

III-365 ゆるい飽和砂の非排水繰返しせん断強度に及ぼす初期せん断の影響

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一 安福規之
 学生員 ○小浪岳治 谷水秀行 山本陽一

1. まえがき

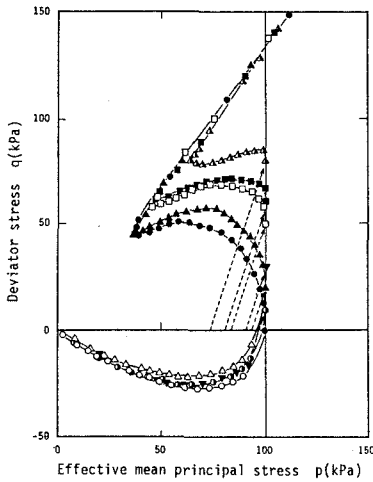
筆者ら^{1), 2)}はこれまで種々の初期密度から成る飽和砂の非排水繰返しせん断強度について、初期せん断応力の違いによる変化傾向を調べてきた。その中で、特にゆるい飽和砂が繰返しせん断中に間隙水圧の急上昇と共に流動的な変形を起こすことが確認された³⁾。本研究は、ゆるい飽和砂を対象にさらに種々の異方圧密条件下で非排水繰返し三軸圧縮試験を行うと同時に、静的な非排水せん断試験を行うことにより両試験結果を対応付け、初期せん断を受けるゆるい飽和砂の繰返しせん断挙動について考察を行うものである。

2. 試料及び実験方法

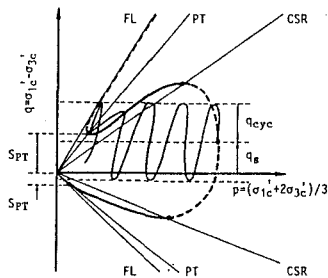
試験に用いた試料は、豊浦標準砂($G_s=2.643, e_{max}=0.973, e_{min}=0.635$)である。供試体作成には空中落下法を用い、等方圧密後側圧一定で所定の初期せん断応力 q_s まで軸荷重を加え、平均有効主応力 p_0 が全て100kPaになるように異方圧密を行った。なお、供試体の初期密度は異方圧密後の相対密度が $Dr=30\sim35\%$ 程度になるよう作成した。この状態で非排水繰返し三軸圧縮試験及び静的な圧密非排水せん断試験(圧縮・伸張)を実施した。用いた試験機は空圧制御式繰返し三軸圧縮試験機であり、動的試験は荷重制御(0.1Hz, サイン波)で静的試験はひずみ制御(0.1%/min)で各々行った。

3. 実験結果及び考察

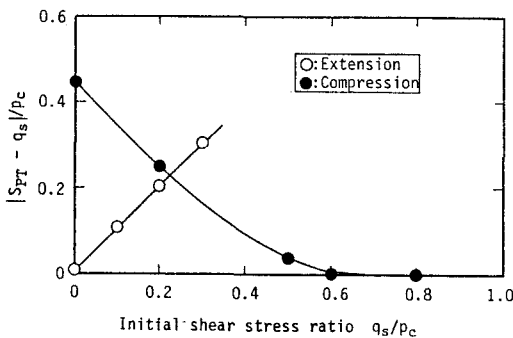
図-1は、各々の異方圧密状態から静的非排水せん断試験を行って得られた有効応力経路である。Vaidら⁴⁾はこのような有効応力経路から、収縮性の挙動の中でひずみ軟化が始まる応力比を限界応力比 CSR、間隙水圧が収縮傾向から膨張傾向に変化する変相状態の強度を S_{PT} と定義した。この図から静的有効応力経路は初期せん断応力の違いによって変化することがわかる。また、CSR と変相状態の応力比 PT はそれぞれ経路には依存せず一定なものとなり、それらは圧縮側に比べ伸張側の方でかなり小さくなることが確認された。繰返し三軸試験においては初期せん断応力 q_s と繰返しせん断応力 q_{cyc} の組合せによって、圧縮領域で破壊する場合と伸張領域で破壊が生じる場合のそれぞれがあることが観察された。図-2は圧縮領域および伸張領域で破壊が起こった場合の代表的な有効応力経路を示したものである。図中、同じ大きさの初期せん断応力に対して行った静的非排水せん断試験結果も表されている。図のように動的試験の有効応力経路は数回の載荷後、静的試験の圧縮側あるいは伸張側の有効応力経路と対応する形となり、軟化傾向が始まる付近において急激な有効応力の低下が見られ、あわせて流動的な大変形が生じる。このように動的有効応力経路と静的有効応力経路の間に密接な対応関係があるとなると、流動変形を生じるには圧縮側か伸張側で $q_{cyc} \geq |S_{PT} - q_s|$ となる関係が必要であると考えられる。このように考えた流動変形発生メカニズムの概念を図-3に示した。図-4は横軸に初期せん断応力比、縦軸に静的試験から求まる初期せん断応力 q_s と S_{PT} による $|S_{PT} - q_s|/p_0$ をとってプロットしたものである。この図より、初期せん断応力比が $q_s/p_0 < 0.2$ では伸張側の $|S_{PT} - q_s|/p_0$ が圧縮側よりも小さく、流動変形は伸張側で発生すると考えられる。また、この状態の領域では、流動変形を引き起こすに必要な q_{cyc} は q_s の増加と共に増加していくことになる。一方、初期せん断応力比 $q_s/p_0 > 0.2$ においては、 $|S_{PT} - q_s|$ の大きさは圧縮側の方が伸張側より大きくなっている。これより大きい初期せん断応力の領域においては流動変形はすべて圧縮側で発生すると考えられ、流動変形を引き起こすに必要な q_{cyc} は q_s の増加に伴い減少する。このように流動変形を引き起こすに必要な繰返し応力の大きさが図-4により求めることができる。図-5は動的試験から求まる初期せん断応力比 q_s/p_0 と繰返しせん断応力比 q_{cyc}/p_0 の関係を、流動変形が生じた繰返し回数をパラメータにしてプロットしたものである。この図から同じ初期せん断応力レベルにおいては、流動変形は q_{cyc}/p_0 が大きいほど少ない繰返し回数で生じていることが分かる。また、 q_{cyc} が大きく伸張側への応力反転がある領域では、 q_s/p_0 の増加に伴い強度が増加していく傾向が見られる。また、応力反転がない領域では q_s/p_0 の増加に伴い強度が減少する傾向が見られる。この傾向は図-4の結果とよく一致しているといえる。このようなことから、流動変形を生じるための必要条件は、繰返し応力のピーク値 $q_p (=q_s + q_{cyc})$ が S_{PT} を越えることであると考えられる。



