

動的遠心力模型実験装置による液状化模型実験の有効応力解析法を用いた地震応答解析

高知工業高等専門学校 正会員 岡林宏二郎
 高知工業高等専門学校 学生会員 ○小松拓矢
 高知工業高等専門学校 学生会員 三笠候嗣

1. はじめに

日本は世界有数の地震国であり、古来より頻繁に地震による被害を経験してきた。東日本大震災や阪神淡路大震災いずれの震災においても大規模かつ広範に確認された被害として液状化現象を挙げることができる。本研究では、液状化層モデルに対し、有効応力解析法を用いた地盤の液状化の地震応答解析ソフト LIQCA を用いて液状化シミュレーションを行った。解析は、本校所有の動的遠心力模型実験装置による液状化模型実験をモデル化した。それらのデータを比較することにより解析性能・精度の検討を行った。

2. 実施内容

2.1 動的遠心力模型実験装置を用いた液状化模型実験

本実験は、本校所有の動的遠心力模型実験装置を用いて、20G 場で液状化模型実験を行い、それらのデータを解析結果と比較検討する。実験模型図を Fig. 1 に示す。

①寸法・材料等

土層は 43cm×12cm×25cm, 13.6kg で豊浦砂を使用し、間隙流体は、メトローズ水溶液(粘性 20cst)。緩和条件は地表面まで緩和とする。

②材料特性

相対密度 D_r は 70%, 間隙比は 0.776, 乾燥密度 ρ_{sat} (g/cm³) は 1.486, 飽和密度は 1.918 である。

2.2 有効応力解析法を用いた地盤の液状化の地震応答解析

①解析モデル設定

解析モデルを Fig. 2 に示す。

解析モデルは実物大とし、地盤の層深さを 2.4m, 幅を 1000m とし、相対密度 70% の地盤材料を、豊浦砂とする。排水条件は側面境界、底面境界を共に非排水とする。

②入力地震波加速度

動的遠心力模型実験装置を用いて液状化模型実験を行った際に振動台にて計測された地震波加速度を、Fig. 3 に示す。加振地震波は、sin 波・10Hz、変位 2mm のものを、遠心加速度 20G として用いた。相似則の検討より、加速度は 1/N とし、加振時間は N 倍とした。

