

Ⅲ-A146 有効応力解析による共同溝の液状化遠心実験における浮上りシミュレーション

建設省土木研究所 正会員 佐々木哲也 松尾 修
大成建設 正会員 ○立石 章 古池 章紀

1. はじめに

共同溝を対象として、液状化に伴う浮上り現象に及ぼす地盤密度、入力地震動、地下水位の影響を調べるために遠心模型実験が実施されている^{1),2)}。本報文は、遠心実験結果を二次元有効応力解析によりシミュレーションし、浮上り現象への有効応力解析の適用性を検討したので報告する。

2. 遠心模型実験

遠心実験は、長さ80cm×高さ30cm×奥行き20cmの鋼製の箱形土槽を用い、地盤材料として豊浦砂を、間隙液として水の50倍の粘性を持つシリコンオイルを用いた。共同溝模型はアクリル製とし、見かけの密度が0.8となるように重量を調整した。図1に遠心模型と計測器配置を示す。遠心加速度は50G、加振波は周波数60Hzの正弦波20波とした。実験手法および実験結果の詳細は文献1)、2)を参照されたい。

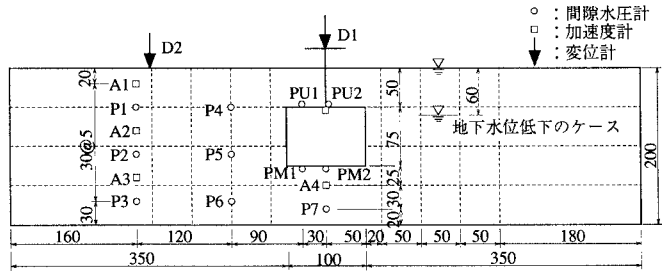


図1 遠心模型と計測器配置

単位: mm

3. 有効応力解析法

解析は繰返し弾塑性モデル³⁾を用いたBiotの二相混合体理論に基づく二次元有効応力解析コードLIQCA⁴⁾によった。解析は、表1に示すように、地下水位GL0m、GL-3m、地盤密度Dr=50%、80%、加振波の加速度振幅100Gal、200Gal、300Gal、を組み合わせた8ケースを行った。豊浦砂の物性値は既往の研究より設定し、弾塑性モデルのパラメータは液状化強度をフィッティングするように設定した。解析モデルについては、共同溝は所定の重量を有する剛体としてモデル化し、側方および下方境界は剛土槽のため完全固定、非排水境界とし、地下水面は排水境界とした。初期応力は、本検討では共同溝のある部分とない部分に分けて1次元土柱でモデル化し、K0=0.5として有効自重より求めた。これは、2次元モデルで弾塑性自重解析により初期応力を求めると、構造物斜め上方に大きな初期せん断が発生し、液状化解析時に実験と異なる変形が生じたため、1次元土柱で求めた。減衰については、本検討では数値解析の安定のために当初初期剛性比例型減衰を与えたが、完全液状化後には地盤の剛性が1/1000程度以下となり、減衰が浮上りに対する主たる抵抗力となるため浮上りが著しく小さい結果となった。そこで、サイクリックモビリティ以降は発生する塑性ひずみの最大値に応じて低減させることとした。

表1 解析ケース

| ケース | 地盤材料 | 地下水位 (m) | 相対密度 Dr (%) | 加振波 | |
|-----|-------|----------|-------------|------------|---------|
| | | | | 波形種類 | 振幅(Gal) |
| 1 | 豊浦標準砂 | 0 m | 50% | 正弦波 20波 | 100 |
| 2 | | | | | 200 |
| 3 | | | 300 | | |
| 4 | | | 100 | | |
| 5 | | 80% | 200 | | |
| 6 | | | 300 | | |
| 7 | | -3 m | 50% | | 200 |
| 8 | | | | | 300 |

4. 解析結果と考察

解析結果の一例として、ケース3の結果を図2~図5に示す。また、全ケースについて加振加速度振幅と浮上り量の関係を図6に示す。なお、図2~図4の出力点は図1に示してある。図より以下のことがわかる。

(1)過剰間隙水圧時刻歴については、解析結果は実験結果を概ね再現できており、図では示していないが、全ケー

キーワード: 地中構造物、液状化、浮上り、有効応力解析

連絡先: 〒163-0606 新宿区西新宿1-25-1 新宿センタービル TEL 03-5381-5289 FAX 03-3345-1914

スの実験結果、解析結果とも地下水位以深の全領域において完全液状化に達している。(2)水平加速度時刻歴は、完全液状化後に解析結果の方が実験結果に比べ振幅が残るが、これは前述した減衰抵抗が塑性ひずみにより低減させてもまだ影響しているためである。(3)浮上がり時刻歴については、実験結果、解析結果とも、浮上がりは過剰間隙水圧が有効上載圧に達したところより始まり、ほぼ一定の速度で増加し、振動終了後は速度が緩やかとなっている。(4)浮上がりによる変形は、側方地盤が共同溝の直下に回り込むという実験で見られた変形モードが解析によっても再現できている。(5)最終浮上がり量については、地盤密度が小さいほど、加振加速度振幅が大きいほど浮上がり量は大きくなるという実験結果の定性的傾向は、解析結果も再現できた。しかし、実験結果の $Dr=50\%$ では加振加速度振幅に対して最終浮上がり量が非線形的に増加しているが、解析結果では地盤密度、地下水位に関係なく増加率が一定という結果となった。(6)さらに、実験結果では地下水位による浮上がり量の違いがないが、解析結果では地下水位が低い方が浮上がり量が小さくなった。これは、不飽和層のモデル化の問題が可能性として考えられる。

