

Ⅲ - A76

オンライン液状化試験における排水制御システムの改良

筑波大学大学院 ○正会員 満倉 真  
 筑波大学構造工学系 正会員 山田 恭央  
 筑波大学大学院 能登 準弥  
 筑波大学 村上 弘幸

1. はじめに

地震の主要動の継続時間は数秒から数十秒程度であり、この間に地盤内では過剰間隙水圧の消散はほとんどないと見なせることから、室内での液状化試験は、通常非排水条件で行われる。しかし、近年、グラベルドレーン工法のように排水を促進させ、過剰間隙水圧の上昇を抑制する液状化対策工も用いられるようになってきており、この種の対策工の効果を検証するためには、排水をある程度考慮した液状化試験を行う必要がある。このような観点から、筆者らは部分排水条件下での砂の液状化特性を調べてきた<sup>1)</sup>。しかし、従来用いられていた排水制御システムはその制御の精度と応答性に問題があった。この欠点を改善するため、精密位置決めテーブルを利用した排水量制御システムを新たに導入し、部分排水条件下での砂のオンライン液状化試験を行った。

2. 精密位置決めテーブルを利用した排水制御システム

本報ではメンブレンペネトレーション量を補正<sup>2)</sup>した体積ひずみがゼロとなる曲線（以下 M.P 曲線）に沿うように排水量を制御した場合を真の非排水状態としている。また、排水はダルシーの法則に従い、単位時間に生ずる体積ひずみは、過剰間隙水圧に比例するものとし、その比例係数として排水効果係数  $D_e$  を定め、その値を変化させることによって部分排水状態を実現している。今、ステップ  $i$  における、 $\Delta t_i=1/100\text{sec}$  での排水量の増分  $\Delta v_{di}$  は、過剰間隙水圧  $u_e$  に排水効果係数  $D_e$  と  $\Delta t_i$  を乗じて算出する。

$$\Delta v_{di} = D_e \times u_e$$

そのステップでの制御量  $v_{ctrl}$  は、 $\Delta v_{di}$  に M.P 曲線から決まる体積ひずみ  $v_m$ （流入分  $v_m \leq 0$ ）と、今までの総排水量を足

