

地盤の非線形性を考慮した杭間相互作用係数と Superposition Method の適用性に関する実験的研究

埼玉大学 正会員 ○齊藤 正人

埼玉大学 非会員 Chandra Goit

University of Patras 非会員 George Mylonakis

1. 目的

杭基礎に支持される構造物の動的応答を評価する方法の一つに **Substructure** 法がある。この方法では、群杭基礎の動力学的特性をフーチング質量（慣性モーメント）とインピーダンス特性（動的ばね特性）により表現する。群杭基礎のインピーダンスには、強い振動数依存性があることが知られている。一般に、振動数依存性は表層地盤の卓越振動数に起因したものと、隣接する杭が加振杭、受動杭となって振動するいわゆる杭間相互作用の影響を要因とするものがある。群杭基礎のインピーダンスを簡易に求める手法の一つに、杭間相互作用係数を用いた **Poulos's Superposition** 法がある。ここで杭間相互作用係数とは、2組の杭を対象に、一方を加振杭、他方を受動杭として、加振杭の杭頭を単位振幅で調和加振した際の受動杭の応答変位振幅を振動数ごとに求めた値である。そのため、杭間相互作用係数は通常、振動数の関数として表される。既往の研究により、**Superposition** 法を用いることで、杭間相互作用係数と単杭のインピーダンス特性から群杭のインピーダンス特性を近似的に算定できることがわかっている。

一方で、杭周辺地盤の局所的な非線形性が群杭基礎のインピーダンス特性に著しい影響を及ぼすことが、様々な実験等によって明らかにされている。著者らによる一連の研究では、地盤に非線形性が生じても振動数依存性が現れること、また遮断振動数が地盤の非線形性によって低下することなどが判明している。そこで本研究では、地盤の非線形性が生じる場合の杭間相互作用係数の動特性、ならびに **Superposition** 法の適用可能性について模型実験により検証した。

2. 実験方法

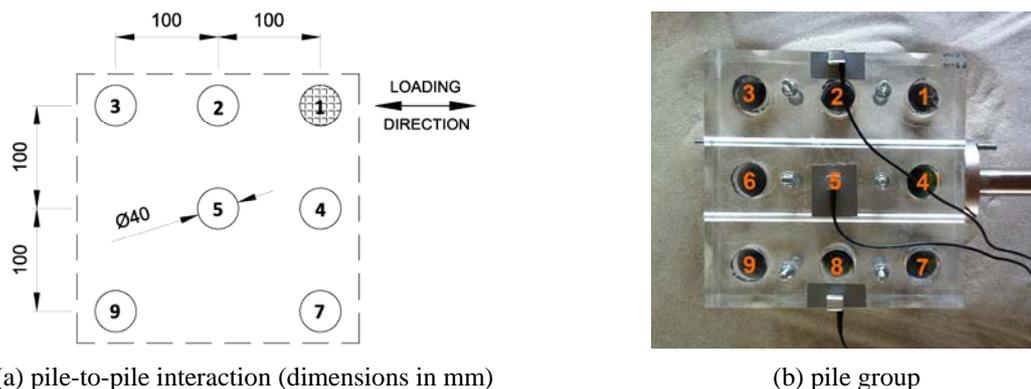


図 2-1 水平方向の杭間相互作用係数を求める実験と群杭配列

本研究では、図 2-1(a)に示すように杭を配列し（アクリル製、杭径 40mm, 杭長 900mm, 鉛直杭）、せん断土槽に埋設した。加振杭 1 は水平位置に配したアクチュエータ（10kN 加振装置・埼玉大学所有）に固定した。載荷実験はおよそ 9Hz~35Hz まで 1Hz ごとに定常加振を与え、応答が安定した段階で計測を行った。加振レベルは、振動数範囲が広いことから加振振動数を一定として 0.2-5.0m/s² の範囲とした。受動杭の杭頭は自由と

キーワード 動的相互作用, インピーダンス特性, 振動数依存性, 非線形性, 群杭基礎

連絡先 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院理工学研究科 TEL048-858-3560

した。地盤材料は乾燥砂（岐阜砂）を用いており（層厚 1000mm, $D_r=77.5\%$ ），別途実施した地盤材料のみの基礎加振実験からは，微小変形レベルでの表層地盤の卓越振動数はおよそ 23Hz であった。また，比較検討のために杭頭をフーチングで拘束した 3x3 本杭の群杭実験を同左条件により実施した(図 2-1(b))。

