

火山地域の崩壊斜面における不均一土層の保水性・透水性計測

京都大学大学院農学研究科 ○小松正弥・正岡直也・小杉賢一朗  
筑波大学農林技術センター 山川陽祐

1 背景と目的

2013年10月15日から16日にかけて、台風26号により伊豆大島に多量の降雨がもたらされた。この豪雨により伊豆大島の西部を中心に各所で表層崩壊や道路法面の崩壊が発生した。表層崩壊が発生した斜面は、表層土層、テフラ、スコリア、レスから構成され、表層崩壊の直接のきっかけとして、透水性の高いスコリア層とその直下の透水性の低い黄土色のレス層の境界で地下水水位が生じたことが考えられている(橋本ら、2014)。このように崩壊斜面は複雑で不均一な土層構造をしており、崩壊範囲や規模の推定を難しくする要因の一つとなっている。そこで、本研究では不均一土層の保水性・透水性分布を推定し、斜面内の雨水浸透過程を数値解析する手法を提示することを目的とする。

2 調査地と方法

野外調査は、2015年10月20日～10月23日に東京都大島町の御神火スカイラインより上部にある表層崩壊源頭部で行った。層序は表面から表層土層、テフラ層、スコリア層、レス層、テフラ第2層、レス第2層から成る。そこで、深さ約150cm、幅約360cmの断面(図1)を掘削し、山中式土壌硬度計を用いて、断面全体の980点において土壌硬度を測定した。また、隣接する地点で断面を掘削し、土壌試料を不攪乱採取した。採取した土壌試料を用い、pF試験と飽和透水試験により保水性と透水性を測定した。次に、土壌硬度と飽和透水係数との相関から図1の断面における飽和透水係数の分布を推定した。斜面土層内の雨水浸透の数値解析には、Richards式を適用した。

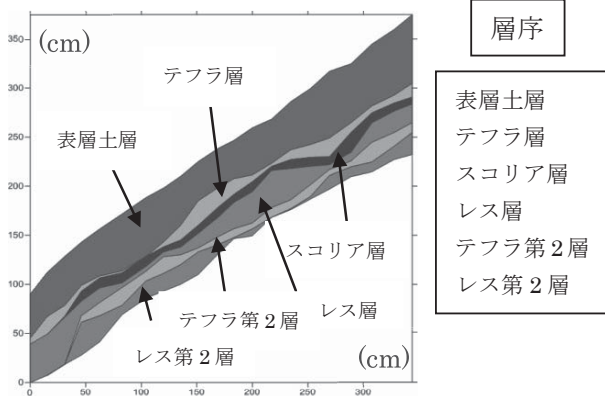


図1 対象断面の土層構造

3 結果と考察

3.1 対象断面の土壌硬度分布

対象断面の山中式土壌硬度計の指標硬度の分布を図2に示す。山中式土壌硬度計の指標硬度が大きいほど土壌が硬いことを表している。対象断面の土壌硬度分布を見ると、深さが増すに従って増加する傾向にあった。特に、レス以下の層で大きな値を示していることが分かる。しかし、表層土層の一部にも土壌硬度が高い部分が見られた。このように、土壌硬度の分布は、この断面の不均一性を示していた。

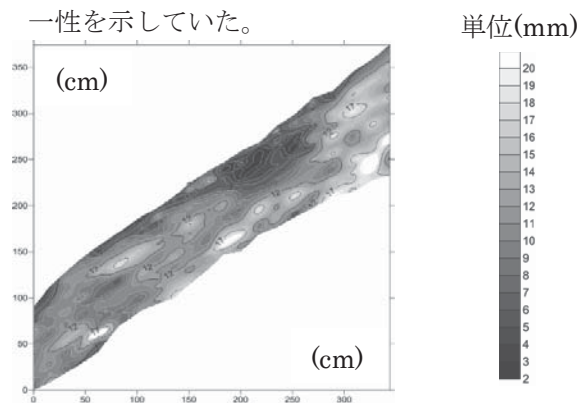


図2 対象断面の土壌硬度分布

3.2 土壌硬度と飽和透水係数、土壌硬度と有効間隙率の関係

図3に山中式土壌硬度計の指標硬度と飽和透水係数の関係を示す。表層土層、テフラ層、スコリア層では、山中式土壌硬度計の指標硬度が大きくなるほど、飽和透水係数が小さくなることが分かる。表層土層、テフラ層、スコリア層において山中式土壌硬度計の指標硬度と飽和透水係数の関係は(1)式を用いて指数近似され、相関係数 $R^2$ は0.7865という高い値を示した。

$$K_s = 0.0587e^{-0.155x} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $K_s$ :飽和透水係数(cm/sec)、 $x$ :山中式土壌硬度計の指標硬度(mm)である。

この関係式を用いて、対象斜面の山中式土壌硬度計の指標硬度分布から表層土層、テフラ層、スコリア層の飽和透水係数 $K_s$ の分布(図4)を推定した。有効間隙率 $\theta_e$ に関しても、同様に分布を推定した(図5)。

