

粘土の非排水繰返しせん断挙動におけるせん断速度の影響 について

信州大学工学部 正会員 ○ 小西純一
名 工 建 設 吉川輝智加

〔1〕はじめに 粘性土が繰返し載荷を受けるときの力学的挙動を明らかにするため、油圧サーボ式の振動三軸圧縮試験機により、市販のカオリン粘土に対して、非排水試験を行っている。ところで、粘性土の強度はひずみ速度に依存することが知られており、また、間隙水圧の測定値もひずみ速度に依存する。その結果、繰返し載荷による間隙水圧の累積のしかた、破壊に至るまでの有効応力経路、せん断ひずみの生じ方もひずみ速度に依存する。そこで、これらの関係を明らかにしておき、単調載荷試験あるいは標準繰返しせん断試験（たとえば振動数が 0.1Hz の試験）の結果から、所定の振動数の場合の結果を予測できると好都合である。本報告では、予備的な試験結果について考察する。

〔2〕非排水三軸圧縮試験 試料は市販のカオリンで、土粒子の比重 $G_s = 2.72$ 、液性限界 $w_L = 67.4\%$ 、塑性限界 $w_P = 38.4\%$ 、内部摩擦角 $\phi' = 15^\circ$ のものを、含水比 140% で繰返し、垂直圧力 1 または 2 kgf/cm² のもとで一次元予圧密したものである。試験機は油圧サーボ式の振動三軸試験機で、供試体は高さ 10 cm、直径 5 cm、ポーラスストーンを介して上下載荷板に接している。間隙水圧は供試体上下端における水圧をセル外の変換器で測定している。単調載荷試験はひずみ制御方式で行い、繰返しせん断試験は応力制御方式で行った。

〔3〕単調載荷試験の有効応力経路におけるひずみ速度の影響 数種類のひずみ速度で行った非排水三軸圧縮試験から得られた有効応力経路を図 1 に示す。なお、この図は圧密圧力で正規化した応力に表示してある。これを見ると、ひずみ速度 0.02%/min と 0.1%/min の有効応力経路はほぼ同じで、ひずみ速度 0.1%/min 以下ではひずみ速度の影響はほとんど無いと考えられる。これに対して、ひずみ速度 1.0%/min と 1.9%/min の有効応力経路は間隙水圧の発生が少なく、0.1%/min のものより右側に立ち上がっており、また、ピークはより高くなっている。本実験では間隙水圧を供試体底面で測定しているが、供試体底面における間隙水圧は、供試体中央における間隙水圧に比べて遅れて発生し、その差はひずみ速度が大きいほど大きくなることが報告されている（木村ほか(1983)）。したがって本実験の場合にも、間隙水圧の測定位置による誤差を含んでいるものと思われる検討を要する。

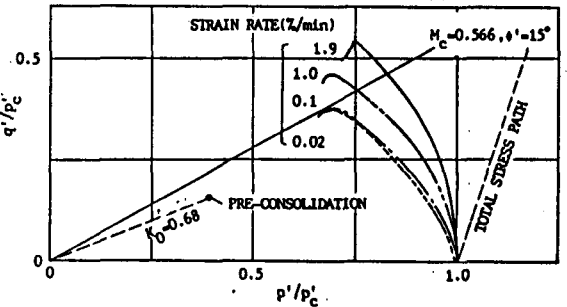


図1 単調載荷試験の有効応力経路
(ひずみ速度 0.02 ~ 1.9%/min)

〔4〕非排水繰返しせん断試験 振動数 0.01 Hz 応力振幅は $\pm q_d = 0.5 q_f$ (q_f は破壊時軸差応力) の場合の有効応力経路を図 2 に示す。間隙水圧が累積され、有効応力経路は左の方へ移動して行く様子が見える。繰返しせん断により、土は過圧密状態となり、正規圧密状態の破壊線を越える。1 サイクル目の圧縮側の経路は、図 1 の 1%/min

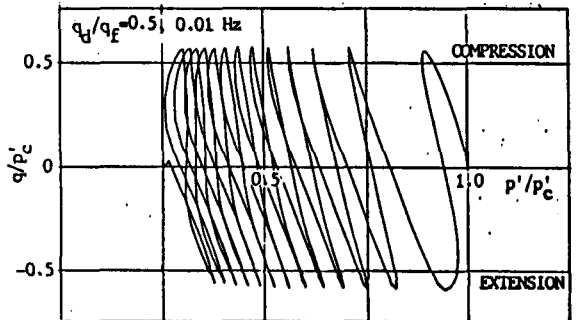


図2 繰返しせん断時の有効応力経路の例
振動数 0.01 Hz, $q_d/q_f = 0/5$

あるいは 1.9%/min の経路によく似ていて、0.01%/min の経路にはないことに注意しよう。軸差応力-軸ひずみ関係と、間隙水圧-軸ひずみ関係を図3に示す。各サイクルにおける軸ひずみの両振幅、および、間隙水圧を繰返し数に対して両対数紙上にプロットしたのが図4である。軸ひずみ振幅は繰返し数の増加とともに加速度的に増加して破壊に向かっていく。一方、間隙水圧と繰返し数とは両対数紙上でほぼ直線関係にあることがわかる。すなわち、

$$\log_{10}(u/\sigma_c) = \log_{10}A + B \log_{10}N \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 σ_c : セル圧、A、B : 係数。

