

## 粘土地盤に設置された杭基礎を有する建設用自立型タワークレーンの地震時挙動

武蔵工業大学 学 神宮将夫 荒井郁岳  
 (独)産業安全研究所 正 伊藤和也 玉手 聡  
 武蔵工業大学 正 末政直晃 片田敏行

## 1. はじめに

近年構造物施工の際、杭基礎で支持された自立型タワークレーンを使用することがある。しかし、一般に仮設構造物の耐震性は本構造物の耐震性に比べ劣る傾向がある。クレーン構造規格<sup>1)</sup>では地震荷重として垂直静荷重の20%がクレーンに対し水平方向に作用するものとして計算するように規定されているだけで、地震時安定性の照査は必ずしも十分とは言えない。地震時の杭基礎構造物の振動特性は、地盤剛性の低下、杭周での隙間の発生、構造物の共振などの要因によって複雑に変化する。また、長尺でトップヘビーなタワークレーンは強震時における過大な応答でタワークレーン躯体が損傷する可能性も考えられる。既往の研究では、上部構造物の重量配置の違いが自立型タワークレーンの動的安定性に与える影響について検討している<sup>2)</sup>。上部構造物のみでの応答特性とは異なる結果を示すことがあり、杭と地盤の相互作用を考慮した検討を行う必要性を示した。そこで、本研究では自立型タワークレーンの遠心場加振実験を実施し、杭基礎構造物の挙動を考察した。

## 2. 実験概要

本実験は、遠心加速度場50Gで行った。また、杭1がメインジブ側、杭2がカウンターウエイトジブ側の杭とし、タワークレーンの荷重状態は、メインジブに定格荷重相当の荷重を付与したアンバランス状態である。実験装置の概略図を図-1に示す。試料には藤ノ森粘土を用い、剛な土槽を使用した。地盤層厚270mm(実スケール換算値13.5m)となるように圧密応力50kPaで初期圧密し、模型地盤に模型杭を挿入した。その後、遠心加速度場50Gで遠心圧密を行い、加振実験に移った。加速度計は地盤内に2箇所、タワー上部とフーチング部の2箇所に設置し、加速度を計測した。2本の模型杭には、加振時の曲げモーメントを測定するためのひずみゲージを5箇所、53mm(実スケール換算値2.75m)間隔で添付し曲げモーメントを計測した。杭先端部にはロードセルを設置し、杭先端部にかかる荷重の変化を計測した。また、遠心圧密の完了を確認するため地盤内部に間隙水圧計を設置し、過剰間隙水圧の動きを計測した。実験は、地盤の劣化による応答の変化を検討するため、1940年に発生したインペリアル・バレイ地震において記録されたエルセントロ波を模したランダム波を入力した。加速度振幅を増減させることで、微小加振、大加振、微小加振の順に実験を実施した。実験結果および考察は、全て実スケール換算値を使用する。

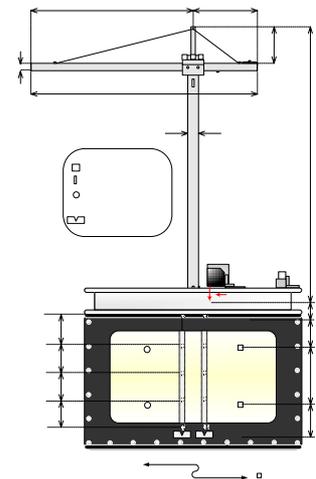


図-1 実験装置概要図

## 3. 実験結果および考察

図-2に加速度の各計測点における加速度応答倍率を示す。1回目の微小加振と大加振の地盤中部は加速度応答倍率の値が3倍程度応答しているのに対し、2回目の微小加振はほぼ1倍の応答しか示していないことがわかる。構造物では、1回目の微小加振以降応答が小さくなっている。これは、大加振では地盤の劣化が発生し、地盤剛性が低下することにより、模型地盤全体が振動し難くなっていると考えられる。また、杭先端部を土槽底部に固定していないため、構造物に地震波が伝わりにくくなっているものと推測できる。図-3に杭頭の曲げモーメントが最大値を取った際の曲げモーメントの深度分布を示す。3ケースともに杭頭部で最大値を示している。地盤内部においては、1回目の微小加振と大加振がGL-9m付近で曲げモーメントが最大値を示しており、この2ケースにおいては、杭頭部とGL-9m付近が破損する可能性の高い部分と考えられる。一方、1回目と2回目の微小加振を比較すると、2ケース共に同様な形状になっているが、地中部における最大曲げモーメントの値が地盤下段部へと移動

