

相対密度の異なる飯豊珪砂の中空ねじりせん断試験による液状化強度特性

株式会社不動テトラ

正会員 ○高山英作

東京大学大学院

フェロー会員

古関潤一

1. はじめに

模型実験等に用いられる珪砂の一つとして、山形県飯豊町を産地とする飯豊珪砂がある。写真-1 に飯豊珪砂と豊浦砂の拡大写真を示すが、飯豊珪砂の粒子は丸みを帯びた形状であることが見て取れる。本論文においては、中空ねじりせん断試験装置を用いて繰返し非排水せん断試験を行い、相対密度の異なる飯豊珪砂の液状化強度特性について検討した結果を報告する。



(1) 飯豊珪砂 (7号)



(2) 豊浦砂

写真-1 拡大写真

2. 試験方法

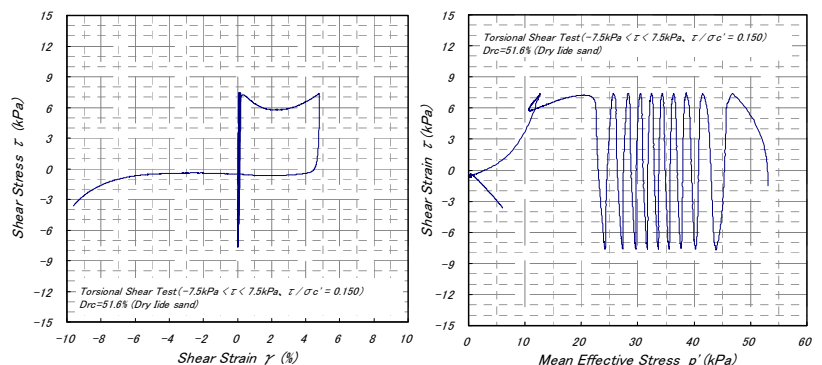
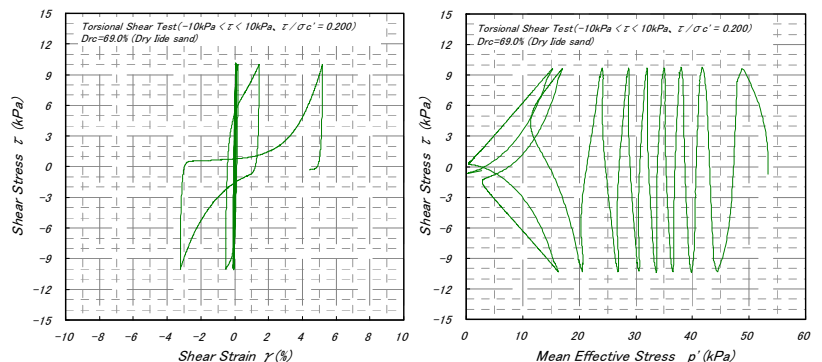
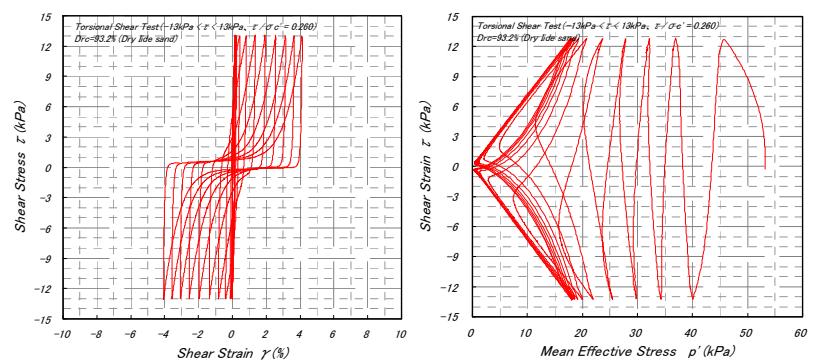
試験に用いた試料は気乾状態の飯豊珪砂 7号 ($G_s=2.657$; $D_{50}=0.195\text{mm}$; $U_c=1.650$; $e_{\max}=0.973$; $e_{\min}=0.603$) であり、物理特性はほぼ豊浦砂と同様である。中空円筒供試体 (外径 10cm、内径 6cm、高さ 20cm) を空中落下法で、圧密後の相対密度が $Dr=50\%$ 、 69% 、 93% 程度となるように作製した。

