

北海道大学工学部 正会員 福 田 文 彦
 同 同 三 田 地 利 之
 同 同 澁 谷 啓
 北海道大学大学院 学生員 永 埜 宗 孝

はじめに 粘性土の変形特性に現れる応力誘導異方性は、過去に受けた応力履歴のみならず粘性土に加えられるその時々に応力状態の影響を受けて刻々と変化していくはずである。そこで著者らは中空ねじり試験機を用い、繰り返し粘性土試料に主応力軸方向を変えて初期せん断-除荷の応力履歴を与えた後、再びせん断を行うことにより変形特性の応力誘導異方性とせん断の進行による変化を調べる実験を行ってきた^{1) 2)}。本文ではその結果をまとめて報告する。

実験

(1) 試料 試料は繰り返し予圧密を行った市販のNSF-Clayであり、その物性値は $\rho_s = 2.76 \text{ g/cm}^3$, $LL = 54\%$, $I_P = 26$, 粘土分100%である。また予圧密時の鉛直応力は150kPaである。

(2) 中空ねじり試験機 供試体寸法は高さ12cm・外径(直径)10cm・内径(直径)6cmである。制御およびデータ収録はコンピュータにより自動化している¹⁾。

(3) 実験 排水条件のもと表-1の条件で図-1に示す4過程の応力経路を与えた。等方圧密過程以外の各過程では、平均有効応力(p')を300kPa, 中間主応力パラメータ(b)を0.5, 鉛直軸に対する最大主応力軸の回転角(α)を一定に保ちつつ、定速で主応力比を増減($\Delta(\sigma_1'/\sigma_3')/\Delta t = \pm 0.00075/\text{min.}$)させた。なお排水促進のためのろ紙は用いておらず、また背圧(200kPa)を加えた。

①等方圧密 予圧密による異方性の影響を除去し、試料の均一性を高める目的で等方圧密を行った。圧密圧力は300kPaであり3t法を適用して圧密を打ち切った。圧密終了点での含水比は41から42%とほぼ一定であった。

②初期せん断過程 各実験ごとに表-1に示す5種類の α ($=\alpha_P$)で等方応力状態から主応力比が2となるまで初期せん断を行った。

③除荷過程 再せん断開始点の応力状態をすべての実験で統一するため、初期せん断終了後、等方応力状態となるまで除荷を行う。この過程の α は初期せん断過程の α_P と同じである。

④再せん断過程 ②と③で生じた異方性を評価するため再びせん断を行う。再せん断過程の α ($=\alpha_R$)は応力・ひずみの均一性が最も良好な 45° とした。

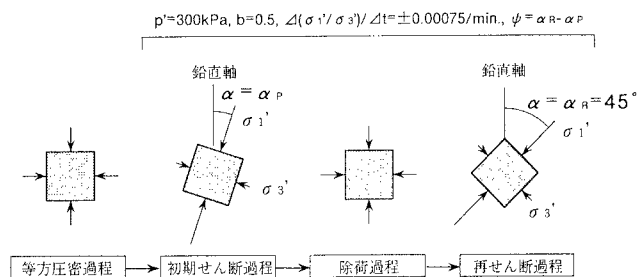


図-1 各過程の応力状態

実験結果 本報告では実験結果の整理にあたり対数ひずみを用いている。また本報告中のせん断ひずみは $\epsilon_a = (1/3)\sqrt{2\{(\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_1 - \epsilon_2)^2\}}$ により定義した。図-2および図-3は主応力差($=\sigma_1' - \sigma_3'$)を原点からの距離とし、パラメータ 2ψ ($=2(\alpha_R - \alpha_P)$)を縦軸に対する回転角とした極座標面上に、再せん断過程で発生した体積ひずみ(図-2)およびせん断ひずみ(図-3)をプロットしたものである。これらのグラフより以下が明らかである。

(1) 再せん断過程の変形特性が異方性を示さないとすれば、発生したひずみの等しい点を結んだ等ひずみ線は座標原点に中心を持つ半円となるはずである。しかし図-2および図-3から明らかなように等ひずみ線は座標原点に中心を持つ半円とはなっておらず体積ひずみ・せん断ひずみ共に誘導異方性が認められる。

