

液状化地盤に杭基礎で支持された高压ガス設備の動的応答性状（その3） —遠心模型振動実験結果とシミュレーション解析結果の比較—

清水建設（株） 正会員 ○藤田 豊 後藤 聡子
高压ガス保安協会 フェロー会員 木全 宏之 小山田 賢治 大野 卓志
東京電機大学 名誉会員 安田 進, 東京工業大学 正会員 盛川 仁

1. はじめに

前報（その1）では遠心模型振動実験を、（その2）では3次元FEM有効応力解析手法によるシミュレーション解析を実施しており、本報では実験結果と解析結果を比較し、液状化地盤に杭基礎で支持された球形貯槽の応答性状や3次元FEM有効応力解析手法の妥当性・適用性について報告する。

2. 最大応答値

遠心模型振動実験結果及びシミュレーション解析結果は、両者とも地盤が液状化現象を示していた。そのため、両者の応答の全体像を比較するために、遠心模型振動実験で得られた最大応答値とシミュレーション解析で得られた最大応答値を1G場に換算した応答値で比較した結果を図1に示す。同図には、応答加速度として球形貯槽重心、基礎版及び地盤を、応答変位として球形貯槽重心及び基礎版を、杭の曲げモーメントとして代表的な杭2本（対象境界面の杭）を示している。その結果、球形貯槽重心、基礎版、地盤の最大加速度、杭の曲げモーメントにおいて、両者の最大応答値が概ね類似の結果を与えており、3次元FEM有効応力解析手法を用いることで、液状化地盤における貯槽の地震時挙動を概ね表現できると考えられる。ただし、実験における最大応答変位は実験時に直接計測しておらず、応答加速度波形の時刻歴を周波数領域で2回積分することにより応答変位の時刻歴を求め、その応答変位波形から最大応答変位を評価した。実験結果は加速度の2回積分を介しているが、解析結果の球形貯槽及び基礎版の最大応答変位は実験結果を概ね表現できると言えよう。

3. 時刻歴応答波形

(1) 応答加速度波形と加速度応答スペクトル

実験結果と解析結果における応答を詳細に検討するために、球形貯槽重心、基礎版及び自由地盤地表の応答加速度の時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図2に示す。貯槽重心、基礎版及び自由地盤地表の時刻歴波形において、両者の振幅や位相は概ね類似しており、3次元有効応力解析は実験結果を概ね把握できていると考えられる。ただし、自由地盤地表における実験時の応答加速度波形は、30秒あたりで基線がずれており、液状化により加速度計が傾斜したものと推定される。また、貯槽重心、基礎版及び自由地盤地表の加速度応答スペクトルによれば、周期1秒あたりで貯槽重心と基礎版で両者に多少のずれがあるが、杭間地盤の液状化の発生時刻の若干のずれによもので、それ以外は両者とも短周期領域から長周期領域まで概ね類似している。

(2) 杭の曲げモーメントと過剰間隙水圧比

杭頭、杭中間部及び杭先端のレベルにおける杭曲げモーメント（杭10）の時刻歴波形を図3に、砂層の層厚中心深さでの過剰間隙水圧比波形を図4に示す。実験結果と解析結果による杭曲げモーメントの両者の振幅や位相は概ね類似しており、解析結果の杭応力は実験結果を概ね表現できているものと考えられる。また、両者の過剰間隙水圧比は30秒前後で急激に上昇して概ね1.0に到達していることから、このあたりの時刻で砂層が全面的に液状化を生じ、杭曲げモーメントが大きくなっている。

4. まとめ

液状化する地盤に杭基礎で支持された球形貯槽の遠心模型実験とシミュレーション解析による応答を比較した結果、最大応答分布や加速度等の時刻歴波形の振幅や位相は両者で概ね類似していた。以上より、3次元FEM有効応力解析手法の妥当性・適用性が概ね確認された。

キーワード 遠心模型振動実験, シミュレーション解析, 3次元FEM有効応力解析, 球形貯槽
連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 TEL 03-3561-4398

