

支持杭と摩擦杭における地震時応答の違い

武蔵工業大学 ○学 平野秀司

同上 正 片田敏行 正 末政直晃

独立行政法人産業安全研究所 正 玉手聡

1. はじめに

構造物を造る際に、地耐力が不足している場合に、構造物を支える杭基礎として支持杭と摩擦杭等が用いられる。支持杭は構造物をしっかりと支えるが地震時には支持層より地震エネルギーが入力されやすい。また支持杭では地震時に複雑な挙動を示し、特に地表面付近では杭周の地盤剛性が低下することが既往の研究¹⁾から指摘されている。これに対して支持層との間に若干の余裕を持たせ、杭の周面摩擦力を利用して支える摩擦杭では支持層の振動が直接伝えられないと思われる。さらに摩擦杭では地盤とほぼ一体となって振動するので支持杭に比べ杭周の地盤剛性の低下が小さいと思われる。そこで、本研究では支持杭と比較しながら同規模の摩擦杭に関して、その地震時における応答特性を模型実験で調べたので、その結果を報告する。

2. 実験方法

模型実験装置を図-1に示す。図-1は支持杭模型を埋設した模型地盤である。用いたせん断土槽は内寸幅 420mm、高さ 300mm、奥行き 150mm である。試料には気乾状態の豊浦標準砂を用いた。ゴムメンブレンで覆ったせん断土槽内に底板を設置した後、支持杭の場合にはその上に支持層として硬質発泡板を底板に敷き詰めた。支持杭はこの発泡板に挿して固定した。次に空中落下法を用いて所要の相対密度になるように模型地盤を作成した。その後、コンクリート製の群杭を想定した中空アルミ製の模型杭を図-1のように設置した。加速度計はフーチング部とせん断土槽底部に取り付けた。なお模型杭は摩擦杭と支持杭の2通りである。前者は杭長を 170mm、後者を 265mm としその内 40mm は支持層に固定する。杭頭にはひずみゲージを取り付けて、曲げモーメントを計測した。加振周波数は 2 Hz から 35Hz までとした。またその際の再現性を確認するために同振動数において昇順、降順の2通り、さらに入力波を強弱2通りで加振実験を行った。波の強弱は入力加速度にして4倍強程度の違いがある。実験条件を表-1に示す。フーチングには構造物を想定した質量 10kg の重りを設置した。

3. 実験結果及び考察

図-2に乾燥砂地盤、図-3に摩擦杭を設置した地盤、図-4に支持杭を設置した地盤の絶対加速度応答倍率を示す。ケース1において入力波の強弱に関わらず、乾燥砂表面の応答倍率は 25Hz 付近において卓越したものとなった。このことから模型地盤の固有

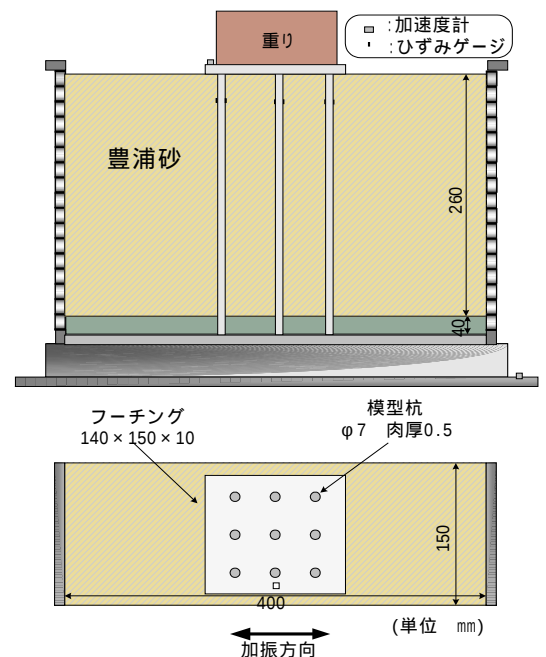


図-1 模型実験装置

表-1 実験条件

ケース	重量	杭	入力波の強さ
1	なし	なし	強 弱
2	10kg	支持杭	強 弱
3		摩擦杭	強 弱

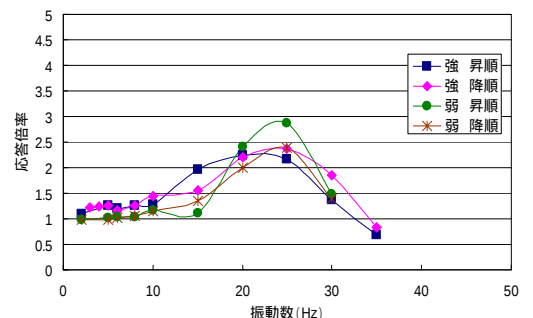


図-2 加速度応答倍率(乾燥砂):ケース

キーワード：支持杭，摩擦杭，構造物，共振現象

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学地盤環境工学研究室 Tel&Fax 03-5707-2202

