

繰返し載荷を受けた飽和粘土のせん断特性について

大阪大学工学部 正 員 松井 保
 大阪大学工学部 正 員 阿部信晴
 大阪大学大学院 学生員 ○徳田進一
 J R 東海 宮西誉人

1. はじめに

飽和粘土が、非排水繰返し載荷を受けると過剰間隙水圧が発生し、またそのせん断特性に劣化が起こる。さらに繰返し載荷後、発生した間隙水圧を消散させずに静的せん断試験を行なうと、繰返し載荷を受ける前と比べて強度、変形特性に劣化が生じているのがわかる。著者らは、これまでその発生した間隙水圧に注目して繰返し載荷後の劣化の定量的な評価を行なってきたが¹⁾、ごく限られた繰返し載荷回数でしか評価を行なっていない。そこで今回、さらに繰返し載荷回数に注目して一連の定ひずみ振幅繰返し載荷試験を行ない、繰返し載荷を受けた飽和粘土の静的せん断特性の劣化挙動について検討したので、その結果を報告する。

2. 試験概要

用いた試料は市販のクラウンクレイ (PI:58.7%) であり、これを高含水比で繰返し、大型圧密土槽で約 1.2 kgf/cm^2 の圧力で圧密した後、 $\phi 50 \text{ mm} \times 125 \text{ mm}$ の円柱型に成型したものを供試体とした。試験装置は、電気油圧サーボ式振動三軸試験機で既報^{2) 3)} のものと同じである。試験方法は、供試体を有効圧密圧 2.0 kgf/cm^2 (back pressure = 1.0 kgf/cm^2) で24時間等方圧密した後、非排水状態で繰返し載荷を行なった。繰返し載荷時の軸ひずみ振幅、繰返し回数はTable-1に示す通りであり、ひずみ波形、周波数はすべて正弦波、 0.5 Hz である。すべての供試体に対し、繰返し載荷後等方圧力状態にし、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時間放置したのち、静的せん断試験 (ひずみ速度 $0.5\%/ \text{min}$) を行なった。さらにこれらとは別に、等方圧密後静的せん断試験を行ない、これを基準にして劣化の度合を調べた。

3. 試験結果

Fig. -1に繰返し載荷後、約1時間放置したのち測定した過剰間隙水圧と繰返し軸ひずみとの関係を示す。定ひずみ繰返し載荷において、その繰返し回数が増えるにつれて間隙水圧は、一定値に近づく傾向がうかがえる。またこの図より、定ひずみ振幅繰返し載荷試験において、1波目に発生する間隙水圧が比較的大きいことがわかる。さらに、ほぼ等しい軸ひずみ振幅をパラメータにとり、繰返し回数と発生間隙水圧との関係をFig. -2に示す。軸ひずみ振幅が大きくなるとともに、少ない繰返し載荷回数で間隙水圧が一定値に近づくのがわかる。

Fig. -3に示す通り、正規圧密粘土に非排水繰返し載荷を行な

Table-1 繰返し載荷条件

$\epsilon_d(\%)$	N	$\epsilon_d(\%)$	N	$\epsilon_d(\%)$	N
0.105	1	0.699	10	0.694	30
0.500	1	1.079	10	1.063	30
1.073	1	0.099	30	0.107	100
0.125	10	0.226	30	0.495	100
0.318	10	0.317	30	0.688	100
0.493	10	0.496	30	1.067	100

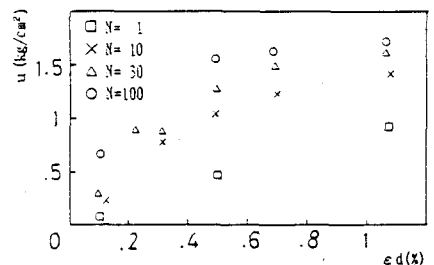


Fig. -1 軸ひずみ振幅と発生間隙水圧の関係

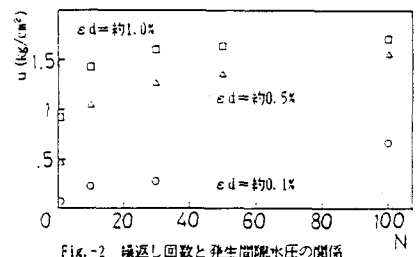


Fig. -2 繰返し回数と発生間隙水圧の関係

うと状態点がA→Bに移動する。B点の静的せん断試験におけるせん断強度 τ_r 、破壊ひずみ ϵ_r 、変形係数 E_{50} をA点における値(τ_{ra} , ϵ_{ra} , $(E_{50})_a$)で正規化し、劣化の度合を表わす。それらを、せん断強度低減率(τ_r/τ_{ra})、破壊ひずみ増加率(ϵ_r/ϵ_{ra})、変形係数低減率($E_{50}/(E_{50})_a$)と呼ぶことにする。

