

火山地域での土層構造の特徴が豪雨時における斜面内での雨水の浸透・流下過程に及ぼす影響

信州大学大学院総合理工学研究科 ○佐藤 空  
 信州大学学術研究院農学系 平松晋也・福山泰治郎

キーワード：2013年伊豆大島土砂災害，火山性土壌，表層崩壊

1. はじめに

2013年10月に発生した台風26号の影響により，東京都伊豆大島では15日正午から16日未明にかけて累加雨量：824mm，最大時間雨量：122.5mm/hrを記録する豪雨となり，大金沢を中心に大規模崩壊と土石流が発生し，同地域に甚大な被害をもたらした。本研究は，大金沢流域で発生した表層崩壊が大面積崩壊に至った原因とそのメカニズムを解明する上で必要不可欠となる，災害時の雨水の浸透・流下過程とその特徴を定量的に把握することを目的として実施したものである。

2. 崩壊地源頭部周辺の状況

大金沢は，伊豆大島の西部に位置する流域面積が1.7km<sup>2</sup>の河川であり，上流部は斜面勾配が35°以上の急峻な地形を呈している。崩壊地源頭部周辺の土層は，島の中央部に位置する三原山の火山噴火によって堆積した火山灰である黒色のテフラと，火山灰が風食され再堆積したレスの互層構造となっている。崩壊地源頭部周辺での透水性や保水性は，図-1に示すように各層により大きな差異が生じていることが確認できる。崩壊のすべり面は70cm深度のテフラとレスの境界であり，すべり面の下位層であるレスの透水係数： $1.59 \times 10^{-4}$ cm/secは，上位層であるテフラの100分の1程度と著しく低く，すべり面は透水性の不連続面となっていることがわかる。また，テフラは高い透水性を有するのに対し，レスは保水性が極めて高いことがわかる。

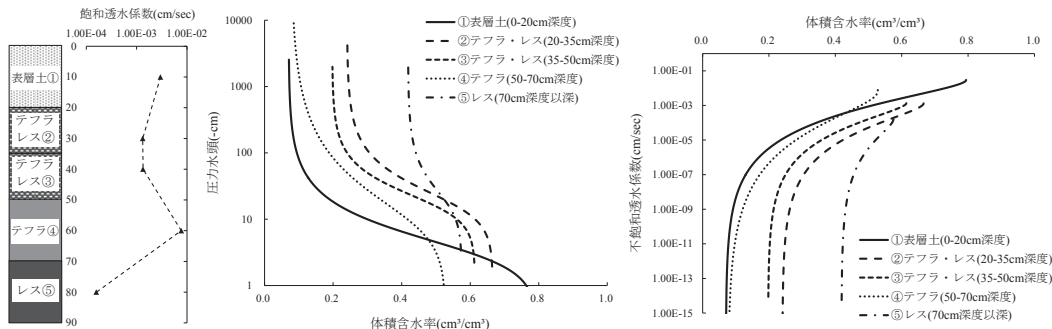


図-1 崩壊地源頭部周辺の土壌物理特性

3. 大規模崩壊発生時の土層内での雨水の浸透過程

大金沢で発生した崩壊地源頭部周辺の土層構造を考慮してモデル断面を作成し，2013年10月災害時の降雨波形を入力条件として鉛直一次元飽和一不飽和浸透流解析を実施した。

土層内での飽和度分布の再現結果を図-2に示す。鉛直土層の①～⑤は図-1の土層区分と対応しており，すべり面は70cm深度の④と⑤の境界に位置している。図-2より，降雨強度の増加により20～50cm深度(②と③)に飽和度が95%以上の高飽和度帯が形成され，さらに15日16時40分には70cm深度部であるすべり面上に地下水深が形成されていることがわかる。

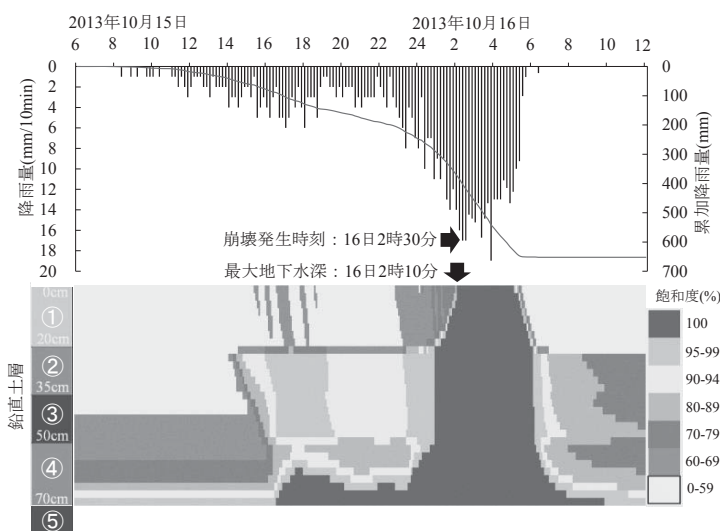


図-2 2013年10月災害時の土層内の飽和度分布の再現

降雨強度がピークに達する過程で、16日1時00分には70cm深度の④と⑤の境界面から上昇する地下水深と、②～③層内に形成された高飽和度帯が一体化し、地下水深が急上昇するという注目すべき事実が確認された。2時10分には急上昇した地下水深が地表面にまで達し、表面流が発生する結果となった。大金沢で崩壊や土石流が発生した時刻は、2013年10月16日2時30分前後と報告されており、16日2時10分に急上昇した地下水深が最大値を示した解析結果は、実現象と調和的であるといえる。

