

連続加圧方式による土の保水性試験装置の改善とその適用

九州大学 学 ○山本凌雅

九州大学 学 ALLOWAISY ADEL

九州大学 F 安福規之 正 石蔵良平

応用地質 (株) 正 畠山正則

1. はじめに

降雨浸透時の斜面での崩壊を分析、予測するには、地盤の透水・保水に関わる特性を知ることが重要になる。しかし、現状では実験で評価するために、物理的に非常に長い時間を必要としており、計測時間を短縮可能で簡易的な試験方法の開発が望まれていた。そこで開発されたのが連続加圧方式による保水性試験装置である。既往の研究によって、従来法で得られた水分特性曲線と差がないことが確認されており、最適な加圧速度が明らかにされ、全国各地の様々な特殊土においても連続加圧方式が適用できる可能性が示されている¹⁻²⁾。

しかし火山灰質粘性土などの保水性が非常に高い試料においては、懸垂水不飽和の状態に至るまで高いサクションをかけることができないという問題点がある。このため最終的な試験の基準化まで見据えると、計測精度を保持した上で幅広い試料に対応できるよう試験の改善が求められている。本研究では、粒径の大きい朝倉市で採取したまさ土(以下、朝倉まさ土と称する)と粒径の小さい熊本阿蘇大橋地区で採取した火山灰質粘性土(以下、熊本火山灰質粘性土と称する)を用いて保水性試験を行った。また、より自然状態における現象を再現するために、同一の試料で繰り返し保水性試験を行った。

2. 実験の概要

2-1 連続加圧方式による保水性試験装置の概要

試験装置は試験容器（圧力室）、電子天秤（排水量の自動計測用）、調圧装置、計測用ロガー、制御用のパソコンから構成される。試験容器の構造を図-1 に示す。空気圧 u_a は供試体上部から注入され供試体を加圧し、供試体下部のディスクを通して間隙水が排水され電子天秤によって排水量が測定される。また、供試体中央に取り付けたマイクロテンシオメータで供試体中央部の間隙水圧 u_w を測定する。これらの値から試験中のサクション $S(=u_a-u_w)$ と含水比 w をリアルタイムに求めることができ、従来の加圧法と比べ試験時間が 1/10 以下と格段に短く、連続的な水分特性曲線を得ることができる²⁾。

2-2 用いた試料とその特性

実験には、朝倉まさ土、熊本火山灰質粘性土、豊浦砂を使用した。試料の特性を表-1、図-2 に示す。

2-3 供試体の作成

供試体は、直径 5cm 高さ 5cm の円柱型に自然状態での密度と含水比で締固めた。締固めを行ったのちに供試体を真空ポンプで飽和させた。豊浦砂においては締固める際の密度を 1.58g/cm³、含水比を 5% とし、供試体を毛管飽和させた。

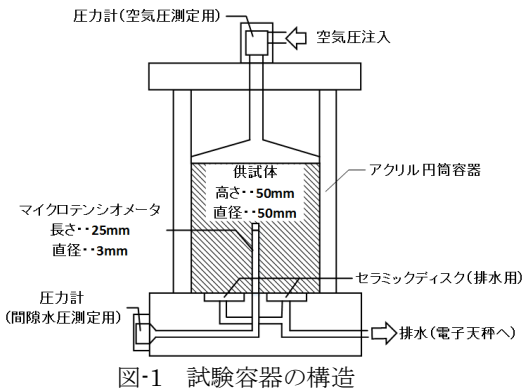


表-1 用いた試料の特性

		熊本火山灰質粘性土			朝倉まさ土				豊浦砂
		A	B	C	A	B	C	D	
自然状態	含水比 $w(\%)$	173.5	111.7	100.9	4.5	10.8	3.8	5.7	
	湿潤単位体積重量 $\gamma_t(\text{kN/m}^3)$	11.73	11.17	11.32	17.18	15.73	16.39	20.28	
	乾燥単位体積重量 $\gamma_d(\text{kN/m}^3)$	4.29	5.28	5.63	16.44	14.19	15.80	19.19	
	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.342	2.275	2.296	2.69	2.678	2.672	2.674	2.641
有機物含有量 (強熱減量) $\text{Li}(\%)$		29.3	23.0	21.6	0.0	0.0	0.1	0.0	

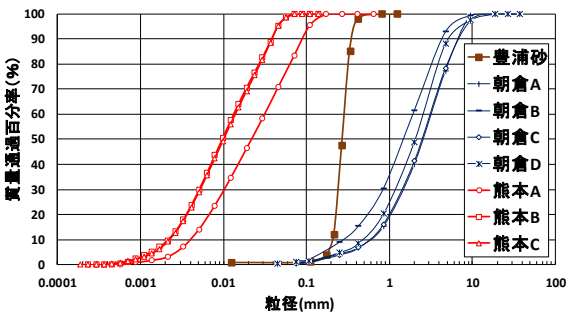


図-2 用いた試料の粒径加積曲線

2-4 実験の概要

それぞれの試料において加圧のパターンは $0.5\text{kPa}/\text{min}$ とし、吸水過程の水分特性曲線まで調べる場合は、空気圧を最大まで加圧した後に空気圧を維持し排水を促してから、減圧を開始し供試体に吸水させるようにした。試験時には空気圧を制御しており、加圧とともに間隙水圧が空気圧に遅れて上昇しサクションが生じる。また排水された間隙水を連続的に測定し、含水比とサクションの瞬間値から水分特性曲線を導いた。豊浦砂による試験は、同一の試料において排水過程と吸水過程を3回繰り返し、加圧は毎分 0.05kPa 、 0.5kPa 、 5kPa の速度で行い、減圧は全て毎分 1kPa の速度で行った。

