

Ⅲ-A93

繰返し荷重を受ける過圧密粘性土の変形特性

茨城大学大学院 学生会員 ○横川青児
 茨城大学工学部 フェロー 安原一哉
 茨城大学工学部 正会員 村上 哲

1.はじめに

地盤に地震時の繰返し荷重が作用する場合を考えると、過剰間隙水圧が蓄積して地盤の有効応力を低下させる。砂質土のような塑性のない土では、液状化を起こし地盤全体が破壊して被害の規模も極めて大きくなる。一方、粘性土地盤の場合、繰返し载荷によって生じた過剰間隙水圧は、その透水性の悪さから速やかに消散することではなく、地盤内に蓄積すると考えられる。このように、繰返し荷重により生じる過剰間隙水圧やひずみ履歴などに起因する粘性土の剛性の低下が起こり、それにともない地盤の変形や沈下が生じると考えられる。そこで、本研究では過圧密粘性土を対象に、繰返し荷重を受けた場合の変形係数低下の予測を試みたので報告する。

2.実験概要

今回試験で用いた三軸試験装置は、応力制御の繰返し三軸試験とひずみ制御の単調载荷せん断試験を独立に行うことのできるものである。今回試験に用いた試料は、クーパーマールシルト ($\rho_s=2.787\text{g/cm}^3$, $W_L=38.6\%$, $I_p=19.7$, $C_c=0.230$, $C_s=0.042$) であり、実験には圧密応力 68.6kPa で予圧密してから直径 5cm 、高さ 10cm の円柱供試体を切り出して試験に用いている。

試験手順としてまず始めに圧密方法は、先行圧密応力 392kPa で 24 時間等方圧密して、それから所定の過圧密比になるように除荷して十分に膨張させた。過圧密比 (OCR) は、 $1, 2, 4, 10$ を対象としている。

また、繰返し载荷は非排水状態で繰返し周波数 0.1Hz 、正弦波軸応力を側圧一定のもとで所定の回数だけ繰返し载荷した。繰返し载荷終了後非排水状態のまま 1 時間放置後、軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a = 0.1\%/ \text{min}$ で非排水単調载荷圧縮試験を行った。

3.過剰間隙水圧比による変形係数低下予測

これまで著者らが提案してきた方法は、等方圧密された正規圧密飽和粘性土に対する繰返し载荷後の力学的性質の変化を予測しようとするものであり、繰返し载荷によって生じた過剰間隙水圧を媒介にした予測式を提案してきた¹⁾²⁾。今回、図-1に示すような応力状態図を対象にして、これまで提案してきた予測式を過圧密土に対応できるように拡張した式(1)を導いた。

$$\frac{E_{i,cy}}{E_{i,OC}} = \left\{ \frac{1 + C \ln(OCR) + \frac{C}{1-\lambda} \ln \left[\frac{1}{1-\Delta u/p'_{OC}} \right] }{1 + C \ln(OCR)} \right\} \cdot \left\{ \frac{1}{1 - \Delta u/p'_{OC}} \right\}^{-1} \quad (1)$$

ここで、 $\lambda = C_s/C_c$ 、 C_c 、 C_s ：圧縮指数、膨潤指数、 C ：土の種類によって決まる実験定数である ($C=0.26$)。

キーワード：粘性土、過圧密、変形係数、微小変形

〒316-0810 茨城県日立市中成沢町 4-12-1

TEL 0294(38)5174

FAX 0294(35)8146

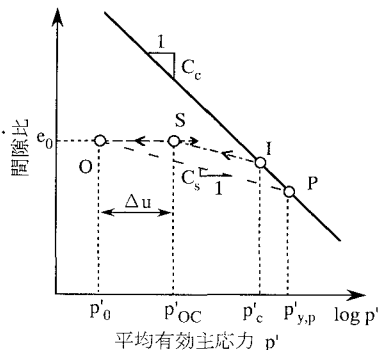


図-1 応力状態図

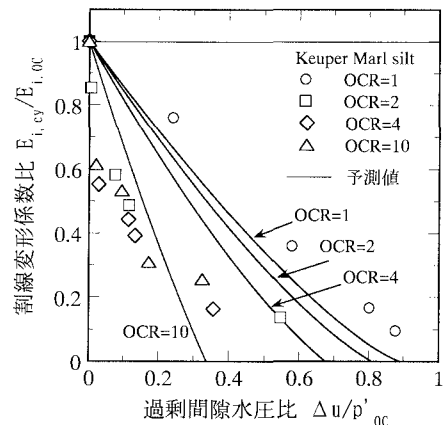


図-2 割線変形係数比と過剰間隙水圧比の関係

図-2 は、実験により得られた割線変形係数比と繰返し载荷で発生した過剰間隙水圧比の関係を示したものである。本研究では、割線変形係数として軸ひずみ 0.1%での割線の傾き E_s を採用している。図中には、式(1)により求めた予測値もあわせて実線で示している。この関係から、過圧密土の場合は正規圧密土に比べると、同様の過剰間隙水圧比では過圧密土の方が顕著に変形係数比が低下していることが分かった。また、予測値は実験値をうまく表せていないことから、過圧密土の場合は過剰間隙水圧比を媒介とした変形係数比の予測は困難であり、別のパラメータが必要である。