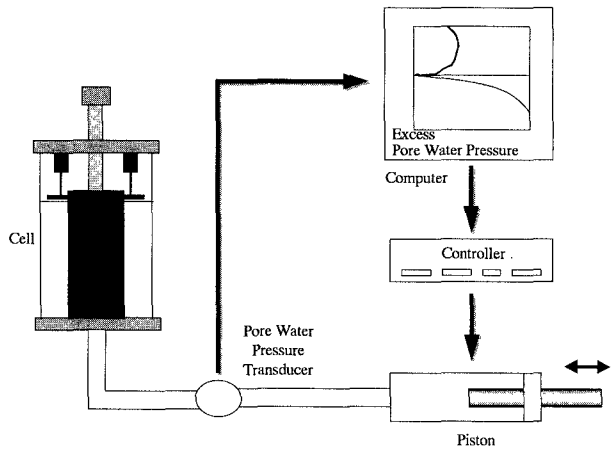


図-1 排水量制御システム概念図

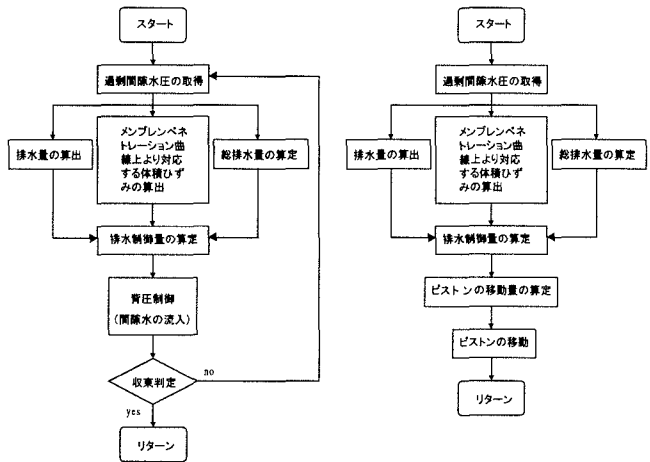


図-2 排水量制御フローチャート 本研究

キーワード 液状化、オンライン試験、排水制御

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 TEL 0298-53-5164

したものである。

$$v_{ctrl} = \Delta v_{di} + v_m + \sum_{j=1}^{i-1} \Delta v_{di}$$

従来のシステムでは、電空変換器を通して空圧により間接的に排水量の制御を行ってきた。しかし、空気の圧縮、またピュレット水面の振動等により、排水量の計測値が大きくばらつくことがあった。また、収束判定が必要であることから、大ひずみ領域では、所定の体積ひずみを実現するためには時間を要した。このため、間隙水圧が大きくなると、排水を制御している間にひずみが進行し、その結果、排水量の制御値も変化して収束に時間がかかるケースが多かった。この欠点を改善するため、本報では、精密位置決めテーブルとピストンにより直接排水量を制御するシステムを導入した（図-1）。また、フローチャートを図-2 に示し方法を比較している。なお、制御可能な最小排水量は、従来のシステムでは  $6.8 \times 10^{-3}$  ml/bit であったのに対し、新しいシステムでは  $3.1 \times 10^{-3}$  ml/pulse であり、分解能においても2倍程度向上している。

### 3. 実験概要

上記の排水制御システムを組み込んで、中空ねじりせん断三軸試験装置を用いて、単層地盤系のオンライン試験を実施し、従来の結果<sup>1)</sup>と比較してみた。供試体は外径10cm、内径6cm、高さ10cmの中空円筒形で、豊浦標準砂を相対密度30~40%となるように調整して作製した。想定地盤深度は6mとし、これに対する拘束圧を1.0kgf/cm<sup>2</sup>と設定して、正弦波200gal、250gal、300galを入力波としてオンライン試験を実施した。排水条件はM.P.曲線を  $D_e=0.0$ （非排水状態）とし、 $D_e=0.5 \times 10^{-5}$ 、 $1.0 \times 10^{-4}$ 、 $2.5 \times 10^{-4}$ 、 $5.0 \times 10^{-4}$ 、 $1.0 \times 10^{-3}$ （cm<sup>2</sup>/kgf/sec）について試験を行った。

### 4. 実験結果

図-3は300galの正弦波入力を加えたときの過剰間隙水圧-体積ひずみ関係について、従来の排水制御システムと新システムのデータを比較したものである。この図より、体積ひずみの計測値のばらつきがかなり改善されていることがわかる。新システムにおいては、排水量を直接制御し、収束判定を行わなくてよいため、安定した制御が可能となっている。特に、過剰間隙水圧が0.75kgf/cm<sup>2</sup>を過ぎてからでも、従来のシステムよりも安定した制御が行われていることが分かる。

### 5. まとめ

新たに精密位置決めテーブルとピストンを用いた排水量制御システムを開発し、オンライン液状化試験を実施した。その結果、従来の方法よりも、計測値のばらつきを抑えることができ、終局状態に至るまで適切な制御が行えるようになった。今後の課題として、実験に適した排水速度（ピストンの移動速度）について検討を加えることがあげられる。

なお、本研究の実施にあたっては、文部省科学研究費（課題番号08650567）の補助を受けた。ここに謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 中野修吾、山田恭央：排水量を制御した飽和砂のオンライン試験、第29回土質工学研究発表会講演集、pp913-914、1994
- 2) K.Tokimatu and Knakamura：A Liquefaction Test without Membrane Penetration Effects、Soil and Foundations、26-4、1986

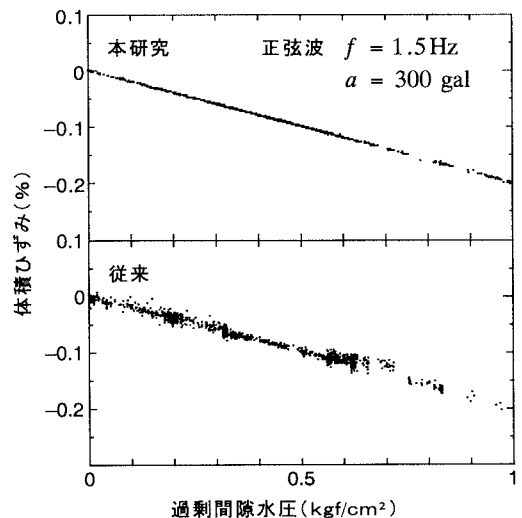


図-3 過剰間隙水圧体積ひずみ関係