

### III-144 異方圧密履歴を受けた粘性土のせん断特性

北 大 大 学 院 学 生 員 福 田 文 彦  
 北 大 工 学 部 正 会 員 三 田 地 利 之  
 東 大 生 産 技 術 研 究 所 正 会 員 木 幡 行 宏  
 札 幌 市 清 水 聡

1. はじめに せん断中の主応力方向の連続的な回転の影響を再現可能な試験方法として最近、中空ねじり試験が注目され研究が進められているが、粘性土を対象としかつ異方圧密履歴の影響について調べた例は少ない<sup>1)</sup>。そこで本報告は粘性土を異なったK値で異方圧密した後、三軸圧縮試験と中空ねじり試験を実施しそれぞれのせん断挙動の違いを比較したものである。

2. 試料および実験 試料は北海道空知郡南幌町清幌で採取された自然粘性土を、420 $\mu$ mのふるいを通して粗粒分を取り除いた後に蒸留水を加えて養生したものである。この試料の物理試験の結果は、 $\rho_s=2.74\text{g/cm}^3$ , LL=39.9%, PI=13.0であり、砂分20%, シルト分64%, 粘土分18%である。試料はソイルミキサーで十分に攪拌した後、負圧状態の予圧密セルに導き脱気をおこなった。その後10日間鉛直応力100kPaで一次元圧密を行い鉛直方向に切り出して試料とした。

○三軸圧縮試験(TC試験) 試料を直径5cm、高さ12cmの直円筒の供試体に成形したものをTC試験用の供試体とした。異方圧密時のK値は1.0, 0.7, 0.4の三種類であり(TC10, TC07, TC04)、圧密終了時の平均主応力( $P_0$ )は200kPaである。また3t法により圧密の終了を判定した。圧密中、応力はコンピューター制御により連続的に載荷しその時の軸応力の増加速度( $\dot{\sigma}_a$ )は0.2kPa/min.である。排水は半径方向とし、供試体の側面積の50%にろ紙を巻いた。圧密終了後、ひずみ制御で非排水三軸圧縮試験を行った。この時の軸ひずみ速度( $\dot{\epsilon}_a$ )は約0.05%/min.である。なお圧密開始時から100kPaの背圧を加えている。

○中空ねじり試験(TS試験) 試料を外径7cm、内径3cm、高さ12cmの中空円筒に成形したものを供試体とした。圧密時のK値は1.0, 0.7, 0.4の三種類であり(TS10, TS07, TS04)、三軸試験と同様に圧密を行った。ただし排水は鉛直方向とし、供試体の側方にろ紙は巻いていない。圧密終了後非排水状態でTS試験を実施した。せん断ひずみ速度( $\dot{\gamma}_{sc}$ )は約0.05%/min.である。せん断中は供試体の高さが一定となるように軸応力( $\sigma_a$ )を制御した。これはせん断条件を単純せん断により近づけるためである。ただし内側圧の制御は行っていない(外側圧=内側圧)、TS試験もTC試験と同様に圧密開始時から100kPaの背圧を加えている。なおせん断応力は龍岡らの方法<sup>2)</sup>によりメンブレイン応力の補正を行った。

3. 実験結果および考察 図1-(a), (b)はそれぞれK値が1.0, 0.7, 0.4の三軸圧縮試験(a)と中空ねじり試験(b)のせん断時における正八面体上のせん断ひずみ( $\gamma_{oct}$ )と、圧密終了時の平均主応力で正規化した正八面体上のせん断応力( $\tau_{oct}/P_0$ )の関係を示している、なお

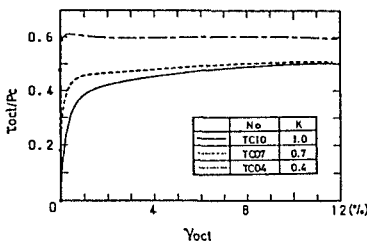


図1-(a)  $\tau_{oct}/P_0$  vs.  $\gamma_{oct}$  (TC試験)

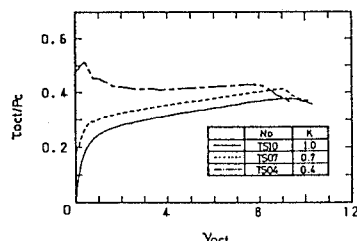


図1-(b)  $\tau_{oct}/P_0$  vs.  $\gamma_{oct}$  (TS試験)

TS試験の $\gamma_{oct}$ の計算においては供試体が単純せん断変形をしているものと仮定した。また図2は、TS試験の $\gamma_{oct}$ と主応力面の回転角( $\alpha$ )の関係を示したものである、本研究の場合外側圧=内側圧なので中間主応力パラメーター $b$ と $\alpha$ の間には、 $b=\sin^2 \alpha$ の拘束条件が生じる、これらの図より明らかなようにTC試験とTS試験の挙動は異なったものとなっている。これはせん断中TC試験では $b=0, \alpha=0^\circ$ なのに対してTS試験ではせん断中にそれらの値が変化すること、および試料の持つ異方性のためと考えられる、このことはTS10ではせん断中 $\alpha$ の変化(=

b値の変化)が小さいが、この時のTC試験とTS試験の $\gamma_{oct}-\tau_{oct}/P_c$ の関係が類似していることから裏付けられる。また初期剛性はK値によらずTS試験よりもTC試験の方が大きい、 $K=0.4$ の場合TC試験、TS試験ともに $\gamma_{oct}$ が小さな値で $\tau_{oct}/P_c$ がピークに達している。

