

位相差に着目した杭基礎の動的応答特性

京都大学大学院 学生員 ○仲山賢司  
 京都大学防災研究所 正会員 井合 進  
 京都大学防災研究所 正会員 飛田哲男  
 国土交通省近畿地方整備局 中道正人  
 国土交通省近畿地方整備局 斉藤安立  
 国土交通省近畿地方整備局 近藤 徹

1.はじめに

杭基礎の動的応答には杭頭慣性力と地盤変位が、杭内部に発生する曲げ応力に大きな影響を与える。両者の位相がそろえば曲げ応力は大きくなり、両者の位相がずれると曲げ応力は小さくなる<sup>1)</sup>。本研究では杭と地盤の動的応答の位相差の関係に着目し、遠心模型実験を行った。また、その結果を強制振動を受ける1質点系の運動と比較検討した。

2.遠心実験概要

本実験は縮尺40分の1の模型を用い40Gの遠心場で行った。模型の概略を図-1に示す。土槽は内寸が40cm×28cm×10cm(長さ×高さ×奥行き)で鋼製のものを使用した。杭のモデルは真鍮パイプ製で径7mm、肉厚0.9mmのものを用いた。砂試料は珪砂7号である。表-1に実験ケースを示す。Case1は杭頭に上部構造物を見立てたおもりを付加したもので、Case2は付加しないものである。なお、杭下端は固定、上端を自由端とする。各ケースとも、プロトタイプ換算で振動数1Hz、加振振幅約0.15Gの正弦波を20波入力して振動実験を行い、入力加速度、地表面加速度、杭頭加速度の時刻歴データを得た。これより地表面加速度と入力加速度の差をとり、積分して地盤の相対変位を求めた。また、杭頭加速度とおもりの質量の積をとり、その符号をかえたものを杭頭慣性力とした。

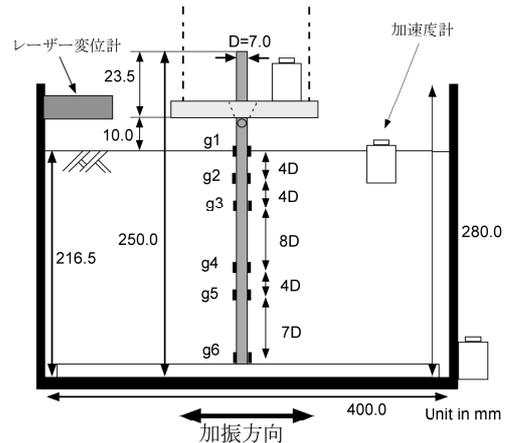


図-1 遠心模型側面図(Case1)

表-1 実験ケース

	杭	地盤	杭頭のおもり
Case1	単杭	乾燥	あり
Case2	単杭	乾燥	なし

3.杭頭慣性力と地盤変位の時刻歴

Case1の杭頭慣性力と地盤変位の時刻歴を図-2に示す。この場合、地盤変位の位相が杭頭慣性力の位相に比べて先行していることがわかる。一方、Case2では図-3に示すように、杭頭慣性力の位相が地盤変位の位相に先行している。ここで、Case1の杭頭慣性力と地盤変位の粒子軌跡を図-4に示す。同図には杭頭慣性力と地盤変位の軌跡によく

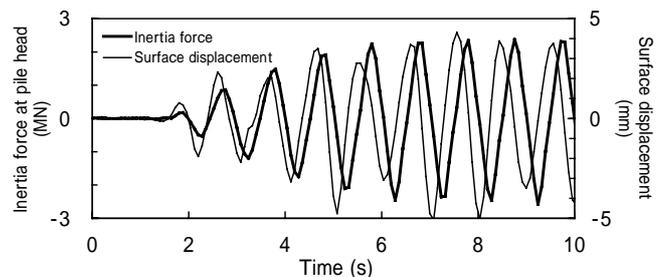


図-2 杭頭慣性力と地盤変位の時刻歴(Case1)

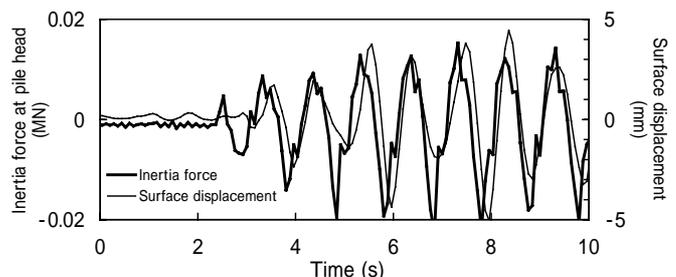


図-3 杭頭慣性力と地盤変位の時刻歴(Case2)

キーワード 杭基礎，動的相互作用，位相差，遠心模型実験

連絡先 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 Tel 0774-38-4092

一致するようにリサージュ図形もプロットし、それにより杭頭慣性力と地盤変位の位相差を求めた。Case1では-60度(杭頭慣性力の位相が先行する場合を正)、Case2では40度となった。

