

サクシヨンの効果を考慮した SYS Cam-clay model による 不飽和シルト三軸試験の数値シミュレーション

名古屋大学 正会員 ○吉川 高広 フェロー会員 野田 利弘
名城大学 正会員 小高 猛司

1. はじめに

著者らはこれまでに、側圧一定の不飽和シルト三軸試験¹⁾の数値シミュレーションを行い²⁾、弾塑性構成式 SYS Cam-clay model³⁾を搭載した空気～水～土骨格連成有限変形解析コード⁴⁾を用いれば、一組の材料定数と初期値により、サクシヨン付与・等方圧密過程およびその後の様々な排水・排気条件下におけるせん断試験結果を概ね再現できることを示した。その一方で、吸水コラプス挙動のように、土骨格の構成式にサクシヨンの効果を考慮しなければ表現できない挙動についても確認を行った。本稿では、SYS Cam-clay model に、不飽和化に伴い限界状態線の切片を上昇させる Zhang and Ikariya⁵⁾による比較的簡単な手法を用いてサクシヨンの効果を導入し、サクシヨン付与・等方圧密過程、およびその後の排気排水、非排気非排水三軸圧縮試験¹⁾の数値シミュレーションを行った。

2. 参照実験¹⁾と解析条件

参照実験の概要は次の通りである。(i)含水比 20%になるように調整した DL クレーを用いて、間隙比 1.14, 飽和度 46～47%の不飽和供試体を作製する(初期サクシヨンは約 20kPa)。(ii)供試体を三軸試験機に設置し、非排水条件下でセル圧を 20kPa まで上昇させた後、セル圧と空気圧を同時に 250kPa 上昇させる。(iii)所定のサクシヨンとなるように水圧のみを変化させ、その 15 分後にセル圧を 450kPa まで上昇させて、約 1 日間圧密させる。(iv)以上の過程を経た供試体を、様々な排水・排気条件下でせん断する。本稿では、排気排水および非排気非排水三軸圧縮試験の結果を示す。

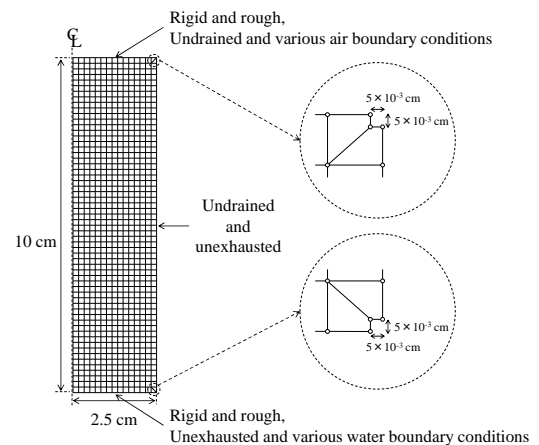


図 1 有限要素メッシュ図と境界条件

図 1 はシミュレーションに用いた有限要素メッシュ図と境界条件を示す。簡単のため、円筒供試体の軸対称性を仮定した。上下端は剛・摩擦のペDESTAL の条件を表現するために束縛条件を課し、隅角部に変形の自由度を上げるための処理を施した。せん断時は上端から実験と同じ速度で軸変位を与えた。材料定数および初期値は、Yoshikawa et al.²⁾と同じ値を用い、Zhang and Ikariya⁵⁾による手法を導入するにあたり、限界状態の平均骨格応力 98.1kPa における比体積を、最大飽和度時が 1.97, 最小飽和度時が 2.10 とした。土骨格の構成モデルの概要は別報⁶⁾を参照されたい。なお、次章の計算結果は供試体を 1 要素として見た場合の見かけの挙動を示す。

3. 実験結果¹⁾と解析結果の比較

図 2 はサクシヨン付与・等方圧密過程における実験結果¹⁾と計算結果の比較を示す。以後、計算結果は、構成式にサクシヨンの効果を考慮しない場合²⁾と考慮した場合の 2 ケースを示す。サクシヨン付与直前のサクシヨン値は約 20kPa であるため、サクシヨン 30, 50, 100kPa の場合は排水し、0, 10kPa の場合は吸水する。吸水時の体積圧縮量が大きく、コラプス挙動を表現できている。なお、実験で観測された吸水量と体積ひずみが収束しにくい挙動までは表現できていないが、本理由に関しては別報⁶⁾を参照されたい。

