

Ⅲ-A168 地震時に飽和砂地盤の側方流動により杭に作用する荷重と粘性流体解析

パシフィック C. I. 正会員 大春宏一郎
東京工業大学 正会員 高橋 章浩
正会員 桑野 二郎
日本大学 正会員 野村 卓史

1. はじめに

地震により偏荷重を受ける緩い飽和砂地盤に液状化が発生すると、地盤の残留変形が生じ基礎構造物に多大な被害を与える。本研究では特に背面に盛土を有する杭基礎橋台に着目し、流体力学的手法を用いて地盤の見かけの粘性とその流動速度から側方流動荷重とその分担率を求め、遠心模型実験 [3] より得られた結果（杭の曲げモーメント）との比較・検討を行った。

2. 模型実験

模型の概要を図 1 に示す。実験の詳細については [3] に記

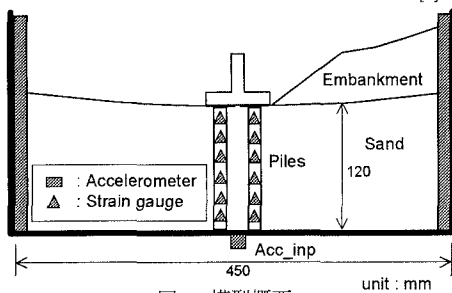


図 1: 模型概要

されている。図に示すように外形 10mm、長さ 120mm の杭を 2×6 に配した杭基礎橋台は、盛土中央付近で約 100kPa の偏荷重を受ける飽和砂地盤中に位置している。また、比較のため杭を 1 列 (1×6) のみ配した実験 (相対密度 50%) も行っている。このような模型断面に対して、基部の砂地盤の相対密度を 33, 52, 72% と変化させて、50G の遠心加速度場において最大化速度約 9G の 100Hz の正弦波を 20 波入力することによって振動実験を行った。

はじめに、杭を 1 列に配した実験の結果について示す。図 2 に砂地盤表面から 70mm の地点の曲げモーメントの時刻歴を示す。図に見られるように、曲げモーメントは振動とともに単調に増加していたため、残留値が最大となる振動終了時に着目する。図 3 に振動終了時の実験より得られた曲げモーメント分布と杭に作用する側方流動圧が上載圧に比例すると仮定して求めた曲げモーメント分布を示す。1 列のケースでは、深さとともに曲げモーメントは単調に増加している。土圧係数 c_L が 1.5 の時、地盤上部で実験結果と良い一致を示したが、地盤下部では計算値が実験値を

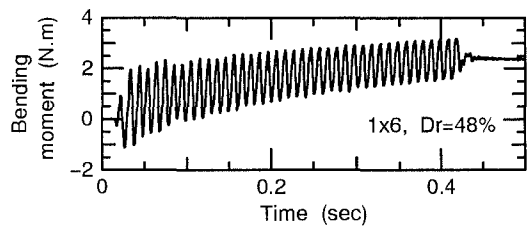


図 2: 曲げモーメントの時刻歴 (1 列, 深さ 70mm)

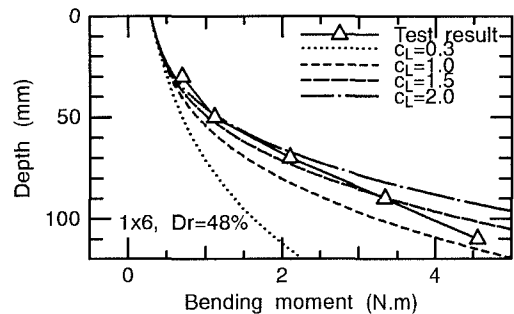


図 3: 曲げモーメントの深さ方向分布 (1 列, 振動終了時)

上回る結果となった。これは砂層中程以降は過剰間隙水圧が上載圧まで達せず、地盤下部では地盤剛性があまり低下しなかったためと考えられる。

1 列のケースの結果を元に、2 列杭を配したケースの構造物を 2 次元骨組としてモデル化し、側方流動圧分布の推定を試みた。計算では陸側に作用する流動圧の土圧係数 (c_{LL}) は 1 列のケースより得られた 1.5 として固定し、水辺側に作用する流動圧の土圧係数を推定した。図 4 に実験と計算により得られた曲げモーメントを、表 1 に得られた土圧係数 (c_{LW}) とその陸側に対する比 (c_{LW}/c_{LL}) を示す。

