

繰返し荷重を受けるしらす地盤内の過剰間隙水圧伝播挙動

佐賀大学大学院
佐賀大学低平地防災研究センター
佐賀大学大学院

学生員○倉部拓哉
F 会員 林 重徳
学生員 藤本宏一

1. はじめに

しらす等特殊土に分類される理由は、流水に弱く容易に浸食崩壊および流動化や液状化を生じる点にある。従って、これまでのしらす地帯のトンネル工事は多くの場合、地下水位より上部に計画施工されてきた。しかし新幹線トンネルのような地下水位下しらす地帯の施工が避けられない場合、大きな繰返し荷重を受けると過剰間隙水圧の発生に起因したしらす地山の流動化・噴泥等の問題が懸念される。本研究では、しらすと砂を用いて、地下水位下の地盤を模した実験装置において繰返し荷重を载荷した時の過剰間隙水圧の伝播特性を調べる実験を行った。

2. 実験概要

2.1 実験装置 図-1に実験装置概略図を示す。この装置は空気圧式シリンダーにより応力制御で供試体(模擬地盤)に繰返し载荷するもので、実験土槽は高さ 150mm×幅 200mm×長さ 900mm、土槽側面に上段と下段それぞれ 7 個の間隙水圧計孔が設置してあり、過剰間隙水圧をデータロガーにより計測・記録を行う。なお今回、間隙水圧計は飽和度のばらつきが少ないと思われる下段(供試体上面からの深さ 100mm)に計 7 個設置してある。設置した間隙水圧計番号とその位置を図-1(b)に示す。

2.2 供試体作製 本実験では、1 つの実験ケースごとに供試体を作製している。しらす供試体($W_{opt}=22.0\%$)は現場地山の自然含水比 $w=28\%$ 、砂供試体($W_{opt}=9.6\%$)は含水比 $w=10\%$ となるように含水比調整し、締固め仕事量 $2.7(\text{cm} \cdot \text{kgf}/\text{cm}^3)$ により均等に締固めて作製した。供試体作製後、供試体上面をラバーメンブレンとシリコングリースで密閉し、その上からスチール板をボルトで固定し密着させた。その後、軌道により路盤が受ける初期拘束圧 $\sigma_{R0}=29.4\text{kPa}$ を供試体に負荷させて、水槽水頭を徐々に上昇させ 50cm の水頭をかけた状態で 24 時間放置した後、繰返し载荷実験を行った。なお間隙水圧は、水槽水頭を負荷した状態で初期値(0)とし、繰返し载荷による過剰間隙水圧 ΔU を計測している。

2.3 実験ケース 実験ケースを表-1に示すように、地盤がしらすと砂のそれぞれで、载荷回数が 1 回(振動数 0.010Hz)と 100 回(振動数 0.125Hz)の場合の計 4 ケースで検討を行う。交通荷重により受ける地盤接地圧 $\Delta \sigma_R$ を $\pm 58.8\text{kPa}$ として、载荷する応力は初期拘束圧 $\sigma_{R0} \pm$ 地盤接地圧 $\Delta \sigma_R$ で载荷を行った ($\sigma_R = \sigma_{R0} \pm \Delta \sigma_R = 29.4 \pm 58.8\text{kPa}$)。なお 1 回载荷の模式図を図-2 に示す。

表-1 実験ケース

ケース番号	地盤	载荷回数(回)	振動数(Hz)
1	しらす	1	0.010
2	砂	1	0.010
3	しらす	100	0.125
4	砂	100	0.125

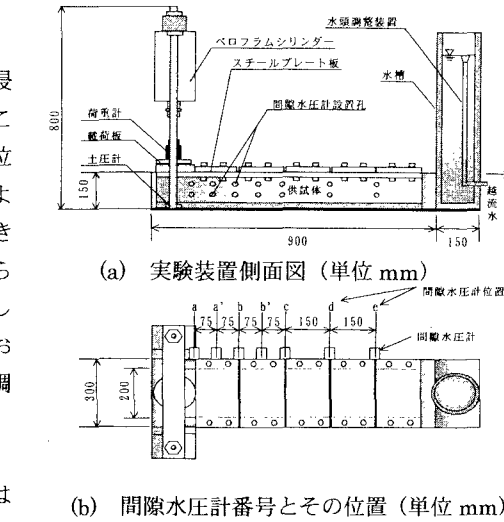


図-1 実験装置概要

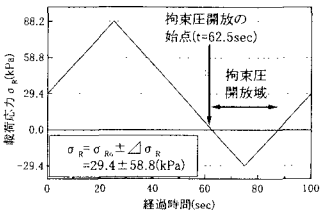


図-2 1 回载荷の模式図

3. 実験結果および考察

3.1.1 回載荷実験 図-3 及び図-4 にそれ

ぞれ、しらすと砂の振動数 0.010Hz による 1 回載荷実験の各位置における ΔU の時間変化を示す。しらすと砂の両方とも正の ΔU は発生せず、負の ΔU が発生している。

