

# 圧密比が繰返しせん断を受ける粘性土の挙動に与える影響

山口大学大学院 非会員 ○中原和宏 正会員 松田博  
正会員 石蔵良平 学生会員 Tran Thanh Nhan

## 1. まえがき

地震時の地盤内のせん断は多方向に生じる。従来より粘性土や粒状土が繰返しせん断を受ける際の有効応力減少及び沈下特性に関する研究が行われているが、粘性土においてその多くは正規圧密状態に対するものであり、過圧密域に関する研究は少ない。そこで本研究では過圧密比に着目し、多方向繰返しせん断を受ける粘性土の挙動に及ぼす影響について調べた。

## 2. 実験方法

用いた装置は多軸単純せん断試験機である。この装置は供試体（直径 75mm、高さ 20mm）に 2 方向から独立してせん断変位を与えることができる。用いた試料は、カオリン粘土である。試料は含水比 80%とし 24 時間密閉容器で静置した後、真空装置で 30 分間脱気を行った。試料をせん断箱に詰め、圧密圧力  $\sigma'_{v0}=98\text{kPa}$  まで段階的に載荷した後、 $\sigma'_{v0}=49\text{kPa}$  まで除荷し、OCR=2 とした。定体積条件の下で繰返しせん断を行い、有効応力変化を測定した。繰返しせん断波形は周期 2.0 秒の sin 波であり、図-1(b)に示す載荷パターンで試験を行った。繰返しせん断終了後に供試体上部を排水状態とし、 $\sigma'_{v0}=49\text{kPa}$  で再圧密を行い、沈下量を計測した。せん断ひずみ振幅  $\gamma$  の定義は、一方向繰返しせん断では片振幅を供試体の高さで除した値とし、多方向繰返しせん断ではせん断中に供試体底面中央が描く円の半径を供試体の高さで除した値と定義した。

## 3. 実験結果

図-2 に  $\gamma=0.4\%$  で繰返しせん断中の過剰間隙水圧比の変化を示す。過剰間隙水圧比は繰返しせん断中に累積した過剰間隙水圧をせん断開始前の有効応力で除した値である。正規圧密状態、過圧密状態ともに位相差が大きくなるほど過剰間隙水圧の発生が大きく、一方向せん断と多方向せん断時の相違が大きい。OCR=2 では OCR=1 に比べ過剰間隙水圧比の値は小さい。

図-3 は繰返しせん断終了直後の過剰間隙水圧比とせん断ひずみ振幅の関係である。図中には次式によって得た結果も示した。ここでは一方向せん断時と多方向せん断時における過剰間隙水圧比は、過去の研究<sup>1)</sup>で提案された式(1)～(4)を用いた。

$$\frac{U_{dyn}}{\sigma'_{v0}} = \frac{n}{\alpha + \beta \cdot n} \quad \dots (1) \quad \alpha = A \cdot \gamma_{dyn}^m \quad \dots (2)$$

$$\beta = \frac{\gamma_{dyn}}{B + C \cdot \gamma_{dyn}} \quad \dots (3) \quad \text{ただし、} \gamma_{dyn} > -\frac{B}{C} \quad \dots (4)$$

