

茨城大学大学院 学生会員 ○室山 拓生

茨城大学工学部 正 会 員 安原 一哉

茨城大学工学部 正 会 員 村上 哲

1. はじめに

地震動などによる荷重を受けた後の沈下・変形の問題は、繰返し荷重による粘性土の強度・変形係数の低下に起因するところが多いと考えられる。したがって繰返し履歴後の強度や変形係数の低下を評価・予測することは非常に重要であると考え、繰返し載荷後に静的単純せん断試験を行い、繰返し応力振幅、生じた間隙水圧による要素の変形係数の低下と合わせて強度の低下についても調べた。

2. 試料の物性および試験概要

荒川粘土に対してまず、載荷回数を 20 波として、等体積繰返し単純せん断試験を行ない、その後間隙水圧が供試体内で一様になるまで 30 分程たってから 0.2%/min の載荷速度で等体積静的単純せん断試験を行なった。荒川粘土の物性値を表-1 に示す。

表-1 荒川粘土の物性値

土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	液性限界 $W_L (\%)$	塑性指数 I_p
2.665	45.1	17.3

3. 試験結果

図-1 は繰返し履歴を受けた粘性土の有効応力経路である。この図より繰返し載荷によって過剰間隙水圧が発生したために有効応力が低下して擬似的な過圧密の状態にいたので静的せん断開始時の有効応力 σ'_v が小さなところから始まっている。最終的には静的破壊線上の一点に近づこうとする様子が見受けられる。

図-2 は繰返し履歴を受けた粘性土のせん断応力-ひずみ関係であるが、おおよそ繰返し応力比が大きく、大きな過剰間隙水圧が発生するほど強度は低下し、応力-ひずみ曲線の初期の立ち上がりの勾配も小さくなっていることがわかる。

4. 繰返し履歴後の強度、変形係数の低下の予測

安原らは、三軸試験機を用いた繰返し履歴後の粘性土の非排水強度比の予測式¹⁾を提案している。これを今回の単純せん断試験結果より得られたせん断強度比に適用すると次式のようになる。

$$\frac{\tau_{fcy}}{\tau_{fnc}} \left(= \frac{S_{u,cy}}{S_{u,nc}} \right) = \left(\frac{1}{1 - \Delta u / \sigma_{vc}} \right)^{\frac{\Lambda_0}{1 - C_s / C_c} - 1} \quad \cdots (1)$$

ここで Λ_0 は次式(6.3)で定義される定数であるが

$$\Lambda_0 = \frac{\log[(s_u/p)_{OC} / (s_u/p)_{NC}]}{\log OCR} \quad \cdots (2)$$

ここでは次のような経験式を用いて強度低下パラメータを求めた。

$$\Lambda_0 = 0.757 - 3.49 \times 10^{-3} I_p - 4.0 \times 10^{-6} I_p^2 \quad \cdots (3)$$

変形係数比の予測式も、安原ら²⁾により提案されている式を単

キーワード：粘性土、繰返し履歴、変形係数、単純せん断

連絡先：〒316 茨城県日立市中成沢町 4-21-1 TEL 0294(35)8146

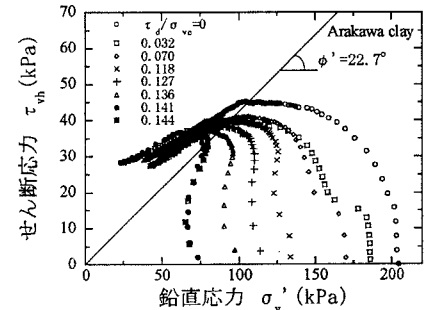


図-1 静的載荷時の有効応力経路

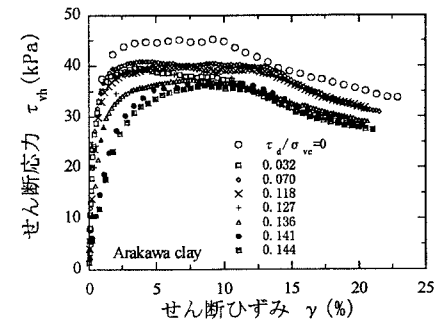


図-2 静的載荷時の応力-ひずみ関係

純せん断試験結果に用いると

$$\frac{G_{icy}}{G_{mc}} = \frac{G_{50cy}}{G_{50nc}} \left(= \frac{E_{cy}}{E_i} \right) = \frac{1 - C \left(\frac{1}{1 - C_s/C_e} \right) \ln \left(\frac{1}{1 - \Delta u/\sigma_{vc}} \right)}{\frac{1}{1 - \Delta u/\sigma_{vc}}} \quad \dots(4)$$

