

# 現地計測に基づく斜面崩壊時の飽和度分布の推定

## ～崩壊メカニズムの推定を目指して～

(株) ダイヤコンサルタント ○安田涼, 坂東聡, 鏡原聖史, 高橋良輔  
兵庫県森林林業技術センター 藤堂千景

### 1. はじめに

近年、土砂災害対策としてハザードマップなどのソフト対策の強化が進められるなか、斜面崩壊の正確な予測が求められている。壇上ほか(2012)<sup>1)</sup>は、模擬斜面での崩壊実験を行い、斜面崩壊予測のための重要事項として斜面内の水分状況の把握をあげている。しかしながら、広域斜面の水分状況を把握することは難しい。

一方、斜面崩壊時における斜面内の水分状況を推定する方法として、有限要素法による浸透流解析がある。浸透流解析で精度の良い結果を得るためには、斜面を構成する土層の水分特性パラメーターを正確に決定することが重要である。一般に、水分特性パラメーターは室内試験の結果から決定することが多いが、谷ほか(1998)<sup>2)</sup>は、斜面の不均質性を考慮すると室内試験値が必ずしも斜面での水分特性を反映するとは限らないと指摘している。

そこで、本検討では、2014年8月の豪雨で崩壊が起きた兵庫県六甲山のまさ土斜面を対象に、室内試験値を基本としつつ、現地で計測された斜面表層の体積含水率の時系列データに整合するように透水性パラメーターを設定し、2次元浸透流解析による飽和度分布の推定を行った。

### 2. 崩壊斜面のモデル化

崩壊前斜面および崩壊後斜面のそれぞれについてモデル化した(図-1)。地表から植生層、崩壊土層(根系侵入あり)、崩壊土層(根系侵入なし)、基盤層の4層とした。水平方向の要素分割は1~2m程度の幅とし、鉛直方向の分割は、植生層は0.05m、崩壊土層(根系侵入あり)は0.1m、崩壊土層(根系侵入なし)は0.2mとした。

### 3. 現地計測データ

崩壊後の斜面で、水分量を示す体積含水率と降水量の時系列データが取得された。体積含水率は崩壊が起きた土層のK-4地点と崩壊部の上流側の根系侵入のある土層のT-1地点の二箇所測定された(図-1(b))。各土層での測定は地表から地下1.0mまで鉛直方向0.2m間隔の計5点で測定された。T-1地点で測定された体積含水率を図-2に示す。降水量については、検討斜面からおおよそ100m離れた地点で時間雨量が取得された。

