

既設杭基礎構造物の合理的な液状化対策

岐阜大学大学院工学研究科 学生会員 田辺晶規 非会員 余川弘至
 岐阜大学工学部 正会員 八嶋 厚 正会員 原 隆史
 岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員 沢田和秀
 (独)水資源機構 学生会員 加藤智雄
 (株)大林組技術研究所 正会員 江尻譲嗣 正会員 樋口俊一

1. はじめに

地震継続時間が長い東海・東南海連動型地震の発生が懸念されており、既設構造物の耐震対策が急務となっている。特に、東海地域平野部¹⁾は、飽和した緩い砂質地盤が広範囲に厚く堆積しているため、甚大な液状化被害の発生が予測される。

本研究では、これまで主として地中構造物の対策として用いられてきた排水機能付き矢板の杭基礎構造物への適用について検討する。ここでは、「排水機能付き矢板の液状化対策としての効果」と、「杭基礎を有する既設構造物の液状化時における杭の挙動」を確認することを目的とした。そのため、動的遠心実験の結果と二次元有効応力解析による遠心実験の再現解析結果を示す。

2. 遠心模型実験概要

液状化実験には、大林組技術研究所の遠心実験装置を用いた²⁾。液状化対策工法なしのケース A と排水機能付き矢板を設置したケース B の 2 ケースを同時に 50G 場で遠心実験した。同一地盤条件で 2 ケースを行うために、せん断土槽内部に中仕切り鋼板を設置した。モデルは相似則²⁾を用いて 50 分の 1 縮尺で作成した。せん断土槽内部には、上部構造物、板杭、矢板を図-1、図-2 のメッシュ図のように設置した。表-1 には、それぞれの材料の寸法を示す。実構造物と同じ杭・矢板の曲げ剛性を表現するために、モデル杭・矢板は厚さによって調整した。上部構造物、杭、矢板は、ヤング率 $2 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ の鉄を使用した。杭基礎は、 4×4 の 16 本の群杭で、上部構造物に剛結した。

地盤材料には珪砂 7 号を使用し、 $\text{Dr}=60\%$ を目標に空中落下法で作成した。その後、水の 50 倍の粘性を持つセルローズで地盤を飽和させた。ケース B(排水機能付き矢板設置)で使用する矢板には、排水機能を持たせるために GT フィルター³⁾を接着した。

表-1 構造物の寸法

寸法(mm)	幅	奥行(厚さ)	高さ	備考
せん断土槽	1790	800	565	-
中仕切り鋼板	1790	(19)	565	-
上部構造物	400	380	460	重量(0.9kN)
板杭	4	(25)	300	16本(4×4)
矢板	1	(380)	460	鉄

3. 入力地震動

入力地震動は、中央防災会議で発表された想定東海・東南海地震動を検討対象構造物周辺の地盤特性を考慮し、FDEL⁴⁾で作成した。FDEL による当該地域の最大加速度振幅は 145gal と計算されたが、矢板の効果をより明確にするために、得られた加速度の約 2 倍の地震動を入力した。図-3 には、実験での入

力地震動を示す。本研究では、振動台に設置した加速度計によって計測された地震動(実規模換算した値)を入力地震動として設定した。

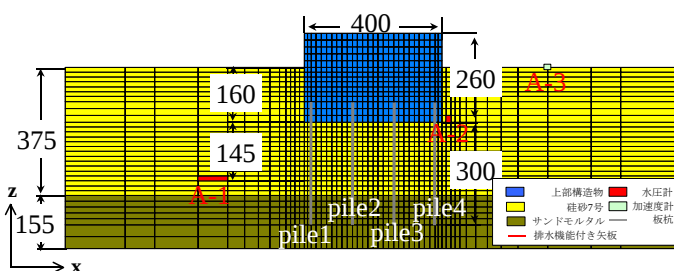


図-1 対策なし(ケース A)