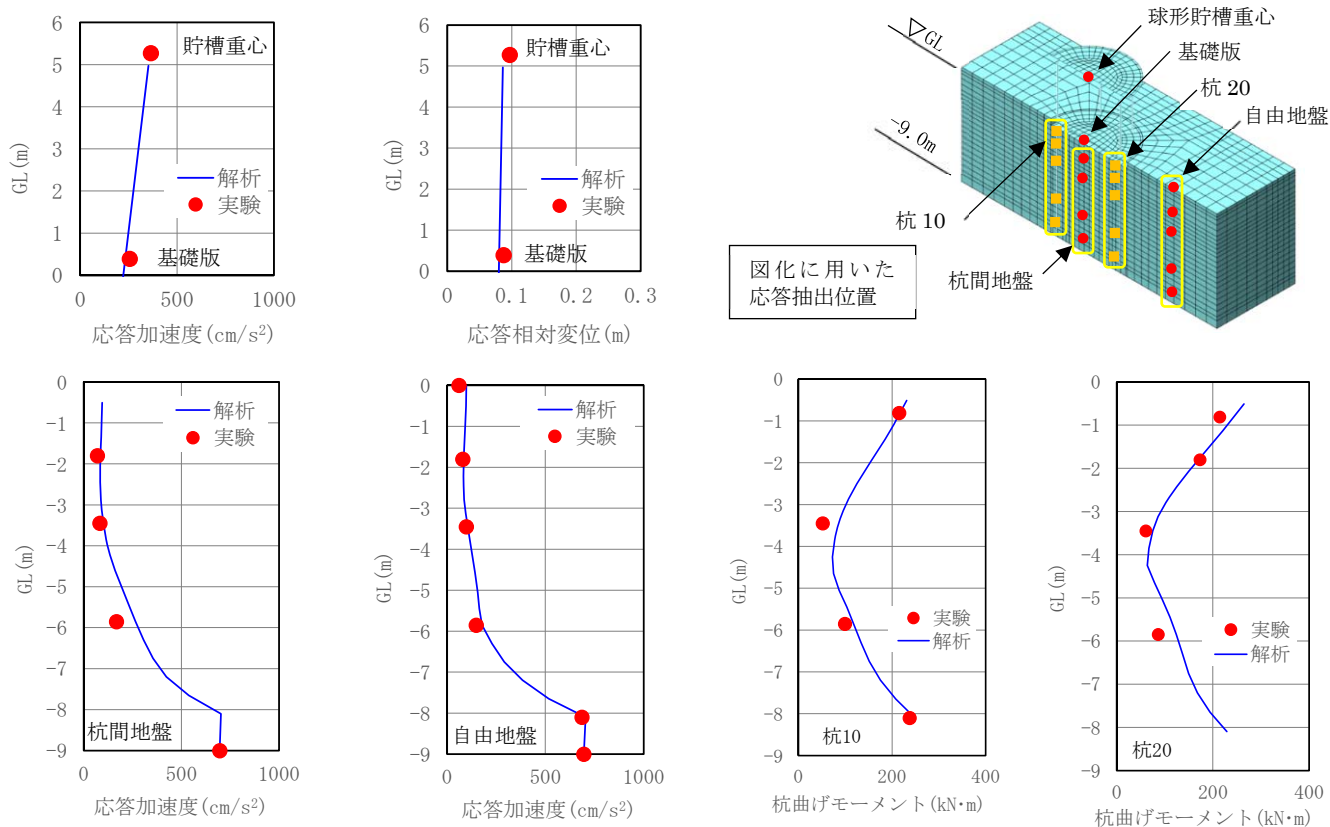


図1 球形貯槽、地盤及び杭の最大応答値分布

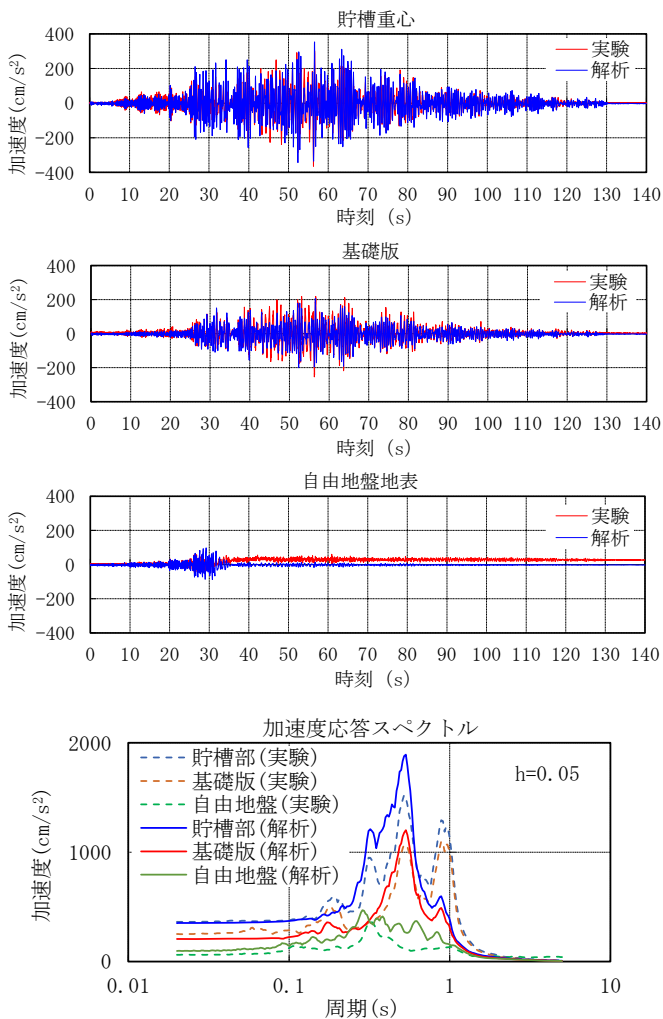


図2 応答加速度波形と加速度応答スペクトル

