

飽和粘土の繰返しせん断履歴後の非排水強度について

山口大学工学部

正会員 松田 博

八千代エンジニアリング (株)

正会員○中川義守

ケミカルグラウト (株)

永野 修

1. まえがき 繰返しせん断力が軟弱な粘土地盤に作用すると過剰間隙水圧の上昇のため有効応力が減少し、擬似過圧密状態となる。その結果、地盤の強度は一時的に低下し、その後、過剰間隙水圧の消散とともに徐々に回復する。すなわち、繰返しせん断を受けた粘土の強度に関しては、繰返しせん断直後の強度低下と、ある時間経過後の強度増加についての予測が必要とされる。これらの問題は、地震時の粘土地盤の安定性、海洋構造物基礎の安定性、さらに低置換サンドコンパクションパイル打設後の粘土地盤の強度増加に関連して重要である。そこで本研究では動的単純せん断試験機を用い、繰返しせん断履歴後の飽和粘土の非排水強度について検討を行った。

2. 実験方法 実験方法はまず所定の含水比に調整した粉末状のカオリン粘土 ($G_s=2.718$, $w_L=47.4\%$, $w_p=31.0\%$) に鉛直圧 $\sigma_v=49\text{kPa}$ を加え、3時間の圧密を行う。圧密後、バルブ操作により鉛直方向変位を拘束し、供試体高さを常に一定に保ちながら繰返しせん断ひずみを与えた。所定の繰返し回数となったところで繰返しせん断を終了する。その後、一次圧密終了まで再圧密を行う場合と、行わない場合についての静的せん断強度を調べた。

3. 実験結果及び考察 正規圧密粘土に対して供試体の高さを一定に保った状態で繰返しせん断を行うと繰返し回数が増加するにつれて過剰間隙水圧は上昇し、有効鉛直応力は減少する。繰返し回数 n と、有効応力変化 ($\Delta\sigma_v'/\sigma_{v0}'$) の関係は、次式のような双曲線関係にあることは既に知られている¹⁾。すなわち繰返しせん断による応力減少は繰返し回数 n とひずみ振幅 γ_{dyn} の関数として表される。

$$\frac{\Delta\sigma_v'}{\sigma_{v0}'} = \frac{n}{A \cdot \gamma_{dyn}^m + [\gamma_{dyn} / (B + C \cdot \gamma_{dyn})] \cdot n} \quad (1)$$

図-1は $\Delta\sigma_v'/\sigma_{v0}' \sim \gamma_{dyn}$ の関係を示したものであって、図中には、式(1)によって得られる曲線も示している。同図より、実測値と式(1)はよく一致していることがわかる。繰返しせん断直後の静的せん断試験で得られた応力-ひずみ関係を図-2に示す。ひずみ振幅が大きくなるとせん断強度が低下する傾向がうかがえるが、静的せん断ひずみの増加とともにその差は次第に小さくなる。

図-3に示す繰返しせん断後再圧密を行う場合の静的強度試験では、ひずみ振幅の増加とともに静的せん断強度は増加しており、繰返しせん断時のひずみ振幅の影響が顕著に表れている。このことから繰返しせん断

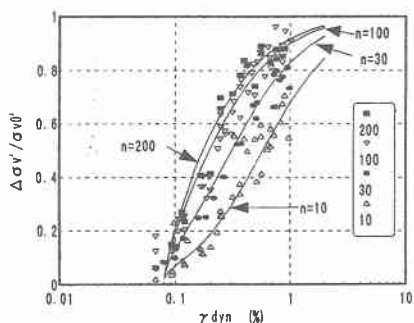


図-1

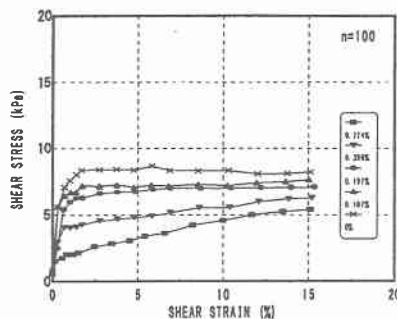


図-2

断に伴う有効鉛直応力の減少量、繰返しせん断後の静的せん断強度は、繰返しせん断時に与えられたひずみ振幅、繰返し回数によって決定されることが考えることができる。そこで、繰返しせん断後の応力減少比 SRR (stress reduction ratio) を次式により定義した。

$$SRR = 1 / (1 - \Delta \sigma_v' / \sigma_{v0}') \quad (2)$$

繰返しせん断を与えた供試体の静的せん断強度（せん断ひずみ 15 % 時）を、正規圧密粘土のせん断強度で正規化した非排水強度比 τ / τ_s と SRR の関係を示したものが図-4 である。両者は、ほぼ直線関係にあることから、繰返しせん断を受けた粘土の強度変化は繰返しせん断中の応力減少比 SRR によって表すことができる。すなわち、 τ / τ_s と SRR の関係は