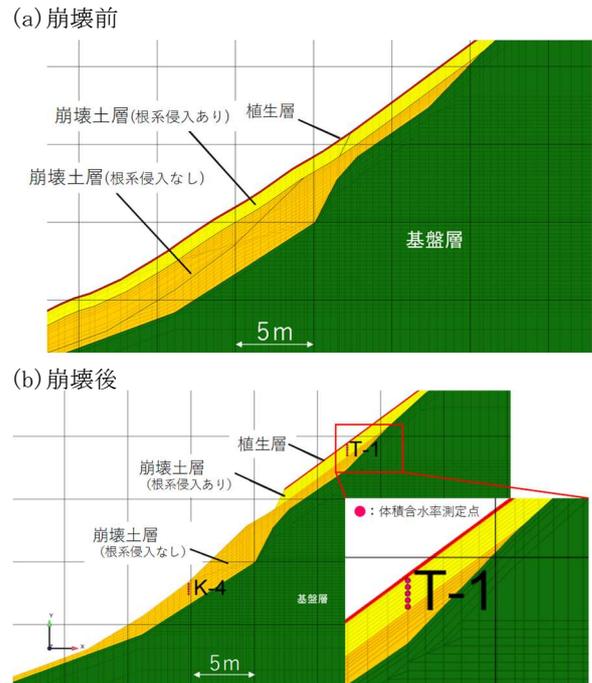


図-1 解析モデル

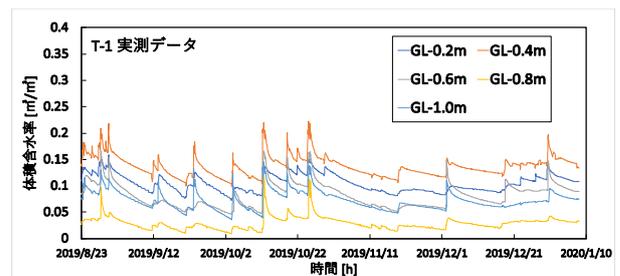


図-2 体積含水率現地実測値(T-1)

### 4. 現地計測値の再現解析

現地計測値の体積含水率の変化に整合するように透水性パラメーターを決定するため、崩壊後斜面モデル(図-1(b))を用いて解析を行った。降水データは現地測定値を用いた。

透水性パラメーターのうち、飽和透水係数をフィッティングパラメーターとし、現地計測値の体積含水率の変化に整合するように調整した。飽和透水係数以外の保水性パラメーター、有効間隙率および比貯留係数は室内試験値から求めた値で固定した。表-1に斜面を構成する各土層で飽和透水係数を変更した解析ケースを示す。この

うち各土層で室内試験値および文献値を設定したケース1を基本ケースとした。

表-1 解析ケース    最適ケース

ケース番号	水平方向の飽和透水係数 kh[m/s]			鉛直方向の飽和透水係数 kv[m/s]		
	植生層	崩壊土層	基盤層	植生層	崩壊土層	基盤層
ケース1 (基本ケース)	5.00E-05	1.00E-04	1.00E-06	5.00E-05	1.00E-04	1.00E-06
ケース2	5.00E-06	1.00E-05	1.00E-07	5.00E-06	1.00E-05	1.00E-07
ケース3	5.00E-05	1.00E-04	1.00E-06	5.00E-05	1.00E-06	1.00E-06
ケース4	5.00E-05	1.00E-03	1.00E-06	5.00E-05	1.00E-04	1.00E-06
ケース5	5.00E-05	1.00E-03	1.00E-06	5.00E-05	1.00E-05	1.00E-06

表-1 に示す各ケースで解析した結果、崩壊土層の鉛直方向の透水係数を基本ケースの1/100として、異方性をつけたケース3で最も実測値と調和的な結果が得られた。基本ケースとケース3のT-1地点での体積含水率の時系列変化を図-3にそれぞれ示す。

