

III-A 79

SCP打設により攪乱を受けた飽和粘土のせん断強度について

山口大学大学院 学生員 藤原 克久

山口大学工学部 正生員 松田 博

運輸省第四港湾建設局宇部港工事事務所 正会員 高橋 総一

1. まえがき 飽和した粘土層に非排水状態で繰返しせん断を与えると、繰返しせん断ひずみの大きさにもよるが、過剰間隙水圧が発生し、せん断強度は低下する。しかし、過剰間隙水圧の消散とともに、せん断強度は繰返しせん断を与える前の状態まで回復し、最終的には原地盤の強度を上回る。このような繰返しせん断に伴う強度減少と回復、さらに強度の増加に関しては、既に繰返しせん断ひずみ振幅および繰返し回数との関係で明確にされている。ところが、これら一連の実験は、繰返しせん断と静的せん断の方向を同一方向として行っており、SCP打設後のせん断強度を考える場合においては、それらの方向が異なる場合についてのせん断強度についても明確にしておく必要がある。そこで、ここでは新たに繰返しせん断の方向に対して直角方向に静的せん断を行うことのできる多軸単純せん断試験機を開発して、まずカオリン粘土で実験を行い、せん断方向の違いがせん断強度に及ぼす影響について調べた。そして、その結果をもとに、低置換率SCPによる地盤改良工事が行われた徳山下松港で採取された不攪乱試料について、繰返しせん断後の強度を推定した。

2. 多軸単純せん断試験機および実験方法 多軸単純せん断試験機の概要を示したものが図-1である。供試体（直径75mm、高さ22mm）は水平多方向に移動可能な振動台上に設置されているために、供試体下部は水平2方向に繰返し載荷および静的荷重の負荷を行うことができる。一方、供試体上部は水平方向変位が拘束されているが、鉛直方向の変位は拘束することも自由とすることも可能である。したがって、供試体の圧密あるいは非排水状態での繰返しせん断、静的せん断試験を行うことができる。ここでは、水平2方向をそれぞれx方向、y方向（繰返しせん断を負荷する方向を特にx方向と呼ぶ）、鉛直方向をz方向とする。実験では徳山下松港よりサンプリングした不攪乱の海底粘土（ $G_s=2.580$ 、 $w_L=112.0\%$ 、 $w_p=37.3\%$ 、 $I_p=75.6\%$ ）を成形してせん断箱にセットし、まず圧密圧力98kPaで圧密後、鉛直変位を拘束して体積一定の条件のもとで繰返し単純せん断試験を行った。ここでは繰返し回数 $n$ を200回で一定とし、ひずみ振幅 $\gamma_{dyn}$ を0.5~10%の間で変化させた。繰返しせん断後、鉛直方向変位の拘束をとき、再び98kPaで圧密を行った（再圧密）。そして過剰間隙水圧が消散したところで再度鉛直変位を拘束して静的せん断試験を行った。せん断ひずみ速度は1%/minとした。

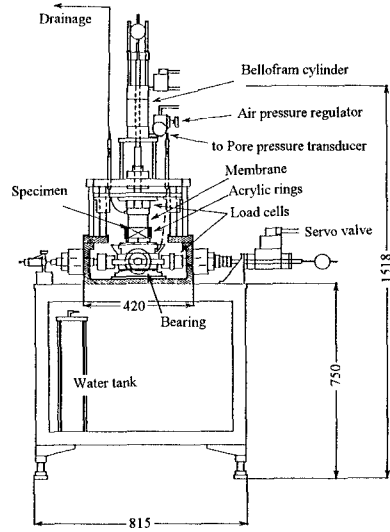


図-1

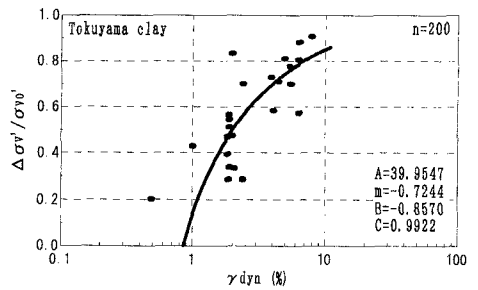


図-2

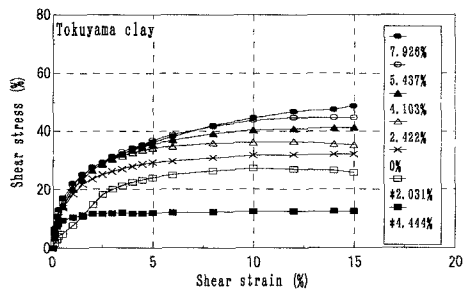


図-3

3. 実験結果および考察 繰返しせん断後の有効応力の変化 ( $\Delta\sigma'_v/\sigma'_{v0}$ ) は繰返し回数  $n$  とひずみ振幅  $\gamma_{dyn}$  の関数として次式で表されることが分かっている。

$$\Delta\sigma'_v/\sigma'_{v0} = n / (A \cdot \gamma_{dyn}^m + (\gamma_{dyn} / (B + C \cdot \gamma_{dyn})) \cdot n) \quad (1)$$

