## B-77

# 飽和砂地盤の透水を考慮したオンライン地震応答実験による液状化挙動(その2)

Liquefaction Behavior by using Pseudo-dynamic Tests that Considers Permeability of Saturated Sands (Part2)

○寺木亨<sup>1</sup>, 山田雅一<sup>2</sup> Toru Teraki<sup>1</sup>, Masaichi Yamada<sup>2</sup>

Abstract : In this paper, we conducted the controlling excess pore water pressure by used of Pseudo-dynamic testing system and examined the influence of permeability on liquefaction of ground.

#### 1. はじめに

既報<sup>1)</sup>では、1次元透水方程式を組み込んだ2質点系オン ライン実験システムの開発を行い、透水が液状化の発生に大 きく寄与する可能性を示した.一方で、透水の制御を1層分 のみで行っていた.本報では、実験対象の各層において透水 の制御が可能なシステムに改善し、新たに2層砂地盤におけ る透水が液状化挙動に与える影響について検討を行う.

## 2. オンライン地震応答実験

### 2.1. 概要

オンライン実験<sup>2)</sup>は、復元力特性や過剰間隙水圧など複雑 で解析のモデル化が困難な要素に対して、要素試験から復元 力や水圧を直接取り込むことでモデル化を介さず地震応答 解析を行うことが可能である.したがって、非線形性が卓越 する液状化地盤の挙動を精度よく捉えられる可能性がある.

一方で、オンライン実験では実験の精度が復元力特性に大 きく影響を与える.本報では、原地盤における土要素の応 力・変形状態の比較的再現性の高い中空ねじりせん断試験機 を用いる.また、オンライン実験の課題点の一つに実験誤差 が挙げられる.この実験誤差に対しては文献<sup>3)</sup>で報告した接 線剛性による誤差補正方法を用いる.

透水の考慮に関しては、ダルシー則に基づく1次元透水方 程式より地震動継続中に発生する各層の間隙水の移動量お よびそれに伴う過剰間隙水圧の変化を算出し圧力制御によ って2層砂地盤を想定した透水現象の再現を行う.

#### 2.2. 本システムの構成

本システムの構成概略図を Fig.1 に示す.中空ねじりせん 断試験機は、高精度なひずみ制御試験を行うために電動ジャ ッキにより全自動でアクチュエータを制御している.透水に よる過剰間隙水圧の制御には、圧力制御器を用いた水圧制御 装置を使用し、供試体内部と水圧制御装置の間につないだ水 槽内部との圧力差によって透水現象を再現する.なお、目標 と実測の過剰間隙水圧の許容誤差は、圧力制御装置の制御精 度から±1.0kN/m<sup>2</sup> としている.これら機器の制御および各セ ンサーからのデータの取得並びに数値解析等はすべて PC に よって操作・処理する.

#### 3. 実験概要

本報における解析対象地盤および実験試料は既報<sup>1)</sup>のもの と同様である.各実験ケースをTable1に示す.Case1では非 排水条件,Case2とCase3では透水を考慮した排水条件とし た.また,上層の透水係数による影響を検討するために, Case2では上層と下層共に中粒砂程度の透水係数,Case3では



Fig.1 Development system configuration diagram Table1 Experimental conditions



1:日大理工・院・建築 2:日大理工・教員・建築



Time History of Excess Pore Water Pressure Ratio

Fig.3 Results of Pseudo-dynamic testing

上層のみ粗粒砂程度の透水係数を想定してオンライン実験 を行った.なお、境界条件は基盤面に接する下部境界では不 透水である非排水境界とし、上部境界は間隙水圧がゼロの自 由排水境界とした.また,Fig.2に入力地震動を示す.入力地 震動は El Centro-NS 成分であり, 最大加速度を 270 gal とした.

### 4. 実験結果

Fig.3 に Case 1 および Case 2, Case 3 のオンライン実験の過 剰間隙水圧比時刻歴および有効応力経路を示す. なお, 過剰 間隙水圧比時刻歴の図中に示す一点鎖線は、液状化と判断さ れる過剰間隙水圧比 0.95 の値(初期液状化)を表している.

過剰間隙水圧比の時刻歴から上層の過剰間隙水圧に着目 すると、透水を考慮していない Casel では過剰間隙水圧比は ほとんど上昇しないことが見て取れる。この要因として、下 層が液状化したことにより上層へせん断応力が伝わらなく なったことが考えられる.一方,透水を考慮した Case 2 では 透水の影響によって上層の過剰間隙水圧比が大きく上昇し 過剰間隙水圧比が 0.95 まで達していることが見て取れる.

したがって、本実験結果から透水を考慮することで、液状 化した層からの過剰間隙水圧の伝播で有効応力が減少する 二次的な液状化現象 4を捉えることが可能となる.また, Case3 のように上層の透水係数が大きな地盤では、排水効果 が大きく過剰間隙水圧が蓄積せずに液状化には至らないこ

とがわかる.よって、地盤の透水性を高めることで液状化強 度の上昇も見込める可能性が示唆された.以上のことから, 地盤の地層構成によっては透水が液状化に大きく影響する ことが考えられる.

#### 5. まとめ

本報告では、既報<sup>1)</sup>の2質点系オンライン実験システムに 透水制御装置を各層に付加し,透水を考慮したオンライン実 験を行った.本実験結果から地盤の液状化による透水の影響 で二次的な液状化または排水効果による液状化強度の上昇 を見込める可能性が示唆された. 今後, 透水の影響を定量的 に把握するとともにサブストラクチャオンライン実験シス テムの構築を試みる予定である.

#### 【参考文献】

- 1) 山田峻作 他:飽和砂地盤の透水を考慮したオンライン地震応答 実験による液状化挙動,日本大学理工学部学術講演会論文集, pp. 135 - 136, 2015.
- 2) 日下部伸,森尾敏,有本勝二:オンライン地震応答実験による2 層系砂地盤の液状化挙動, 土質工学会論文報告集, Vol. 30, No. 3, pp. 174 - 184, 1990.
- 3) 寺木亨 他:地盤系オンライン地震応答実験システムにおける誤 差補正方法の違いが応答結果に及ぼす影響、日本大学理工学部学 術講演会論文集, pp. 143 - 144, 2015.
- 4) 小林恒一, 吉田望, 三上武子: 二次液状化地盤の変形特性, 日本 建築学会大会学術講演梗概集, pp. 525 - 526, 2007.