

飽和粘土の Gyratory Shear Test

山口大学工学部 正会員 松田 博
山口大学大学院 学生会員 ○山本 智一
山口大学大学院 学生会員 櫻谷 慶治

1. はじめに

地震等によって生じる攪乱が飽和粘土の強度、変形特性に及ぼす影響について調べた研究は数多いが、こうした研究においては、その多くが繰返しせん断の方向を一方方向として実験を行なっている。しかし、地震時における実地盤の挙動を考えると、一方方向繰返しせん断にもとづいた場合、攪乱の影響を過小評価することになる。そこで本研究においては、Gyratory Shear を供試体に与えることにより繰返しせん断の方向が飽和粘土の有効応力の減少に及ぼす影響を調べ、一方方向せん断を与えた場合の結果と比較した。

2. 試験方法

Fig.1 は多軸単純せん断試験機の概要を示したものである。この試験機は、直角二方向からのひずみ振幅の入力が可能であり、それぞれ X 方向、Y 方向と定義する。用いた試料はカオリン粘土($\rho_s = 2.536\text{g/cm}^3$, $w_L = 55.76\%$, $w_P = 27.41\%$,

$I_p = 28.35$)である。

含水比を 80% にしたカオリン粘土を 49kPa で間隙水圧が消散するまで約 90 分間圧密しその後、定体積条件のもとでサイン波形のせん断ひずみを一方方向、直角 2 方向から与え繰返しせん断を行った。繰返しせん断後、鉛直変位の拘束を解き $\sigma_v = 49\text{kPa}$ の圧密圧力で 60 分間再圧密を行った。繰返しせん断回数 n は 200 回、周期は 2.0 秒とした。Gyratory Shear Test の記録波形を Fig.2、Fig.3 に示す。Gyratory Shear は、X-Y 方向から与えるサイン波の位相を $\theta = 90^\circ$ とすることによって生じる。また、ひずみ振幅 γ は 0.10~1.0% の間で変化させた。Fig.4 は Gyratory Shear Test における供試体の挙動を模式化したものである。また繰返しせん断ひずみ振幅の定義として、一方方向せん断時にはその片振幅の大きさ (γ) とし、Gyratory Shear においては、二方向それぞれの片振幅を平均したものを振幅 ($\gamma' = (\gamma_x + \gamma_y)/2$) とした。

3. 試験結果

Fig.5(a)(b) は繰返しせん断中の鉛直応力の減少、Fig.6(a)(b) はせん断

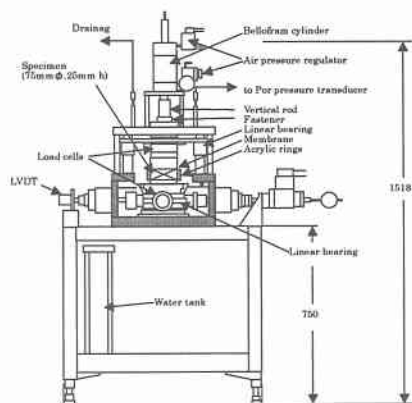


Fig.1 Multi-directional type simple shear test apparatus.

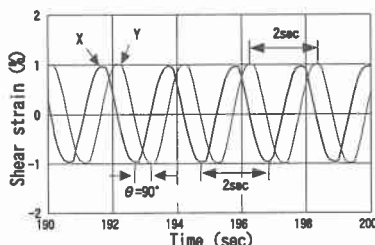


Fig.2 Shear strain-time history.

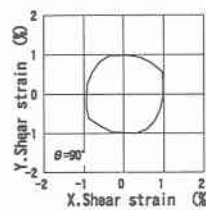


Fig.3 Hysteresis loop during cyclic shear test.

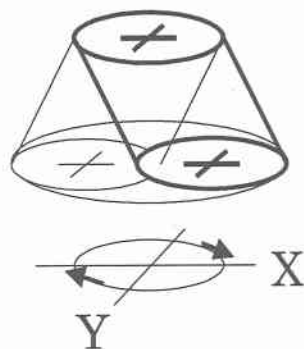


Fig.4 Shear deformation of specimen during Gyratory Shear Test.

