

リアルタイムハザードマップ作成における斜面崩壊危険域に関する研究

九州大学工学部 学生会員 ○平岡大輝 九州大学大学院 フェロー 善 功企
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間清伸

1. はじめに

地球温暖化に起因した集中豪雨が増加し、それに伴う斜面崩壊の被害拡大が大きな社会問題になっている。著者の研究グループでは、地理情報システム(GIS)を用いて、豪雨時の広域的斜面崩壊危険度評価手法を構築してきた。本手法では、斜面表層への降雨の浸水割合に着目し、斜面の崩壊確率をリアルタイムで評価している。本研究では、斜面災害危険度の予測精度の向上を目的として、見かけの粘着力を考慮した斜面崩壊の安全率算定式を新たに用いた。さらに、勾配と表層厚の関係に着目し、これらを用いて斜面崩壊危険域を定義した。最後に、2003年7月豪雨について北九州市を対象としてリアルタイムハザードマップを作成し、その評価を行った。

2. 内容

2.1 崩壊確率の算出

本研究では、図-1のような降雨時の無限長斜面を考慮し、安全率算定式に、見かけの粘着力 c_ψ を考慮した式(1)~(5)に示す Montrasio ら¹⁾の式を用いた。

$$F_s = \frac{N' \cdot \tan \phi' + c' + c_\psi}{W' \cdot \sin \theta + F'} \quad (1) \quad c_\psi = A \cdot S_{r0} \cdot (1 - S_{r0})^\lambda \cdot (1 - m)^\alpha \quad (2)$$

$$W' = \cos \theta \cdot H \cdot \Delta s \cdot \gamma_w [m(n-1) + G_s(1-n) + n \cdot S_{r0}(1-m)] \quad (3)$$

$$N' = W' \cos \theta \quad (4) \quad F' = \gamma_w \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta \cdot m \cdot H \cdot \Delta s \quad (5)$$

ここで、 N' ：垂直応力、 W' ：土の自重、 T ：土のせん断強さ、 F' ：透水力、 c' ：土の有効粘着力、 ϕ' ：内部摩擦角、 θ ：勾配、 H ：表層厚、 Δs ：一要素の長さ、 γ_w ：水中単位体積重量、 m ：浸水割合、 n ：間隙率、 S_{r0} ：初期飽和度、 A ：土の種類に依存するパラメータ、 λ および α ：パラメータである。 n 、 S_{r0} 、 A 、 λ および α は、表-1に示す値を与えた。また、斜面の崩壊確率を計算するために、斜面強度に関する c' と ϕ' 、ならびに斜面の形状を表す θ と H を確率変数とした。各パラメータの分布形状は、 c' は指数分布、 ϕ' と H は正規分布、 θ は実測値に近い分布形状とした²⁾。これらの条件で、5000回のモンテカルロシミュレーションを行い、各地質、勾配および浸水割合ごとの崩壊確率を算出した。

2.2 勾配と表層厚の関係

昭和47年から平成11年の間に日本全国で発生した降雨による表層崩壊のデータ³⁾を用い、 θ と H の相関を導いた。 θ と H の平均値の関係、および近似式を図-2に示す。この近似式を用いて、 θ ごとに H の平均値を与え解析に用いた。変動係数は、 θ ごとに差が小さかったことから、全体に対する値を用いた。

2.3 崩壊確率算出結果

解析によって得られた浸水割合と崩壊確率の関係(花崗岩)を図-3に示す。勾配、浸水割合が大きいくほど崩壊確率は大きくなった。この傾向は他の地質でも同様であった。

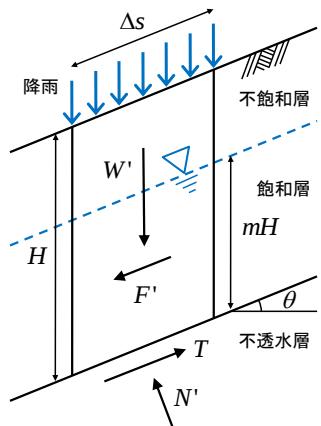


図-1 斜面の一要素に働く力のモデル¹⁾

表-1 各地質の地盤定数^{1), 2)}

地質	$c'(\text{kN/m}^2)$		$\phi'(^{\circ})$	
	平均値	変動係数	平均値	変動係数
花崗岩	23.0	0.57	35.6	0.11
堆積岩	18.0	0.77	33.5	0.14
火成岩	20.0	0.76	34.9	0.16
沖積岩	17.4	0.87	36.0	0.13

