

# 不規則波を用いた飽和砂のオンライン排水制御試験

筑波大学大学院 正会員 ○村上 弘幸  
筑波大学機能工学系 正会員 山田 恭央  
筑波大学 岩田 直泰

## 1. はじめに

近年、グラベルドレーンや排水機能付き鋼材など、排水を促進し過剰間隙水圧の上昇を抑える液状化防止工法が用いられるケースも多くなってきている。本研究では、中空ねじりせん断三軸装置により、不規則波を負荷するオンライン試験を行い、このような対策を施した地盤の部分排水条件下での液状化特性に検討を加えてみた。

## 2. 排水量制御システム

排水量制御システムは、ステッピングモーターを組込んだ精密位置決めテーブルを利用したもので、ピストンを移動させる事により、間隙水を流入・流出させている。

このシステムは、排水量を直接制御するために収束判定が不要であり、応答性のよいオンライン試験が可能である。

なお、単位時間あたりの排水量は過剰間隙水圧に比例するものとし、その比例係数を排水効果係数  $De$  を定め、この値を変化させることにより、排水の程度を設定している。

## 3. 実験概要

中空ねじりせん断三軸試験装置に排水量制御システムを組み込み、単層地盤系のオンライン試験を実施した。入力加速度には兵庫県南部地震（神戸海洋気象台、NS 成分、最大加速度 824gal）、宮城県沖地震（東北大学工学部一階、NS 成分、最大加速度 258gal）、釧路沖地震（釧路地方気象台、NS 成分、最大加速度 711gal）を用いた。供試体は、豊浦砂を用い、空中落下法により相対密度 30%~40% となるように作成した。拘束圧は 98kPa とし、 $De=0.0$ 、 $1.0 \times 10^{-6}$ 、 $5.0 \times 10^{-6} (\text{kPa} \cdot \text{s})^{-1}$  について試験を行った。

## 4. 実験結果

図-1~図-3 は、飽和したゆる詰め砂に宮城県沖地震を入力した時の結果である。宮城県沖地震では、非排水条件以外では液状化に至らなかった(図-4)。

一方、兵庫県南部地震を用いた場合には、 $De$  の大小に

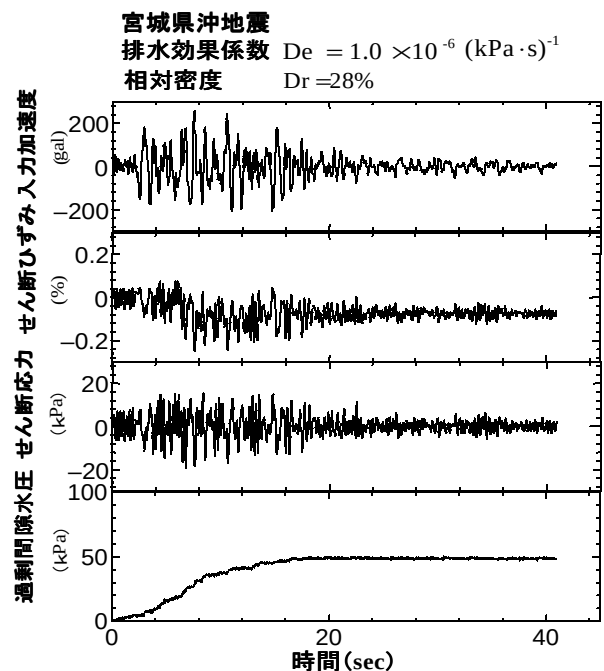


図-1 時刻歴

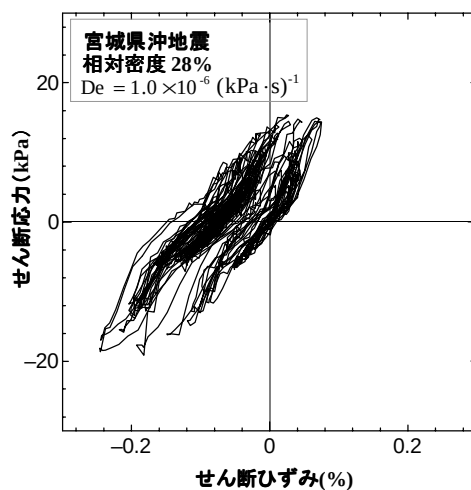


図-2 応力-ひずみ関係

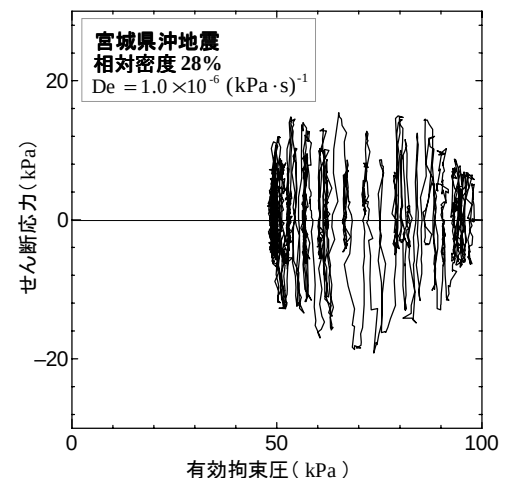


図-3 応力経路

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

よらずいずれのケースでも液状化を生じた。そこで、入力加速度を 60%および 50%に縮小し、実験を行ってみた。図に見られるように、50%に縮小した地震波では、 $De=5 \times 10^{-6} (\text{kPa} \cdot \text{s})^{-1}$ と排水性を高めると、液状化に至らなくなった。