今回徳山粘土について式(1)の定数を求めた結果、 $A = 39.955$ ,  $B = -0.857$ ,  $C = 0.992$ ,  $m = -0.724$  が得られた。そこで、 $\Delta\sigma'_v/\sigma'_{v0}$  と  $\gamma_{dyn}$  の関係を示したものが図-2 であって、図中の曲線は式(1)による結果である。

次に、静的せん断中のせん断応力と有効応力の変化を示したものが図-3、4 である。繰返しせん断後のせん断強度の変化は、繰返しせん断時のひずみ振幅  $\gamma_{dyn}$  により著しく影響を受けていることがわかる。そこで、繰返しせん断後の有効応力変化をもとに応力減少比  $SRR$  (Stress Reduction Ratio) を次式のように定義すると、

$$SRR = 1 / (1 - \Delta\sigma'_v/\sigma'_{v0}) \quad (2)$$

図-5、6 に示したように、強度比  $\tau/\tau_s$  と  $SRR$  の関係が直線で近似できるので、強度比  $\tau/\tau_s$  は  $SRR$  によって次式のように表される。

$$\tau/\tau_s = SRR^\xi \quad (3)$$

ここに、 $\xi$  は実験定数であり、徳山粘土については、再圧密を行った場合、 $\xi = 0.197$ 、再圧密を行わない場合、 $\xi = -0.102$  が得られた。

ここで、徳山粘土における  $y$  方向の静的せん断強度変化を  $x$  方向の静的せん断強度変化から予測するため、カオリンについての実験結果(図-6)から ( $y$  方向の強度変化) / ( $x$  方向の強度変化) を算出したところ、再圧密を行う場合は0.785、行わない場合は0.480 という結果を得た。

さらに、式(1)~(3)より強度比  $\tau/\tau_s$  は、繰返しせん断時のひずみ振幅  $\gamma_{dyn}$  と繰返し回数  $n$  によって表されることから、 $\tau/\tau_s$  と  $\gamma_{dyn}$  の関係として示したものが図-7 である。上述の結果からも、再圧密を行った場合と行わない場合どちらについても、繰返しせん断と静的せん断の方向の違いはせん断強度に影響すると推測される。

4. まとめ 繰返しせん断と静的せん断の方向の違いがせん断強度に及ぼす影響について調べた。その結果、繰返しせん断後再圧密を行う場合においては、繰返しせん断方向と直角方向のせん断強度の増加は、繰返しせん断と同一方向のせん断強度の増加ほど顕著ではないことがわかった。

なお、実験にあたっては山口大学工学部卒業生の井上真理子、佐藤和雄、高田精一の各氏の協力を得た。末筆ながら感謝します。

参考文献 松田博他、「粘性土の繰返しせん断後の再圧密・強度特性」、粘性土の動的性質に関するシンポジウム発表論文集、pp.163-168, 1995.

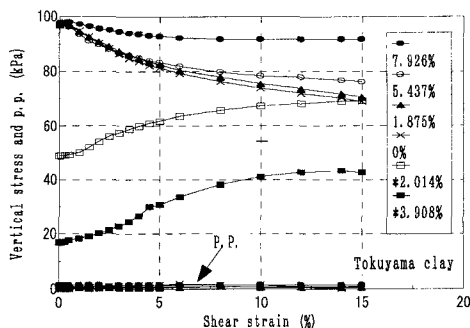


図-4

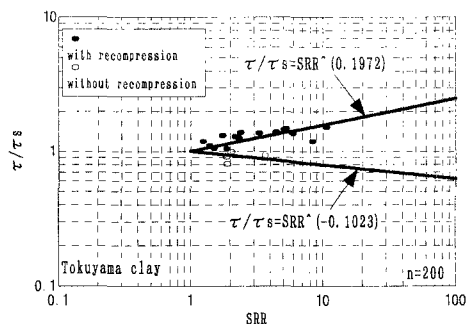


図-5

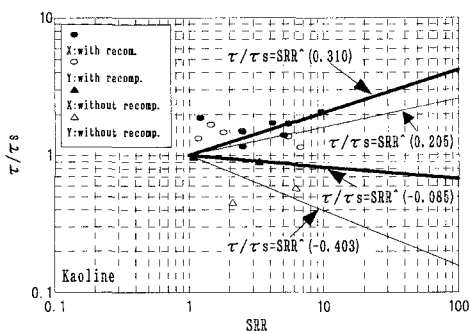


図-6

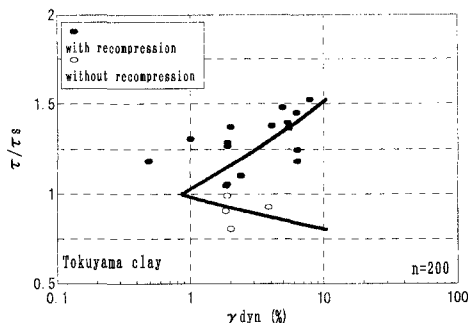


図-7