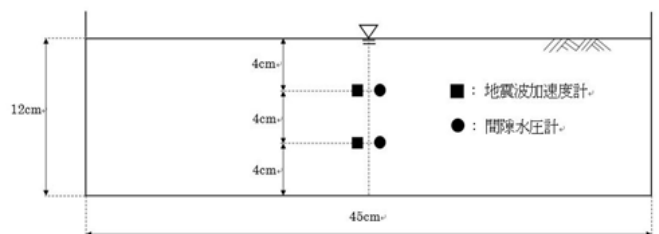


Fig. 1 実験模型図

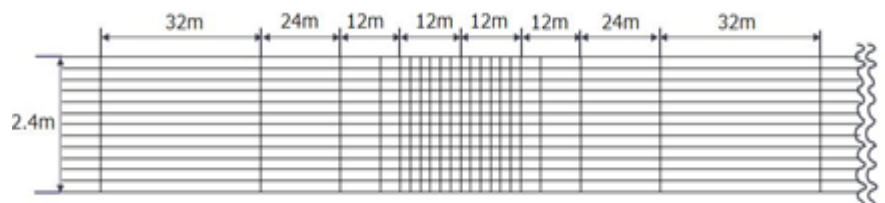


Fig. 2 動的遠心模型実験モデル

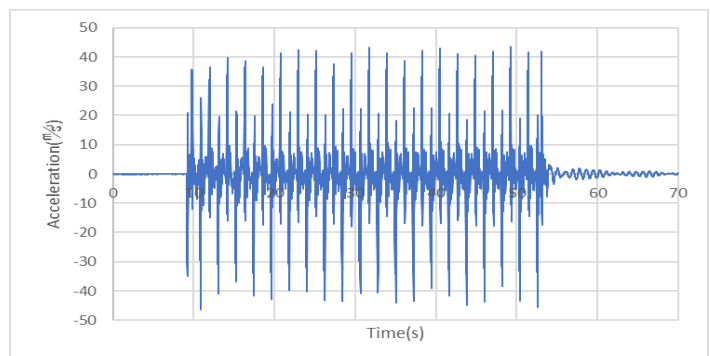


Fig. 3 入力地震波加速度

キーワード 液状化, 有限要素法, LIQCA, 遠心模型実験, 要素シミュレーション

連絡先 〒783-8508 高知県南国市物部乙 200 番 1 TEL・FAX 088-864-5589

③要素シミュレーション

田中らの豊浦砂の液状化強度試験による実験値¹⁾ ($Dr=70\%$)について、要素シミュレーションを行い物性値を求めた。Fig. 4 に、その結果を示す。

Table1 に、本研究で用いた豊浦砂の材料パラメータを示す。Table2 には解析パラメータを示す。

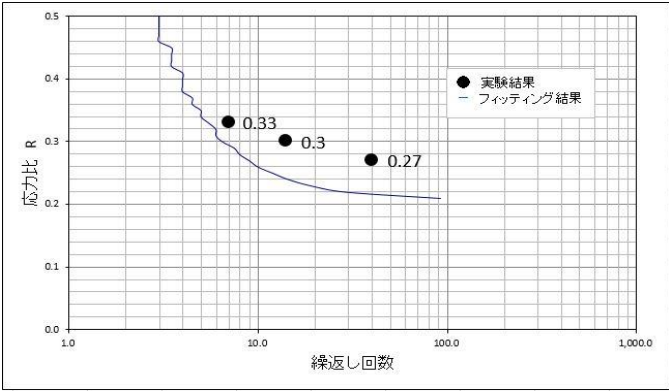


Fig. 4 要素シミュレーション結果

Table.1 豊浦砂の材料パラメータ²⁾

密度 ρ (kN/m ³)	1.644
透水係数 k (m/s)	0.0001
初期間隙比 e_0	0.786
σ'_m (kN/m ²)	98.000
G_0 (kN/m ²)	89.200
粘着力 c' (kN/m ²)	0.000
内部摩擦角 Φ' (°)	37.000
水の体積弾性係数 K_f (kN/m ²)	2000000.000
圧縮指数 λ	0.0039
膨潤指数 κ	0.0002
初期せん断係数比 G_0/σ'_m	0.910
擬似過圧密状態の有効土被り圧	98.000
擬似過圧密状態の静止土圧係数	1.000
擬似過圧密比 OCR*	1.000
現在の有効土被り圧 σ'_v (kN/m ²)	98.000
現在の静止土圧係数	1.000

Table.2 解析パラメータ²⁾

変相応力比 M_m	0.909
破壊応力比 M_f	1.229
硬化関数パラメータ B_0	3500.000
硬化関数パラメータ B_1	60.000
硬化関数パラメータ C_f	0.000
異方性消失のパラメータ C_d	2000.000
規準ひずみ(塑性)	0.003
規準ひずみ(弾性)	0.006
ダイラタン係数 D_0	0.500
ダイラタン係数 n	5.000

3. 実験結果と解析結果の比較

実験で計測された間隙水圧を Fig. 5 に示す。Fig. 5 から分かるように層深さ 4.0cm, 層深さ 8.0cm 共に間隙水圧が上昇し、全応力とほぼ同等の値となり、層深さ 4.0cm の間隙水圧の消散が深さ 8.0cm よりも遅いことが確認できた。

解析で計測された間隙水圧比を Fig. 6 を示す。Fig. 6 は、35s 後のモデルの中心付近での結果である。モデルの表面付近が、赤くなっていることから間隙水圧の上昇が見られる。層が浅いほど液状化が起こりやすく、モデルの最下層付近では、間隙水圧が消散し、液状化が終了していることが分かる。解析結果と実験結果の整合性として、35s 後では、両結果ともに、液状化が起きていることから整合性があるといえる。

4. 参考文献

- 1) 田中智宏, 安田進, 直井賢治: 種々の珪砂の低拘束圧下における液状化および液状化後の挙動, 第 30 回土木学会地震工学研究発表会論文集, 2009
- 2) (株)四電技術コンサルタント 斎藤: 液状化解析プログラム LIQCA を用いた遠心模型実験のシミュレーションについて, 2017

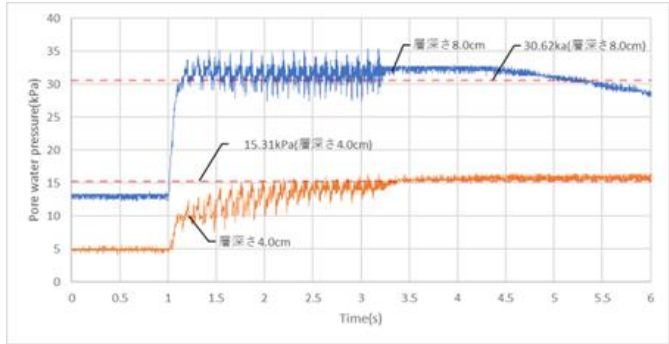


Fig. 5 実験結果(間隙水圧の測定結果)

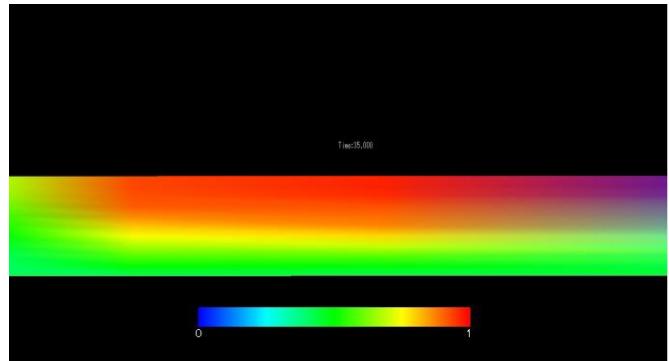


Fig. 6 解析結果(間隙水圧比)