

低飽和度下における二戸しらすの繰返し挙動に及ぼす飽和度の影響

八戸工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○粒来 真優子

八戸工業高等専門学校 正会員 清原 雄康

1. はじめに

地下水面からの距離により地盤の飽和度やサクシオンは変化し、それに伴い、特に保水性の高いしらす土などは不飽和力学挙動に大きく影響することが知られている。これまで、飽和度 90% から 70% 付近での不飽和繰返し挙動の研究を行ってきた。本研究では、水分特性曲線においてサクシオンが急激に増加する低飽和度領域での繰返し挙動を把握することを目的とし、圧密後飽和度が 36% と 42% の水分が比較的少ない保水形態をもつ供試体を用いて非排気・非排水繰返し挙動の把握を行った。

2. 試験方法

本実験では 2mm ふるいを通過し風乾させた二戸しらすを用いる。試料土の諸性質を表 1 に示す。この土は、多孔質で、保水性が高く、破砕性があることが知られている。供試体は相対密度 Dr :65%, 圧密後飽和度 Sr :36%, 42%, 72% になるように風乾試料土に加水し、 $\Phi 5\text{cm}$, 高さ 10cm モールドにて突き固めて作製する。

繰返し三軸変形特性試験の供試体作製時、圧密後の供試体性状を表 2 に示す。圧密過程では、排気・非排水条件で等方圧密圧を段階的に増加させ、体積変化や、圧縮特性の把握をしながら、最終的には拘束圧 σ_c :100kPa までかける。その後、地震動の短期問題を想定した非排気・非排水条件でせん断過程の繰返し試験を行う。設定偏差応力 σ_d の正弦波各 12 波を載荷周波数 0.05Hz で段階的に増加させながら、破壊に至るまで載荷を繰り返す。 Sr :32%, 42% のケースでは、載荷段階間で排水、排気を行わず、 Sr :72% では、載荷段階間で排水を行い圧密を介する試験である。

水分特性曲線は、繰返し時の体積含水率とサクシオンの関係や、別途行った保水性試験から、式(1)の van Genuchten 式により求める。

$$Se = \left\{ 1 + (\alpha \psi)^n \right\}^{-(1-1/n)} = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r) \quad (1)$$

ここで、 Se : 有効飽和度, α , n : VG パラメータ, ψ : サクシオン高さ(m), θ : 体積含水率, θ_r : 残留体積含水率, θ_s : 飽和体積含水率である。

3. 試験結果

Sr :36%, Sr :42%, Sr :72% での繰返し三軸試験の偏差応力 q , 間隙比 e , サクシオン Su , 間隙空気圧 u_a , 間隙水圧 u_w の経時変化をそれぞれ図 1, 図 2, 図 3 に示す。 Sr :36% での Su は、 σ_d のレベルが上がるにつれ、初期値約 36kPa から約 33kPa まで減少した。 Sr :42% も同様の傾向にあり、 Su は初期値 26kPa から徐々に減少し、約 23kPa となった。また、 Su は減少しているが、 e はいずれも増加傾向にあった。その原因として、供試体の膨張に伴い、間隙径が広がり保水性が低下したことが考えられる。一方で、 Sr :72% での Su は初期値 0kPa であったが、徐々に正の水圧が発生し、最大で約 -27kPa 発生した。 e は減少傾向にあり、間隙は収縮している。水分量が多いため、間隙の収縮に伴

表 2 供試体性状

名称	作製時			圧密後					繰返し時
	乾燥密度 $\rho_d (\text{g/cm}^3)$	間隙比 e	Sr (%)	乾燥密度 $\rho_d (\text{g/cm}^3)$	間隙比 e	Sr (%)	圧縮 指数 λ	膨潤 指数 κ	せん断設定軸差応力 $\sigma_d (\text{kPa})$
Sr :36%	1.378	0.865	33.5	1.412	0.805	36.0	0.05611	0.00265	2.2, 3.4, 4.4, 9.4, 19.3, 38.9, 47.7, 57.9, 73.8, 79.3, 83.0
Sr :42%	1.374	0.914	39.8	1.453	0.810	42.3	0.05615	0.00765	4.5, 9.6, 2.3, 19.9, 30.7, 49.9, 59.2, 69.4, 79.7, 84.9, 86.6, 88.3
Sr :72%	1.347	0.951	76.8	1.371	0.918	72.0	—	—	2.1, 5.0, 9.8, 14.4, 19.8, 24.6, 29.7, 40.1, 44.8, 50.0, 62.1, 5.0, 4.9, 70.7, 71.4, 85.0, 96.0

キーワード 繰返し三軸試験 しらす 不飽和土

連絡先: 〒039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 16-1 八戸工業高等専門学校専攻科 電話番号: 0178-27-7367