図 3 はサクシヨン付与・等方圧密過程を経た後に実施した排気排水せん断試験の軸差応力～軸ひずみ関係および体積ひずみ～軸ひずみ関係の実験結果¹⁾と計算結果の比較を示す。図 4 は非排気非排水せん断試験の場合

キーワード 空気～水～土骨格連成解析, 不飽和土三軸試験, サクシヨン

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

の結果を示す。軸差応力～軸ひずみ関係において、サクシオン効果を考慮しない場合²⁾には見られなかった初期剛性の違いが表現できている。これは、サクシオン付与・等方圧密過程において、飽和度変化により限界状態線の切片が変化する効果が、SYS Cam-clay model³⁾が表現する土骨格の構造や過圧密の変化をもたらし、せん断時の初期状態が各サクシオンで異なったためである。具体的には、サクシオンが大きい

(飽和度が低い)ほど、せん断初期の過圧密比が大きいことが本計算における主な理由である。また、体積ひずみ～軸ひずみ関係を見ると、サクシオン効果を考慮した場合は、排気排水せん断時にはサクシオンが小さいほど体積ひずみが大きい様子、非排気非排水せん断時には、サクシオン効果を考慮しない場合²⁾に見られたサクシオンが大きいほど体積ひずみが大きい様子が見られない。この理由も、限界状態線の切片の変化とそれに伴う構造や過圧密の変化が複雑に絡み合ったためである。

4. おわりに

SYS Cam-clay model³⁾にサクシオンの効果を導入することで、①吸水コラプス挙動、②せん断時の初期剛性の違い、等を表現できるようになった。本研究に関しては、別報⁶⁾も参照されたい。

謝辞：JSPS 科研費 25249064 の助成を受けた。感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 小高ら：排気・排水条件を…，第18回中部地盤工学シンポジウム，6，2006。 2) Yoshikawa et al.: Effects of air …，S&F, 55(6), 1372-1387, 2015。 3) Asaoka et al.: An elasto-plastic description …，S&F, 42(5), 47-57, 2002。 4) Noda. and Yoshikawa: Soil-water-air coupled …，S&F, 55(1), 45-62, 2015。 5) Zhang and Ikariya: A new model…，S&F, 51(1), 67-81, 2011。 6) 吉川ら：セラミックディスクの透水性が…，第51回地盤工学研究発表会（予定）。