**キーワード:** タワークレーン, 杭基礎構造物, 地震

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部 地盤環境工学研究室

Tel&Fax: 03-5707-2202 E-mail: g0565010@sc.musashi-tech.ac.jp

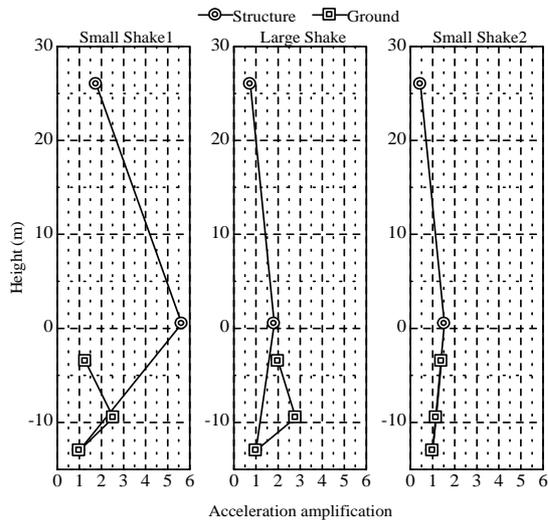


図-2 加速度応答倍率

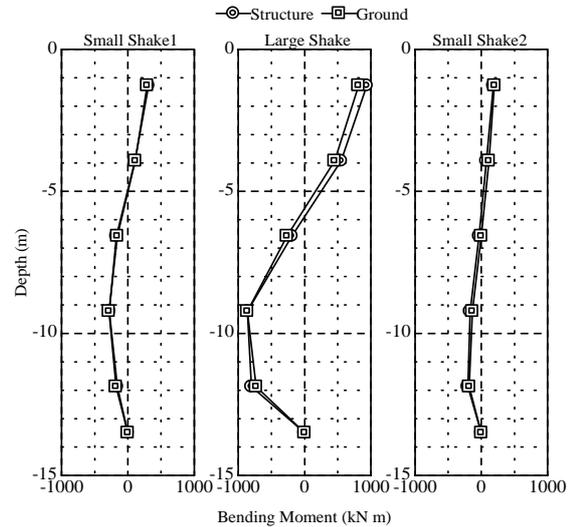


図-3 曲げモーメント深度分布

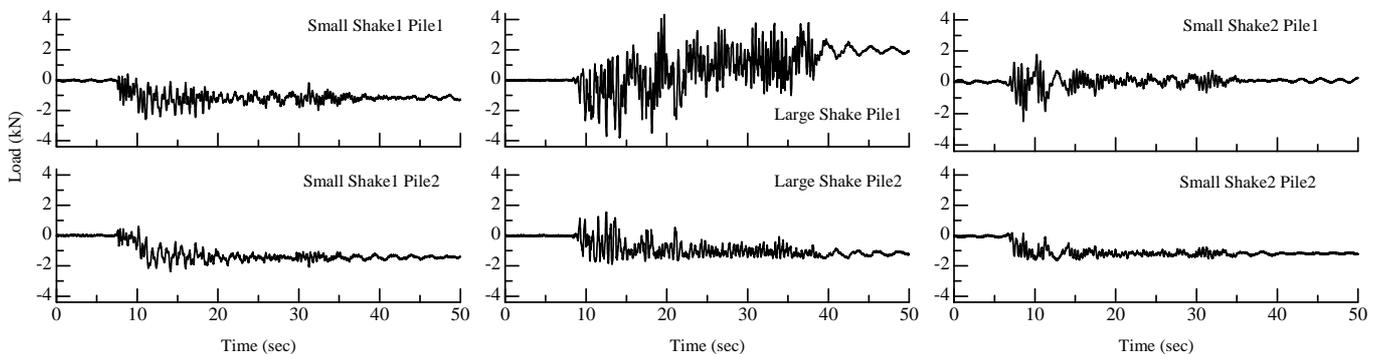


図-4 杭先端荷重時刻歴

していることがわかる。このことから、大加振実験によって構造物が過大に応答し、杭が杭周辺部(フーチング部付近)の地盤表面から地盤下部に向けて深度方向に劣化が進行したために最大曲げモーメントの値が地盤下段部へ移動したものと考えられる。図-4は杭先端に設置したロードセルにより計測した荷重時刻歴であり、+を圧縮側、-を引張側とした。1回目の微小加振では、杭1、杭2ともに引張側に若干の軸ずれが発生している。これは、加振をすることにより遠心場で発生したサクシオンによる圧縮方向に働いていたサクシオン力が消失したため、杭1、杭2ともに杭先端部に作用する荷重が減少したためと考えられる。大加振では、杭1は圧縮側に杭2は引張側に軸ずれが発生している。また、杭1と杭2の荷重の振幅を比較すると、杭1が杭2の2倍程度になっていることがわかる。これは、クレーン自体がアンバランスであるため杭1側の方が杭2側よりも大きな荷重がかかるためと考えられる。2回目の微小加振においては、杭1側に軸ずれが生じなかったという結果になり、大加振により地盤が劣化したのが原因と考えられる。

#### 4. まとめ

杭基礎構造物の挙動を明らかにするため遠心場加振実験を行い、以下の知見を得た。(a) 同一地盤で連続して微小加振、大加振、微小加振と加振をすることにより地盤の劣化が進行し、加速度応答倍率の値が加振するごとに減衰した。(b) 曲げモーメントは杭頭部が最大値を示し、地盤内部の最大曲げモーメントの値は地盤の劣化により地盤下段部へと移動した。(c) アンバランス状態であるため、杭1側により大きな荷重がかかり、荷重時刻歴において杭1は圧縮側に、杭2は引張側に軸ずれが生じた。

以上のことより、本実験の寸法形状では、構造物は2次モード的な動きを示している。また、加振が進むことにより地盤が劣化し、構造物の応答が減衰している。このことから、加振による地盤劣化が進行するとクレーン躯体が振動し難くなり、安定性が増すと考えられる。本研究では実施していないが、長周期の地震やタワークレーンが面外に振動した際には不安定性が増すと考えられ、地盤 - 杭と構造物の相互作用を考慮して動的安定性を検討する必要があると考える。

#### <参考文献>

- 1) クレーン構造規格 労働省告示 第134号 構造規格第1章 第3節、1995
- 2) 荒井郁岳、伊藤和也、玉手聡、末政直見、片田敏行：杭基礎で支持された自立型タワークレーンの動的安定性、第59回年次学術講演会概要集(CD-ROM)、Disk1、2004