

多方向繰返しせん断を受けた飽和粘性土の沈下予測について

山口大学大学院 学生会員 ○末吉祐樹

正会員 松田博 正会員 原弘行

学生会員 中原和宏 学生会員 渡邊光俊

1. はじめに

粘性土地盤は繰返しせん断を受けると過剰間隙水圧が蓄積する．地震時においては，地盤は事実上非排水繰返しせん断を受けたとみなすことができ，その後排水によって過剰間隙水圧は減少する．すでに粘性土が既往の研究では非排水条件で多方向繰返しせん断を受けた場合について，過剰間隙水圧比と累積せん断ひずみ，沈下ひずみの関係式が提案されている．しかし，本提案式はカオリン粘土を用いた研究結果から得られたものである．そこで，本研究では物性の異なる幾つかの実地盤から採取した粘土試料を用いて多方向繰返し単純せん断試験を実施し，既往の提案式の適用性について検証した．

2. 実験方法

用いた装置は多軸単純せん断試験機である．この装置は地震動のような複雑な挙動を再現できるように，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，東京湾粘土，北九州粘土である．試料の物性値を Table.1 に示す．試験は下記の手順で実施した．まず，試料の含水比を液性限界の 1.3～1.5 倍に調整して，全体を均一になるように混合する．その後，真空装置で 40 分間脱気を行い，試料をせん断箱に充填して圧密圧力 $\sigma'_{v0}=49\text{kPa}$ に達するまで段階的に載荷した．その後，非排水条件で繰返しせん断を行い，過剰間隙水圧を計測した．せん断ひずみ振幅は 0.1～2.0%，位相差 θ は 0～90°，繰返しせん断波形は周期 2.0 秒の sin 波とした．繰返しせん断が終了した後に，供試体上部を排水状態とし，過剰間隙水圧が全て消散するまで沈下量を測定した．

3. 実験結果

Fig.1 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．各試料とも一方向せん断時($\theta=0^\circ$)と多方向せん断時($\theta=90^\circ$)で過剰間隙水圧の発生に差異が生じていることがわかる．また，試料によって過剰間隙水圧の発生は大きく異なり，塑性指数が大きい試料ほど過剰間隙水圧の発生は小さくなる傾向にある．

Fig.2 にカオリン粘土について過剰間隙水圧比と累積せん断ひずみの関係を示す．図中に示した過剰間隙水圧比の計算値については，式(1)～(4)を用いた．

$$\frac{u_{dyn}}{\sigma'_{v0}} = \frac{G^*}{\alpha + \beta \cdot G^*} \dots (1) \quad \alpha = A \cdot \gamma_{dyn}^m \dots (2) \quad \beta = \frac{\gamma_{dyn}}{B + C \cdot \gamma_{dyn}} \dots (3) \quad \text{ただし } \gamma_{dyn} > -\frac{B}{C} \dots (4)$$

ここに， γ_{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．

Table.1 試料の物性値

	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	C_c	I_p
カオリン粘土	2.71	0.31	25.5
東京湾粘土	2.77	0.46	41.6
北九州粘土	2.63	0.60	63.3

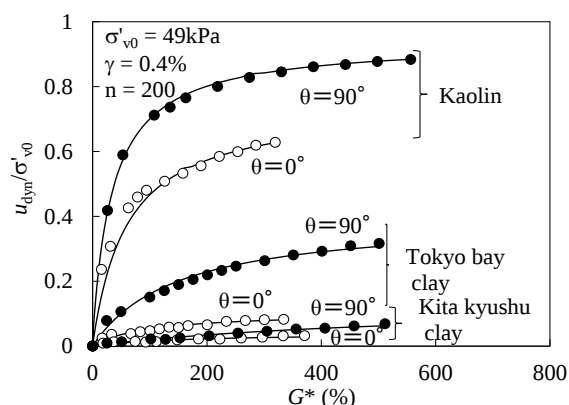


Fig.1 繰返しせん断中の過剰間隙水圧比の推移

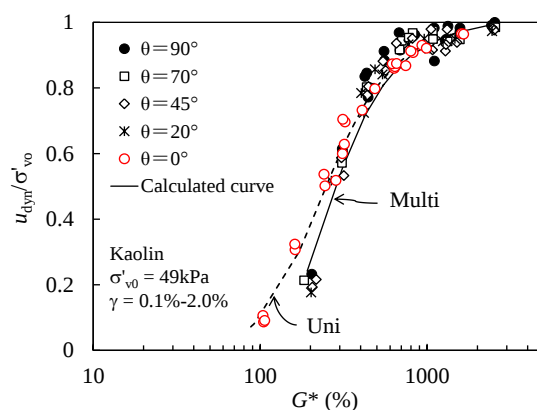


Fig.2 過剰間隙水圧比と累積せん断ひずみの関係

一方向せん断と多方向せん断のいずれにおいても実験値と計算値は、ほぼ一致していることがわかる。また、位相差の違いによる明瞭な傾向は確認できない。従って位相差に関わらず累積せん断ひずみと過剰間隙水圧比に一義的な関係があることがわかる。その他の試料についても同様の結果が得られている。

