

環状地盤改良によるタンクの液状化対策に関する遠心模型実験

清水建設 正会員 堀田洋之
 同上 同上 風間広志 桂豊
 同上 非会員 社本康広

1. はじめに

地震時の地盤の液状化を考慮していないいわゆる旧法タンクは、500kl 以上のものでは全体の6割以上を占め、早急な対策が望まれている。既設タンクの液状化対策として、液状化層全層にわたって地盤改良や薬液注入を施す方法が考えられるが、コストや施工性の面で問題がある。液状化への対応方法として、液状化の発生をある程度許容した上で地震後の沈下量を許容値以内に制御することが合理的である。タンク外周部分の表層付近のみを環状に地盤改良する方法は有効な対策と考えられる。ここでは環状地盤改良の有効性を検討するために行った遠心模型実験について報告する。

2. 実験方法

実験ケースを表1に示す。1：タンクのない原地盤，2：無対策，3：タンク外周部表層を環状にセメント系地盤改良の3ケースについて実施した。

実験ケース3の概要を図1に示す。模型縮尺は1/30であり、遠心加速度30gの下で実験を行った。

模型地盤は厚さ5cmの礫の基盤層と、厚さ15cmの細砂の表層からなる2層地盤である。基盤層は珪砂3号を締め固めて用いた。表層は珪砂8号を用い、空中落下法により相対密度60%となるように作成した。この地盤を真空中で脱気し、水の30倍の粘度を有するシリコンオイルを浸透させることにより完全に飽和させた。水位はほぼ地表面と一致させた。表層の液状化指数（PL値）を道路橋示方書¹⁾に従って計算すると33となり（地表面の水平震度0.35）極めて液状化しやすい地盤である。

地盤改良体は外径21cm，内径12cm，厚さ7cmで、豊浦標準砂とカオリンT・A粘土の重量比85:15の混合土を、高炉セメントB種で固化させて用いた²⁾。初期含水比は35%である。実験当日（材齢14日）の一軸圧縮強さは平均430kPaであった。

タンク模型は外径16.4cm，高さ13.2cmの亜鉛めっき鋼板製の缶である。模型内部にはシリコンオイルを10cmの深さに入れ、さらに底に鉛散弾を布いて遠心载荷時の接地圧が40kPaとなるようにした。

計測器配置を図1中に示す。水平方向の加速度計を土槽底板，地盤内部のタンク中心軸上3深度（GL-1, -7, -15cm），一般部2深度（GL-1, -7cm），及びタンク底部に設置した。また、間隙水圧計を地盤内部のタンク中心軸上3深度（GL-4, -11, -17.5cm），一般部2深度（GL-4, -11cm）に設置した。さらに非接触式のレーザー変位計を用いて基盤層上面，地表面（ケース1は2箇所，ケース2，3は1箇所），及びタンク左右の沈下量を測定した。

上記の試験体を遠心加速度30gの下で水平方向に加振を行った。加振波形は振動数60Hz（実寸換算2Hz）の正弦波で、最大加速度は実験ケースにより7.26～9.68g（実寸換算238～317gal）である。

3. 実験結果

実験ケース1における加速度の時刻歴を図2に、過剰間隙水圧の時刻歴を図3に示す。加振により表層の過剰間隙水圧はいずれも有効土被り圧に達しており、完全に液状化している。地盤の液状化に伴い加速度は減衰している。

キーワード 液状化，遠心模型実験，過剰間隙水圧，地盤改良，タンク，沈下

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設（株）技術研究所 TEL 03-3820-8297 FAX 03-3820-5959

表1 実験ケース

実験ケース	タンク	地盤改良	最大入力加速度	
			実験値 (g)	実寸換算 (gal)
1	なし	なし	7.26	238
2	あり	なし	8.56	280
3	あり	あり	9.68	317

