

飽和砂の部分排水繰返し三軸試験について

山口大学工学部 正 員 兵動正幸
山口大学大学院 学生員 伊藤雅之 徳原裕輝
三井建設(株) 正 員 ○山本陽一 黒島一郎

1. まえがき 飽和砂地盤に繰返し荷重が作用する場合、その排水条件は外力の載荷速度と地盤の境界条件により排水から非排水と様々に変化する。したがって、グラベルドレインに代表される間隙水圧消散工法により液状化対策を施した砂質地盤や、海洋構造物基礎等排水境界に近い飽和砂地盤に、地震あるいは波浪が作用している場合の排水条件は、いくらかの排水を伴う部分排水状態にあると考えられる。そこで、著者らはこのような状態を室内で再現するために、繰返しせん断中の排水量を制御することができる三軸試験機を試作した。本報告は、この試験機を用いた飽和砂の部分排水繰返し三軸試験方法の提案を行い、その有用性について検討を行う。

2. 排水制御方法 本試験では図-1に示すように、供試体上端に通じる排水経路中に排水量を微小に調節できるバルブを設けることによって部分排水状態を再現しており、梅原¹⁾や古賀²⁾により行われた方法と基本的に同じである。また、試験中の排水量の制御は供試体からの排水過程がダルシーの法則に従うものとして行っている。すなわち、排水距離 L における要素の流速 v と水頭差 H ($=\Delta u/\gamma_w$)の間には地盤の透水係数を k として次式の関係が成り立つ。

$$v = k \frac{H}{L} = \left(\frac{k}{L} \right) H \quad (1)$$

$$= \alpha H$$

ここで、 $\alpha=(k/L)$ は地盤要素の透水性を表しており、 α が一定の時、流速と水頭差は比例関係にある。一方試験において、 α はバルブの透水性を表すパラメータとなることから、図-2に示すようにあらかじめバルブの開度 R と α の関係を流速 v と水頭差 H に関連付けて求めておけば、部分排水条件における排水量の制御を容易に行うことができる。したがって、 α を変化させる試験を行うことにより、任意の排水距離における地盤要素の挙動を評価することが可能となる。

3. 試料及び試験方法 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。また、供試体は空中落下法で作成し、相対密度 $Dr=90\%$ を目標とした。したがって、供試体はかなり密な状態にある。用いた試験機は空圧制御式繰返し三軸試験機であり、間隙水圧は供試体上部及び下部の両端で測定した。供試体は有効拘束圧 $p_c=100\text{kPa}$ で等方圧密された後、排水量調節バルブを所定を目盛りまで開放した部分排水状態で、荷重振幅一定の正弦波荷重を繰返し載荷された。尚、以下の試験結果は周波数 $f=0.1\text{Hz}$ 、 $\alpha=4.07$

