

強震時における斜杭基礎のキネマティック相互作用に関する実験的検討

埼玉大学大学院理工学研究科 学生会員 ○渡邊 賢徳
 埼玉大学レジリエント社会研究センター 正会員 齊藤 正人

1. 研究目的

斜杭基礎は直杭基礎に比べると大きな水平抵抗を得ることができる。しかし、一般的な建造物において、大きな水平抵抗力を必要とする場合でも斜杭基礎の採用は限定的である。その理由の一つとして、斜杭基礎の地震時挙動や耐震性などの解明はまだ十分ではないことが挙げられる。特に、強震動に伴う地盤の非線形挙動下での斜杭基礎の動的相互作用（キネマティック相互作用）に関する基礎的研究は十分ではない^{1),2)}。

そこで、本研究は模型振動実験を行い、その実験で得た結果を基に斜杭基礎の非線形地盤下での地震時挙動および、動的相互作用について考察、把握することで、斜杭基礎の基本特性を解明することを目的とした。

2. 模型振動実験について

本研究では、図-1に示す正方配列(2x2)の杭基礎模型を乾燥砂（岐阜砂：層厚 1000mm, $D_r=77.5\%$ ）で満たしたせん断土槽内に設置し、土槽ごと加振する 1g 場の模型振動実験を行った。杭基礎模型（アクリル杭）は、杭の角度を調節できるものを用いて、直杭基礎($\phi=0^\circ$)、斜杭基礎($\phi=5^\circ$)、斜杭基礎($\phi=10^\circ$)の順で実験を行った。杭基礎の動的相互作用（キネマティック相互作用）の解明を目的としているので、すべてのケースにおいて上部構造物を除いた杭基礎のみで実験を行った。図-1のように杭基礎模型、加速度計（23ch）、ストレインゲージ（36ch）、地盤を設置して行った。

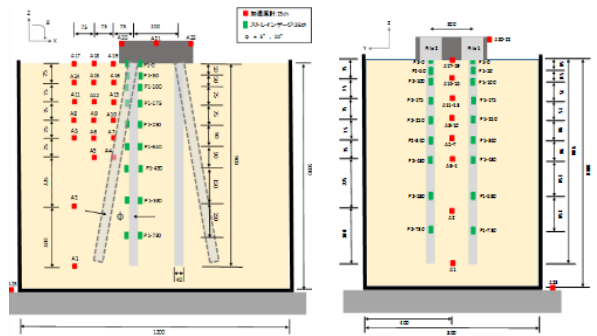


図-1 実験模型図

3. 地盤の動的特性

図-2は基盤入力振幅(50, 100, 200, 300Gal)をパラメータとした正弦波加振実験による地表面での加速度応答倍率を示す。入力振幅の増加に伴い1次卓越振動数の値が低振動数側にシフトし、また加速度応答倍率は低下している。これらは、地盤の非線形性（歪振幅依存性）により、前者は剛性低下、後者は減衰増加によるものと考えられる。

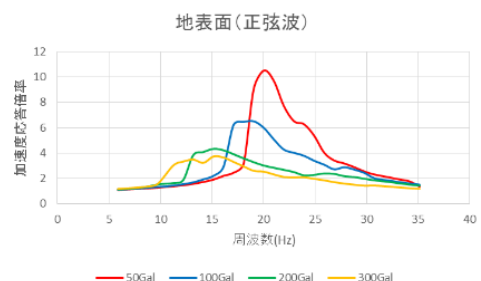


図-2 地表面における加速度応答倍率

4. フーチングの回転特性（ロッキング）

図-3は直杭基礎と斜杭基礎のフーチングの回転動特性を調べることを目的として、入力加速度振幅 100Gal、周波数 18Hz の正弦波で加振した場合のフーチングの鉛直変位の差分（回転成分）と水平変位をグラフにしたものである。水平変位は加速度計 A21 で得た加速度から変位波形を求めたものである。鉛直変位差分は加速度計 A20 と A22 で得た加速度からそれぞれの変位波形を求め、A22 の変位から A20 の変位を引いたものである。直杭基礎の場合、水平変位と鉛直変位差分の波形の位相が同じことから、フーチングの水平方向の変位の向きにお辞儀をするような挙動となることがわかる。斜杭基礎の場合、水平変位と鉛直変位差分の波形が逆位相になっていることから、直杭基礎とは逆の回転動になっていることがわかる。また、斜杭基礎の杭角度 5° と 10° を比較すると、 5° の鉛直変位差分は 10° の鉛直変位差分の 4 割ほどであることがわかる。つまり、杭角度 5° のフーチングは比較的回転がなく、主に水平方向に変位していると考えられる。こうした逆ロッキング動の特性は、地盤の非線形性の程度によらず同様の傾向を示し、既往の研究^{1),2)}と類似した特性を示している。

キーワード キネマティック相互作用、地盤の歪振幅依存性、フーチングのロッキング動

連絡先 〒338-8570 埼玉県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 TEL048-858-3427

