# 地盤の保水特性を考慮した斜面安定度評価に関する基礎実験

独立行政法人 土木研究所 正会員 小橋 秀俊、加藤 俊二 同上 正会員 古谷 充史

# 1. はじめに

降雨に起因する土砂系斜面の表層崩壊は、いつ、どこで発生するかの特定が困難である。このため、崩壊の監 視技術と斜面安定度の評価技術とを融合させ、表層崩壊の事前予測(予知)につながる効率的な斜面の監視・管 理技術の確立が必要である。降雨時の斜面崩壊は、降雨の浸透による土塊自重の増加に加え、不飽和領域におけ る含水率増加に伴う見かけ粘着力の減少や、飽和領域における浸透力の増加によって発生するという考え方が一 般的となっており、降雨量のみではなく土中水分情報も併せて用いることにより信頼性が向上するものと考えら れる。本報は、地盤内水分状況のモニタリング結果を利用し、不飽和特性を踏まえた斜面表層崩壊の危険度評価 手法の確立を目的に行った基礎実験結果を報告するものである。

#### 2. 地盤の保水性確認実験および斜面崩壊実験

通常、斜面には地下水面が形成されているため地下水面上部に不飽和領域が存在する。この領域は浸透特性の 他に地盤の強度変性にも大きな影響を与えるため、斜面構成土の不飽和特性(浸透特性)を把握し、降雨浸透状態を 適切に評価する必要がある。

そこで、現地でのモニタリングを想定した大型土槽による保水特性確認実験と、形状や降雨強度を変えた斜面崩壊土槽実験を、斜面表層崩壊の危険度評価および予知システム構築のための基礎的データを得る目的で行った。

## 2.1 大型土槽による土の保水特性確認実験

ここでは、不飽和地盤への浸透過程において時間的に変化する 水分量を測定し、不飽和地盤の特性を表す van Genuchten によっ て提案された関数モデル(以下 VG モデル)<sup>2)</sup>のパラメータ(r, ,n) を求めた。

実験条件は表-1 に示すように、1)地盤材料や乾燥密度の地盤条 件、2)下部層からの浸透や降雨条件の境界条件(浸透形態)に着目し た。実験には「まさ土」「山砂」の2種類の材料を用い、10cm 毎に締 固め、計測機器を設置しながら模型土槽を作成した。地盤内浸透 状況を計測する目的で、「ADR 式土壌水分計」「テンシオメータ」を 各々5個所、「間隙水圧計」を1個所設置した(図-1参照)。また、実 際の斜面では降雨浸透によって、吸水過程と脱水過程が繰り返し ている。そこで地盤材料特有のヒステリスの有無を確認するため に、地盤内水位が上昇~下降する過程を3回繰り返した。

今回の実験で得られた「まさ土(d=1.6g/cm<sup>3</sup>)」における不飽和 浸透特性図を図-3 に示す。なお、今回の実験結果、室内保水試験 結果、不飽和透水試験結果および VG モデルを併せて示す。

実験および室内保水試験から得られた水分特性曲線は、概ね同 等の値が得られた。また、マトリクスポテンシャルが 0.3Kpa 付近

より高い領域においてヒステリシスが生じていることが確認されており、これは山砂を用いた他の実験ケースに

キーワード 斜面 モニタリング 不飽和領域 危険度評価

·連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独)土木研究所 材料地盤研究グループ 土質チーム TEL029-879-6767

表-1 実験条件一覧表(保水性確認実験)

地盤条件			境界条件	
材料	層相	乾燥密度 (g/cm3)	降雨強度	地下水
まさ	単層	1.60	53 (mm/h)	下部層 からの 浸透
		1.70		
		1.80		
山砂	単層	1.25		
		1.35		
		1.45		



35

40

45

おいても同様の傾向が得られている。

さらに、実験対象地盤の不飽和浸透特性値の表現に、VG モ デルの適応を試みた結果、体積含水率が20~30%で不飽和透水 係数結果よりも低く評価される結果となった。今回、不飽和 浸透特性を表す関数モデルとして VG モデルの適応を試みた が、この他の関数モデル③も含めて数値実験による適用性や、 室内試験結果の妥当性について検討する必要がある。

## 2.2 斜面崩壞実験

ここでは表-1 に示すように、1)傾斜角・層構成・充填密度 の地盤条件、2)降雨強度および降雨波形の境界条件に着目し た。実験には「まさ土」および「山砂」の2種類の材料を用い、 間隙水圧、体積含水率および地表面変位の経時変化を計測し た(図-3 参照)。なお、崩壊を確認およびデータが定常状態と なり崩壊の兆候が見られない場合に実験終了とした。

実験条件を「 d=1.6 g/cm<sup>3</sup>、傾斜角 40°、降雨量 53mm/h」 で行ったまさ土斜面崩壊実験によって得られた、崩壊時に おける飽和土分布図を図-4に示す。

崩壊の形態は、地盤内の水分量上昇に伴い斜面下部付近 で小崩壊が発生した。その後、崩壊の範囲が斜面上部へ移 行する結果となった。

崩壊に達するまでの水分状態は、表層部から深部への順 に水分量が上昇し、その後飽和状態となった斜面下部から地下水 の上昇を確認した。また、体積含水率が一旦定常状態を示した後、 崩壊直前に間隙水圧や体積含水率の急激な上昇が確認された。他 のケースにおいても、崩壊に至るまでの水分状態に同様の傾向が 認められた。

## 3.まとめ

変位やひずみと地盤中の水分状況との関係に対して詳細な検討 を行うことにより、地盤内水分状況のモニタリング結果を活用し た崩壊の予知が可能と考える。

今後、数値解析による実験結果のシミュレートにより、不飽和 領域における浸透特性、力学特性の数値力学モデル3の検討や、不 飽和・飽和浸透解析と斜面安定解析を練成させることによる降雨 時の斜面危険度評価など、効率的な崩壊予測手法を検討していく 予定である。

### <参考文献>

- 1) 加藤、小橋、古谷:光ファイバセンサによる斜面表層崩壊 モニタリング技術に関する検討、第2回土砂災害に関する シンポジウム論文集、pp.1~6,2004.
- 2) van Genuchten, M.Th. : A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, SoilSci. Soc. Am.J., 44,892-899, 1980.
- 3) 村田秀一、北村良介ら:降雨によるシラス斜面の浸透・崩壊に関する模型実験、豪雨時の斜面崩壊メカニズ ムおよび危険度予測に関するシンポジウム発表論文集,pp.39~48,2003



表-2 実験条件一覧表(斜面崩壊実験) 傾斜角 降雨強度 充填密度 層構成 降雨波形 (°)  $(g/cm^3)$ (mm/h)単層 密 一定型 39 中 (上)1:(下)1 53 パルス型 粗 (上)1:(下)3 100 増加型 減少型 :変 位 計 非排水境界面 :間隙水圧計 :土 圧 計 0 十億水分計 非相水境界面 隆雨境界面 排水境界面 非排水境界面 斜面崩壊実験模式図 叉-3 1,400 (実験条件) 1.200 d=1.6t/m3 1,000 Sr(%) 傾斜角 40。 800 降雨量 53mm/h 600 (mm) 400 田羅( 200 0 -200 -400 土槽内水位 -600 -800 -800 -600 -400 -200 200 400 600 800 1,000 1,200 1,400 0 距離(mm)

> 崩壊時の飽和度分布図 図-4