

2013 年台風 26 号による伊豆大島における斜面崩壊発生要因の検討

信州大学農学部      ○福山泰治郎，平松晋也  
静岡大学農学部      今泉文寿  
京都大学防災研究所   宮田秀介

1. はじめに

平成25年（2013年）台風第26号により，伊豆大島では最大24時間雨量824mm，最大降雨強度118.5mmの豪雨に見舞われ，10月16日未明に三原山西麓斜面の大金沢等で斜面崩壊と土石流が発生し，死者・行方不明者39人の甚大な土砂災害となった。本研究では，崩壊の発生メカニズムを明らかにするために，現地踏査を行うとともに不攪乱土壌試料を採取し，土質試験と土壌物理試験に基づいて雨水浸透の再現と斜面安定解析を行い，崩壊発生時の雨水浸透と安全率の時間変化の再現を試みた。

2. 調査地と試料の採取

斜面崩壊と土石流が集中的に発生した大金沢流域は，三原山起源の溶岩流（元町溶岩）を基盤として，噴火堆積物である黒色のテフラ層と，風塵堆積物である褐色レス層が互層している。崩壊源頭部の崩壊深は1 m 弱と比較的浅く，基盤の溶岩が露出している箇所はほとんどなく，テフラ層とレス層の境界がすべり面と考えられている（石川ほか，



図-1 土壌試料採取地点（図中の矢印で示した位置）  
国土地理院災害情報共有マップに加筆。影の部分は崩壊・土砂流出・堆積域を示す

2014)。また，崩壊跡地ではテフラ層の下部（レス層の上部）に最大数十 cm のパイピングホールが見られる。実測した土質強度と土壌物理定数に基いて崩壊発生要因を検討するために，図-1 に示す大金沢上流の崩壊地源頭部（標高 360 m，斜面勾配約 30° ）において，テフラ層とその直下のレス層から5 試料ずつ 1000 cc（10×10×10 cm）のステンレス容器で一面せん断試験に供する不攪乱試料を採取した。同じ場所・層位で，飽和透水試験等に供する不攪乱試料（100 cc 円筒）と，土粒子密度試験・強熱減量試験に供する攪乱試料を採取した。

3. 土質特性

一面せん断試験により土質強度（C：粘着力，Φ：内部摩擦角）を求めた。せん断試験は，試料を飽和させた後垂直応力を加え，圧密排水条件で実施した。垂直応力は土質試験供試体の土壌採取深度を考慮して 0.05，0.10，0.20，0.30 kgf cm<sup>2</sup> の4 パターンを設定した。飽和透水係数は JIS A 1218「土の透水試験方法」に準じて飽和透水試験を行い，水温 15℃相当の値を求めた。土粒子密度は JIS A1202「土粒子の密度試験方法」，強熱減量率は JIS A 1226「土の強熱減量試験方法」に準じて求めた。その結果，表-1 に示すように内部摩擦角

表-1 土質および土壌物理試験結果

試料	内部摩擦角 [°]	粘着力 [kN m <sup>-2</sup> ]	土粒子密度 [g cm <sup>-3</sup> ]	強熱減率 [%]	飽和透水係数 [cm s <sup>-1</sup> ]	湿潤土の 単位体積重量 [g cm <sup>-3</sup> ]	乾燥土の 単位体積重量 [g cm <sup>-3</sup> ]	間隙率
テフラ	20.3	7.4	2.85	1.1	3.1×10 <sup>-3</sup>	1.35	1.16	0.59
レス	19.9	10.0	2.80	5.7	3.6×10 <sup>-4</sup>	1.29	0.83	0.70

土粒子密度，強熱減量率，飽和透水係数，湿潤土・乾燥土の単位体積重量，間隙率は3 試料の平均値

はテフラ・レスともに約  $20^\circ$  と同程度であったが、粘着力はテフラが  $7.4 \text{ kN m}^{-2}$  であるのに対し、レスは  $10 \text{ kN m}^{-2}$  と顕著に大きい値を示した。飽和透水係数はテフラ層が  $10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$  オーダーであったのに対し、レス層は約 1 オーダー低く、レス層が難透水層となったと考えられた。土粒子密度はテフラ層・レス層ともに  $2.8 \text{ g cm}^{-3}$  を上回る高い値を示した。強熱減率は特にテフラ層で顕著に低く、有機物の集積が極めて少ないことが示唆された。

