

I-B 395 新しい液状化対策杭の振動変位抑制効果を評価する小型振動台実験

飛島建設技術研究所 正会員 笹木 弘  
 同 上 正会員 森 伸一郎  
 同 上 正会員 三輪 滋  
 同 上 正会員 槇 島 修

1. はじめに

杭に翼状の突起を設けることでサイクリックモビリティを励起し、地盤のせん断強度を早期回復させることで、大地震の杭基礎構造物の液状化に対する抵抗力を増強させる事を原理的特徴とする液状化対策杭を考案した<sup>1)</sup>。今回、その効果及び原理を実証、確認することを目的として杭模型を用いた小型振動台実験を行った<sup>2)~4)</sup>ので報告する。

2. 液状化対策杭の基本的な考え方<sup>1)</sup>

飽和した緩い砂地盤が地震時に繰返しせん断されると、非排水状態では過剰間隙水圧が蓄積され液状化する。しかし、密な砂地盤ではある程度以上にせん断ひずみが大きくなると、正のダイラタンシー特性により負の間隙水圧が生じせん断剛性は急激に回復する。このような現象はサイクリックモビリティ現象と呼ばれ、中密砂の場合でも大きなせん断ひずみが生じると見られる。そこで、局部的に地盤のせん断ひずみを励起することで本来のダイラタンシー特性を積極的に利用して、液状化地盤中の杭の水平抵抗の回復を図ることを目的に、周囲に翼状の突起を設けた「液状化対策杭」（以下翼付杭と呼ぶ）を考案した。図-1に翼付杭に期待する効果を示す。この杭は液状化するような地震力が作用すると、地盤をより早くサイクリックモビリティ状態にさせることで杭の水平抵抗を回復し、杭の振動変位を抑制させるものである。

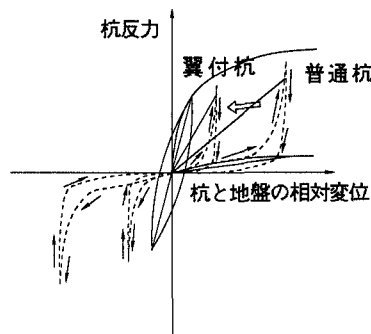


図-1 液状化対策杭に期待する効果

3. 実験概要

3.1 実験主要機器：実験には、幅50×50cm、深さ40cmのせん断土槽、地盤作成には豊浦標準砂を用いた。杭模型は直径30mm、厚さ2mm、長さ450mmの亚克力製パイプを用いて作製し、翼付杭には杭周囲に厚さ2mmの亚克力製の翼（幅が杭径の1/2、高さが杭径と同じ30mm）を90°間隔に、また深さ方向に4段階設置した。杭頭には集中質量として重りを載せた。計測器は、杭頭に加速度計及び変位計を設置するとともに、杭表面に歪みゲージを設置しその挙動を計測した。また、杭周囲の間隙水圧変化を計測するために間隙水圧計を杭1本につき2個取り付け付けた。さらに地盤内には間隙水圧計および加速度計を埋設しその挙動を計測した。図-2に杭模型と計器配置を示す。

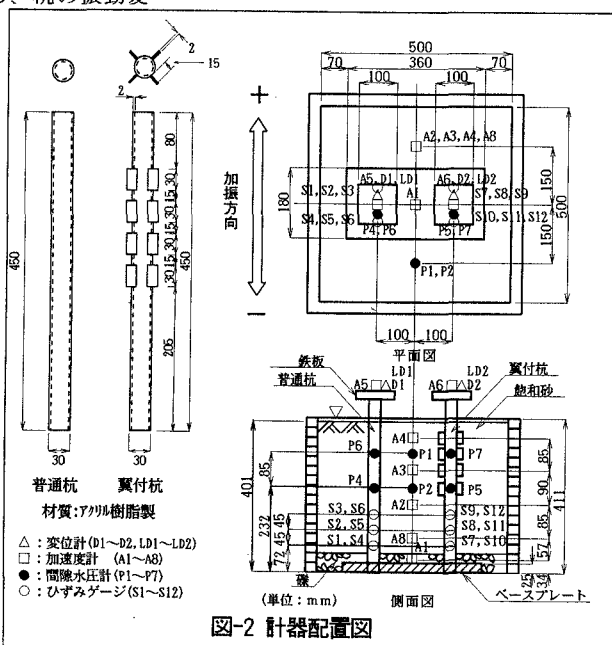


図-2 計器配置図

3.2 実験方法：地盤は、土槽内に普通杭、翼付杭および計器を設置した後、最下部に礫を約5cm敷き、さらに砂散布器から空中落下法で砂を散布し作成した。地盤の層厚は約34cmである。地盤密度は、落下高さ及び砂散布器の移動速度で調整した。地盤作成後、二酸化炭素を通気し地盤内の空気を置換した後、脱気水を通水し地盤を飽和させた。飽和後約10時間養生し実験を行った。実験に用いた入力地震波は1Hzから30Hzまで、加速度振幅特性がフラットなランダム波で、スペクトル強度の比が約1:3のものを2種用いた。図-3に入力地震波の1例を示す。また、図-4に実験ケースの条件と入力加速度を相対密度の変化と併せて示す。

