

3次元有効応力解析による格子状地盤改良工法の遠心模型実験のシミュレーション

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○立石 章
同 上 正会員 宇野 浩樹

1. はじめに

深層混合処理工法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って液状化を抑止する対策工法であるが、さまざまな地盤条件および地震動条件のもとで、格子状地盤改良体の内的安定および外的安定を評価する必要があるがでてきている。著者らは、有効応力動的解析法を利用した耐震安定性の評価法を確立するため、遠心模型実験および有効応力動的解析によるシミュレーションを実施している¹⁾²⁾³⁾。本論文では、実施工と同程度の剛性を有する格子状地盤改良体模型の遠心模型実験結果を、3次元および2次元有効応力動的解析でシミュレーションしたので報告する。

2. 遠心模型実験

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。図1に実験模型および計測器配置を示す。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、現場平均強度 $q_u=2\text{MPa}$ と同程度の弾性係数を有するABS樹脂で作製し、液状化層厚 $H=10\text{m}$ 、格子間隔 $L=10\text{m}$ 、壁厚 $t=0.8\text{m}$ で、格子寸法比 $L/H=1$ とし、2格子とした。改良体模型の下端はアクリル板で挟んで固定し、非液状化層への根入れを模擬した。砂地盤は、目標相対密度60%として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、本論文では振幅100Galの結果を示す。表1にABS樹脂の材料定数を示す。

3. 有効応力動的解析

有効応力動的解析は、二相混合体理論と弾塑性理論に基づくプログラム LIQCA⁴⁾⁵⁾⁶⁾を用い、3次元モデルおよび2次元モデルにより解析を行った。3次元モデルでは、改良壁、地盤ともに8節点ソリッド要素で表し、すべての改良壁・土槽壁と地盤との間にはジョイント要素ですべりを考慮した。2次元モデルでは、改良壁、地盤ともに4節点平面ひずみ要素で表し、振動平行壁と地盤との間は二重要素とし、振動直交壁・土槽壁と地盤との間にはジョイント要素ですべりを考慮した。改良壁は弾性モデル、豊浦砂は砂の繰り返し弾塑性モデルとし、豊浦砂の液状化強度および解析物性値は実験に

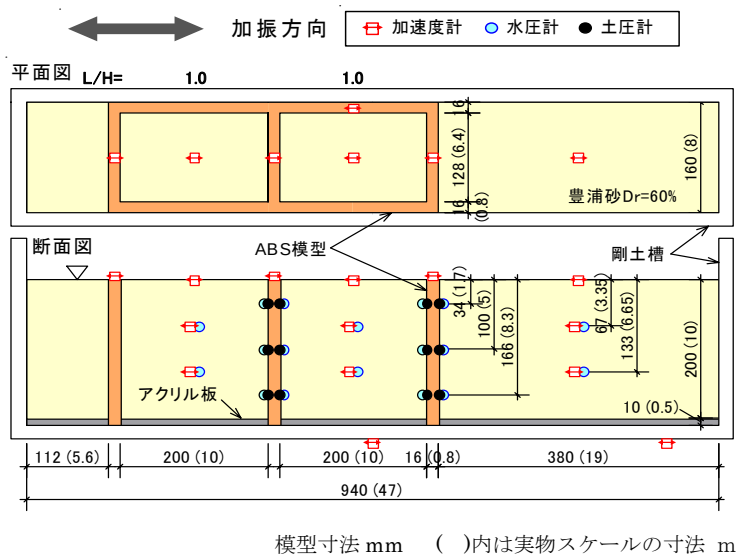


図1 格子状改良体の実験模型および計測器配置

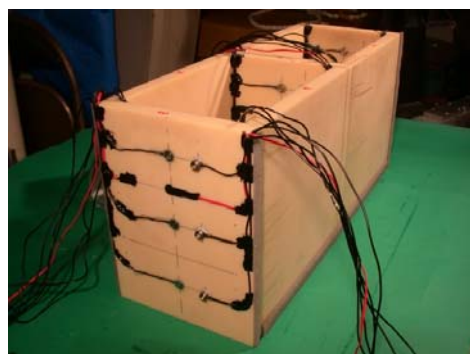


写真1 ABS樹脂模型の外観

表1 ABS樹脂模型の諸元

材料	弾性係数 E (MN/m ²)	高さ h (mm)	壁厚 t (mm)
ABS 樹脂	2350	210	16

(注) 数値は模型スケール

キーワード 格子状地盤改良、液状化対策、遠心模型実験、有効応力動的解析

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

おける相対密度から既往の研究成果より設定した。3次元モデルは1/2モデルとし、表2に示した3通りの境界条件により解析を行った。

4. 実験結果と解析結果の比較

液状化の程度を表す指標として、本報文では過剰間隙水圧比を用いる。図2には、有効応力動的解析による最終時刻での過剰間隙水圧比のカラーコンター図を、図3には、遠心模型実験結果と有効応力動的解析の過剰間隙水圧比深度分布の比較を示す。図より以下のことがわかる。

- ・ 改良壁すべての面外変位を自由とした Case3D_free_all の過剰間隙水圧比分布は、実験結果と比較的よく一致している。
- ・ 改良壁すべての面外変位を固定とした Case3D_fix_all の過剰間隙水圧比深度分布は、2次元解析 case2D と比較的よく一致しているが、実験結果に比べ小さくなっている。
- ・ 過剰間隙水圧比に対する振動直交方向の面外変位の固定度の影響を調べるため、Case3D_fix_para と Case3D_fix_all を比較すると、固定した方が若干小さくなっている。