図-6 は、全ての実験結果について、最大加速度と排水効果係数をパラメータとし液状化の可能性について検討を加えたものである。点線は兵庫県南部地震における、液状化—非液状化の境界を示している。宮城県沖地震では、この境界線の下でも液状化を生じており、地震波形の特性を考慮する必要性を示唆している。

## 5. $De$ に関する解析と考察

図-7 は、一次元排水状態を仮定し、Terzaghi の圧密理論を用いて過剰間隙水圧の分布を解析した結果である。解析にあたり、透水係数  $1 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 、体積圧縮係数  $1 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{N}$ 、初期の過剰間隙水圧 98kPa、排水境界において常に過剰間隙水圧が発生しない、と仮定した。図-8 は、解析より得られた排水効果係数  $De$  の時間変化をプロットしたものである。

解析は地震時の動的な間隙水圧の変化を考慮したものではないが、オンライン試験の結果と合わせると、透水性が比較的良好な砂地盤においても、排水の効果が期待できるのは、せいぜい排水距離が 1m 程度までの領域であると推定できる。

## 6. まとめ

オンライン試験の結果、ある程度以上の大きな加速度が加わった場合には、排水性が高くても急激に間隙水圧が上昇し、排水が間に合わず、液状化に至ることがわかった。なお、地震波形の影響および、実地盤の排水条件と排水効果係数の関係については、さらに検討を行なう必要がある。

## 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) (財)地震予知総合研究振興会：排水機能付き鋼材を用いた液状化対策としての設計ガイドライン、1993

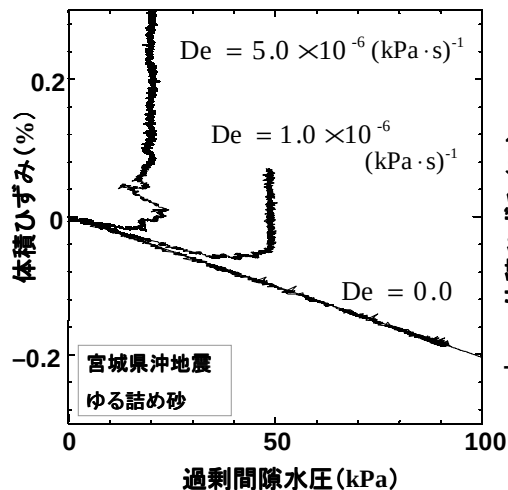


図-4 過剰間隙水圧—体積ひずみ関係

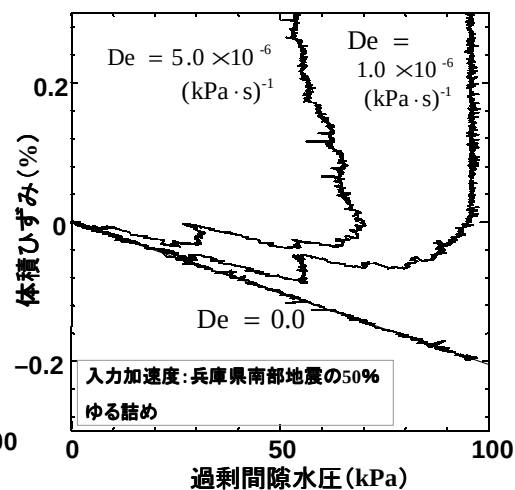


図-5 過剰間隙水圧—体積ひずみ関係

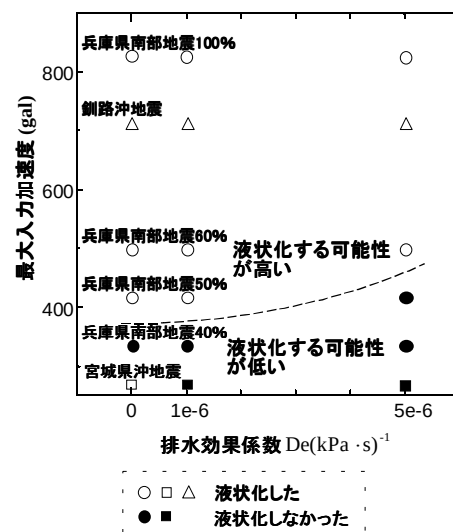


図-6 液状化の可能性と $De$ ・加速度の関係

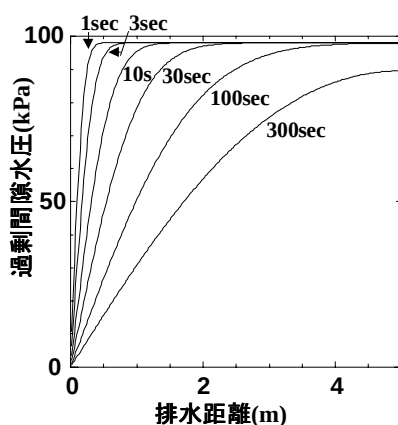


図-7 一次元排水状態における過剰間隙水圧の分布

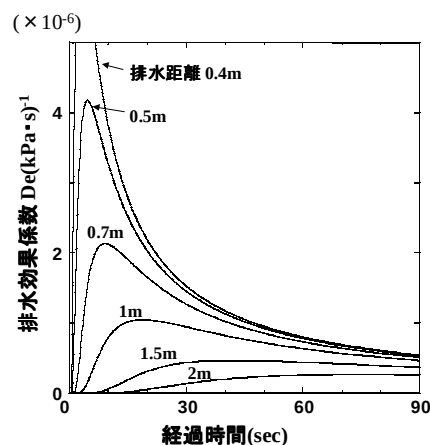


図-8 経過時間・排水距離と $De$ の関係