

地震時における液状化地盤中の杭挙動に関する研究（その１：実験結果の分析）

東電設計(株) 正会員 佐藤正行, 石川利明
東京電力(株) 正会員 佐藤 博, 嶋田昌義

１．はじめに

兵庫県南部地震における杭基礎構造物の被害事例の中には地盤が液状化し、さらに強震動が作用したことが主原因と想定される事例¹⁾が多い。しかし現状では、地盤の液状化を考慮した杭基礎の設計法が確立されておらず、挙動解明を初めとしてまだ多くの検討課題が残されている。本研究では、液状化時の杭と地盤の連成挙動を考慮した耐震設計手法を確立するため、実験結果の詳細分析および設計手法の検討を行っている。本稿はそのうち、遠心載荷実験結果の分析についてまとめたものである。

２．実験概要

遠心載荷実験は、せん断土槽を用いて 50G の遠心力場で実施した。以下に重力場に換算した時の実験概要を示す。実験モデルは、図-1 に示すように 2 本の杭基礎に支持されたダクトを想定した。ダクト模型の寸法は、幅 6.5m × 高さ 3.3m × 奥行き 4.5m で、重量は 167.5tf であった。杭模型の寸法は、外径 750mm × 肉厚 15mm × 長さ 8.75m で、材質にはステンレスを使用した。また、ダクトとの拘束条件は剛結とし、土槽との拘束条件はヒンジとした。地盤モデルは、表-1 に示す豊浦標準砂を用いて空中落下法により作成した ($D_r=75\%$)。なお、地盤の間隙流体が水と同様になるようにシリコンオイル ($\nu=50\text{cSt}$) を用いて地盤を飽和した。入力地震動は周波数 2Hz、最大加速度 100gal の正弦波を 30 波入力した。

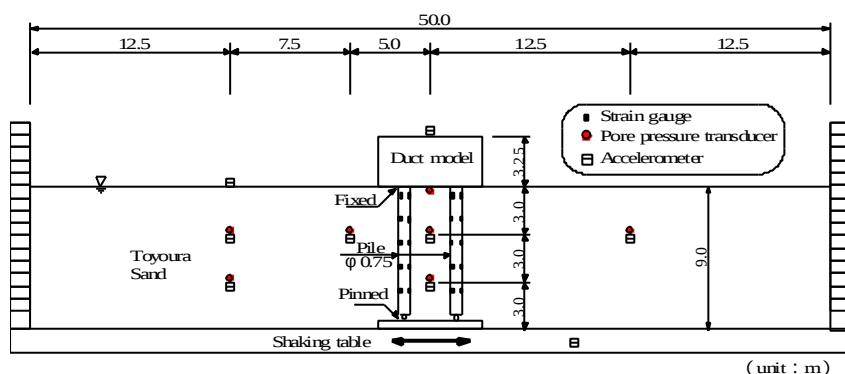


図-1 実験概要

表-1 砂の物性値

試料	豊浦標準砂
G_s	2.657
$D_{50}(\text{mm})$	0.178
均等係数 U_c	1.62
$e_{\max}$	0.974
$e_{\min}$	0.610

３．実験結果

計測された杭ひずみから算出した杭頭の曲げモーメント及び杭とモデル側方境界の中間点における 2 深度 (GL-3m, 6m) の過剰間隙水圧比の時刻歴を図-2 に示す。杭の曲げモーメントは、地盤の表層部が液状化する直前に最大となり、その後モーメントはほぼ一定値となる。曲げモーメントが最大となる時刻とほぼ一定となる時刻を対象として、半周期を 5 分割した杭の曲げモーメント分布と過剰間隙水圧比分布との関係を見たのが図-3 である。これらの図からも分かるように、杭の曲げモーメント分布にはゼロクロスする点 (以下、節と呼ぶ) が生じ、地盤の液状化が下方に

