

抑止杭を用いた液状化に伴う流動低減に関する振動台実験

東京電機大学 正会員 安田 進
 東京電機大学 学生会員 田中 智宏
 東京電機大学 学生会員 ○石井 隆志

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震では液状化に伴って岸壁・護岸の移動や背後地盤の流動が発生した。そして近傍の橋梁や建物、タンク等の構造物に甚大な被害を与えた¹⁾。液状化に伴う地盤の流動を防ぐ方法として、地盤が液状化しないように対策をとる事が有効であるが、経済性の観点から見ると現実的ではない。そこで筆者たちは流動化が生じても護岸背後地盤にある杭基礎に対する被害を低減させる方法を検討している。以前の研究では小型の土槽を用いて杭基礎の下流側に対策工として連続壁を施した場合の有効性を確認した²⁾。本研究では中型土槽を用い杭基礎の下流側に連続壁に代えて抑止杭による対策を施し、振動台を用いた模型実験を行いその効果を検討した。

2. 実験内容

使用した試料の粒径加積曲線を図 1 に示す。試料は比較的均一な粒径を有する栃木県産の珪砂である。図 2 に模型地盤と計測器配置図を示す。土槽は剛体土槽であり、その中に幅 70cm のスペーサーを入れ、幅 200cm × 高さ 77cm × 奥行き 80cm の模型地盤を作製した。護岸断面構成を簡素化するため、捨石マウンドや置換砂を設けず、土槽下部及び背後地盤に珪砂を $Dr=50\%$ 程度となるように水中落下法で作製した。表層の非液状化層には粒径 2mm ~ 4.75mm の礫を用いた。護岸はケーソン式とし、幅 20cm × 高さ 50cm の木製の箱を用い比重が約 2.1 となるように調整した。模型護岸は、1 函の計測ケーソン(奥行き 33cm)を 2 函のダミーケーソン(奥行き 20.5cm)で挟み込む 3 函構造とした。ケーソンの両端はウレタンを貼り付けグリースを塗布し土砂の流出入と摩擦低減を図った。模型杭はアルミニウム製で幅 30mm × 厚さ 5mm 下端は土槽に固定し上端は自由端である。

実験は対策を施さない CASE1、杭基礎と護岸の間に幅 15mm × 厚さ 5mm の抑止杭を 2 列千鳥に配置した CASE2(図 3-(a))、矩形に配置した CASE3(図 3-(b))の計 3 ケースほど実施した。加振は、全て土槽長手方向に正弦波を 400gal, 3Hz, 20 波(前後テーパ 3 波)加えた。

