

八戸しらす不飽和地盤の加水加振時における水分特性および変形特性

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○根岸 ゆう美
岩手大学工学部 非会員 榎本 利憲
八戸工業高等専門学校 正会員 清原 雄康

1. はじめに

しらすは、保水性が高く浸水によってせん断抵抗が著しく低下することが知られており、降雨時、地震時に崩壊を起こす例が報告されている¹⁾。

そこで、しらす地盤の地震時挙動を解明するために、2mmふるいを通過した火山灰質土である八戸しらすを用いて、変形特性試験により、不飽和における変形特性を把握する。また、土槽を用いた振動台実験を実施し、降雨時を想定した加水時や、地震時を想定した加振時のダイレイタンスに伴う水分やサクシヨンの挙動、間隙水圧の変化を把握する。

2. 変形特性試験

試験における供試体の状況と試験条件を表 1 に示す。不飽和状態における供試体作製時の乾燥密度 ρ_d は 1.25 g/cm^3 とし、飽和度 Sr :80%と Sr :60%ともに拘束圧 σ_c を 50 kN/m^2 、背圧 u_b を 0 kN/m^2 、圧密応力 σ'_c を 50 kN/m^2 とした。载荷条件について、周波数 f は 0.10Hz 、排水条件は非排水とした。また、载荷段階数は Sr : 80%が 7 段階、 Sr : 60%が 14 段階となった。

試験より得られた結果を図 1 に示す。等価ヤング率 E_{eq} はひずみの増加に伴い減少し、履歴減衰率 h は増大した。また E_{eq} について、 Sr : 80%の場合の値に比べて、 Sr : 60%の値が上回っていることがわかる。

3. 振動台実験

(1)実験方法

振動台の概要を図 2 に示す。土槽サイズ $220 \times 800 \times 450[\text{mm}]$ のアクリル土槽を用い、実地盤の地震時境界条件に近づけるため、土槽の側方境界部に柔なスポンジをそれぞれ 150mm ずつ挿入して実験を行った。模型地盤について、初期含水比 w : 11.4%の試料土を所定の密度になるよう土槽底部より 5cm ずつまき出して突き固め、最終的に高さ 40cm となるようにした。表 2 に模型地盤の諸元を示す。ヤング係数 E は Sr : 29.1%でのものである。振動台の設定条件について、片振幅 r を 0.1mm (片振幅ひずみ $(\epsilon_a)_{SA}$: 0.02% 、理論加速度 88.8gal)、 0.5mm ($(\epsilon_a)_{SA}$: 0.1% 、理論加速度 444.1gal)とし、周波数 f は 15Hz とした。 Sr : 26%での試験後、加水しながら、 Sr : 40%、 Sr : 60%、 Sr : 80%、 Sr : 85%での試験を順に行った。

表 1 圧密後の供試体性状と変形特性試験条件

飽和度 Sr [%]	圧密応力 σ'_c [kN/m^2]	設定軸差応力範囲 σ_d [kN/m^2]	乾燥密度 ρ_d [g/cm^3]
80	50	4~30	1.415
60	50	4~60	1.443

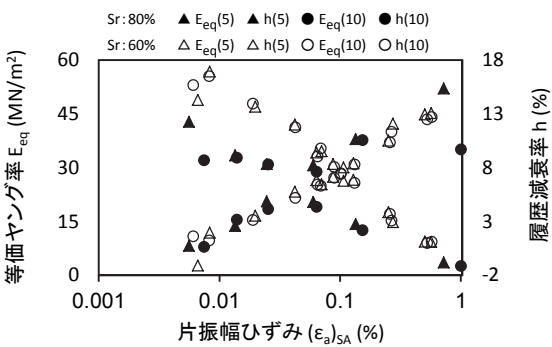


図 1 八戸しらすの不飽和における変形特性

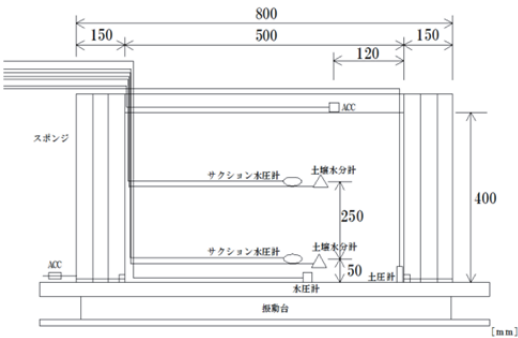


図 2 装置概要図

表 2 振動台実験模型地盤の諸元

土粒子密度 ρ_s [g/cm^3]	2.518
初期含水比 w [%]	11.4
乾燥密度 ρ_d [g/cm^3]	1.222
間隙比 e	1.060
初期飽和度 Sr [%]	26.2
スポンジ部ヤング率 [kN/m^2]	91
ヤング係数 E [kN/m^2]	2959
飽和透水係数 [cm/s]	2.26×10^{-3}

キーワード：不飽和土，繰返し三軸試験，しらす，水分特性，変形特性，振動台

連絡先：〒039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 16-1 TEL 0178-27-7367

