

第Ⅲ部門

杭周辺の液状化層に施す地盤改良の強度と杭体曲げモーメントに関する実験的検討

京都大学大学院	学生会員	○稲上	慶太
京都大学大学院	正会員	澤村	康生
阪神高速道路株式会社	正会員	小坂	崇
阪神高速道路株式会社	非会員	西海	能史
京都大学大学院	正会員	木村	亮

1. はじめに

軟弱地盤や液状化地盤における杭基礎は、現行の設計法に基づいて耐震照査を行うと、下部構造が大規模化し、建設コストや必要用地が増大する場合がある。そこでフーチング下部に地盤改良を施工し、杭の水平抵抗を増大することで、杭本数やフーチングを縮小する種々の工法が開発されてきた^{例えば1)}。その中で篠原ら²⁾は、狭小地での液状化地盤対策に、このような地盤改良と杭基礎を組み合わせた工法を適用するため、2次元動的解析を実施した。その結果、適切な強度の地盤改良を施すことで、曲げモーメントを大きく低減する効果を得られることを明らかにしている。本研究では、液状化地盤上に建設された2×2群杭基礎を対象とし、フーチング下部に施す地盤改良強度の差異が杭の曲げモーメントに与える影響を解明することを目的に、50 G 遠心力場で振動実験を実施した。

2. 実験概要

実験模型の概略図を図1に示す。上部に液状化層が存在する地盤を想定し、模型地盤は珪砂6号を用いて、プロトタイプスケールで上部3mを $D_r=40\%$ 、下部10mを $D_r=85\%$ とした。遠心力場における相似則を満たすため、水の50倍の粘性を有するメトロゾ水溶液を用いて地盤を飽和させた。実験ケースは、Case-1が改良を施さない杭基礎のみ、Case-2では強度の低い改良($q_u=830\text{ kN/m}^2$, $E=8.523\times 10^5\text{ kN/m}^2$)、Case-3では強度の高い改良($q_u=6350\text{ kN/m}^2$, $E=8.523\times 10^5\text{ kN/m}^2$)を施した。杭模型は、端部が剛結された杭長12m、直径0.4m、肉厚40mm、の杭基礎を想定し、アルミニウム製パイプ($E=7.06\times 10^7\text{ kN/m}^2$)を用いた。フーチングと杭端固定部はステンレス製とし、これらを接着固定して作製した。なお、杭模型寸法および材質は、杭端底部で曲げモーメントが0となることを目標として決定した。改良体部は、

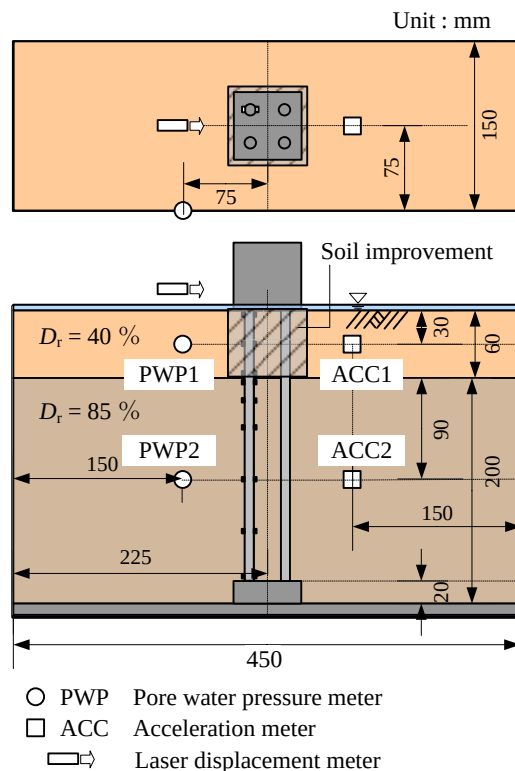


図1 実験模型の概略図

強度の低い Case-2 では乾燥重量比で笠岡粘土：セメント：水 = 8：1：5.61 の配合とした。温度を 20℃ に保ち 6 日水中養生した。強度の高い Case-3 では、乾燥重量比で笠岡粘土：砂：セメント：水 = 1：2：1：1.27 の配合とした。温度を 20℃ に保ち 2.5 日水中養生した。入力波は最大加速度 2.5 m/s^2 程度の 1 Hz テーパー付正弦波 20 波とした。

3. 実験結果

図2、図3にそれぞれ Case-1 における地盤内の間隙水圧および応答加速度の時刻歴を示す。液状化層では間隙水圧 PWP1 が全応力に達し、さらに応答加速度 ACC1 の波形が急激に減衰していることから、地盤が液状化していると判断できる。一方、非液状化層では、間隙水圧

PWP2 が全応力に近づいており、有効応力が減少しているが、応答加速度 ACC2 の波形に減衰が見られないため、完全な液状化には至っていないと判断できる。これらの傾向は他の 2 ケースでも同様であった。

図 4 に Case-1 における杭頭変位と杭頭曲げモーメントの時刻歴を示す。杭頭変位が最大となる時刻において、杭頭曲げモーメントも最大となる。この傾向は他の 2 ケースでも見られた。

