

## 杭 - 地盤相互作用ばねを組み込んだ2次元解析によるスタナミック水平載荷実験のシミュレーション

科学技術振興事業団	正会員	河又 洋介
港湾空港技術研究所	正会員	一井 康二
応用地質		竹島 康人
京都大学	正会員	井合 進
沿岸開発技術研究センター	正会員	梅木 康之

### 1. はじめに

船が接岸する際の棧橋・ドルフィンや地震力が作用する際の建築物基礎など、杭 - 地盤系に対して動的水平荷重が作用する場合が数多くみられる。しかしながら、こういった杭 - 地盤系が動的な水平荷重を受ける際の挙動は複雑であり、実務レベルで適用可能な解析手法は確立されていない。本研究では、小堤ら<sup>1)</sup>により提案されている単列杭 - 地盤間相互作用ばねモデルを組み込んだ2次元 FEM 解析により、既往の実物大群杭によるスタナミック水平載荷実験のシミュレーションを試み、解析方法の適用性を検証した。

### 2. 解析条件

本研究における検討対象は、Salt Lake City 空港で実施された群杭（杭頭自由）のスタナミック水平載荷実験である<sup>2)</sup>。群杭のスタナミック水平載荷試験とは、載荷装置のシリンダー内にセットした固形燃料（ロケット推進燃料）に点火することにより、載荷時間にして 120～150msec（地震動の載荷時間は 20msec～2sec 程度）の急速水平荷重を杭頭に作用させるものである。実験装置の概要を図 - 1 に示す。載荷実験は、最大荷重を変えて全部で 3 回実施されているが、ここでは 2 回目と 3 回目の実験について解析を行った。解析は、2 次元 FEM 解析プログラム FLIP<sup>3)</sup>で実施した。解析メッシュ図を図 - 2 に示す。地盤定数は、現位置試験および室内試験の結果を基に設定し、単杭を対象とした静的載荷実験結果と解析結果の比較によりキャリブレーションしたものをを用いている<sup>4)</sup>。鋼管杭、群杭に関する各定数は、文献<sup>4)</sup>と同じ値を使用した。また、杭頭に作用させる荷重として、実験時に計測された荷重を単純化したものを用いた（図 - 3）。レーレー減衰の値は、原地盤の固有振動数（おおよそ 3Hz）に対して、減衰が 1%となるように設定した（ $\gamma=0$ ， $\beta=0.001$ ）。

### 3. 解析結果

杭頭における荷重 - 変位関係について、実験値と解析値を比較したものを図 - 4 に示す。同図より、載荷 2 回目、3 回目とも精度よく再現できていることがわかる。載荷過程だけでなく、除荷過程における荷重 - 変位関係の再現性が高いことは特筆に値する。したがって、提案した手法により、地震時の動的挙動が精度よく再現されており、地震荷重作用後の残留変位を推定できる可能性が示された。

図 - 5 に各列杭の曲げモーメント図を示す。同図より、前列および中列杭における曲げモーメントは、比較的よい精度で再現できている。しかしながら、後列杭における曲げモーメント図の解析結果は、実験結果と異なるものであった。この傾向は静的載荷を対象とした解析<sup>4)</sup>と同じものであるが、他の実験結果等で示される一般的な傾向と一致している。

### 4. まとめ

群杭のスタナミック実験結果に対して、杭 - 地盤相互作用ばねを組み込んだ FLIP による解析を実施したところ、以下のことが明らかとなった。荷重 - 変位関係に関して、載荷過程だけでなく除荷過程も精度よく再現することができた。このことは、本手法により、地震後の残留変位を推定できる可能性を示している。静的載荷における解析と同様<sup>4)</sup>、後列杭以外は精度よく表現できた。したがって、小堤らによる相互作用ばねモデルにより、載荷速度の影響がある動的載荷においても、杭 - 地盤系の挙動を再現できることがわかった。