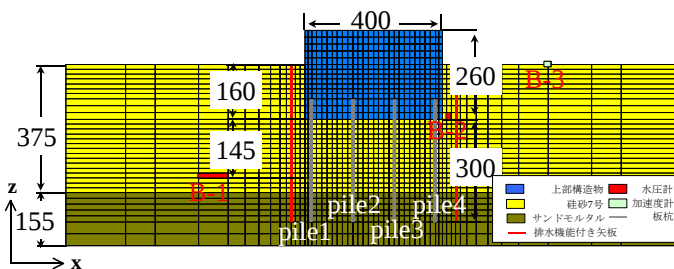


図-2 排水機能付き矢板あり(ケース B)

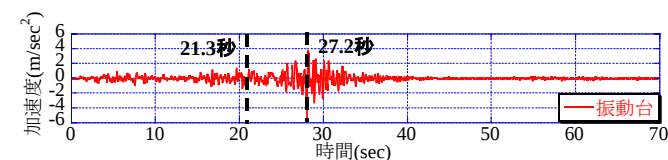


図-3 入力地震動

4. 解析条件

遠心実験の再現解析を行うために、二次元有効応力解析プログラム LIQCA⁵⁾を使用した。本解析で用いる地盤の物性値は、過去に大林組技術研究所で行われた 7 号珪砂の種々の試験から決定した。砂の液状化に関する数値パラメータは、要素シミュレーションを行い、試行錯誤で決定した。解析メッシュは、図-1、図-2 で示したメッシュを使用した。動的解析での拘束条件は、地盤底面を剛基盤とした。解析領域の両端には等変位境界を設けた。

5. 実験結果と解析結果の比較

5.1 加速度の比較

図-4 には、ケース A における A-3 地点(図-1 参照)での実験結果と解析結果の加速度フーリエスペクトルの比較を示す。実験と解析でともに 0.7、2.0Hz で大きくなった。ケース B も同様に実験結果を再現できた。

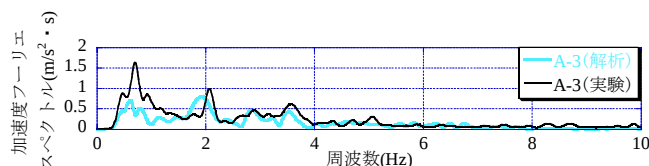
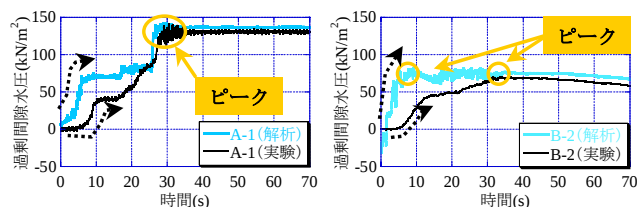


図-4 A-3 地点(解析・実験)での固有周波数特性

5.2 過剰間隙水圧の比較

図-5(a)には A-1 地点(図-1 参照)の実験と解析の過剰間隙水圧の時刻歴を示す。実験と解析で過剰間隙水圧の最大値はよく合っていたが、解析では、過剰間隙水圧の上昇が、実験に比べて早いという結果であった。ケース B の B-1 地点でもほぼ A-1 地点と同様の結果であった。

図-5(b)には B-2 地点(図-2 参照)の実験と解析の過剰間隙水圧の時刻歴を示す。A-1 地点と同様にピーク値は合っているが、ピークをむかえる時間が実験に比べて解析のほうが早かった。

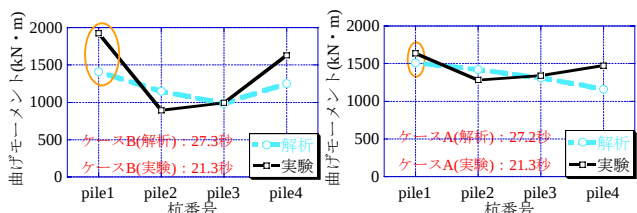


(a) A-1 地点(解析・実験) (b) B-2 地点(解析・実験)

図-5 過剰間隙水圧の時刻歴

5.3 杭頭曲げモーメントの比較

図-6 には、ケース A、B の実験と解析の杭頭曲げモーメントのピーク値を示す。杭の位置は、図-1 及び図-2 に示した。実験のケース A(図-6(a)参照)では pile1、4 で杭頭曲げモーメントが大きくなった。ケース B(図-6(b)参照)は、pile1~4 までほぼ同じ大きさになった。実験と解析を比較すると、pile2~4 までの杭頭曲げモーメントのピーク値は再現することができた。しかし、解析のケース A では、実験のように外杭で杭頭曲げモーメントが顕著に大きくなることは再現できなかった。



