

第Ⅲ部門

原位置計測結果を用いた降雨浸透特性についての検討

京都大学工学部地球工学科 学生会員 吉田 伊織
 京都大学大学院工学研究科 正 会 員 大津 宏康
 京都大学大学院工学研究科 正 会 員 北岡 貴文

1. はじめに

近年、地球温暖化などの環境変化に伴って異常気象が頻発している。これにより、局所的な短期間集中豪雨、いわゆるゲリラ豪雨が日本において増加し、それに起因する土砂災害が多発している。また、日本の国土の大部分が急峻な地形から成り、土砂災害が起こる危険度が高く、加えて斜面に沿って道路・線路及び家屋などが形成されている場合が多いため、斜面崩壊のような災害が発生した際の被害が大きくなりやすいと考えられる。

斜面崩壊は降雨浸透により引き起こされる。そこで、不飽和土の力学的挙動を解明するパラメータとして土壌水分特性曲線 (Soil Water Characteristic Curve : 以下, SWCC と称す) が重要となるが、既往の研究は、室内試験によるものであることが多く、原位置計測による検討はあまり行われていないのが現状である。また、地盤工学の分野において不飽和領域における飽和不飽和浸透流解析を検討する際、Richard の式に代表されるような、連続体を仮定した解析事例が代表的であるが、実際の降雨が浸透する量を少なく見積もられることが報告されている¹⁾。その理由としては、不飽和領域における選択流を考慮した検討などが、海外の研究事例に比べて遅れていることが原因と考えられる。そこで本研究では、原位置計測で得られたデータをもとに、降雨浸透特性について考察していく。

2. 既往の研究

Kinematic wave approach (以下 KWA と称す) は、不飽和領域における選択流を表現するモデルとして、移動可能となる体積含水率をマトリックス部に起因する部分とマクロポア部に起因する部分に分離し、その相互関係と考慮することのできるモデルである^{2,3)}。図1にKWAの概念図を示す。Total soil moisture と称されるように、体積含水率のトータルの値を示す。これは、土中水の移動が可能となる Mobile soil moisture と吸着水とされる Immobile soil moisture に分離される。また、Mobile soil

moisture は、Rapid flow と Diffusive flow に分離され、前者はマクロポア部の土中水の流れを示し、後者はマトリックス部の土中水の流れを示すものである。

マクロポア部の流速 q を無次元の係数である a を用いて

$$q = bw^a \quad (1)$$

と表現する。ここに q はマクロポア部の体積流束、 w はマクロポア部の含水比、 b はコンダクタンスを示す。このときの a の値によって地盤内の水の流れの状態を判別することができる。 a が 2~3 のときはマクロポア部の土中水の流れが卓越し、急激な体積含水率の減少が起きるとされている。 a が 3~8 のときは、マクロポア部とマトリックス部の土中水の流れが相互作用し、体積含水率が緩やかに減少する。この領域を intermediate と称し、選択流が生じていることを示す。また、 a の値が 8 以上の場合、マトリックス部における土中水の流れが卓越している現象、すなわち現在主流とされている飽和不飽和浸透流解析で検討されている SWCC の領域を示すものである。

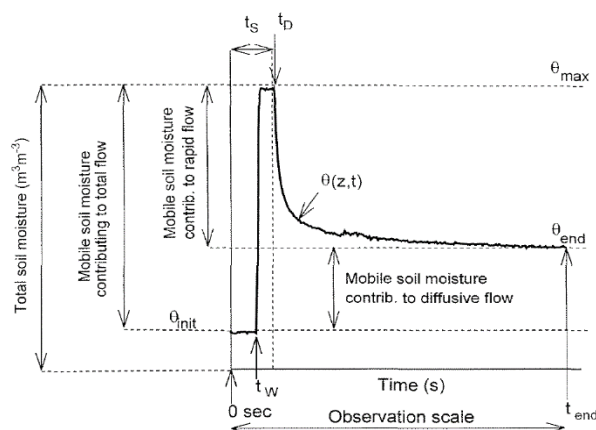


図1 KWAの概念図

3. 原位置計測

本研究において対象とする斜面は、タイ・ナコンナヨックの道路脇斜面で、2004年8月に集中豪雨による斜面崩壊が発生し、これを埋め戻した盛り土斜面である。日本における短期間集中豪雨と東南アジアにおけるスコールは、降雨特性に類似性がみられるため、本斜面を選定

した⁴⁾。

図2に2010年9月から11月に計測されたSWCCを示す。ここで、10分間隔で計測されたグラフと1時間間隔で計測されたグラフに差異がみられる。つまり、従来の解析手法では捉えることのできないような急速な流れが発生していると考えられる。そのため、次章ではマクロポア部の存在の有無について、KWAを用いて考察を加える。