Fig.3 にカオリン粘土について繰返しせん断後の沈下ひずみ-時間の関係を示す。排水開始直後に大きい沈下が生じ、その後は緩やかに沈下が進行している。また、せん断ひずみ振幅が同じ場合、一方向せん断に比べ多方向せん断の方が沈下ひずみは大きくなる。その他の試料についても沈下ひずみに違いはあるものの、同様の傾向を示した。

Fig.4 に沈下ひずみと累積せん断ひずみの関係を示す。点線及び実線はそれぞれ一方向せん断時、多方向せん断時における計算値であり、式(5)、(6)から求めた。

$$SRR = \frac{1}{1 - \frac{u_{dyn}}{\sigma'_{v0}}} \dots (5) \quad \varepsilon_v = \frac{C_{dyn}}{1 + e_0} \log SRR \dots (6)$$

ここに、 SRR は応力減少比、 C_{dyn} は動的圧縮指数、 e_0 はせん断開始前の間隙比、 Δe は再圧密開始後から過剰間隙水圧が消散するまでの間隙比の変化量を示す。同じ繰返し回数においては位相差に関わらず累積せん断ひずみと沈下ひずみの間には一義的な関係にあることがわかる。

Fig.5 は間隙比の変化量と応力減少比の関係である。ここで、 Δe - SRR 関係の近似直線の傾きを動的圧縮指数 C_{dyn} とした。

Fig.6 には、 C_{dyn} - I_p の関係を線形近似して示している。 C_{dyn} は Fig.5 で示したように Δe - SRR 関係を直線近似して求めた。塑性指数が大きいほど動的圧縮指数も大きくなる傾向は既往の研究成果とも符合する¹⁾。

4. まとめ

本研究では、幾つかの試料に対して、多軸単純せん断試験を実施して推定式の適用性について検討した。得られた結果は以下のとおりである。

- 1) 東京湾粘土、北九州粘土においても過剰間隙水圧比及び沈下ひずみの推定式を適用できる。
- 2) 塑性指数が大きくなるほど動的圧縮指数は大きくなる。

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
- 2) 松田博、大原資生「繰返しせん断に起因した粘土層の沈下に及ぼす周期の影響」土木学会論文集 第 418 号/ III -13, 1990. 6.

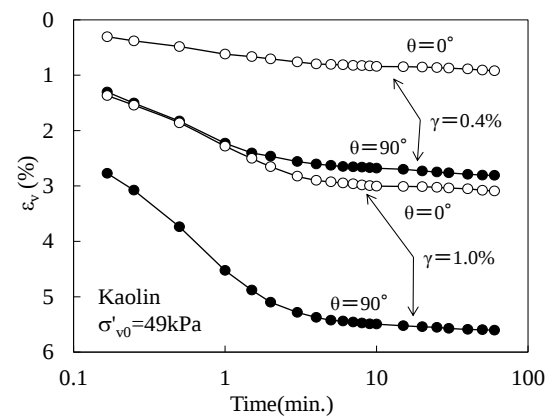


Fig.3 沈下ひずみの推移

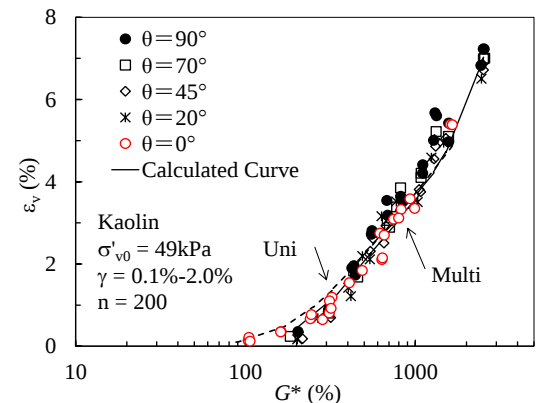


Fig.4 沈下ひずみと累積せん断ひずみの関係

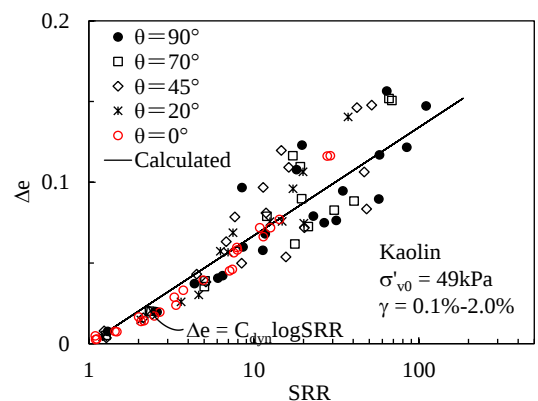


Fig.5 動的圧縮指数の決定

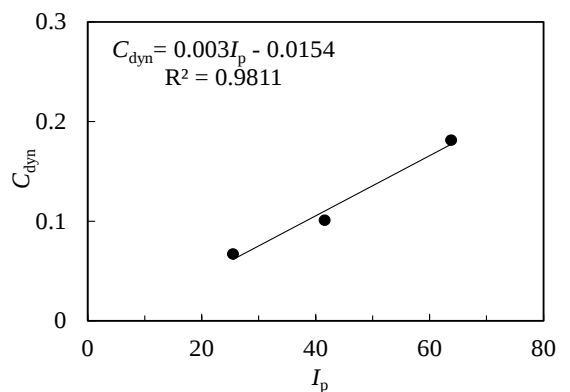


Fig.6 動的圧縮指数と塑性指数の関係