

RC 杭基礎構造物の遠心模型振動実験 (実験概要)

大林組	正会員	○鈴木	正寛
同上	正会員	大塚	林菜
同上	正会員	樋口	俊一

地中構造物や基礎構造物の耐震安全性を評価するためには、地盤と構造物の連成効果と非線形応答を考慮した高度な解析技術が要求される。本報では、解析コードの検証を目的として実施した、RC 杭を有する基礎構造物と地盤の地震時動的相互作用を再現した遠心模型振動実験¹⁾について述べる。

1. 実験概要

本研究では、RC 造杭基礎の非線形域までの応答性状を把握するとともに、構造物および地盤の材料非線形性を考慮した地震応答解析手法の検証用データを得るために遠心力模型振動実験(図1)を実施した。模型の縮尺は1/25とし、自重方向に25Gの遠心力を作用させた状態で水平1方向加振を実施した。

2. 構造物模型

杭基礎は同断面の9本の杭とフーチングからなる(図2)。杭は直径48mm(実大1.2m相当)のRC造で、主筋は8-D1.9、せん断補強筋は杭頭部においてD0.7@6、一般部においてD0.7@12とした(図3)。ここで用いた縮尺鉄筋は、一般に使用される異形鉄筋と同様に節を有している。コンクリートは表1に示す配合のマイクロコンクリートであり、粗骨材と細骨材は縮尺率1/25を目標に骨材の粒度を調整した。フーチングは杭に対して十分剛となるように鋼製の型枠にグラウトを充填して作製した。底板杭位置には孔を設け、杭主筋を折曲げずに杭頭部をフーチング内に通し型枠にグラウトを充填して杭とフーチングを一体化した。上部構造物は鋼製フレームに鋼製錘を搭載した構造で、実機の上部工質量1,200t、固有振動数 $f=3\text{Hz}$ 相当である。

3. 模型地盤

基盤層はセメント改良土とし、せん断波速度300~400m/s程度を想定した。支持地盤へは杭を60mm根入れし、杭の先端には引抜き防止のための定着板を設けた。表層地盤(層厚460mm)は2種類とした。

Case1では乾燥地盤とし、7号珪砂を空中落下法で撒出して相対密度84%に作製した。

Case2は相対密度60%の飽和地盤とし、地表面を地下水位とした。地盤の液状化状態を再現するために、間隙流体には粘性流体(メトローズ水溶液:粘度25mPa・s)を用いた。

4. 加振実験

25Gの遠心重力作用下において、水平1方向に兵庫県南部地震ポートアイランド波形を用いた加振試験を実施した。加振方法は、入力加速度振幅を徐々に増大させたステージ加振とした。

5. 実験結果の概要

振動実験前に実施した、遠心重力25G下におけるベンダーエレメントによるせん断波速度計測から推定した地盤特性を表2に示す。また、図4に示した各ケースでの微小振幅入力(基盤加速度 $AN7X=0.4\text{m/s}^2$ 以下、以下物理量は実物換算値を用いる。)時の地盤の伝達関数($AN1X/AN7X$)より、地盤の固有振動数はCase1では $f=2.7\text{Hz}$ 、Case2では $f=2.4\text{Hz}$ 程度であることがわかる。これより各ケースの平均的な地盤のせん断波速度を換算すると、それぞれ $V_{s1}=125\text{m/s}$ (乾燥地盤)、 $V_{s2}=110\text{m/s}$ (飽和地盤)である。

図5に実験結果より整理した、基礎フーチングの最大変位と、入力加速度振幅の関係を示す。この整理からは応答に地盤条件による大きな差異はみられなかった。

そこで、図6に代表的なケースとして、同レベルの加振ケースであるCase1_d6とCase2_d5(基盤加速度 8m/s^2 程度)での各部の加速度応答を比較した。これより、Case1(乾燥地盤)では地表面($ANX1$)や構造物($ANTX$)

キーワード 遠心模型実験, 杭基礎, 動的相互作用

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 ㈱大林組 技術本部技術研究所 構造技術研究部 TEL 042-495-9632

で加速度が大きく増幅されていることがわかった。一方, Case2 (飽和地盤) では地盤が液状化状態になって, これらの応答が大きくならなかったと考えられる。

図 7 に実験結果より整理した, 杭頭部の鉄筋最大ひずみと入力加速度振幅の関係を示す。これより Case1 では鉄筋ひずみは入力加速度振幅にほぼ線形に比例して増大するのに対して, Case2 では地盤の液状化に伴って増加の割合が小さくなる傾向が見られる。これは, 杭に対する地盤反力が液状化により減少することに起因すると考えられるが, 詳細は別報²⁾にて分析する。

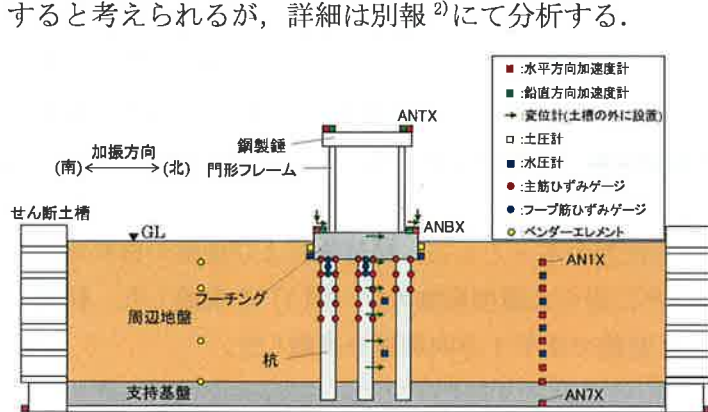


図1 遠心実験模型計測器配置

表1 マイクロコンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	フロー (mm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				配合比 (%)	
				W	C	S	G	減水剤	増粘剤
93	43	300	6.0	195	210	767	1036	3.0	0.02