振動数は 25Hz 付近であることがわかる。ケース 2 では、入力波が弱い場合に 15Hz で、昇順・降順とも応答倍率が 3 以上で最大値となった。一方、入力を強くした場合、応答倍率と固有振動数は低下し 6Hz 付近で挙動が大きくなった。この理由として入力が強くなったので杭周辺の地盤が乱され、地盤反力が減少したためと思われる。ケース 3 でも同様の現象が発生した。また、ケース 2 とケース 3 を比較すると、入力が弱いケースでは、応答倍率の最大値は支持杭の方が大きくなっている。支持杭では入力が支持層と杭を介してフーチング部に伝達されるのに対して、摩擦杭を用いた場合には杭が支持層とは離れており、入力からの振動が地盤を介してフーチング部に伝わるため、地盤による影響が考えられる。一方、入力が強くなると摩擦杭が支持杭の応答倍率を上回った。理由として、入力が弱い場合では杭周辺の地盤の乱れが少ないのに対して、入力波が強くなると杭周辺の地盤剛性が低下するために、応答倍率の大小が逆転したものと推測される。またケース 1 とケース 3 を比較すると、応答倍率の値は波が弱い場合に同程度の値を示し、卓越振動数はケース 1 と比較してケース 3 では 5Hz 低下したものとなった。同程度の応答倍率となった要因としては、摩擦杭は支持層と離れているために地盤の応答に依存した挙動となり、また卓越振動数の低下は杭基礎の影響を受けているためといえる。それに対し支持杭と乾燥砂の卓越振動数は異なるものとなった。摩擦杭は支持層と離れているため地盤の挙動に同化する傾向を示したのに対し、支持杭のケースでは杭が支持層に拘束されている影響で乾燥砂のみのケースとは違った卓越周波数を示したものと推測される。

図-5、図-6 に曲げモーメントを入力加速度で除して正規化したものを示す。杭頭に作用する曲げモーメントは、共振点で摩擦杭（図-5）、支持杭（図-6）とも値が大きくなっている。このことからフーチング部の応答により曲げモーメントが影響を受けていることが確認できる。さらに支持杭と摩擦杭を比較すると、最大曲げモーメントは支持杭の方が大きくなった。これは支持杭では支持層から受ける拘束力大きいのに対し、摩擦杭では地盤に近い動きをしたため拘束力が減少し曲げモーメントも小さくなったと考えられる。

4. まとめ

本研究により以下の知見を得た。

- ・同規模の支持杭と摩擦杭では、フーチングの加速度応答特性は異なる。
- ・入力波が強くなると杭周辺が乱れ地盤反力が変化する。
- ・曲げモーメントの値はフーチングの共振に依存する。

参考文献：1)大川：「繰り返し載荷による杭周辺地盤の強度低下特性」土木学会第 57 回年次講演会,pp1313～1314,2002

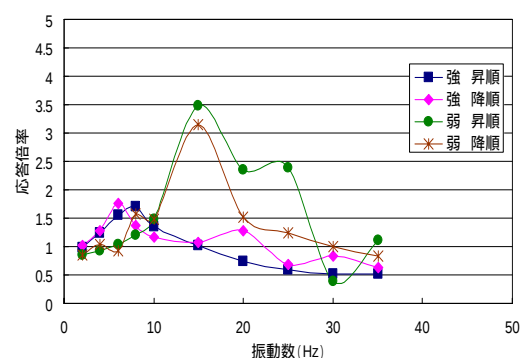


図-3 加速度応答倍率(支持杭): ケース 2

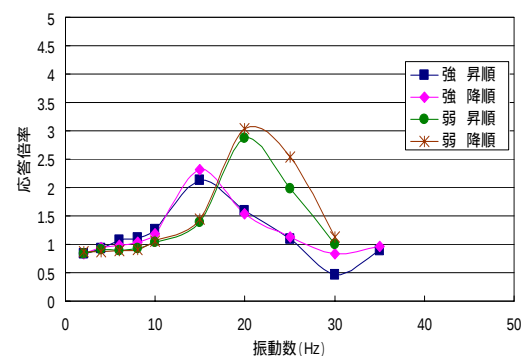


図-4 加速度応答倍率(摩擦杭): ケース 3

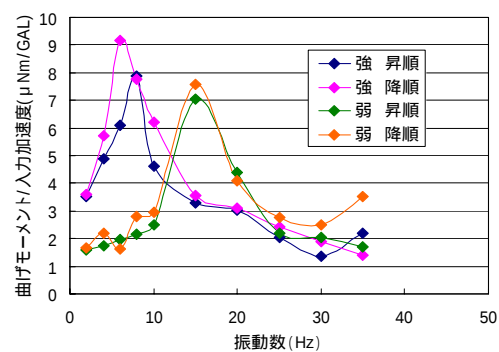


図-5 曲げモーメント (支持杭)

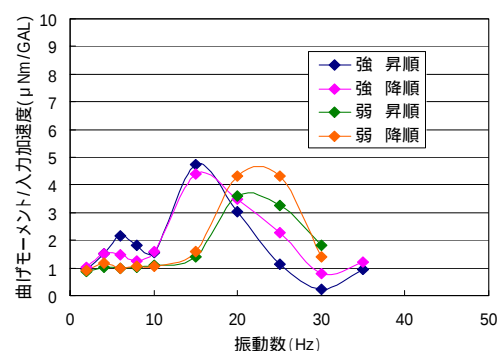


図-6 曲げモーメント (摩擦杭)