#### 4 強制外力を受ける1質点系からの類推結果との比較

杭と地盤をそれぞれ別の1質点系と考えたとき、これらが強制外力を受けた場合の外力(入力加速度)に対する位相差は、図-5のようになる。これをもとにして地盤変位に対する杭頭慣性力の位相差を表したものが図-6(a)である。同図は地盤と杭それぞれの固有振動数が既知であれば、入力振動数に対して杭頭慣性力と地盤変位の位相差が決まることを示している。同図の実線は、Case1の杭の固有振動数が1.2Hz、地盤が5.5Hzであることを用いて1質点系の振動理論より求めた位相差である<sup>2)</sup>。また、同図に示す黒点は実験値(入力振動数1Hz、位相差-60度)である。Case2の場合は杭の固有振動数が7.1Hz、地盤は5.5Hzであり同様に図-6(b)に示す。いずれも実験値と理論値で値にひらきが見られるが、値の正負に関しては調和的である。

Case1とCase2では、杭頭へのおもりの付加により杭と地盤の固有振動数の大小関係が逆転しており、これにより位相差の符号もかわってくるといえる。つまり杭の固有振動数のほうが地盤の固有振動数に比べて大きい場合、杭頭慣性力の位相は地盤変位に比べて先行する。逆の場合は、杭頭慣性力の位相は地盤変位に比べて遅れる。しかし、図-5、図-6(a)にみられるように、入力振動数が大きくなると、位相差の符号が逆転する可能性もある。また、入力振動数が杭と地盤それぞれの固有振動数の間の値をとると、位相差の値が大きくなると考えられる。位相差が大きくなると杭内部に発生する曲げ応力は、地盤変位によるものと杭頭慣性力によるものが打ち消しあって小さくなる可能性があり耐震設計等で有利になる。本研究では実験設備の制約から入力振動数は1Hzのみであったが、今後、入力振動数をかえた実験を行う必要がある。

#### 参考文献

- 1) K. Tokimatsu, H. Suzuki, M. Sato: Influence of Inertial and Kinematic Components on Pile Response during Earthquakes, Proc. The 11th ICSDEE & 3rd ICEGE, eds. Doolin D., et al., Vol 1 & 2, pp. 768-775, 2004.
- 2) 小坪清真:土木振動学, 森北出版, 1973.

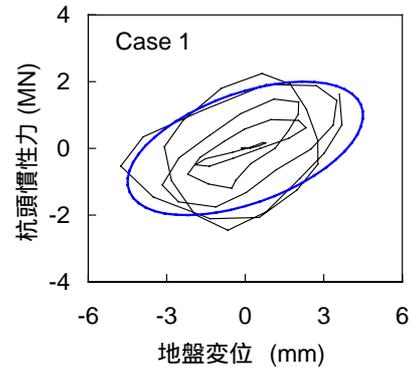


図-4 杭頭慣性力と地盤変位の粒子軌跡(Case1)

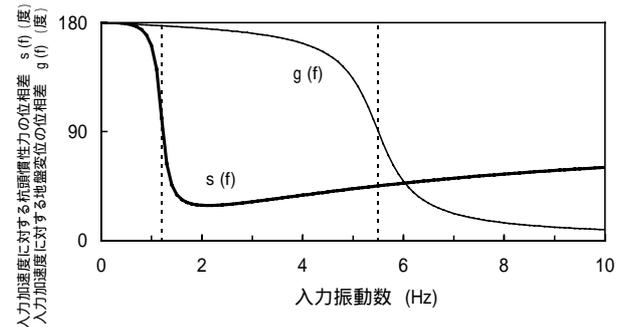


図-5 入力振動数と位相差

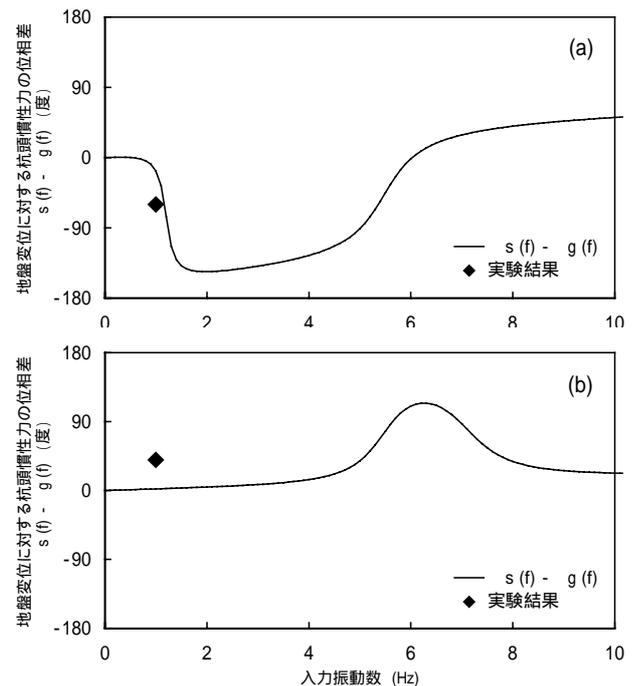


図-6 地盤変位と杭頭慣性力の位相差