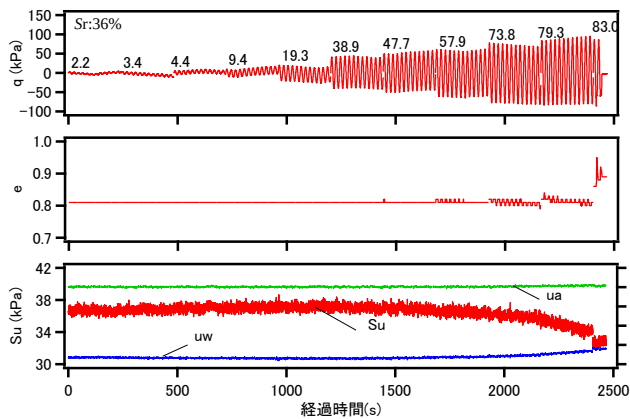


図1 Sr:36%での q , e , $Su \cdot u_a \cdot u_w$ の経時変化

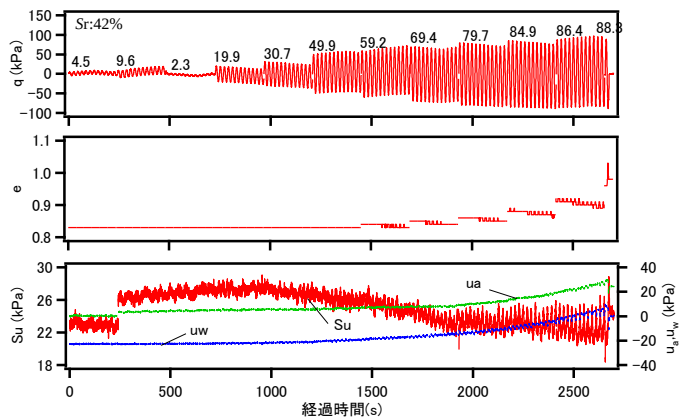


図2 Sr:42%での q , e , $Su \cdot u_a \cdot u_w$ の経時変化

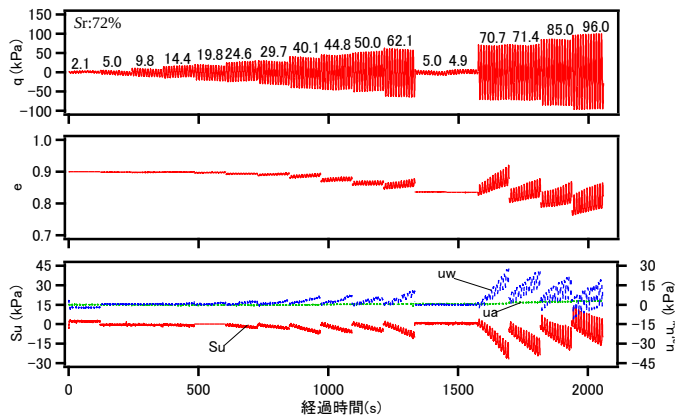


図3 Sr:72%での q , e , $Su \cdot u_a \cdot u_w$ の経時変化

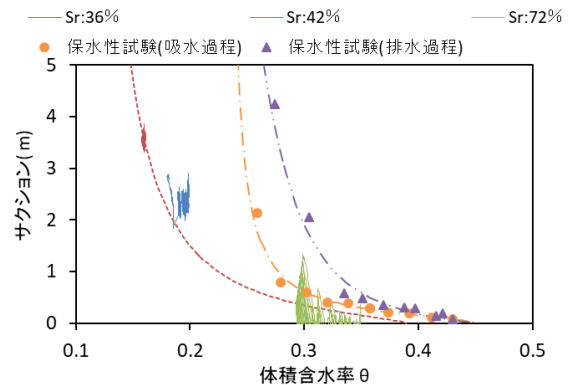


図4 水分特性曲線の履歴，保水性試験結果

って、正の水圧が生じたと考えられる。図4に繰返し試験から求めた水分特性曲線の履歴，別途行った保水性試験結果 ($e:0.82$)を示す。繰返し試験の水分特性曲線は，Sr が低くなるほど，Su は高くなる分布となった。また，水分特性履歴はいずれも左方向に移動している。保水性試験結果は，繰返し試験結果と比較して，保水性が高くなる傾向にあった。この原因として，保水性試験は真空脱気した試料を用いたため，粒子内に封入された移動に関わらない水分が θ の計算に考慮されたことが考えられる。

図5に片振幅ひずみ $(\epsilon_a)SA$ ，等価ヤング率 E_{eq} ，履歴減衰率 h の関係を示す。 E_{eq} は， $(\epsilon_a)SA$ の各段階で，Sr が低いほど高くなる分布となった。Sr が高いほどサクシオンが低く，不飽和の有効拘束圧が低下したことが原因と考えられる。 $(\epsilon_a)SA$ が大きくなるほど，設定飽和度間の差は縮まった。

4. まとめ

Sr:36%，42%で二戸しらすの繰返し三軸変形特性試験を行い，Sr:72%の結果と比較した。いずれも液状化に至らず伸長破壊であった。Sr が低くなるほど，Su は高くなる分布となった。Sr:36%，42%では体積膨張し，毛管径が広がったことが原因で Su は低下した。Sr:72%では水分量が比較的多かったため，間隙の収縮に伴って，正の水圧が生じた。 E_{eq} は Sr が低いほど高くなり，低飽和度下の間隙空气の割合が大きい状況下では剛性は高く，初期で $E_{eq}:140\text{MN/m}^2$ と，液状化に至りにくいことがわかった。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 18H01529(代表：海野寿康先生)，18K04356 の助成を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 地盤工学会：不飽和地盤の挙動と評価，社団法人地盤工学会，pp.35-41，2004.

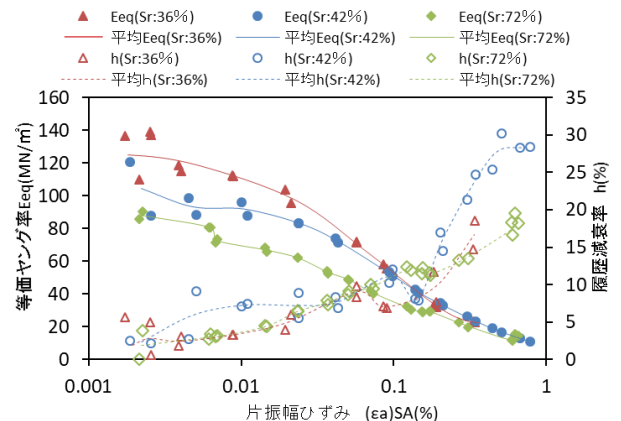


図5 $(\epsilon_a)SA$ ， E_{eq} ， h の関係