#### 4. 崩壊地源頭部周辺の斜面内での雨水の側方流出過程

大金沢で発生した崩壊地周辺の斜面形状を考慮して作成した図-3に示す解析対象断面に対して、断面二次元飽和一不飽和浸透流解析を実施した。

図-3中に示す矢印(1～12)の位置での最大地下水深到達時刻を図-4に示す。斜面の位置により最大地下水深到達時刻に差異が生じ、解析対象区域外への流出がある斜面下端部と、上流からの流入がない斜面上端部では、最大地下水深到達時刻に他の位置に比べ最大で30分程度の遅れが生じている。さらに、斜面勾配の変化も最大地下水深到達時刻に影響を及ぼしているものと推察される。最も早く最大地下水深に達したのは遷緩点の一つであるNo.6と7地点であり、この地点は解析対象斜面の中腹部に位置していることから、実質的な崩壊の源頭部(最初に崩壊が発生した地点)は斜面上部ではなく、中腹部であった可能性が高いという興味深い結果を得ることができた。

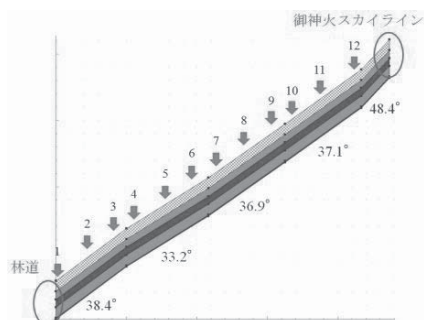


図-3 断面二次元飽和一不飽和浸透流解析の解析対象断面

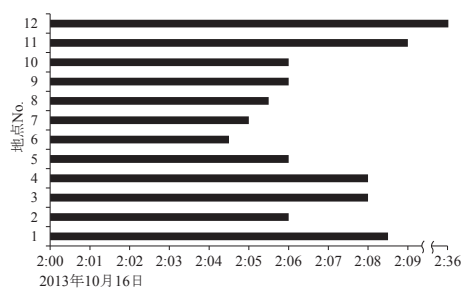


図-4 各地点で最大地下水深到達時刻

断面二次元飽和一不飽和浸透流解析においても、土層内は鉛直一次元解析と同様の飽和度分布の経時変化を示す結果となった。20～50cm深度に形成された高飽和度帯と70cm深度部(すべり面上)に形成された地下水深が一体化し、地下水深が急上昇した10月16日1時00分の斜面内での流速ベクトル図を図-5に示す。各層での雨水の浸透・流下方向に着目すると、20～50cm深度に位置するテフラとレスが混在する層では鉛直浸透が卓越しているのに対し、表層土と50～70cm深度に位置するテフラ層内では斜面下方へと向かう側方流が発生している事実が

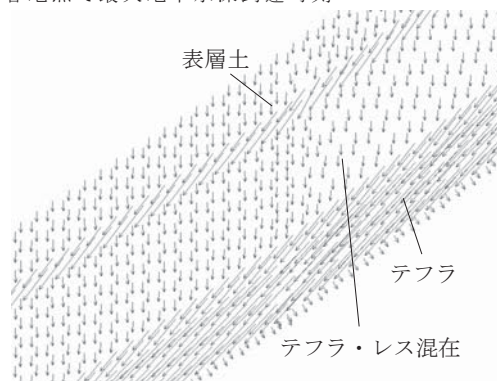


図-5 斜面内の各層における流速のベクトル図

確認できる。斜面内を流下する雨水は、斜面勾配の影響を受けることになるため、テフラ層内を選択的に流下する卓越した流れの存在は、斜面内の地下水深の上昇に多大な影響を及ぼし、崩壊の発生時刻と発生位置を決定する重要な要因になりうるものと推察される。

#### 5. おわりに

2013年10月16日に伊豆大島大金沢で発生した土砂災害時の降雨波形を入力条件として、鉛直一次元と断面二次元飽和一不飽和浸透流解析を実施した。大金沢で発生した崩壊地源頭部の土層構造は、火山性のテフラとレスの互層構造を呈し、浸透流解析の結果、この互層構造は豪雨時における雨水の浸透・流下過程に極めて大きな影響を与えることがわかった。今後は、解析範囲を流域全体へと拡張し、その結果を用いて斜面での水移動問題から斜面安定性問題へと研究を展開していきたい。さらに、大面積崩壊に至ったそのメカニズムを明らかにするとともに、火山地域における表層崩壊発生予測モデルの構築を目指したい。