

(III-37) 多段リング式試験機を用いた粘土混じり砂の液状化試験

武蔵工業大学

学○田中 健太

武蔵工業大学

正 末政 直晃 正 片田 敏行

1.はじめに

近年、液状化しにくいと考えられていた細粒分を含むような砂質地盤においても液状化が発生することが指摘されている。細粒分が液状化強度に及ぼす影響については、今までにも砂にシルトや粘土を混入させた室内調整試料の液状化強度に関する研究結果¹⁾²⁾³⁾が報告されており、貴重なデータが蓄積されつつある。しかしながらその一方で、粘土混じり砂の密度を表す指標については、未だに統一的なものが確立されていない。そこで本研究では、新たに開発した多段リング式試験機を用いた液状化試験を実施し、液状化強度が細粒分含有率 F_c の増加にともないどのように変化するのかを調べた。また、供試体の評価方法については粒状間隙比 e_g ⁴⁾ を共通指標として使用した。さらに、多段リング式試験機の利点を生かし、側方流動を考えるような大歪み領域における供試体の変形状について考察を行ったのでその結果を報告する。

2.試験概要

1) 実験試料について

本試験で用いた試料は、細粒分として粒径を 0.075mm 以下に調整した藤の森粘土、粗粒分として豊浦砂を用いた混合砂を使用した。今回用いた試料は、 F_c を乾燥重量比で 0, 5, 10, 15% になるように調整した。

これらの混合砂の物理試験結果を表-1、図-1 にまとめた。

また供試体は外径 10cm、内径 6cm、高さ 7cm の中空円筒形で、飽和度の高い供試体を作製できると考えられるスラリー法により作製した。このスラリー状試料の含水比はどの場合においても約 30% 程度とした。

2) 多段リング試験機について

多段リング式試験機の概要を図-2 に示す。本試験機は 8 層の剛性の高いステンレス製の積層リングを用いている。つまり、供試体の周りをステンレス製の積層リングで覆うため、供試体の変形や大歪み領域における問題など、これまでに考えられた問題点は解消できる。しかしながら、供試体の周りをステンレス製の容器で覆うことで、供試体への側圧を加えることができない。よって供試体は等元圧密状態とはならない。そこで供試体を一次元圧密状態と考え、供試体上部から拘束圧として垂直応力 98kPa を加えた。この供試体に対し、載加周波数 0.1Hz で応力振幅を 7~21kPa の範囲で変化させた繰り返しねじりせん断を与えた。試験は定体積のもとで行ない、有効応力は供試体内部の応力状態として垂直応力の変化とした。

表-1 土粒子密度試験結果

細粒分含有率 F_c (%)	0	5	10	15	20
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.648	2.650	2.658	2.664	2.686

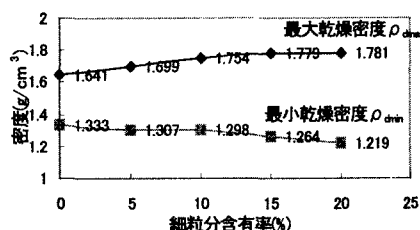


図-1 最大・最小乾燥密度試験結果

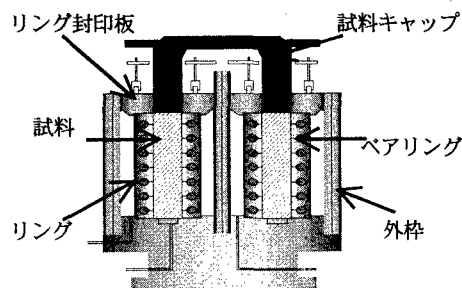


図-2 多段リング式試験機

キーワード：中空ねじり試験 多段リング式試験機 液状化 定体積試験 細粒分 粒状間隙比 e_g

連絡 先：武蔵工業大学 地盤工学研究室 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL & FAX 03-5707-2202

3. 実験結果及び考察

図-3 に $F_c=0\sim 20\%$ までの混合砂のせん断応力比 τ/σ_v と繰返し回数 N との関係を示す。本研究における液状化試験には中空ねじり試験を用いているため、両振幅歪み DA が 7.5% に達した時を液状化とした。また、本研究では、供試体の密度を表す指標として粒状間隙比 e_g を用いた。これは、空気、水だけでなく細粒分も間隙とした場合の間隙比であり、今回は各 F_c において e_g が 0.8 付近の中密な場合について考察を行った。その e_g は次式で表される。

$$e_g = \frac{\rho_s}{\rho_d (1 - F_c)} - 1$$

ただし、 ρ_s : 土粒子の密度 (g/cm³)
 ρ_d : 試料の乾燥密度 (g/cm³)
 F_c : 細粒分含有率 (%)