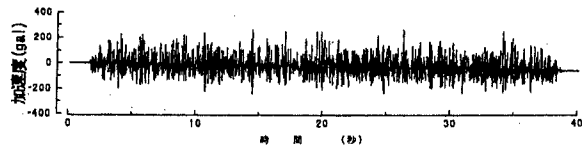


図-3 入力地震波の1例

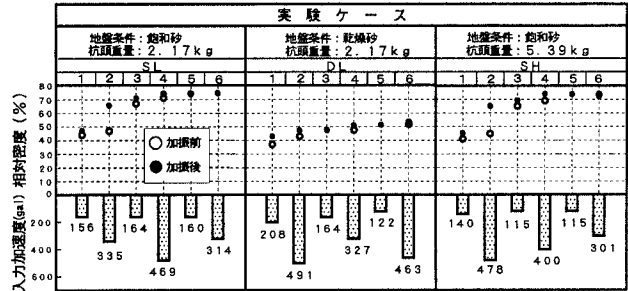
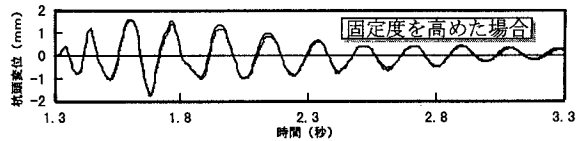
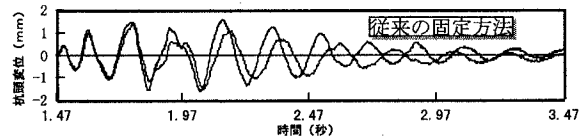


図-4 各ケースの条件及び入力加速度と地盤の相対密度の変化

4. 実験精度

これに先立つ予備実験では、杭先端は土槽底盤に設置したキャップに杭を固定し、ハリガネ状の固定治具により緊結していたが、2本の普通杭による気中加振（地盤のない杭だけの加振：地盤の抵抗がなく固定方法の影響が最もよく現れる。）でも位相のズレや振幅の変動にバラツキが生ずることが確認され十分な固定条件が実現できなかった。本実験では、鉄製ベースプレート（厚さ25mm）に円形開口を設け、杭挿入後超硬石膏を充填し固定した。図-5に2本の普通杭を気中加振した際に現れた固定度の影響を示す。固定度の改善で位相のズレは解消され、振幅の誤差も少なく、実験精度を向上させることができた。



普通杭 2本 気中加振、杭頭重量 2.17kg  
図-5 2本の普通杭の杭頭変位に現れた固定度の影響  
（加振波は1995年兵庫県南部地震JMA神戸NS）

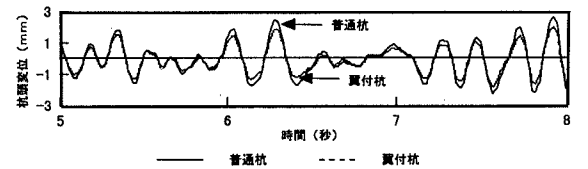


図-6 杭頭変位時刻歴波形 (SH-4)

5. 実験結果

図-6に杭頭変位時刻歴波形の1例を示す。普通杭に比べ翼付杭の変位が小さくなっていることから、翼付杭の変位抑制効果が確認できる。また、飽和地盤における加振による地盤相対密度の変化は図-4からわかるように、加振初期段階では液状化により相対密度が急激に高くなるが、加振が進むにしたがい密な地盤に変化するとともに密度変化も小さくなる。

6. まとめ

実験結果から、翼付杭は普通杭に比べ振動変位を抑制する効果が認められ、液状化対策杭は有効であることが確認された。今後はより実物に近い杭を用いた大型実験で検証しその効果の確認を行う必要がある。なお、この実験は飛島建設と川崎製鉄が共同研究として実施したものである。

参考文献

- 1) 森伸一郎, 三輪滋: 新しい液状化対策杭の振動台実験, 第23回土木学会地震工学研究会発表講演概要, pp.357-360, 1995.7
- 2) 横島修, 森伸一郎, 三輪滋, 笹木弘: 新しい液状化対策杭の小型振動台実験での振動変位抑制効果に及ぼす影響要因, 第51回土木学会年次学術講演会講演概要集1, 1996.9 (投稿中)
- 3) 三輪滋, 森伸一郎, 笹木弘, 横島修: 新しい液状化対策杭の小型振動台実験での振動変位抑制のメカニズム, 第51回土木学会年次学術講演会講演概要集1, 1996.9 (投稿中)
- 4) 森伸一郎, 三輪滋, 横島修, 笹木弘: 新しい液状化対策杭の小型振動台実験での振動変位抑制効果の定量評価, 第51回土木学会年次学術講演会講演概要集1, 1996.9 (投稿中)