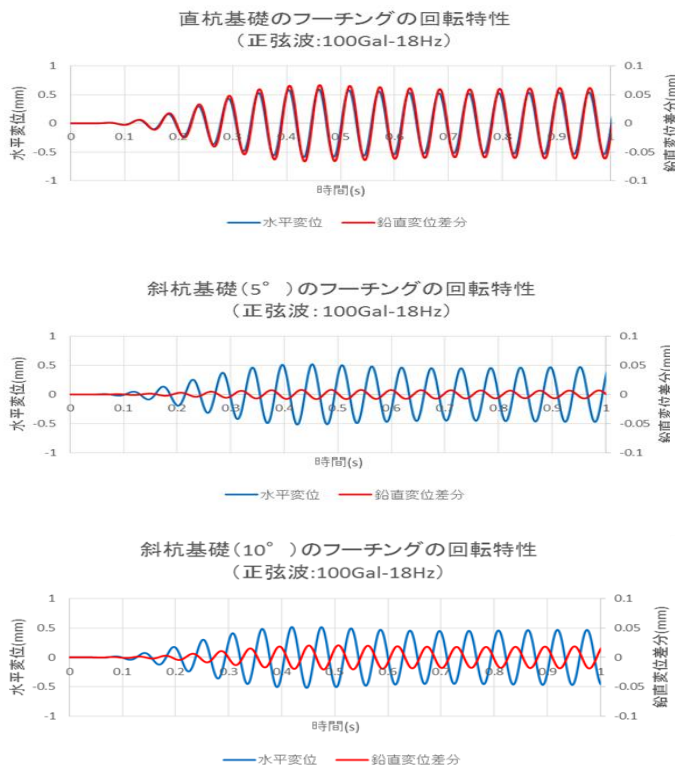


図-3 直杭と斜杭のフーチングの水平変位と回転動

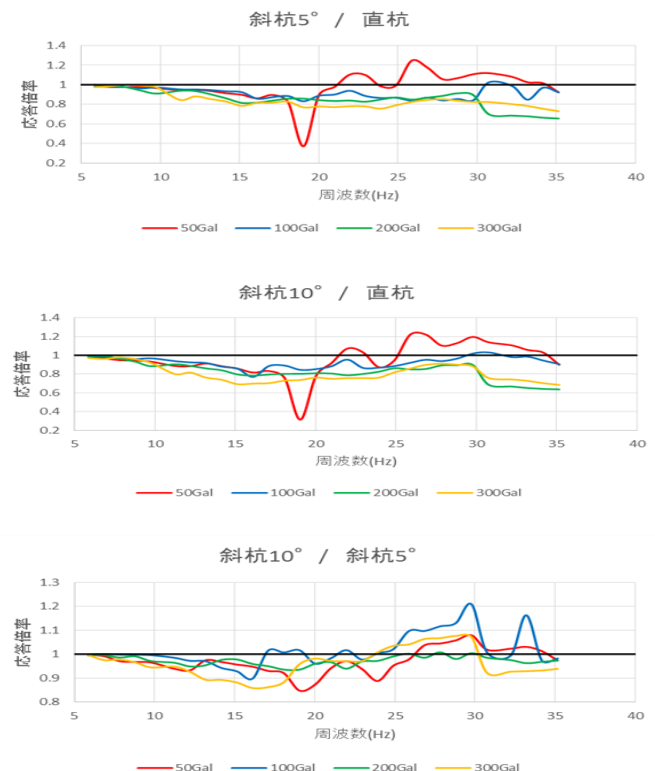


図-4 直杭に対する斜杭，斜杭5°に対する斜杭10°のフーチングの水平加速度に関する応答比率

7. 斜杭基礎の制震性

図-4 はフーチングの水平加速度応答に関して，直杭に対する斜杭，斜杭5°に対する斜杭10°の応答比率を示したものである．この応答比率が1.0以下であれば比較したものより制震性が優れていると言える．直杭に対する斜杭の応答比率を見ると，斜杭は，100Gal から300Gal は全周波数に亘って制震性を示している．さらに，50Gal から300Gal と入力加速度の増加に伴い制震性が向上する傾向が見られる．つまり，地盤の非線形化が著しくなることで，斜杭の制震効果が増加することがわかる．斜杭5°に対する斜杭10°の応答比率を見ると，低周波数帯では斜杭10°の方が5°のものより制震性が優れており，逆に，高周波数帯では斜杭5°の方が10°のものより制震性が優れていることがわかる．

8. 結論

斜杭基礎に関する模型振動実験を実施し，直杭基礎と斜杭基礎における応答の差異等を，キネマティック相互作用と地盤の非線形応答特性の観点から考察した．その結果以下のことがわかった．

- ① 直杭基礎の場合，フーチングが水平方向に変位すると，その変位の向きと同じ方向にフーチングが回転するのに対して，斜杭基礎は，フーチングの水平変位方向とは逆の回転動が生じる．
- ② フーチングの水平加速度応答に関する斜杭基礎による制震効果は，およそ全周波数に亘り生じる傾向にある．
- ③ 入力加速度が大きくなり，地盤の非線形応答特性による地盤の剛性低下の影響が著しくなると，フーチングの水平加速度応答における斜杭基礎の制震効果が増加する傾向にある．

参考文献

- 1) 清田三四郎他：斜杭基礎の水平抵抗特性と鉄道構造物への適用性の検討，地盤工学ジャーナル，Vol. 5, No. 2, pp.293-307, 2010
- 2) 田蔵隆，張至鎬，田地陽一，木全宏之，坂井康伸，齊藤正人，Chandra Goit：斜杭基礎のキネマチック・インターラクションに関する研究，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.70, No.1, pp.51-66, 2014