

## 地震時流動土砂に対する杭基礎の耐震対策の効果について

熊本大学大学院 学生員○石原寿憲 熊本大学 正会員 秋吉 卓  
熊本大学 正会員 松本英敏 熊本大学 非会員 神崎陽介

## 1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震において、軟弱地盤では杭基礎の被害が甚大であった。これは地盤の液状化が地盤の流動化を引き起こし、杭基礎の強度を上回るせん断応力・曲げモーメントが発生したことが原因として考えられる。そこで本研究では傾斜地盤を数波の地震波で加振して、液状化および側方流動を発生させ、杭の最大および残留変位・曲げモーメントなどから耐震対策の効果を検討し、杭の流動変位を予測する。

## 2. 実験概要

砂槽 ( $L \times B \times H = 780 \times 400 \times 350 \text{ mm}$ ) 内に、水中落下法および振動締め固めによって一様な飽和砂地盤を相対密度 35, 60, 80%、下流側の層厚 250mm、傾斜 5% を目標として作成した。幾何学的相似則 1/100 を考慮して杭には、アクリル棒 ( $\phi 9 \text{ mm} \times 9 \text{ 本}$ ) を用いて杭間 75mm の正方形に配置し、床板には約 2.4kgf の鉄板を用いた。地震波は、兵庫県南部地震・千葉県東方沖地震・エルセントロ地震の 3 波形をそれぞれ 80, 150, 240gal に調整したものを入力する。

図 1 が実験模型図であり、実験ケースは表 1 に示す通りで、これらを 3 波形について行う。ただし、最大加速度 80gal のケースは兵庫県南部地震のみ行った。

## 3. 解析手法

流動解析には、プログラム「FLOW」、液状化解析には、2次元有効応力解析プログラム「NUW2」を使用した。

## 4. 実験結果および考察

ここでは、兵庫県南部地震のケースについて考察する。図 2 は、CASE 6 での過剰間隙水圧比の時刻歴である。加速度が大きくなると同時に過剰間隙水圧比も上昇し、それぞれの深さでも主要動の 5 秒間で過剰間隙水圧比はほぼ完全に消散することが分かる。当然、深層になるにつれ過剰間隙水圧比の上昇が抑えられている。

図 3 は、入力加速度 230gal の条件下で各相対密度における最大過剰間隙水圧比をプロットしたものである。

全般的には、相対密度を 35% から 55% に締め固めた程度では、あまり液状化防止効果は見られない。これを深度別に見ると、表層付近では 80% に締め固めても、大きな効果は見られないが、深層部では相対密

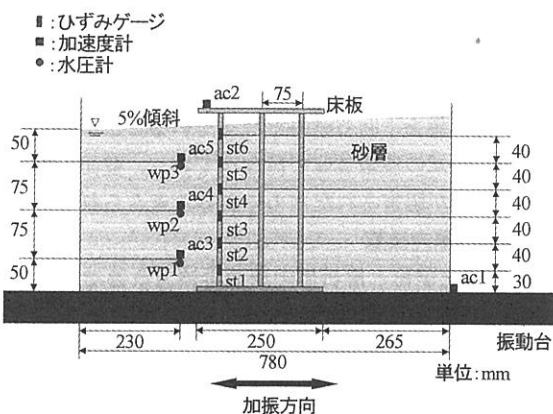


図 1 実験模型図

表 1 実験ケース

|                    |     | 相対密度(%) |       |       |
|--------------------|-----|---------|-------|-------|
|                    |     | 35      | 60    | 80    |
| 最大<br>加速度<br>(gal) | 240 | CASE1   | CASE2 | CASE3 |
|                    | 150 | CASE4   | CASE5 | CASE6 |
|                    | 80  | CASE7   | CASE8 | CASE9 |

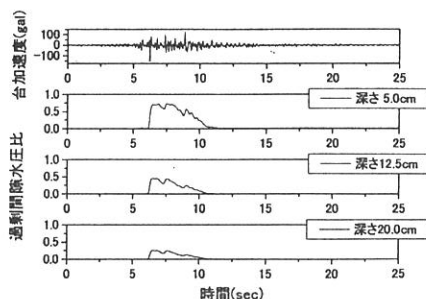


図 2 過剰間隙水圧比の時刻歴

度 50%以上の締め固めでは、かなり大きな液状化防止効果が期待できる。

図4は、過剰間隙水圧比と杭頭の最大ひずみとの関係をプロットしたものであり、図中の連続曲線は指数関数として近似したものである。過剰間隙水圧比が0.6を超えるあたりから急激にひずみが大きく現れてくる。

