

繰返し载荷を受けた不攪乱粘土の静的せん断挙動

大阪大学工学部 正 員 松井 保
 大阪大学工学部 学生員 M. A. Bahr
 京 都 府 林 龍夫
 大阪大学工学部 学生員 ○小谷安彦

1. はじめに

一般に、飽和粘土が非排水状態で繰返し载荷を受けると、過剰間隙水圧の発生により、土のせん断特性に劣化が起こる。これまで著者らは、繰返しおよび不攪乱正規圧密粘土を用いて、繰返し载荷に伴う発生間隙水圧に着目し、繰返し载荷後の劣化特性を定量的に評価してきた。そこで今回、これまでに用いた不攪乱粘土における繰返し载荷後の静的せん断特性をまとめて報告する。またさらに、不攪乱正規圧密粘土の劣化挙動に及ぼす粘土の物理特性の影響についても検討および考察を行う。

2. 試験概要

Table. 1に用いた試料、その物理特性、および繰返し载荷条件を示す。試験装置は、電気油圧方式振動三軸試験機であり、詳細は既報¹⁾を参照されたい。試験方法は、有効圧密圧 2.0kgf/cm^2 (背圧 1.0kgf/cm^2) で24時間等方圧密し、正規圧密状態とする。その後、非排水状態で繰返し载荷を行った。ひずみ波形は正弦波、周波数は 0.5Hz 、繰返し载荷回数は全て100回である。すべての供試体に対し繰返し载荷後等方圧密状態にし、供試体内の発生間隙水圧分布が一樣になるように非排水状態のまま約1時間放置した後、静的せん断試験 (ひずみ速度 $0.5\%/min$) を行った。さらにこれとは別個に、等方圧密後ただちに静的せん断試験を行い、繰返し载荷による劣化挙動を検討する際の比較基準とした。

Table. 1 試験条件

Group Number	Description	Clay ϕ (%)	P. I.	Specimen Size D $\times$ H (mm)	Cyclic Axial Strain Ranges ϵ_c (%)	OCR _{eq}
I	Fukushima Clay	41.0	22.5	50 $\times$ 100	0.3-3.0	1.58-6.90
II	East Osaka Clay	30.0	32.1	50 $\times$ 100	0.3-2.0	1.37-3.13
III	Ma13	57.9	44.6	50 $\times$ 80	0.5-2.0	1.35-2.76

3. 試験結果

Fig. -1は、福島粘土の非排水せん断試験時の応力-ひずみ関係を表したものである。この図より、繰返し载荷履歴を受けた粘土は軸ひずみ振幅の増加とともに、非排水せん断強度、変形係数とも減少し、破壊ひずみは増加していることが分かる。このような傾向は、他の粘土の場合も同様である。

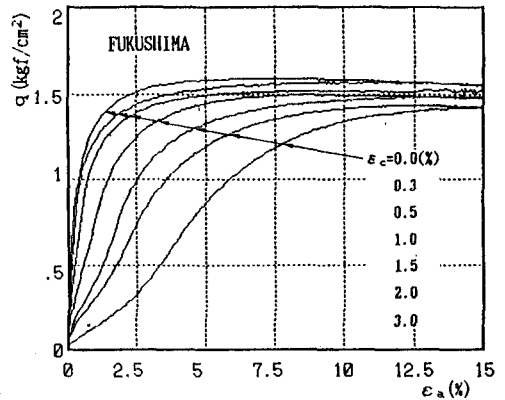


Fig.-1 非排水静的せん断時の応力ひずみ関係

Tamotsu Matsui, M. A. Bahr, T. Hayashi, and Y. Kotani (Osaka University), "Shear Behavior of Natural Undisturbed Clays after Cyclic loading."

Fig.-2は、福島粘土の非排水せん断試験時の有効応力経路である。この図より、繰返し載荷履歴を受けた粘土のせん断挙動は、過圧密粘土と類似の挙動を示すことが分かる。そこで、この繰返し載荷による疑似過圧密の程度を表すため、等価過圧密比 $OCReq = \sigma_e' / (\sigma_e' - u_r)$ 、 σ_e' :初期有効応力、 u_r :発生間隙水圧)を定義する。この等価過圧密比の仮説は、繰返し載荷後の非排水静的せん断特性を予測する上で有力な手段であることがすでに示されている。²⁾