5. おわりに

有効応力解析による地中構造物の浮上がり現象の再現を試み、解析結果は実験結果を定性的には再現できたが定量的には十分再現できたとは言い難い結果となった。液状化地盤中における地中構造物の浮上がり現象は、液状化土の液体的な性質に支配されていることが考えられ、液状化土の変形特性および減衰特性の弾塑性モデルによるモデル化および大変形問題の解析的表現が今後の課題である。

参考文献

- 1) 近藤、松尾、佐々木：共同溝の浮上りに関する動的遠心模型実験、第33回地盤工学研究発表会、pp.873-874、1998。
- 2) 田本、佐々木、松尾：共同溝の浮上りに関する動的遠心模型実験（その2）、第34回地盤工学研究発表会、投稿中、1999。
- 3) Tateishi, Taguchi, Oka and Yashima：A cyclic elasto-plastic model for sand and its application under various stress condition, 1st.Int.Symp. on Earthquake Geotechnical Engineering, IS-TOKYO:95, pp.399-404、1995。
- 4) Oka, Yashima, Shibata, Kato and Uzuoka：FEM-FDM coupled liquefaction analysis of a porous soil using an elasto-pastic model, Applied Science Research, 52, pp.209-245, 1994。

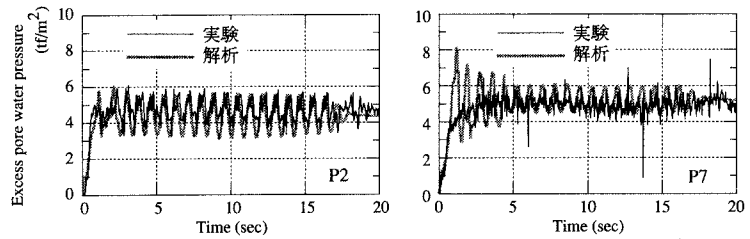


図2 過剰間隙水圧時刻歴 ($Dr=50\%$ 、加速度振幅 300Gal)

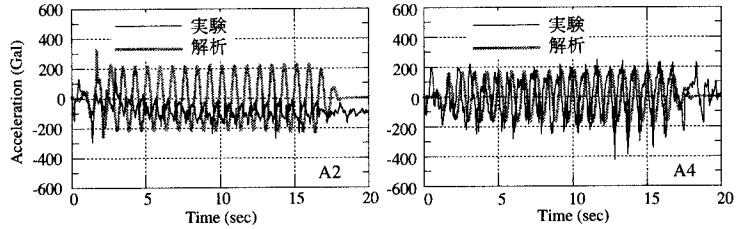


図3 水平加速度時刻歴 ($Dr=50\%$ 、加速度振幅 300Gal)

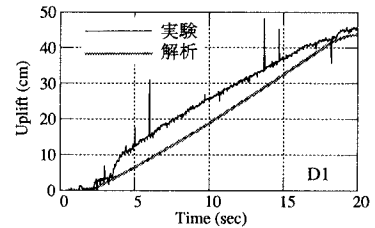


図4 浮上がり時刻歴 ($Dr=50\%$ 、加速度振幅 300Gal)

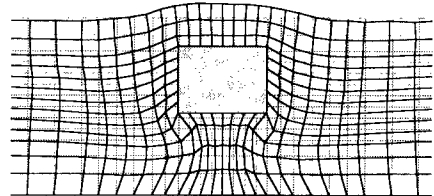


図5 解析最終時刻の変形図 変形スケール 1.0m ($Dr=50\%$ 、加速度振幅 300Gal)

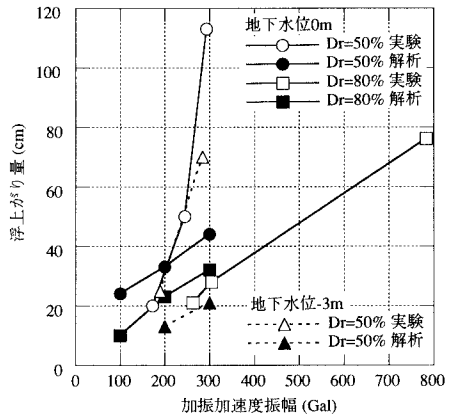


図6 最終浮上がり量と加振加速度振幅