

ソイルセメント模型を用いた格子状地盤改良工法に関する遠心模型実験 (その2 有効応力解析によるシミュレーション)

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○立石 章

同上 正会員 谷崎 史織 宇野 浩樹

1. はじめに

深層混合処理による格子状地盤改良工法は、砂地盤のせん断変形を抑制することにより液状化を抑止する液状化対策であるが、近年レベル2地震動に対して解析的検討によりその性能を照査することが必要となってきた。そこで、格子状地盤改良工法設計のための解析的評価法の確立を目的として、ソイルセメントで製作した格子状地盤改良模型による遠心模型液状化実験を行い、2次元有効応力解析によりシミュレーションを行ったので報告する。

2. 実験方法

実験は、遠心加速度 50G 場において加振実験を実施した。土槽容器は剛土槽(長さ 940mm×高さ 270mm×奥行き 160mm)を用い、格子状改良地盤を模擬した実験模型を作製した。以下に示す数値はすべて実物スケールである。格子状改良体模型は、表1に示した配合のソイルセメントを木製型枠に打設することにより作製した。遠心実験模型と同材令での一軸圧縮試験は 0.86MPa と得られている。改良体模型の寸法は、液状化層厚 H と格子間隔 L の比を 1 とし、2 格子から成るものとした。改良体模型の下端はアクリル板で挟んで固定した。砂地盤は、目標相対密度 60% とし、豊浦砂を空中落下させて作製し、50cSt のシリコンオイルで地表面まで飽和させた。入力加速度は、振動数 1Hz、波数 40 波の正弦波で、振幅を 50Gal、100Gal のステップ加振とした。なお実験結果の詳細は文献 1) を参照されたい。

3. 解析方法

遠心模型実験結果を 2 次元有効応力解析プログラム LIQCA^{2) 3) 4)} によりシミュレートした。地盤は、Oka et al. による砂の繰返し弾塑性モデルを用いた平面ひずみ要素でモデル化し、豊浦砂の液状化強度および解析物性値は実験における相対密度から既往の研究成果より設定した。改良体模型は、弾性の平面ひずみ要素でモデル化し、森らによる一軸圧縮強度と変形係数の関係⁵⁾ からヤング係数を、建築物の改良地盤指針⁶⁾ からポアソン比を与えた。格子壁と地盤との接合については、加振平行壁と地盤は 2 重要素とし、底面をのぞいて互いに自由度は共有させず、加振直交壁との間でジョイント要素を介して力のやりとりがあるものとした。力学の境界条件は土槽側壁および底盤は

表1 ソイルセメントの配合

配合 (乾燥豊浦砂 1m ³ あたり)		
早強セメント	149 kg	W/C=313%
水	465 kg	
ベントナイト	23 kg	ベントナイト溶液濃度5%

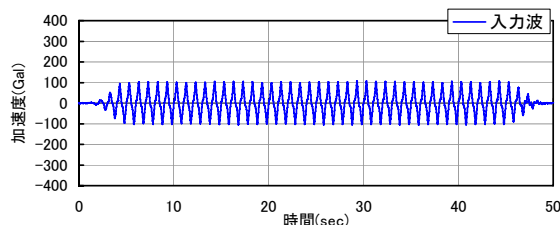


図1 入力波 (振幅 100Gal のケース)

表2 ソイルセメントの解析用物性値

一軸強度 Mpa	E Mpa	ポアソン比	G Mpa
0.86	860	0.26	340

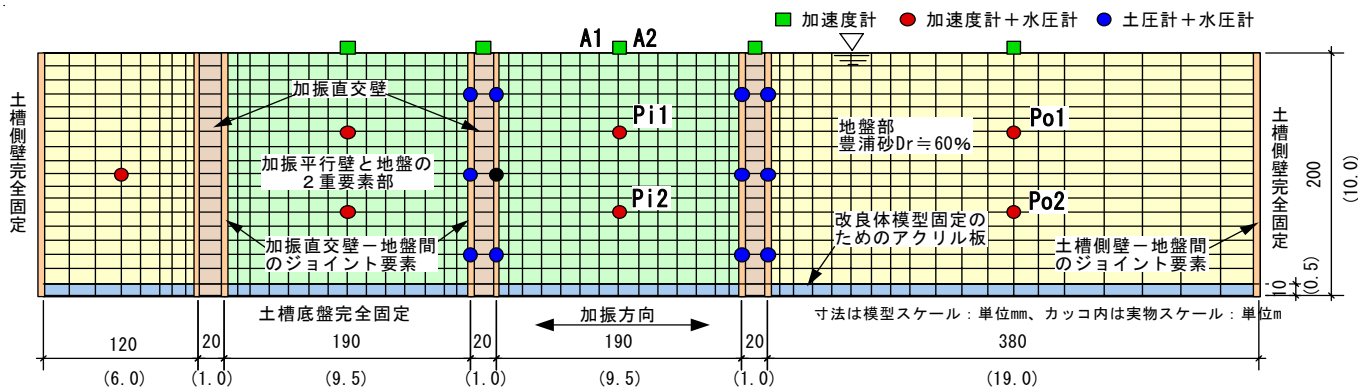


図2 遠心荷重実験模型の2次元FEMモデル

キーワード 液状化, 遠心力模型実験, 深層混合処理, 格子状地盤改良, 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 TEL045-814-7236

