

排水繰返しせん断を受けた等方圧密砂の応力・ひずみ挙動について

山口大学大学院 学生員 ○中田幸男 西川明宏 大原 誠
山口大学工学部 正 員 安福規之 村田秀一

1. まえがき

繰返しせん断時の砂の挙動に関する研究は、特に非排水条件下でなされてきた。しかし、繰返し時の変形特性（ストレス・ダイレタンスー関係）を把握するためには、排水条件下で試験を行う必要がある。これまで、排水条件下での繰返しせん断を対象とした研究は少なく、十分系統立ててなされているとはいえない^{1) 2)}。そこで、本研究では、等方圧密砂に対して排水繰返しせん断試験を実施し、応力比振幅や拘束圧、過圧密履歴が、結果として生じるひずみ量やストレス・ダイレタンスー関係に与える影響について考察する。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、山口県吉敷郡秋穂町より採取した秋穂砂で、0.074~2mmに粒度調整している。供試体は、空中落下法を用いて直径5cm、高さ10cmの円筒形に、初期間隙比 $e_{1n}=0.75 \pm 0.02$ ($Dr=55\%$) を目標に作成している。試験機は応力制御型三軸試験機を使用し、平均有効主応力一定のもとで等方圧密砂に対して排水繰返し載荷を行う。ここでいう繰返し載荷は、応力状態が p - q 空間内の圧縮・伸張領域を交番する載荷のことをいう。載荷は、供試体の軸変位が0.005mm/min 以下になった時点で次段階に移る。本研究で使用した応力とひずみのパラメータは、平均有効主応力 $p=(\sigma_1+2\sigma_3)/3$ 、軸差応力 $q=\sigma_1-\sigma_3$ 、応力比 $\eta=q/p$ 、体積ひずみ $v=\varepsilon_1+2\varepsilon_3$ 、軸差ひずみ $\varepsilon=\varepsilon_1-\varepsilon_3$ 、塑性ひずみ増分比 $-dv/d\varepsilon^p$ である。

3. 実験結果

(1) 応力比振幅の大きさの影響

応力比振幅の大きさによる影響を調べるために、拘束圧 200kPa一定で応力比振幅がそれぞれ0.8~0.6 (type-A), 0.8~0.825 (type-B), 1.25~0.6 (type-C), 1.25~0.825 (type-D) の条件の実験を行った。図-1 は、type-A, type-D の応力比と体積ひずみの関係を示したものである。この図は、応力振幅が大きいものの方が体積ひずみが生じやすく、特に、応力反転後のひずみの生じ方に大きな差異があることを示している。図-2 は、type-A, B, C, D の繰返し回数1回目の応力比と塑性ひずみ増分比の関係を示している。この図から、載荷時のストレスダイレタンスー関係は応力振幅の影響を受けないものの、除荷時のそれは大きく異なり、type-A, B の塑性ひずみ増分比が0に近い値を取る。これは、type-A, B の除荷中の挙動が弾性的であることに起因している。

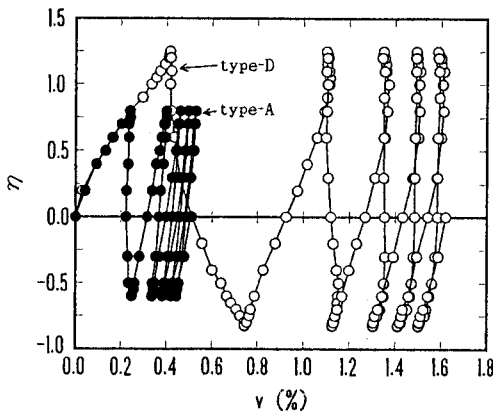
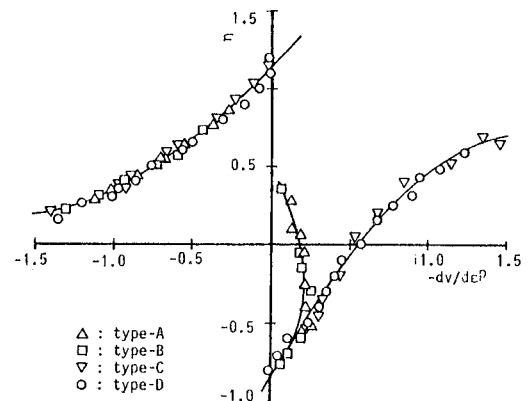


