

第Ⅲ部門

風化花崗岩盛土斜面における降雨浸透特性に関する基礎的研究

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

1. はじめに

近年、日本において気候変動の影響の一つと考えられる局所的短期集中豪雨の発生が増加している。また、それに起因する斜面崩壊発生の増加が予想されており、斜面崩壊予測の重要性が高まっている。また、降雨の浸透特性を評価するうえでは不飽和領域の土壌水分特性曲線（以後 SWCC と称す）を推定し検討することが重要である。SWCC はサクションと体積含水率との関係を表す曲線であり、地盤内の不飽和領域における土の水分保持特性を評価するために用いられる。しかしながら継続的な原位置計測は困難であり、原位置計測データを用いた SWCC に関する分析や室内試験との比較検討に関する議論は十分とは言えない。したがって、原位置計測結果を用いた SWCC 変化に関する議論が求められている。

風化花崗岩は化学的風化により細粒分が形成・流出することから不均質な空隙分布が生じやすい¹⁾。本研究ではこの空隙に関して、マクロサイズの空隙から成るマクロポア部とその他の多孔質体から成るマトリックス部と称している。また、Tani²⁾はこれら不均質な空隙分布では選択流が生じ水理学的連続体を形成するとしている。本研究ではこれらの知見をもとに、原位置計測データを用いてマクロポア流が斜面安定に与える影響について考察を行った。

2. 原位置計測

本研究では、風化花崗岩残積土、すなわちまさ土で構成されるタイ・プーケットおよびタイ・チェンマイにおいて原位置計測を行っている。日本で集中豪雨による影響を継続的に計測することはその頻度の少なさや偏在性により困難である。タイでは日本における集中豪雨の降雨特性と類似性をもつスコールが各地で高頻度に発生するため、上記のサイトは計測に適している。本研究では、タイ・チェンマイの GL-1.0m（2018 年の計測データを使用）における計測値を一例として考察を行った。

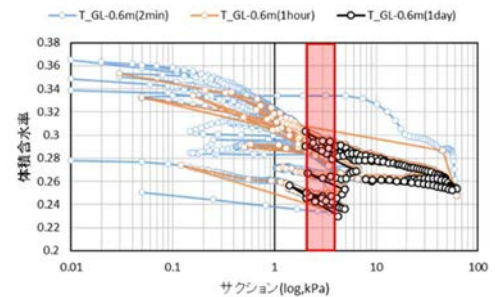


図-1 経年変化

	開始日時	終了日時	連続雨量 (mm)	最大10分間 雨量(mm)	最大時間 雨量(mm)	降雨継続 時間
降雨1	2018/9/28 21:00	2018/9/28 21:46	20.0	10.0	20.0	46分
降雨2	2018/9/30 13:18	2018/9/30 13:52	12.0	6.5	12.0	34分
降雨3	2018/10/1 10:22	2018/10/1 11:08	12.5	5.0	12.5	46分
降雨4	2018/10/2 0:52	2018/10/2 4:42	35.0	8.0	20.5	230分
降雨5	2018/10/2 22:02	2018/10/3 5:44	28.0	3.0	11.0	462分

表-1 対象降雨

3. 原位置 SWCC による選択流に関する検討

図-1 に対象データによる SWCC の経年変化を示す。同図には 2 分間隔データおよびそれを 1 時間間隔、1 日間隔で間引いたデータを示している。同図からわかるように、原位置における SWCC はサクションがおよそ 2~4kPa を閾値として大きく異なる挙動を示す。特に 2kPa 以下の低サクション領域では、数分から数時間単位の非常に急激な変動が生じている。本研究ではこの低サクション領域での変動に関して詳細な検討を行った。分析を行ったのは表-1 に示す 5 回の連続した降雨である。対象期間の体積含水率、間隙圧の経時変化を図-2 に示す。中腹では非常に急激な変化を示していることに対し、法尻では緩やかな上昇のみとなっていることがわかる。

図-3 に降雨 1 および 5 での原位置 SWCC 変化を示す。図中に示す S および E の点はそれぞれグラフの始点と終点を、添え字は中腹を M、法尻を T としている。同図から以下のことが指摘される。すなわち、法尻では体積含水率は 0.05% 以内のわずかな変動であり、サクションもおよそ 1.5kPa 程の変動となっている。また、この変動は非常に緩やかであり、2 分間隔と 1 時間間隔において同