供試体作製後、二重負圧を作用させ通水し、B 値が 0.95 以上となることを確認した。また、圧密応力は $\sigma'_c=50\text{kPa}$ とし、30 分間の等方圧密を行った。その後、鉛直軸を固定した擬似単純せん断状態で非排水繰返しせん断試験を行った。

3. 試験結果

3-1. 液状化強度特性

図-1~3 に各相対密度における代表的な応力ひずみ曲線と有効応力経路を示す。相対密度が大きくなるにつれ、せん断ひずみの急激な増加が生じにくくなるという、豊浦砂¹⁾と同様な傾向が見て取れる。次に図-4 に、各試験結果より得られた液状化強度曲線を示す。ここで、本研究における液状化強度を、載荷回数 $N_c=20$ 回にてせん断ひずみ両振幅 $\gamma_{DA}=7.5\%$ となる繰返しせん断応力比と定義すると、その値は相対密度が大きくなるにつれ増加した。この傾向

図-1 応力ひずみ曲線と有効応力経路の例 ($Dr=50\%$)図-2 応力ひずみ曲線と有効応力経路の例 ($Dr=69\%$)図-3 応力ひずみ曲線と有効応力経路の例 ($Dr=93\%$)

キーワード：飯豊珪砂、液状化特性、中空ねじり 連絡先：〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町 7-2 TEL 03-5644-8534

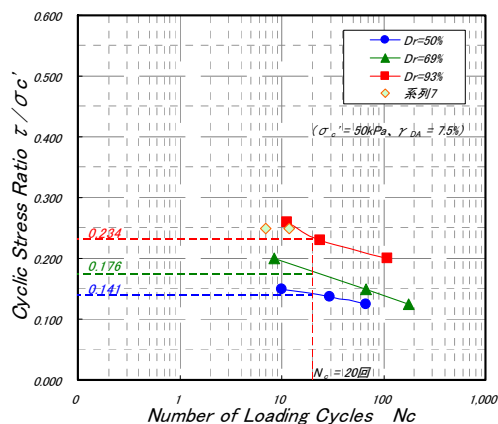


図-4 液状化強度曲線

を豊浦砂の場合¹⁾との比較を行うため、図-5に相対密度と液状化強度の関係図を示す。また、図中には他機関にて実施された飯豊珪砂の非排水繰返し三軸試験の結果も合わせて示している。なお、三軸試験の場合の液状化強度は、载荷回数 $N_c=20$ 回にて軸ひずみ両振幅が $\varepsilon_{DA}=5.0\%$ となる応力比と定義している。豊浦砂の場合は、相対密度が80%程度以上となると液状化強度が急増する。一方、飯豊珪砂の場合は、どちらの試験結果においても液状化強度の急増挙動が見られない結果となった。この要因としては、土粒子形状が丸みを帯びている事に起因する骨格構造の違いの影響が推測される。

3-2. せん断ひずみと過剰間隙水圧の発生特性

横軸にせん断ひずみ両振幅 $\gamma_{DA}=7.5\%$ となる载荷回数で正規化した载荷回数を取り、図-6にせん断ひずみ両振幅、図-7に過剰間隙水圧比との関係図を示す。図中には、本研究にて合わせて行った豊浦砂の試験結果も合わせて示している。なお、これらの関係図は傾向を読み取りやすくするため、 $\gamma_{DA}=7.5\%$ となる载荷回数が30回以下の試験結果に限定している。 $Dr=50\%$ の場合は、過剰間隙水圧比が0.70以上となると急激に過剰間隙水圧が発生し、同様にせん断ひずみも急激に発生する傾向であった。一方で、 $Dr=93\%$ の場合は過剰間隙水圧、せん断ひずみとも緩やかに増加していく傾向を示し、前述の液状化強度とは異なり相対密度の違いによる傾向の違いが顕著であった。また、豊浦砂 ($Dr=65\%$) の場合は飯豊珪砂における $Dr=93\%$ と $Dr=69\%$ の中間的な傾向を示しており、仮に同じ相対密度であった場合でも豊浦砂と飯豊珪砂とは異なる傾向を示すと考えられる。

