

液状化地盤上のパイルドラフト基礎とスラブ基礎の遠心載荷実験結果の3次元有効応力解析

大成建設 正会員 ○立石章 堀越研一
 危険物保安技術協会 正会員 八木高志
 東京工業大学大学院 正会員 竹村次朗
 西松建設 正会員 今村眞一郎

1. はじめに

液状化地盤上におけるパイルドラフト基礎を有する石油タンクの地震時挙動を明らかにすることを目的として、遠心模型実験が行われてきた。本報では、パイルドラフト基礎の耐震性を評価するための数値解析手法として3次元有効応力動的解析を取り上げ、パイルドラフト基礎およびスラブ基礎の遠心模型実験のシミュレーションを実施したので報告する。

2. 遠心模型実験の概要

50Gの遠心加速度場において、直径7m、高さ7m、容量300kl相当のタンクを想定した1/50縮尺のパイルドラフト基礎モデル（以下PR基礎と略す）およびスラブ基礎モデル（以下SB基礎と略す）による模型振動実験を行った。図-1にPR基礎の実験模型の概要を示すが、両基礎モデルの違いは模型杭の有無である。模型地盤は、珪砂8号（ $D_{50}=0.07\text{mm}$ 、 $e_{\max}=1.333$ 、 $e_{\min}=0.703$ 、 $k=2.0 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ ）と脱気水を用いて、せん断土槽内に深さ200mm、相対密度50%の地盤を作成した。地下水位は地表面とした。両基礎モデルとも、模型タンクの接地圧は100kPa、重心は満液時の実機タンクの重心に合わせタンク底面から66mmの位置とし、模型スラブは剛なRC構造を想定しアルミ製とした。PR基礎では、7本杭とし、杭は $\phi 8\text{mm}$ 、 $t=0.5\text{mm}$ のSUS製杭で、杭頭は剛結とした。加振は、周波数100Hz、20波、加振振幅13Gの正弦波加振とした。実験方法および結果の詳細は文献¹⁾を参照されたい。

3. シミュレーション解析方法

シミュレーション解析は、3次元有効応力解析プログラムLIQCA3D²⁾³⁾⁴⁾によった。模型地盤はOka *et al.*による繰返し弾塑性モデル³⁾を用いたソリッド要素でモデル化し、8号珪砂の液状化強度は山梨・竹村による実験結果⁵⁾から設定した。模型タンクは1質点系、模型スラブは剛なソリッド要素、模型杭は3次元梁要素でモデル化した。模型杭と地盤とは、杭側面はすべりを考慮できるせん断ばねで、杭下端は引張りカットの鉛直ばねでつなぎ、模型スラブと地盤の間にはジョイント要素を挿入した。3次元FEMモデルの断面図を図-2に示す。解析方法の詳細は文献⁶⁾を参照されたい。

4. シミュレーション解析結果

タンクの沈下量、タンク直下地盤の過剰間隙水圧、タンク上下端の水平加速度、のそれぞれ時刻歴を模型ス

キーワード 液状化、パイルドラフト基礎、スラブ基礎、遠心力模型実験、有効応力解析

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株) 土木技術研究所 地盤・岩盤研究室 TEL 045-814-7236