キーワード：2次元 FEM 解析，一体解析，杭 - 地盤相互作用ばね，スタナミック水平載荷試験

連絡先：〒239-0826 横須賀市長瀬 3 丁目 1 番 1 号 Tel：046-844-5058 Fax：046-844-0839

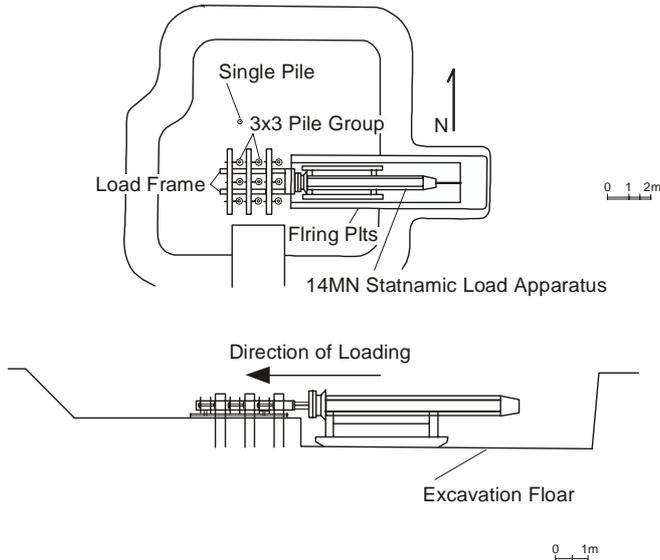


図 - 1 スタナミック実験装置

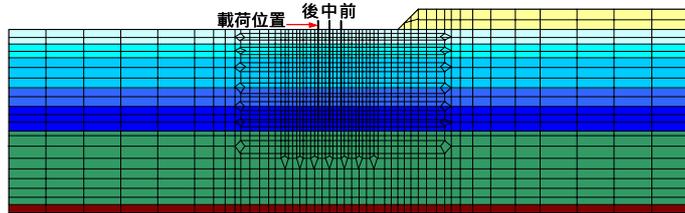
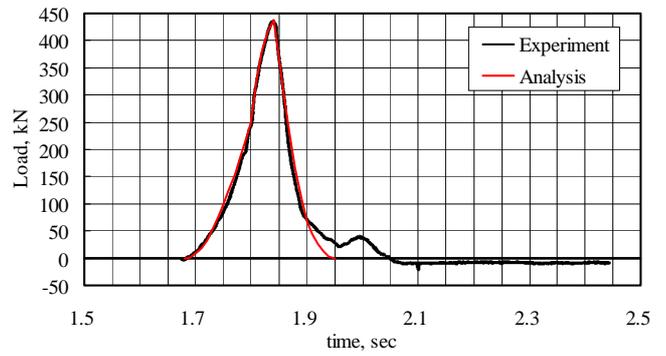
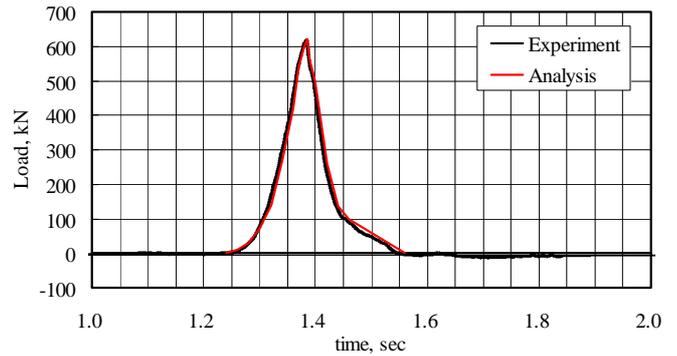


図 - 2 解析メッシュ図



(a) 2 回目



(b) 3 回目

図 - 3 入力荷重（杭頭）

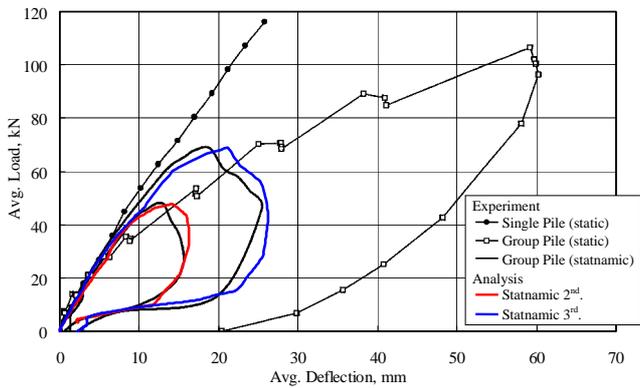


図 - 4 荷重 - 変位関係

謝辞：本研究は沿岸開発技術研究センターに設けられた FLIP 研究会杭基礎 WG における研究成果をもとにとりまとめたものである。本研究会および WG に参加された皆様，本検討分科会の飛島建設の三輪様，新日本製鐵の龍田様・篠崎様，応用地質の沢田様，ドーコンの寿楽様，ニシキコンサルタントの北出様，日本科学技術研修所の小堤様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小堤ほか：2次元有効応力解析における杭と液状化地盤の相互作用のモデル化，第38回地盤工学研究発表会（投稿中），2003.7.
- 2) Kris T.Peterson and Kyle M.Rollins(1996)：Static and Dynamic Lateral Load Testing of a Full-Scale Pile Group in Clay,Civil Engineering Department Research Report #CEG.96-02
- 3) Iai,S., Matsunaga,Y. and Kameoka,T. (1992)：Strain space plasticity model for cyclic mobility, Soiles and Foundations, Vol.32,No.2, pp1-15
- 4) 2次元解析における杭 地盤相互作用ばねを用いた群杭効果の評価手法の検討，第38回地盤工学研究発表会（投稿中），2003.7.

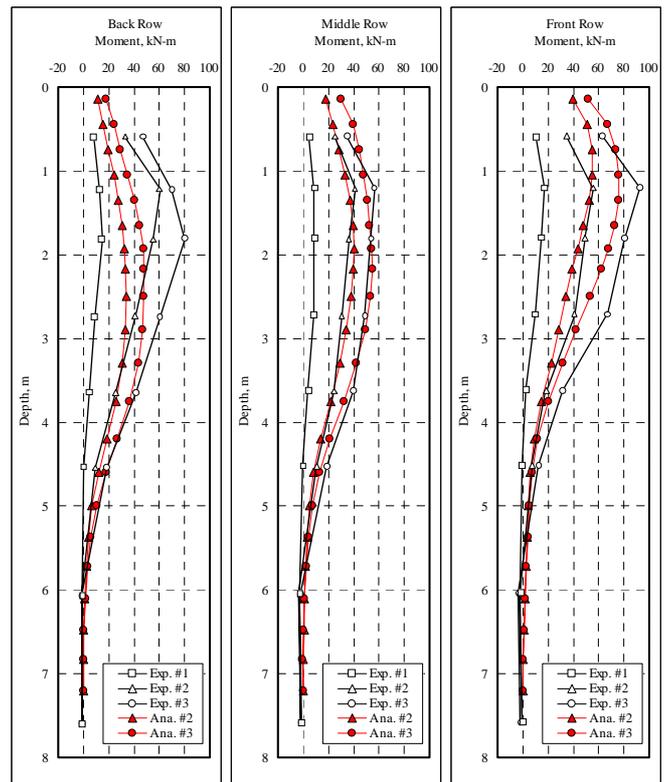


図 - 5 曲げモーメント図