

第Ⅲ部門

体積変化を考慮した水分保持特性に関する研究

京都大学工学部地球工学科 学生会員 馬場 隆聡
 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

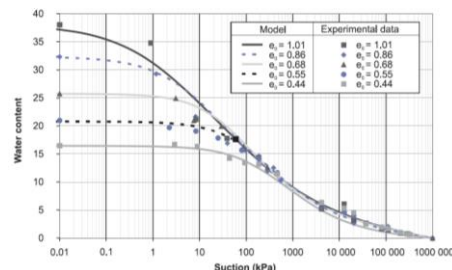
1. はじめに

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。

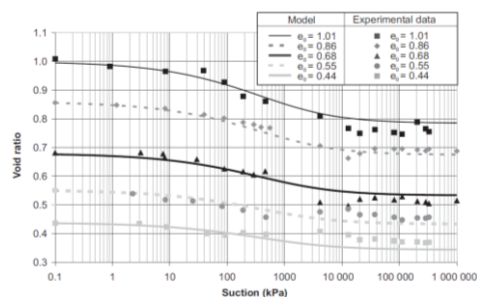
斜面崩壊は降雨浸透により引き起こされる。そこで、不飽和土の力学的挙動を解明するパラメータとして土壌水分特性曲線 (Soil Water Characteristic Curve : 以下, SWCC と称す) が重要となり, VG モデルなど, 様々なモデルが考案されている。しかし, 提案されているモデルの中で体積変化を考慮したモデルは少なく, もし考慮されていても室内試験による研究であることが多く, 原位置計測による検討はあまり行われていないのが現状である。そこで土壌水分特性曲線において体積変化を考慮し, 既往の研究と室内試験, 原位置計測の結果を比較することで, 水分保持特性を考える上で体積変化を考慮する重要性和, 室内試験と原位置計測の差異について議論していく。

2. 既往の研究

SWCC は, 体積含水率とサクシジョンの関係を示し, 吸水時と排水時で同じ曲線を描かないヒステリシスという性質を持つ。SWCC に間隙比を変数として加えることで, 土壌水分貯留曲面 (Soil-Water Retention Surface : 以下 SWRS と称す) という鞍型の状態曲面が提案されている。SWRC は含水比, サクシジョン, 間隙比の三軸を用いて表されている。体積含水率と含水比は同じ状態の土では比例関係にあり, 描く曲線は SWCC と同様の傾向を表すと考えられる。この曲面を図-1 のように Suction -w 平面に投影することでサクシジョンが増加していくと間隙の影響は受けなくなり, ある 1 本の SWCC に収束することが分



(a) Suction-w の関係



(b) Suction-e の関係

図-1 SWRC の Suction-w 平面, Suction-e 平面への投影図

かる。また, Suction-e 平面, e-w 平面に投影することで初期間隙比が大きいほど間隙比の変化が大きいことが分かっている¹⁾。

3. 室内試験

本研究において対象とする斜面は, タイ・プーケット南部の切土斜面である。タイで計測を行う理由としては, 日本において短期間集中豪雨は頻度が少なく, 局所的であること, 短期間集中豪雨とスコールは, 降雨特性に類似性がみられることに着目したためである²⁾。

室内試験により得られた体積含水率とサクシジョンのデータを, 初期間隙比の大きさに3つのグループに分け, VG モデルでパラメータのフィッティングを行った。図-2 より SWCC において初期間隙比が大きいほど初期体積含水率が大きくなり, サクシジョンが増加すると1本の線に収束するという既往の研究と同じ傾向が見られる。また, Suction-e 関係においても既往の研究のとおり, 初期間隙比が大きいほど間隙の変化が大きいという傾向が見られる。