4. まとめ

飯豊珪砂は、豊浦砂とは異なり高い相対密度においても急激な液状化強度の増加は見られなかった。これは、飯豊珪砂が丸みを帯びた土粒子形状を有している事に起因すると推測される。一方、せん断ひずみと過剰間隙水圧の発生特性に関しては、相対密度の違いによる傾向の顕著な違いが見られた。また、飯豊珪砂は豊浦砂とは異なる液状化特性を有している事が示唆された。

最後に、本論文を纏めるに当たりデータの提供を頂いた応用地質株式会社の関係者の皆様に謝意を示します。

参考文献 1) 國生ら (1983) : 密な砂地盤の地震時安定性評価法の検討 (その 1) 密な砂の動的強度特性、電力中央研究所報告、研究報告 383025。

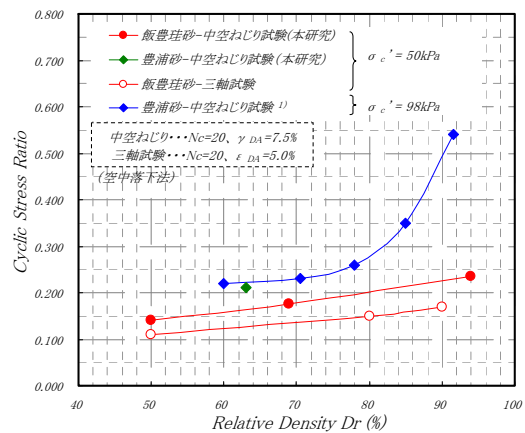
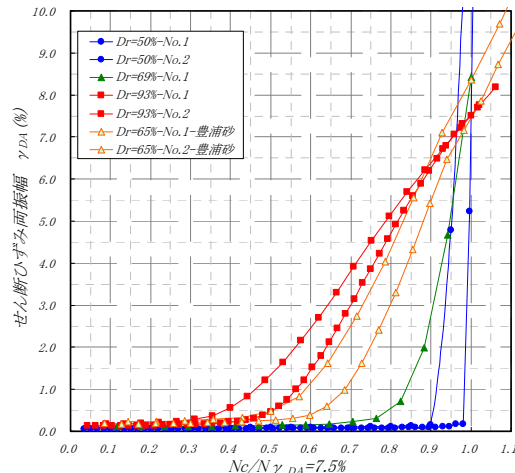
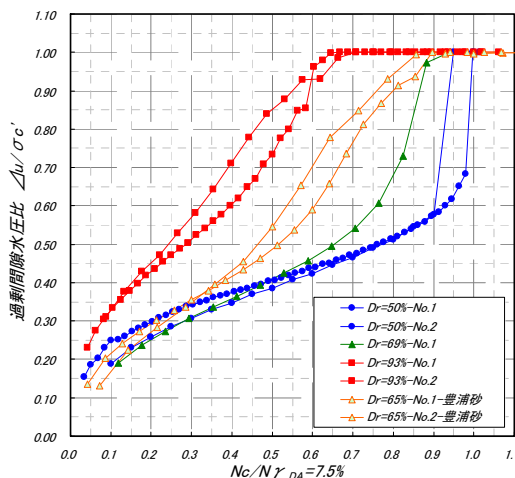


図-5 相対密度と液状化強度の関係

図-6 正規化した载荷回数と γ_{DA} の関係図-7 正規化した载荷回数と $\Delta u / \sigma'_c$ の関係