

レベル2地震動下におけるグラベルドレーン工法の有効性に関する解析

東京電機大学 学生会員 田中 智宏
 東京電機大学 正会員 安田 進
 東京電機大学 学生会員 内山 純一
 応用地質（株） 正会員 吉田 望

1. 目的

液状化対策工のうちグラベルドレーン工法は近接施工が可能のため近年多く用いられている。この工法の設計法¹⁾では0.4程度の許容過剰間隙水圧比を設定するが、これは“液状化を発生させない”という考え方に基づくものである。この設計法をそのままレベル2地震動に対して適用すると、極端にドレーン径が大きくなったり打設間隔が狭くなったりと、施工が困難で実用的にならない結果になってしまう。ところが過剰間隙水圧の消散が早ければ、液状化が発生しても液状化している時間が短い、液状化した状態で受ける繰返し荷重が小さくなる等の効果が期待でき、その結果、構造物の変形量は抑えられると考えられる。従って変形量が設計の主要要因である場合には、レベル2地震動下でもグラベルドレーン工法が適用できると考えられる。そこで、本報告では石油タンクを対象とし有効応力法に基づく二次元液状化解析プログラム STADAS²⁾を用いて、レベル2地震動下における石油タンクの沈下挙動に対するドレーン工法の対策の有効性を検討した。

2. 解析対象モデル

解析対象としたタンクと地盤のモデルは文献3)で行われた一斉解析と同じにした。タンクの高さは12m、幅は10mである。地盤は神戸ポートアイランドの埋立層（まさ土）と同じとし、幅60m、深さ16mの大きさにモデル化した。地下水面はGL-3mである。この埋立層のN値は5~20で、細粒分含有率は平均6%程度である。道路橋示方書（1996）による液状化判定では全ての深度で F_L 値がほぼ1以下となっている⁴⁾。ドレーン材は碎石とし、500mmの柱状ドレーンを1.5mピッチで地盤全体に配置した。なお、単純化のためマットドレーンはここでは設置していない。入力した地震動は文献3)で用いられたポートアイランドGL-16.4mの波で、最大振幅は418Galである。図1に解析モデルの模式図、表1に地盤物性値を示す。解析はグラベルドレーンを配置しない未改良ケースとグラベルドレーンを配置したケースの2ケース行った。

表1 解析に用いた地盤物性表

層	地層番号	層厚 (m)	湿潤単位 体積重量 γ_t (kN/m ³)	静止土圧 係数 K_0	$G_{max} = G_0 (s'_m)^n$		粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 (deg.)	透水係数 (水平 鉛直) k (cm/sec.)
					G_0	n			
埋立	B1 (水面上)	3	18.9	0.5	8657	0.5	0.01	41.8	1×10^{-2}
	B1 (水面下)	5	21.7	0.5	8657	0.5	0.01	41.8	1×10^{-2}
	B2	8	21.6	0.5	8550	0.5	0.01	39.5	1×10^{-2}
グラベルドレーン			22.0	0.5	14721	0.5	0.01	45.0	1×10^{-1}
石油タンク			8.0		12046				

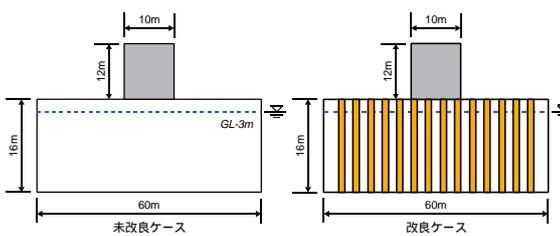


図1 解析モデル模式図

3. 解析結果

未改良ケースとグラベルドレーンを設置したケースにおける解析終了時の変形図をそれぞれ図2,3に示す。また、タンク直下とタンクから十分に離れた位置におけるドレーン間地盤の過剰間隙水圧比の時刻歴をそれぞれ図4,5に示す。未改良ケースでは、タンク直下地盤とタンクから離れた位置での過剰間隙水圧ともに、入力波の振幅が大きくなる時刻あたりから急激に上昇し液状化に至った。そして震動中はその値を維持した。過剰間隙水圧の上昇と共にタンクは徐々に沈下し続け、最終的には約24cm沈下した。

キーワード 地震, 液状化, レベル2地震動, ドレーン工法, 地震応答解析

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部建設環境工学科 TEL 049-296-2911

それに対しドレーンを設置したケースでは、タンクから離れた位置の過剰間隙水圧は有効上載圧まで上昇しており、液状化していると判断できる。つまりこの入力地震動ではドレーンを設置してもドレーン間地盤での液状化発生は防げなかった。また、過剰間隙水圧の応答振幅が大きく出ているのは、グラベルドレーンの剛性が未改良地盤と比較して大きいため、ドレーンが一種の壁のような役割を果たし動水圧が発生したためではないかと考えられる⁵⁾。一方、タンク直下位置での過剰間隙水圧は徐々に上昇したものの過剰間隙水圧は有効上載圧まで至らず、過剰間隙水圧比の値で0.5程度付近で頭打ちになった。そして震動中はずっとその値を維持した。震動終了時のタンクの沈下量は約2.2cm程度に抑えられた。改良、未改良地盤でタンクの沈下量に差が出た理由は、グラベルドレーンを設置することでタンク直下の過剰間隙水圧の上昇量に差が生じたことによるものと考えられる。つまり改良地盤では過剰間隙水圧の上昇量が小さく、未改良時に比べて地盤のせん断剛性低下が少なかったため、タンクの沈下を軽減できたのであろう。

