

既設基礎の耐震補強に関する検討（その5）  
 - 液状化地盤を対象とした動的模型実験の数値シミュレーション -

(株) 鴻池組 正会員 加藤 満, 谷 善友, 上野淳一  
 独立行政法人土木研究所 正会員 大下武志, 福井次郎

1. はじめに

近年、マイクロパイル工法は既設基礎の有力な耐震補強技術の一つとして注目を集めている。マイクロパイル工法は、桁下等の空頭制限のある場所や狭隘で十分な施工空間を確保できない条件下でも増し杭による耐震補強を行うことができる等の特長を有している。

本報では、地震時に液状化が発生する可能性のあるゆるい砂質土層が存在する地盤を対象として行った動的模型実験<sup>1)</sup>の二次元有効応力解析による数値シミュレーションを実施し、マイクロパイル工法による既設基礎の耐震補強効果について解析的に検討した結果を報告する。

2. 解析方法および解析モデル

解析には、Okaら<sup>2)</sup>の砂の弾塑性モデルを組み込んだ土～水連成の二次元有効応力解析法<sup>3)</sup>(LIQCA-2D)を用いた。有限要素メッシュを図-1(a),(b)に示す。図-1(a),(b)は、いずれも動的模型実験<sup>1)</sup>の模型をほぼ忠実にモデル化したものであり、図-1(a)は構造物が既設杭のみに支持されたモデル、図-1(b)はマイクロパイル(15°の斜杭)による補強が施されているモデルである。また、砂の材料パラメータは、実験の際に行われた土質試験結果を用いて設定した。ゆるい砂質土層(Dr=40%)の要素シミュレーション結果を図-2に示す。杭と橋脚は線形梁要素を用い、動的模型実験の仕様を単位奥行きあたりに換算して材料パラメータを設定した。

3. 解析結果

入力加速度としてホワイトノイズ波形(最大200gal)を用いた場合のGL-10cmにおける過剰間隙水圧比の時刻歴と地盤応答加速度の時刻歴(補強杭ありの場合)を図-3、図-4に示す。ここに示していない補強杭なしのケースも含め、過剰間隙水圧比の最大値や最大値に至る時間や液状化によって加速度が減衰する様子等において実験結果と解析結果はほぼ一致しており、解析結果は実験結果を概ね定量的に再現していると判断できそうである。なお、ここには示していないが、既設杭(図-1(a)の左側の杭)の曲げモーメントの深度分布についても解析による再現性を確認している。

次に、解析結果における既設杭(左側)の曲げモーメントおよび水平変位により、マイクロパイルによる既設基礎の補強効果について検討を試みた。補強杭がある場合と無い場合の曲げモーメントおよび水平変位の比  
 キーワード：耐震補強、増し杭、液状化、模型実験、有効応力解析

連絡先：〒101-8316 東京都千代田区神田駿河台2-3-11 TEL03-3296-7602, FAX03-3296-8460

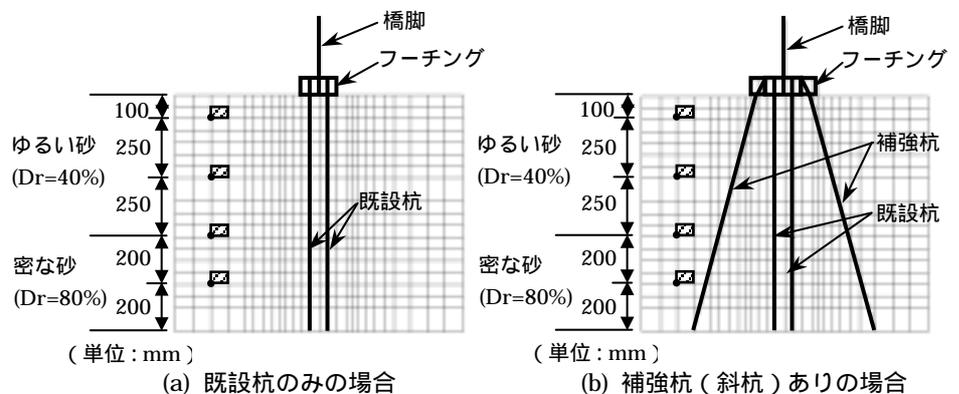


図-1 有限要素メッシュ

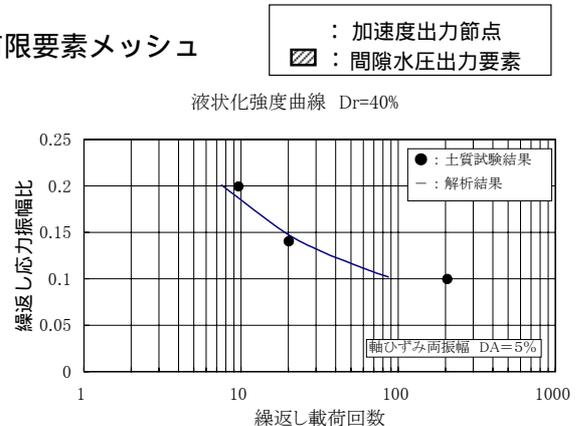


図-2 要素シミュレーション結果

較図を図-5 に示す。図-5 の曲げモーメント図および水平変位図は、実験において既設杭の杭頭部での曲げモーメントが最大となった時刻(完全液状化に至る直前)とほぼ同一時刻でのものである。図-5 から、相対密度  $Dr = 80\%$  の砂層では過剰間隙水圧の発生量が小さいために地盤の剛性が大きくは低下せず、既設杭の水平変位が小さいことがわかる。

