

LNG地下タンク周辺盛土のL2地震時の動的変形解析

東京ガス	正会員	川村 佳則
東京ガス	正会員	中野 正文
大林組	正会員	松田 隆
鹿島建設	正会員	深田 敦宏

1. 目的

LNG地下タンク周辺盛土は、レベル2地震動に対しても大規模なすべりが生じることなく、安定性を保つ必要がある。本盛土は道路や河川盛土とは異なり、盛土端部は構造物に接し、法面が1方向にしかない。このような形状の盛土の変形モードや沈下量などの地震時変形挙動については、未解明な点が多い。そこで本研究では、動的有効応力解析手法を用いて残留変形を予測するとともに、地震時のすべり安定性に関する検討を行なったものである。

2. 観測対象と観測地震動

図1に解析対象とする盛土とタンクの関係を示す。盛土構造については、その高さは既存LNGタンク周辺盛土のうち最大の高さである10m、法面勾配及び天端幅は標準的な1:2.5及び15mとした。また、地層構成は多くの地下タンクが建設されている埋立て地盤を想定した。具体的には、上層16mは液状化の可能性のあるN値10の砂層とし、地下水位をGL-4mに設定した。下層はN値3の軟弱な粘性土と設定した。地盤改良範囲は盛土斜面下部と法尻から10mの平面区間とし、改良後のN値は実績に基づき10増加させた。

図2に入力地震動波形を示す。

3. 解析方法

解析には動的有効応力法¹⁾を用いた。解析モデル(図3参照)の自由地盤側は粘性境界を、貯槽側はBEAM要素でモデル化した。地盤物性値であるせん断波速度及び動的せん断強度比については、N値から算定する方法である道路橋示方書に従い設定した。解析ケースは、地盤改良ありのケースと地盤改良なしのケースである。

4. 解析結果

最終変形状態を図3に示す。側壁に接する位置での盛土の沈下量は、改良ありの場合で10.2cm、なし

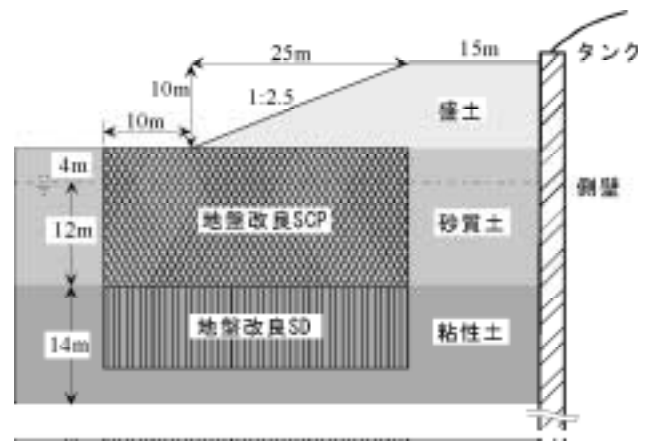


図1 解析対象盛土と地盤構成

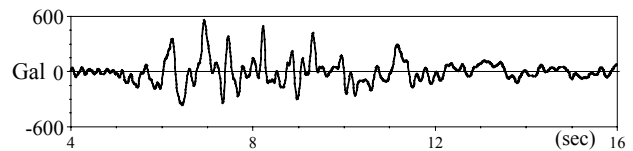


図2 入力波形(GL-30m,2E)

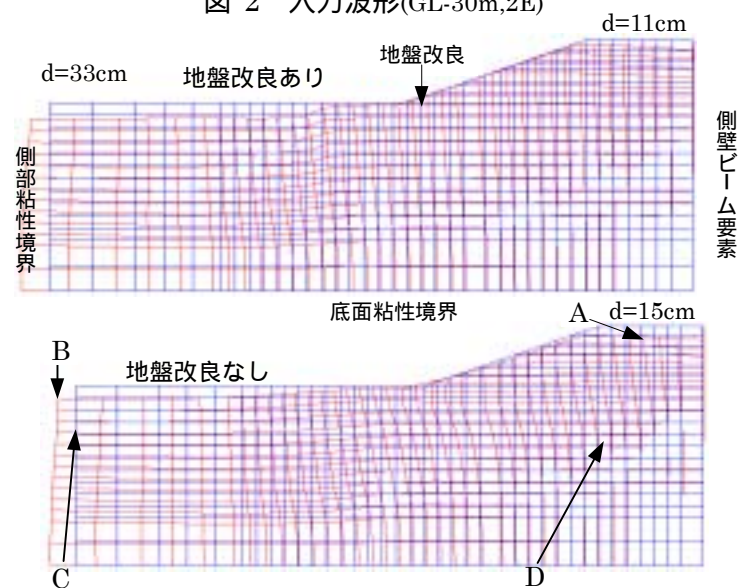


図3 最終変形状状 (上:改良あり,下:改良なし)

キーワード 盛土、地下式LNGタンク、地震時変形、レベル2地震動、有効応力解析

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組技術研究所 TEL 0424-95-0954

の場合で15.1cmとなり、盛土の変形抑止に対する地盤改良効果が認められる。この沈下によって側壁の拘束圧は低下するが、側壁の地震時断面力は耐力を下回ることはない。盛土の変形モードは、地盤改良がある場合、地盤改良によって法尻の側方流動が抑制されるため天端の水平変位も小さくなる。地盤改良がない場合、側方流動によって水平地盤が押され、盛土に接する地盤はやや盛り上がる形状になっている。盛土天端の沈下は側壁に接する位置が大きくなっている。