図 5 に、各ケースにおいて杭頭変位が最大となり、杭の曲げモーメントが最大となった時刻での曲げモーメントの深度分布を示す。Case-3 では計測不良のため、改良体内の一点は推定値としている。Case-1 では曲げモーメントが杭頭部で最大となるのに対し Case-2, Case-3 では杭頭部ではほぼ 0 に近い値を示している。一方、改良体境界部で曲げモーメントが増大し、最大値となる。この傾向は改良強度を増大すると、より顕著に見られる。杭全体の曲げモーメントの最大値は、Case-1 で $515.0 \text{ kN}\cdot\text{m}$ に対して、Case-2 は $304.1 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 、Case-3 は $453.0 \text{ kN}\cdot\text{m}$ であり、低減効果は Case-2 で良好であった。これらの結果から、篠原ら²⁾が報告しているとおり、曲げモーメント低減効果は改良強度の増大に比例せず、適切な強度の地盤改良により、大きな低減効果を得られていることが確認できる。

4. 結論

本実験では、適切な強度の地盤改良工を施すことにより、液状化時に杭に発生する曲げモーメントの最大値を低減できることが確認できた。今後、狭小地での液状化地盤対策などを念頭に、より効果的な地盤改良強度・剛性・範囲を検討するため、改良部分の条件を変更した実験や数値解析を行う必要がある。

参考文献

- 1) 富澤幸一，西川純一：深層混合処理工法により形成した複合地盤における杭設計手法，土木学会論文集，No.799/III-72，pp.183-193，2005
- 2) 篠原聖二，茂呂拓実，金治英貞，坂梨利男，谷澤史剛：地盤改良幅および強度が地震時杭挙動に与える影響検討，土木学会第 67 回年次学術講演会講演集，I -381，pp.761-762，2012。

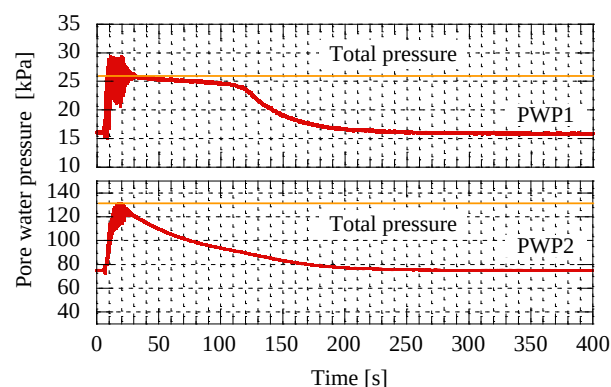


図 2 地盤内の間隙水圧 (Case-1)

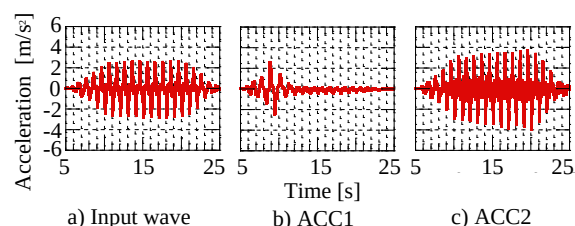


図 3 地盤内の応答加速度 (Case-1)

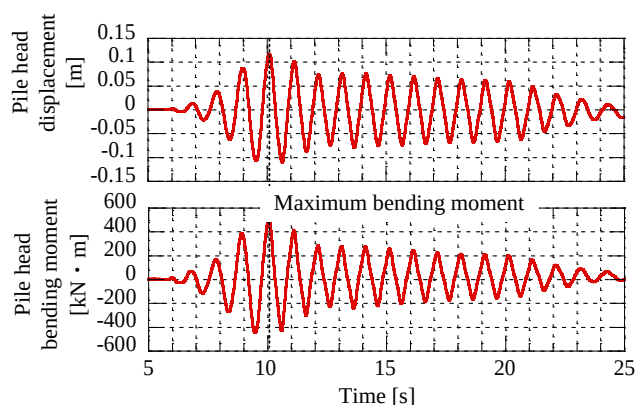


図 4 杭頭変位，杭頭曲げモーメントの時刻歴 (Case-1)

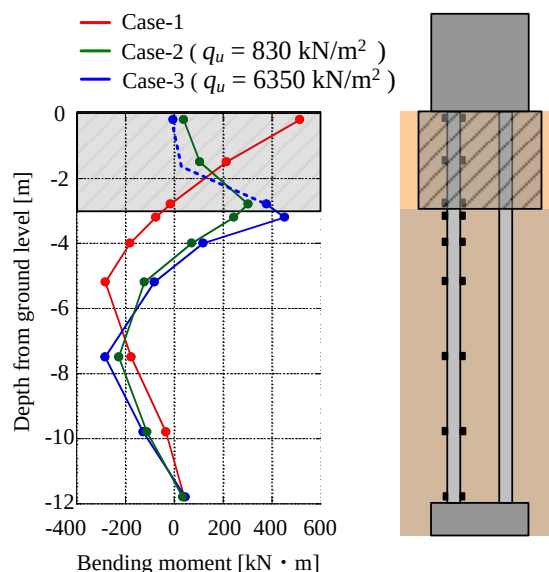


図 5 杭頭変位最大時の曲げモーメント分布