

カオリンを混合した緩い砂の非排水三軸圧縮試験

九州工業大学工学部 学生員 ○ 呂 友舜

九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生

九州工業大学大学院 学生員 柳畑 亨

九州工業大学工学部 津末 明義

1. まえがき

非常に緩い状態にある砂(超緩詰め砂)は一方向に作用するせん断力によって液状化型の破壊を示すことが知られており、筆者らはこれまで細粒分を含まないきれいな砂を用いてこれに関する研究を行ってきた¹⁾。しかしながら、原地盤において、細粒分を含んでいないきれいな砂はあまり存在していないと考えられる。したがって、原地盤の挙動をより正確に把握するためには細粒分を含んでいる緩い砂の性質を調べる必要がある。そこで、細粒分を含む緩い砂について非排水三軸圧縮試験を行ったので、その強度・変形特性について報告する。

2. 粘土質砂の詰まり具合を表す指標

細粒分を含む試料については、その密度を相対密度 D_r で表すのは適当ではない。そこで、本研究においては試料の詰まり具合を表す指標として granular void ratio (粒状間隙比)、 $e_g^{2), 3), 4)}$ を用いることとする。 e_g は次式で算出する。

$$e_g = \frac{\gamma_w G_s}{\gamma_d (1 - CC)} - 1 \quad (1)$$

ただし、 G_s :土粒子の比重、 γ_d :試料の乾燥密度、 γ_w :水の密度(=1 g/cm³)、 CC :細粒分含有率である。

3. 実験方法

実験には、試料として豊浦標準砂($G_s=2.637$ 、 $e_{max}=0.973$ 、 $e_{min}=0.609$)とカオリンを、供試体作製方法として不飽和砂凍結法を用いた。また、カオリンの重量混合率は5、10、15、20%とした。不飽和砂の含水比(w)は細粒分含有率(CC)=0%の時に $w=4\%$ とし、 CC が5%増加する毎に w を1%ずつ増加させた。供試体は高さ15cm、直径7.4cmの円筒形である。供試体作製後、間隙空気を二酸化炭素で置換して脱気水を通水し、背圧を196kPaとえて飽和化している。なお、間隙圧係数 B 値は0.92~0.98であった。有効拘束圧 $\sigma'_0=98kPa$ で等方圧密した後、ひずみ制御(変位速度0.6mm/分)方式で非排水三軸圧縮試験を行った。

4. 実験結果

図-1に細粒分含有率 $CC=10\%$ における軸差応力 q ~軸ひずみ ϵ 関係を示す。その他の細粒分含有率についても q ~ ϵ 関係を描き、 e_g とピーク時の軸差応力 q_{peak} について整理したものを図-2に示す。ただし、ピーク値が得られないときは、軸ひずみ20%時の q の値を用いた。この図より、 $e_g=1.0$ までは q_{peak} の値はほとんど変化せず、 $e_g=1.0$ より小さくなると q_{peak} は急激に増加していることがわかる。

図-3に $CC=10\%$ における有効応力経路を示す。その他の細粒分含有率についても有効応力経路を描き、 e_g とピーク時の有効応力比 q_{peak}/p' について整理したものを図-4に示す。この図より、 $e_g=1.0$ までは q_{peak}/p' の値はほとんど変化せず、 $e_g=1.0$ より小さくなると q_{peak}/p' は急激に増加しており、また、 $CC=0\%$ の値よりも大きくなっていることがわかる。

図-5は非排水せん断時の応力~ひずみ関係の概念図である。非排水せん断時に現れる応力~ひずみ関係を図中の4タイプに分類すると、以下ようになる。(Type I)軸差応力がピークを示した後、0(ゼロ)になるもの。準定常状態(Quasi-steady state, QSS)は示さない。(Type II)軸差応力がピークを示した後、一定応力のもとでひずみが進行するもの。定常状態(Steady state, SS)での軸差応力はピーク時の応力より小さい。(Type III)軸差応力がピークを示した後、準定常状態・定常状態へ移行していくもの。QSSにおける軸差応力はピーク時の軸差応力より小さいが、SSにおいてはこの限りではない。(Type IV)あまり顕著なピーク強度を示さずに硬

