

Ⅲ-A131

杭基礎を設置した大型振動台実験における杭と地盤の相互作用の定量化

東京理科大学大学院	学生会員	兵頭 順一
東京理科大学	正会員	石原 研而
基礎地盤コンサルタンツ(株)	正会員	シユウ チュブリノフスキ
東京電力(株)(元東京理科大学)	正会員	古川園 健朗

1.はじめに

兵庫県南部地震では、液状化・側方流動に伴う地盤変形によるものと考えられる杭基礎の被害が多数生じた。本報告では、杭基礎を設置した大型振動台実験より得られた実験結果と実験材料で用いられた霞ヶ浦砂の構成則(Stress-Density Model)を用いて有効応力 FEM 解析を行った結果から杭と地盤の相互作用について定量的評価を行うことを目的としている。

2.実験概要

本実験では、水平地盤(TEST1)と傾斜地盤(TEST2)の2ケースの実験が行われている。図-1に傾斜地盤時の実験(TEST2)の概要を示す。水平地盤時の実験概要は別報¹⁾に示す。せん断土槽の大きさは、幅12m×奥行き3.5m×深さ6mである。実験材料は霞ヶ浦砂を用いた。杭は長さ5mで直径20cmのPHC杭と直径21.6cmの鋼管杭が用いられ、それぞれ単杭として設置されている。全て杭頭は自由であり、杭下端は剛結である。入力波形は周波数1Hz、最大加速度250galの正弦波である。図-2に入力波形を示す。これは振動台に設置してある加速度計で計測されたものである。

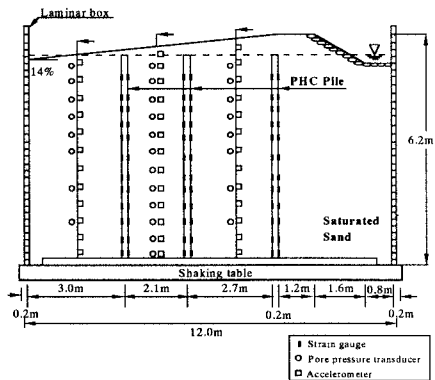


図-1 実験の概要 (TEST2)

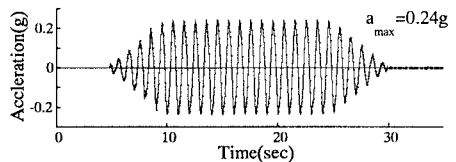


図-2 入力波形 (TEST2)

3.解析方法

解析コードは2相系のFEMプログラム「DIANA-J2」である。図-3に解析メッシュを示す。地盤は、一層の厚さは0.35m~0.5mで14分割した。杭は弾塑性の梁要素としてモデル化している。境界条件は、モデル底部を固定、左右境界の土と水の変位が等しいとした。霞ヶ浦砂のモデル化では、室内試験の結果に基づき、構成則として「Stress-Density Model」²⁾を用いてモデル化したものを適用した。

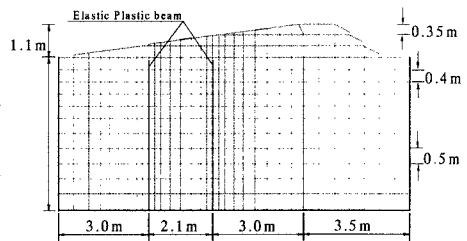


図-3 解析メッシュ

4.解析結果

本報では、実験と解析の両者で得られた結果について地盤流動による流動成分と振動による動的成分に分けて考えた。図-4に杭の最大曲げモーメントの深度分布を示す。実線が実験結果、点線が解析結果を示している。また M_c はひび割れ曲げモーメント、 M_y は降伏曲げモーメントである。解析結果は、流動成分においては実験結果よりも少し過大評価した程度で、動的成分に関しては実験結果とほぼ対応しているので、概ね解析結果は、実験結果をよく再現できているのではないかと考えられた。またクラックによる亀裂が入る

キーワード：液状化、有効応力解析、構成式、せん断土槽、地盤反力係数
〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL 0471-24-1501 (4056) FAX 0471-23-9766

M_c を越える曲げモーメントの深度においても、実際の杭体にクラックの入る位置と動的成分の解析結果と実験結果はよく対応している事が分かった。杭体のクラックの分布は、流動方向（東から西）で非対称であり、特に杭体の東側（図では左側）でクラックが多い。これは杭体のクラックは、動的成分と流動成分による曲げモーメント