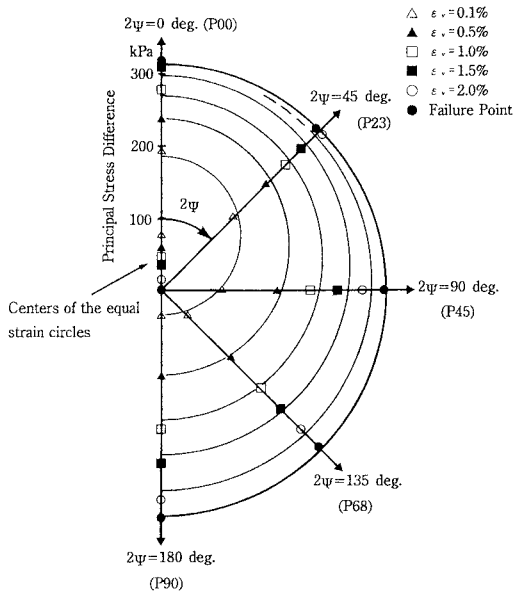


図-2 体積ひずみ特性

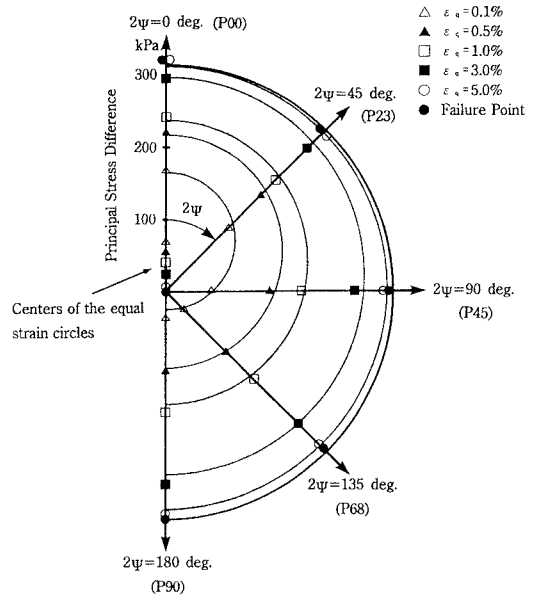


図-3 せん断ひずみ特性

(2) (1)の等ひずみ線はひずみレベルに依らず体積ひずみ・せん断ひずみともに中心が座標原点よりずれた半円でほぼ近似できる。この実験事実は異方性を定量的に表現するのに必要な異方性の強さと方向を表すパラメータとしてこの等ひずみ半円の中心座標を用いることができることを意味する。

(3) (2)で述べた等ひずみ半円の中心位置の方向は体積ひずみ・せん断ひずみ共にひずみレベルに依らず $2\psi=0^\circ$ 軸方向である。この方向は初期せん断-膨張過程における最大主応力軸方向に一致し、小さな ψ でせん断する場合には剛性が大きくなるのに対し、大きな ψ でせん断するに従って剛性が小さくなることを意味する。

(4) (3)で述べたとおり等ひずみ半円の中心方向は $2\psi=0^\circ$ 軸方向にあるが、その座標原点からの距離はひずみレベルによって大きく異なっており、せん断初期における等ひずみ円の中心位置は座標原点から大きく離れているのに対し、せん断の進行に伴って中心と座標原点との距離が小さくなる。これはせん断初期においては初期せん断-膨張過程の影響を強く受け、変形特性に異方性が強く現れるのに対し、せん断の進行に伴って履歴の影響が弱まり変形挙動が次第に等方的になることを意味する。

まとめ

(1) 主応力差を原点からの距離とし、パラメータ 2ψ を縦軸に対する回転角とした極座標平面上に発生したひずみをプロットすると、体積ひずみ・せん断ひずみ共に等ひずみ線を半円で近似できることが分かった。

(2) 粘性土の応力誘導異方性はせん断初期から破壊に至るまで一定ではなく、せん断初期には等ひずみ円の中心座標が $2\psi=0^\circ$ 方向に大きくずれて異方性が強く現れるのに対し、せん断応力の増加に伴って等ひずみ円の中心が次第に原点方向に移動し、異方性が弱まって等方的な変形挙動を示すことが明らかとなった。

謝辞 本研究は科学研究費補助金(研究題目:繰り返し粘土の変形における応力誘導異方性の研究, 奨励研究(A), No. 06750519, 研究代表者:福田文彦)の援助を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 福田・中村・三田地・澁谷 (1994): 異なる主応力軸方向での中空ねじり排水せん断における正規圧密粘土の変形特性, 第29回土質工学研究発表会講演集, pp571-574
- 2) 福田・三田地・澁谷・永埜 (1995): 中空ねじり試験による粘性土の誘導異方性, 第30回土質工学研究発表会講演集, 投稿中