

多方向繰返しせん断を受けた粘性土の沈下予測に関する基礎的研究

山口大学 学生会員 ○園山 修平
 復建調査設計(株) 正会員 佐藤 秀政
 山口大学 正会員 松田 博
 山口大学 正会員 原 弘行

1. はじめに

地震時に粘性土層が繰返しせん断を受けると過剰間隙水圧が蓄積し、地震後には長期にわたって地盤の沈下が生じる。粘性土地盤の地震後沈下に関しては、既に地震動の方向性も考慮した過剰間隙水圧および地震後沈下にかかわる推定式を提案している¹⁾。しかし、この推定式を用いるにあたっては多くの実験定数の設定が必要であることから、簡易な単純パラメーターの決定方法を見出す必要がある。そこで、本研究では、3種の粘性土試料に対して多方向繰返し単純せん断試験を実施し、パラメーター設定法を示すと同時に、繰返しせん断後の沈下-時間関係の推定を行った。

2. 試験方法

本研究では、カオリン粘土、東京湾粘土、北九州粘土の3種の粘性土試料を使用した。試料の物理的性質を表-1に示す。試験装置は、多軸単純せん断試験機を用いた。本装置は供試体(直径75mm、高さ20mm)に水平面上の直角2方向から独立して繰返しせん断変位を与えることができ、2つの入力波形に位相差 θ を設けて様々な多方向せん断を与えることが可能である。試験は以下の手順で実施した。まず、試料の含水比を液性限界の約1.5倍に調整して、ミキサーで十分に攪拌する。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 $\sigma'_{v0}=49\text{kPa}$ で圧密した。その後、非排水条件で繰返しせん断を行った。せん断中は過剰間隙水圧等の測定を行った。入力波形は周期2.0秒のsin波とし、せん断ひずみ振幅 $\gamma=0.1\sim2.0\%$ 、位相差 $\theta=0\sim90^\circ$ で変化させた。繰返しせん断が終了した後に片面排水状態とし、過剰間隙水圧が消散するまで間隙水圧および沈下量の測定を行った。

3. 繰返しせん断後の沈下-時間関係の推定

沈下-時間関係の推定にあたっては動的圧密係数の推定式(1)、(2)を使用した¹⁾。

$$\frac{c_{vd}}{c_v} = a \times SRR^b \dots (1) \quad SRR = \frac{1}{1 - \frac{u_{dyn}}{\sigma'_{v0}}} \dots (2)$$

ここに、 c_{vd} は動的圧密係数、 c_v は圧密係数、 SRR は応力減少比、 u_{dyn} は過剰間隙水圧、 a 、 b は実験定数である。

図-1はカオリン粘土における動的圧密係数と応力減少比の関係である。一方向せん断($\theta=0^\circ$)、多方向せん断($\theta>0^\circ$)いずれにおいても応力減少比が大きくなると動的圧密係数が小さくなる傾向を示した。また、東京湾粘土、北九州粘土についても同様の傾向を示した。

表-1 各試料の物理的性質

	カオリン粘土	東京湾粘土	北九州粘土
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.71	2.77	2.63
I_p	25.5	41.6	63.8
C_c	0.31	0.46	0.60

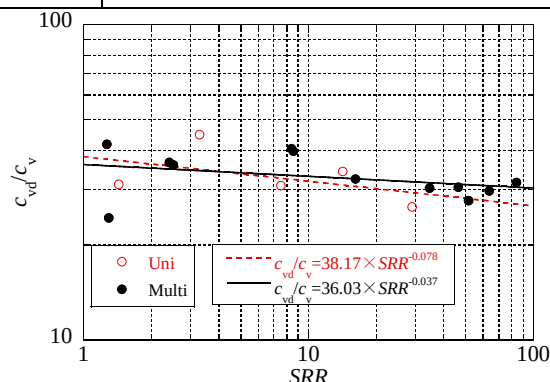


図-1 応力減少比と動的圧密係数の関係(カオリン粘土)

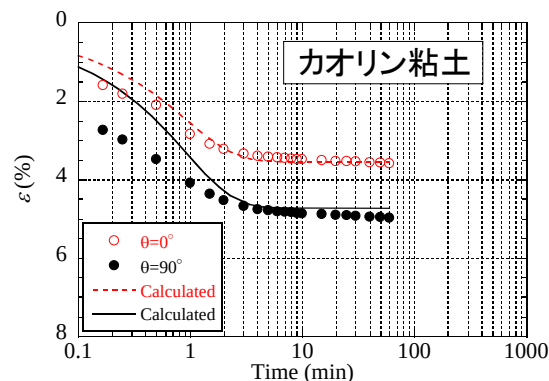


図-2 繰返しせん断後の沈下-時間関係

キーワード 単純せん断試験, 沈下, 動的圧密係数

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院 理工学研究科 TEL 0836-85-9325

図-2 は繰返しせん断後の沈下-時間関係として、ひずみ振幅 $\gamma=1.2\%$ 、繰返し回数 $n=200$ でのカオリン粘土の結果を示したものである。計算値は図-1 に示した回帰式より求めた c_{vd} と式(3)~(8)で算出した沈下ひずみを用いて得た結果である²⁾。

$$\frac{u_{dyn}}{\sigma'_{v0}} = \frac{G^*}{\alpha + \beta \cdot G^*} \cdots (3) \quad \alpha = A \cdot \gamma_{dyn}^m \cdots (4) \quad \beta = \frac{\gamma_{dyn}}{B + C \cdot \gamma_{dyn}} \cdots (5)$$

$$\gamma_{dyn} > -\frac{B}{C} \cdots (6) \quad \varepsilon_v = \frac{C_{dyn}}{1 + e_0} \log SRR \cdots (7) \quad \Delta e = C_{dyn} \log SRR \cdots (8)$$

