

立命館大学理工学部 正会員 竹下貞雄

立命館大学大学院 学生員 ○宮島英次

立命館大学大学院 学生員 橋本琢治

立命館大学大学院 学生員 中尾慶太

立命館大学大学院 学生員 村上裕明

1. まえがき

飽和砂の繰返し非排水三軸試験は、地震、波浪等による動的繰返し応力を、非排水条件のもとで受ける砂の液状化強度特性を求めることを目的としている。また、現在では地盤の液状化の可能性の判定や、各種設計業務にも広く用いられている。本論文では、杉津砂と琴引砂の2種類の砂について2つの相対密度 ( $D_r=40\%$ 及び  $D_r=70\%$ ) で繰返し非排水三軸試験を行い、両者の液状化に対する抵抗力の比較・検討及び液状化に達するまでの砂の挙動を調べたのでここに報告する。

2. 実験概要

試料は杉津砂及び琴引砂を用いた。試料の粒径加積曲線及び物理的特性を表1及び図1に示す。供試体は、モールド内に設置された0.2 mm厚のゴムスリーブ中に所定の相対密度となるよう試料を中空落下法により詰めて作成した。寸法は、直径50 mm、高さ100 mm程度とする。そして自立させた供試体の寸法を測定した後、供試体をCO<sub>2</sub>及び脱気水で飽和させることによりB値を97%以上にした。載荷試験は、等方圧密(側圧  $\sigma_v' = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ )を行った後、周波数0.1 Hzで繰返し軸荷重を加え、軸荷重、軸変位、間隙水圧及びセル圧を連続的に記録した。DA(繰返し両振幅)が5%になるまで実験を行った。

3. 実験結果及び考察

図2、図3はそれぞれ杉津砂の繰返し荷重、変位量、間隙水圧の時間変化を示している。図2は  $D_r=40\%$ 付近、図3は  $D_r=70\%$ 付近を示す。

$D_r=40\%$ の場合、3回の繰返し荷重で変位量が急増しておりここでクイックサンドが起こったと言える。これに対して  $D_r=70\%$ の場合、 $D_r=40\%$ の場合のようなクイックサンドは起こらず、変位量及び間隙水圧とも徐々に上昇し、荷重は正常な波形を繰り返している。また、過剰間隙水圧比のグラフにくぼみが生じているが、これは荷重載荷時に正のダイレタンシーが、荷重除去時に負のダイレタンシーが起こり有効応力が回復しているためであり、つまりサイクリックモビリティの状態にあると言える。

表1 試料の物理的特性

	杉津砂	琴引砂
Gs	2.686	2.633
$e_{max}$	0.949	0.784
$e_{min}$	0.607	0.529
$D_{10}$	0.11	0.48
$D_{60}$	0.20	0.63
$U_c'$	1.82	0.31
$U_c$	1.02	0.93