図4に主要動部における応答波形を示す。盛土天端Aの最大加速度は1150Galであり、自由地盤表面での最大加速度の2倍程度増幅する。自由地盤側の過剰間隙水圧Cは、最大加速度の時刻から約3秒遅れて最大となり液状化する。盛土下部地盤Dは、盛土上載圧の影響で液状化せず、振動成分が大きくなっている。盛土の沈下Aは、最初の主要動振動で大きく沈下し、その後、過剰間隙水圧が大きい時間帯において沈下は進行しない。これは、盛土下部地盤が側壁と地盤改良部に囲まれており、変形が抑制されると考えられる。これに対して自由地盤Bは単調に沈下が進行していく。図5に、過剰間隙水圧が消散するまでの地盤沈下の経時変化を示す。自由地盤側Cでは300秒後においても消散しきっていないが、地盤沈下Bは約70秒後に終了している。盛土直下地盤の過剰間隙水圧Dはほぼ100秒で消散しているが、残留沈下Aは初期に生じているのみである。

図6に地震応答解析によって生じるせん断応力から計算した局所安全係数を基にすべり線を仮定し、そのすべり線に沿った全体すべりに対する安全率を算定した。盛土近くのすべり線 A_1 に沿ったすべり安全率は1.57であり、局所安全率の小さい下部の粘性土層を通過するすべり線 A_2 に沿ったすべり安全率は1.16である。このことから、盛土が1000Gal程度の加速度で振動した場合でも、大規模なすべりはないものと考えられる。

4. おわりに

LNG地下タンク周辺盛土は、レベル2地震時において大規模なすべりを生じることなく、安定性を保っていることを確認した。

参考文献

1) 松田ら：動的有効応力解析EFFECTその2、大林組技研報No.52,平成8年2月

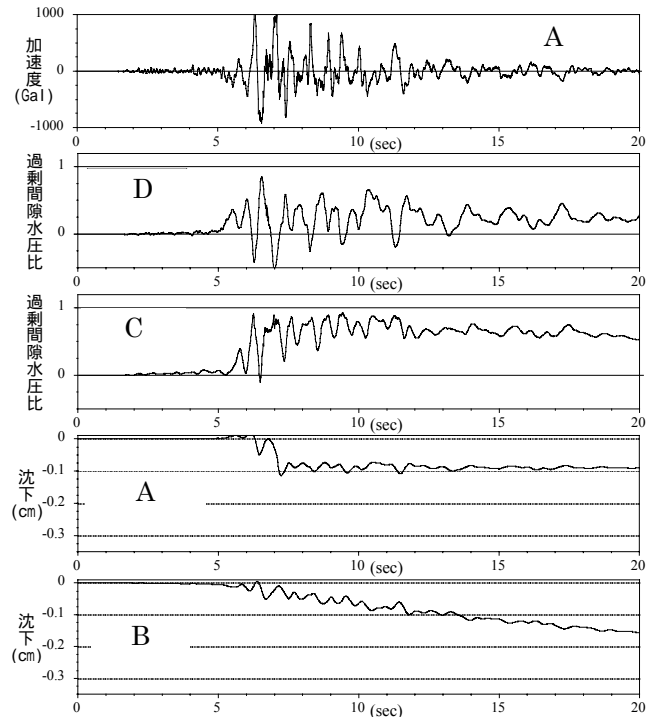


図4 主要動における時刻歴応答

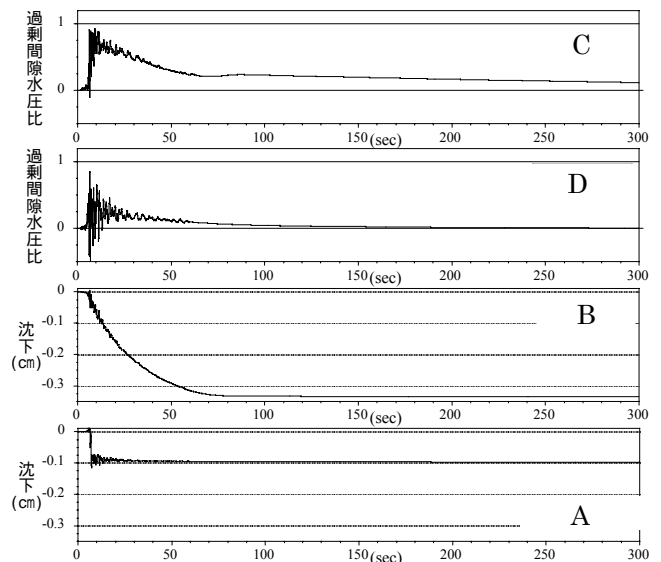


図5 間隙水圧消散までの沈下現象

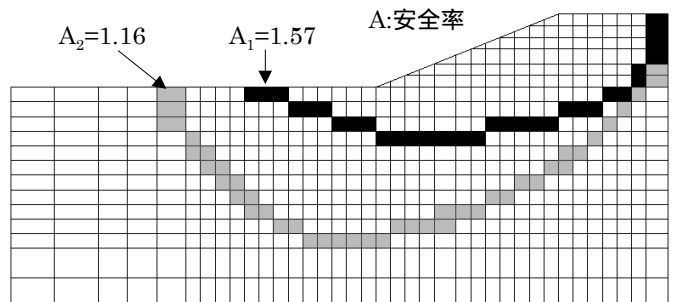


図6 すべり安全率