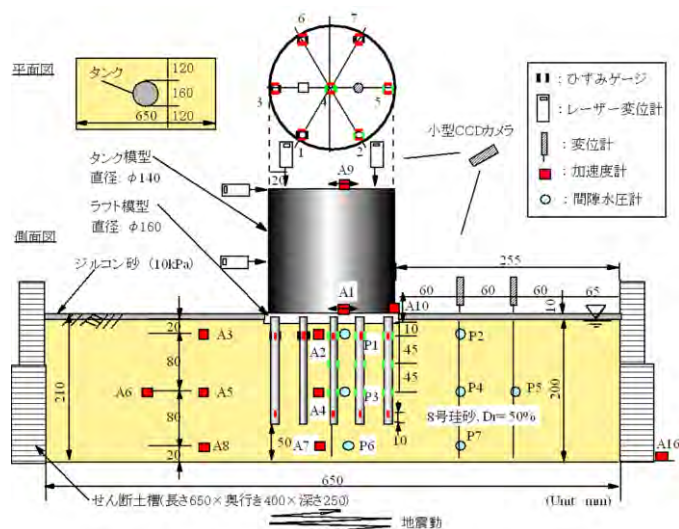


図-1 PR基礎の遠心載荷実験模型の概要

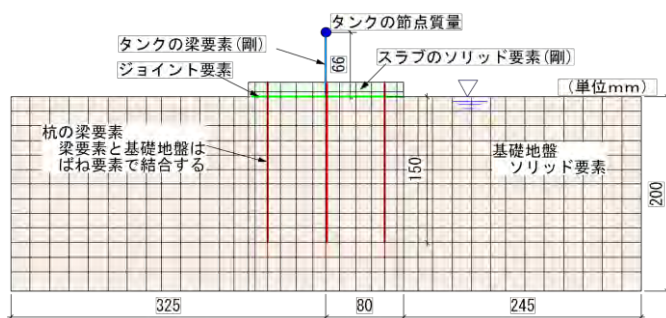


図-2 PR基礎の3次元FEMモデル

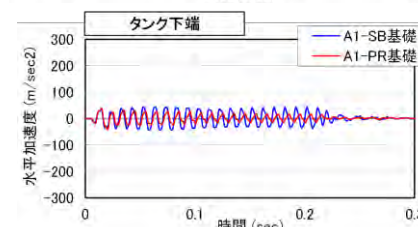
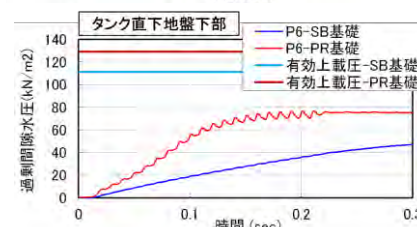
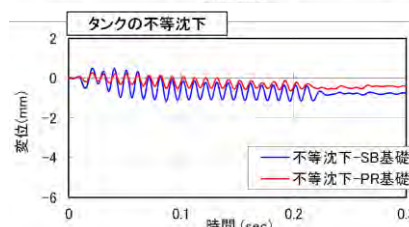
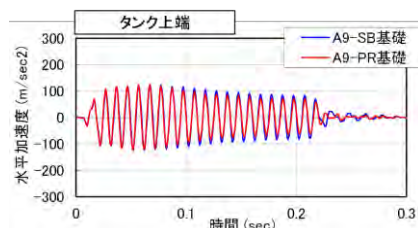
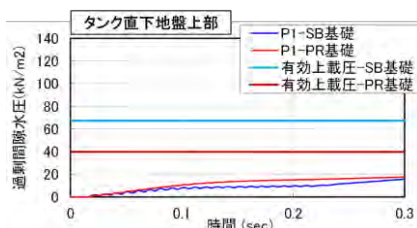
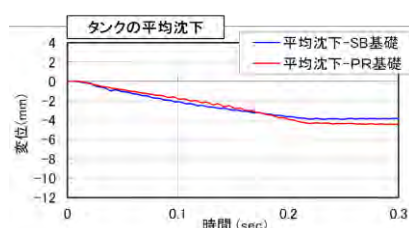
ケールにて図-3～図-5に示す。これらより以下のことがわかる。

実験結果におけるPR基礎の特徴として、タンクの不等沈下量がSB基礎の約1/2に抑えられていることが挙げられる。(図-3(a)) 実験結果の振動成分を見ると、PR基礎の方がSB基礎より抑えられており、杭がタンクの回転を抑制する効果が表れたものと考えられ、この結果不等沈下が抑えられたと推察される。一方、解析結果では、PR基礎とSB基礎はほぼ同じ不等沈下量を示しており、シミュレートできていない。(図-3(b)) 解析では、モデルは対称、入力波も正弦波であるため、不等沈下が蓄積する条件となっていないことが主要因と考えられる。解析結果の振動成分も両基礎での違いがないが、これは、タンク直下地盤の下部で、実験では過剰間隙水圧が低く抑えられているのに対し(図-4(a))、解析では加振初期に大きく過剰間隙水圧が上昇して(図-4(b))、杭の鉛直抵抗が発揮されなくなったためと考えられる。