(a) ケース A(無対策) (b) ケース B(対策あり)

図-6 杭頭曲げモーメントのピーク値

図-7 には、解析と実験での杭頭曲げモーメントの時刻歴を示す。Pile1 の実験結果で杭頭曲げモーメントのピークは、21.3 秒で発生しているが、解析では 27.3 秒でピークが発生している。ピーク発生時間は、合っていないが、初期の曲げモーメントやピークの値(図-6 参照)は再現することができた。

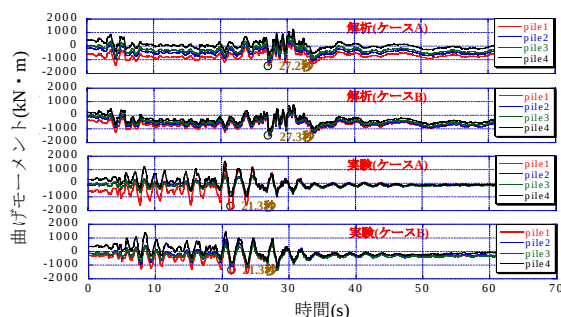


図-7 杭頭曲げモーメントの時刻歴

6. 排水機能付き矢板の効果と杭の挙動

図-8 には、実験の A-2 地点(図 1 参照)と B-2 地点(図-2 参照)における過剰間隙水圧の時刻歴を示す。A-2 地点は、B-2 地点に比べて過剰間隙水圧の上昇が早かった。また B-2 地点は、A-2 地点に比べて過剰間隙水圧の消散が早かった。排水機能付き矢板には、水圧の上昇を遅らせる効果と過剰間隙水圧の消散を早める効果があった。図-6 の実験結果が示すように、排水機能付き矢板を設置することで、外杭(pile1、4)の杭頭曲げモーメントが抑制され、内杭(pile2、3)が大きくなるという結果であった。排水機能付き矢板の効果によって、外杭の杭頭曲げモーメントが内杭で受け持たれていると考えられる。

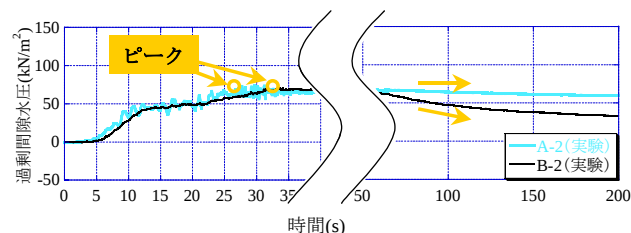


図-8 A-2 地点(実験・解析)での過剰間隙水圧の時刻歴

7. まとめ

・排水機能付き矢板の効果

排水機能付き矢板には、過剰間隙水圧の上昇を遅らせ、消散を早める効果と外杭(pile1、4)の杭頭曲げモーメントを小さくし、内杭(pile2、3)が受け持つことによって平均化する効果が見られた。

・再現結果

ケース A での杭頭曲げモーメントが外杭で大きくなることやケース B での排水機能付き矢板を設置することで平均化することを二次元解析で再現することができた。過剰間隙水圧の上昇過程と杭頭曲げモーメントのピーク時間の違いは、三次元解析で合わせていく。

参考文献

- 財団法人国土技術研究センター：木曾三川下流部河川堤防、水門・樋門耐震性評価手法ガイドライン、2006。
- 大林組遠心模型実験グループ：遠心模型実験装置の活用事例、大林組技術研究所報、No.66、pp.121-124、2003。
- 三喜産業株式会社：
<http://www.mikisangyou.co.jp/jp/lob/ecoBU/gtfi/index.html>
- 杉戸真太、合田尚義、増田民夫：周波数依存性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察、土木学会論文集、No.493/II-27、pp.49-58、1994。
- 液状化解析手法 LIQCA 開発グループ：LIQCA2007 (2007 年公開版) 資料、2007。