図-3 における縦軸のせん断応力比 τ/σ_v とは、せん断応力 τ を垂直応力 98kPa で除したものである。この図-3 より、同一な e_g という条件のもとでは、細粒分を多く含むに伴い液状化強度 R_{120} も増大していく結果となった。また、図-3 から得られる R_{120} と F_c との関係を表したものが図-4 である。この図からは、例えば $F_c=20\%$ の R_{120} は $F_c=0\%$ の R_{120} に比べ約 2 倍以上も強度を増していることが認められる。このような強度の増加をもたらした原因として、 F_c が高くなるにつれ供試体の密度が大きくなり、細粒分もその骨格の一部となることで砂粒子間における摩擦と粘土の粘着力がより大きく働いたためと考えられる。

また、大歪み領域 ($DA=50\%$) に達するまでの変形状態に及ぼす細粒分の影響を検討した。図-5 に $\tau=17kPa$ における N と e_g の関係を示す。この図はそれぞれの e_g と $DA=7.5\%$ (実線)、また $DA=50\%$ (破線) にそれぞれ達した時の繰返し回数 $N_{7.5}$ 、 N_{50} との関係を示している。この結果から、各 F_c において、 e_g が小さくなると $N_{7.5}$ 、 N_{50} が増加していることが示された。またこのグラフから、 $F_c=0, 10, 20\%$ のそれぞれに共通して存在する $e_g=0.79$ に着目し、その e_g における $N_{7.5}$ 、 N_{50} と F_c との関係を示したのが図-6 である。この図より N_{50} に着目すると、 $F_c=0\%$ の場合には、液状化後 ($DA=7.5\%$ に到達後) 1 回のせん断を与えることで DA が 50% に到達する。しかし、細粒分を含む $F_c=10\%$ 、 20% においては、液状化後さらにそれぞれ 15 回、58 回の载荷を要さなければ $DA=50\%$ には到達しない。これより、 F_c の違いが液状化後の供試体の変形に対しても大きな影響を与えていることが認められた。

4. 参考文献

1) 戸張 聖久ら (1994) : 砂の液状化強度に及ぼす細粒分の影響, 第 29 回土質工学研究発表会講演概要集, pp727-728
2) 足立 雅樹ら (1995) : 細粒分を含む砂質土の液状化特性 (1), 第 30 回土質工学研究発表会後援概要集, pp907-910
3) 桑野 二郎ら (1996) : 細粒分を含む砂の非排水繰返しせん断強度, 第 31 回地盤工学研究発表会講演概要集, pp993-994
4) 永瀬 英生ら (1999) : 細粒分を含む緩い砂質土の液状化強度特性, 第 34 回地盤工学研究発表会講演概要集, pp995-996

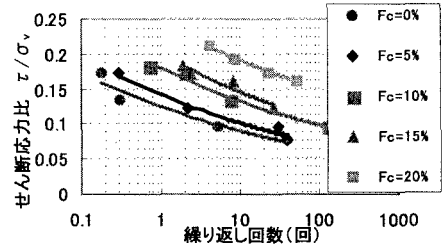


図-3 液状化強度曲線

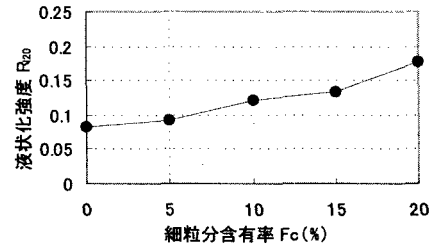


図-4 R₁₂₀~F_c 関係

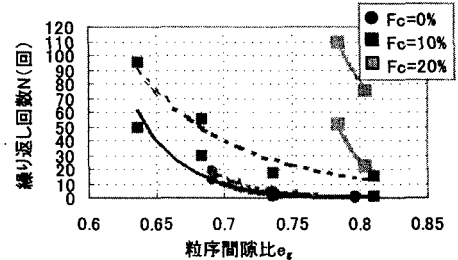


図-5 N~e_g 関係

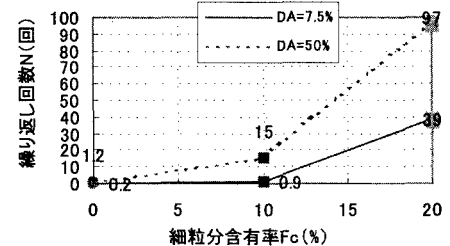


図-6 各 DA における $N\sim F_c$ 関係