

東京理科大学大学院 学生会員 洲崎美咲 古川園健朗
河内昌夫
東京理科大学 正会員 石原研而 塚本良道

1. はじめに

砂質土の非排水せん断挙動に関する研究は今日まで数多く行われており、液状化による様々な流動の評価がなされてきた。本研究でも Ishihara(1993)¹⁾にならい、変相時の有効応力比である初期状態比 r_c を用いた流動の評価を、三軸圧縮・伸張試験、及び中空ねじりせん断試験による3種類の載荷モードについての検討を行ったので報告する。

2. 試料及び実験方法

実験試料には霞ヶ浦砂を用いた(図1参照)。供試体は空中落下法、水中落下法、湿潤締め固め法により作製した。CO₂による通気、脱気水による飽和をさせ、所定の圧密応力による等方圧密終了後、三軸圧縮・伸張試験では毎秒1%のひずみ制御方式を用いて非排水三軸試験を行った。同様に中空ねじり試験では中間主応力係数 $b=0.5$ 、主応力方向角 $\alpha=45^\circ$ と一定にして、ねじり変位制御方式を用いて非排水せん断試験を行った。また、せん断終了後、含水量より圧密終了時の間隙比を逆算し求めた。

3. 実験結果及び考察

図2に砂質土の非排水せん断挙動における間隙比の異なった4種類の有効応力経路を示す。この形は、せん断時の間隙比 e と拘束圧 p_c に依存し、せん断に伴い収縮的挙動(流動型)、または膨張的挙動(非流動型)を示すものに区別される。本報告では、変相時での初期状態比を3種類の算出法により求め、流動型・非流動型の判別を行った。

図3(a)、図4は三軸試験と中空ねじり試験の両方の試験結果から得られた3次元表示による残留強度比 S_{us}/σ'_c と初期状態比 r_c の関係を示している。ただし、残留強度 S_{us} 、初期状態比 r_c は以下の式より算出した。

$$S_{us} = \frac{q_s}{2} \cos \phi_s, \quad \frac{S_{us}}{\sigma'_c} = \frac{\cos \phi_s}{2} \frac{M}{r_c}, \quad r_c = \frac{p_c'}{p_s'}$$

ここで、 p_c' : 圧密終了時の平均有効主応力、 p_s' : 変相状態時の平均有効主応力、 q_s : 軸差応力、 ϕ_s : 変相状態時の内部摩擦角とする。図3(a)では、圧縮試験では初期状態比 $r_c=2.1$ において、伸張試験では初期状態比 $r_c=1.8$ において流動型・非流動型の境界となることがわかる。図4に示す中空ねじり試験では初期状態比 $r_c=2.1$ において境界となることがわかる。また、三軸圧縮・伸張試験より得られた2つの回帰曲線のほぼ中間に位置していることがわかる。これは載荷モードの違いが変相線の傾き M 、変相状態時の内部摩擦角 ϕ_s に影響を与えた為と考えられる。以上の結果から、載荷モードの違いによらず、初期状態比 r_c がほぼ2.0において流動型・非流動型

キーワード : 流動 初期状態比 残留強度比

連絡先 : 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 tel 0471-24-1501(内線) fax 0471-23-9766

