

中空ねじりせん断試験機による粘土層の繰返しせん断に伴う沈下特性

山口大学工学部 正会員 ○松田 博
清水建設 (株) 柚木 紀生
宇部工業高等専門学校 正会員 大原 資生

1. まえがき 地盤に加わる動的外力としては、地震や交通荷重、波浪等に起因したものがあり、しばしばその影響が問題にされている。このような、繰返し荷重による土構造物の安定性を考えるうえで、繰返し载荷中および繰返し载荷後の地盤の挙動を明確にする必要がある。すでに、動的単純せん断試験機を用いて、粘土層に繰返しせん断が作用した場合の間隙水圧の累積過程および、その消散に伴う沈下について調べているが、ここでは特に中空ねじりせん断試験機を用いて、粘土に非排水繰返しせん断が作用した後排水が生じる場合の累積間隙水圧の消散過程について検討した。

2. 供試体および実験方法 実験で用いた試料は岡産の粉末粘土 ($G_s=2.701$, $w_L=58\%$, $PI=36.5$) である。その粒径加積曲線を図-1に示す。まずこの試料を液性限界の約2倍の含水比で十分練り返した後、真空脱気し、これを大型圧密試験機 (供試体直径=30cm) で一次元圧密した。圧密圧力は49kPaとし、载荷時間は沈下～時間曲線によって、二次圧密領域に入るまでとした。圧密後、シンウォールチューブによって取り出した試料を、供試体作成器によって外形70mm、内径35mm、高さ20mmの中空円盤状に成形したものを、後述の中空ねじりせん断試験機にセットし、等方応力のもとで予圧密を行った。予圧密時の圧密圧力は、49、98、196kPaとし、圧密時間は22時間とした。圧密後の間隙比はそれぞれの圧密圧力に対して、1.160、1.018、0.874であった。

中空ねじりせん断試験機のセル室部分の概要を図-2に示す。従来、半径方向のひずみ分布を均一にするということから、供試体の下面にはある勾配をもたせていたが、今回は粘土に繰返しせん断を与えた後の過剰間隙水圧の消散過程を調べるということで、排水長を内周面と外周面で等しくするために、供試体の上下面は平行にした。この場合、せん断ひずみが半径方向で不均一となるが、ここでは供試体の内周外周半径の1/2の位置でのせん断ひずみを用いて整理した。なお、写真-1に静的せん断試験において、せん断ひずみが10%のときの供試体外周の変形状態を示す。これより、せん断ひずみは鉛直方向にほぼ一様になっていることがわかる。

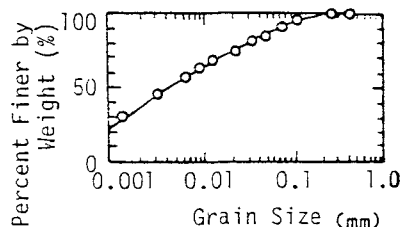


図-1

载荷は電気油圧サーボシステムを用いた。実験は、まず予圧密後、非排水状態としてひずみ振幅一定の繰返しねじりせん断を与えた。せん断波形はサイン波形で、周期は2sである。また、繰返しせん断の回数は200回とし、繰返しせん断中は供試体下面での間隙水圧、せん断ひずみ、鉛直変位、トルクの測定を行った。

繰返しせん断後は間隙水圧が十分安定したことを確認したうえで、供試体の上面より排水し、供試体の下面での間隙水圧、鉛直変位、体積変化の測定を行った。また、間隙水圧が消散した後は、再び非排水状態とし、ひずみ速度を3.75%/minとして静的せん断試験を

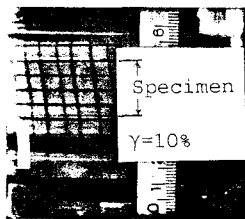


写真-1

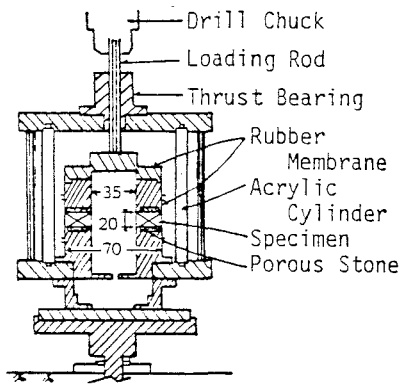


図-2

行った。

3. 繰返しせん断中に累積した過剰間隙水圧の消散過程について 図-3は、圧密圧力を49kPaとして、ひずみ振幅を種々変化させて得た過剰間隙水圧比 u_{dyn}/σ_{vc}' と繰返し回数 n の関係である。すでに、カオリン粘土に対してひずみ制御動的単純せん断試験を行うと、累積過剰間隙水圧と繰返し回数の間には次式のような双曲線関係のあることが示されている¹⁾。

