

不飽和シルトの体積圧縮時の水分特性に関する実験的研究

名古屋大学 正会員 ○吉川高広 フェロー会員 野田利弘 非会員 北折陽一

1. はじめに

近年、豪雨による斜面や盛土等の不飽和地盤・土構造物の崩壊が相次いで発生し、その被災メカニズムの解明が強く求められている。不飽和土の力学挙動を把握するためには、水分特性を把握することが必要である。不飽和土の水分特性の主な特徴としては、吸排水時のヒステリシス性と間隙比依存性が挙げられる。本研究では、間隙比依存性（体積圧縮時）の水分特性に注目して、不飽和シルトの排水条件および非排水条件の三軸試験を実施した。

2. 実験条件

実験に用いた三軸試験機について述べる。供試体下端では微細多孔質膜¹⁾またはセラミックディスクを用いて水圧を、上端では撥水性のポリフロンフィルターを用いて空気圧を、それぞれ独立して制御した。体積変化は、二重セルシステムを用いて、内セルの水位変化から算出した。

実験に用いた土試料は非塑性シルト（DL クレー）である。実験手順は次の通りである。(i) 含水比 20% になるように調整した土試料をモールド内で静的に締固めて、間隙比 1.18, 飽和度 46% の円筒供試体 (直径 50mm, 高さ 100mm) を作製する。(ii) 供試体を三軸試験機に設置し、排気・非排水条件でセル圧を 20kPa まで上昇させる。(iii) セル圧と空気圧を同時に上昇させた後、所定のサクシオン（本稿では 10, 20, 30, 50kPa の 4 ケース）を与える。(iii) の過程が終了した後は、排水条件および非排水条件の 2 つの条件に対して、次の(iv)と(v)の過程を行う。(iv) 排気条件でセル圧を上昇させて基底応力 200kPa で等方圧密する。(v) 排気条件で軸ひずみ速度 0.05%/min で三軸圧縮試験を行う。つまり、(iii) のサクシオン 4 ケースのそれぞれに対して、(iv)以降は排水条件および非排水条件の 2 種類となる合計 8 ケースの実験を行った。本稿では、(iv)と(v)の実験結果について示す。なお、(iii) の過程のサクシオンの値を用いて実験ケースを呼称する。

3. 実験結果

まず、(iv)等方圧密過程について、図 1 と図 2 はそれぞれ、排水条件と非排水条件の実験結果を示す。体積ひずみ-時間関係より、排水・非排水条件に関わらず、サクシオンが小さいほど体積圧縮量が多い。サクシオン 10, 20kPa のときに、排水条件の場合は、サクシオン一定条件にも拘らず、体積圧縮時に吸水し、非排水条件の場合は、体積圧縮時に水圧が低下してサクシオンが上昇している点は興味深い。一方で、サクシオン 30, 50kPa のときは、排水条件の場合は体積圧縮時に排水し、非排水条件の場合は水圧が上昇してサクシオンが低下している。また、飽和度-時間関係より、全ケースにおいて飽和度が上昇し、体積圧縮量が多いサクシオンが小さいケースほど飽和度上昇量が多い。

次に、(v)三軸圧縮過程について、図 3 と図 4 はそれぞれ、排水条件と非排水条件の実験結果を示す。軸差応力-軸ひずみ関係、骨格応力経路および体積ひずみ-軸ひずみ関係より、排水条件・非排水条件およびサクシオンの大きさに関わらず、全てのケースでほぼ同じ挙動を示している。排気条件でせん断したため、どのケースにおいても骨格応力経路はほぼ 1:3 の直線を示し、軸差応力-軸ひずみ関係に大きな違いは生じなかった。また、等方圧密過程と同様に、サクシオン 10, 20kPa のときに、排水条件の場合は吸排水量-軸ひずみ関係より、サクシオン一定条件下で体積圧縮時に吸水し、非排水条件の場合はサクシオン-軸ひずみ関係より、体積圧縮時に水圧が低下してサクシオンが上昇している。一方で、サクシオン 30, 50kPa のときは、排水条件の場合は体積圧縮時に排水し、非排水条件の場合は水圧が上昇してサクシオンが低下している。飽和度-軸ひずみ関係より、全ケースにおいて飽和度が上昇し、サクシオンが小さいケースほど飽和度上昇量が多い。

キーワード 不飽和土, 水分特性, サクシオン

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学部 9 号館 3 階 TEL : 052-789-3834

4. まとめと考察

等方圧密過程および三軸圧縮過程について、サクシオン 10, 20kPa のときに、①排気・排水（サクシオン一定）条件の吸水圧縮挙動および②排気・非排水条件の体積圧縮時の水圧低下（サクシオン上昇）挙動が観察された。①サクシオン一定時に体積圧縮するにも拘らず吸水して飽和度が大きく上昇する挙動および②非排水条件で体積圧縮（つまり飽和度上昇）するにも拘らずサクシオンが上昇する挙動は、水分特性の間隙比依存性が強い挙動と理解できる。排気・排水条件における吸水圧縮挙動は、間隙比依存性の水分特性により説明可能なことを別報²⁾で示しているため、参照されたい。今後は、排気・非排水条件の数値シミュレーションも行うとともに、不飽和土の変形時の水分特性について研究を進めていきたいと考えている。

