

I-B 394

杭と改良地盤を併用した基礎の液状化時応答

清水建設㈱ 技術研究所 正会員 大槻 明
清水建設㈱ 技術研究所 正会員 佐藤 正義

1. はじめに 阪神大震災では、杭構造物基礎に被害が多く見られる一方、杭と地盤改良を併用した基礎は、軽微な被害多く認められた。本論文では基礎的なモデルについて遠心載荷振動実験と解析により、液状化時の改良地盤併用の杭の応力について検討を行った。

2. 遠心載荷振動実験モデル 2) 改良有無しの2ケースについて検討した。ケース1:土槽中央に4本杭からなる1質点系の構造物。ケース2:ケース1と同じモデルではあるが、杭間に地盤改良体($\sigma_m = 1 \text{ kgf/cm}^2$ での平均的な $G = 5000 \text{ kgf/cm}^2$ 、改良率64%)がある。ケース2のモデルを図1に示す。地盤模型の大きさは、幅770mm、高さ300mm、奥行き475mmで、相対密度60%程度の豊浦砂が充填されており、シリコンオイルで地表まで飽和されている。杭はアルミ材質で、ひずみゲージが貼られ、地中には加速度計および間隙水圧計、建物に加速度計が設置されている。十勝沖地震八戸波を概ね最大振幅5G、重力加速度25G下で入力した。

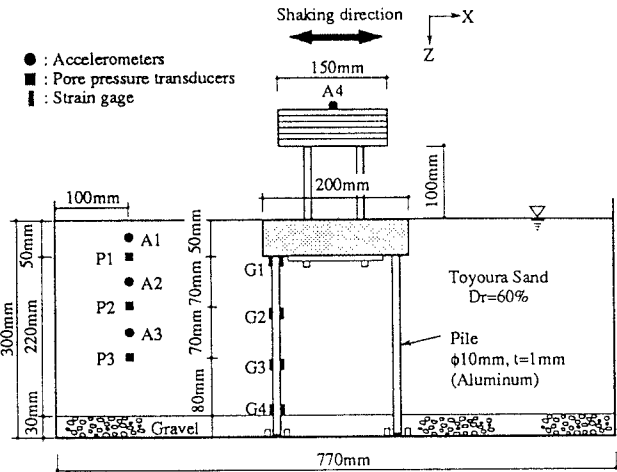


図1 実験モデル

3. 3次元解析モデル 上部構造物の固有振動数は50Hz、減衰を5%とした。微小ひずみ下の地盤の固有振動数は125Hzである。土の構成式2) は3次元に拡張したROモデルを用い、土のパラメータは過去の豊浦砂データを参考にした。3344個のソイル要素と984個の梁で、地盤一杭一構造物系をモデル化した3)。

4. 解析結果および考察 図2, 3にケース1と2の解析結果と実験結果をそれぞれ実線および波線で示した。ケース1と2の建物の加速度波形には建物の固有振動数が表現され、両者良い一致を示したが、ケース2の加速度後半部の振幅は実測値よりも小さい。間隙水圧比は各ケースとも液状化しており、概ね実験解析結果と一致した。杭頭の曲げモーメント波形は、各ケースとも概ね実験解析結果と一致した。特徴的な点は、ケース1では建物の加速度に対して杭頭の曲げモーメントは逆位相、ケース2では同位相である。図4にケース1と2の杭の最大曲げモーメント分布を示す。解析結果と実験結果で若干値は異なるものの、分布形状は両者良く一致した。ケース2と同条件で上部建物の固有振動数を12.5, 100Hzとした場合の建物の最大加速度と杭頭曲げモーメントの関係を図5に示す。改良地盤を伝播してくる入力波の高振動成分の影響を受け、上部建物の加速度は固有振動数の高い50Hz, 100Hzの順に大きな値となった。50Hzの杭頭の曲げモーメントは、12.5Hz, 100Hzに対して最大となった。ケース1, 2の最大値の比較では改良効果がないが、全体的なエネルギーを評価するため、図6にパワースペクトルを示した。図6から改良を併用した杭は有利であることが分かる。液状化時の杭の耐震性は、曲げモーメントの最大値のみでなく、杭の全体的なエネルギーの評価も必要と考えられる。

5. おわりに 杭と地盤改良を併用した基礎の場合、耐震的に有利であるが、建物の固有周期と入力の関係によっては、杭にも大きな力加わる可能性がある。強震時の建物と杭を含む基礎の振動モードの形態が杭頭の断面力に影響をもたらすと推測される。建物と杭を含む基礎間の加速度が逆位相(ケース1)の場合、力が相殺され、同位相下(ケース2)では杭に建物の力が付加されことにより杭に大きな断面力が生じることが考えられる。

