

III-288

剛体構造物の液状化挙動に関する3次元有効応力解析

大林組技術研究所 正会員 ○松田 隆
正会員 伊藤 浩二
正会員 鳥井原 誠

1 はじめに

著者らは3次元空間での液状化挙動を把握のため、動的有効応力解析法EFECTを開発し、これまで、軽量地中構造物の液状化時の浮き上がり現象に関する振動台実験などを通して、その妥当性を検討してきた¹⁾。今回、飽和砂地盤上の剛体構造物の振動台実験のシミュレーション解析を行い、3次元性が現れる状態における構造物と地盤の相互作用と、その結果生じる沈下特性に関してEFECTの適用性を検討した。

2 解析条件

解析対象は層厚2.1mの大型せん断土槽内の砂地盤と地表面に設置された剛体構造物である。中空直方体の構造物模型の見かけの単位体積重量は 1.4t/m^3 である。解析モデルを図1に示す。加振直角方向は1/2対称条件を用いた。

表1 解析条件

硬化パラメータ	k_s	0.0006
ダレイタンスパラメータ	λ	1.2
ダレイタンスパラメータ	m	0.28
圧縮指数	C_c	0.022
膨張指数	C_s	0.011
非共軸角度	d	30°
ボアソン比	ν	0.33

解析方法のうち、構成式には3次元に拡張した松岡モデルを採用している²⁾。ダレイタンス特性を規定するパラメータは地盤のみの正弦波入力加振結果を再現できるように設定し、透水係数は全層で 10^{-4}m/sec とした。各パラメータの値を表1に示す。入力時間軸を1/4に縮小した八戸波で、最大値を示すのは入力開始からほぼ2.9秒後で、それ以前をここでは微小入力区間と呼ぶ。

3 解析結果

遠方地盤の地表面A-0の加速度応答結果を図2に示す。微小入力区間では地表面に向かい振幅は増幅し、液状化後(3秒以降)では応答は長周期化し振幅が低下する実験結果を、解析結果はほぼ再現している。建屋の頂部ATにおける応答加速度の時刻歴を同じく図2に示す。頂部の応答は遠方地盤の地表面応答とほぼ同様で、解析の方がやや大きくなっている。頂部の応答は建屋のロッキングの影響で増幅するが、液状化後にはその影響は小さくなることが実験および解析結果に現れている。

遠方地盤の過剰間隙水圧の経時変化を図3に示す。

微小入力区間では解析の方が大きな値を示しているが、間隙水圧が急激に上昇する過程など解析結果の再現性はほぼ良好と考えられる。構造物直下の地盤PC(中央)とPE(端部)の過剰間隙水圧の経時変化を同じく図3に示す。解析では加速度応答に追従するような振動成分が間隙水圧に現れているが、実験結果に計測上の問題ため本来生じるべき振動成分は現れていないため、実験と解析の比較は振動成分を除い

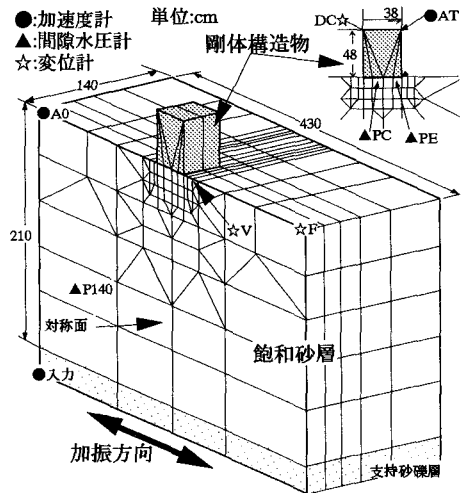


図1 解析モデル

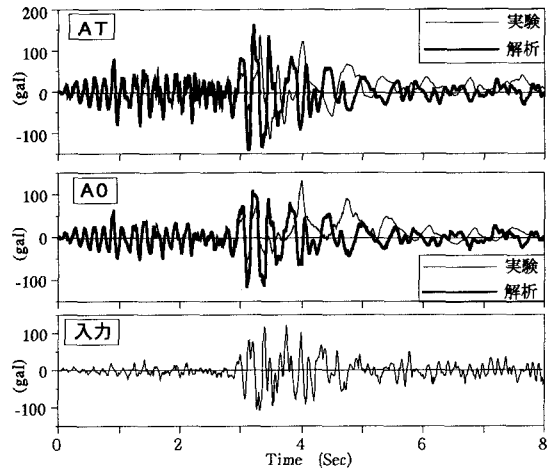


図2 加速度応答波形

た状態で行う。遠方地盤の過剰間隙水圧がほぼ定常となる5秒以降では解析結果のほうが小さくなるが、これは実験結果には建屋の沈下と地表面に排水された自由水に伴う水頭が実験結果には含まれており、解析ではこのような現象が考慮できないことがその差の原因の一つとして考えられる。また、同区間においてはPC(中央)がPE(端部)より大きな過剰間隙水圧の値を示しており、これは排水距離の影響が現れているものと思われる。これに対して、微小入力区間においては、PCよりPEの方が水圧の変動振幅が大きい。これは、建屋のロッキングが間隙水圧の変動に大きく影響しているためと考えられる。