地質	n	S_{r0}	G_s	A	λ	α
花崗岩	0.3492	0.385	2.6	40	0.4	3.4
堆積岩	0.3198	0.4367		100		
火成岩	0.4800	0.2233		80		
沖積岩	0.3577	0.3521		80		

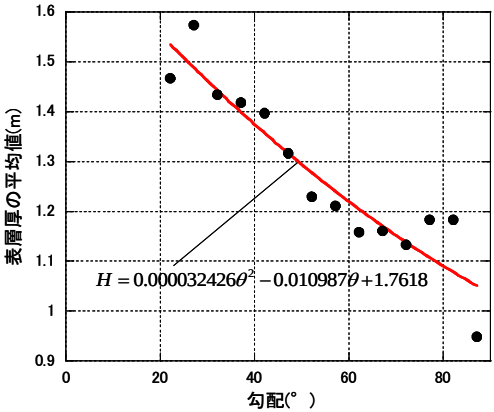


図-2 勾配と表層厚の関係

斜面安定、地理情報システム(GIS)、ハザードマップ

〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 防災地盤工学研究室 TEL092-802-3384

2.4 斜面崩壊危険域の定義

求めた崩壊確率および崩壊履歴を用いて、マップの実用化に向けて斜面崩壊危険域を定義した。モデル地域は福岡県北九州市とし、1989年から2005年の17年間に発生した崩壊履歴⁴⁾のうち、崩壊形態が表層崩壊、かつ履歴の該当するメッシュの勾配が 10° 以上の237件を用いた。危険域を定義する上で、崩壊は浸水割合が1のとき起こると仮定し、崩壊履歴箇所の浸水割合が1のときの崩壊確率を算出した。その結果、崩壊確率0.7%以上で、崩壊履歴の95%が、崩壊確率1.4%以上で、履歴の90%が発生していることがわかった。このことから本研究では、崩壊確率分析結果が0.7%以下のメッシュを安全域、0.7%以上のメッシュを斜面崩壊危険域と定義し、さらに崩壊確率0.7~1.4%のメッシュを警戒区域、1.4%以上のメッシュを危険区域と定義した。図-4に崩壊確率と単位メッシュあたりの崩壊履歴件数の関係を示す。安全域と比べ、定義した斜面崩壊危険域において件数が多いことから、この危険域の妥当性が説明されると考える。

2.5 リアルタイムハザードマップ

本節では、2003年7月18日から20日にかけて九州地方で発生した集中豪雨を取り扱い、18日18時から翌2時までの降雨を対象に、斜面崩壊危険域のリアルタイム予測を試みた。まず、各時刻の時間雨量を用いて、各メッシュの浸水割合を計算した。そして、各メッシュに、地質、勾配および浸水割合に対応する崩壊確率を内挿し、1時間ごとに更新した。図-5にリアルタイムハザードマップを示す。18日18時(図-5(a))では、ほとんどの地域が安全域であったが、時間経過とともに斜面崩壊危険域が拡大した。最後に、本降雨により崩壊が発生した八幡東区神山村においてマップの評価を行った。図-6に神山村の崩壊確率と時間雨量の移行を示す。19日0時までは安全域に属していたが、1時には斜面崩壊危険域の警戒区域に、崩壊が発生した2時には危険区域に該当した。

3. 結論

(1) Montrasioらの式を用いて、見かけの粘着力を考慮した斜面の崩壊確率を算出した。(2) 過去の表層崩壊のデータから、 θ と H の関係を導き解析に用いた。(3) 北九州市の崩壊履歴箇所の危険時の崩壊確率を求め、斜面崩壊危険域を定義した。(4) 時間雨量から各メッシュの浸水割合を求め、リアルタイムハザードマップを作成した。八幡東区神山村は、崩壊時刻に斜面崩壊危険域に該当した。

