

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3：有効応力解析の適用性）

東電設計(株) 正会員 石川 利明, 佐藤 正行, 東 均
東京電力(株) 正会員 佐藤 博, 嶋田 昌義

1.はじめに

液状化問題に関する解析手法として有限要素法による二次元有効応力解析が盛んに行われるようになってきている。しかし、現状では杭基礎のような構造物を対象とした場合、従来の杭と地盤の接点を共有するモデルでは、液状化後の地盤が杭をすり抜けるといった現象を模擬することが困難であり、解析手法の改良および高度化が求められている。そこで、本研究では、石崎ら¹⁾により報告されている杭と地盤の間に地盤ばねを設置する解析モデルを用い、地盤の過剰間隙水圧の上昇に伴い設置した地盤ばねの値を低減させる解析手法を提案し、この解析手法により（その1）²⁾の実験を対象にシミュレーションを実施し、液状化地盤中の杭基礎構造物に対する解析手法の適用性について検討を行った。

2.実験概要

実験概要を図-1に示す。なお、実験の詳細内容については、（その1）²⁾を参照されたい。

3.解析モデルおよび解析方法

解析には STADAS³⁾を用いて実験のシミュレーションを行った。図-2に解析モデルを示す。解析モデルの要素は、地盤は非線形（構成側：改良した飛田・吉田モデル⁴⁾）のソリッド要素、上部工（ダクトモデル）は線形のソリッド要素、杭は線形の梁要素でモデル化し、モデルの境界条件は、下端が固定、側方は周期境界としている。また、杭と地盤の間は、図-3に示すように従来の杭と地盤の接点を共有させるモデル（従来モデル）の他に、地盤ばねを設置するモデル（地盤ばねモデル）によりモデル化した。

解析方法は、従来モデルについては要素の物性値設定後、解析を実施するが、地盤ばねモデルについては、地盤のみの有効応力解析により各深度の地盤要素の過剰間隙水圧を算出し、図-4の澤田ら⁵⁾により示された地盤の過剰間隙水圧比と剛性低下率の関係式から時刻暦の地盤ばね値を設定後、解析を実施した。なお、初期地盤ばね値については、「鉄道構造物設計標準・同解説（基礎構造物・抗土圧構造物）」に準じて算出した。

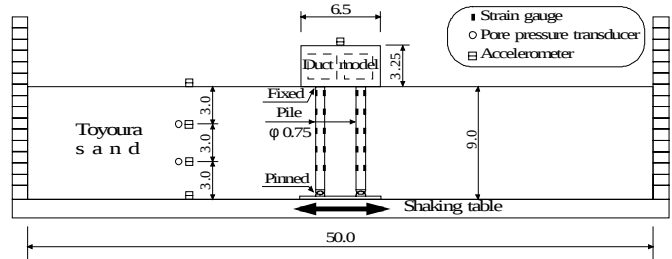


図-1 実験概要

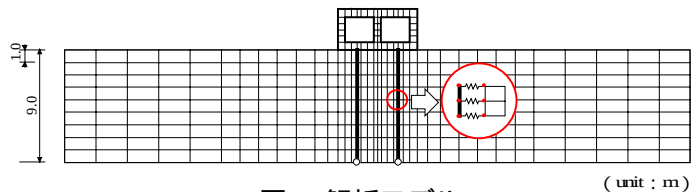


図-2 解析モデル

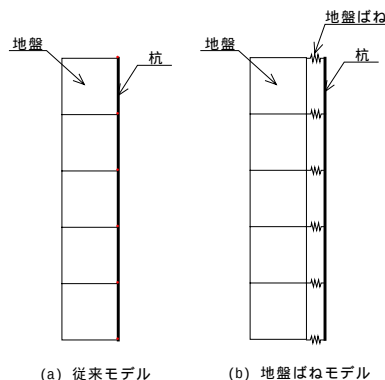


図-3 従来モデルと地盤ばねモデル

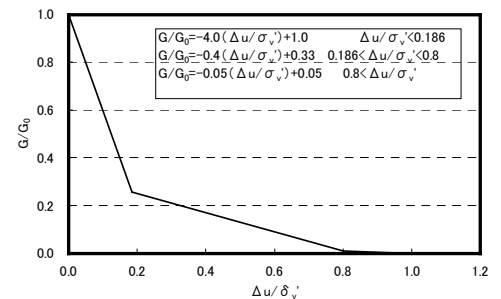


図-4 過剰間隙水圧比と剛性低下率の関係

キーワード：液状化地盤、杭基礎、有効応力解析、地盤ばね

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

4.解析結果

杭の曲げモーメントの実験結果と従来モデルおよび地盤ばねモデルによる解析結果の比較したものを図-5示す。この図にも見られるように、実験結果による杭の曲げモーメントは、地盤の初期液状化の前後に過渡応答を示し、その後応答が減少する挙動が見られた。従来モデルの解析結果ではこのような挙動を再現することは出来なかった。これに対し地盤ばねモデルでは、杭の曲げモーメントは実験結果と同様、地盤の初期液状化前後に過渡応答を示し、その後モーメントの値は実験結果より若干大きいものの応答が減少するという挙動が見られ実験結果をほぼ再現することができ、従来モデルよりも一致する傾向となった。