5. まとめ

格子状地盤改良工法の遠心模型実験を実施し、3次元および2次元有効応力動的解析でシミュレーションした。その結果、格子内地盤の液状化の程度に対し、改良壁の面外変位の影響は無視しえないことがわかった。今後は、2次元解析のモデル化について検討する。

参考文献

- 1) 宇野ら：格子状地盤改良工法の液状化抑制効果に関する遠心模型実験(その1)～(その3)、第43回地盤工学研究発表会、2008。
- 2) 谷崎ら：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)(その2)、第63回土木学会年次学術講演会、2008。
- 3) 立石ら：格子状地盤改良工法のレベル2地震動に対する液状化評価(その1)(その2)、第44回地盤工学研究発表会、2009。
- 4) 液状化解析手法 LIQCA 開発グループ：LIQCA2D04(2004年公開版)資料、2004。
- 5) 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。
- 6) 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申請論文、1997。

表2 3次元モデルの力学的境界条件

ケース	境界条件
3D_free_all	振動平行壁・直交壁とも面外変位自由(実験を模擬)
3D_fix_para	振動平行壁は面外変位固定(奥行方向に格子が連続)
3D_fix_all	振動平行壁・直交壁とも面外変位固定(2次元を模擬)

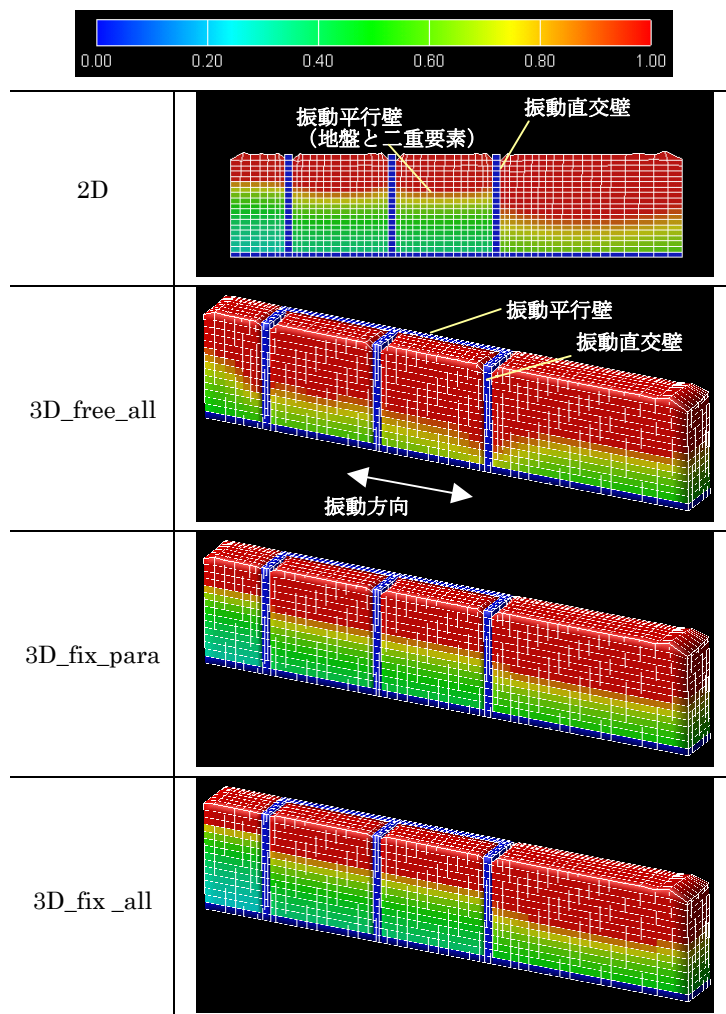


図2 最終過剰間隙水圧比コンターおよび変形図(変形1倍)

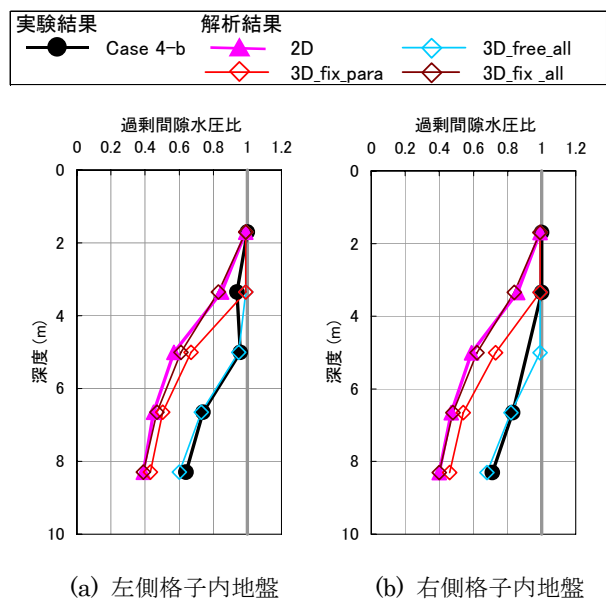


図3 最終過剰間隙水圧比深度分布