<参考文献>

- 1) L. Montrasio and R. Valentino: A model for triggering mechanisms of shallow landslides, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol.8, pp.1149-1159, 2008.
- 2) 三角真貴子: 地理情報システムを用いた降雨に伴う斜面崩壊危険域のリアルタイム予測, 九州大学修士論文, 2009.
- 3) 小山内信智, 富田陽子, 秋山一弥, 松下智祥: がけ崩れ災害の実態, 国土技術政策総合研究所資料, 第530号, pp.72, 2009.
- 4) 福岡県県土整備砂防課: 福岡県災害整理, 2005.

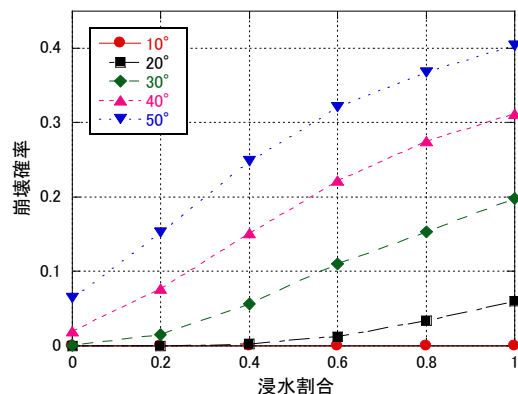


図-3 浸水割合と崩壊確率の関係(花崗岩)

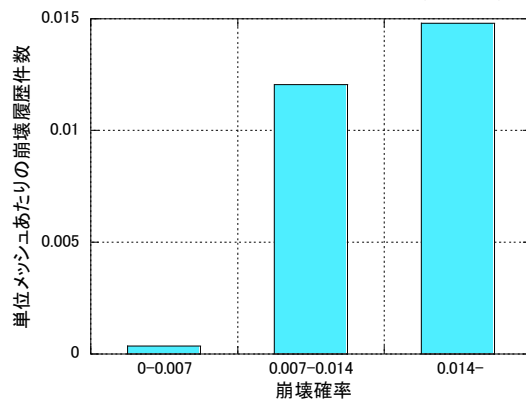


図-4 単位メッシュあたりの崩壊履歴件数

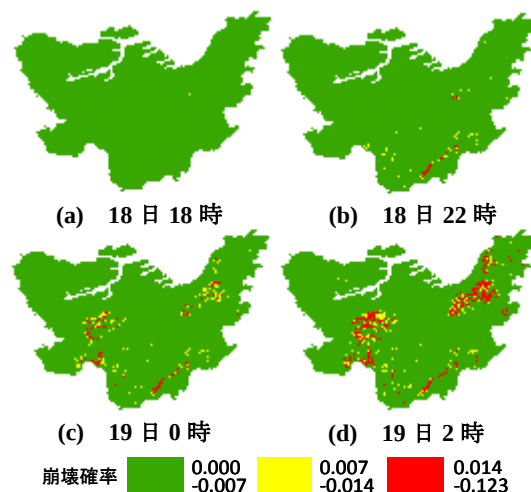


図-5 北九州市リアルタイムハザードマップ

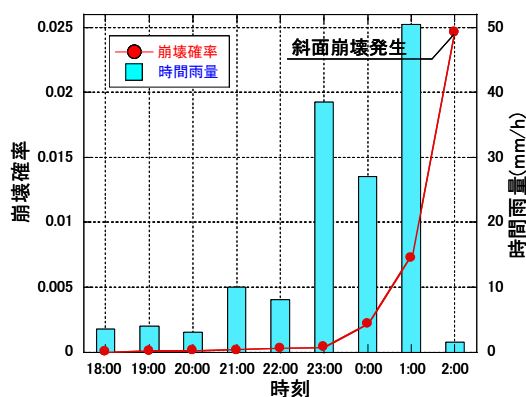


図-6 神山村の崩壊確率と時間雨量の移行