$$u_{dyn}/\sigma_{vc}' = n / (\alpha + \beta \cdot n) \quad (1)$$

ここに、 α 、 β はひずみ振幅に依存した係数である。

そこで、ここでも同様に式(1)を図-3の結果に適用した。図-3において、記号は実測値であり、実線は式(1)によって双曲線近似したものである。両者はよく一致しており、式(1)はねじりせん断での結果に対しても適用できることがわかる。なお、同様な結果は、予圧密圧力を98.196kPaとした場合にも得られている。

図-4は、繰返しせん断中に累積した過剰間隙水圧の消散過程を示したもので、予圧密圧力=49kPaでの結果である。図中の黒印は繰返しせん断履歴を受けない場合の結果であり、白印は異なるひずみ振幅の繰返しせん断を与えた供試体についての結果である。また本実験では圧密中半径方向の変位が拘束されていないので問題はあがるが、間隙水圧消散速度の比較ということで、テルツァギ理論によるFitting曲線を図中に点線で示した。同図の縦軸は間隙水圧についての圧密度を示している。図-4より、繰返しせん断中のひずみ振幅が大きいくほど消散速度はおそいことがわかる。これは、繰返しせん断による攪乱の影響が顕著にあらわれるためと考えられる。また、図-4の点線から C_v を求め、繰返しせん断時のひずみ振幅との関係で整理したものが図-5である。同図より、ひずみ振幅が大きくなると、 C_v はほぼ直線的に小さくなっている。また図中には繰返しせん断履歴のない結果を黒点で示している。ばらつきはあるがいずれの予圧密圧力でも、繰返しせん断時のひずみ振幅を大きくすると繰返しせん断履歴のない場合の結果に近付くことがわかる。

4. まとめ 粘土層に繰返しせん断が作用した場合、非排水繰返しせん断中に累積した過剰間隙水圧の消散過程を、中空ねじりせん断試験機を用いて調べた結果、間隙水圧の消散は繰返しせん断中のひずみ振幅が小さいほど速くなり、ひずみ振幅が大きくなると繰返しせん断履歴のない場合の間隙水圧消散速度に近付くことがわかった。末筆ながら、図面の作成をするにあたり、本学の椋木隆技官の協力を得た。ここに謝意を表します。

参考文献：1) S. O-hara and H. Matsuda (1988) "Study on the Settlement of Saturated Clay Layer Induced by Cyclic Shear", Soils and Foundations, Vol.28, No.3, pp.103-113.

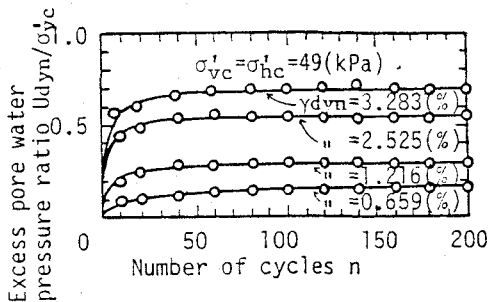


図-3

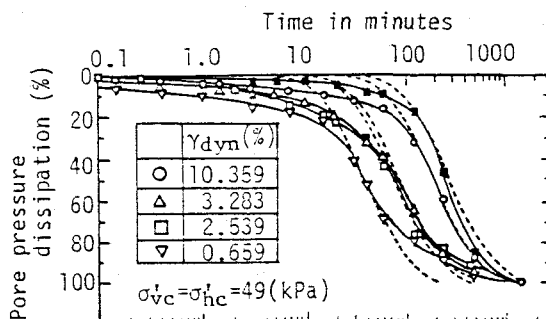


図-4

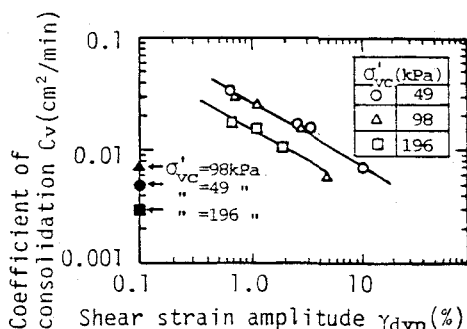


図-5