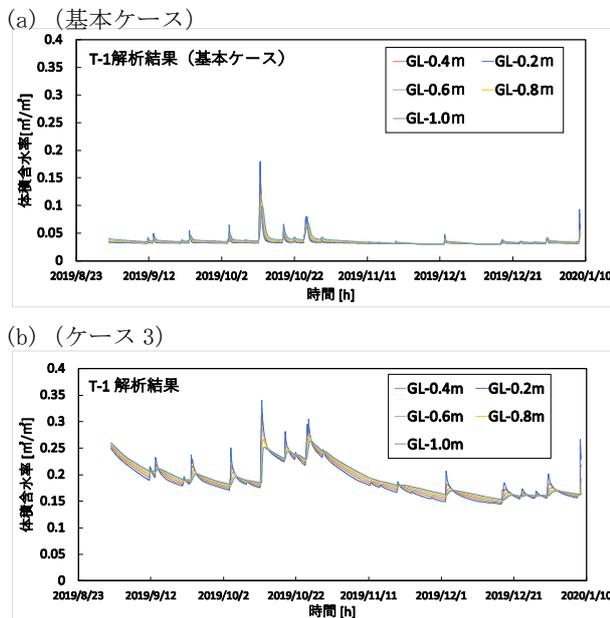


図-3 体積含水率の時系列変化の解析値

### 5. 崩壊時の飽和度分布の予測解析

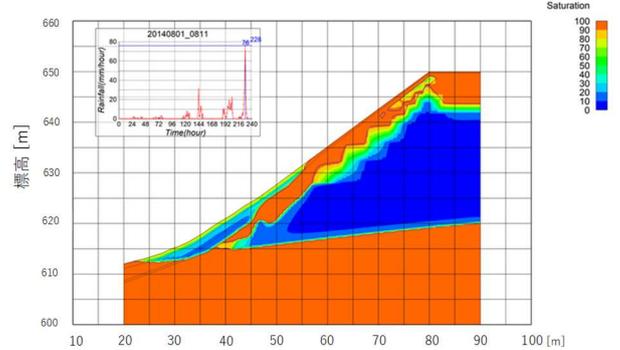
斜面崩壊時における斜面内の飽和度分布を予測するため、崩壊前の斜面モデル (図-1 (a)) を用いて解析を行った。降水データには、国交省水文水質 DB (有馬川) <sup>3)</sup> から取得したデータを用いた。

また飽和透水係数は、「4. 実測値再現解析」で示した最も現地計測値と整合したケース3の飽和透水係数を設定し、予測解析を行った。最大降雨時の飽和度分布を図-4 (b)に示す。また、比較対象として室内試験値を設定した基本ケースでの最大降雨時の飽和度分布を図-4(a)に示す。

これらの結果を比較すると、飽和透水係数に室内試験値を設定した基本ケースでは基盤層上部に飽和帯が形成されている。一方で、現地計測値に基づいて飽和透水係数を設定したケース3で得られた結果は崩壊面付近に飽和帯が形成されている。飽和帯ではサクシオンの減少に

より粘着力が低下するため土の強度が低下し崩壊が起きやすくなる。現地計測値に基づき飽和透水係数を設定したケース3では、崩壊箇所周辺に飽和帯が形成されており、この飽和帯が崩壊の原因になったものと推察される。このように現地計測に基づき解析することで、崩壊時の飽和度分布の精度が向上するといえる。

(a) (基本ケース)



(b) (ケース3)

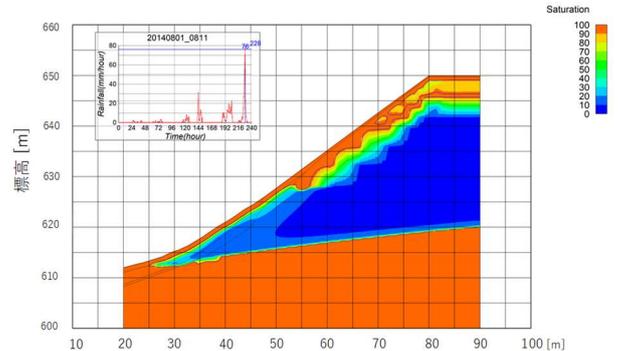


図-4 崩壊時の斜面飽和度分布図

### 6. おわりに

現地計測値の体積含水率の時系列データに整合するように透水パラメーターを設定し、2次元浸透流解析による飽和度分布の推定を行った。崩壊土層の鉛直方向の透水係数を室内試験値の1/100としたケースが現地計測値に最も整合した。室内試験値を基本としつつ、現地計測値に基づき飽和透水係数の異方性を考慮することで、斜面崩壊予測解析の精度が向上すると考えられる。

### 《引用・参考文献》

- 1) 壇上ほか:『降雨量、不飽和浸透挙動、変位量の観測結果に基づく降雨時表層すべり型崩壊過程の検証』, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol. 68, No. 3, pp508~525, 2012. 9.
- 2) 谷ほか:『森林土壌が多様な不均質性を持つ流域の流出特性に及ぼす影響の解明に向けて』, 日本林学会誌, Vol. 80, No.1, pp44~57, 1998. 2.
- 3) 国交省: 水文水質データベース <http://www1.river.go.jp/> (確認日:2020. 2. 26.)