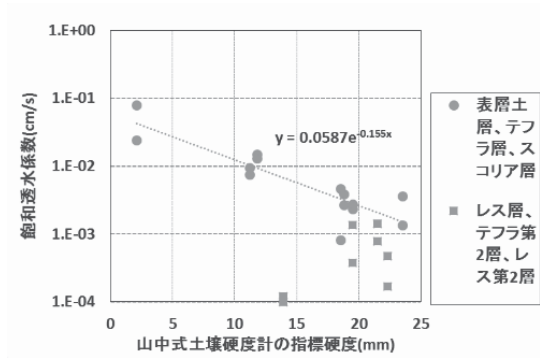


図3 山中式土壌硬度計の指標硬度と飽和透水係数の関係

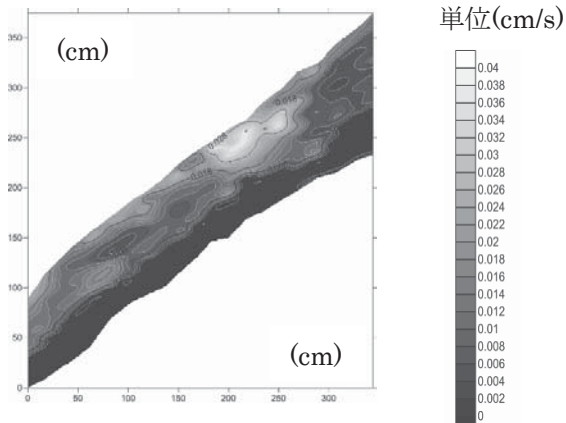


図4 対象断面の $K_s$ の分布

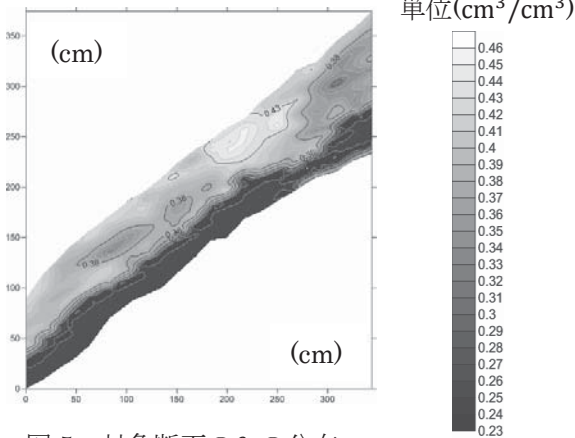


図5 対象断面の $\theta_e$ の分布

### 3.3 雨水浸透数値解析

不均一土層斜面の雨水浸透過程を調べるため、均一土層斜面と比較して考察する。不均一土層斜面では、レス以下の層では飽和透水係数、有効間隙率と土壌硬度との間に有意な相関が見られなかったため平均値を与えた。均一土層斜面では、表層土層、テフラ層、スコリア層において飽和透水係数、有効間隙率ともに平均値を与えた。適切な初期条件を与えるために伊豆大島で実際に発生した降雨イベントの2週間前から雨水浸透数値

解析を行った。図6に崩壊発生推定時間の約1時間前の不均一土層斜面のマトリックポテンシャルの計算値、図7に均一土層斜面のマトリックポテンシャルの計算値を示した。不均一土層斜面では、均一土層斜面に比べて地下水位の上昇が遅れがみられた。この要因として、不均一土層の表層付近の $\theta_e$ の値が均一土層に比べて大きいことがあげられる。 $\theta_e$ が大きいほど土壤水分が移動可能な孔隙の割合が大きくなり、水分が土壌内を移動する際により長く時間を必要とすることから、地下水位の上昇のタイミングが均一土層に比べて遅れたと考えられる。

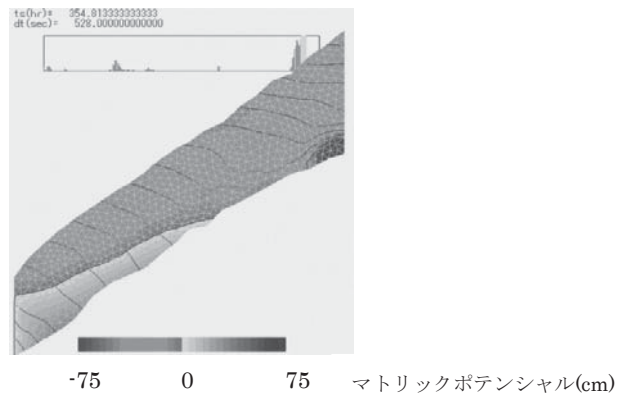


図6 不均一土層のマトリックポテンシャルの計算値

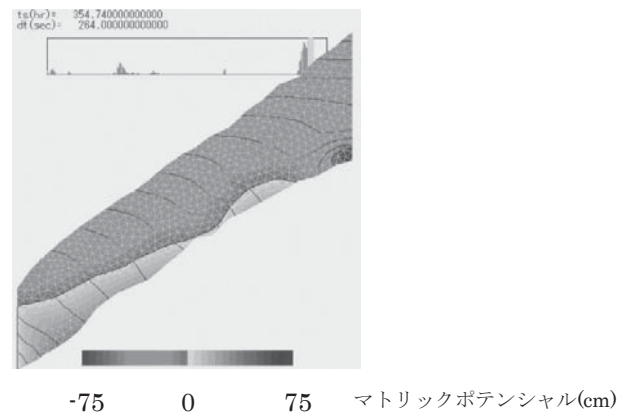


図7 均一土層のマトリックポテンシャルの計算値

## 4 まとめ

斜面の土壌硬度分布から保水性・透水性を表すパラメータの分布が推定できること、さらにその結果を用いることで、より実態に即した不均一土層の雨水浸透過程を計算できることが示された。(参考文献)

橋本ら(2014) 平成25年10月台風26号による伊豆大島豪雨災害調査報告書