

塑性を調整した細粒分含有砂の液状化特性

九州工業大学大学院 学生会員 ○川野 直哉 宮地 恵一朗

九州工業大学大学院 正会員 永瀬 英生 廣岡 明彦

1.はじめに

液状化に対する地盤の抵抗性に対し、これまでの研究では主に砂地盤を対象に液状化強度と相対密度の関係について検討されてきた。しかしながら、実際の施工ではある程度の細粒分を含む土を取り扱うことが多いが、細粒分を含む土について、施工時の管理基準として用いられる締固め具合と液状化強度に関する研究は十分に解明されていない。筆者らのこれまでの研究では高塑性細粒分であるベントナイトを試料に加えることで、豊浦砂と DL クレーのみの混合試料と比較してより自然地盤に近い条件の混合試料を作製し、繰返し中空ねじりせん断試験により液状化強度特性や液状化後の変形挙動を調べた 1), 2)。それらを踏まえ、本研究では塑性を有する細粒分含有砂を試料とし、土粒子骨格が変化する際の液状化強度特性および繰返し載荷後の変形特性について明らかにすることを目的とする。

2.試料および実験方法

本研究では、豊浦砂と非塑性細粒分の DL クレーに加え、高塑性細粒分であるベントナイトを混合した試料を用いた。今回は細粒分含有率 $F_c=40\%$ 、粘土分含有率 $C_c=10\%$ および $F_c=40\%$ 、 $C_c=0\%$ で実験を行った。それぞれの粒径加積曲線は図 1 の通りである。また、混合試料の物理特性については表 1 に示す。

本研究では、繰返し中空ねじりせん断試験装置を用いて実験を行った。供試体は外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形で、含水比 10%程度

に調整した混合試料を用いて湿潤突固め法により相対密度 $D_r=37\%$ 程度になるように作製した。ただし、細粒分含有率が 5%以上のときの D_r は参考値として扱うこととする。そして、間隙圧係数 B 値が 0.95 以上になるまで脱気水を通水して供試体を飽和させ、初期有効拘束圧 $\sigma'_0=98\text{kPa}$ で等方圧密を行った。また、今回の試料は飽和に時間がかかることからセル水と供試体内部との両方に負圧を作用させ膨張する気泡を通水によって排出させる二重負圧法にて試料を飽和させた。その後、非排水状態で 0.1Hz の正弦波形を用いて繰返し載荷試験を行った。液状化発生の判断基準は、両振幅せん断ひずみ $DA=7.5\%$ のときとした。繰返し載荷試験後、非排水状態を保ったまま静的単調載荷試験を行った。静的単調載荷はひずみ制御方式で行い、載荷速度は $\dot{\gamma}=5\%/min$ とした。

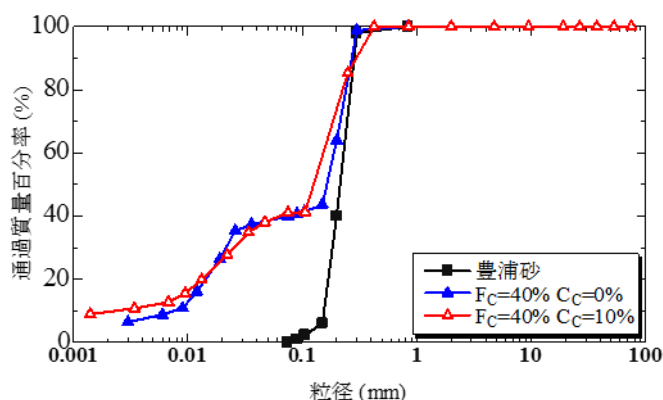


図 1 粒径加積曲線

表 1 混合試料の物理特性

	ρ_s (g/cm^3)	ρ_{dmax} (g/cm^3)	ρ_{dmin} (g/cm^3)	液性限界 $W_L(\%)$	塑性限界 $W_P(\%)$	塑性指数 I_p
FC=40%、Cc=10%	2.584	1.792	1.303	29.4	17.8	11.6
FC=40%、Cc=0%	2.632	1.966	1.374	NP	NP	