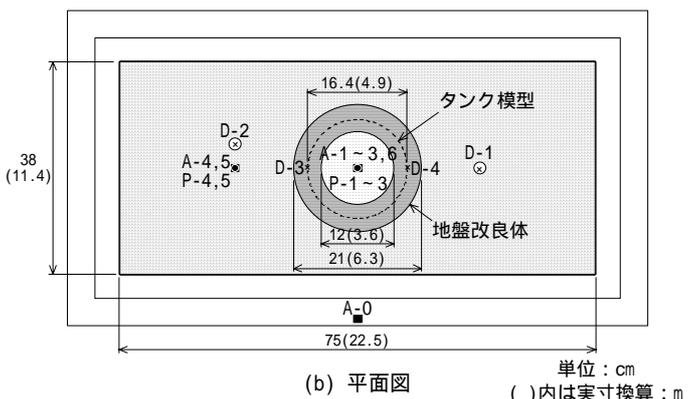
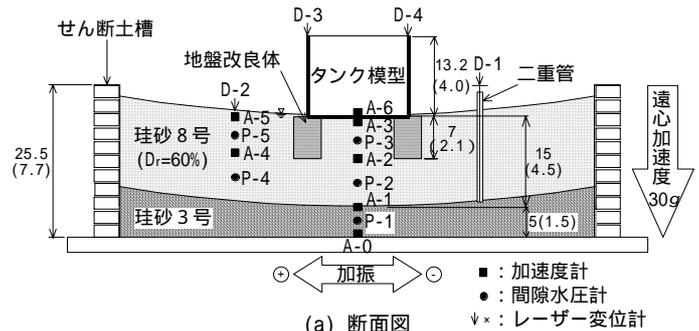


図1 実験概要（ケース3）

実験ケース2における加速度の時刻歴を図4に、過剰間隙水圧の時刻歴を図5に示す。表層一般部下部の過剰間隙水圧(P-4)は有効土被り圧に達しており完全に液状化している。一般部上部では間隙水圧(P-5)が一旦減少した後上昇に転ずるといった複雑な挙動を示しているが、これはタンクの沈下による地盤のせん断変形に伴う正のダイレイタンスの影響である。タンク荷重の深度方向への広がりやを考慮するとタンク直下下部の過剰間隙水圧(P-2)は有効上載圧に達しているが、上部の過剰間隙水圧(P-3)は有効上載圧に達していない。タンク荷重による押さえ効果によるものと推測できる。加速度応答の低減率も一般部(A-4,5)に比べタンク直下(A-2,3)では小さい。タンク底部(A-6)はタンク直下地盤(A-3)とほぼ同じ加速度応答を示している。

実験ケース3における加速度の時刻歴を図6に、過剰間隙水圧の時刻歴を図7に示す。表層地盤一般部はケース2同様完全に液状化している。タンク直下上部の地盤改良体に囲まれた部分の水圧上昇(P-3)はケース2に比べ約70%に低減されており、改良の効果が現れている。タンク直下下部の過剰間隙水圧(P-2)は上昇後一旦低下し再度上昇している。地盤改良体の存在により、ケース2よりも深い位置で上述のダイレイタンスの影響が現れている。

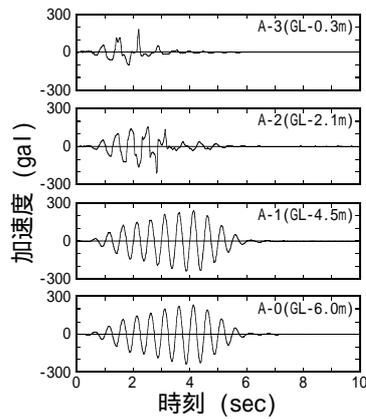


図2 加速度時刻歴 (ケース1)

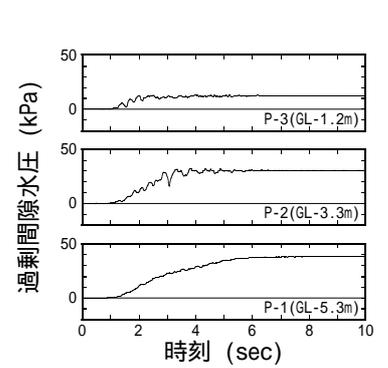


図3 過剰間隙水圧時刻歴 (ケース1)