Fig.-3、-4、-5は、それぞれ繰返し載荷後のせん断強度 τ_f 、変形係数 E_{50} 、および破壊ひずみ ϵ_f と等価過圧密比 $OCReq$ の関係を表したものである。ただし、これらの値をすべて繰返し載荷前の値(τ_{f0} 、 $(E_{50})_0$ 、 ϵ_{f0})で正規化し、せん断特性の劣化の度合いを表す。そして、図中のデータポイントは実験値、実線はそれぞれ以下の式を用いて求めた近似曲線である。

$$\tau_f / \tau_{f0} = 1 / [\alpha_r + (1 - \alpha_r) \cdot OCReq] \quad (1)$$

$$E_{50} / (E_{50})_0 = (OCReq)^{\alpha_e} \quad (2)$$

$$\epsilon_f / \epsilon_{f0} = 1 + \alpha_c \cdot \log OCReq \quad (3)$$

ここで、 α_r 、 α_e 、 α_c は係数である。

これらの図より、繰返し載荷後のせん断特性は繰返し載荷条件にかかわらず等価過圧密比によってほぼ一義的に表わされることがわかる。さらに、この程度の等価過圧密比では、強度特性より変形特性に繰返し効果の影響が比較的大きいこともわかる。

また、係数 α_r 、 α_e 、 α_c と粘土の塑性指数との関係については、粘土の種類が少ない事もあり、現状では特定の関係が見いだせない。

まとめ

不攪乱正規圧密粘土の繰返し載荷後のせん断特性は、発生した間隙水圧が既知であれば定量的に予測することができる。これは、繰返し載荷条件がすべて間隙水圧に反映されるためであろう。また、繰返し載荷の影響は粘土の強度特性よりも変形特性に比較的大きく現れる。

<参考文献>

- 1) Matsui T., H. Ohara, T. Ito, (1980), "Cyclic Stress-Strain History and Shear Characteristics of Clays", Journal of GTE, ASCE, V(106), No. GT10, 1980
- 2) Matsui, T., N. Abe, and M. A. Bahr, (1991), "Degradation of Saturated Clays after Cyclic loading", Proc-2nd Int. Conf. on Recent Advances in Soil Dynamics, St. Louis, V(1), 1.18, 41-46

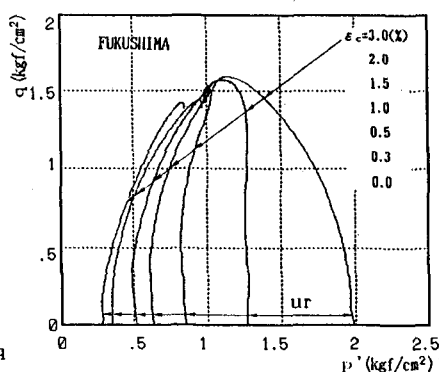


Fig.-2 非排水静的せん断時の有効応力経路

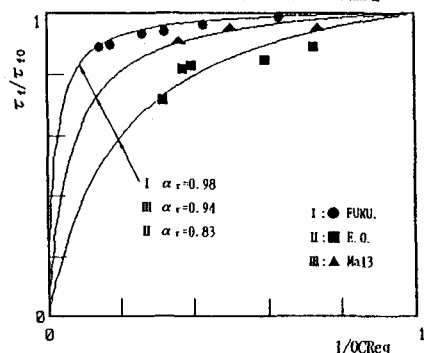


Fig.-3 セン断強度と等価過圧密比の関係

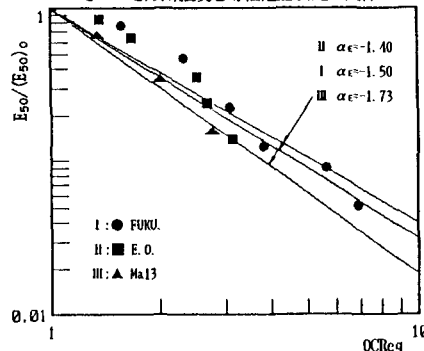


Fig.-4 変形係数と等価過圧密比の関係

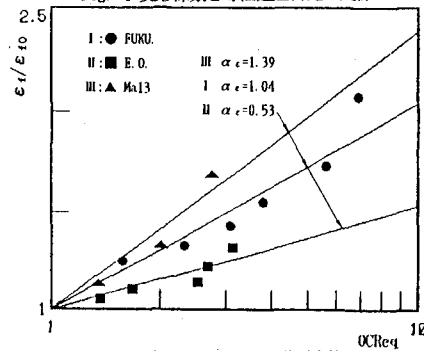


Fig.-5 破壊ひずみと等価過圧密比の関係