

見かけの粘着力に着目した斜面災害リアルタイムハザードマップに関する研究

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. 背景および目的

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、広域的斜面崩壊危険度評価手法を構築し、豪雨時の斜面崩壊危険箇所や対策必要箇所を特定を行ってきた。本構築手法では、豪雨時の斜面危険度評価において、斜面表層への降雨の浸水割合に着目し、気象庁が観測する時間雨量を用いて、斜面の崩壊確率をリアルタイムで評価している。本文では、斜面災害危険度の予測精度の向上を目的として、降雨による浸水割合の変化に応じた見かけの粘着力を導入することで、斜面崩壊の安全率算定式を新たに提案し、その特徴を明らかにした。

2. 解析概要

本文では、降雨時の無限長斜面の安全率の算定に、サクシオンによる見かけの粘着力  $c_v$  を考慮した式(1)~(5)に示す Montrasio ら<sup>1)</sup>の式を用いた。

$$F_s = \frac{N' \cdot \tan \phi' + c' + c_v}{W' \cdot \sin \theta + F'} \quad (1)$$

$$W' = \cos \theta \cdot H \cdot \Delta s \cdot \gamma_w [m(n-1) + G_s(1-n) + n \cdot S_{r0}(1-m)] \quad (2)$$

$$N' = W' \cos \theta \quad (3) \quad F' = \gamma_w \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta \cdot m \cdot H \cdot \Delta s \quad (4)$$

$$c_v = A \cdot S_{r0} \cdot (1 - S_{r0})^\lambda \cdot (1 - m)^\alpha \quad (5)$$

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、 $\phi'$  : 内部摩擦角、 $\theta$  : 勾配、 $H$  : 表層厚、 $\Delta s$  : 一要素の長さ、 $\gamma_w$  : 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、 $\lambda$  および  $\alpha$  : パラメータである。 $n$ 、 $S_{r0}$ 、 $A$ 、 $\lambda$  および  $\alpha$  については、表-1 に示すような値を与えた。

また本文では、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  $\phi'$ 、ならびに斜面の形状を表す  $\theta$  と  $H$  を確率変数とした。各パラメータの分布形状と変動係数を、表-2 に示す。勾配  $\theta$  は実測値に近い分布形状と変動係数を与えた。これらの条件<sup>2)</sup>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。

この崩壊確率を用いて、浸水割合および初期飽和度と崩壊確率の関係を考察した。浸水割合と崩壊確率の関係は、花崗岩地盤について、初期飽和度と崩壊確率の関係は、勾配  $40^\circ$  の花崗岩地質地盤について考察した。

リアルタイムハザードマップは、毎時間、各メッシュごとに地質・勾配・浸水割合に対応する崩壊確率を内挿して作成した。対象地域は、北九州市門司区、対象期間は 2003 年 7 月 18 日 18 時から 19 日 2 時とし、降雨に伴う斜面崩壊危険域のマップを作成した。降雨データは、アメダスデータを用いた。時間雨量から浸水割合を算出し、1 時間ごとにハザードマップを更新した。

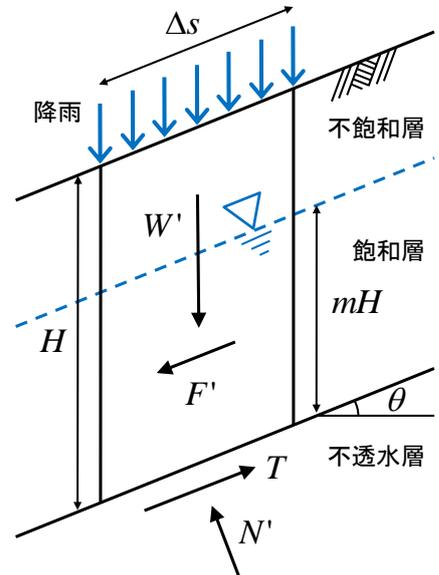


図-1 無限長斜面の一要素に働く力のモデル

表-1 地質ごとの各パラメータ

地質	$n$	$S_{r0}$	$A$	$\lambda$	$\alpha$
花崗岩	0.3492	0.3645	80	0.4	3.4
堆積岩	0.3198	0.3198			
火成岩	0.4800	0.2066			
沖積岩	0.3577	0.3523			

表-2 モンテカルロシミュレーション条件<sup>2)</sup>

パラメータ	分布形状	平均値	変動係数
$c$	指数分布	各地質の実測値データ	
$\phi$	正規分布		
$\theta$	実測値に近い分布形状と変動係数		
$H$	指数分布	534(mm)	1.08

3. 解析結果および考察

3.1 浸水割合と崩壊確率の関係

図-2 に、花崗岩地盤の浸水割合と崩壊確率の関係を示す。浸水割合の増加とともに、崩壊確率は大きくなった。サクシオンによる見かけの粘着力を考慮している分、浸水割合が小さいときの崩壊確率は小さくなった。また、勾配の増加とともに崩壊確率は大きくなった。他の地質も同様の傾向を示した。