ここに、 G^* は累積せん断ひずみ（供試体のせん断ひずみ増分の総和）、 C_{dyn} は動的圧縮指数、 Δe は再圧密後の間隙比の減少量、 A, B, C, m は実験定数である。一方向、多方向ともに、実験値と計算値は比較的良く一致している。他の試料土の場合も、同様の結果が得られた。

4. 塑性指数を用いた地震後沈下推定式の提案

式(1)~(8)を用いて繰返しせん断後の沈下-沈下時間関係の推定を行うにあたっては、当該粘土について多くの実験を行う必要がある。そこで、試料土の I_p によって、簡易に上記実験定数を求めることを試みた。沈下ひずみの推定に関わる実験定数 A, B, C, m については既に I_p から推定する試みが行われている³⁾。

図-3 に実験定数 a, b と I_p の関係を示す。一方向せん断、多方向せん断とも類似の傾向を示しており、 a については累乗近似、 b については線形近似とした。

図-4 に I_p から簡易的に求めた実験定数を用いて得られた動的圧密係数の計算値と実験値の関係を示す。いずれの試料土も実験値と計算値に大きな違いはみられず精度良く推定できているといえる。

5. 結論

本研究では、一方向せん断試験の結果から導出した推定式が多方向せん断の場合においても適用可能であるか検討するとともに、試料の塑性指数 I_p を用いて簡易に実験パラメーターを求める手法を示した。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 一方向繰返し単純せん断試験結果から導出された推定式は、多方向せん断においても適用可能である。
- 2) 塑性指数 I_p を用いて粘性土層の地震後に生じる沈下-時間関係の推定手法を示した。

【参考文献】

- 1) 松田博: 粘土層の地震後沈下過程の推定, 土木学会論文集 第568号/III-39, pp.41-48, 1979.
- 2) Mastuda H., Nhan, T.T., Ishikura R.: Prediction of excess pore water pressure and post-cyclic settlement on soft clay induced by uni-directional and multi-directional cyclic shears as a function of strain path parameters, Soil Dynamics and Earthquake Engineering; 49, pp.75-88, 2013.
- 3) Sueyoshi Y., Matsuda H., Hara H., Nakahara K. and Nhan, T.T.: Prediction of settlement induced by multi-directional cyclic shear focused on plasticity index of soft clay, Proceedings of the International Symposium on Lowland Technology, Vol.9, pp.79-84, 2014.

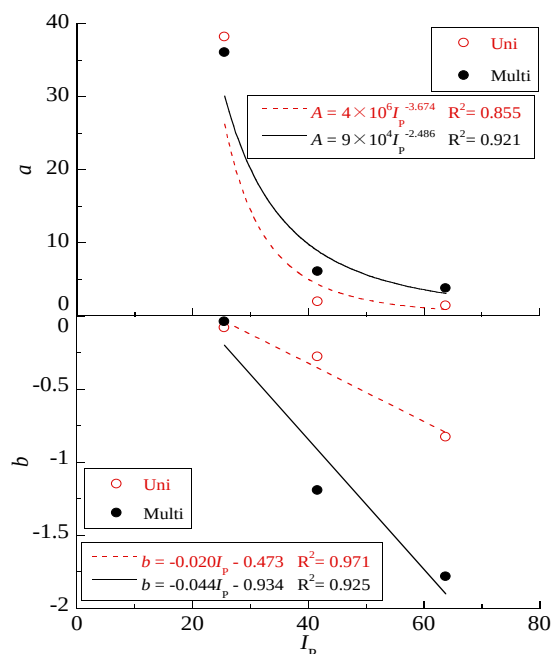


図-3 実験定数 a, b と塑性指数の関係

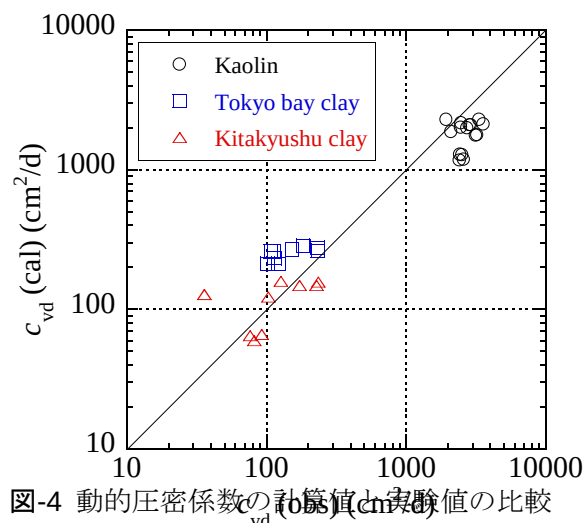


図-4 動的圧密係数の計算値と実験値の比較