

大阪大学大学院 正会員 鍋島 康之
 大阪大学大学院 フェロー 松井 保
 大阪大学大学院 学生会員 ○長澤 朋視
 大阪大学大学院 学生会員 新川 泰弘
 大阪大学大学院 学生会員 M.A. El Mesmary

1. はじめに

最近、発生した地震では、これまで液状化しにくいといわれてきた細粒分を含む土が液状化した事例が報告されている。そこで本研究では、非塑性シルトを用いて室内で人工的に細粒分を含む砂を作成し、繰返し中空ねじり試験を行い、非塑性シルトを含む砂の液状化特性および液状化強度に及ぼす相対密度の影響について検討した。

2. 試験試料および実験方法

本研究で用いる試料は、豊浦標準砂とケイ砂を重量百分率で50%ずつ配合した混合砂 ($\rho_s=2.634(\text{g}/\text{cm}^3)$, $e_{\max}=1.067$, $e_{\min}=0.634$) である。図-1に粒径加積曲線を示している。また、供試体は内径4.3cm, 外径7.5 cm, 高さ15cmの円筒形で、目標相対密度 ($Dr=40, 60, 80\%$) になるようにウェットタンピング法で作製した。繰返し中空ねじり試験は有効拘束圧 $\sigma'_c=98.1\text{kPa}$ (背圧196.2kPa) で等方圧密した後、繰返し周波数0.1Hzの正弦波で応力制御による非排水繰返し载荷を行った。繰返し载荷の終了は両振幅せん断ひずみが15%に達するか、繰返し回数が100回に到達するまでとした。

3. 試験結果および考察

図-2は各相対密度のせん断ひずみと繰返し回数の関係を示している。 $Dr=40, 60\%$ (緩詰め～中密) では急激にせん断ひずみが増加しているのに対し、 $Dr=80\%$ (密詰め) では徐々にせん断ひずみが増加してから10%に達しており、 $Dr=40, 60\%$ の場合と比べるとより多くの繰返し回数を要している。図-3は各相対密度の有効応力経路である。 $Dr=40, 60\%$ では $p'=30\text{kPa}$ あたりから急激に有効応力が減少するのに対し、 $Dr=80\%$ では徐々に低下し、ゼロに近づくにつれてループを描くような挙動を示している。