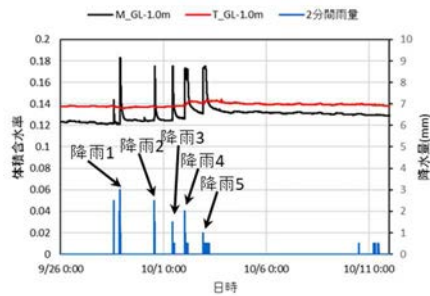


図-2(a) 体積含水率変化

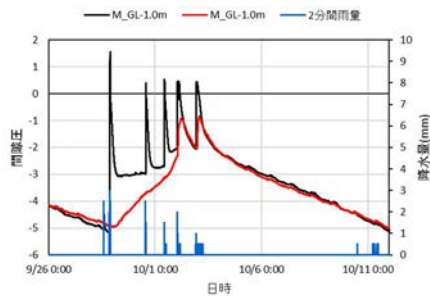


図-2(b) 間隙圧変化

じ挙動を示すことから数分単位での激しい水分移動は生じていないといえる。一方、中腹では、サクションが 0 に達する(正の間隙圧が生じている)まで急激に減少し、体積含水率においても 6%以上の大きな変化となっている。また、これらの変動では数分単位で値が大きく変化しており、急激な水分移動が生じていることがわかる。さらに 1 時間間隔データのプロットから、吸水が進行するにつれてプロット間隔が狭まっている、つまり変化量が減少していることも読み取ることができる。そしてこれら法尻と中腹のグラフを比較すると、変動の過程が大きく異なっているものの、降雨前後の変動は 0.1%以内のわずかな体積含水率上昇と数 kPa のサクションの低下という点で類似性がある。さらに、降雨 5 は降雨 1 に比べて降雨前後の変化量および 1 時間単位での変化量が共に小さくなっている。

これらの SWCC 変化より、対象計測値において中腹ではマクロポア流が、法尻ではマトリックス流が卓越しているといえる。さらに選択流が発生している場合は、マクロポア流による急速な浸透により体積含水率が最大値を示しサクションは 0 に達している。つまり斜面安定性に関して危険な状態であると考えられる。また後続の降雨ではマクロポア流の挙動が小さくなっていることから、連続する高強度降雨により次第にマクロポア流による寄与が減少しマトリックス流が卓越すると推察される。

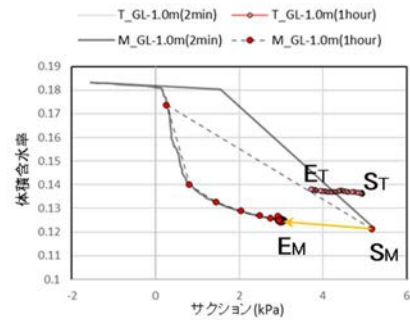


図-3(a) SWCC 変化 (降雨 1)

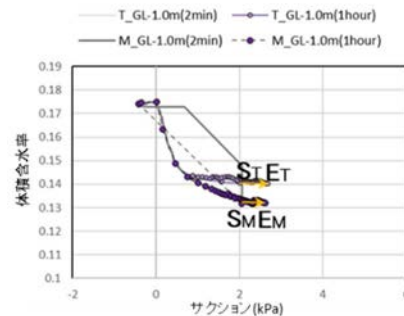


図-3(b) SWCC 変化 (降雨 5)

加えて、本計測値において同様の変化が複数回見られたことからこれらの挙動には再現性があり、斜面安定性を議論するうえで重要な知見であると考えられる。

4. まとめ

選択流が生じている斜面における原位置計測データを用いてマトリックス流が斜面安定性に与える影響について考察した。今後は地質条件による寄与の度合いの違いなどから対象斜面ごとに適切な斜面安定性の評価を行っていく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 大津宏康, Pipatpongsa. Thirapong, 北岡貴文, 伊東俊一郎, 矢部満, Suttisak Sorolump : 風化花崗岩切土・盛土斜面における細粒分の分布特性に関する検討, 材料, Vol.67, No.3, pp.346-353, 2018.
- 2) Tani, M.: A paradigm shift in stormflow predictions for active tectonic regions with large-magnitude storms: generalisation of catchment observations by hydraulic sensitivity analysis and insight into soil-layer evolution, Hydrol. Earth Syst. Sci., Vol.17, pp.4453-4470, 2013. doi:10.5194/hess-17-4453-2013.