

杭基礎における改良地盤の地震応答特性について

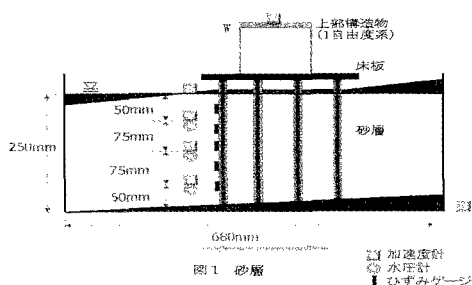
熊本大学 正会員 秋吉 卓 熊本大学 正会員 松本 英敏
 熊本大学 非会員 木原 隆文 熊本大学 学生員 〇原口 裕史

1.はじめに 液状化後の側方流動による杭基礎への影響を検討するため、振動台による模型実験を通して、振動土圧と流動土圧が杭に及ぼす影響の解明と地盤改良による杭土圧軽減効果について検討する。地盤・杭・構造物(1自由度系)の規模は、実物の1/100とし、正弦波振動により、傾斜地盤を流動化させた。

2.実験概要 模型地盤については、水槽(L×B×H=780×350×350mm)内に水中落下法により飽和砂層を作成し、初期地盤を無対策(相対密度 $Dr \approx 30\%$)とし、さらにサンドコンパクションパイル(SCP)を一樣に打設することを砂層加振で代用し、 $Dr=40\% \sim 80\%$ の地盤を作成した。杭は、相似則を考慮し、アルミ棒(直径4mm)を16本、杭間70mmで正方形配置した。また、基盤と地表面の傾斜は水平及び5%の2種類とし、砂層加振は正弦波5Hz、加速度100および200galで5秒間加振し、計測は10秒間行った。砂層の加振加速度と地盤勾配との組み合わせによる実験条件は表1にまとめ、その他水圧計と加速度計の配置は図1の通りである。また、上部構造物については、床板(3kgf)および板ばね支持の1自由度系(W=1kgf; 固有周期 $T_s=0.8$ 秒)で構成している。

表1 実験 Case 表

加速度	水平	傾斜地盤
100gal	Case1 ($Dr=30, 40, 50, 60, 65\%$)	—
200gal	Case2 ($Dr=40, 50, 60, 70, 80, 85\%$)	Case30 ($Dr=35, 60, 80\%$)



3.実験結果及び考察 最上位の水圧計による過剰間隙水圧比と相対密度 Dr (%)との関係を表したのが図2である。ただし、 Dr は砂層全体の平均密度である。この図より、 Dr の高い地盤では水圧の上昇が抑えられ、加速度が100および200galの場合、それぞれ $Dr=60\%$ および 80% で液状化を起こさなくなる。図3は、加速度100galの時の過剰間隙水圧比を相対密度 Dr ごとに示している。 Dr を上げることで過剰間隙水圧の上昇を抑え、その消散を早めることが分かる。このデータをもとに傾斜地盤に対する締め固め地盤改良効果を見るため、無対策($Dr=30\%$)と液状化対策地盤($Dr=60\%, 80\%$)での杭ひずみと曲げモーメントで検討する。

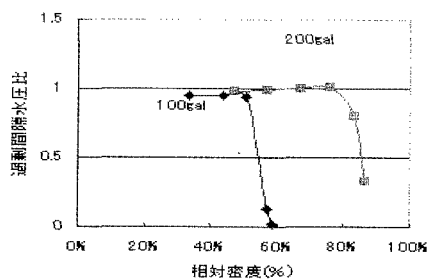


図2 過剰間隙水圧比と相対密度の関係

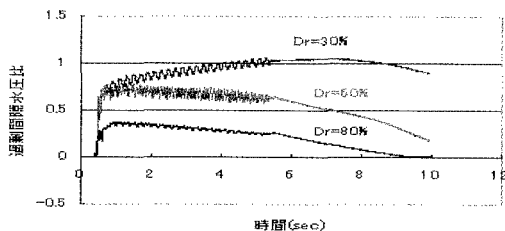


図3 過剰間隙水圧比の時刻歴(加速度100gal)