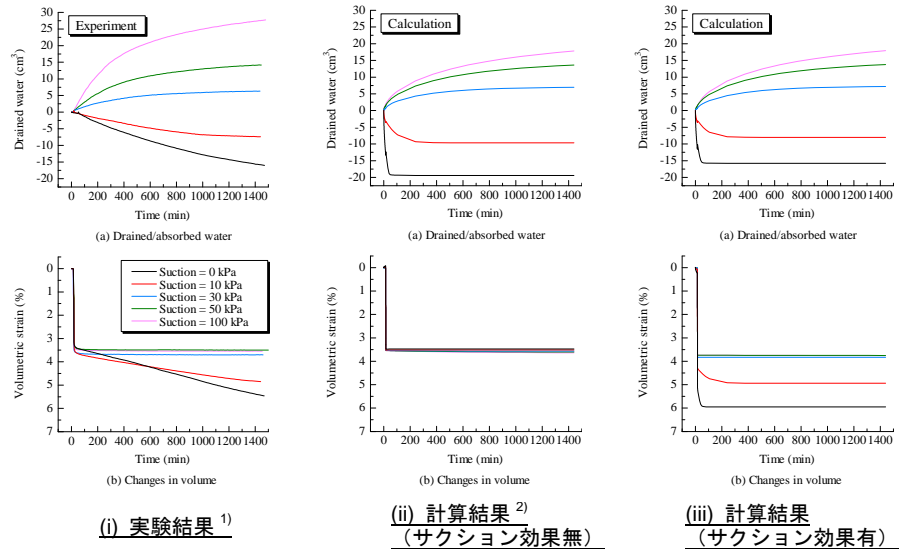


図2 サクシオン付与・等方圧密過程の実験結果¹⁾と計算結果

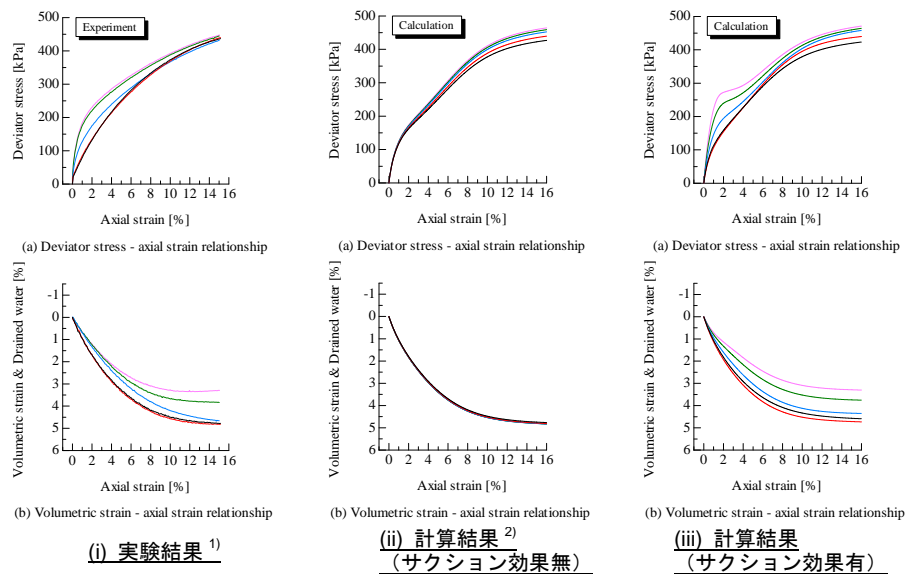


図3 排気排水せん断試験の実験結果¹⁾と計算結果

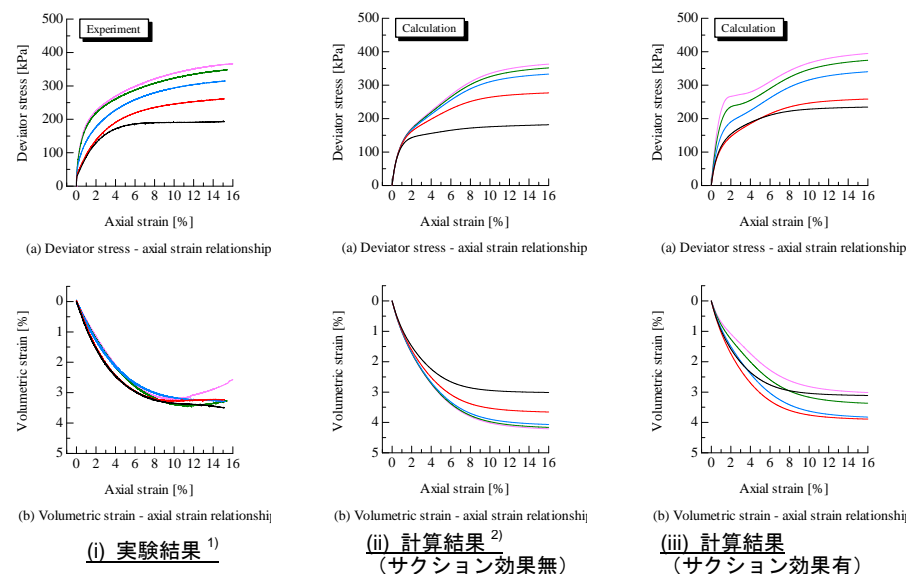


図4 非排気非排水せん断試験の実験結果¹⁾と計算結果