化に向かう膨潤性挙動を示すもの。QSS は示さない。

図-5 の定義で分類した $e_g \sim CC$ 関係を図-6 に示す。この図から、カオリンの混合率が大きくなると、Type I の挙動が見れる e_g が大きくなることがわかる。非排水せん断時の応力～ひずみ関係は、 e_g と CC の両者に依存しているようである。

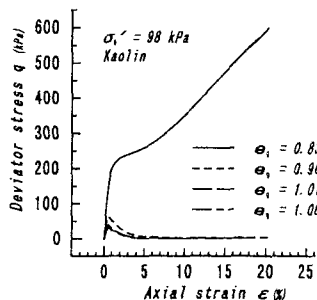


図-1 $q \sim \varepsilon$ 関係(CC=10%)

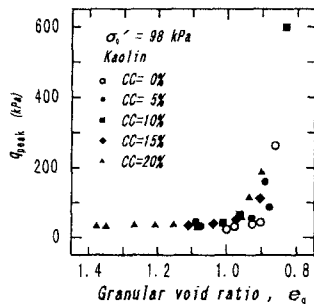


図-2 $q_{peak} \sim e_g$ 関係

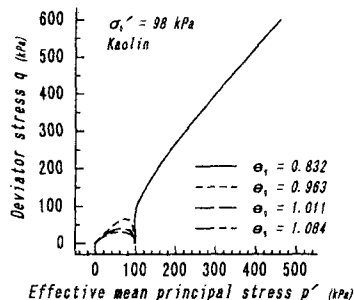


図-3 有効応力径路(CC=10%)

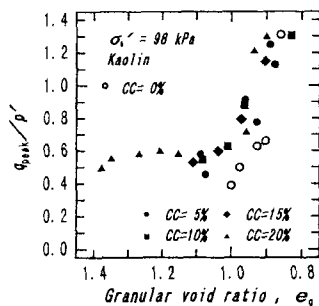


図-4 $q_{peak}/p' \sim e_g$ 関係

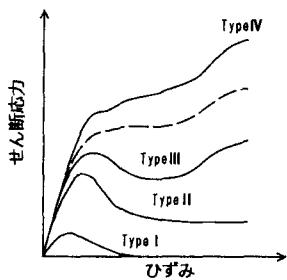


図-5 非排水せん断時の
応力～ひずみ関係

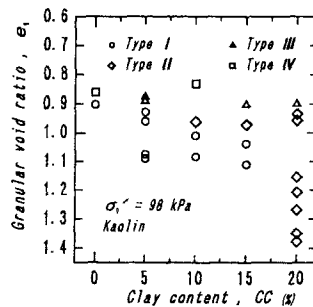


図-6 $e_g \sim CC$ 関係

5. まとめ

豊浦標準砂にカオリンを 5～20%混合して非排水三軸圧縮試験を行った。その結果、カオリンを混合した砂の非排水せん断時の応力～ひずみ関係は、granular void ratio (粒状間隙比)、 e_g と細粒分含有率 CC の両者に依存していることがわかった。

《参考文献》

- 1)例えば、Nagase,H. et al. : Liquefaction characteristics of very loose sand by triaxial compression tests , Earthquake Geotechnical Engineering , Vol.2 , pp.805-810 , 1995.
- 2)Georgiannou,V.N. et al. : The undrained behaviour of clayey sands in triaxial compression and extension , Géotechnique 40 , No.3 , pp.431-449 , 1990.
- 3)Mitchell,J.K. : Fundamentals of soil behaviour , New York , Wiley , 1976.
- 4)Kenny,T.C. : Residual strengths of mineral mixtures , Proc.9th Int.Conf.Soil Mech.,Tokyo 1 , pp.155-160 , 1977.