係数Aは例えば、 $N=1$ のときの u/σ_c の値であり、応力振幅によって変わる。係数Bは応力振幅によらない。振動数が同じならば一定となるように思われる。

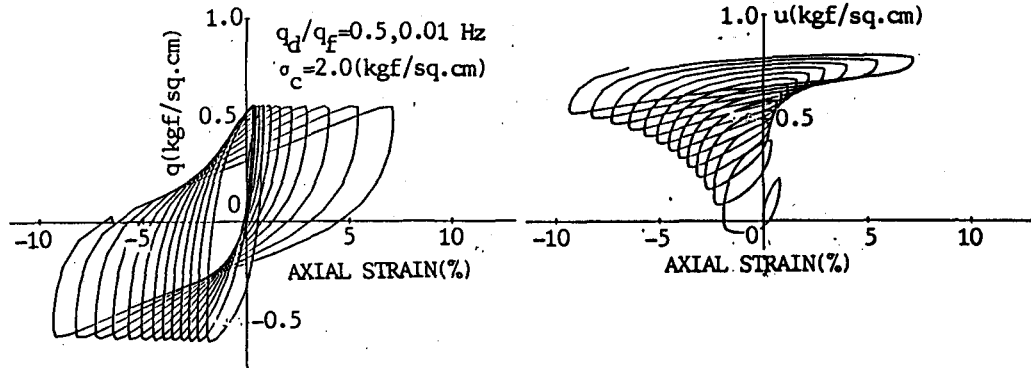


図3 軸差応力-軸ひずみ関係(左)と間隙水圧-軸ひずみ関係(右)、0.01ヘルツ。

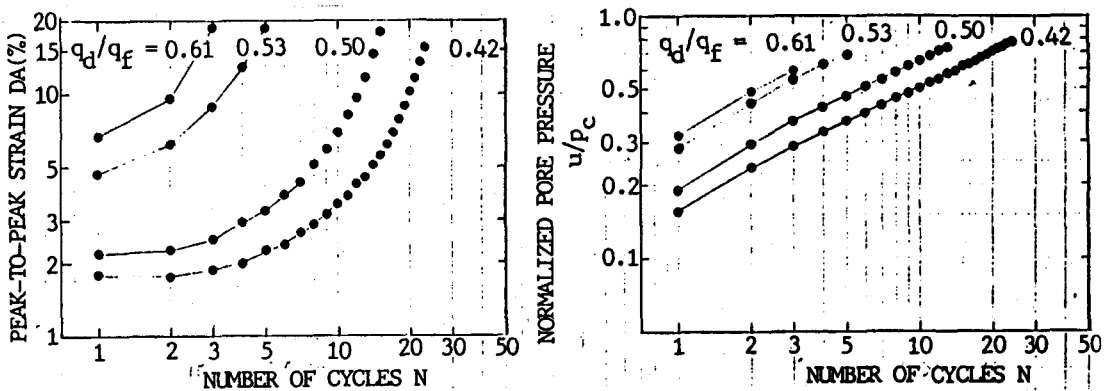


図4 繰返し数と軸ひずみ振幅(左)、間隙水圧の関係、振動数0.01ヘルツ

振動数すなわち応力の変化速度が大きくなると、係数A、Bともに小さくなっていくものと予想される。Hydeら(1985)は、間隙水圧の増分が両対数紙上で繰返し数と逆比例の関係にあることを示している。間隙水圧、あるいはその増分の値と、振動数との関係が明らかになれば、間隙水圧がフルに発生しない場合の応力経路が推定でき、構成式(たとえば岡ら(1987))によって応力経路に沿ったひずみが計算できることになる。

謝辞 実験装置に関していつも適切な助言をいただいている、本学の阿部廣史氏と、実験に協力してくれた本学学生大島則雄君に感謝いたします。

参考文献 Kimura & Saitoh(1983), Soils and Foundations 23, No.1, 80-90 / Hyde & Ward(1985), Geotechnique 35, No.2, 113-125. / 岡、他(1987), 第23回土質工学研究発表会論文集、399-402。