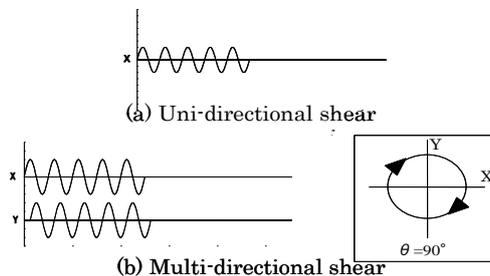


図-1. 繰返し単純せん断載荷パターン

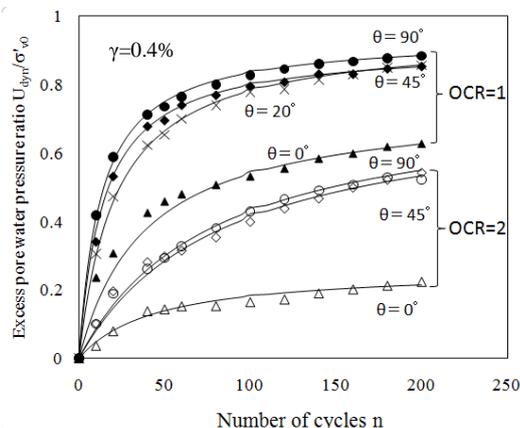


図-2. 繰返しせん断中の過剰間隙水圧比の推移

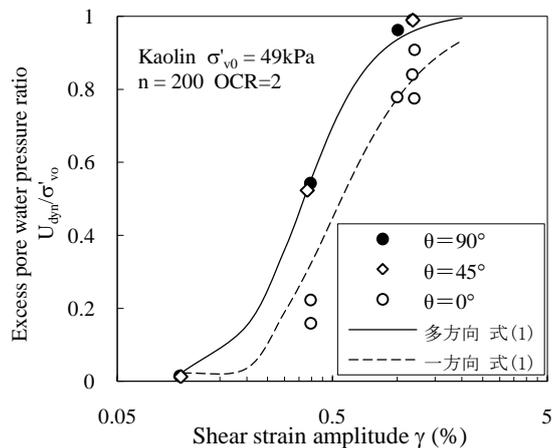


図-3. 過剰間隙水圧比とせん断ひずみ振幅の関係

表-1. カオリンの実験定数 (OCR=2)

	A	B	C	m
一方向せん断	10.0	-0.15	1.06	-4.5
多方向せん断	6.5	-0.05	1.025	-3.3

ここに、 $\gamma_{dyn}$  は繰返しせん断ひずみ振幅であり、A, B, C, m は実験定数である。実験により得た定数を表-1 に示す。図-3 から、実測値と計算値は概ね一致していることがわかる。

図-4 は多方向せん断時 ( $\theta=45^\circ$ ) の過剰間隙水圧比と一方向せん断時 ( $\theta=0^\circ$ ) の過剰間隙水圧比の差とせん断ひずみ振幅の関係を示したものである。OCR=1 では  $\gamma=0.3\%$  で最大になるのに対し、OCR=2 では  $\gamma=0.4\%$  で最大になる。その後、せん断ひずみ振幅が大きくなるにつれて、位相差の違いによる過剰間隙水圧比の差が減少するが、その減少の傾向も過圧密比の違いによって異なる。

図-5 は沈下ひずみと時間の関係である。排水開始直後から大きく沈下が生じ、その後は緩やかになっている。また、OCR=1, 2 ともに、せん断ひずみ振幅が同じ場合、位相差が大きいほど沈下ひずみが大きくなっている。

図-6 は沈下ひずみとせん断ひずみ振幅の関係を示している。図中の計算値は式 (5)、(6) によって求めた。

$$\Delta e = C_{dyn} \log\left(\frac{1}{1 - \frac{U_{dyn}}{\sigma'_{vo}}}\right) \dots (5) \quad \varepsilon_v = \frac{C_{dyn}}{1+e_0} \log\left(\frac{1}{1 - \frac{U_{dyn}}{\sigma'_{vo}}}\right) \dots (6)$$

ここに、 $C_{dyn}$  は動的圧縮指数、 $\varepsilon_v$  は沈下ひずみである。せん断ひずみ振幅が増加するにつれ沈下ひずみが大きくなり、特に一方向せん断と多方向せん断において沈下ひずみの差が大きくなる。

図-7 は一方向及び多方向せん断後の沈下ひずみの差とせん断ひずみ振幅の関係を示したものである。OCR=2 と OCR=1 では沈下ひずみの差が最大となるせん断ひずみ振幅の値に違いがみられる。沈下ひずみの差が最大となった後はせん断ひずみ振幅が大きくなると位相差の違いによる沈下ひずみの差は小さくなる。

#### 4. まとめ

過圧密粘土は正規圧密粘土と比べ、同一のせん断ひずみ振幅においてはせん断中の過剰間隙水圧比が小さくなる。また、多方向せん断時と一方向せん断時の過剰間隙水圧比の差が最大となるせん断ひずみ振幅は過圧密比によって異なる。