4. KWA

図3に9月26日に発生した降雨の際の体積含水率と変動を示す。同日14時20分に降雨が終了した後、緩やかに体積含水率が減少し、翌日1時頃に平衡状態になっている。このときの排水曲線についてフィッティングを行い、無次元係数 a の値を算出する。図4にフィッティングの一例を示す。

表1にフィッティング結果を示す。2010年に観測された降雨データのうち、KWAのフィッティングに適したものを抜粋した。 a の値は3.06~6.25であり、intermediateの領域が卓越していることから、マクロポア部で見られるような選択流の流れが発生している可能性が考えられる。

5. まとめ

原位置での計測結果より、原地盤は非常に不均質であることから、現在主流とされている、飽和不飽和浸透流解析で、不飽和領域の土中水の流れを数値解析等で再現することは難しいことを示した。また、KWAを用いてフィッティングを行うことでマクロポア部の存在の可能性を示した。

参考文献

- 1) Lu N. Godt J. W.: Infinite slope stability under steady unsaturated seepage conditions, Water Resources Research, Vol.44, Issue 11, pp.1-13, 2008.
- 2) A. Mdaghri Alaoui and P. F. Germann: Kinematic wave approach to drainage flow and moisture distribution in a structured soil, Hydrological Sciences Journal, Vol.43, No.4, pp.561-578, 1998.
- 3) A. Alaoui, P. Germann, N. Jarvis and M. Acutis: Dual-porosity and kinematic wave approaches to assess the degree of preferential flow in an unsaturated soil, Hydrological Sciences Journal, Vol.48, No.3, pp.455-472, 2003.

- 4) 大津宏康, 堀田洋平, 高橋健二, 中村一樹, 新村知也: 熱帯性豪雨(スコール)に起因する斜面降雨浸透に関する原位置モニタリング, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2009 論文集, pp.1-6, 2009.

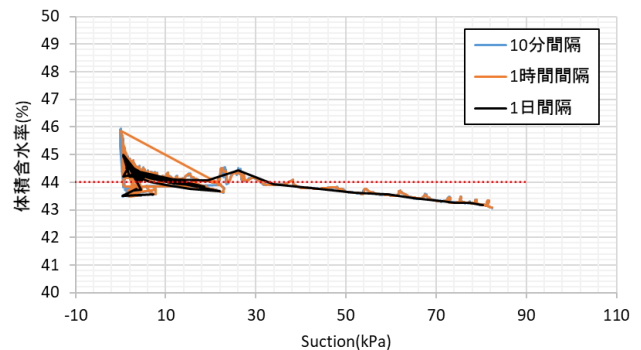


図2 中腹部 GL-0.2mにおけるSWCC

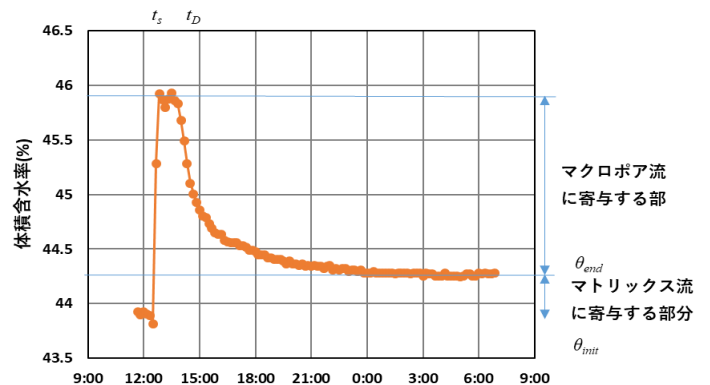


図3 降雨時の体積含水率の変動

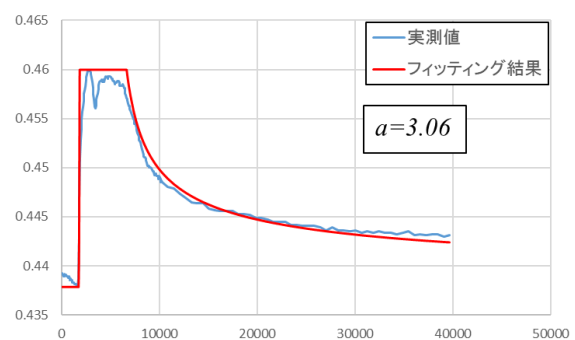


図4 フィッティングの一例

表1 フィッティング結果

日付	観測地点	a の値
2010/9/26	中腹 GL0.2m	3.06
	法尻 GL0.2m	4.59
2010/9/27	法尻 GL0.2m	6.25
2010/10/13	法尻 GL0.2m	3.41