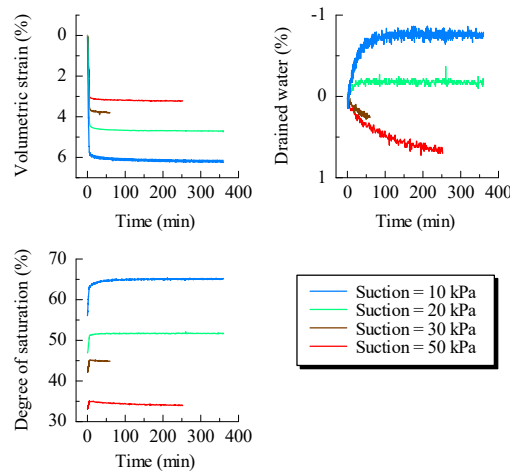


図1 等方圧密過程（排水条件）

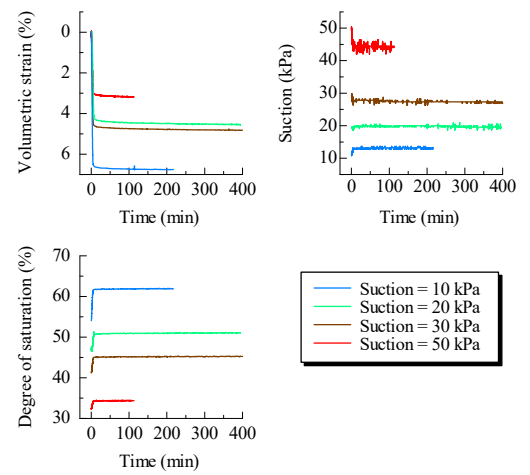


図2 等方圧密過程（非排水条件）

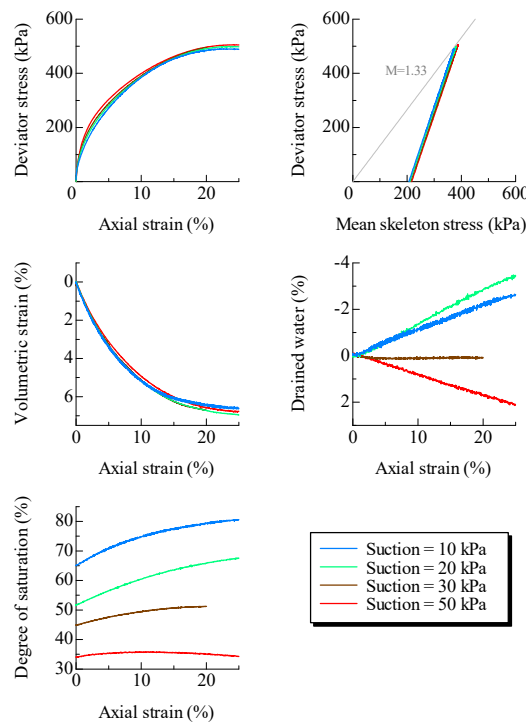


図3 三軸圧縮過程（排水条件）

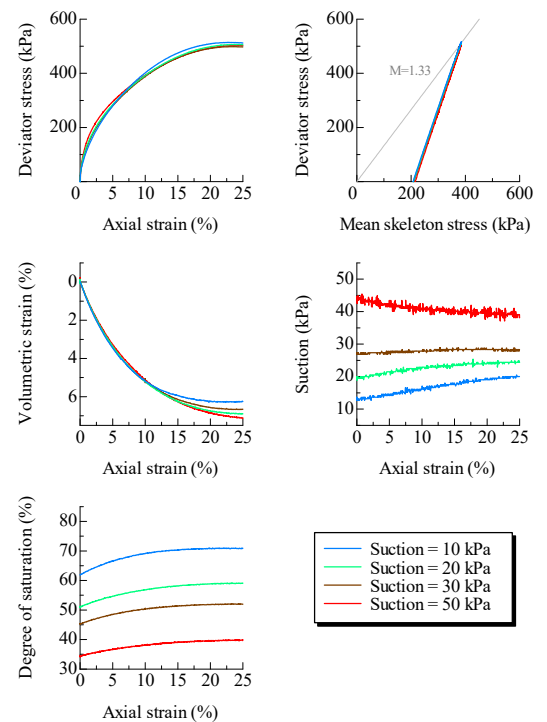


図4 三軸圧縮過程（非排水条件）

謝辞：JSPS 科研費 25249064 および 17H01289 の助成を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) Nishimura, T., Koseki, J., Fredlund, D.G. and Rahardjo, H. (2012): Microporous membrane technology for measurement of soil-water characteristic curve, Geotechnical Testing Journal, the American Society for Testing and Materials, 35(1), 201-208.
- 2) 吉川高広, 野田利弘: 不飽和土の排気・排水三軸圧縮シミュレーションを通じた水分特性モデルにおける間隙比依存性考慮の必要性, 第 22 回計算工学講演会, F-04-5 (CD-ROM), 2017.