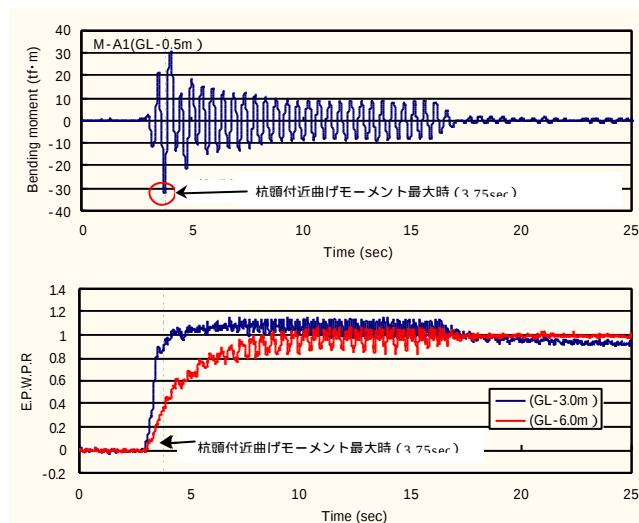


図-2 杭頭の曲げモーメント及び過剰間隙水圧比の時刻歴

キーワード：液状化地盤，杭基礎，過剰間隙水圧，曲げモーメント，地盤変位

連絡先：〒110-0015 東京都台東区上野 3 丁目 3 番 3 号・TEL(03)4464-5617・FAX(03)4464-5595

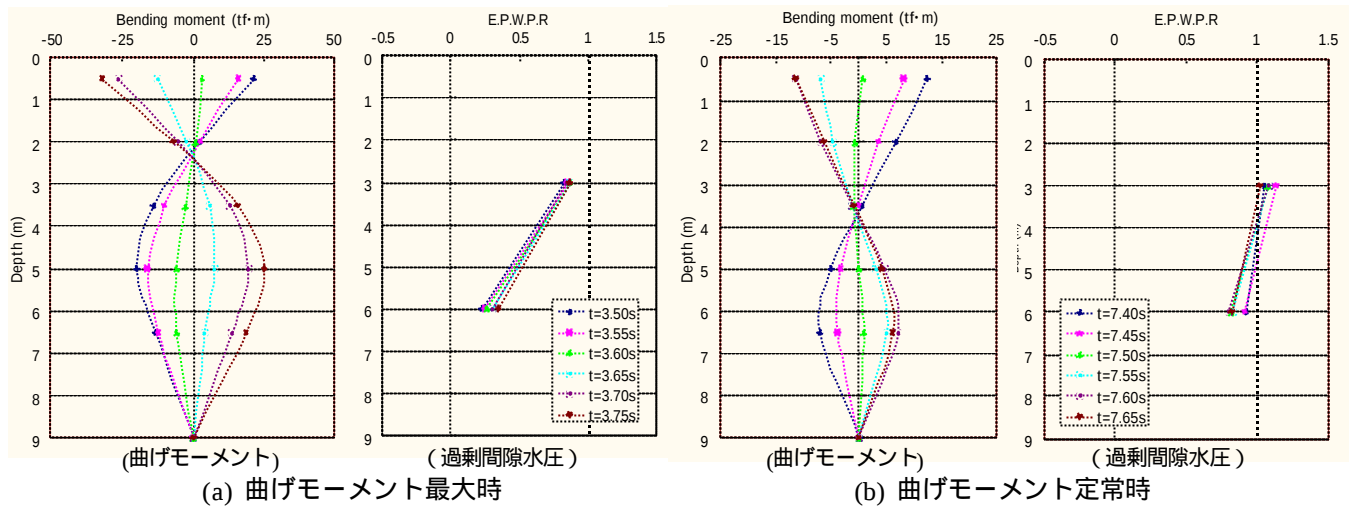


図-3 液状化過程における曲げモーメント分布の変化

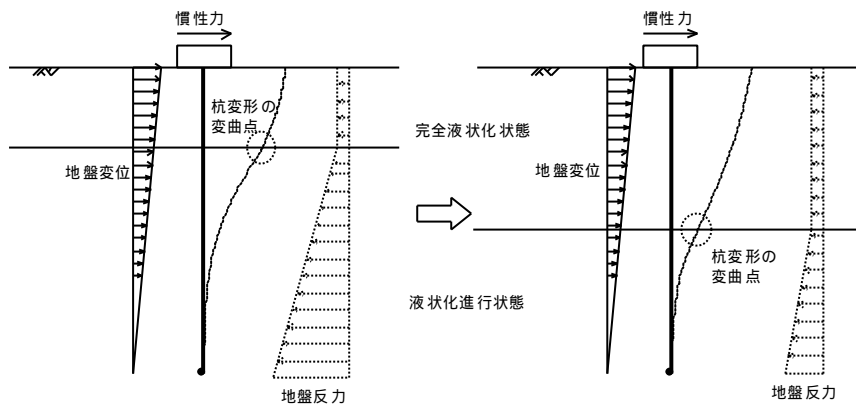


図-4 杭変形概念図

進行するに従ってこの節とともに曲げモーメントの極大値も杭の先端方向に下がっていく傾向が見られる。これは、図4に示すように、地盤の間隙水圧の上昇に伴い地盤反力が小さくなり、杭の変形の変曲点が杭先端方向に下がっていくためであると考えられる。

杭の曲げモーメントの深度分布を関数近似し、この近似式の2階積分から杭の変位を求め、2階微分から杭に作用する地盤反力を算出した。また、加速度記録を2階積分して地盤変位を算出した。