

基礎の補強や維持更新に対する地盤改良の適用性の検討

木村 亮*

1. 研究の目的

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、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杭頭変位を抑制し、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。また稲上ら^{3),4)}は、液状化地盤上に建設された2×2群杭基礎を対象とし、フーチング下部に地盤改良強度の差異が杭の地震時挙動に与える影響を遠心力載荷実験により検討を行っている。実験は、上部構造の重心位置が異なる2種類の模型に対して実施され、上部構造の重心位置と地盤改良強度について調べられた。本研究では、稲上ら^{3),4)}の実験結果を詳しく分析し、同工法が液状化対策として効果的に機能する条件について知見を整理した。

2. 稲上ら^{3),4)}の実験の概要

図-1に実験模型の概略図と計測機器の配置を示す。文献3)では、上部構造物の重量のみに着目し、フーチングに上部構造の重量も付加したアルミ模型を用いており、重心位置は地表面から1.5 mである。一方、文献4)では、上部構造の重量と重心位置が考慮されており、フーチングおよび橋脚部はアルミニウム製、頂部のみステンレス製ブロックで作製されている。フーチングおよび上部構造全体の重心位置は地表面から5.8 mである。

表層部に液状化層が存在する条件を想定しているため、いずれの実験においても珪砂6号を用いて表層3 mに相対密度 $D_r = 40\%$ の液状化層、液状化層の下部10 mに相対密度 $D_r = 85\%$ の非液状化

