

部分排水における飽和砂の繰返しせん断特性について

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一
山口大学大学院 学生員 ○伊藤雅之 徳原裕輝
三井建設㈱技術研究所 正 員 山本陽一

1. まえがき

間隙水圧消散工法を施した飽和砂層や海洋構造物の基礎など排水境界に近い飽和砂地盤では、地震や波浪による繰返し荷重に対する安定性の評価に排水効果を考慮する必要がある。その目的のために、これまで排水量を制御した部分排水繰返し試験がいくつかの機関で行われてきた¹⁾²⁾。著者らはこれらと同様な試験機の試作を行い³⁾、部分排水繰返しせん断過程における間隙水圧およびひずみ挙動の評価を試みた。

2. 実験方法および実験条件

実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。実験方法は、まず相対密度 $Dr=70\%$ の飽和供試体を、平均有効主応力 p_c が100kPaになるように等方あるいは異方圧密させ、上部の排水経路に取り付けた排水量調節バルブを所定の目盛りまで開放した後、繰返しせん断試験を行った。以下に示す実験結果は、排水条件を表すパラメータ α (文献 3)参照)を 4.07×10^{-5} 、周波数を $f=0.1\text{Hz}$ の実験条件で得られたものである。

3. 実験結果と考察

図-1 は部分排水条件下で繰返し軸差応力比をそれぞれ $q_{cyc}/p_c=0.458$, 0.480 と作用させたときの有効応力経路であり、比較検討のため非排水静的試験より得られた有効応力経路も併せて示した。 $q_{cyc}/p_c=0.458$ の試験については繰返しせん断初期において間隙水圧が一旦上昇した後、消散過程に移行するため、図中には間隙水圧上昇過程のみを示した。まず、 $q_{cyc}/p_c=0.480$ の試験について見ると、繰返し初期の伸張側において、静的試験より得られたCSR (限界有効応力比) あるいは η_{PT} (変相点における有効応力比) に達した後、初期液化化に至っている様子が観察できる。また、 $q_{cyc}/p_c=0.458$ の試験では、これらの有効応力比に達することなく、徐々に有効応力の回復が認められた。

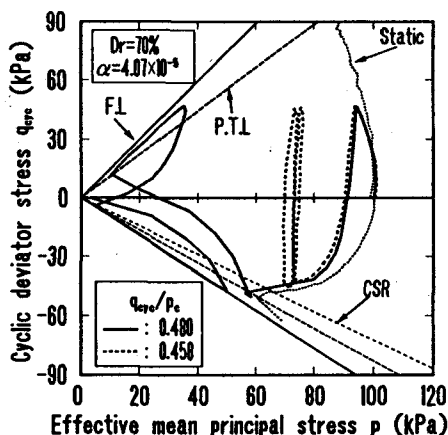


図-1 有効応力経路 (部分排水等方)

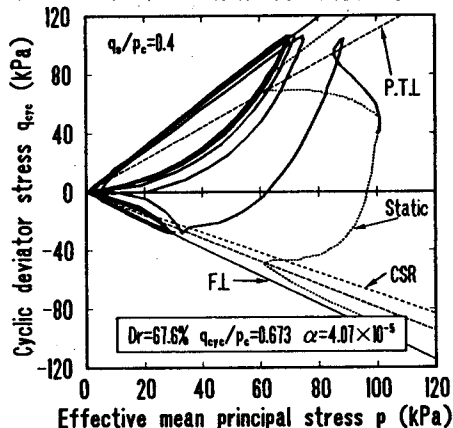


図-2 有効応力経路 (異方破壊)

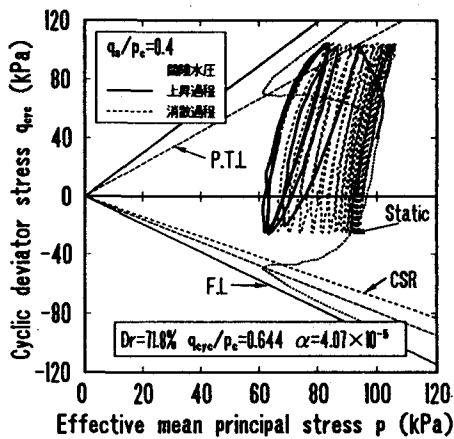


図-3 有効応力経路 (異方非破壊)

