

Ⅲ-A55

粘性土の強度・変形特性に与えるせん断履歴の影響

鉄建建設（株） 正会員 ○平野 光孝
 長岡技術科学大学 正会員 豊田 浩史
 長岡技術科学大学大学院 神田 誠
 アイサワ工業（株） 石黒 義之

1. はじめに

本研究では、せん断履歴を受けた粘性土の力学特性を調べるため自動制御可能な中空ねじりせん断試験装置を用いて実験を行い、せん断履歴を表現できる構成則について考察した。実験は、平均有効主応力 p' および中間主応力係数 $b = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ を一定条件に保ったまま、任意の最大主応力方向 α でせん断履歴を与えた後、等方応力状態で排水せん断試験を実施した。

2. 実験条件

実験に用いた試料は新潟県柏崎市付近で採取されたラテライト系粘性土 ($\rho_s = 2.73 \text{ g/cm}^3$, $w_L = 52.4\%$, $I_P = 22.5\%$, Clay = 15.9%, Silt = 43.1%, Sand = 41.0%) である。供試体サイズは高さ 16cm、外径 8cm、内径 5cm である。また、実験条件を Table.1 に示す。

Table.1 実験条件

せん断履歴条件				排水せん断条件		
α (deg)	p' (kPa)	b	σ_1 / σ_3	α (deg)	b	ひずみ速度 (%/min)
45.0	100	0.5	3	45.0	0.5	0.020
22.5						
0.0						
-22.5						
-45.0						

3. 実験結果

(1)せん断履歴を有する粘性土のせん断特性：Fig.1 は $p' = 100 \text{ (kPa)}$ 、 $b = 0.5$ 、 $D = \sigma_1 / \sigma_3 = 3$ の条件は等しく、 α を 45、22.5、0、-22.5、-45(deg)と変化させたときの応力～ひずみ関係である。また、Virgin shear はせん断履歴を与えず、等方圧密後直ちにせん断試験を行ったときの応力～ひずみ関係である。このグラフより、せん断履歴時の最大主応力方向 α がせん断時の最大主応力方向 45(deg)と一致しているとき最も大きな偏差応力 q の値まで剛性を保ち、せん断履歴時の最大主応力方向がせん断時の最大主応力方向 45(deg)と 90(deg)回転している $\alpha = -45 \text{ (deg)}$ のときには最も早い段階で剛性が低下している。また、これらの曲線は最終的には一致し、強度は等しくなっている。

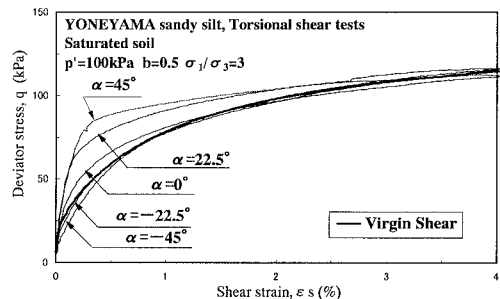


Fig.1 応力～ひずみ関係

(2)せん断履歴を有する粘性土の体積変化特性：Fig.2 は $p' = 100 \text{ (kPa)}$ 、 $b = 0.5$ 、 $D = 3$ の条件は等しく、 α を 45、22.5、0、-22.5、-45(deg)と変化させたときの体積ひずみ～せん断ひずみ関係である。このように、せん断履歴時の最大主応力方向 α がせん断時の最大主応力方向 45(deg)と一致しているとき体積ひずみは最も小さく、せん断履歴時の最大主応力方向がせん断時の最大主応力方向 45(deg)と 90(deg)回転している $\alpha = -45 \text{ (deg)}$ のとき最も大きな体積ひずみを示している。

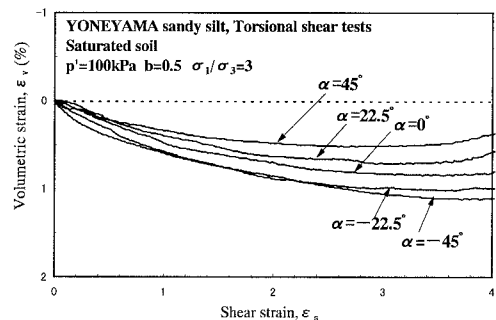


Fig.2 体積ひずみ～せん断ひずみ関係

4. 構成則の確立

カムクレイ・モデル(Cam clay model)を拡張し、せん断履歴を表現できる構成則の確立を行った。せん断履歴過ねじりせん断、せん断履歴、異方性、弾塑性

程における応力状態を Fig.3 に示す。せん断履歴を受けた粘性土はこの図の Step 3 のような楕円型⁽¹⁾の弾性領域の硬化を示すと仮定した。Fig.4 はせん断履歴方向が与える弾性領域の硬化を示している。この状態から $\alpha = 45(\text{deg})$ 方向にせん断を行なうと弾性領域の硬化は図中の $R(\alpha)$ である。よって、この $R(\alpha) = \sigma_1$ を評価し、カムクレイ・モデルにおける降伏曲面の硬化に導入する。カムクレイ・モデルは $p'-q$ 平面で評価しているため、主応力で表わした弾性領域 $R(\alpha)$ も q で表現する。 $p' = \text{const}$ で、中間主応力係数 $b(=0.5)$ のとき、主応力 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 および偏差応力 q は、次式のように表わせる。