図4は、加振5秒間とその後5秒間の杭の軸ひずみ時刻歴の例であるが、明らかに加振時の振動ひずみと流動化による流動ひずみとの重複とみなしうるので、以下は両者を分離して考察する。図5はCase2とCase3の動ひずみの平均であるが、地盤傾斜による振動ひずみの差はあまりなく、 Dr の増大とともに液状化が抑えられて杭の振動ひずみも低下することが見られる。一方、図6は、水平及び傾斜地盤における杭の流動ひずみの時刻歴を示している。水平地盤では急激な液状化開始による非線形振動のため一部、分離が完全とは言えないが、以後は無視できるほど小さい。一方、傾斜地盤では杭ひずみが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、以後の傾斜解消による流体圧低下のため杭反力で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。

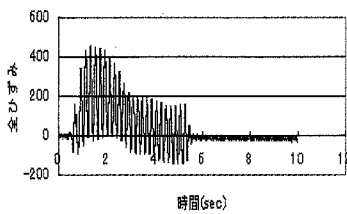


図4 杭の全ひずみの例(Case3)

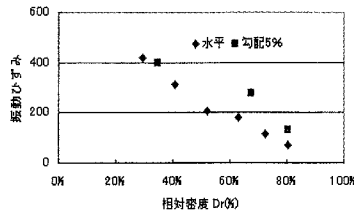


図5 相対密度と杭の振動ひずみの関係

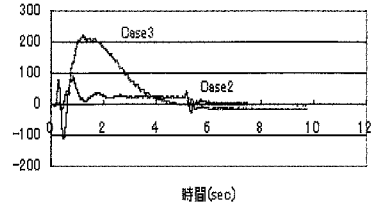


図6 杭の流動ひずみの時刻歴(Case1とCase2)

次に杭の軸ひずみから杭頭の最大曲げモーメント(Case3)に換算したものを図6に示す。SCPで一様に締め固めるかわりに砂層加振で代用して、相対密度 Dr の増加させているが、杭頭曲げモーメントは Dr とともに放物的に下がっていくことが分かる。また、図8は杭頭最大曲げモーメントの時刻歴を $Dr(\%)$ ごとに表した。この図より、傾斜地盤では、相対密度の小さい場合ほど杭への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が発生するが、傾斜の解消とともに流体圧は下がり、杭の弾性復元力で杭頭のひずみが解消されていき、残留ひずみも小さい。一方、 Dr が大きい地盤では、初期杭頭曲げモーメントの急激な上昇はさけられるが、ほとんどそのままが残留することは注意を要する。

3. 解析表現 実験で作製した地盤データをもとに2次元有限要素プログラム FLOW⁴⁾により杭にかかる静的な流動を求め、流動力のみを考慮した杭頭の最大及び残留曲げモーメントの解析を行った。(図9参照)

4. 解析結果と考察 紙面の都合上、講演時に譲る。

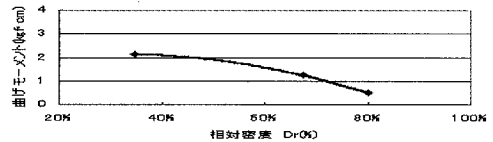


図7 傾斜地盤における相対密度と杭頭に曲げモーメントとの関係(流動ひずみのみ考慮)

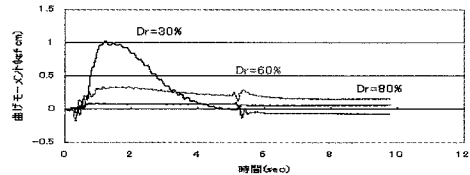


図8 相対密度による曲げモーメントの時刻歴の違い(流動ひずみのみ考慮)

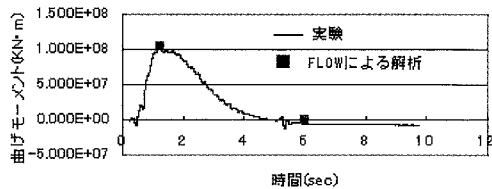


図9 杭頭における最大、残留曲げモーメントの実験結果と解析の対比(流動ひずみのみ考慮)

【参考文献】

- 1) 石原研而：土質動力学の基礎、鹿島出版、1976。
- 2) 土質工学会：液状化対策の調査・設計から施工まで、1993
- 3) 兵頭・秋吉・淵田・松本：振動締め固めによる地盤改良工法の液状化防止効果について、土木構造材料論文集、第12号、pp41-50
- 4) 秋吉、尻無濱、淵田、松本：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.1054-1514、1998,11。