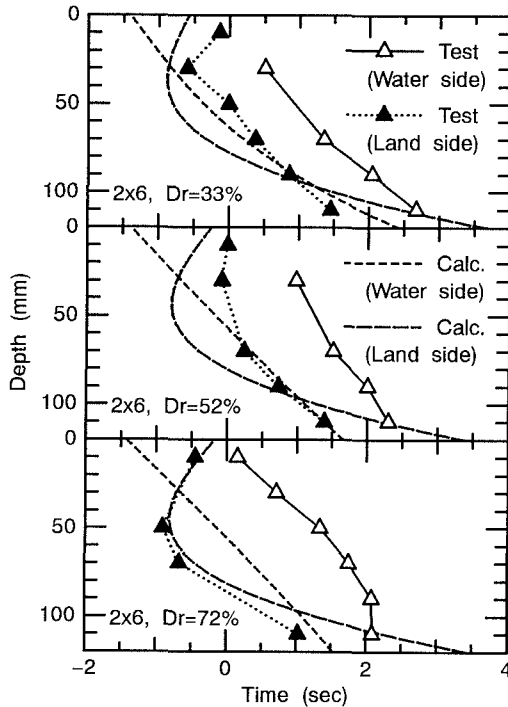


図 4: 曲げモーメントの深さ方向分布 (2 列, 50%)

表 1: 水辺側杭に作用する流動圧の土圧係数

相対密度 (%)	土圧係数 (c_{LW})	c_{LW}/c_{LL}
33	0.33	0.22
52	0.03	0.02
72	-0.05	-0.03

得られた曲げモーメント分布は、実験結果と比較すると全体的に正の方向にシフトしている。これは、実験では杭頭や杭先端が完全に構造物等に剛結されていなかったためではないかと考えられる。このような推定結果となったが、地盤の相対密度に対する分布形状の変化は定性的に表現できていると思われる。これらより得られた水辺側の土圧係数は陸側のそれと比べて小さく、陸側杭により大きな荷重が作用していると考えられる。

3. 流体解析

流体解析では、物体周りの粘性流体の流れと物体と流体の相互作用を解析できる ALE 法による解析プログラムを用いて [2]、2 次元解析を行い、杭に作用する側方流動圧の陸側と水辺側の分担率の計算を行った。地盤の見かけの粘性係数は川上らの結果 [1] を参考にし、 $23\text{kPa}\cdot\text{s}$ を基本とした。

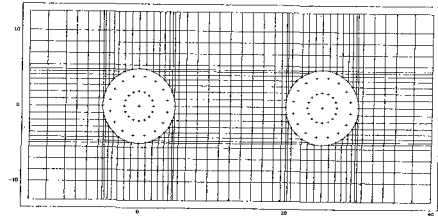


図 5: 計算メッシュ

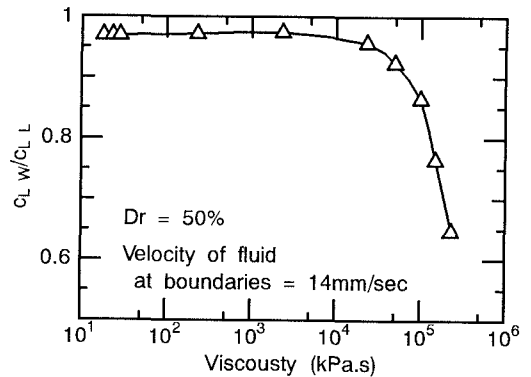


図 6: 粘性係数と分担率の関係

また地盤の流動速度は実験結果より 14mm/sec とした。計算で用いたメッシュを図 5 に示す。図の右側から左方向に流れるように左右の境界に流速を与えて計算を行った。粘性係数を $23\text{kPa}\cdot\text{s}$ としたところ、分担率 (c_{LW}/c_{LL}) は 0.97 となり、水辺側杭に作用する土圧が実験結果に比べ非常に大きくなった。そこで、粘性をさらに大きくして計算を試みた。図 6 にその結果を示す。粘性を 10^4 倍の $2.3 \times 10^6\text{kPa}\cdot\text{s}$ としても、分担率は 0.65 までしか低下せず、実験結果に比べ大きいという結果が得られた。今回行った実験では、前節で述べたように砂地盤は完全液状化とはいえない状態にあったため、このように非常に大きな粘性係数としなければ、実験結果から得られた分担率を説明できないのかもしれない。これについてはさらなる検討が必要であると思われる。

参考文献

- [1] Kawakami et al. 1994. Experimental study on mechanical properties of liquefied sand, 5th US-Japan W.S. on earthquake resistant design of lifeline facilities and countermeasures against soil liquefaction
- [2] 野村ら. 1992. ALE 法に基づく粘性流体と構造との相関問題の有限要素解析手法, 土木学会論文集, No. 416, I-3
- [3] 大春ら. 1998. 液状化による地盤変形が杭基礎に及ぼす影響, 第 33 回地盤工学研究発表会 (投稿中)