図3-(a), (b)は正規化した平均有効主応力( $\sigma_{oct}'/P_c$ )と $\tau_{oct}/P_c$ で表示した有効応力経路図である。TC試験では、せん断開始初期に $\sigma_{oct}'/P_c$ が上昇するのに対してTS試験ではそのような傾向はみられない。またTC04の応力経路は、他のTC試験とは異なりせん断初期に $\sigma_{oct}'/P_c$ が急激に上昇している、この様な傾向はTS04では見られない。

次に図4-(a), (b)にそれぞれせん断中の、三軸圧縮試験と中空ねじり試験の正規化した間隙水圧( $du/P_c$ )と $\gamma_{oct}$ の関係を示す。K値によらずTC試験よりTS試験の方が発生する間隙水圧量が小さい。これはTC試験の場合せん断中に全応力 $\sigma_{oct}$ が増加するのに対して、TS試験では $\sigma_{oct}$ がTS07, TS04で減少、TS10では増加するもののTC10に比べてその増加量が少ないことによるものと解釈される。

図5-(a), (b)にそれぞれの試験の $\sigma_{oct}'/P_c-\gamma_{oct}$ の図を示す、TC試験ではTC04の挙動がTC10, TC07の挙動と異なっているが、TS試験では全試験の挙動がほぼ一致したものとなっており、かつTC10, TC07の曲線ともほぼ一致する。したがってTC04を除けば、ダイレイタンシー特性はTC試験、TS試験によらないことになる。

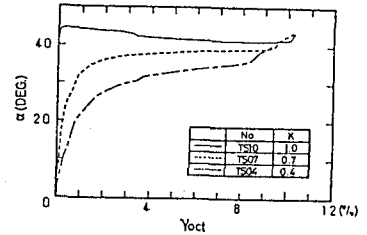


図2  $\gamma_{oct}-\tau_{oct}$

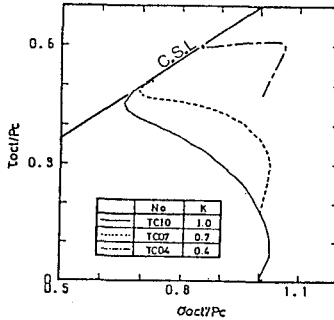


図3-(a) 有効応力経路図 (TC試験)

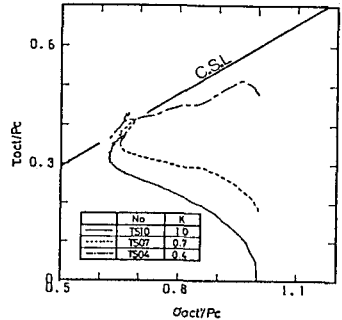


図3-(b) 有効応力経路図 (TS試験)

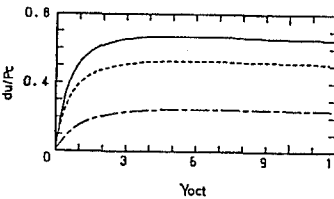


図4-(a)  $\gamma_{oct}-du/P_c$  (TC試験)

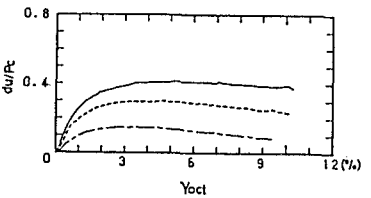


図4-(b)  $\gamma_{oct}-du/P_c$  (TS試験)

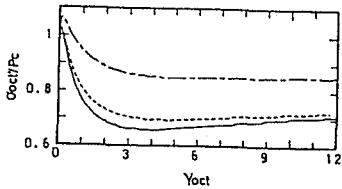


図5-(a)  $\gamma_{oct}-\sigma_{oct}'/P_c$  (TC試験)

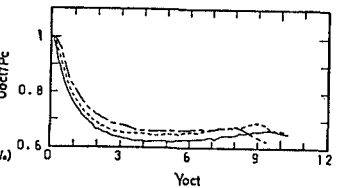


図5-(b)  $\gamma_{oct}-\sigma_{oct}'/P_c$  (TS試験)

#### 4.まとめ

- 1.粘性土のせん断時の初期剛性は圧密時のK値にかかわらず三軸圧縮試験のほうが中空ねじり試験より大きくなる。
- 2.強い異方圧密履歴を受けた粘性土は、TC試験、TS試験共に $\gamma_{oct}$ が小さい段階で $\tau_{oct}$ がピークに達する。
- 3.粘性土のダイレイタンシー特性は強い圧密履歴を受けた三軸圧縮試験を除いては、三軸圧縮試験、ねじりせん断試験にかかわらずほぼ一致する。

#### 参考文献

- (1)K=1.0, K=0.7について, Ampadu & Tatsuoka(1990) :Effect of Consolidation Stress Path on Undrained Simple Shear behaviour of Kaolin : 第25回土質工学研究発表会発表講演集, pp.681-684
- (2)龍岡文夫(1986) : 生研セミナーテキスト コース119 室内せん断試験(第2回), p.422