これは荷重速度が小さいために静的な載荷となり、載荷時に正の ΔU が発生しなかったためと考えられる。また、負の ΔU は経過時間 $t=62.5(\text{sec})$ で発生し始めている。これは図-2 に示すように除荷の際、拘束圧が開放されたとき($t=62.5\text{sec}$)に水槽水頭の影響で負の ΔU が発生し始めることを意味すると考えられる。図-5 に各位置における負の ΔU 最大値 $=\Delta U_{\text{max}}$ の a における ΔU_{max} に対する割合と載荷位置からの距離との関係を示す。この図よりしらすの方が砂よりも、負の ΔU が減衰しながら載荷位置より遠方に伝播していることがわかる。

図-6 に拘束圧の開放が始まる $t=62.5(\text{sec})$ から除荷の終了する $t=75(\text{sec})$ までにおける負の ΔU の変化量の勾配と載荷位置からの距離との関係を示す。この図よりしらすの方が砂よりも、負の ΔU の増加する速度が各位置において全般的に遅いと考えられる。これらの伝播特性は写真-1、2 に示すように、しらす中の軽石粒子に見られる多孔質な粒子形状が寄与していると考えられる。

図-6 に拘束圧の開放が始まる $t=62.5(\text{sec})$ から除荷の終了する $t=75(\text{sec})$ までにおける負の ΔU の変化量の勾配と載荷位置からの距離との関係を示す。この図よりしらすの方が砂よりも、負の ΔU の増加する速度が各位置において全般的に遅いと考えられる。これらの伝播特性は写真-1、2 に示すように、しらす中の軽石粒子に見られる多孔質な粒子形状が寄与していると考えられる。

3.2 100 回載荷実験 振動数 0.125Hz による 100 回載荷の a と b' の位置における ΔU の時間変化を、図-7、8 にしらす、図-9、10 に砂の結果を示す。負の ΔU がしらすで発生しておらず、砂で発生しているのは、1 回載荷実験の結果でも述べたように、しらすの方が負の ΔU の増加する速度が各位置において全般的に遅いために、一旦載荷した後、次の載荷に移行するまでの間に負の ΔU が十分に発生しきれなかったためと考えられる。

しらすと砂の繰返し載荷実験結果を比較した結果、しらすは砂に比べて遠方になるほど ΔU が小さくなる場所的な減衰を伴って伝播していくものと考えられる。今後は、初期拘束圧の影響を検討する予定である。

4. おわりに

しらすと砂の繰返し載荷実験結果を比較した結果、しらすは砂に比べて遠方になるほど ΔU が小さくなる場所的な減衰を伴って伝播していくものと考えられる。今後は、初期拘束圧の影響を検討する予定である。

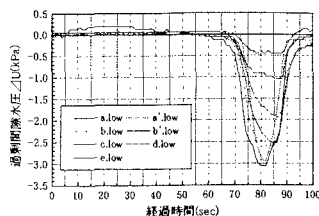


図-3 ケース 1 における各位置の ΔU 時間変化

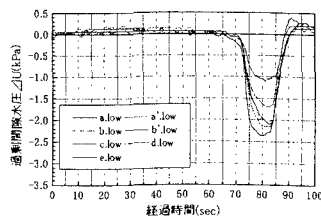


図-4 ケース 2 における各位置の ΔU 時間変化

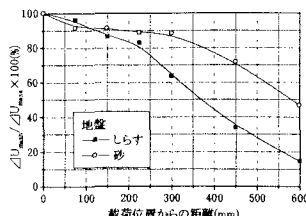


図-5 $\Delta U_{\text{max}} / \Delta U_{\text{max}}$ ($n=a', b', c, d, e$) と載荷位置からの距離との関係

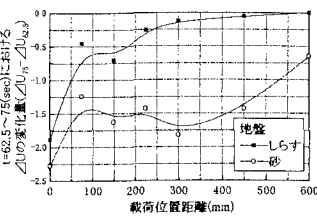


図-6 $t=62.5 \sim 75(\text{sec})$ における ΔU の変化量と載荷位置からの距離との関係



写真-1 しらす中の軽石(500 倍)

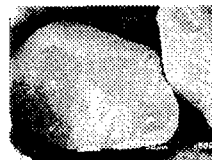


写真-2 砂(500 倍)

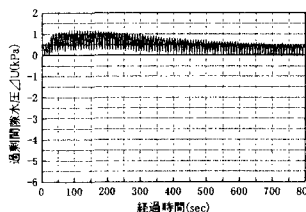


図-7 ケース 3 における a の位置の ΔU 時間変化

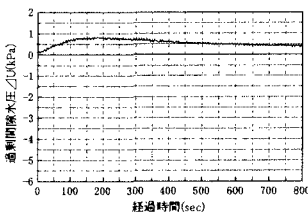


図-8 ケース 3 における b' の位置の ΔU 時間変化

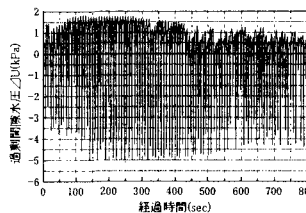


図-9 ケース 4 における a の位置の ΔU 時間変化

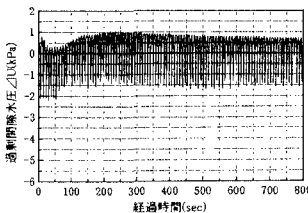


図-10 ケース 4 における b' の位置の ΔU 時間変化