沈下ひずみに関しては OCR=2 の方が OCR=1 に比べせん断後の沈下ひずみは小さくなる。一方向せん断時と多方向せん断時の沈下ひずみの差が最大となるせん断ひずみ振幅の値も過圧密比によって変化する。さらに、過剰間隙水圧比と沈下ひずみについて過去の研究で提案された推定式を適用した結果、実験結果と計算結果はよい一致がみられ、推定式は適用可能と考えられる。

#### 参考文献

1) 松田博, 柳楽英希 「繰返しせん断によって生じる飽和粘土の有効応力減少と再圧密沈下特性」土木学会論文集 No.659/III - 52, 63-75, 2000.9

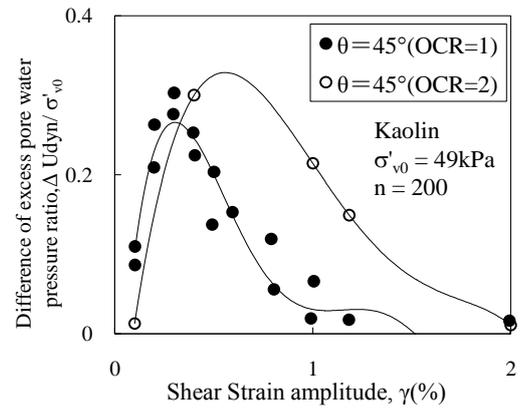


図-4. 過剰間隙水圧比の差とせん断ひずみ振幅の関係 ( $\theta=45^\circ$ )

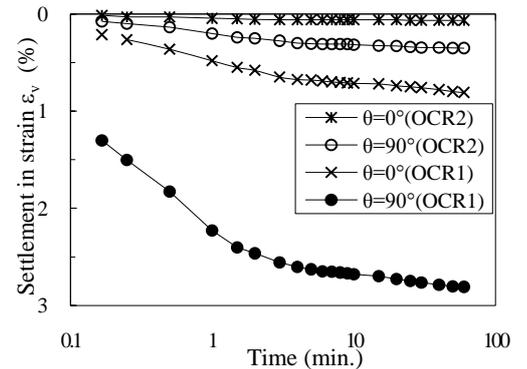


図-5. 沈下ひずみと時間の関係 ( $\gamma=0.4\%$ )

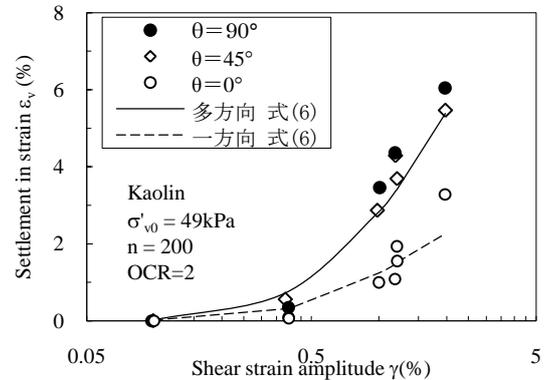


図-6. 沈下ひずみの差とせん断ひずみ振幅の関係

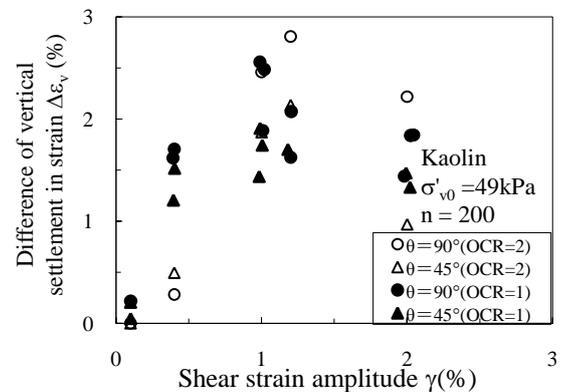


図-7. 沈下ひずみの差とせん断ひずみ振幅の関係