図-1 応力比・体積ひずみ関係

図-2 応力比振幅の大きさに着目した
応力比・塑性ひずみ増分比関係

(2) 拘束圧の影響

ここでは、 $p=50, 100, 200, 300\text{kPa}$ でそれぞれ等方圧密した後、type-D(1.25~-0.825)の応力比振幅で排水繰返し試験を行ったものに着目する。図-3は、 $p=50, 100, 200, 300\text{kPa}$ の応力比と塑性ひずみ増分比の関係を示している。図の(a)、(b)は、それぞれ繰返し回数1回目と5回目の結果を示している。両図から、ストレス・ダイレタンシー関係は、繰返し回数に関わらず拘束圧の影響を受けないことが認められる。

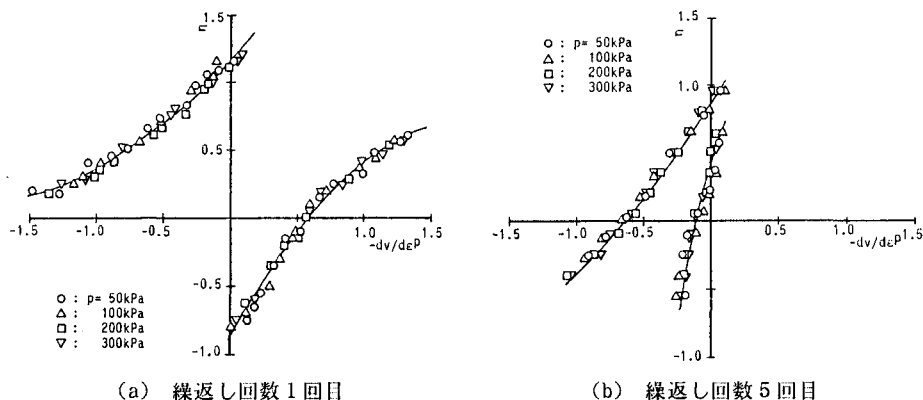


図-3 拘束圧に着目した応力比・塑性ひずみ増分比関係

(3) 過圧密履歴の影響

ここで着目した試験は、 200kPa まで等方圧密し、 150kPa (OCR=1.3), 100kPa (OCR=2.0), 50kPa (OCR=4.0)まで等方的に除荷した後にtype-Dの排水繰返し載荷を行ったものである。図-4は、OCR=1.0, 1.3, 2.0, 4.0の試験結果の応力比・塑性ひずみ増分比関係を繰返し回数1回目について示したものである。載荷時のストレス・ダイレタンシー関係は、過圧密比が大きいものの方が0に近い値をとる。除荷時においても初期の段階でその影響がみられるが、徐々に影響が失われていくことが認められる。

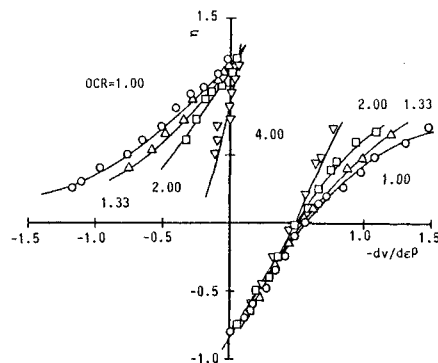


図-4 過圧密履歴に着目した
応力比・塑性ひずみ増分比関係

4. まとめ

等方圧密砂の排水繰返しせん断試験を行うことで、以下のような結論が得られた。

- (1) 応力振幅の大きさは、繰返しせん断中生じるひずみ量やストレス・ダイレタンシー関係に影響を及ぼす。特に、応力振幅が特性状態の応力比を越えかつ応力反転がある場合は、その影響が顕著に現れる。
- (2) 拘束圧は、繰返し回数に関わらずストレス・ダイレタンシー関係に影響を与えない。
- (3) 過圧密履歴は、ストレス・ダイレタンシー関係に影響を及ぼし、塑性ひずみ増分比の値は過圧密比が大きいものほど0に近い値を取る。しかし、その履歴の影響は、繰返しせん断を与えることによって失われていく。

参考文献

- 1) Tatsuoka, F and Ishihara, K.(1974) : "Drained deformation of sand under cyclic stresses reversing direction," Soils and Foundations, Vol.14, No. 3, pp.51-65.
- 2) Pradhan, T.B.S, Tatsuoka, F. and Sato, Y.(1989) : " Experimental stress-dilatancy relations of sand subjected to cyclic loading," Soils and Foundations, Vol.29, No.1, pp.45-64.