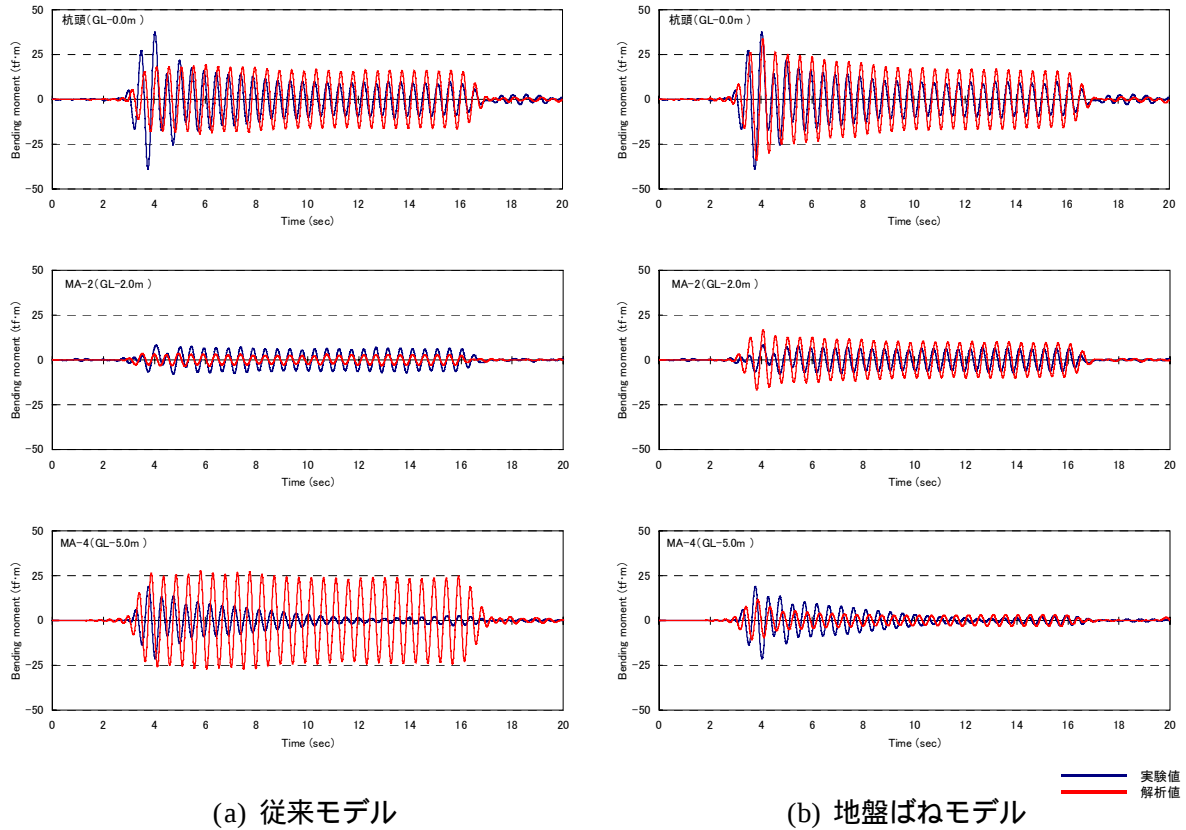


図-5 杭の曲げモーメントの時刻歴の実験結果と解析結果の比較

また、図-6 に液状化前後の杭の曲げモーメント分布の実験結果と従来モデルおよび地盤ばねモデルの解析結果の比較したものを示す。この図にも見られるように、杭の曲げモーメント分布についても従来モデルに比べ地盤ばねモデルの解析結果の方が実験結果と一致する傾向となった。

5.まとめ

以上の結果から、液状化地盤中における杭基礎構造物の解析手法として地盤ばねモデルは適用可能であることが確認出来た。

参考文献

- 1) 石崎ら：大型せん断土槽実験に基づく液状化地盤と杭の動的相互作用評価に関する一検討, 第 35 回地盤工学研究発表会, 2000
- 2) 佐藤ら：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), 土木学会第 55 回年次学術講演会 2000
- 3) Kurose, H., Sato, M., Azuma, H., Ozeki, K. & Yoshida, N. 2001. Effective stress analysis by shear strain controllable model and its application to centrifuge shaking model test, Proc. of the Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, San Diego, California, USA March, 2001
- 4) Tobita, Y. & Yoshida, N. 1994. An isotropic bounding surface model for undrained cyclic behavior of sand, Limitation and Modification, Proc. International Symposium on Pre-Failure Deformation of Geomaterials, Sapporo.
- 5) 澤田ら：液状化地盤中の基礎構造物の動的挙動に関する研究, 第 10 回日本地震工学シンポジウム, 1998

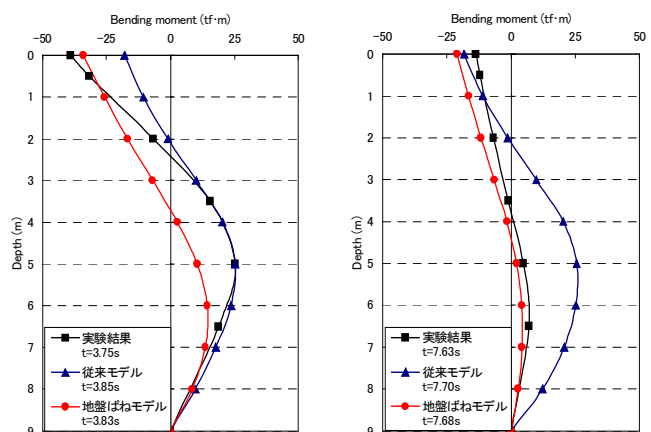


図-6 杭の曲げモーメント分布の実験結果と解析結果の比較