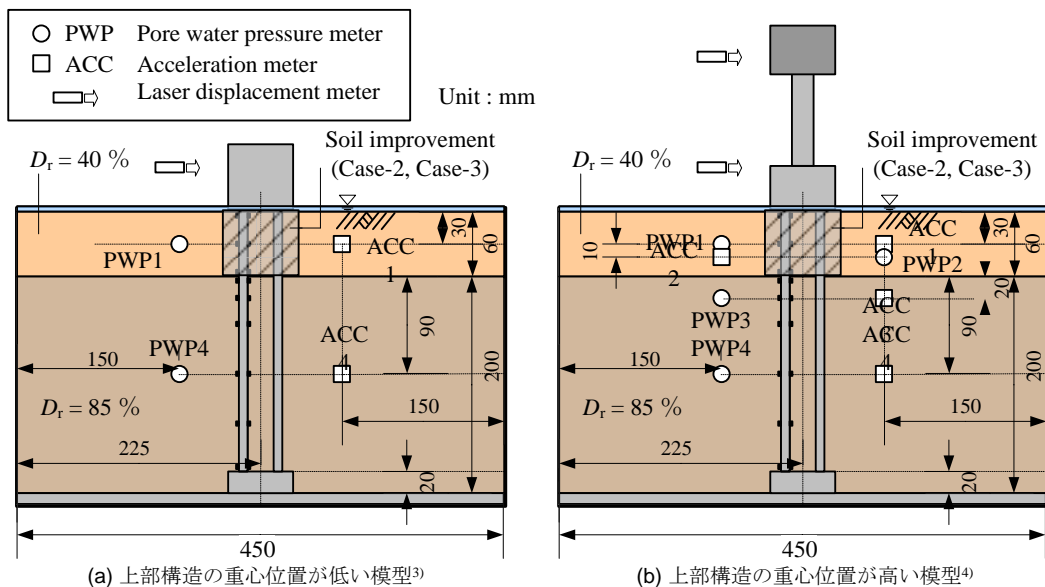


図-1 実験模型の概略と計測機器の配置図^{3),4)}

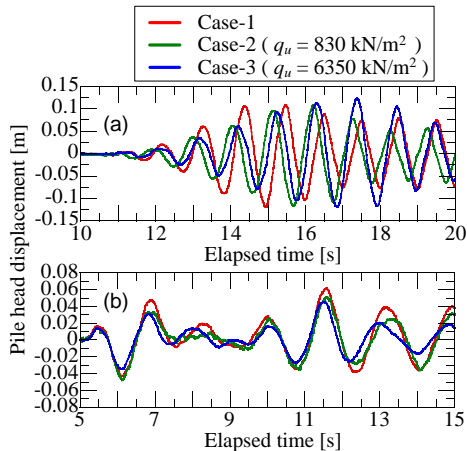


図-2 杭頭加速度の時刻歴^{3),4)}

(a): 重心位置が低い模型, (b): 重心位置が高い模型

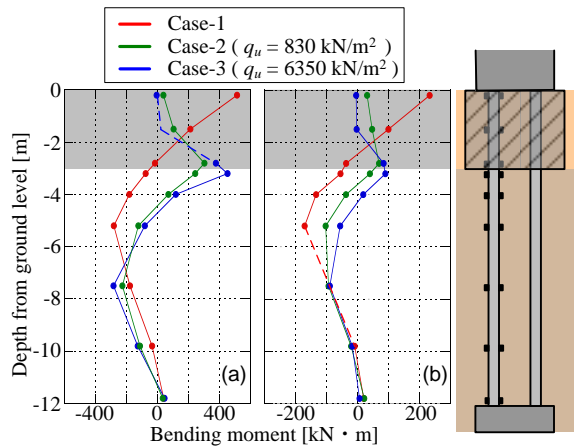


図-3 杭頭変位最大時の曲げモーメント分布^{3),4)}

(a): 重心位置が低い模型, (b): 重心位置が高い模型

層がモデル化されている。実験ケースは、Case-1 が改良を施さない杭基礎のみ、Case-2 では強度の低い地盤改良 ($q_u = 830 \text{ kN/m}^2$, $E = 8.52 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$)、Case-3 では強度の高い地盤改良 ($q_u = 6350 \text{ kN/m}^2$, $E = 5.94 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$) をフーチング直下に施すものである。入力波は、文献3)では最大加速度 2.5 m/s^2 を目標とした 1 Hz テーパー付正弦波 20 波、文献4)では道路橋示方書のレベル1地震動がそれぞれ入力されている。

図-2 に各ケースの杭頭変位の時刻歴を示す。上部構造の重心位置が低い模型³⁾では、加振直後から16秒後付近までは改良を施していないCase-1で変位が最小となったが、その後は逆転し、地盤改良を施したCase-2,3の変位量が大きくなった。一方、上部構造の重心位置が高い模型⁴⁾では、加振中のいずれの時刻においても、改良を施していないCase-1で杭頭変位が最大となり、地盤改良を施すことで杭頭部の変位抑制効果が確認できる。

図-3 に杭頭変位が最大となる時刻での曲げモーメント分布を示す。両模型とも、地盤改良を施すことで杭頭部の曲げモーメントが軽減され、逆に改良体直下での曲げモーメントが増大していることが確認できる。負の曲げモーメントが発生する深度が大きい箇所でも模型による挙動の差異が確認され、変形モードや固有周期等を総合的に考えて考察が必要である。

3. 得られた成果

上部構造の重心位置が低い模型を用いた実験³⁾では、地盤改良による変位の抑制効果は確認できなかったが、重心位置を高くしより実構造に近い条件とした実験⁴⁾では、地盤改良による杭頭変位の抑制効果が確認された。今後は、構造物の周波数特性と入力地震動の関係を精緻に分析し、同構造物の力学挙動を明らかにしていく予定である。

4. 謝辞

本研究は、株式会社 不動テトラより委託されたものであり、関係各位に謝意を表す。

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, 金治英真, 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, 1-381, pp.761-762, 2012.
- 3) 稲上慶太, 澤村康生, 小坂 崇, 西海能史, 木村 亮: 杭基礎周辺の地盤改良が杭の地震時挙動に与える影響に関する遠心模型実験, 第53回地盤工学研究発表会, pp.1233-1234, 2018-7.
- 4) 稲上慶太, 澤村康生, 小坂 崇, 西海能史, 木村 亮: フーチング下部の液状化層を地盤改良した群杭基礎の地震時挙動に関する遠心模型実験, 第54回地盤工学研究発表会, pp.1293-1294, 2019.