

杭への流動圧低減のための地盤改良の効果

熊本大学 正会員 ○松本 英敏 熊本大学 正会員 秋吉 卓
八代高専 正会員 瀧田 邦彦 熊本大学 学生員 原口 裕史

1. はじめに

兵庫県南部地震における杭基礎の被害事例¹⁾をみると、図1に示すように被害の約7割が液状化あるいは側方流動に起因するものであった。そこで本研究では、振動台を用いた模型実験を通して、液状化の発生条件と対応させた入力による振動土圧と傾斜による流動土圧に分離して、杭ひずみに及ぼす影響について検討した。その際の地盤改良による杭土圧軽減効果についても言及している。

2. 実験概要

模型地盤は、砂槽（ $L \times B \times H = 780 \times 350 \times 350 \text{ mm}$ ）内に水中落下法により飽和砂地盤を作成した。その後、サンドコンパクションパイル（SCP）を一様に打設する代用として、砂層加振により所定の相対密度に調整した。杭は相似則（1/100）を考慮して、アルミ棒（ $\phi 4 \text{ mm} \times 16 \text{ 本}$ ）を正方形配置した。また地盤は水平及び5%勾配の2種類とし、入力加速度100gal～300galの正弦波5Hzで加振した。実験条件は表1にまとめてあり、計測機器の配置は図2の通りである。

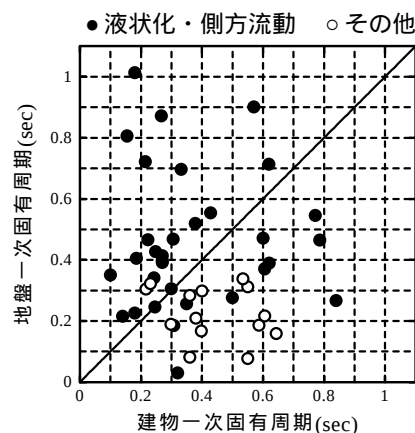


図1 杭基礎の被害¹⁾

表1 実験条件

加速度	水平地盤	傾斜地盤（5%）
100gal	CASE1	-
200gal	CASE2	CASE3
250gal	-	CASE4
300gal	-	CASE5

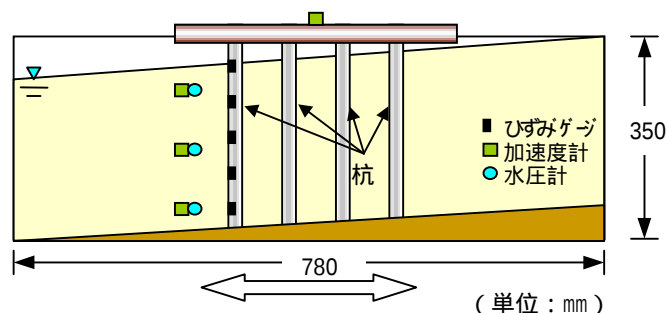


図2 実験概略図

3. 実験結果

はじめに、入力加速度と締固めの関係について水平地盤で実験した。CASE2の地表面から12.5cmの深さにおける過剰間隙水圧比の時刻歴と相対密度（層全体の平均密度）

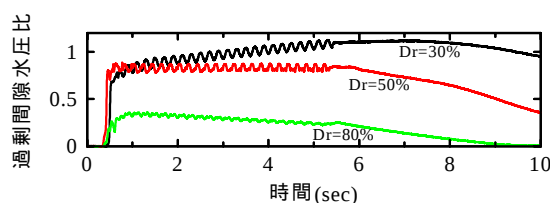


図3 過剰間隙水圧比の時刻歴（CASE2）

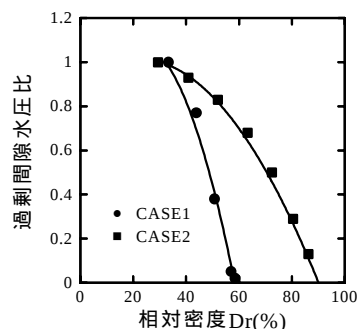


図4 過剰間隙水圧比と相対密度の関係

の関係を表したのが図3である。相対密度が大きくなるにつれて過剰間隙水圧の上昇を抑え、消散速度を早めていることが判る。

次に、CASE1およびCASE2についてステップ加振した場合の

相対密度と過剰間隙水圧比の最大値をプロットしたのが図4である。図より入力加速度が小さい場合（100gal）は、相対密度が約 $Dr = 50\%$ で液状化を防止できるが、入力加速度が大きくなると相対密度80%を要することが判る。そこでこのデータをもとに傾斜地盤に対する締固め地盤の改良効果を見るため、液状化対策を施したCASE3～CASE5の地盤での杭ひずみと曲げモーメントについて検討した。