3.2 初期飽和度と崩壊確率の関係

図-3 に、勾配 40° の花崗岩地盤の初期飽和度と崩壊確率の関係を示す。崩壊確率は、浸水割合の値によらず、飽和度 70%程度で最小値を示した。これは、初期飽和度が 0.7 程度するときの見かけの粘着力が最大になることによるものである。初期飽和度が 0%と 100%の場合は、見かけの粘着力は理論上 0 となるため、崩壊確率は最大となった。また、浸水割合に着目すると、浸水割合が大きいほど初期飽和度による影響は小さくなった。他の地質、勾配においても同様の傾向を示した。

3.3 リアルタイムハザードマップの考察

図-4 に、作成したリアルタイムハザードマップを7月18日20時から19日2時まで、2時間毎に示す。18日20時には、時間雨量2mmの雨しか降っておらず、蓄積雨量も少なかったため危険区域はほとんど現れていない。22時には、時間雨量10mmの雨が降っており、若干危険区域が現れ始めた。19日0時には、時間雨量36mmの強い雨が降っており、蓄積雨量も多くなっているため、山間部を中心に崩壊確率が大きくなった。2時には、時間雨量56mmの猛烈な雨が降り、0時と同様に非常に崩壊の危険が高まった。

4. 総括

サクシオンによる見かけの粘着力に着目し、浸水割合と崩壊確率の関係、初期飽和度と崩壊確率の関係を算出した。そして、GISを用いて時間雨量から豪雨時の斜面崩壊危険箇所をリアルタイムで予測した、

- (1)地質と勾配によらず、浸水割合が大きいほど斜面の崩壊確率は大きくなった。
- (2)地質と勾配によらず、初期飽和度が 0.7 程度するとき斜面の崩壊確率は最小となった。
- (3)北九州市門司区を対象として、豪雨によるリアルタイムハザードマップを作成した。

<参考文献>

- 1)L. Montrasio and R. Valentino: A model for triggering mechanisms of shallow landslides, 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.

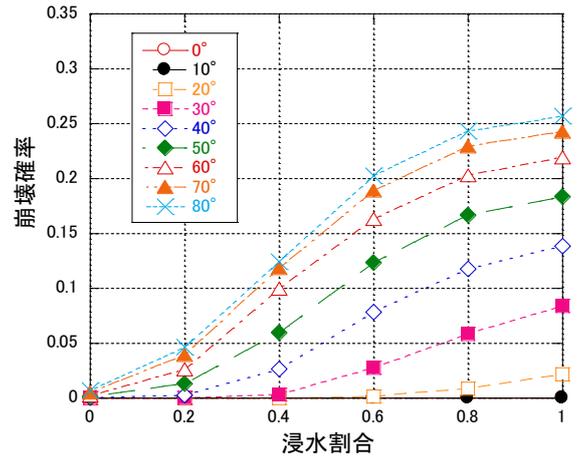


図-2 浸水割合と崩壊確率の関係

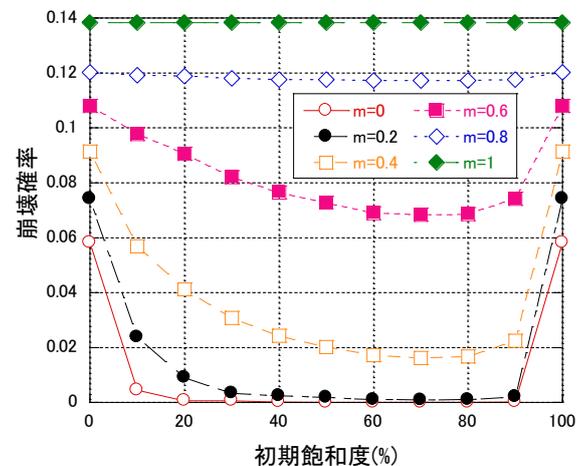


図-3 初期飽和度と崩壊確率の関係

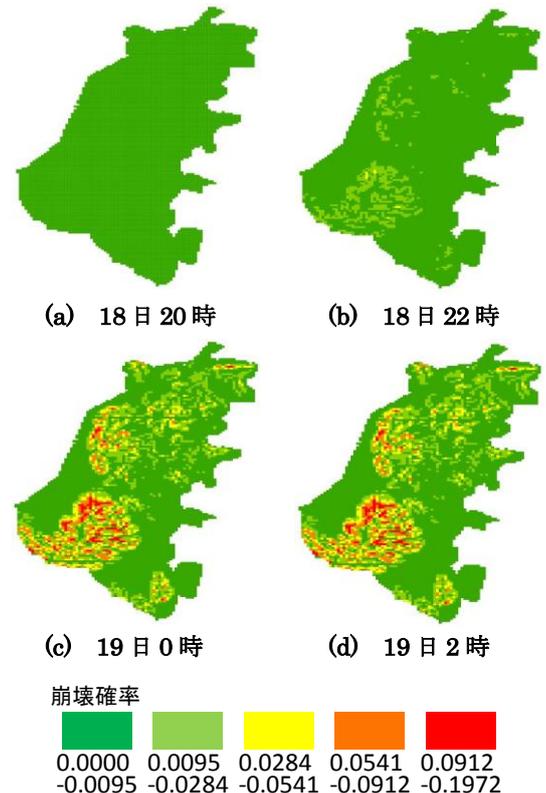


図-4 北九州市門司区ハザードマップ