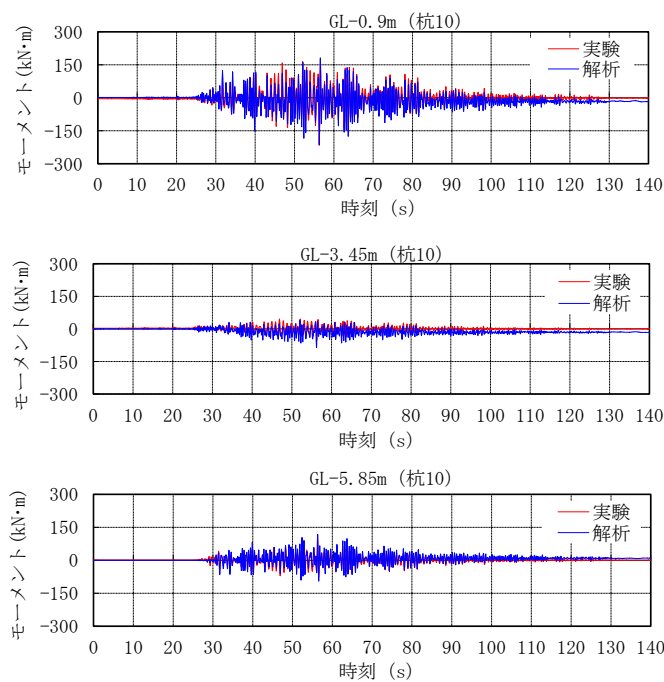


図3 杭曲げモーメントの時刻歴波形

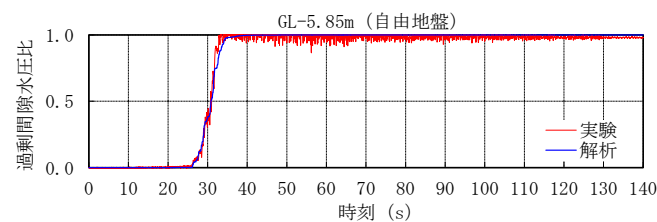


図4 過剰間隙水圧比