。

$$F_s(Z, t) = \frac{\tan \phi'}{\tan \delta} + \frac{c' - \Psi(z, t) \gamma_w \tan \phi'}{\gamma_{sat} z \sin \delta \cos \delta} \quad \because \Psi(z, t) = \frac{1}{\alpha \cos \delta} \ln \left[\frac{K(z, t)}{K_s} \right] \quad (1)$$

ここに、 ϕ' は土の内部摩擦角、 c' は粘着力、 δ は傾斜角(°)、 Ψ は崩壊深度における水圧(kPa)、 γ_w は水の単位体積重量(N/m³)、 γ_{sat} は土の飽和単位体積重量(N/m³)、 z は崩壊深度(m)、 α は毛管上昇高さの逆数、 K_s は鉛直方向の透水係数を表す。

この解析手法には地盤条件として2種類のモデルがある。1つ目の1層モデルとは、鉛直降雨浸透によって安全率が低下するモデルであり、2つ目の2層モデルとは、地下水位の上昇によって安全率が低下するモデルである。また、雨が斜面に浸透してから流れる方向を3パターン仮定できる。1つ目の gener は下向き、2つ目の slope は斜面と平行に浸透した水が流れ、3つ目の hydro はどこにも流れず静水圧分布を示すことを仮定している。

10m メッシュごとの標高データから計算した広域評価に用いるデータは、傾斜角と集水面積である。また、表層地質は国土交通省国土政策局国土情報課²⁾より入手した。表1に示す朝倉市に主に堆積する花崗閃緑岩の物理特性は現地調査結果³⁾からの平均値を入力定数として用いた。

図2は解析で用いた水分特性曲線であり、朝倉市の花崗閃緑岩を対象に実施された結果を用いた。この結果から飽和体積含水率、残留体積含水率、毛管上昇高さの逆数を入力定数として設定した。

図3に示す崩壊深度は崩壊前後のLPデータの差から崩壊深度を算出

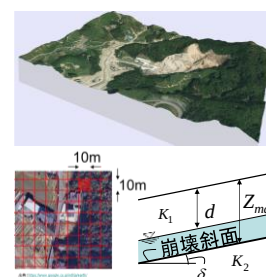


図1 提案モデル図

表1 花崗閃緑岩の物理特性

測定位置	①	②	③	④	⑤	平均値
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.590	2.549	2.579	2.625	2.668	2.602
含水比 w (%)	22.84	27.95	18.38	9.9	8.77	17.568
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.223	1.485	1.377	1.607	1.637	1.466
飽和度 S_r (%)	52.68	98.64	54.56	40.57	37.33	56.756
透水係数 k (10 ⁻⁶ m/s)	9.29	1.15	10.00	5.22	5.93	6.318
せん断強さ s (kN/m ²)						
$D=6.10 \ln(q_u/8.50)$	23.55	16.97	23.55	142.96	121.35	65.676
$s=q_u/2$						
湿潤密度 ρ (g/cm ³)	1.502333	1.900058	1.63009	1.7661	1.7806	1.716
飽和密度 ρ_{sat} (g/cm ³)	1.750799	1.902419	1.84307	1.9948	2.0234	1.903
間隙比 e	1.117743	0.716498	0.87291	0.6335	0.6298	0.794
内部摩擦角 ϕ (°)						30