このようにして算出されたGL-6m位置における地盤と杭の相対変位と杭に作用する地盤反力の関係を、同深度における過剰間隙水圧比の上昇過程ごとに見たのが図5である。相対変位と地盤反力のループの傾きは、過剰間隙水圧比の上昇に従い小さくなり、完全液状化後にはループが平坦となり傾きがほぼ0となっている。これは、過剰間隙水圧の上昇により地盤反力係数が低下していくと同時に液状化後には地盤反力係数がほぼ0になったためと考えられる。

4. まとめ

液状化進行過程における杭の挙動に関して遠心載荷実験結果の分析を行った結果、曲げモーメント分布には地中に極大値が生じこのモーメントが地盤の液状化直前に最大となっていること、液状化の進行に伴って地中の最大モーメント発生点が杭下端方向に移動するとともに地盤反力が大きく低下することが分かった。

参考文献

- 1) 例えば山田 他：兵庫県南部地震における杭基礎の被害とその解析的検討，建築学会近畿支部，1997

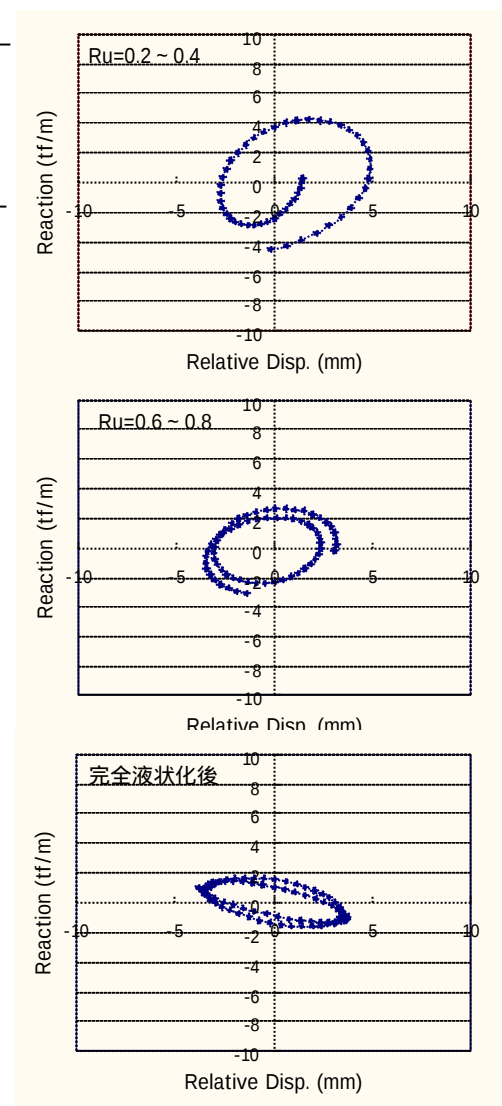


図-5 杭と地盤の相対変位と地盤反力の関係 (GL-6m)