一方、その上部の相対密度  $Dr = 40\%$  の砂層では、過剰間隙水圧が大きく上昇して地盤の剛性が大幅に低下したため、補強が無い場合は既設杭の水平変位が大きくなるとともに曲げモーメント量も大きくなっている。しかし、マイクロパイルにより補強した場合は、水平変位や曲げモーメントが低減しており、マイクロパイルによる補強効果が明確にあらわれている。

4 . おわりに

限られた条件下での検討ではあるが、今回の解析的検討によって得られた結論を列挙する。

用いた有効応力解析法は、今回のような液状化を考慮した動的模型実験結果を概ね再現できる。

砂層が液状化して地盤反力等を期待することが困難な場合においても、マイクロパイル工法による既設基礎の耐震補強は非常に効果的である。

今後は、今回の条件下での解析を引き続き行い、地盤が完全に液状化した後のマイクロパイルの補強効果について検討する予定である。

本研究は、マイクロパイル等の新技术を用いた官民共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発」(独立行政法人土木研究所、(財)先端建設技術センター、民間12社)の研究活動の一環として行ったものである。

参考文献

- 1) 岸下・斉藤・相良・大下・福井：既設基礎の耐震補強に関する検討(その4)-小口径杭を用いた液状化地盤における振動台実験-，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集，2002(投稿中)。
- 2) F.Oka, A.Yashima, A.Tateishi, Y.Taguchi and S.Yamashita : A cyclic elasto-plastic constitutive model for sand considering a plastic-strain dependence of the shear modulus, Geotechnique, Vol.49, No.5, pp.661-680, 1999.
- 3) F.Oka, A.Yashima, T.Shibata, M.Kato and R.Uzuoka : FEM-FDM coupled liquefaction analysis of a porous soil using an elasto-plastic model, Applied Scientific Research, Vol.52, pp.209-245, 1994.

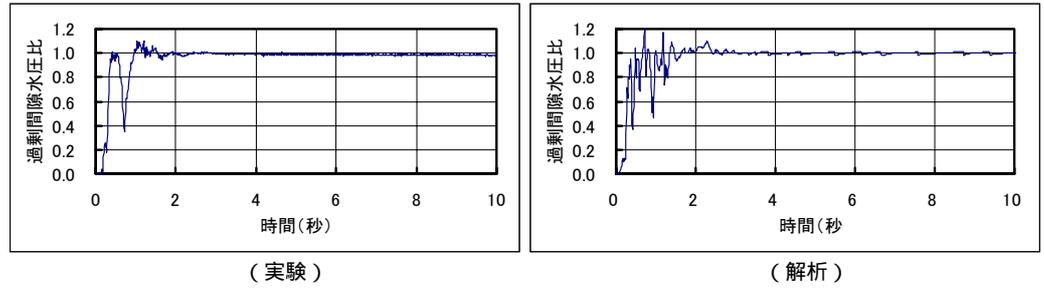


図-3 GL-10cmにおける過剰間隙水圧比の時刻歴(補強杭ありの場合)

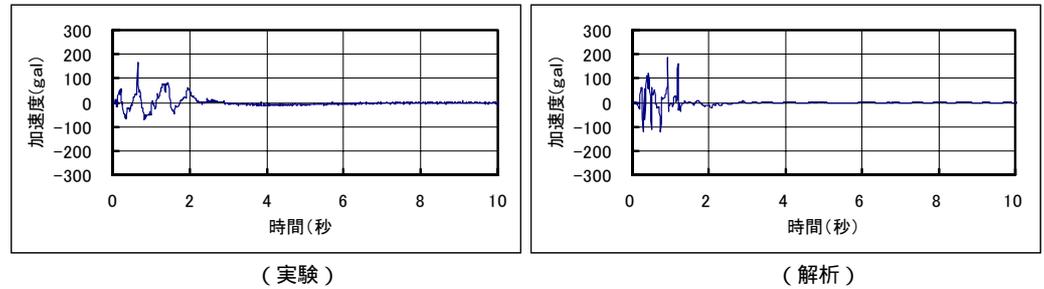


図-4 GL-10cmにおける地盤応答加速度の時刻歴(補強杭ありの場合)

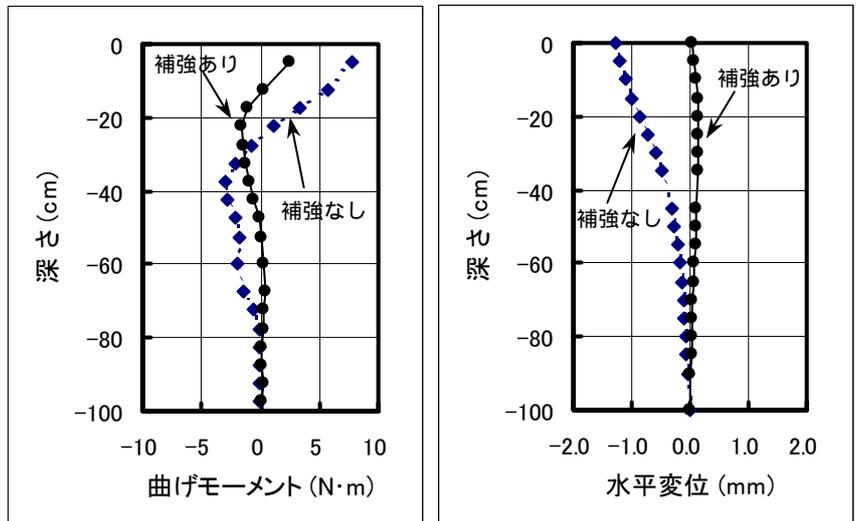


図-5 既設杭(左側)の曲げモーメントと水平変位の深度分布