$$\sigma_1 = R(\alpha), \quad \sigma_2 = p', \quad \sigma_3 = 2\sigma_2 - \sigma_1 \quad (1)$$

$$q = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad (2)$$

(1)式を(2)式に代入することにより、弾性領域の硬化を q で表現できる。

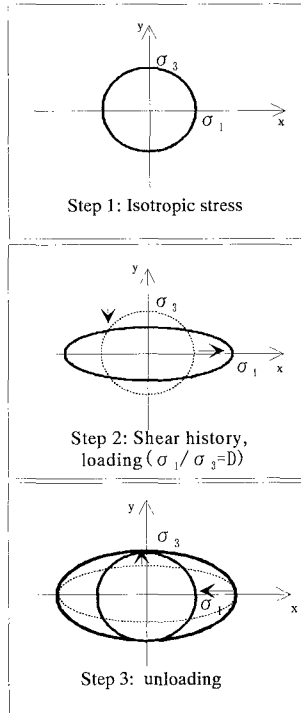


Fig.3 せん断履歴過程における応力状態

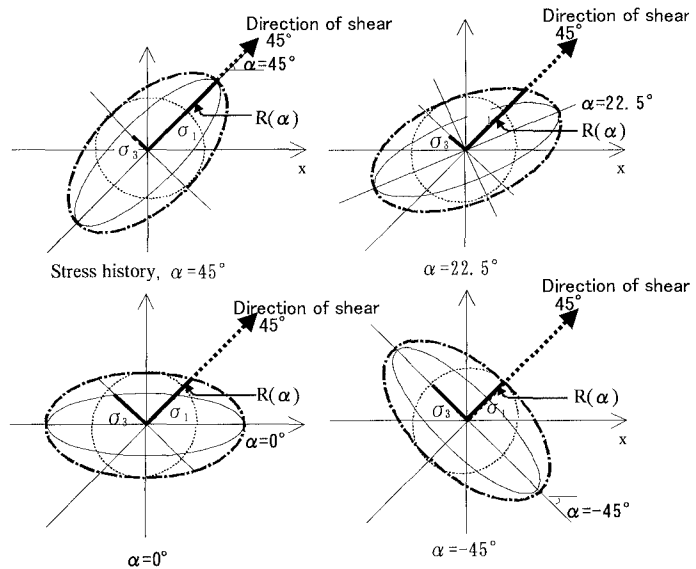


Fig.4 せん断履歴方向が与える弾性領域の硬化

5.実験結果と解析結果の比較

Fig.5、Fig.6 は $p' = 100(\text{kPa})$ 、 $b = 0.5$ 、 $D = 3$ の条件は等しく α を変化させたときの実験結果と解析結果を比較した応力～ひずみ関係と体積ひずみ～せん断ひずみ関係である。このように実験結果と解析結果は完全に一致しているとはいえないが、解析結果はせん断特性の傾向を良く表現できている。

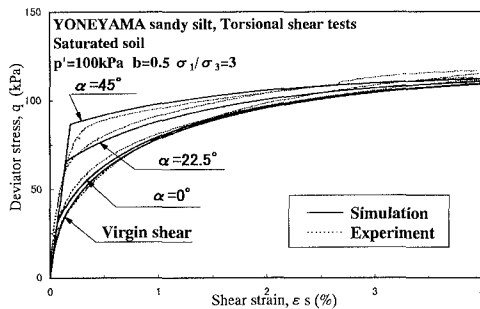


Fig.5 解析結果(応力～ひずみ関係)

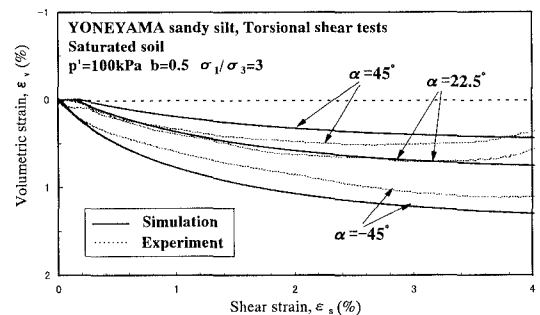


Fig.6 解析結果(体積ひずみ～せん断ひずみ関係)

参考文献：(1)佐竹正雄(1984):地盤と土の異方性、土と基礎、Vol.32、No.11、pp.5-12.