キーワード：液状化、流動土圧、杭、曲げひずみ、相対密度

連絡先：〒860-8555 熊本市黒髪二丁目39-1 Tel 096-342-3570 Fax 096-342-3507

図 5 は地表面勾配 5% の CASE3 ($Dr=35\%$) における加振時の杭の曲げひずみの時刻歴の例であるが、明らかに加振による振動ひずみと地盤の傾斜（重力）による流動ひずみ（中心線）との重複とみなせるので、以下では両ひずみを分離して考察する。図中の流動ひずみは、過剰間隙水圧の上昇後に急激に立ち上がるが時間とともに低下していく。これは液状化発生時に上流側の混相体のポテンシャルヘッド差（流体圧）が杭に一気に作用するためであり、以後は傾斜解消による流体圧低下のため、杭反力により復元していくと解釈される。すなわち液状化した砂 - 水混相体は液体の性質が強いと言える。図 6 は杭頭の流動ひずみと相対密度の関係を表しているが、入力加速度が大きくなるにつれひずみも大きくなっている。また地盤改良を施すことで相対密度を大きくすれば、杭頭の流動ひずみを指数関数的に抑制することができる。図 7 は同様のケースについて振動ひずみの最大振幅をプロットした。図よりひずみは、加速度に比例して大きくなり相対密度が増加すれば放物状に下がっていくことが判る。図 8 は CASE3 において時間経過による杭の曲げモーメントを表している。1sec 後は、流体圧が衝撃的にかかるため杭頭に大きな曲げモーメントを発生するが、時間の経過とともに傾斜が解消され、流体圧減少に合わせてモーメントも小さくなっている。

4. 解析結果

実験で作成した地盤データ (CASE3) をもとに、2 次元有限要素プログラム FLOW²⁾により杭にかかる静的な流動力を求め、流動力のみを考慮した杭頭の最大および残留モーメントの解析を行った結果が図 9 である。最大曲げモーメントと残留曲げモーメントについては解析値の方が若干大きかったが、概ね再現できたと考える。詳細については講演時に譲る。

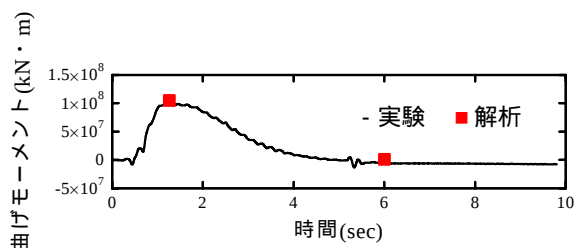


図 9 杭頭の流動ひずみによる曲げモーメント

【参考文献】

- 1) 妹尾・他：兵庫県南部地震における建物・基礎被害の略算固有周期による検討, 建築学会大会学術講演梗概集, pp.29-30, 1999.
- 2) 秋吉・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(1998)論文集, pp.1504-1514, 1998.

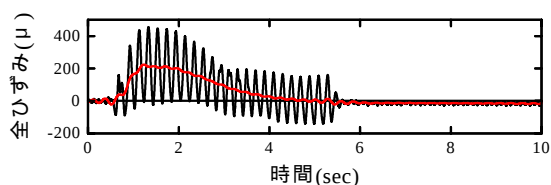


図 5 杭頭のひずみ時刻歴 (CASE3)

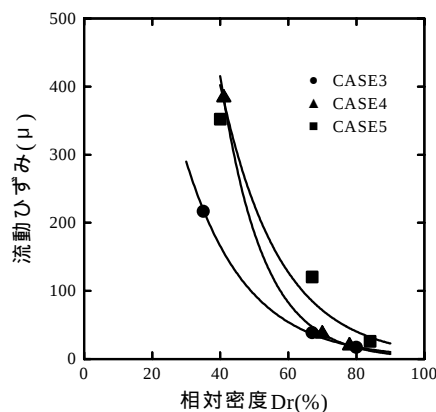


図 6 杭頭の流動ひずみと相対密度の関係

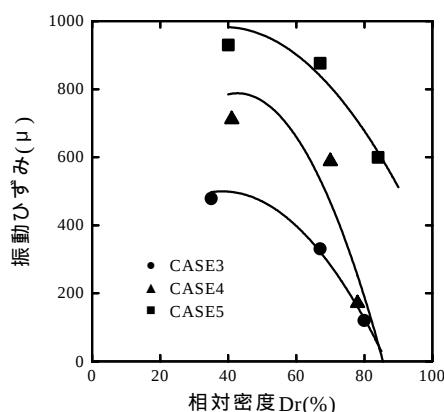


図 7 杭頭の振動ひずみと相対密度の関係

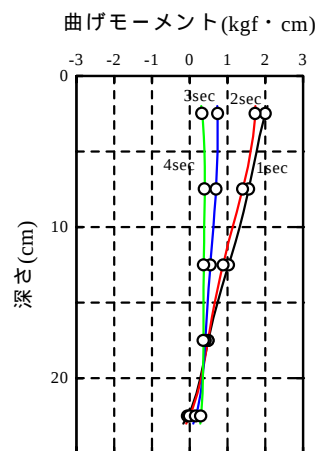


図 8 杭の曲げモーメント