また、Cは

$$C = \frac{[(G/p')_{oc}/(G/p')_{nc}]}{\ln OCR} - 1 \quad \dots(5)$$

のように定義される定数である。

用いた定数は、 $C=0.26$ 、 $I_p=17.3$ 、 $C_s=0.046$ 、 $C_e=0.272$ である。

これらの予測式を用いて、荒川粘土の単純せん断試験について計算を行なったところ、強度比に関しては予測式が実測値を上回っているが、強度、剛性劣化の傾向はよく予測できていると思われる。

図-3 は繰返し後せん断強度 τ_{fcy}/τ_{fnc} と発生した過剰間隙水圧比 u/σ_{vc} の関係を示したものであり、図-4 と図-5 は等価割線せん断剛性率比 G_{50cy}/G_{50nc} 及び、ひずみ 0.1%での割線せん断剛性率比 G_{icy}/G_{inc} と過剰間隙水圧比 u/σ_{vc} の関係を示したものである。せん断強度比の劣化と同様に繰返し载荷によって発生した過剰間隙水圧が大きいほど割線せん断剛性率は劣化しているが、その割合はせん断強度の劣化に比べるとかなり大きい。

以上のことから、粘性土に対する繰返し载荷は、繰返し履歴後の強度より、変形特性の低下に大きな影響を与えるといえる。また、これまで提案されてきた式 (1)、(4)は繰返し単純せん断試験結果よく説明できることがわかった。

5. 結言

本報告では、地盤の地震時の挙動をもっとも良く再現する単純せん断試験機を用いて、初期せん断応力を受けた粘性土の動的特性を調べた。さらに、繰返し载荷後の静的単純せん断試験により、繰返し载荷による強度、剛性の劣化について調べた。その結果、次のような結論が得られた。

- 1) 粘性土に対する繰返し载荷は、繰返し履歴後の非排水強度より、変形係数の低下に大きな影響を与える。
- 2) 単純せん断試験を用いた繰返し载荷による強度、変形係数の低下は式(1)、(4)によって、過剰間隙水圧を媒介としておおよそ予測することができる。

参考・引用文献

- 1) Yasuhara, K. and Hyde, A.F.L : Method for estimating postcyclic undrained secant modulus of clay, J. of Geotech. and Geoenvironmental Eng., Proc. ASCE, 123(3), pp.204-211, 1997
- 2) Yasuhara, K.: Postcyclic undrained Strength for Cohesive Soil, Proc. ASCE, J. Geotechnical Eng., vol.120, No. 11, pp1961-1979, 1994

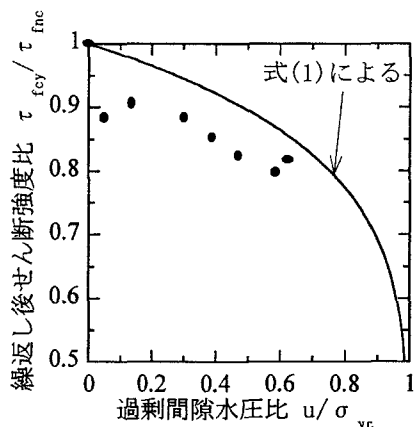


図-3 τ_{fcy}/τ_{fnc} と u/σ_{vc} の関係

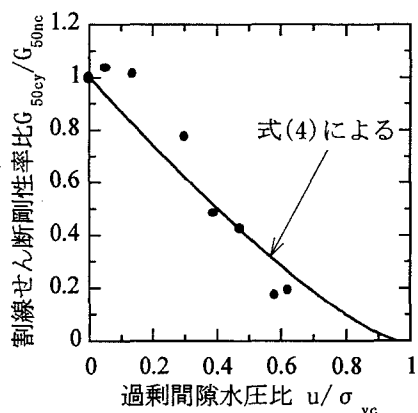


図-4 G_{50cy}/G_{50nc} と u/σ_{vc} の関係

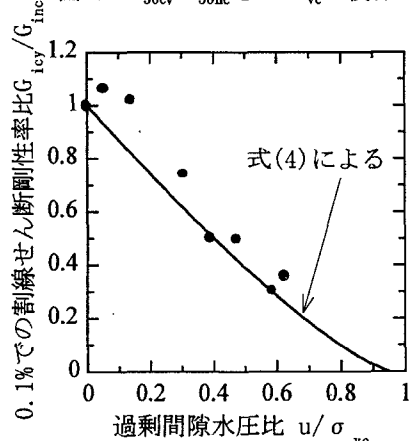


図-5 G_{icy}/G_{inc} と u/σ_{vc} の関係