せん断応力の減少を示しており、各図中の(a)(b)はそれぞれ一方せん断、Gyratory Shear を行なった結果である。Fig.5、Fig.6 より、繰返しせん断中の鉛直応力の減少及び、せん断応力の減少は Gyratory Shear の方が大きくなることがわかる。

繰返しせん断後の粘土層の沈下、

静的強度減少の要因の一つに繰返しせん断中の過剰間隙水圧の発生に伴う有効応力の減少があるが、一方せん断に対しては、有効応力の減少量を初期有効応力で正規化した($\Delta \sigma_v' / \sigma_{v0}'$)は、せん断ひずみ振幅 γ と繰返し回数 n を用いて次式のように表されることが確認されている。

$$\Delta \sigma_v' / \sigma_{v0}' = n / (A \cdot \gamma^m + (\gamma / (B + C \cdot \gamma)) \cdot n) \quad (1)$$

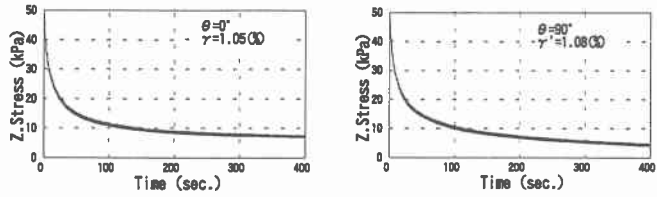
(1)式中の A,B,C,m は実験定数であるが、今回用いたカオリン粘土においては、それぞれ $A=7.11$ 、 $B=-0.059$ 、 $C=0.95$ 、 $m=-0.793$ が得られた。Fig.7 は一方繰返しせん断を行なった場合の($\Delta \sigma_v' / \sigma_{v0}'$)とひずみ振幅の関係を示したものであり、図中の曲線は(1)式によって得た結果である。同図より、実験結果にばらつきがみられるものの、(1)

式は γ と有効応力の減少の関係を表すうえで有効であることがわかる。Fig.8 は Gyratory Shear による有効応力の減少を Fig.7 と同様に整理したものである。同図には(1)式の計算結果に加えて(1)式の計算値を 1.2 倍したものを記した。データのばらつきが大きい一概にはいえないが、同図より Gyratory Shear によって生じる有効応力の減少量は同じ振幅の一方繰返しせん断によって生じるそれよりも 20%程度大きいことがわかる。

4. 結論

多軸単純せん断試験により繰返しせん断中に生じる有効応力減少に及ぼすせん断方向の影響について調べた。その結果、有効応力の減少は一方せん断より Gyratory Shear の方が 20%程度大きくなることがわかった。

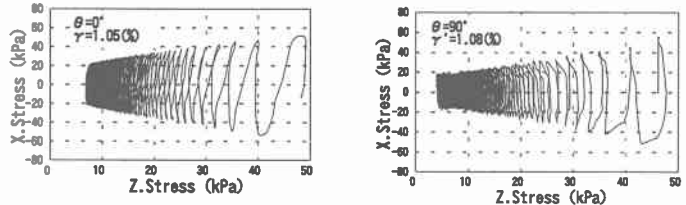
参考文献 安原 一哉、松田 博：「粘性土の動的性質」土と基礎 46-12 pp.59-64 1998. 2) H. Matsuda, K.Sakuradani and N.Emoto, Effects of earthquake-induced settlement of clay layer on the ground subsidence, 12WCEE, 1097, pp.1-8, 2000.



(a) Uni-directional Shear

(b) Gyratory Shear

Fig.5 Relationships between Z.stress and Time.



(a) Uni-directional Shear

(b) Gyratory Shear

Fig.6 Relationships between X.stress and Z.stress.

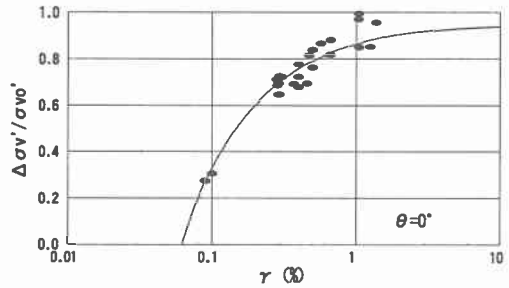


Fig.7 Relationships between $(\sigma_v' / \sigma_{v0}')$ and $\gamma_{dyn.}$

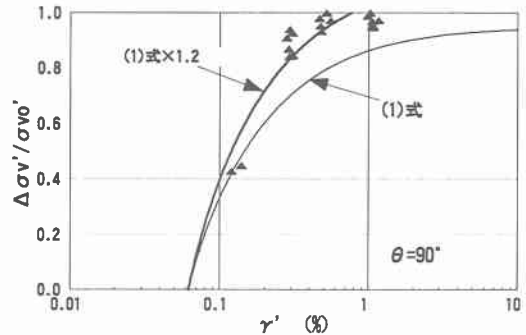


Fig.8 Relationships between $(\sigma_v' / \sigma_{v0}')$ and γ' .