次に図-2、図-3は初期せん断応力比 q_{sc}/p_c が0.4で、図-2については $q_{cyc}/p_c=0.673$ 、また図-3については $q_{cyc}/p_c=0.644$ の繰返し軸差応力比を作用させたときの有効応力経路を示したものである。比較検討のため同様の初期せん断応力比を作用させた静的試験結果も併せて示した。まず図-2について見ると、繰返しせん断初期の圧縮側において静的試験より得られた η_{PT} に達した後、大きく有効応力が減少し、伸張側のCSRおよび η_{PT} の有効応力比を超え、液状化破壊に至っている様子が分かる。また、図-3では繰返し初期の圧縮側において、有効応力比が静的試験の η_{PT} を超えているが、伸張側のCSRおよび η_{PT} を超えていないため、徐々に有効応力が回復している様子が確認できる。これらのことから、部分排水条件下では、伸張領域におけるCSRあるいは η_{PT} が、液状化に至るか、間隙水圧の消散に転じる境界になっていると思われる。次に図-4は繰返しせん断中のピーク有効応力比と軸ひずみ両振幅の関係を示したものである。部分排水条件でも破壊に至った試験については、非排水条件と同様な双曲線関係が存在していることが分かる。また、非破壊の試験では、有効応力比の最大値までは同様の曲線関係が存在し、その後わずかにループしながら減少していく様子が認められる。図-5は繰返しせん断中のピーク有効応力比とピーク軸ひずみの関係について示したものである。まず破壊に至った試験については、非排水条件とほぼ同様な挙動を示していると言える。非破壊の試験について見ると、間隙水圧上昇過程では軸ひずみが非排水条件の曲線と同様の関係を示すが、消散過程に移行すると軸ひずみは一定値に残留する。更に初期せん断応力比の増加に伴い、軸ひずみの残留値も増加していることが分かる。また初期せん断応力を作用させることにより、液状化強度は増加したが、軸ひずみは圧縮側に蓄積された状態になることが分かった。

4. あとがき

部分排水繰返しせん断試験を行った結果、以下の繰返しせん断挙動が得られた。

- (1)部分排水条件下では、等方および異方圧密に拘らず、静的試験より得られた伸張側のCSRおよび η_{PT} を超える試験では液状化破壊に至り、超えない試験については、徐々に有効応力の回復が認められた。
- (2)ピーク有効応力比-ピーク軸ひずみ関係の非破壊の試験について見ると、初期せん断応力比の増加に伴い、軸ひずみの残留値も増加することが分かった。

【参考文献】

- 1)梅原・善・浜田：排水効果を考慮した飽和砂の液状化強度，港湾技術研究所報告，第20巻，第1号，pp.3~33，1981.
- 2)古賀・松尾・島津・唐沢：フィルダム材料の動的強度に関する実験報告書，土木研究所資料，第2755号
- 3)兵動・伊藤・山本・黒島：飽和砂の部分排水繰返し三軸試験について，第46回土木学会中国四国支部研究発表会投稿中

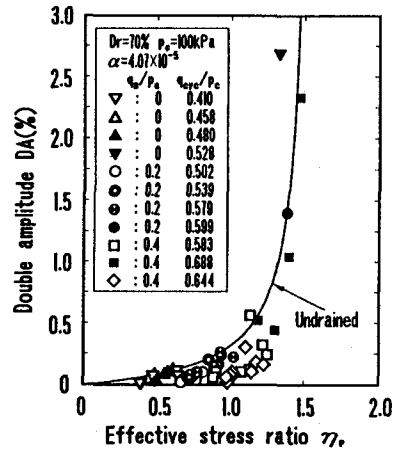


図-4 ピーク有効応力比 η_p と軸ひずみ両振幅 $\Delta\epsilon_a$ の関係

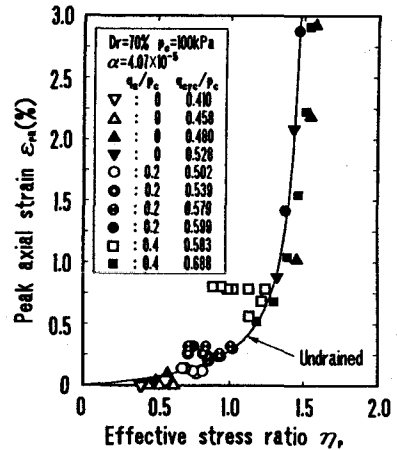


図-5 ピーク有効応力比 η_p とピーク軸ひずみ ϵ_p の関係（圧縮側）