完全固定、透水の境界条件は土槽側壁および底盤を不透水、地表面を排水境界とした。Rayleigh減衰は初期剛性比例型を用い $\alpha_1=0.001$ とした。図1に入力波を、図2に解析モデルを、表2にソイルセメントの解析用物性値を示す。

4. シミュレーション解析結果

シミュレーションは、入力加速度振幅 100Gal の実験ケースについて行った。図3に加速度時刻歴を、図4に過剰間隙水圧比時刻歴を、それぞれ実験結果と解析結果を比較して示す。図より以下のことがわかる。

- ・ 過剰間隙水圧比時刻歴より、実験結果では、格子内地盤、格子外地盤ともに、浅部は液状化に達し、深部は水圧比 0.6 程度となっており、対策効果がほとんど見られない結果となった。これに対し、解析結果では、実験結果をほぼ模擬できているものの、特に、格子内地盤浅部の水圧比の上昇が格子外地盤に比べて抑えられ、液状化に至る時間が遅くなるという結果が得られており、実験結果より格子内外の差が大きい。
- ・ 加速度時刻歴より、格子内地盤地表面では、実験結果、解析結果ともに、浅部地盤の液状化によって振幅が大きく低下している。加振平行壁上面の応答は、実験結果と解析結果でほぼ同程度となっており、加振平行壁上面では入力波に対し増幅は小さい結果となった。一方、文献1)に示したが、実験結果では、加振直交壁上面の加速度振幅が入力波の振幅の 1.4~1.7 倍程度増幅していたが、解析結果では、2次元解析によるためソイルセメント壁の応答加速度に場所的な違いは小さく、加振直交壁の増幅は模擬できてはいなかった。

5. まとめ

ソイルセメント模型を用いた遠心載荷実験結果を2次元有効応力解析によりシミュレーションし、液状化対策効果を確認する上で重要となる過剰間隙水圧比は概ね実験結果を模擬することができた。今後は3次元解析による検証を行う予定である。

参考文献

1) 谷崎他：ソイルセメント模型を用いた格子状地盤改良工法に関する遠心模型実験（その1 液状化抑止効果に関する検討）、土木学会第63回年次学術講演会第III部門、平成20年（投稿中）。2) 液状化解析手法 LIQCA 開発グループ：LIQCA2D04（2004年公開版）資料、2004。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申請論文、2000。5) 森他：セメント改良砂質土の変形強度特性、土木学会第47回年次学術講演会第III部門、pp.336-337、平成4年9月。6) 日本建築センター：改訂版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針、pp.52-53、2002年11月。

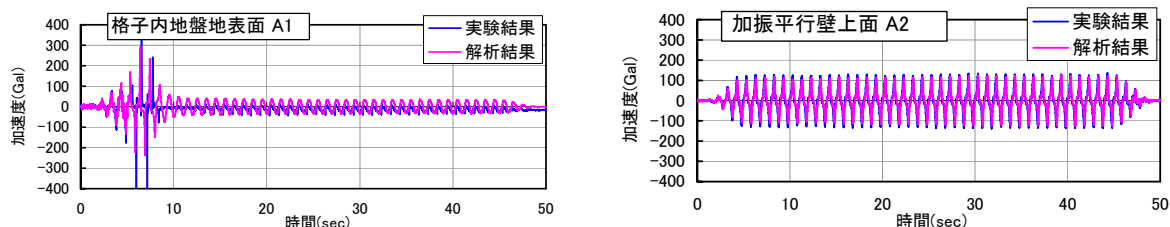


図3 加速度時刻歴の比較

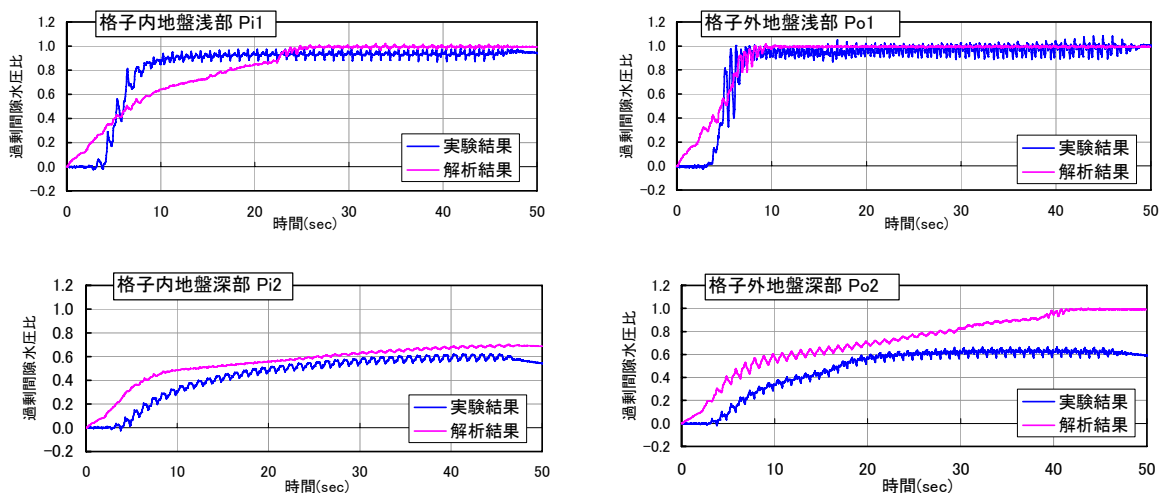


図4 過剰間隙水圧比時刻歴の比較