

内陸堆積盆地内の地下式LNGタンクの高レベル地震時挙動

大阪ガス(株) 正会員 岡井大八、小川安雄、藤田裕介
(株)大林組 正会員 ○玉野浩司、松田 隆

1. はじめに

これまで、大型地下式LNGタンクは、臨海部の埋立地盤を中心に建設されてきた¹⁾。一方、この形式を内陸地盤で立地させる場合、内陸直下型の地震動に対する耐震上の安全性把握が重要となる。本書は、その耐震性検討の一環として行った地震応答解析結果の報文である。

2. 解析モデル

動的応答解析には、液体～貯槽～地盤の連成を考慮に入れた軸対称FEMを用い、地盤モデルには、地盤の成層構成²⁾を考慮して、1次元の重複反射解析結果による等価剛性モデルを採用した。解析モデルを図-1に、地盤モデルの物性値を表-1に示す。タンクの容量は180,000 k lであり、側壁の厚さは3.0m、底版の厚さ9.1mである。

設計地震動には、断層モデルによって設定した高レベル地震動²⁾を使用し、入力基盤は $V_s=1000$ m/secの岩盤とした。なお、入力基盤面上での地震動の最大振幅は680Gal (2E) である。

3. 応答解析結果

図-2にタンク側壁の、図-3に自由地盤の応答加速度波形を示す。入力加速度(F3)の最大値は500Gal(発生時刻8.3秒)であるのに対して、タンク底版部(W2)の最大応答加速度は約300Gal(発生時刻7.5秒)と減少している。これは、タンク底版で深での応答が減衰するためであり、軟弱地盤特有の応答現象が生じていると考えられる。タン

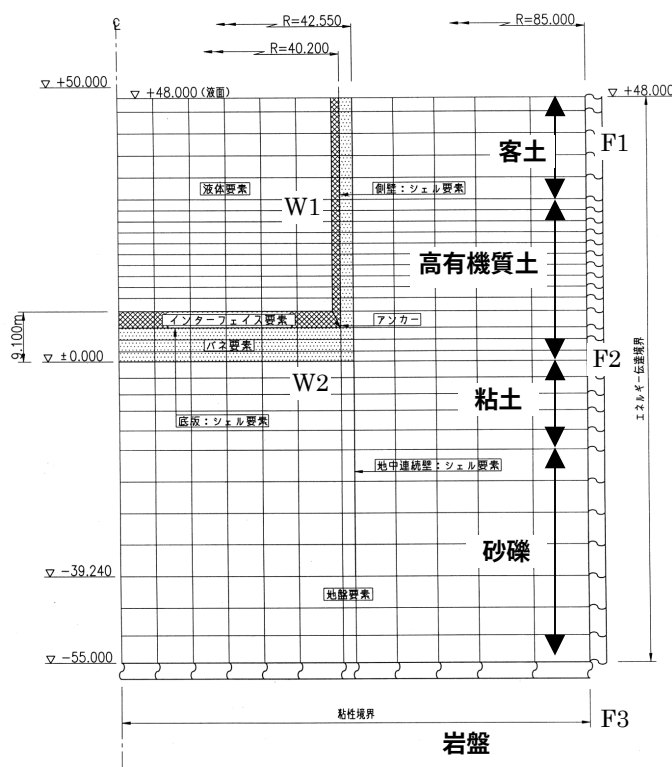


図-1 検討モデル

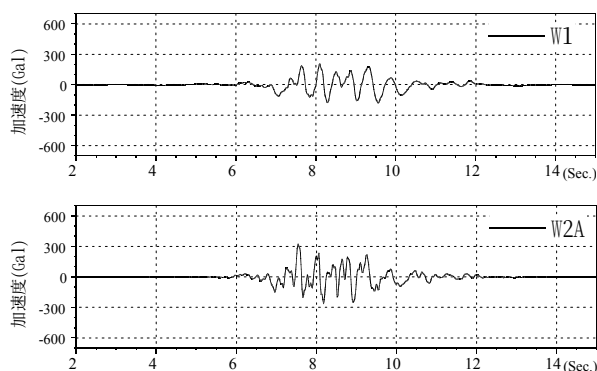


図-2 側壁加速度 (W1：頂部、W2：底版位置)