#### 4. 雨水浸透の再現と斜面安定解析

崩壊発生時の雨水浸透と安全率の時間変化を再現するために、「簡易雨水浸透モデル」(平松・尾藤, 2001) を用いた。このモデルは、土壌層(上・下層)の飽和透水係数や間隙率等を設定し、降雨を入力することにより、土層における雨水の浸透と貯留を計算し、透水係数の異なる土層の境界面上に形成された地下水深を算出するモデルである。このモデルに実測した乾燥土の単位体積重や間隙率、体積含水率、飽和透水係数を適用し、2013 年 10 月 15 日～16 日の実績降雨(気象庁・大島)を入力して雨水の浸透と地下水深の形成を再現した。さらに、不攪乱試料の土質試験によって得られたテフラ層の土質強度(内部摩擦角、粘着力)を用いて斜面安定解析を行った。その際、現地で観察されたすべり面の層位や崩壊深と実測した飽和透水係数に基づいて、表層のテフラ層と、その直下のレス層との境界(深度 1 m)をすべり面とした。また、斜面勾配は現地の地形を基に  $30^\circ$  とした。さらに、上述のモデルで計算した地下水深の時間変化を適用することで安全率の時間変化を再現した。

その結果、図-2 に示すように、安全率は降雨開始前には 1.94 であったが、降雨開始から 7 時間(累積雨量 57 mm)で深度 1 m に地下水深が形成され始めるとともに安全率が低下し始め、19 時間後(降雨ピーク時)には土層が飽和し、安全率は最低値(1.30)に達した。安全率が最低値になる時刻は 10 月 16 日午前 3 時である。火山活動の観測のために伊豆大島に設置された地震計網には、10 月 16 日午前 2 時から 3 時にかけて 5 回の大規模な振動が記録されており、崩壊や土石流の震動を検知したものと考えられている(山田, 2013)。この震動が崩壊発生によるものとする、安全率が最も低くなる時刻と崩壊発生時刻がおおむね一致した。したがって、豪雨により土層内の間隙水圧が急激に上昇し、不安定化したことにより、透水係数の低いレス層との境界をすべり面として崩壊が発生したと考えられる。

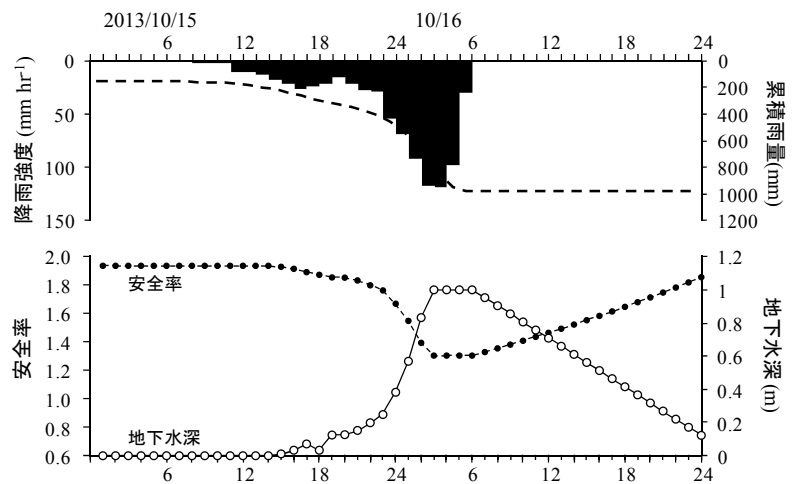


図-2 実績降雨条件下で計算した安全率と地下水深の変化

謝辞 本研究は、(一財)砂防・地すべり技術センターの受託研究「大規模土砂移動の影響範囲の予測とその対応手法の整理」の一部として行った。また、本研究は科研費特別研究促進費(25900002)の助成を受けた。試料の採取は、富士箱根伊豆国立公園の特別地域内における土石採取の許可を得て行った。記して謝意を表します。

#### 引用文献

- 石川芳治・池田暁彦・柏原佳明・牛山素行・林真一郎・森田耕司・飛岡啓之・小野寺智久・宮田直樹・西尾陽介・小川洋・鈴木崇・岩佐直人・青木規・池田武穂(2014) 2013 年 10 月 16 日台風 26 号による伊豆大島土砂災害, 砂防学会誌, Vol. 66, No. 5, p.61-72
- 平松晋也・尾藤顕哉(2001) 斜面調査用簡易貫入試験を用いた崩壊予測モデルへの入力諸元簡易設定手法に関する一考察, 砂防学会誌, Vol. 54, No. 4, p.12-21
- 山田真澄(2013): 2013 年 10 月 16 日伊豆大島の土砂崩れの発生時刻推定, <http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/~masumi/eq/izu/index.htm>, 参照 2014-01-30