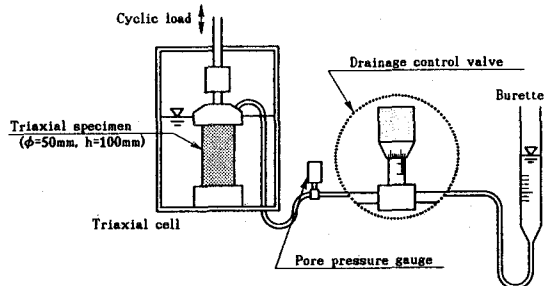


図-1 排水経路模式図

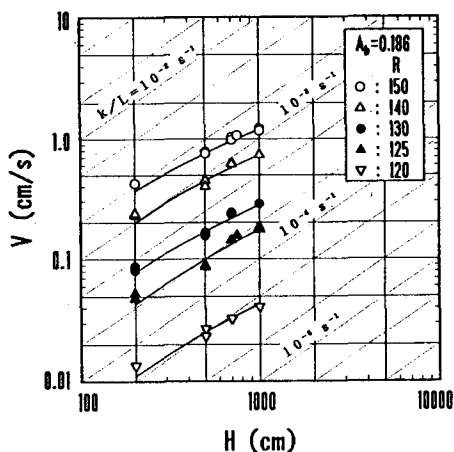


図-2 排水量調節バルブの検定結果

$\times 10^{-5}$ の試験条件で得られたものである。

4. 試験結果 図-3は、部分排水条件で得られた典型的な軸変位、軸荷重、間隙水圧の時刻歴である。軸変位に着目すると、液状化に至ることにより両振幅ひずみは徐々に増加していくが、間隙水圧の消散にともない減少に転じ、最終的にひずみは伸張側に残留する挙動を示している。この場合、間隙水圧の消散により両振幅ひずみが減少していくのは、密な砂特有のサイクリックモビリティに因るところが大きいと思われる。図-4は、供試体上部と下部の残留間隙水圧比 u_r/p_c の関係を整理したものである。図より明らかなように、上部及び下部の間隙水圧は上昇、消散どちらの過程においても一致してい

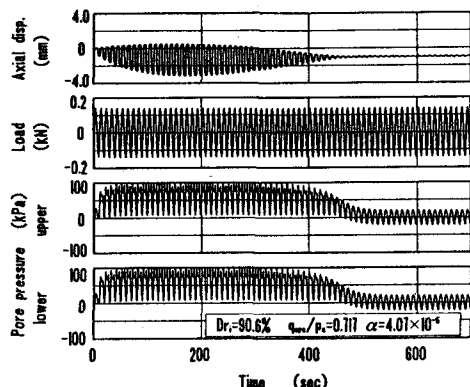


図-3 部分排水繰返し試験における時刻歴

る。したがって、供試体内の間隙水圧の不均一な分布は存在せず、供試体の要素性は十分満足されているものと思われる。このことから、供試体内の動水勾配はなく、排水による間隙水圧の低下は排水量調節バルブの開度に依存して、バルブ部分で生じていると言える。図-5は部分排水条件の液状化強度曲線である。また図には、比較のために非排水試験結果を併せて示している。部分排水条件における液状化強度は、少ない繰返し回数では非排水のそれにほぼ等しいものの、繰返し回数の増加とともに排水効果による強度増加が認められる。また、今回の試験条件では $N=8$ 以上の繰返し回数では液状化に至らなかった。

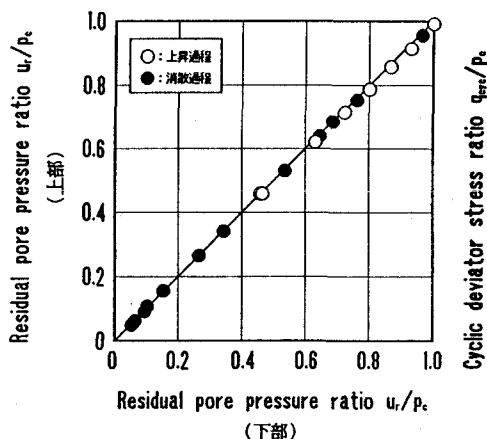


図-4 上部と下部の残留間隙水圧比の関係

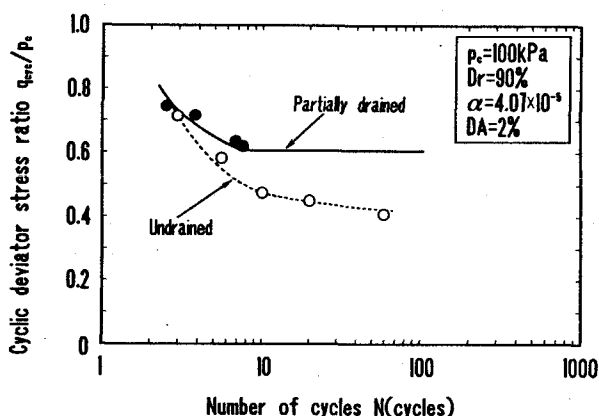


図-5 液状化強度曲線

5. あとがき 供試体からの排水経路中に、排水量を微小に調節できるバルブを設けることによって、任意の排水距離における地盤要素の繰返しせん断挙動を模擬した繰返し三軸試験を容易に行えることが明らかとなった。今回、周波数 $f=0.1\text{Hz}$ 、 $\alpha=4.07 \times 10^{-5}$ の限られた条件でしか試験を行えなかったが、これらの値の変化が液状化強度やせん断挙動に与える影響は非常に大きい。したがって、今後はこれらのパラメータを種々に変化した試験を行い、砂の部分排水繰返しせん断挙動の定量化を試みる予定である。

【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，1989。