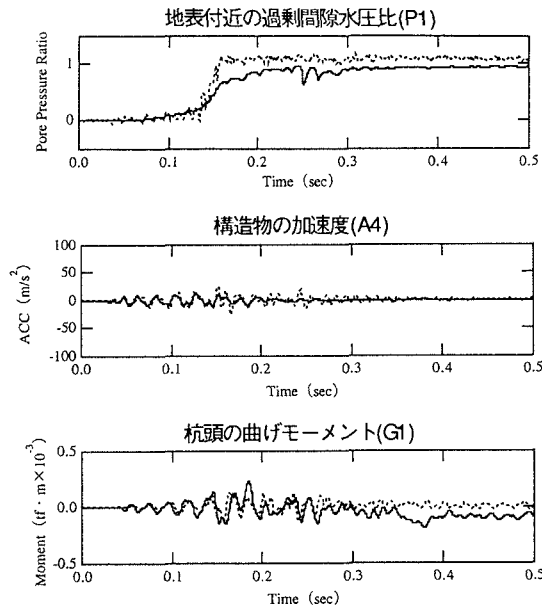


図2 ケース1の結果

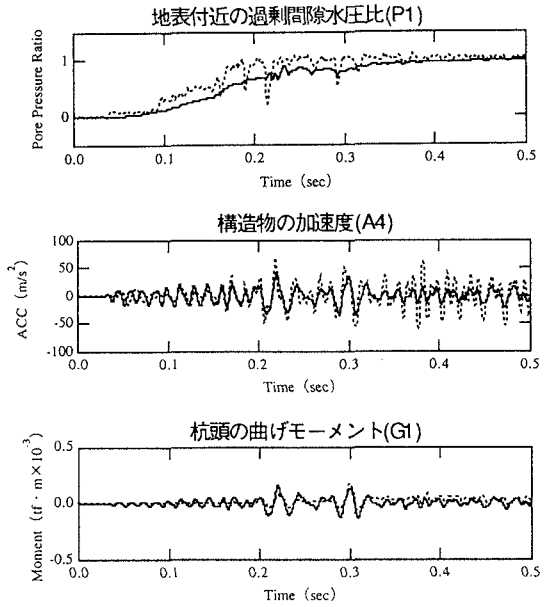


図3 ケース2の結果

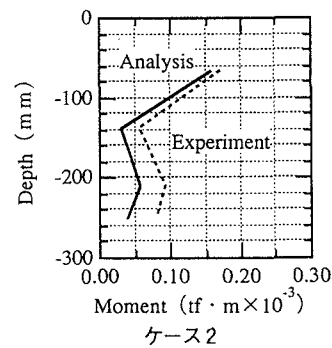
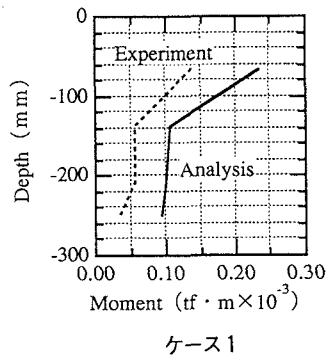


図4 最大曲げモーメント分布

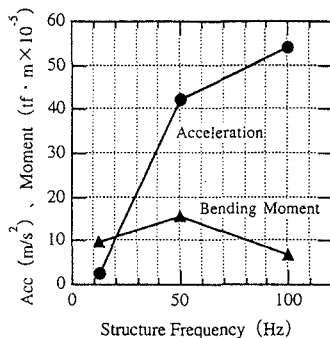


図5 固有振数と加速度、曲げモーメントの関係

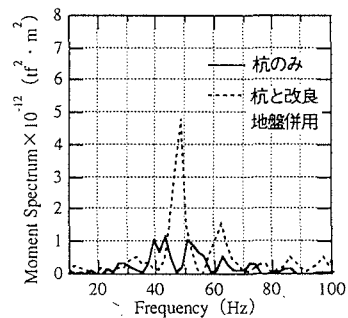


図6 実測値の曲げモーメントパワースペクトル

<参考文献> 1) Sato, M. A new dynamic geotechnical centrifuge and performance of shaking table tests, Proceedings, International Conference Centrifuge 94., Singapore., pp.157-162, 1994 2) 福武・大槻, 三次元液状化解析による部分改良地盤の効果の予測, 地盤の液状化対策に関するシンポ, 土質学会編, pp.205-210, 1991. 3) 大槻・福武・藤川・佐藤: 液状化時群杭挙動の3次元有効応力解析, 土木学会論文集, No.495, pp.101-110, 1994.