4.せん断ひずみによる剛性低下予測

図-3 は、最後の繰返し载荷の応力-ひずみ関係より得られる等価せん断剛性率 G_{eq} を微小変形試験より得られた最大せん断剛性率 G_{max} で正規化したものと割線せん断剛性率比の関係である。ただし、ここでは土を等方弾性体と仮定し体積変化がない ($\nu=0.5$) ので、 $G=E/3$ の関係を用いている。また、微小変形試験は先程述べた繰返し载荷条件と同様な条件で実験しており、10 波目の等価せん断剛性率とせん断ひずみの関係を用いている。この関係は、両対数軸上で過圧密比の大きさによらず一本の直線で表すことができる。

さらに、正規化した等価せん断剛性率は、微小変形試験結果より図-4 に示すように圧密応力や過圧密比に関係なくせん断ひずみに依存した双曲線関数で表すことができる。よって、過圧密土並びに正規圧密土の繰返し载荷後の割線せん断剛性率比の予測は、せん断ひずみを媒介とした式(2)によって表される実験式が得られる。

$$\frac{G_{i,cy}}{G_{i,OC}} = A_1 \cdot \left(\frac{1}{1 + |\gamma_{SA}/\gamma_r|} \right)^{B_1} \quad (2)$$

ここで、クーパーマールシルトの場合、 $A_1=1.14$ 、 $B_1=0.467$ である。なお、式(2)のでは、ひずみレベルが小さな場合に土の剛性が上がってしまうという矛盾が生じるため、図-3 に示すように適用の限界 ($\gamma_{SA} \geq 2.72 \times 10^{-4}$) を設けることにした。

5.まとめ

- ①過圧密土の場合の割線変形係数は、繰返し荷重を受けた正規圧密粘土に比べ顕著に低下するが、過剰間隙水圧比を媒介とした予測は困難である。
- ②過圧密比の大きさによらず繰返し履歴中の最大のせん断ひずみを用いて、土のせん断剛性率とせん断ひずみの関係を利用した実験式により過圧密土の割線せん断剛性率比の低下の予測が可能となった。

参考・引用文献

- 1) 安原：繰返し荷重による粘土の剛性劣化とその予測，第 29 回土質工学研究発表会講演概要集，その 2，pp.881～884，1994。
- 2) 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), 204-211, 1997.

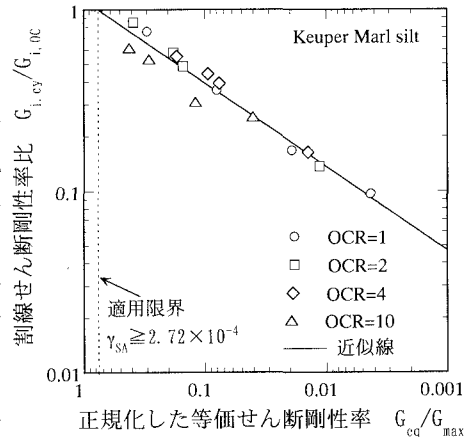


図-3 割線せん断剛性率比と G_{eq}/G_{max} 関係

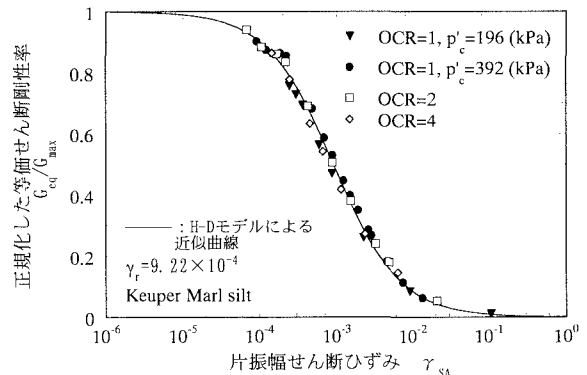


図-4 正規化した等価せん断剛性率と片振幅せん断ひずみ