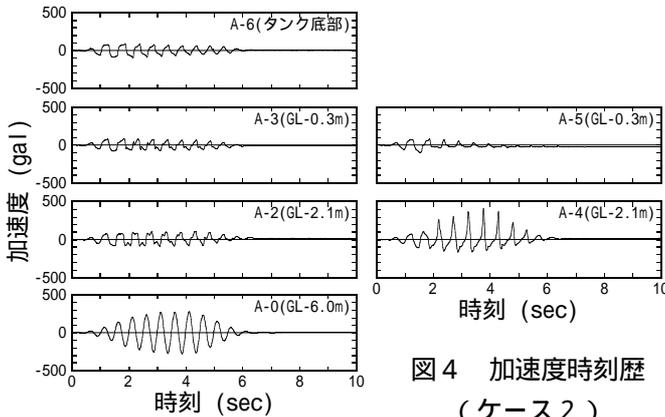


図4 加速度時刻歴 (ケース2)

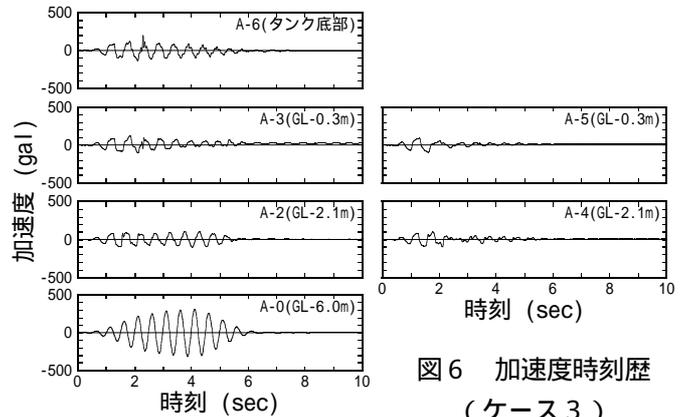


図6 加速度時刻歴 (ケース3)

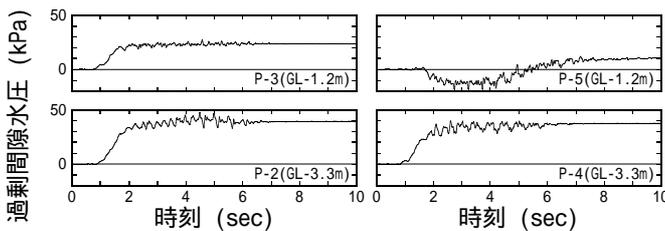


図5 過剰間隙水圧時刻歴 (ケース2)

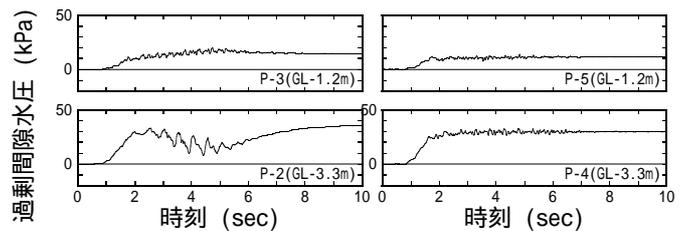


図7 過剰間隙水圧時刻歴 (ケース3)

加振後の地盤及びタンクの最終沈下量を一覽にして表2に示す。実験ケース3におけるタンクの沈下量はケース2の約40%であり、傾斜角は1/5以下である。地盤改良による絶対・相対沈下量の低減効果が顕著に現れている。

4. まとめ

既設タンクの液状化対策として、タンク外周の表層地盤を環状にセメント系地盤改良する方法の有効性を検証するために遠心模型実験を実施した。改良を施すことによりタンクの絶対・相対沈下量を低減できることが確認できた。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，1996年12月。
- 2) 浅香美治・桂豊：室内配合試験によるセメント改良土のせん断波速度と一軸圧縮強さの関係，日本建築学会2003年度大会（東海）学術講演梗概集，B-1，構造，pp.443～444，2003年9月。

表2 加振後の最終沈下量

実験ケース	基盤層 上面	地表面			タンク			
		中央	端部	平均	左	右	平均	傾斜角
1	-3	75	66	71	-	-	-	-
2	-1	-	75	75	319	262	291	1/86
3	1	-	87	87	125	115	120	1/492

単位：mm