図-4では各相対密度における過剰間隙水

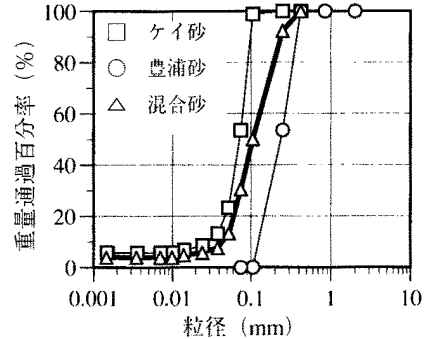


図-1 粒径加積曲線

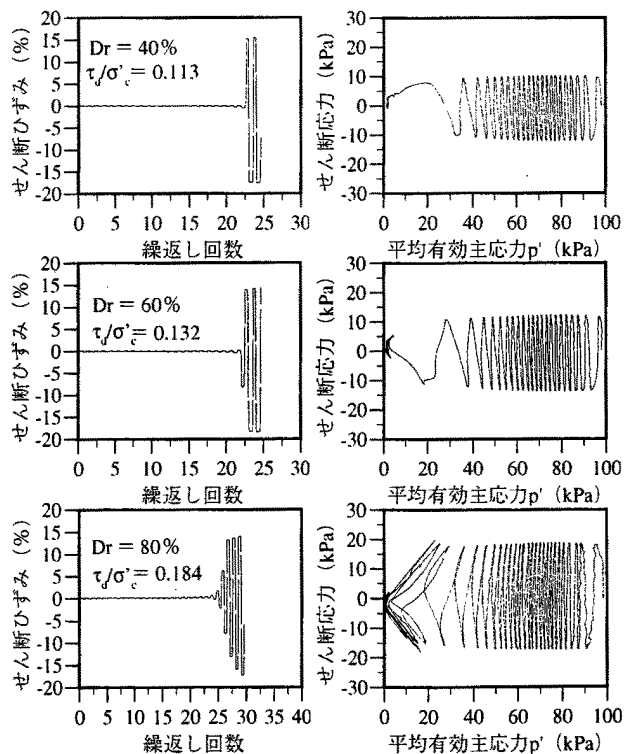


図-2 せん断ひずみ-繰返し回数関係 図-3 有効応力経路

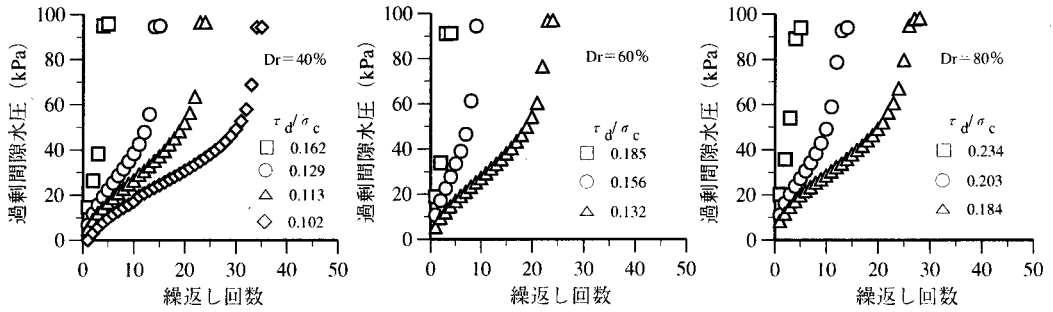


図-4 過剰間隙水圧 - 繰返し回数関係

圧-繰返し回数関係である。いずれの相対密度においても繰返しせん断応力が大きくなるにつれて、過剰間隙水圧の増加割合が急激になる。また、図-5は同じ繰返し応力における $Dr=40$ 、 60% の過剰間隙水圧-繰返し回数関係である。相対密度が小さい $Dr=40\%$ において、過剰間隙水圧が急増する傾向が $Dr=60\%$ の試験ケースよりも顕著に見られる。

図-6は両振幅せん断ひずみ 7.5% における各相対密度の液状化強度曲線である。非塑性シルトを含む砂においても一般的な砂と同様、相対密度の増加に伴って液状化強度比が増加する傾向が見られる。図-7は両振幅せん断ひずみ 15% 、繰返し回数 10 回における液状化強度比-相対密度関係である。今回の試験結果と比較するため、龍岡ら¹⁾による豊浦標準砂の液状化強度を図中に併せて示している。 $Dr=40\%$ では豊浦標準砂と非塑性シルトを含む標準砂はほぼ同じ液状化強度比を示すが、 $Dr=60\%$ あたりから豊浦標準砂の液状化強度は急激に増加しているのに対し、非塑性シルトを含む標準砂の液状化強度はわずかに増加しているにすぎない。これまで細粒分の増加に伴い、液状化強度は増加するという判断がなされる傾向にあったが、このように非塑性細粒分を含む砂では液状化強度は逆に低下することがわかった。

4. まとめ

非塑性シルトを含む砂の繰返し中空ねじり試験を行い、以下のような結果が得られた。

- ①せん断ひずみ、有効応力経路および過剰間隙水圧の挙動は緩詰め～中密状態と密詰め状態で明らかな差が見られる。
- ②相対密度の増加に伴って一般的な砂と同様、液状化強度は増加する。
- ③細粒分が非塑性である場合、相対密度の増加に伴う液状化強度の増加割合は砂のみの場合と比べて小さい。

【参考文献】

1) 龍岡・村松・佐々木・関：振動三軸及び動的ねじり単純せん断による密な砂の液状化特性，第16回土質工学研究発表会，pp601-604，1981。

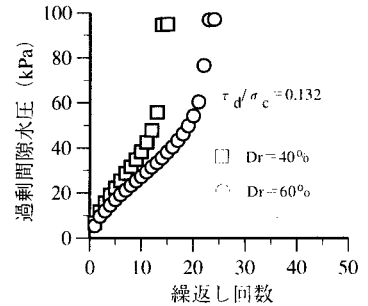


図-5 過剰間隙水圧挙動 (繰返し応力一定)

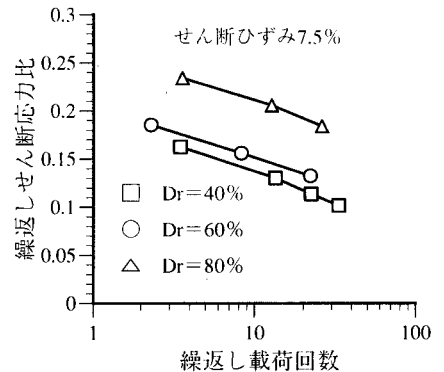


図-6 液状化強度曲線

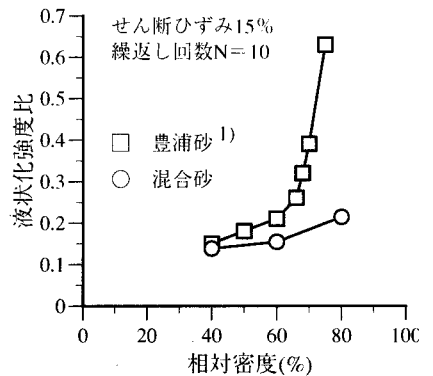


図-7 液状化強度比-相対密度関係