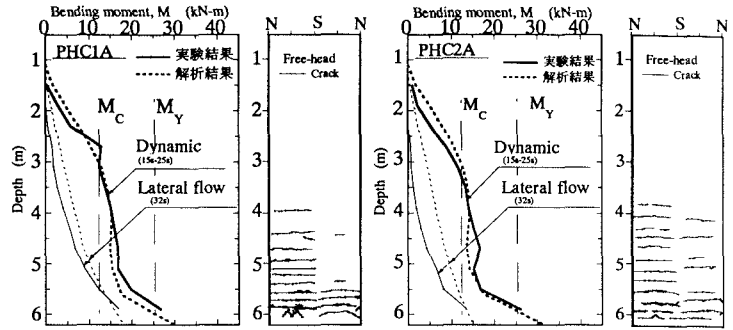


図-4 杭の最大曲げモーメントの深度分布

和で生じたもので、左右非対称なクラックは流動成分によるものと解釈することができる。このことから実験結果の流動成分、動的成分を概ね再現している解析結果は、地盤流動が杭体に及ぼす影響をよく再現できていると言える。次に FEM 解析結果及び実験結果を用いて杭と地盤の相互作用について定量化を行う為に、水平地盤 (TEST1) と傾斜地盤 (TEST2) の両者について地盤反力係数の低減係数 β の算出を試みた。解析方法の詳細は別報³⁾によるものとする。図-5 に示すように杭と地盤の相互作用を簡易モデル化し、そのモデルに対して弾性支承梁理論を用いて解析を進めた。(TEST1) の境界条件は、杭頭・杭下端剛結のもの、杭頭ヒンジ・杭下端剛結の2種類、(TEST2) では杭頭ヒンジ、杭下端剛結で上部工がないものとして扱った。地盤内のばね定数は、全層で一定とした。図-6 に地表面における杭と地盤の変位比 (U_p/U_G) と低減係数 β の関係を示すが、この図では FEM の解析結果から算出された低減係数 β だけでなく実験結果から算出された低減係数 β も併せて示してある。また Calc.1~3 は、地盤の地表面変位 U_G を算出する時に使用した変位計のことで、Calc.1 は地表面の変位計、Calc.2 は、せん断変位計、Calc.3 は加速度計を指している。そして低減係数 β が小さいほど、変位比 (U_p/U_G) が小さくなる傾向があり、両者にある程度相関性があることが示された。また動的成分による低減係数 β は約 6.0×10^{-3} 以上の領域であり、流動成分による低減係数 β は約 2.0×10^{-2} 以下の領域にしか存在せず、地盤流動による低減係数 β は、動的成分によるものよりも小さいことを確認することができた。

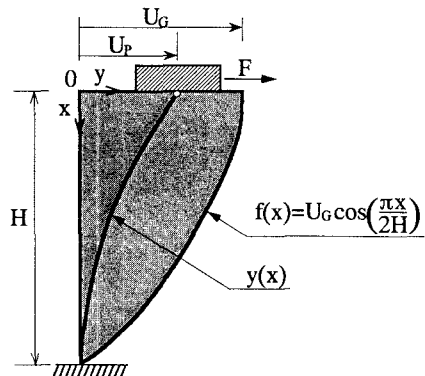


図-5 杭と地盤の変形図

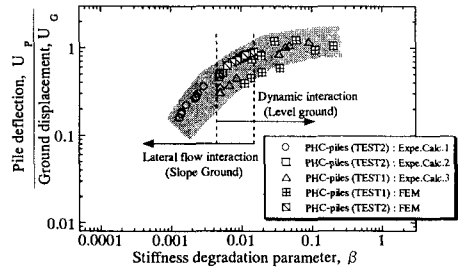


図-6 地盤反力係数の低減係数と杭と地盤の変位比との関係

まとめ

- ・地盤流動時における杭の破壊要因を把握することができた。
- ・杭と地盤の相互作用を定量的に把握し、地盤流動によるものと振動によるもので低減係数 β をある程度区別することができた。

参考文献 1) 古川園、石原ら、杭基礎を設置した大型振動台実験 (その2)、第34回地盤工学研究発表会 (投稿中)

2) M.Cubrinovski、応力に依存する密度定数を用いた砂質土の構成則モデル、1993年東京大学学位論文

3) 兵頭、石原ら、杭基礎を設置した大型振動台実験 (その1)、第34回地盤工学研究発表会 (投稿中)