

不飽和土のサクシオン低下時の一次元圧縮特性

鳥取大学大学院 学生会員○杉浦 豊

鳥取大学 正会員 清水正喜

1. はじめに

著者らは不飽和土の一次元圧縮特性に及ぼすサクシオンの影響について調べている^{1,2)}が、新たに、異なる鉛直応力の下でサクシオンを減少させるような一次元圧縮試験を実施した。本報告ではコラプス沈下挙動に対する鉛直応力や間隙比の影響について考察する。

2. 供試体作製方法および試験条件

サクシオンの制御が可能な一次元圧縮試験装置^{1,2)}を使用した。試料は非塑性シルト (DL クレー) である。試料を所定の含水比で練り返し、所定量だけ圧密リングに入れて、載荷板を装着しないで 3kPa のサクシオンを作用させた。排水終了後、上端面を整形して供試体高さを 2cm にした。表 1 に供試体の初期状態を示す。初期状態をほぼ同じにすることができている。

表 1 初期状態および試験条件

試験名	w	Sr	e	$\sigma_{net(1)}$
U-39	41.5	97.9	1.14	39.2
U-78	42.2	99.2	1.15	78.4
U-157	41.7	99.0	1.14	157
U-628	42.5	99.9	1.15	628
S1	41.9	99.2	1.14	--
S2	42.1	98.8	1.15	--

表 1 の U 試験シリーズにおいて基底応力 σ_{net} とサクシオン s を図 1 の経路に沿って作用させた。ここに $\sigma_{net} = \sigma - u_a$, $s = u_a - u_w$, σ : 鉛直応力, u_a : 間隙空気圧, u_w : 間隙水圧。① $s=0\text{kPa}$ の状態で $\sigma_{net}=19.6\text{kPa}$ まで載荷。② $\sigma_{net}=19.6\text{kPa}$ の状態で $s=80\text{kPa}$ まで s を増加 (サクシオン増加過程)。③ $s=80\text{kPa}$ の状態で σ_{net} を $\sigma_{net(1)}$ まで載荷。④ $\sigma_{net} = \sigma_{net(1)}$ の状態で $s=0\text{kPa}$ まで減少 (サクシオン減少過程)。⑤ $s=0\text{kPa}$ の状態で $\sigma_{net}=1256\text{kPa}$ まで載荷。 $\sigma_{net(1)}$ の値を変えて試験した。比較のため、サクシオンを作用させない試験も実施した (S1 および S2 試験)。

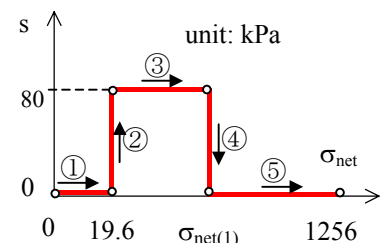
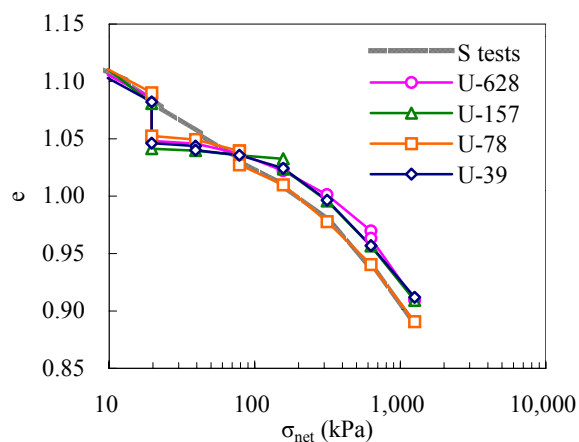
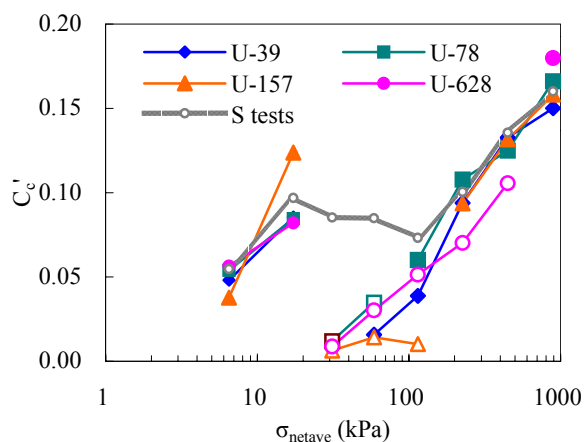


図 1 応力経路図

3. 結果と考察

図 2 に全ての試験から得られた間隙比と基底応力の関係を示す。図中” S tests” は S1 および S2 試験の間隙比を平均してプロットした。サクシオンを作用させた影響が顕著に見られる。図 3 に $e - \log \sigma_{net}$ 曲線の傾き C_c' と平均基底応力 σ_{netave} の関係を示す。ここに C_c' および σ_{netave} は、例えば鉛直応力を σ_1 から σ_2 に変化させたとき $C_c' = -(e_2 - e_1) / \log(\sigma_2 / \sigma_1)$, $\sigma_{netave} = \sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}$ で定義した。サクシオン作用下での載荷段階 (図 1 の経路③) を白抜きのマークで示した。 C_c' は、サクシオンの作用後の 1 番目の載荷段階でゼロに近いこと、荷重の増加とともに増加し