3. 実験結果と結論

図 3-1 によれば，加振杭に近い杭 2 の杭間相互作用係数は，杭 3 に比べて幅広い振動数領域において大きく，加振杭の影響を強く受けることがわかる。また，入力レベルが増加し地盤の局所的な非線形性が高まることで，その傾向は顕著になる。別途実施した模型実験による単杭インピーダンス特性と，これらの杭間相互作用係数を用いて，Superposition 法により群杭インピーダンス特性を計算した結果を図 3-2 に示す。図 2-1(b)の実験モデルを用いて直接得た群杭基礎のインピーダンス特性（丸印）と良好に一致していることが理解できる。

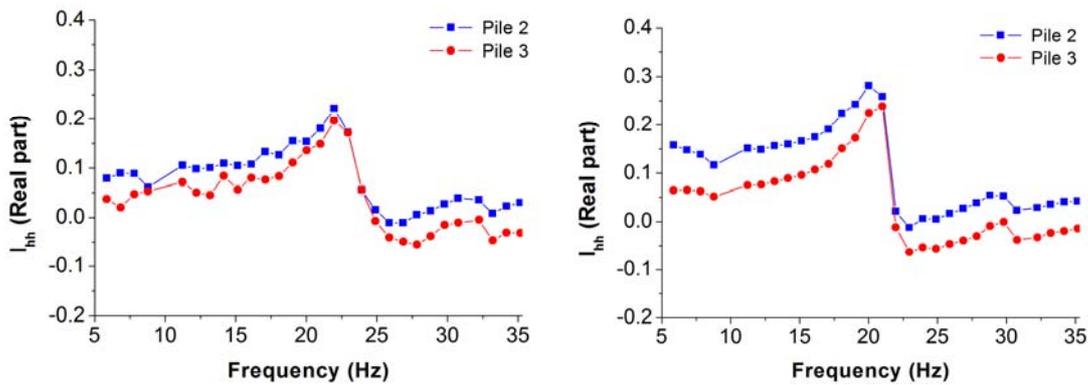


図 3-1 杭間相互作用係数の加振実験結果 (0.2m/s² (左) と 2m/s² (右))

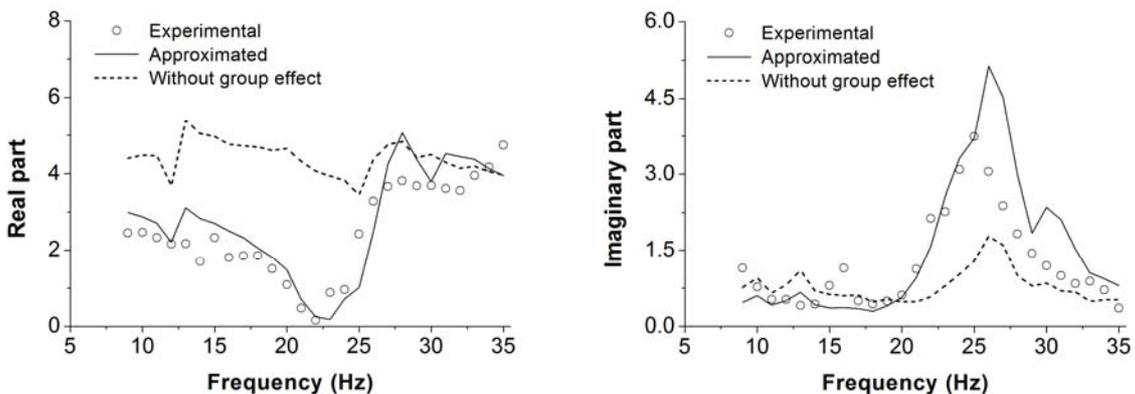


図 3-2 Superposition 法による水平方向の群杭基礎のインピーダンス特性（単位 kN/mm）と直接計測した群杭基礎のインピーダンス特性との比較（2m/s²加振時）

4. 結論

本研究により，加振杭に近い受動杭の杭間相互作用係数は，地盤の非線形性が強まることで大きくなる傾向にあることがわかった。また，加振レベルの大きいケースにおいて，杭間相互作用係数を用いて Superposition 法により算定した群杭基礎の杭頭インピーダンス特性は，実観測結果を良好に再現できることが明らかとなった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23560562 の助成を受けたものです。