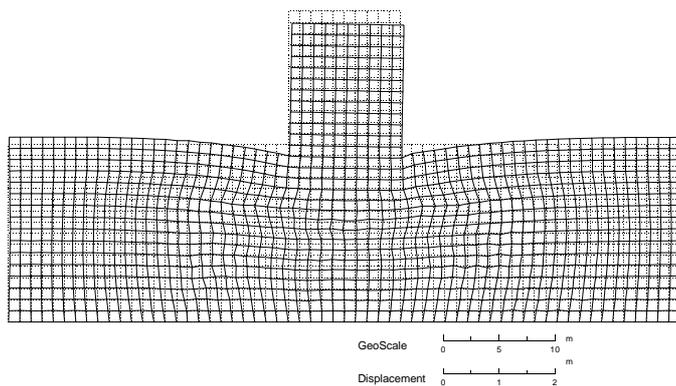


図2 未改良の場合の変形図 (CASE1)

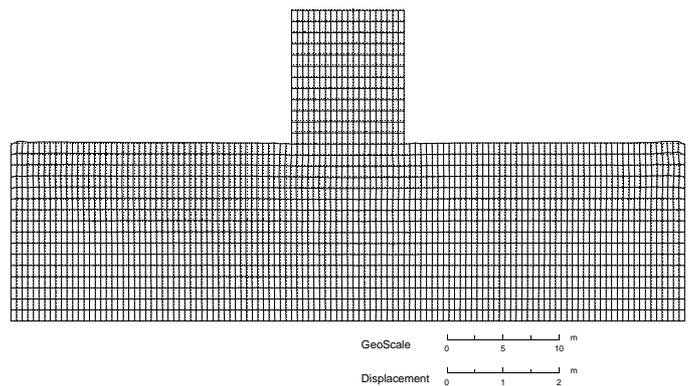


図3 グラベルドレーンを設置した場合の変形図 (CASE2)

4. まとめ

レベル2地震動における、グラベルドレーン工法の対策効果を検討するため、有効応力法に基づく地震応答解析を行った。その結果、グラベルドレーンは地盤の過剰間隙水圧の上昇は抑制できないが、タンク直下での過剰間隙水圧の上昇量を減少させて、タンクの沈下量を軽減する効果が見られた。

なお、グラベルドレーンによる対策効果として“排水効果”と“支持効果”、“せん断変形抑制効果”があるものとする。今後、それぞれの効果がタンク沈下量軽減にどの程度寄与しているかを検討したいと考えている。

参考文献

1) 例えば(独)土木研究所他:液状化対策工法設計・施工マニュアル(案)共同研究報告書,第186号,1999.3. 2)Yoshida, N.: STADAS, A computer program for static and dynamic analysis of ground and soil-structure interaction problems, Report, Soil Dynamics Group, The University of British Columbia, Vancouver, Canada, 1993. 3)土木学会レベル2地震動による液状化研究小委員会:レベル2地震動に対する液状化対策,レベル2地震動に対する液状化,レベル2地震動による液状化研究小委員会活動成果報告書,pp.253-320,2003.6. 4)阪神淡路大震災・地盤調査研究会:既往判定法による検討結果,平成9年度報告書,pp.141-143,1998.3. 5)吉田望,規矩大義:せん断変形抑制型液状化対策の評価に関する一検討,第46回地盤工学シンポジウム,pp.47-52,2001.

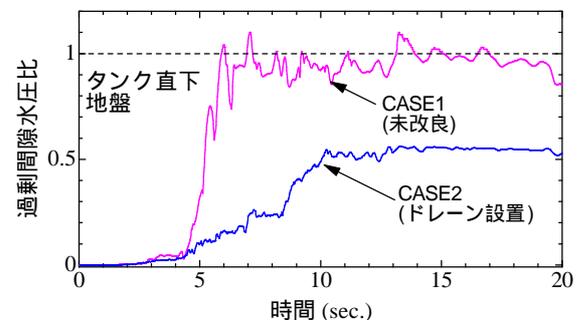


図4 タンク直下地盤の過剰間隙水圧比時刻歴

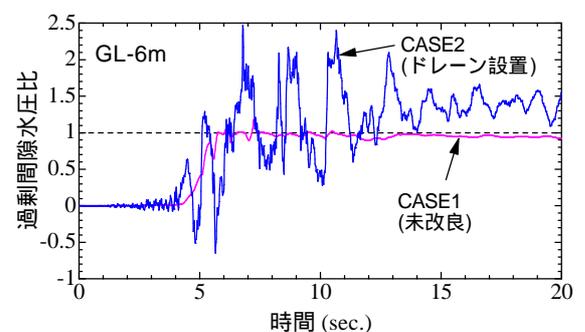


図5 タンクから離れた地盤の過剰間隙水圧比時刻歴