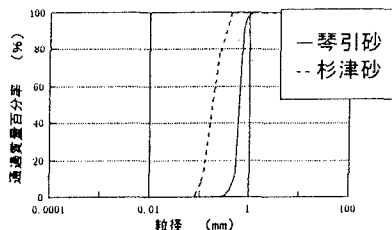


図1 粒径加積曲線

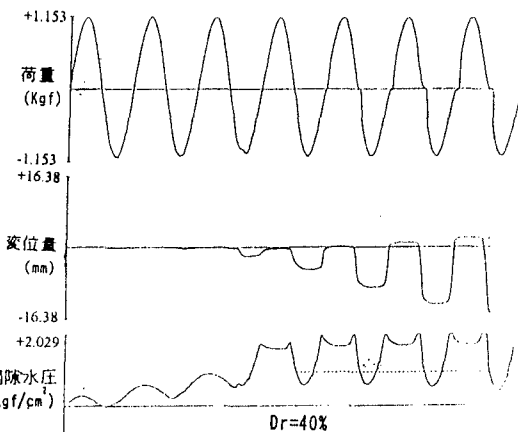


図2 荷重、変位量、間隙水圧の時間変化

図4は縦軸に繰返し応力振幅比、横軸に過剰間隙水圧比を、ひずみごと(DA=1%, DA=2%, DA=5%)にプロットしたグラフである。プロットした点に沿うように直線も引いた(実線は杉津砂のひずみライン、点線は琴引砂のひずみライン)。過剰間隙水圧比が同じであれば、繰返し応力振幅比が大きいほど、また繰返し応力振幅比が同じであれば、過剰間隙水圧比が大きいほど、ひずみが大きくなる。これは過剰間隙水圧比が大きいほど供試体の有効応力は小さく、せん断強度も小となることで説明できる。また図のDA 1%~5%のラインの離れの幅は杉津砂、琴引砂ともに右側に行くほど狭くなっており過剰間隙水圧比が大きい領域ではわずかな繰返し応力の変化でひずみが敏感に変化することがわかる。

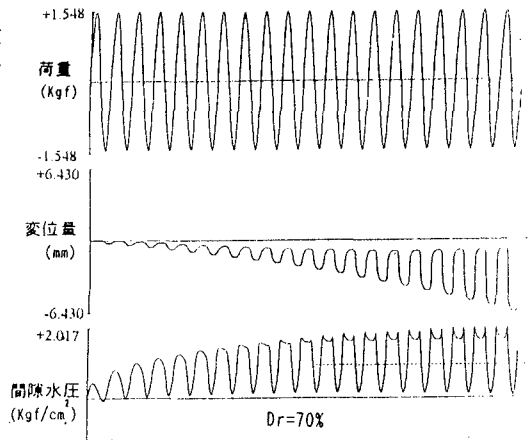


図3 荷重、変位置、間隙水圧の時間変化

図5は、杉津砂(Dr=70%)及び琴引砂(Dr=70%)が同じ繰返し回数19回でDA=5%に達したときの各サイクル終了時の過剰間隙水圧比を繰返し回数比(対象としている繰返し回数/DA=5%に達する繰返し回数)に対してプロットしたものである。このときの $\sigma_v$ は杉津砂で $\sigma_v=1.4\text{kgf/cm}^2$ 、琴引砂で $\sigma_v=1.5\text{kgf/cm}^2$ であった。このグラフを見てみると、琴引砂の方が $\sigma_v$ の値が大きいにも関わらず杉津砂のグラフの方が琴引砂のグラフよりも上に位置している。つまり杉津砂の方が過剰間隙水圧が発生しやすい砂であることがわかる。このことから琴引砂よりも杉津砂の方が液状化しやすいと思われる。

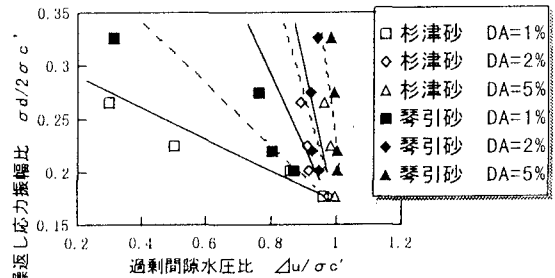


図4 繰返し応力振幅比と過剰間隙水圧比の関係

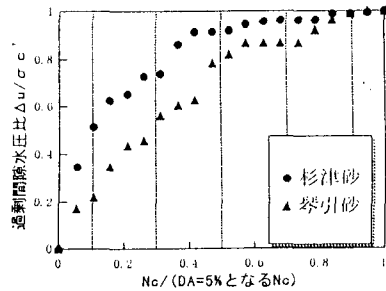


図5 繰返し回数比と過剰間隙水圧比の関係

#### 4. 結論

- 1) 杉津砂の方が琴引砂より液状化しやすい。
- 2) 杉津砂、琴引砂はどちらにおいてもDr=40%付近ではクイックサンドを起こすがDr=70%付近ではサイクリックモビリティ状態となる。
- 3) 杉津砂、琴引砂はどちらにおいても過剰間隙水圧が大きい領域では応力の僅かな変化でひずみが敏感に変化する。

#### 参考文献

- 1) G. Castro et al: Factor Affecting Liquefaction and Cyclic Mobility, Jour. of G. E., Proc. of ASCE, Vol. 103, NO. GT 6, pp. 501-516 (1977)
- 2) K. L. Lee and H. B. Seed: Cyclic Strees Conditions Causing Liquefaction of Sand, J. SMFD, ASCE, Vol. 92, No. SM6, pp. 49-56 (1966)