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

で表される。式(3)において、 ξ は定数であって、繰返し直後において、 $\xi = -0.202$ 、再圧密後においては $\xi = 0.221$ が得られた。

次に、繰返しせん断時のひずみ振幅 γ_{dyn} と非排水強度比の関係を示したものが図-5 である。図中の曲線は式(1), (2), (3)によって得た結果である。同図より繰返しせん断後の強度は繰返しせん断中のひずみ振幅、繰返し回数の関数として表されることがわかる。

ここではさらに徳山下松港よりサンプリングされた試料を用いて、同様の方法で繰返し単純せん断試験試験を行い、その非排水強度比として $\tau / \tau_s = 1.254$ を得た。図-6 に示す直線は原地盤の強度に実験により得られた非排水強度比を乗じて求めた地盤改良後の推定強度である。SCP 打設現場より得られた地盤改良後の土質データと比較すると、比較的良好一致していることがわかる。

4. あとがき 本研究では、繰返し単純せん断試験機を用い、正規圧密粘土に所定の繰返しせん断を与えた後、再圧密を行った場合と再圧密を行わない場合の静的せん断強度を調べ、繰返しせん断が強度特性に及ぼす影響を調べた。その結果、繰返しせん断による強度低下、及びその後の再圧密による強度増加は SRR によって定式化され、さらにそれらは繰返し回数、ひずみ振幅の関数で表されることがわかった。

参考文献：1) Matsuda, H. and O-hara, S.: Geotechnical Aspects of Earthquake-Induced Settlement of Clay Layer, Marine Geotechnology, Vol.9, pp.179-206, 1990. 2) Matsuda H., Nakagawa Y. and Ishii I.: Evaluation of Clay Disturbance due to Dynamic Loads, IS-Hokkaido 94, Vol.1, pp.101-106, 1994.

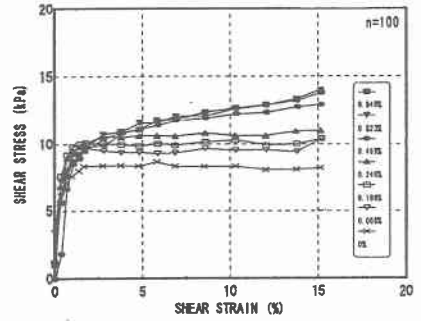


図-3

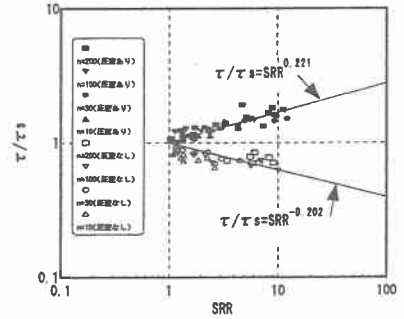


図-4

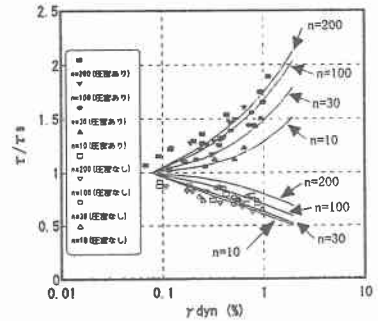


図-5

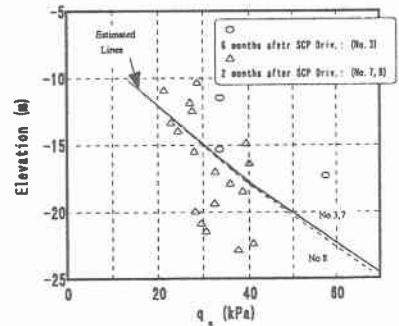


図-6