図 2 $e - \log \sigma_{net}$ 関係図 3 $C_c' - \sigma_{netave}$ の関係

キーワード: 不飽和土, サクシオン, 圧縮性, コラプス現象

連絡先: 清水正喜・鳥取市湖山町南 4 丁目 101, Tel. 0857-31-5290

ていくが、飽和土に比べて、小さいことがわかる。また、U-39 試験で見られるように、サクシオンを0に下げても低い応力段階では C_c は小さい。

サクシオン増加過程（図1の径路②）での体積ひずみの変化挙動を図4に示す（ひずみは圧縮を正にした）。体積は圧縮した。すべての供試体で応力履歴が同じであるので挙動もほぼ同じである。

サクシオン減少過程（径路④）における体積変化を図5に示す。この過程でも全ての試験で体積圧縮が生じた。U-39 試験では、 s を 80kPa から 10kPa まで減少させてもほとんど体積圧縮は起こらず、0kPa に減少させた段階で大きく圧縮が生じた。次に、U-78 試験では s を 40kPa まで減少させても圧縮は起こらず、30kPa に減少させた段階で圧縮が生じはじめ、それ以降は s の減少とともに圧縮が進んだ。U-157 および U-628 試験では、 s を 40kPa に減少させた段階から圧縮が生じ始め、それ以降 s の減少とともに圧縮が進んだ。このように $\sigma_{net(1)}$ が大きいほど、サクシオン減少量が少ない段階から圧縮が起こり始める傾向が見られた。これは、前報¹⁾で示されたのと同様の傾向である。

圧縮量は、U-78 で最も大きく、U-157, 628, 39 の順に小さくなっている。この結果は、前報の“同じサクシオン減少量であれば基底応力が大きいほど、コラプス沈下量が小さくなる”という考察と異なっている。

図6にサクシオン減少前および後の間隙比、サクシオン減少によって生じた圧縮ひずみをそれぞれ鉛直応力に対してプロットした。比較のためにサクシオン作用履歴を有しない試験結果も示した（飽和圧縮曲線）。この図から以下のことがわかる：(1)サクシオン低下前の状態が飽和圧縮曲線より下にあるとき圧縮量は小さい。(2)サクシオン低下前の状態が飽和圧縮曲線より上にある場合、圧縮量は、飽和圧縮曲線との間隙比の差と相関的でなく、間隙比そのものが大きいほど圧縮量は大きい。(3)サクシオン低下前の状態が飽和圧縮曲線より上にある場合、予想に反して、コラプス圧縮後に飽和圧縮曲線上に至らなかった。

図7に、全過程における飽和度 S_r とサクシオン s の関係を示した。サクシオン低下時に、 σ_{net} の大きさ $\sigma_{net(1)}$ の影響は見られず、ほぼ同じ水分保持特性を示している。また、サクシオンをゼロに下げても飽和度が完全に 100%に戻っていないことがわかる。これは、上記(3)の現象の一因である可能性があるが、さらに詳細な検討が必要である。

4. 結論

- (1) サクシオンを増加させても減少させても体積は圧縮した。
- (2) サクシオンを作用させた状態では、荷重増加による圧縮性は低い。サクシオン減少後も、低圧縮性が持続する。
- (3) コラプス沈下量は、飽和圧縮曲線との相対的位置関係および間隙比の大きさに依存する。

参考文献

1)清水・田原・杉浦(2007)：不飽和土の一次元圧縮特性に及ぼすサクシオンの影響，第42回地盤工学研究発表会。
2)清水・杉浦・田原(2006)：一次元圧縮状態における不飽和土の吸・排水挙動に対するサクシオンの効果，土木学会第61回年次学術講演会。

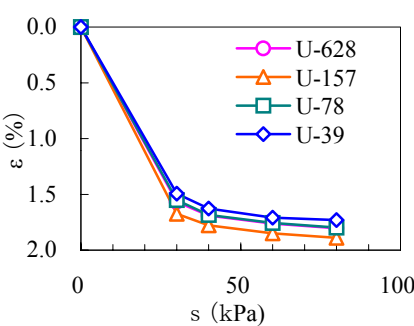


図4 ϵ - s 関係(サクシオン増加過程)

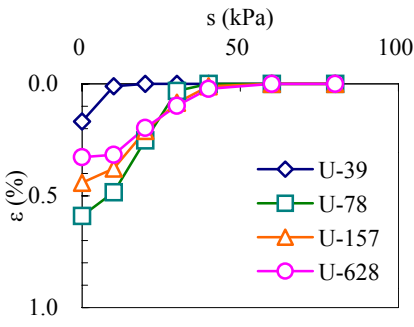


図5 ϵ - s 関係(サクシオン減少過程)

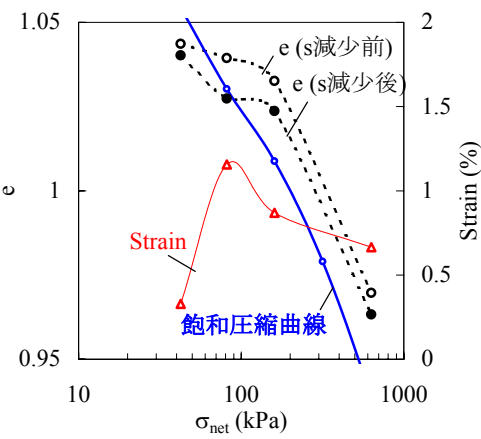


図6 サクシオン減少前後の間隙比と圧縮ひずみ

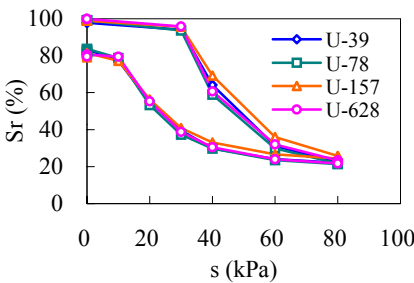


図7 水分保持特性 (S_r - s 関係)