

異方圧密された五日市粘土の非排水繰返しせん断強度について

三井建設技術研究所 正員 ○山本陽一

山口大学工学部 正員 兵動正幸 学生員 河田頼治

(株)オオバ 正員 杉山太宏

1. まえがき

自然堆積粘土は長年にわたり一次元圧密を経験しているため、非排水せん断強度の異方性の影響が無視できない上に、実際問題としては斜面や構造物基礎地盤のように、あらかじめ静的なせん断応力が作用している地盤の施工例の方が多く存在する。このような粘土地盤が、地震、波浪、交通荷重などの繰返し荷重を断続的に受ける場合、その挙動は、初期せん断応力の大きさにより、著しく異なることが予想される。本研究は、異方圧密された粘土に対し非排水繰返し三軸試験を行い、粘土の非排水繰返しせん断強度に与える初期せん断応力の影響を検討した。

2. 試料及び試験方法

本研究で用いた試料は、広島県五日市市より採取された五日市粘土($G_s=2.532$, $W_L=124.2\%$, $I_P=72.8$)であり、攪拌した後室内で再構成した試料を試験に供した。用いた試験機は空圧制御式繰返し三軸圧縮試験機であり、排水は供試体側面に巻かれたペーパードレーンを通じ上部より行い、下面において間隙水圧の測定を行った。圧密は、異方圧密後の供試体の平均有効主応力が $p_c=(\sigma_{1c}'+2\sigma_{3c}')/3=200\text{kPa}$ になるよう等方圧密した後、排水状態でそれぞれの初期せん断応力 $q_s=(\sigma_{1c}'-\sigma_{3c}')$ に至るまで軸圧を増加させて異方応力状態にした。その後、供試体は非排水状態で周波数 $f=0.02\text{Hz}$ の正弦波軸荷重を側圧一定、荷重振幅一定のもとで圧縮側から繰返し载荷された。

3. 試験結果

図-1は、ピーク軸ひずみ $PS=10\%$ に至るに必要な繰返し応力比 q_{cyc}/p_c と繰返し回数 N の関係を示したものである。図から、初期せん断応力比 q_s/p_c の増加に伴い $PS=10\%$ に至るに必要な繰返し応力比 q_{cyc}/p_c が低下していくことが認められる。このような強度の減少傾向を分かりやすく見るために、図-2に繰返し回数 $N=20$ 回でピーク軸ひずみ $PS=10\%$ に至るに必要な繰返し応力比 q_{cyc}/p_c と初期せん断応力比 q_s/p_c の関係を示した。図は、繰返し応力比 q_{cyc}/p_c が初期せん断応力比 q_s/p_c の増加に伴い緩やかな曲線を描きながら低下することを示している。また、 $q_s/p_c \leq 0.5$ の初期せん断応力比では $N=20$ 回でピーク軸ひずみ $PS=10\%$ に至るために繰返し応力の反転($q_{cyc}/q_s > 1$)が必要であることが認められる。逆に、それ以上の初期せん断応力比では応力反転の必要はないことになる。これより、初期せん断応力の高い地盤ほど地震あるいは波浪などの繰返し外力に対する抵抗が減少するために、より危険な状態になる可能性が指摘される。