3. 実験の結果と考察

実験によって得られた水分特性曲線を図-3～5に示す。熊本火山灰質粘性土では、排水過程において高サクションで長時間排水を促しているにもかかわらず、飽和度が80%程度までしか排水がなされていないためポーラスディスクを高サクション対応のものへ変更を検討する必要がある。しかし、限度があるため自然界で起こる含水比変化に対応させるなどの対応を検討していく必要がある。また、朝倉まさ土は懸垂水不飽和の状態まで結果が得られた。しかし、このような粒径の大きな試料は実験準備の段階で供試体が壊れやすく、間隙水が流出するといった問題点があるため、試験方法や試験装置の改良を行い安定して実験結果が得られるような工夫が必要である。

豊浦砂における繰り返しの試験においては、 $5\text{kPa}/\text{min}$ の際に加圧速度が速すぎて誤差が生じているが、グラフから繰り返して試験を行っても、水分特性曲線は同じ傾向をたどることがわかる。よって、自然界においても比較的短い期間に土の保水性が変化することは考えにくい。

4. おわりに

連続加圧方式による保水性試験装置は、 $0.5\text{kPa}/\text{min}$ 程度の速度で加圧すれば安定的な水分特性曲線が得られることが明らかにされている。加えて試料の粒度(D_{50})に着目することによって、精度よく測定できる適応限界を設定することができる可能性が示されている。

本研究では連続加圧方式による保水性試験の改善を目的として、表-1、図-2に示すような幅広い粒度や透水性を持つ試料へ対応できるような方法を検討した。粒径が小さく透水性が低い試料に対応させるためには、ポーラスディスクを高サクション対応のものへ変更を検討する必要があるが、限度があるため、自然界で起こる含水比変化に対応させるなど、検討の必要がある。一方で粒径が大きく透水性が高い試料では結果に誤差が生じやすいため、試験方法や試験装置の改良を行い安定して実験結果が得られるような工夫が必要である。また、繰り返しの試験において水分特性曲線はおおむね重なり、排水吸水を繰り返すことによる保水性の変化は見られない。今後は排水や吸水過程の途中で逆の過程に切り替えるなど、様々なパターンを試してみる価値があると考えられる。試験結果の蓄積と従来の試験方法における水分特性曲線との比較が、連続加圧方式の妥当性を示す上では不可欠であり、適応限界についても様々な試料での検証が必要である。

参考文献：1) 山本凌雅、ALOWAISY ADEL、安福規之、石蔵良平、畠山正則：非定常型不飽和透水試験による水分特性曲線の加圧速度依存性について、土木学会西部支部研究発表会、2018

2) 畠山正則、京野修、川原孝洋：連続加圧方式による保水性試験装置の開発、応用地質技術年報、No.34、pp.23～54、2015。

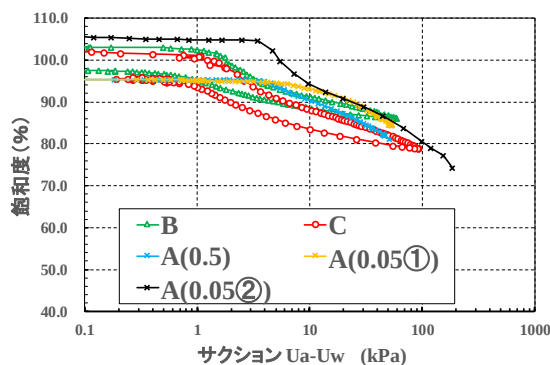


図-3 熊本火山灰質粘性土の水分特性曲線

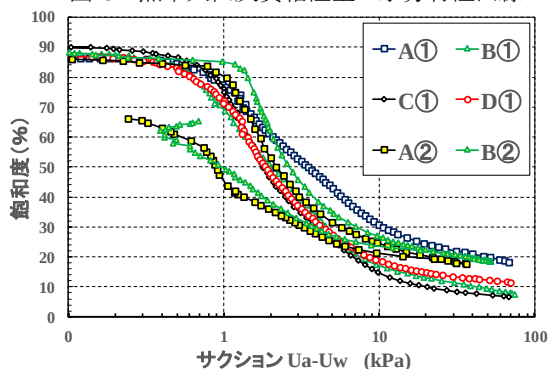


図-4 朝倉まさ土の水分特性曲線

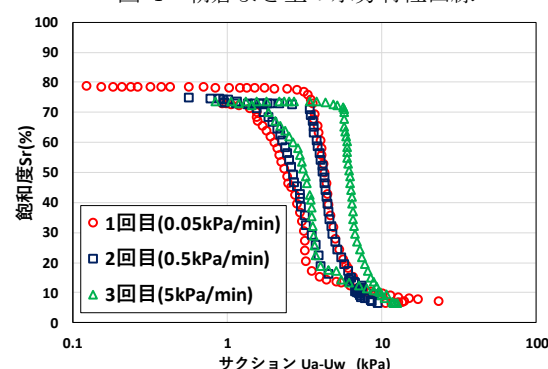


図-5 繰り返し試験の水分特性曲線（豊浦砂）