4. 原位置計測

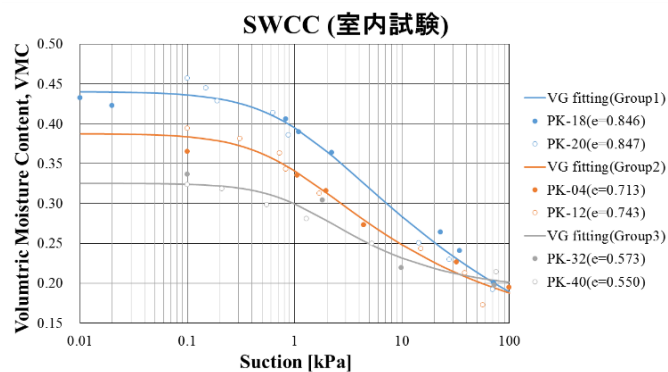
原位置において計測したデータの中で、降雨後に体積含水率が減少傾向にあり、サクションが増加傾向にあるときのデータを排水過程としてフィッティングを行った。図-3から分かるように中腹部のGL-0.2mではサクションが増加するに連れてバラつきが少なくなり一つのSWCCに収束するという既往の研究と同様の傾向が見られた。体積変化に関しては、原位置で計測することは出来ていない。しかし、体積含水率は間隙率と飽和度の積で表すことができ、既往の研究¹⁾や室内試験において、低サクション領域では、飽和度は初期間隙比にあまり依存しないことが分かっている。そのため、間隙率が支配的であり、初期体積含水率が一定でないことから、体積変化していると考えられる。室内試験と原位置計測の結果を比較すると図-4のように明らかな差が見られた。これはSWCCの吸水と排水を繰り返すことでヒステリシスループサイズが小さくなっていくという性質による差異であると考えられる。室内試験では拘束圧から解放された後、1度しか吸水と排水を受けていないのに対し、原位置では自然状態であるため、無限回の吸水過程と排水過程を経ていると考えられ、体積含水率の比較的小さな曲線を描いたと推測できる。さらに切土は斜面を削ったもので、地面は硬く締まった状態を維持している。そのため、土骨格が密な状態にあり、間隙比の変化が生じにくかった可能性が推察される。

5. まとめ

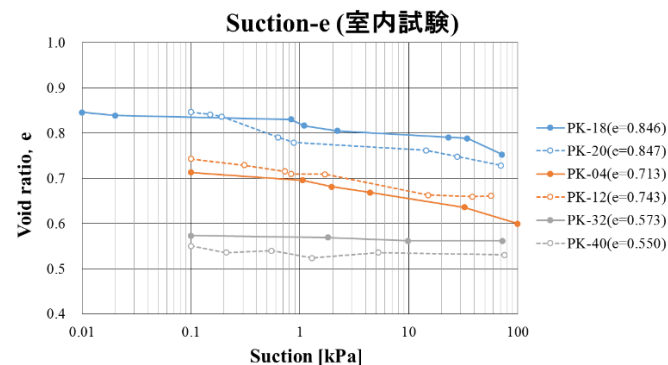
原位置での計測結果から描いた水分特性曲線は、体積変化を考慮した既往の研究や室内試験結果と類似した傾向を示し、実斜面においても体積変化を考慮すべきであることが示唆された。しかし、原位置における体積含水率の変化は小さく、これは切土斜面の密な土骨格に起因すると考えられる。

参考文献

- 1) S.Salager, M.S.El Youssoufi, Definition and experimental determination of a soil-water retention surface, Can.Geotech.J.47, pp.609-622, 2010.
- 2) 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.



(a) 室内試験における SWCC



(b) 室内試験における Suction-e の関係

図-2 室内試験のフィッティング結果

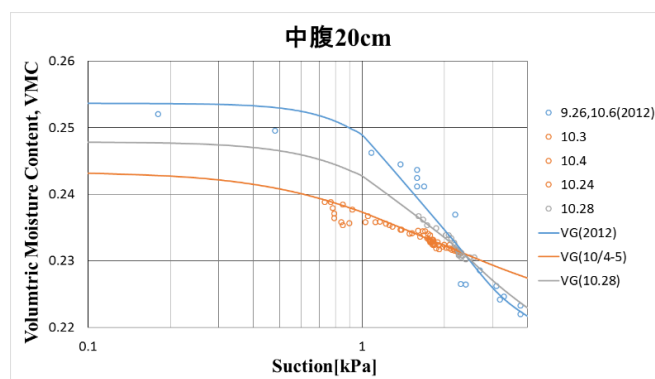


図-3 原位置の中腹部 GL-20cmにおける SWCC

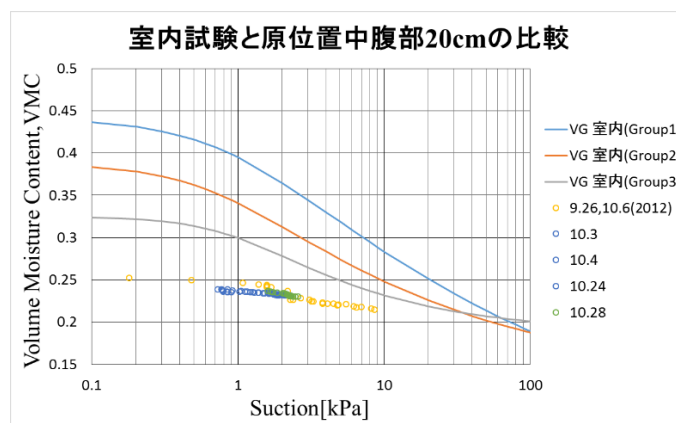


図-4 室内試験と原位置計測の結果の比較