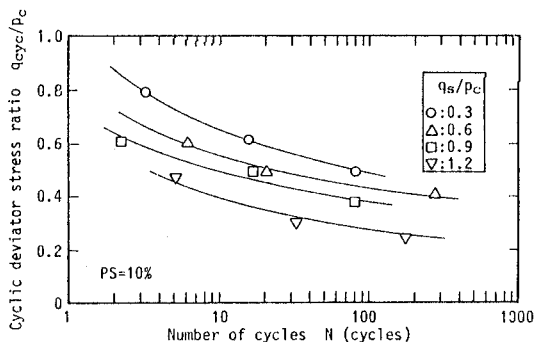


図-1 PS=10%に至るに必要な q_{cyc}/p_c と繰返し回数 N の関係

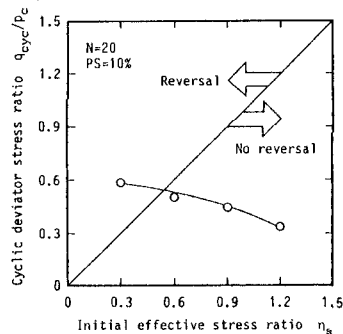


図-2 PS=10%に至るに必要な q_{cyc}/p_c と q_s/p_c の関係

図-3に、ピーク軸ひずみ $PS=10\%$ に至るに必要な最大繰返し応力比 $(q_{cyc} + q_s)/p_c$ と初期せん断応力比 q_s/p_c の関係を示した。この場合、繰返し応力比 q_{cyc}/p_c で整理した時のような減少傾向は示しておらず、初期せん断応力比 q_s/p_c の増加に伴う直線的な増加傾向にあることが認められる。また、図中の直線の傾きは繰返し回数によらず一定であり、最大繰返し応力比 $(q_{cyc} + q_s)/p_c$ で整理した場合の強度線は、初期せん断応力比毎に平行であることを示している。この様に強度の定義の仕方により、その傾向は全く異なったものとなっていることから、強度の定義またその解釈に際しては用途に応じて対応することが必要である。つまり、繰返し応力比 q_{cyc}/p_c で定義された強度は地盤の耐震安定性を表しており、最大繰返し応力比 $(q_{cyc} + q_s)/p_c$ で定義された強度は何等かの形で強度の定量化が可能であることを示唆している。図-4は、ピーク軸ひずみ $PS=10\%$ に至るに必要な最大繰返し応力比 $(q_{cyc} + q_s)/p_c$ と繰返し回数の関係を両対数上に示したものである。前述したように、この場合の強度線は初期せん断応力比毎に平行であることから、両者の間に直線関係が成り立つ。また、繰返し回数 $N=1$ 回の最大繰返し応力比の値 κ は、図-5に示されるように初期せん断応力比 $\eta_s (=q_s/p_c)$ との間に次式で与えられる直線関係が存在する。

$$\kappa_{(ANC)} = \kappa_{(INC)} (a \eta_s + 1) \quad (1)$$

ここで、 a は上式の直線の傾きを表す定数であり、 INC 、 ANC はそれぞれ等方及び異方正規圧密条件を表す。この定式化により、異方圧密粘土の繰返し強度は次式で与えられる。

$$\frac{q_{cyc} + q_s}{p_c} = \kappa_{(INC)} (a \eta_s + 1) N^\beta \quad (2)$$

ここで、 β は等方正規圧密粘土から与えられる強度線の傾きを表す定数である。尚、図-4の直線は式(2)により描かれたものである。

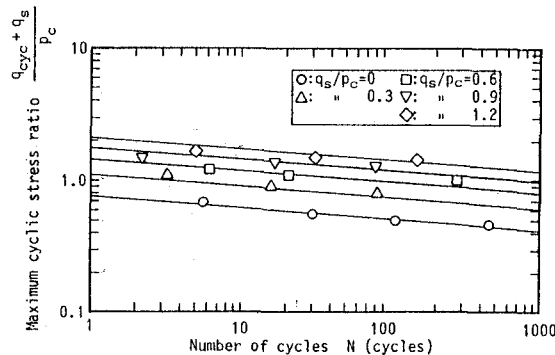


図-4 $PS=10\%$ に至るに必要な $(q_{cyc} + q_s)/p_c$ と繰返し回数 N の関係

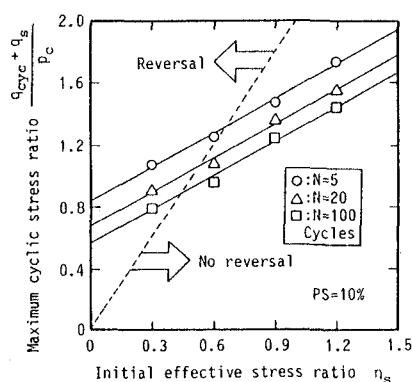


図-3 $PS=10\%$ に至るに必要な $(q_{cyc} + q_s)/p_c$ と q_s/p_c の関係

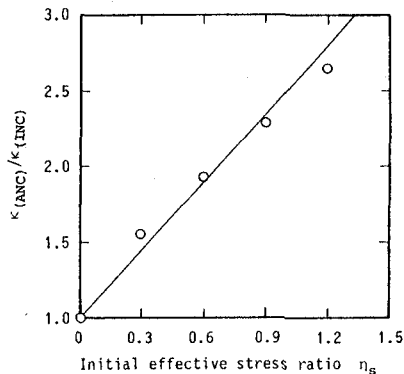


図-5 $\kappa_{(ANC)}/\kappa_{(INC)}$ と初期有効応力比 $\eta_s (=q_s/p_c)$ の関係

4. まとめ

- (1) 繰返し応力比 q_{cyc}/p_c で整理する場合の繰返し強度曲線は、初期せん断応力比 q_s/p_c の増加とともに緩やかに減少していく。
- (2) 最大繰返し応力比 $(q_{cyc} + q_s)/p_c$ を用いて整理した場合の繰返し強度は、初期せん断応力比 q_s/p_c の増加に対して直線的に増加する傾向がある。