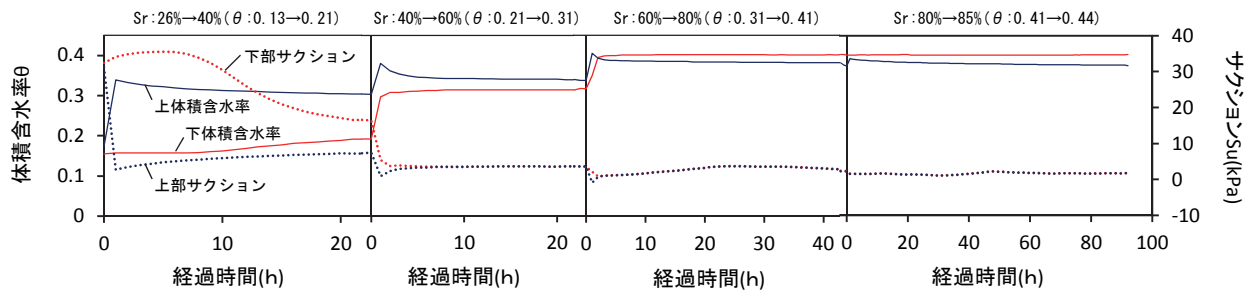


図3 加水加振時の経過時間に対する体積含水率，サクシヨンの変化

(2)振動台実験結果

図3に，加水加振時の経過時間に対する体積含水率 θ とサクシオン S_u の変化の例を示す． S_r :26%からの加水直後では，上部 S_u は急激に低下し，下部 S_u はやや上昇の後，低下した．時間が経過し，浸透が進むにつれ，約10時間後から下部の体積含水率 θ が増加し始めた．時間が経っても上方の θ の方が高い値を維持し，上部に水分が保持されていたことが分かる． S_u について，時間の経過につれて上と下は同じ値に近づいた．

加振時の θ とサクシオン高さ ψ の関係を図4に示す．水分特性曲線を算出する式として，次式に示すvan Genuchten(VG)モデル³⁾を用いた．

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(1 + |\alpha\psi|^n\right)^{-m}$$

ここで， S_e ：有効飽和度， θ_r ：残留体積含水率， θ_s ：飽和体積含水率， ψ ：サクシオン高さ， α ， n ， $m(=1-1/n)$ ：水分特性曲線の形状を与えるパラメータである． θ と S_u には一意的な対応関係があり，模型地盤の結果は校正時のデータと比較して， θ :0.2~0.3の範囲で ψ が高くなっていた． θ :0.35前後では振動により ψ が低下する結果が得られた．

図5に，加振による地表面の沈下量を示す． S_r :60%における f :15Hz， r :0.5mmの加振後までは，地表面にほとんど変化が見られなかった． S_r :80%以降は徐々に地表面が沈下し，最終的に1.3cm沈下したことから，負のダイレイタンス効果が顕著に現れた．

4. まとめ

変形特性試験により，不飽和における変形特性を把握したところ， S_r :80%で E_{eq0} :43MN/m²， S_r :60%で E_{eq0} :57MN/m²であった．

また，振動台実験により，飽和度を変化させた地盤の加水加振時の変化挙動を把握した．短い振動を数回に分けて与え，地盤の応答性，加水・加振時の水分変化挙動，変形，水分特性曲線の変化，負のダイレイタンスに伴う沈下挙動を確認した．

参考文献

- 1) 吉田顕介：小型振動台実験によるしらす地盤の応答特性，平成25年度 卒業研究報告書，pp.15-24，2014．
- 2) 清原雄康，岩渕光生，風間基樹：キャピラリーバリアにおける八戸しらすの適用性に関する研究，地盤工学ジャーナル，vol.2，N0.4，pp.329-337，2007．
- 3) 坂井勝，取出伸夫：水分保持曲線と不飽和透水係数の水分移動特性モデル，土壌の物理性，第111号，pp.61-64，2009．

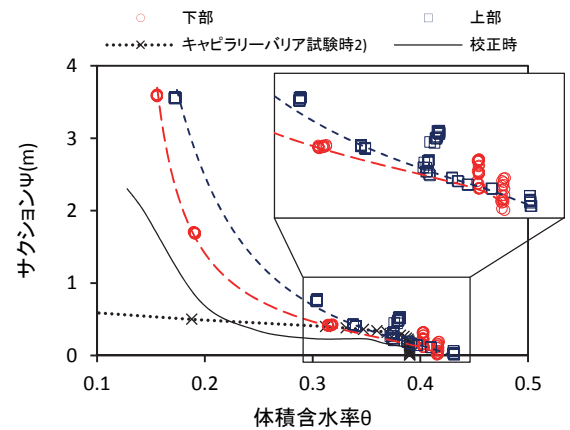


図4 加振時の水分特性

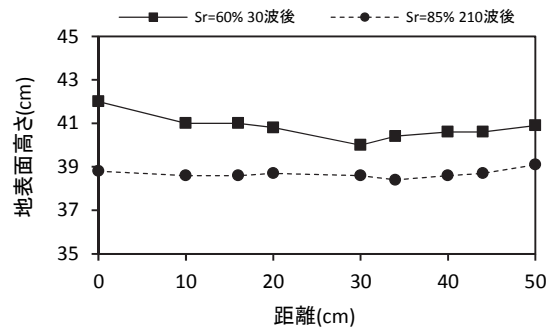


図5 加振による地表面の沈下