

砂の液状化強度に及ぼす土粒子密度の影響について

九州工業大学大学院 学生会員 ○濱地将平

九州工業大学大学院 正会員 永瀬英生 廣岡明彦

九州工業大学工学部

佐藤恭平

1. はじめに

一般に、液状化発生の予測や液状化対策について検討する際、液状化強度の値は重要なパラメーターである。これまでの筆者らの研究では、非排水繰返し三軸試験を行って様々な試料について液状化強度を求めている¹⁾。その結果より、物理的性質である土粒子密度と液状化強度に関係性があるのではないかと考察された。そこで本研究では、砂の液状化強度に及ぼす土粒子密度の影響について検討した。

2. 実験方法

液状化試験は繰返し三軸装置を用いて行った。供試体は直径 7.5cm、高さ 15cm の円柱形である。供試体は、水中落下法と水中振動法で作製した。水中振動法とは、水中落下させた試料に振動を加えて締め固めた供試体を作製する方法である。

作製した供試体は、脱気水を通して飽和させた後、初期有効拘束圧 $\sigma'_0 = 49\text{kPa}$ にて等方圧密した。繰返し载荷は 0.1Hz の正弦波荷重にて行い、液状化判定基準は両振幅ひずみ $DA=5\%$ としている。

3. 試料

本研究で使用した試料の土粒子密度と水中落下法で作製した供試体の相対密度を表 1 に示す。試料はすべて非塑性である。

混合試料 A と混合試料 B は、豊浦砂と酸化鉄を乾燥重量比で 1:1.5 と 1:0.5 で混合させることで、土粒子密度が高い試料を再現したものである。また、混合試料 A、混合試料 B、豊浦砂はふるい分けを行って細粒分を取り除き、粒径加積曲線を揃えている。

4. 試験結果

4.1 時刻歴

図 1 に混合試料 B の試験結果の時刻歴を示す。すべての試料において、この図に示す傾向と同様に、軸ひずみが 5% を超えたときには過剰間隙水圧比が 1.0 となっている。したがって、軸ひずみ $DA=5\%$ のとき、有効応力が 0 となり液状化したと判断できる。

表 1 試料の物理的性質と供試体の相対密度（水中落下法）

試料名	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	細粒分含有率 $F_c(\%)$	相対密度 $D_r(\%)$
混合試料A	4.16	0.0	54.1
混合試料B	3.31	0.0	55.3
産業廃棄物	3.10	9.7	31.1
肝属川しらす	2.80	0.2	27.1
鹿児島港しらす	2.66	8.0	53.8
豊浦砂	2.64	0.0	51.4
関門浚渫土	2.59	7.2	61.3
川内川しらす	2.53	0.2	26.1

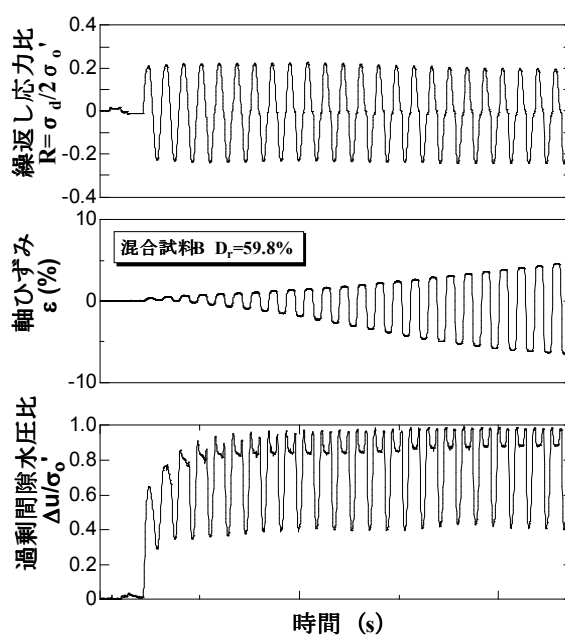


図 1 試験結果の時刻歴（混合試料 B）

キーワード 繰返し三軸試験 土粒子密度 液状化強度

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL093-884-3111 FAX093-884-3100

4.2 水中落下法による試験結果

図2は表1に示した試料の非排水繰返し三軸試験結果により、各繰返し応力比を軸ひずみが両振幅で5%に達するまでの繰返し回数に対してプロットし、液状化強度曲線 ($R-N_c$ 曲線) を描いたものである。それぞれの試料の液状化強度曲線を見ると土粒子密度が大きいと高い位置にあり、土粒子密度が小さいと低い位置にある傾向が確認できる。混合試料 A, 混合試料 B, 産業廃棄物は土粒子密度が 3.00g/cm^3 以上と大きな値であり、土粒子密度が 2.60g/cm^3 前後の試料よりも液状化強度曲線は明らかに図の高い位置に表れている。肝属川しらす, 鹿児島港しらす, 豊浦砂, 関門浚渫土, 川内川しらすの土粒子密度は 2.60g/cm^3 前後と近い値で液状化強度曲線も集まっている。