3. 液状化強度曲線

混合試料によって作製した供試体に正弦波荷重を与えたときの、繰返し応力比 R と両振幅せん断ひずみ $DA=7.5\%$ に達するまでの繰返し回数 N_c の関係を図 2 に示す。繰返し回数が 20 回のときの繰返し応力比を液状化強度比 R_{L20} と定義し、それらの値を表 2 に示す。 $F_c=40\%$ においては、 $C_c=10\%$ の場合の方が $C_c=0\%$ の場合より液状化強度比 R_{L20} が大きく液状化しにくくなっており、 $F_c=40\%$ 、 $C_c=10\%$ の同一条件のときは、 $Dr=37\%$ のものは、 $Dr=60\%$ のものと比べ強度が低下している。また、 $F_c=0\%$ 、 $C_c=0\%$ 、 $Dr=40\%$ のものと比べ強度が低いいため、 $F_c=0\%$ の条件のものより緩い供試体であると推測される。

また、 $F_c=40\%$ において、 $C_c=10\%$ 、 $Dr=37\%$ の供試体は $C_c=0\%$ 、 $Dr=60\%$ のものより液状化強度は増加しており、緩い供試体においても粘土分により粒子間で粘着力が発揮されると推察される。

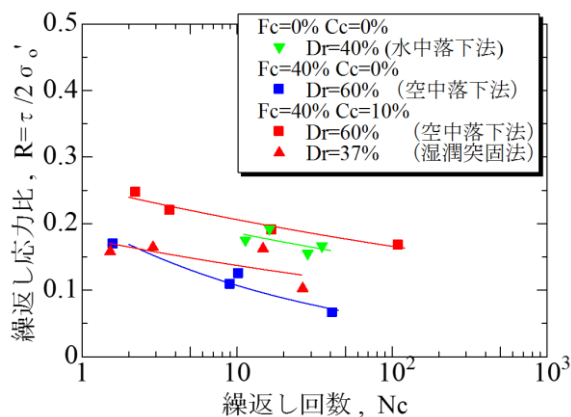


図 2 R と N_c の関係

表 2 各供試体の R_{L20}

$F_c(\%)$	0	40	40	40
$C_c(\%)$	0	10	10	0
$Dr(\%)$	40	60	37	60
R_{L20}	0.172	0.193	0.162	0.109

4. 静的単調載荷試験

繰返し載荷試験により供試体を液状化させた後、非排水状態を保ったまま静的単調載荷試験を行った。せん断応力とせん断ひずみの関係を図 3 に示す。 $C_c=10\%$ の条件において、 $Dr=37\%$ の供試体は、 $Dr=60\%$ の供試体と類似した結果を示しているが、それは繰返し載荷を受け、供試体が攪乱されることで、 $Dr=37\%$ のものと $Dr=60\%$ のものがほとんど同程度のせん断剛性になったためと考えられる。したがって、塑性を有する細粒分を含んでいる試料の密度の違いが液状化のせん断剛性に与える影響は小さいと考えられる。

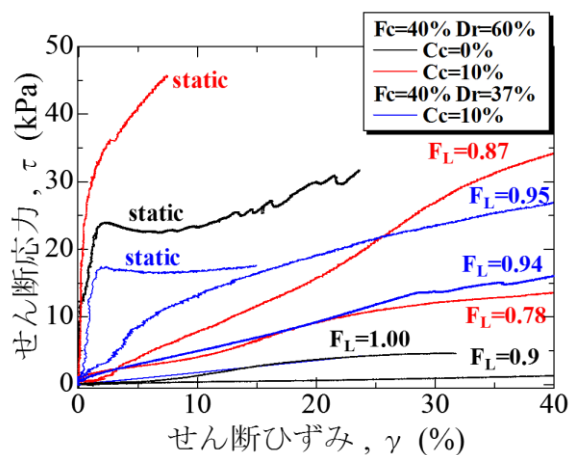


図 3 τ と γ の関係

5. 結論

本研究の結論は以下の通りである。

- 1) 液状化強度比 R_{L20} については、細粒分含有率 $F_c=40\%$ 、相対密度 $Dr=60\%$ の条件において、粘土分含有率 $C_c=10\%$ の場合は $C_c=0\%$ の場合より R_{L20} が大きかった。また、 $Dr=37\%$ の場合、高塑性細粒分を含むので Dr が低くても $C_c=0\%$ 、 $Dr=60\%$ の場合より R_{L20} が大きかった。
- 2) 静的単調載荷試験を行った結果、粘土分を含むとせん断剛性が大きくなった。また、液状化が起こったことにより、 Dr の値はせん断剛性にあまり影響がなかった。

参考文献

- 1) 中野武大：塑性指数の異なる種々の細粒土の液状化特性、九州工業大学修士論文、2018。
- 2) 宮地恵一郎：高・低塑性細粒分を含む砂の液状化特性、九州工業大学卒業研究、2018。