Fig. -4, -5, -6にそれぞれせん断強度低減率、破壊ひずみ増加率、変形係数低減率と等価過圧密比 $OCR_{eq}(=\sigma'_a/\sigma'_m)$ の関係を示す。これらの関係には、繰返し回数による違いは認められないようである。なお、図中の実線はそれぞれ以下の式を用いて近似曲線を求めたものである。

$$\tau_r/\tau_{ra} = 1 / \{ \alpha_\tau + (1 - \alpha_\tau) \cdot OCR_{eq} \} \quad (1)$$

$$\epsilon_r/\epsilon_{ra} = 1 + \alpha_\epsilon \cdot \log OCR_{eq} \quad (2)$$

$$E_{50}/(E_{50})_a = OCR_{eq}^{\alpha_E} \quad (3)$$

ここに、 α_τ , α_ϵ , α_E 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、繰返し回数にかかわらず等価過圧密比によって一義的に表わすことができることがわかる。さらに、繰返し効果は、強度特性より変形特性に大きな影響を及ぼすと考えることができる。先の発生間隙水圧と併せて考えると、定ひずみ繰返し載荷初期の変形特性に劣化の影響が大きいことになり、繰返し載荷回数が増えるにつれてその影響が小さくなることは明らかである。

Fig. -7は、繰返し載荷後の静的せん断試験により発生する間隙水圧に着目し、破壊時の間隙水圧係数 A_r と等価過圧密比の関係を示したものである。なお、 A_r はA点における間隙水圧係数 A_{ra} で正規化されている。図より分かるように、 A_r/A_{ra} は繰返し載荷回数、軸ひずみ振幅などの載荷条件によらず等価過圧密比の関数である。すなわち、発生した間隙水圧が同じであれば、同じダイレイタンシー特性を示すことになる。

4. まとめ

正規圧密粘土が繰返し載荷を受けると、その繰返し載荷初期に劣化の影響が大きい。とくに、変形特性にその影響が大きい。また、繰返し載荷条件がすべて間隙水圧に反映されるので、発生間隙水圧が既知であれば、繰返し載荷後のせん断特性が予測できることになる。

<参考文献> 1) 松井, 阿部, 徳田, 浦崎: 繰返し載荷を受けた飽和粘土の劣化特性について, 土木学会第42回年次学術講演会, pp142-143 昭62 2) Matsui T. et al.: Cyclic Stress-Strain History and Shear Characteristics of Clay, Journal of GE Division, ASCE, Vol. 106, No. GT10, 1980 3) Matsui T. and Abe N.: Behavior of Clay on Cyclic Stress-Strain History, Proc. 10th ICSMFE, Stockholm, Vol. 3, pp261-264, 1981

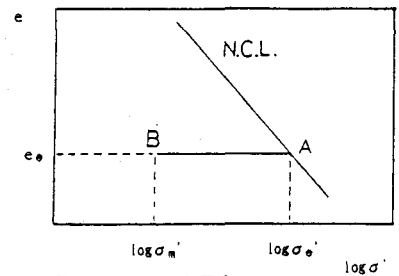


Fig. -3 e-log σ' 関係

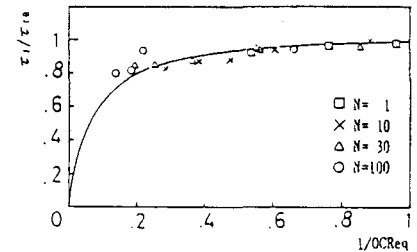


Fig. -4 せん断強度低減率と等価過圧密比の関係

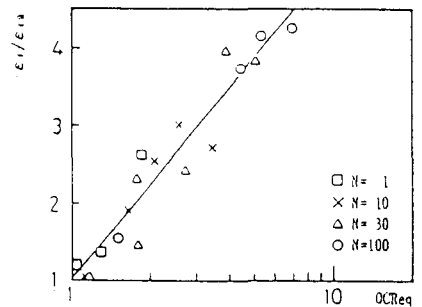


Fig. -5 破壊ひずみ増加率と等価過圧密比の関係

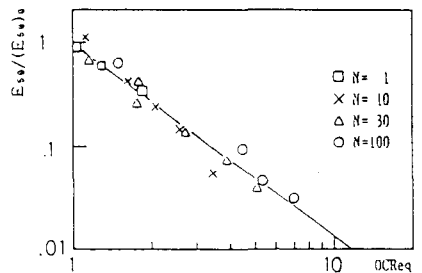


Fig. -6 変形係数低減率と等価過圧密比の関係

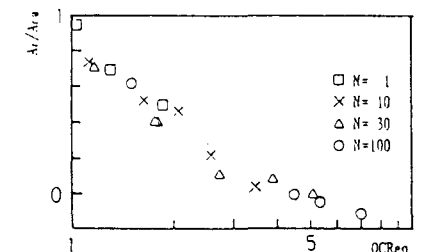


Fig. -7 間隙水圧係数と等価過圧密比の関係