# 強震時における飽和砂地盤中の杭上部工に作用する荷重と杭の損傷との関係に関する検討

電力中央研究所	正会員	金谷守,河井正
東京電力	正会員	佐藤 博
東電設計	正会員	石川利明

#### 1.はじめに

杭の耐震設計においては,応答変位法の概念に基づいた解析が多用される.その際,考慮されるべき荷重条件 としては,上部工に作用する慣性力と地盤変位による荷重の2種類が考えられる.しかし,杭の損傷に対して最 も厳しくなる条件における両者の関係については必ずしも明確にされていない.本報告では,大型振動台実験に より,密度の異なる飽和砂地盤中の杭-上部工モデルの振動実験を行い,それらの関係について調べた結果を中心 に報告する.

# 2.大型振動台実験の概要

実験には直径 3m,高さ 3mの大型せん断土槽を用い,図-1 に示すように 4 本の RC 杭(外径 114mm,肉厚 30mm, 長さ 3m:図-2 は M- 関係)で鋼製の上部工(幅 0.6m,高さ 0.6m,厚さ 0.6m:重量 16.5kN)を支持するモデルとし た.RC 杭は,土槽底板とヒンジ結合,上部工とは剛結合としている.地盤には珪砂 5 号を用い,脱気水中への水 中落下法により層厚 2.5mの飽和砂地盤を作成した.砂地盤の相対密度は 50%,80%,100%の3種類とした.実験 ケースと加振条件などを表-1 に示す.実験方法等の詳細は文献 1)を参照されたい.

### 3.実験結果の概要と考察

各ケースの実験における主要な結果を表-2 に示す、今回の実験では正弦波 2Hz,300Gal の加振条件の時が杭にとって最も厳しい条件であった、本報告では紙面の都合でこの加振条件の結果について示す、図-3 及び図-4 は、それぞれ Dr=50%,100%の時の杭頭曲率,上部工加速度,過剰間隙水圧比の時刻歴と,時刻歴の網掛け部分(杭頭曲率が最大となる付近の1サイクル)における上部工加速度(慣性力の逆符号)と地表変位の関係を示している、図中の印は正負方向の曲率がピークに達した時点に相当する。まず,いずれのDrにおいても今回の杭の固定条件では杭頭が最も厳しく、それは概ね地盤が液状化を生じる直前に発生する、これは、微小振動時の系の固有振動数が5~6.5Hz であるのに対して加振が2Hz のため,加振に伴う地盤の軟化によって共振現象が生じたためと考えられる、特に、Dr=100%の密な砂地盤では、サイクリックモビリティーによって上部工の大きな加速度が作用し、杭頭曲率もかなり大きくなっていることから、強震時における密な砂地盤中の杭の設計においてサイクリックモビリティーの程度の評価が重要になることを示唆している、上部工加速度と地表変位の関係に着目すると、Dr=100%では両者の関係に反り返りが認められ、地盤のサイクリックモビリティーの影響がこの関係にも反映されることが知れる、また、いずれのDrに対しても、上部工加速度と地表変位がピークとなる付近で杭頭曲率もピークを示すことがわかる、なお、正弦波 10Hz,300Gal 加振では、表-2 に示した通り地盤変位は小さく、この場合には上部工加速度がピークとなる付近で杭頭曲率がピークを示す結果となっていた。

4.まとめ

今回の実験により,強震時に飽和砂地盤に大きな地盤変位が発生するような状態で,杭頭に対して最も厳しい 条件となる過程においては,上部工慣性力と地盤変位がほぼ同位相となり,この時に杭頭の曲率も最大応答を示 すこと,また,この傾向は地盤の相対密度に依らないことがわかった.

#### 参考文献

- Kanatani, M. et al:Shaking Table Tests on Dynamic Response of Piles-Superstructure-Soil System in Saturated Dense Sand, Proc. of the 11<sup>th</sup> ICSDEE & the 3<sup>rd</sup> ICEGE, pp.857-864,2004.
  - キーワード 飽和砂地盤,振動台実験,杭,液状化,応答変位法
  - 連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財) 電力中央研究所 TEL 04-7182-1181

CASE



## 図-1 模型実験の概要

表-1 実験ケースと条件一覧表

CASE	CASE-1	CASE-2	CASE-3		
Dr (%)	50%	80%	100%		
加振-1	正弦波 10Hz,100Gal	正弦波 10Hz,300Gal	正弦波 10Hz,300Gal		
加振-2	-	不規則波 250Gal	不規則波 250Gal		
加振-3	正弦波 2Hz,300Gal	正弦波 2Hz,300Gal	正弦波 2Hz,300Gal		



CASE-3

CASE-1 CASE-2 50 80

表-2 実験結果の概要

Dr (%)	50			80			100					
液状化発生 の有無		最大水平	变位(mm) <sub>杭頭最大</sub>		液状化発生 の有無	最大水平	<sup>Z</sup> 変位(mm) <sub>杭頭最大</sub>			最大水平変位(mm)		杭頭最大
	地表面	上部工	曲率 (1/m) 損傷状況	地表面		上部工	曲率 (1/m) 損傷状況	液状化発生 の有無	地表面	上部工	曲率 (1/m) 損傷状況	
加振-1 (正弦波10Hz)	発生しない	1.5	1.5	0.0014 クラック	発生	3.8	3.8	0.0023 クラック	発生しない	3.1	3.5	0.0042 クラック
加振-2 (不規則波)	-	-	-	-	発生	36.9	25.8	0.0226 降伏	発生しない	10.9	11.6	0.0096 クラック
加振-3 (正弦波2Hz)	発生	47.5	50.9	0.0352 降伏	発生	79.3	56.9	0.1254 隆伏	発生	90.0	101.6	0.1223 降伏









図-3 Dr=50%の結果









図-4 Dr=100%の結果