図5は、CASE 4の杭頭におけるひずみの時刻歴である。図から明らかに地盤の傾斜による流動ひずみと、加振による振動ひずみの重複と見なすことができるため、以下では両ひずみを分離して考える。

図6は、最大入力加速度をほぼ一定とした時における相対密度ごとの流動ひずみの時刻歴である。地盤の締め固めは、杭の最大ひずみの低減に大きな効果を示している。ただ残留ひずみに関しては26%から55%に締め固めてもあまり効果はなかったため注意を要する。

図7の■は、CASE 1に

におけるひずみデータを用いて計算した曲げモーメントであり、実線は7次のTchebycheffの多項式で近似させ、さらに土圧・変位・地盤反力係数を順次求めたものである。CASE1では砂全体が流動化し、杭の先端固定部に大きな曲げモーメントおよび土圧が集中している。地盤反力係数は、土圧を変位で除して求めたので、変位が0に近くなる7cmより深い部分では正確に求められなかった。

## 5. 解析結果

解析結果については講演時に譲る。

### 【参考文献】

- 1) 松本秀應・他：液状化地盤における地盤反力係数，第22回土質工学研究発表会，pp.827-828，1987。
- 2) 秋吉卓・他：液状化土の自重による側方流動の解析について，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，1504-1510，1998。

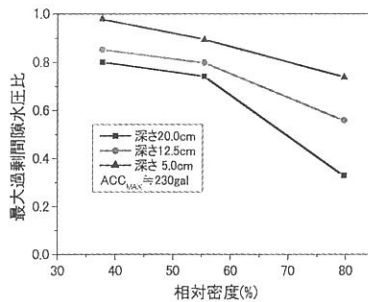


図3 過剰間隙水圧比と相対密度

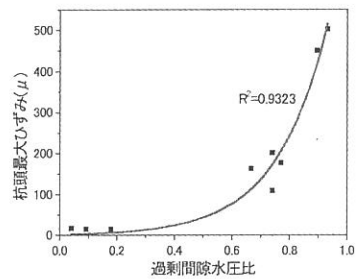


図4 過剰間隙水圧比とひずみ

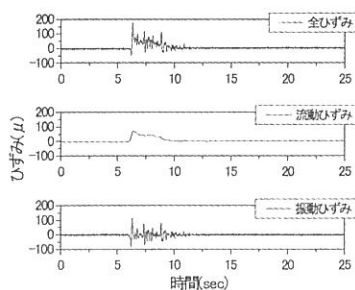


図5 ひずみの分離

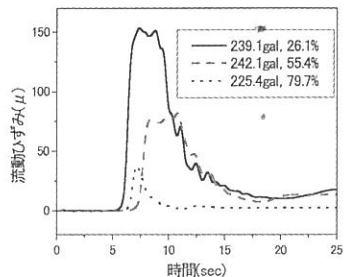


図6 流動ひずみの時刻歴

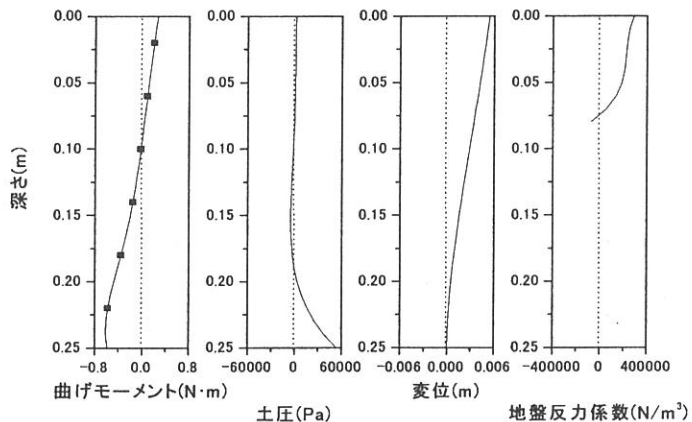


図7 杭のモーメント・土圧・変位・地盤反力係数