5. まとめ

パイルドラフト基礎およびスラブ基礎の遠心模型振動実験を3次元有効応力動的解析でシミュレーションした。今後は、シミュレーション精度を向上させるとともに、パイルドラフト基礎の液状化地盤への適用性についてさらなる検討を行う予定である。最後に、危険物保安技術協会の「屋外貯蔵タンクの基礎をパイルドラフト基礎とした設計手法の耐震性評価に関する調査研究会」の委員各位に謝意を表します。

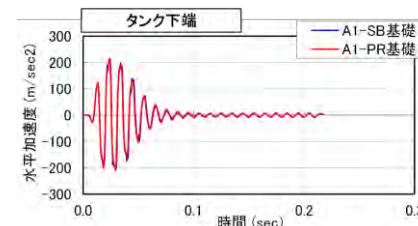
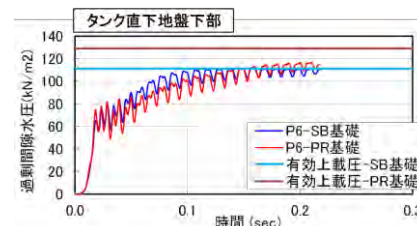
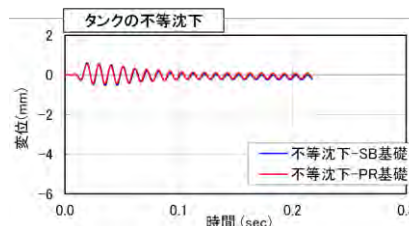
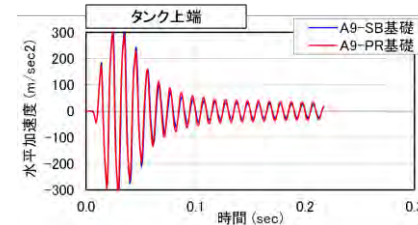
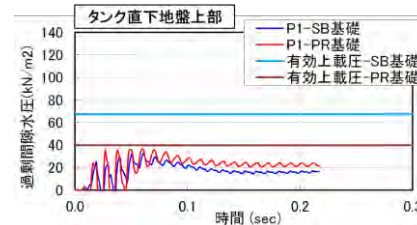
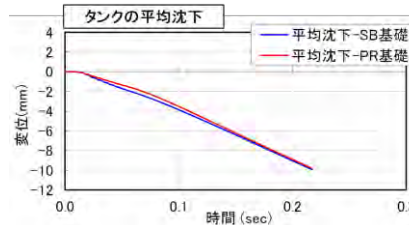
参考文献 1) 今村・平野・八木・竹村：液状化地盤における屋外貯蔵タンクへのパイルドラフト基礎の適用性について、第13回日本地震工学シンポジウム, pp.3224-3231, 2010. 2) 田口：液状化による地盤・基礎構造物の3次元挙動に関する研究, 岐阜大学大学院博士論文, 1997. 3) Oka, F. *et al.*: A cyclic elasto-plastic constitutive model for sand considering a plastic-strain dependence of the shear modulus, *Geotechnique* 49, No.5, pp.661-68, 1999. 4) 渦岡：地盤の液状化発生から流動までを予測対象とする解析手法に関する研究, 岐阜大学大学院博士論文, 2000. 5) 山梨・竹村：不飽和砂の液状化抵抗に及ぼす影響, 第47回地盤工学研究発表会, No. 247, 2012 (投稿中). 6) 立石・堀越・八木・竹村・今村：液状化地盤上のパイルドラフト基礎に対する遠心載荷実験結果の3次元有効応力解析, 第47回地盤工学研究発表会, No. 568, 2012 (投稿中).



(a) 実験結果

(a) 実験結果

(a) 実験結果



(b) 解析結果

(b) 解析結果

(b) 解析結果

図-3 タンクの沈下量

図-4 タンク直下地盤の過剰間隙水圧

図-5 タンクの水平加速度