図一 静的有効応力経路



図一 流動変形概念



図一 初期せん断応力比と $|S_{PT} - q_s|$ の関係

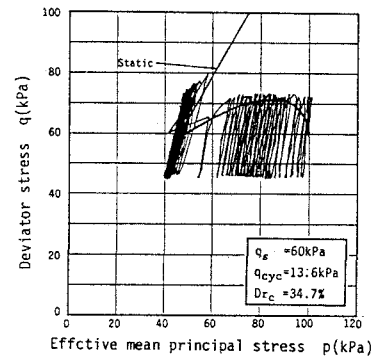
4. あとがき

ゆるい砂を対象に、異方圧密下で非排水繰返しせん断試験および圧密非排水せん断試験を行い、両者の対応について検討した。その結果をまとめると以下の通りである。

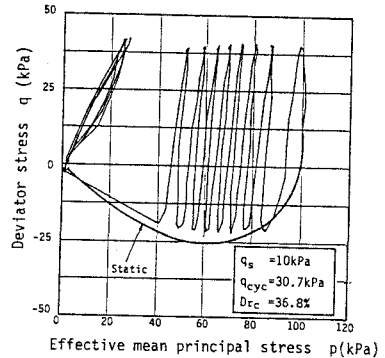
- (1) ゆるい飽和砂の流動変形は圧縮側で生じるものと伸張側で生じるものがある。
- (2) 流動変形を生じるには繰返し応力 q_{cyc} が $|S_{PT} - q_s|$ より大きいことが必要条件である。

5. 参考文献

- 1) 兵動他：初期せん断を受ける飽和砂の動的強度について、第24回土質工学研究発表会、pp.797-800、1989。
- 2) 兵動他：異方圧密砂の比排水繰返しせん断強度に及ぼす密度の影響、第25回土質工学研究発表会、1990。
- 3) 兵動他：初期せん断を受けるゆるい飽和砂の非排水繰返しせん断挙動、第25回土質工学研究発表会、1990。
- 4) Y.P.Vaid and J.C.Chern: Cyclic and Monotonic Undrained Response of Saturated Sands, Advances in The Arts of Testing Soils under Cyclic Conditions, ASCE, Convention, pp.120-147, 1985。

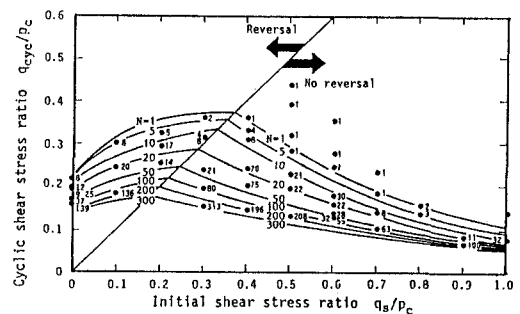


(a) 圧縮破壊



(b) 伸張破壊

図一 動的有効応力経路



図一 流動変形を起こす q_{cyc} と q_s の関係