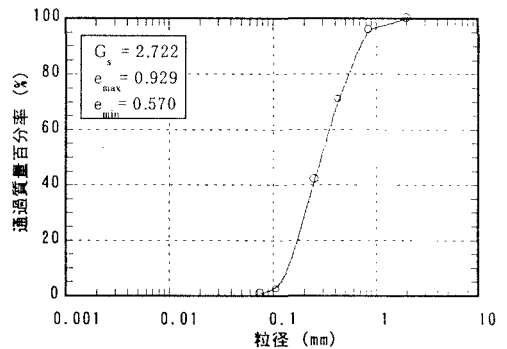


図1 霞ヶ浦砂の粒径加積曲線

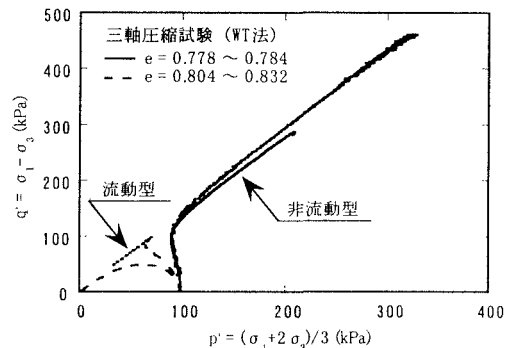


図2 有効応力経路

破壊を区別する事ができる。

図 3(b)は三軸試験結果から得られた 2 次元表示による残留強度比 S_{us}/σ'_c と初期状態比 \bar{r}_c の関係を、図 3(c)には 2 次元表示により変相時の鉛直主応力成分で整理 (図 3(c)参照) された残留強度比と初期状態比 r'_c の関係を示す。それぞれの境界は $\bar{r}_c = 1.8$ 、 $r'_c = 1.0$ 程度となった。以上の事から、どの整理法においても流動型・非流動型の判別をすることができた。また、境界での初期状態比の値を比較すると、 $r_c > \bar{r}_c > r'_c$ となった。そこで、 r_c 、 \bar{r}_c 、 r'_c の関係を求めるために、3 次元表示による変相線の傾き M を次式で与え、初期状態比 r_c 、 \bar{r}_c 、 r'_c の関係を誘導した。

$$M = \frac{q_s}{p_s'} \quad , \quad r_c = \frac{3[f(M)+1]}{2[f(M)+2]} \bar{r}_c = \frac{3f(M)}{f(M)+2} r'_c \quad , \quad f(M) = \frac{2M+3}{3-M} \quad \text{--- (*)}$$

(*) の関係式からも、 $r_c > \bar{r}_c > r'_c$ となることが明らかに証明された。

4. まとめ

Ishihara(1993)の検討によると、豊浦標準砂では $r_c = 2.0$ 程度において流動型・非流動型の境界値としている。本実験でも霞ヶ浦砂においても同様の結果を得ることができ、三軸圧縮・伸張試験結果の中間に中空ねじり試験結果が位置した。また、3 種類すべての初期状態比の整理法により境界値を判断できた。

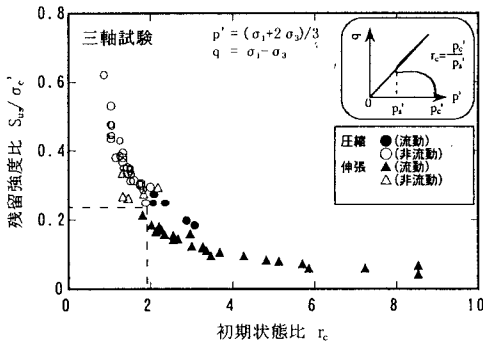


図 3(a) 残留強度比と初期状態比の関係

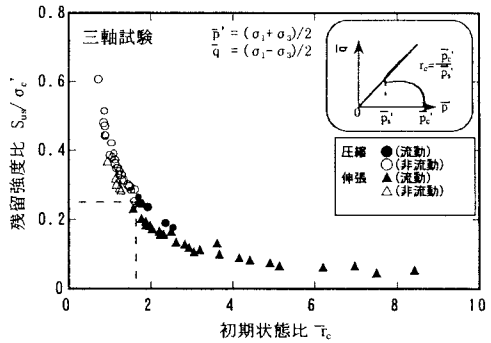


図 3(b) 残留強度比と初期状態比の関係

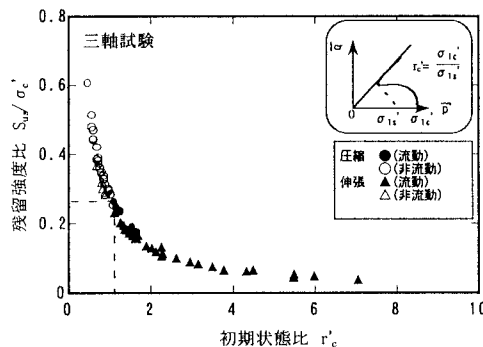


図 3(c) 残留強度比と初期状態比の関係

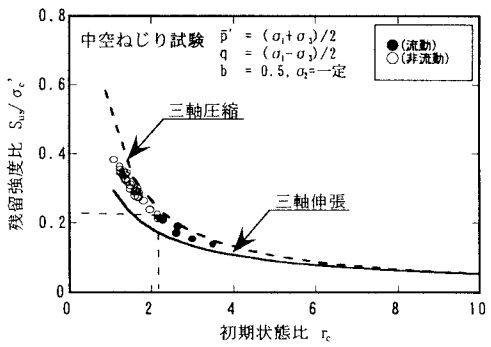


図 4 残留強度比と初期状態比の関係

謝辞

本研究を行うに当たり、野坂芳夫氏 (大林組)、真島知博氏 (戸田建設)、矢部英之氏 (新東京国際空港公団)、並びに工藤達也氏 (旭硝子) の御協力を得た。ここに感謝の意を記します。

参考文献

- 1) Kenji Ishihara(1993) : Liquefaction and flow failure during earthquakes"33rd Rankine Lecture ,Geotechnique