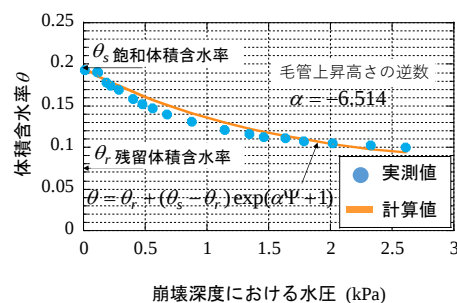


図2 花崗閃緑岩の水分特性曲線

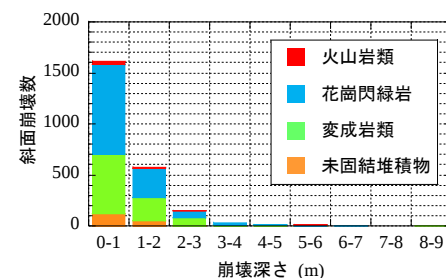


図3 各地質崩壊斜面数比較

し⁴⁾、花崗閃緑岩帯の平均値を入力定数として用いた。降雨情報については2017年7月5日～6日の10分ごと24時間分の時間雨量を用いた。

3. 広域斜面崩壊危険度評価

入力する強度定数を推定するために内部摩擦角と粘着力に関してパラメトリック解析を行った。その危険度評価手法の精度を評価するために的中率⁵⁾という概念を用いた。崩壊合致率 $PR_{failure}$ 、未崩壊合致率 PR_{stable} 、的中率 $PR_{average}$ と定義すると、式(2)～(4)のようになる。また、式中の $n_1 \sim n_4$ の概念について、表 2 を示す。

$$PR_{failure} = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad (2); \quad PR_{stable} = \frac{n_4}{n_3 + n_4} \quad (3); \quad PR_{average} = \frac{PR_{failure} + PR_{stable}}{2} \quad (4)$$

図に崩壊合致率と未崩壊合致率及び的中率と粘着力の関係を示す。図 4 より、内部摩擦角が 30° で粘着力が 1kPa のときに的中率が最大となった。内部摩擦角を 5° 下げても的中率は $2\sim 3\%$ しか上がらないのに対し、粘着力を 1kPa 下げると的中率は $3\sim 5\%$ 上がる。このことから最もの中率に影響を与えるパラメータは粘着力だと考えられる。また、乙石川の流域だけ他の流域より約 8% 的中率が低かった。これは未崩壊合致率の低さが原因である。崩壊合致率が 81.50% に対し、未崩壊合致率が 26.61% であったことから、解析で斜面が崩壊しすぎていると考えられる。今後は各流域でパラメータを調整し、精度評価を行う必要がある。

最後に結果として平成 29 年 7 月 5 日 20:50～21:00 の最小安全率図を図 5 に示す。

4. まとめ

本文で得られた成果を以下に示す。

- 1). 斜面崩壊危険度評価手法を構築し、福岡県朝倉市の崩壊斜面により精度検証を行った。提案手法の的中率は 66.66% であった。
- 2). 感度解析の結果、粘着力の測定精度が最も影響が大きい。粘着力の感度が的中率に与える影響が大きいことから、現位置において粘着力をいかに評価するかが重要である。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 JP19H00812：研究課題「気候変動影響を考慮した総合的流木災害リスク評価の展開」(研究代表者：矢野真一郎)の助成を受けたものです。

【参考文献】

- 1). 田中圭司・内田太郎・秋山浩一・盛伸行・寺田秀樹：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案），土木研究所資料，第 4129 号，2009.
- 2). 国土交通省国土政策局国土情報課，国土調査，<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html>，2019/8/25 笠間清伸：斜面崩壊の形状分析と深層風化に関する現地調査，平成 29 年 7 月九州北部豪雨に関する総合的研究報告書，pp.127-139, 2018
- 3). 高橋亮丞：平成 29 年 7 月九州北部豪雨による斜面崩壊の形状分析，九州大学工学部，卒業論文，2018
- 4). 篠田昌弘・宮田喜壽・中村晋：広域的な地震時斜面崩壊危険度図の作成方法，土木学会論文集 C（地圏工学），Vol.74, No.2, pp.177-191, 2018.

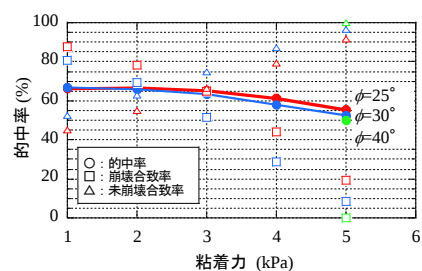


図 4 粘着力と的中率の関係

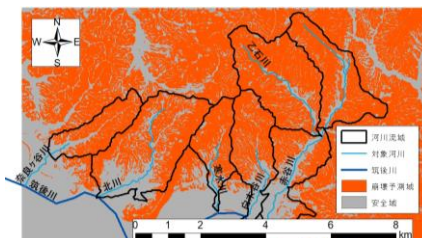


図 5 最小安全率図