このことから、土粒子密度が大きいと液状化強度も大きくなるという関係性があると考えられる。

4.3 水中振動法による試験結果

土粒子密度が液状化強度に及ぼす影響を定量的に把握するため、細粒分を取り除き、粒径加積曲線を揃えている混合試料 A, 混合試料 B, 豊浦砂で試験を行った。水中振動法により供試体の相対密度を調整している。

図3に $D_r \approx 63\%$ の $R-N_c$ 曲線を、図4に $D_r \approx 75\%$ の $R-N_c$ 曲線を示す。土粒子密度が大きくなると液状化強度が大きくなっていることが分かる。図4には混合試料 A の結果を記載していないが、これは供試体に加える繰返し応力比を最大に設定しても液状化しなかったためであり、その液状化強度曲線は混合試料 B の場合よりも高い位置にくることは確かである。

図2～4の各試料の液状化強度曲線より、繰返し回数20回のときの繰返し応力比を読み取り、それらを液状化強度比 R_{120} とする。図5に $R_{120}-D_r$ の関係について示す。同程度の相対密度で比較すると土粒子密度が大きい試料は液状化強度比が大きいことが分かる。

5. まとめ

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- (1) 数種類の試料における非排水繰返し三軸試験結果より、土粒子密度が大きいと液状化強度も大きくなるという関係性を確認できた。
- (2) 同程度の相対密度において土粒子密度が大きい試料は液状化強度比が大きい傾向にある。

ただし、今後の課題としては、混合試料 A, 混合試料 B, 豊浦砂以外の試料でも土粒子密度以外の物理的条件や試験条件を揃えることで、砂の液状化強度に及ぼす土粒子密度の影響を定量的に把握する必要があることが挙げられる。

7. 参考文献

- 1) 勝部雄太ら；産業廃棄物で構成された中間土の液状化強度特性，第43回地盤工学会，2008

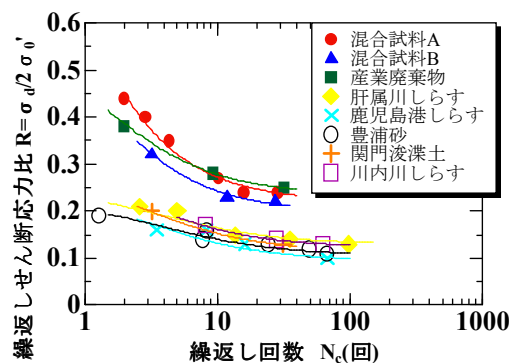


図2 $R-N_c$ 曲線 (水中落下法)

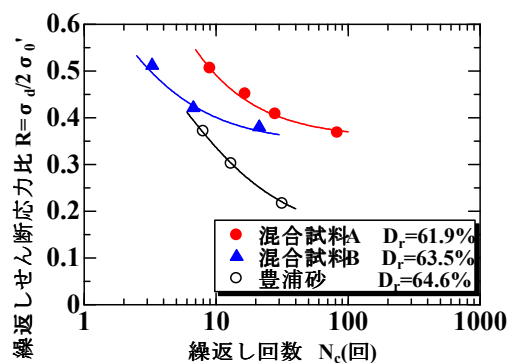


図3 $R-N_c$ 曲線 ($D_r \approx 63\%$)

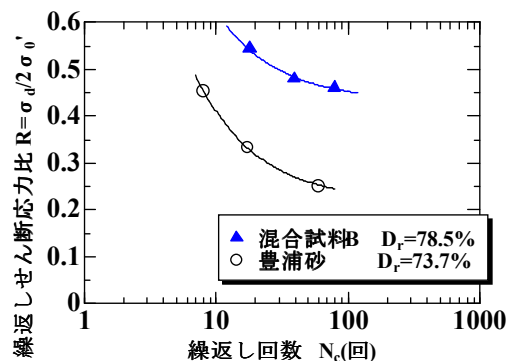


図4 $R-N_c$ 曲線 ($D_r \approx 75\%$)

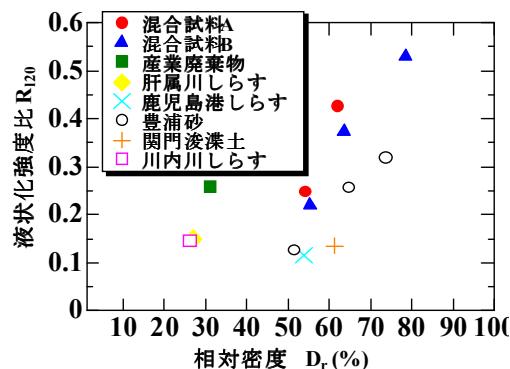


図5 $R_{120}-D_r$ の関係