- ・セメント(C)は普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm³)とした。
- ・細骨材(S)は飯豊産ケイ砂(7号)、稲田産ケイ砂(8号)、石灰石微粉末(特級)を重量比混合割合=1:3:6で混合したものとした。(混合表乾密度2.57 g/cm³)
- ・粗骨材: 飯豊産ケイ砂(4号)、(5号)、(6号)を重量比混合割合=1:7:2で混合したものとした。(混合表乾密度2.62 g/cm³)
- ・混和剤の配合比はセメント+石灰石粉末の単位量に対する比を表す。

表2 周辺地盤特性

ベンダーエレメント		周辺地盤特性		
No.	位置 (mm)	せん断波速度 (m/s)	せん断弾性係数 (N/mm ²)	有効拘束圧 (N/mm ²)
1	GL-72.5	133	25.6	26.1
2	GL-157.5			
3	GL-327.5	163	38.7	92.4
4	GL-460			

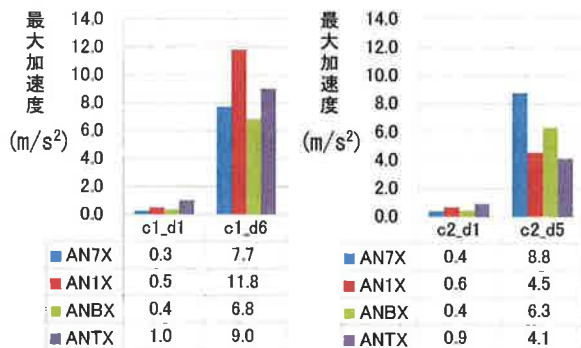


図6 Case1_d6 と Case2_d5 の各部の加速度応答の比較

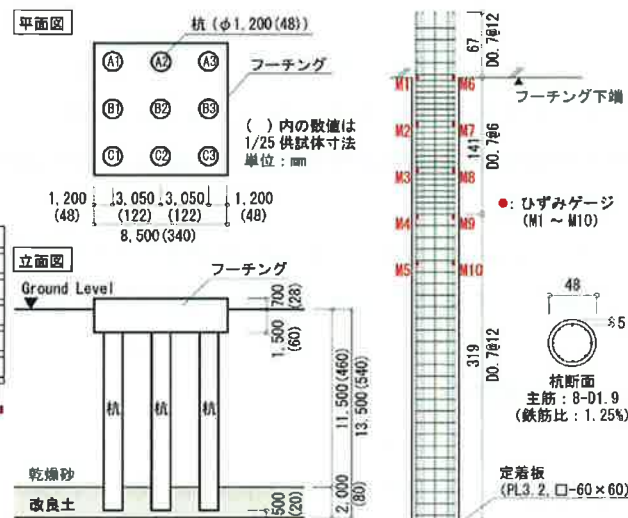


図2 杭基礎の概要

図3 縮小模型杭の配筋

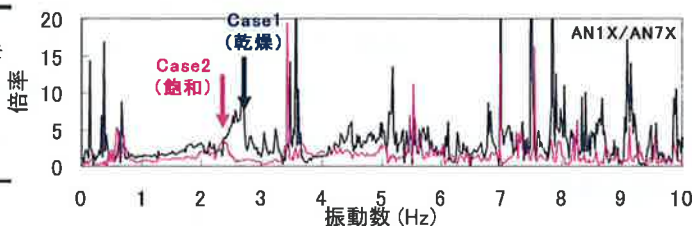


図4 各ケースでの微小振幅入力時の地盤の伝達関数

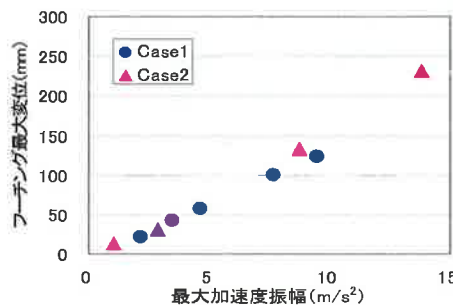


図5 基礎フォーテングの最大変位と入力加速度振幅の関係

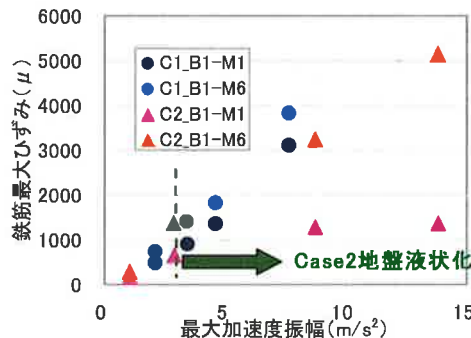


図7 杭頭部の鉄筋最大ひずみと入力加速度振幅の関係

参考文献

- 1) 穴吹 他: RC 杭基礎を対象とした遠心振動実験と構造物～地盤連成系 FEM 解析, 第 13 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.1062-1069, 2010.11
- 2) 樋口 他: RC 杭基礎構造物の遠心模型振動実験 (杭の応答に関する検討), 土木学会第 66 回年次学術講演会, 2011 (投稿中)。