背後地盤内には間隙水圧計と地中変位計を埋設した。ケーソン護岸及び杭基礎模型の変位はレーザー変位計で計測した。

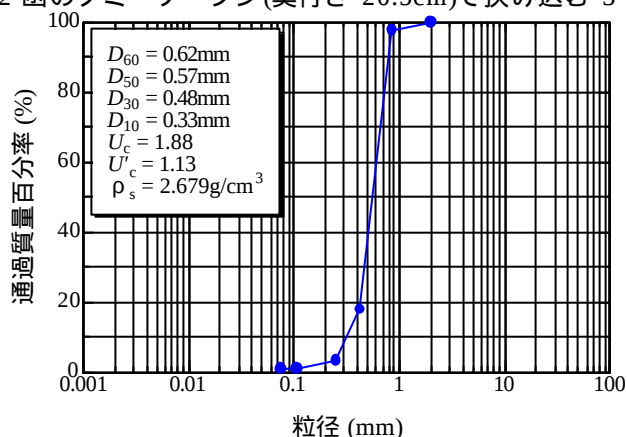


図 1 実験で使用する珪砂の粒径加積曲線

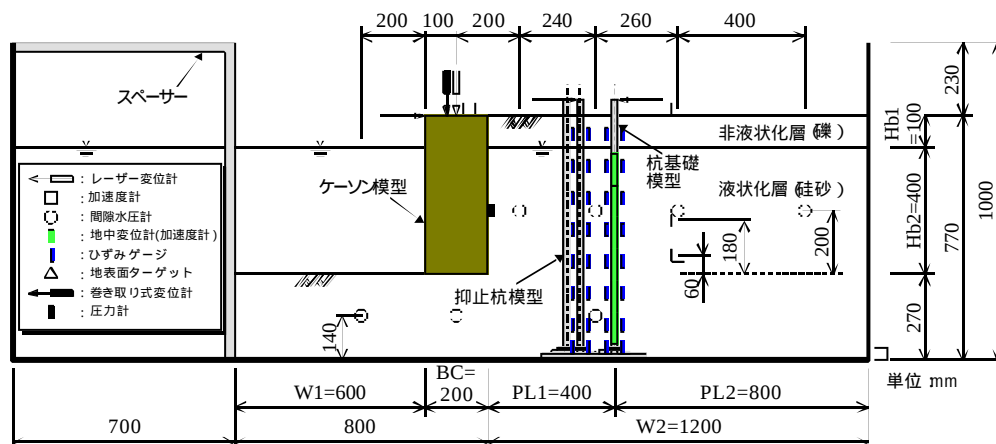
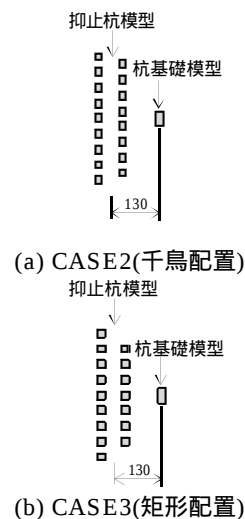


図 2 模型地盤と計測器配置図



(a) CASE2(千鳥配置)

(b) CASE3(矩形配置)

図 3 抑止杭配置

キーワード：液状化・地震・振動台実験・護岸・杭基礎・流動

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 Tel 049-296-2911

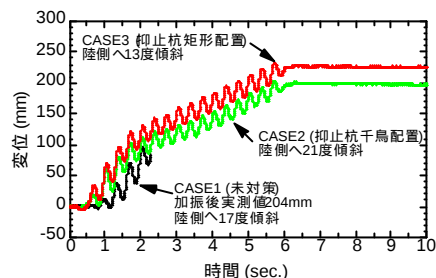
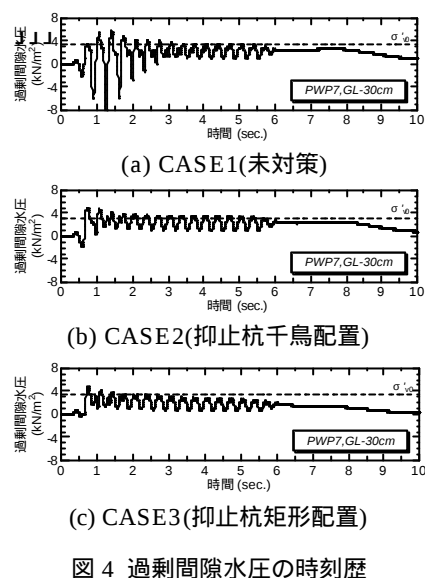


図5 ケーソン護岸の水平変位時刻歴

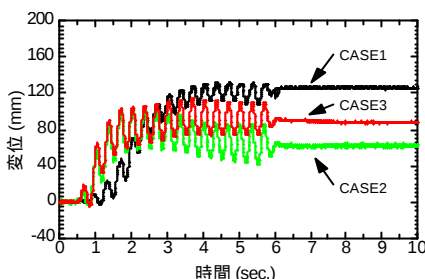
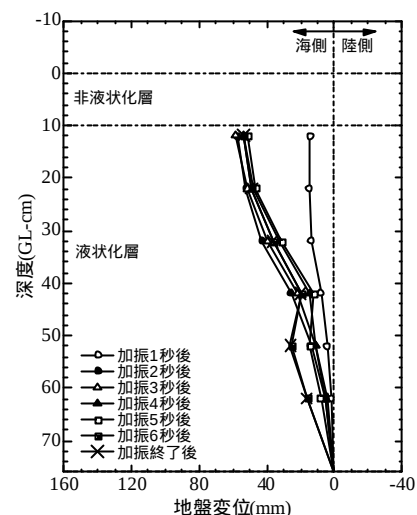
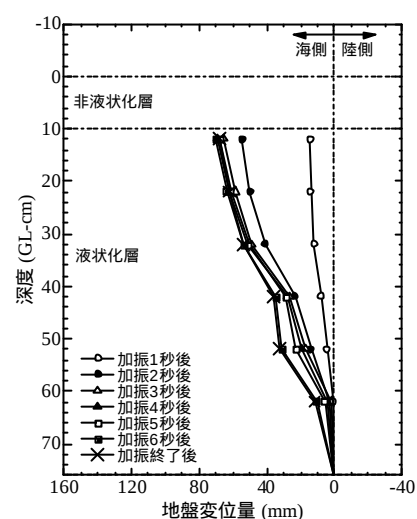


