薬液注入固化されたタンク基礎砂地盤の地震時挙動に関する2次元有効応力液状化解析

千明	高橋	正会員	株式会社フォーラム 8	泰介	渡邉	学生会員	群馬大学大学院工学研究科
恵三	鵜飼	フェロー会員	群馬大学工学部	飛	蔡	正会員	群馬大学工学部
敏行	萩原	正会員	西松建設技術研究所				

1.はじめに

平成7年の改正消防法の実施に伴い,昭和52年以前に許可を受けた,または許可申請された危険物屋外貯蔵タン クの液状化に対して早急な安全対策が義務付けられるようになった.既設タンク地盤の液状化対策として,浸透性 のよい薬液(特殊シリカ系水ガラス)を用いた注入固化工法の実用化に向けた研究が進められている^{たとえば,1),2)}. 本研究では,薬液注入固化されたタンク基礎砂地盤の地震時の挙動を,2次元有効応力液状化解析プログラム UWLC³により解析を行い,すでに実施されている動的遠心試験の結果(加速度,間隙水圧,表面沈下の履歴)と比 較考察した.また,解析結果より薬液注入固化工法の地震時の地盤沈下を低減できるメカニズムを解明した.

2.動的遠心振動模型実験

図-1に各センサーの設置位置を含む実験システムの全体概要 図を示す.実験には大型せん断土槽を使用し,資料には8号硅 砂を用い,相対密度が50%となるように空中落下法により砂地 盤を作成の上,サーチャージとしてジルコンを敷いた後,土槽 底部から間隙流体である水を浸透させて,模型地盤の地表面ま で十分飽和させた.タンクのモデル化はタンク荷重のみにとど め,アルミ製で肉厚1mm,幅140mmの箱として,2次元的にシ ミュレートした.遠心力場50Gで100KPaの荷重となるようにタ ンク内部に鉛散弾を敷いた.改良地盤は,別容器に8号硅砂地 盤を作成し,超微粒子シリカ系の活性シリカを注入して固化し たものを2次元形状にトリミングし,地盤作成時にタンク中央直 下に設置した.実験は,タンク下の改良範囲を変化させた3ケー スを実施した.入力地震波は,卓越周波数100Hzの正弦波(水 平加速度13G,実物換算にて260gal)を20波,加振時間0.2秒で ある²⁾.

3.液状化解析結果と動的遠心試験結果の比較

数値解析に用いたメッシュの境界条件は,底面節点は固定と し,側面節点についてはせん断土槽の動きを考慮して,左右側 面節点の水平方向変位が等しくなるように循環境界とした.入 力振動は,模型実験で測定された入力波形データを重力スケー ルに変換して,底面節点に与えた.以下では,青実線が解析結 果,ピンク破線が原型サイズで表示している実験結果である. また,今回は表-1で示すように改良された3ケースにおいて結 果比較を行った¹⁾.これより3ケース共,同様な傾向を示す解 析結果が得られたためここでは,タンク直下 1/2 改良したケー スの結果比較を示す.

入力地震波(ACC16)とACC2,5,10の解析結果と実験結



キーワード 液状化,数値解析,タンク群,飽和砂地盤,薬液注入固化工法 連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学建設工学科 蔡 飛 cai@ce.gunma-u.ac.jp

30 20 PWP2(KPa)

1.0

0

- 1.0

PWP3(KPa)

PWP4(KPa

S1(cm - 10

20

10 0

- 10

20

1.0

0 -10 L 0

0

- 15 - 20

5

1 0 15 2

図-3

10

10

10

6

time (sec)

間隙水圧履歴曲線

8

12

12

12

果が図-2 に示す.最も深い位置にある ACC10 は,解析と実験 の履歴曲線がよく一致すること,深度が浅くなるにつれて,解 析の加速度が実験より大きいことが明らかになった.このよう な結果が Zienkiewicz らの解析事例でも示されている.

最も浅く設置されている間隙水圧計 PWP2,3,4の間隙水圧 の解析結果と実験結果の比較を図-3 に示す.タンク端近くの PWP2 では解析結果の振幅が実験結果のものより大きいが, PWP3 と PWP4 では, 解析結果が実験結果を良好にシミュレー トしている.

加振中のタンクの沈下履歴曲線における解析結果と実験結果 の比較を図-4に示す.解析の沈下が実験より約1秒弱速くなっ ていて,最終沈下量も約1.3 倍解析結果が,実験結果に比べて 大きいが、全体の沈下傾向は概ね一致しているといえよう、

4.解析結果および考察

タンク下の沈下分布形状を図-5 で示す.図から改良領域が大 きくなるにつれて,明らかに沈下量が抑制されていることがわ かる.ここで,タンク下中央の深度における沈下量を図-6に示

す.これより,沈下量が改良 領域以前では,ほぼ同一直線 上にあるが,それぞれの領域 に入ると,大幅に沈下量が抑 制される傾向が見られる.こ れは,改良効果をよく表して いる結果といえる.

図-7 に過剰間隙水圧分布形 状を示す.これより,改良領 域の大きさによらず,改良領 域がタンク下の非液状化層付 近にまで到達していなければ、 タンク下でも液状化を起こし やすいことがわかった.



図-7 過剰間隙水圧分布形状

5.まとめ

薬液注入固化されたタンク基礎砂地盤の地震時の挙動を 2 次元有効応力液状化解析プログラム UWLC³⁾を用いて シミュレートした.改良した3ケースにおいて,解析結果と動的遠心模型実験の結果(加速度,間隙水圧,表面沈 下の履歴)がほぼ一致することを示した.また,解析結果より,地震時における薬液注入固化された地盤の沈下を 低減できるメカニズムを解明した.すなわち,注入固化体の地震時の沈下が小さいため,タンク直下の薬液注入固 化の深度が大きいほど,薬液注入固化された地盤の地震時の沈下量が小さくなる.

参考文献

1)蔡ら:液状化解析プログラムの開発と実務への応用に関する研究,第11回地震工学会シンポジウム, CD-ROM, NO.156,2002.2)今村ら:薬液注入固化工法を用いた部分改良による既設タンク地盤の液状化対策工法の提案,土 と基礎, 49(5), 28-30, 2001.3)株式会社フォーラムエイト(2004): UC-1/地盤の動的有効応力解析(UWLC)を利用 した液状化詳細判定, http://www.forum8.co.jp/product/uc1/jiban/pdf/uwlc.pdf.