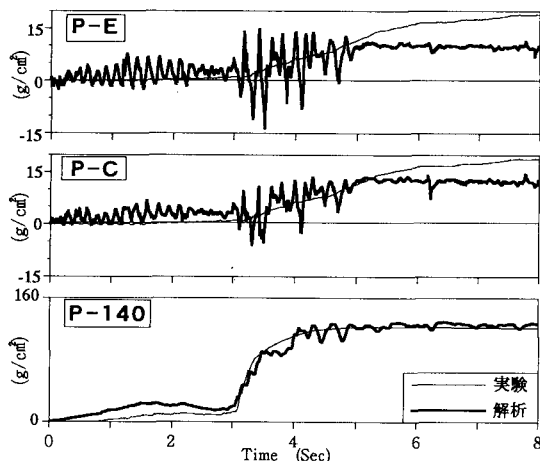


図3 過剰間隙水圧

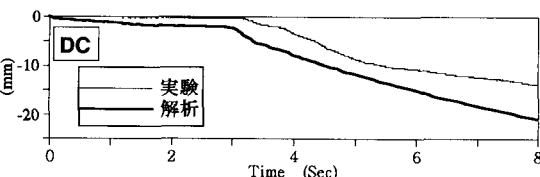


図4 構造物沈下

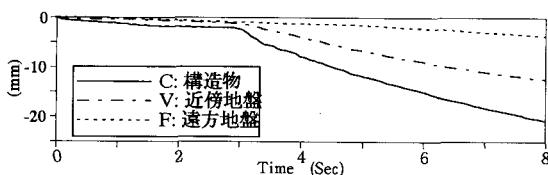


図5 構造物と地盤の沈下の関係(解析)

構造物の沈下に関する経時変化を図4に示す。解析と実験結果は液状化に達する約3秒後から大きな沈下を示しだす。各時刻の沈下量は解析の方が大きく、解析時間の範囲では最大で約50%程度の差が生じた。解析による地盤と構造物の沈下の経時変化を図5に示す。構造物の沈下と遠方および近傍地盤の沈下は微小入力区間においてはほぼ等しく、急激な過剰間隙水圧の上昇を伴わない場合、構造物の沈下は地盤のみの沈下傾向と同様であることが予想できる。これに対して、過剰間隙水圧が大きく上昇し始めると、構造物の重量により大きく沈みだし、加速度振幅が小さくなっても沈下速度は衰えない。近傍地盤も構造物の沈下の影響を受け、遠方地盤の沈下よりかなり大きくなるのがわかる。

図6に加振終了直後の変形図を示す。構造物はやや傾きながら沈下している。加振方向の周辺地盤については、端部から22cmの範囲が構造物沈下の影響を大きく受けており、この領域は建屋幅の約半分に相当するものである。加振直角方向については建屋背面の地盤が膨れ上がっており、これは建屋沈下の反動と考えられる。ただし、直角方向の地盤の要素分割は加振方向の要素分割に比べ荒く、膨れ上がる位置やその量に関してはこのような要素分割の荒さに影響されていると思われる。

4 まとめ

建屋直下の過剰間隙水圧に関しては、建屋のロッキングと水平方向の排水距離の影響がみられ、特に端部に大きな振動成分が現れた。また、建屋の沈下に関しては、比較的微小な入力時には地盤のみの沈下とはほぼ同様であるのに対して、ほぼ全層が液状化する大きな入力時には構造物の重量により大きく沈下し、その影響は近傍地盤におよぶことが、今回の次元解析を通してわかった。

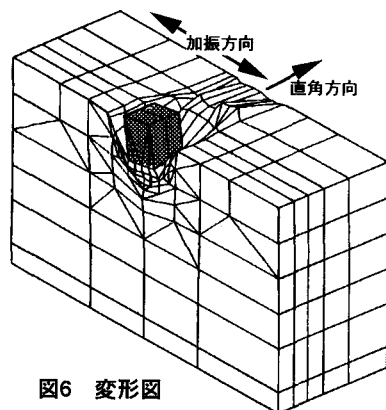


図6 変形図

<参考文献>

- 1) 松田他:埋設構造物の液状化挙動に関する有効応力解析,第22回地震工学研究発表会
- 2) 伊藤他:三次元応力下の砂の繰り返しせん断挙動,第27回土質工学研究発表会、1992