図6 杭基礎頭部の水平変位時刻歴



(a) CASE2



(b) CASE3

図7 地盤変位量の深度分布

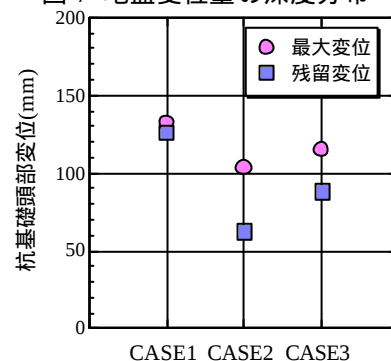


図8 杭基礎頭部の最大変位及び残留変位

3. 実験結果

図4に各ケースにおける過剰間隙水圧の時刻歴を示す。ケーソンから最も離れた測点(PWP7)での時刻歴を見ると、加振開始から2～3波でほぼ初期有効上載圧に達し液状化に至っている。その後は、護岸の移動に伴い地盤のせん断変形進行し有効上載圧が変化しているため多少の水圧減少が見られるものの、ほぼ液状化状態を維持している。加振終了後約2秒すると過剰間隙水圧は減少し始その後静水圧へ戻った。

図5に全てのケースにおけるケーソン護岸の水平変位の時刻歴を示す。CASE1は、レーザー変位計のターゲットが加振中はずれたため途中までしか計測できていない。ケーソン護岸は、加振と共に海側へ変位しながら沈下していき全てのケースにおいて約2秒間は海側に前傾していたが、その後は陸側へ後傾するように移動した。

図6に全てのケースにおける杭基礎頭部の水平変位の時刻歴を示す。全てのケースにおいて加振と共に海側へ変位を生じた。未対策ケース(CASE1)の場合、水平変位は加振とともに増加した。対策ケース(CASE2, CASE3)の場合、水平変位量は未対策ケースに比べ小さくなった。これは、抑止杭が地盤の流動を抑えたためである。CASE2とCASE3を比較するため図7に杭基礎近傍の地盤変位量の深度分布を示す。地盤変位量を見るとCASE2の方がCASE3より小さくなっている。これは、図3に示したようにCASE2は千鳥配置で抑止杭の間を液状化した地盤がすり抜けにくく、抑止杭が地盤を抑えたためと考えられる。また、地盤変位量が小さくなったため杭基礎に作用する力が小さくなり図8に示すように杭基礎頭部の最大変位量を小さく出来き、杭基礎自身の剛性により陸側へ戻る量が大きくなったものと考えている。

4. まとめ

液状化に伴う流動の対策として抑止杭を設置することを考え、振動台実験を行った。その結果抑止杭で杭基礎頭部の最大変位及び残留変位を小さくする事ができた。また抑止杭の配置は矩形より千鳥の方が効果が大きかった。なお、本研究は、文部科学省が推進している大都市大震災軽減化特別プロジェクトの一環として行われたものである。関係各位に謝意を表します。

【参考文献】1) 例えば阪神・淡路大震災調査報告委員会：阪神・淡路大震災調査報告書，1998. 2) 野村博之，安田進，小林利雄，田中智宏：液状化にともなう護岸背後地盤の流動の対策に関する振動台実験，地震時の地盤・土構造物の流動性と永久変位に関するシンポジウム発表論文集，pp.439-444，1998.