表-1 地盤物性値

GL(m)	土質	重量(kN/m ³)	Vs(m/sec)	G0(MPa)
-23	客土	21	200	85.7
-48	高有機質土	11	90	9.2
-60	粘土	20	200	81.6
-100	砂礫	20	420	360.0

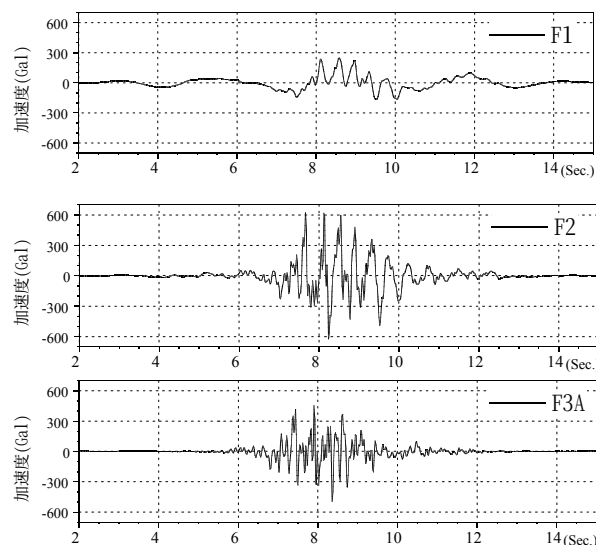


図-3 地盤加速度 (F1：地表、F2：底版、F3：入力)

keywords： 地下タンク、地震応答解析、高レベル地震動

連絡先：〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟

(株)大林組 土木技術本部設計第二部

tel 03-5769-1307 fax 03-5769-1972

ク側壁頂部(W1)の最大応答加速度は約200Galで、さらに減衰しており、その波形も長周期の正弦波的なものとなっている。

一方、自由地盤の応答加速度波形を見ると、地表面付近の波形(F1)は長周期で振幅の小さいものになっているが、タンク底版と同深度の波形(F2)はタンク底版のもの(W2)より短周期成分を含んでおり、地盤から躯体への加速度入力は複雑な状況を呈していると考えられる。

図-4に自由地盤と側壁の最大加速度分布を示す。全般的に自由地盤の応答が大きくなっており(GL-10~20mを除く)、特に、GL-28m以深の高有機質土層での加速度振幅は、600Gal程度の大きな値を示している。これに対してタンクの応答は、底版部から大きく減衰し、増幅の傾向は見られない。

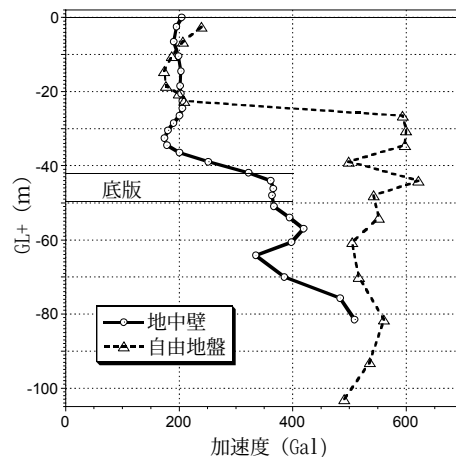


図-4 最大加速度分布

図-5に底版上部の加速度最大時の応答変位分布を、図-6に側壁頂部の加速度最大時の応答変位分布を示す。自由地盤の変位増幅は高有機質土層で顕著になっており、側壁の変位は、地盤の変形に抵抗しながらもこれに追従した形になっている。

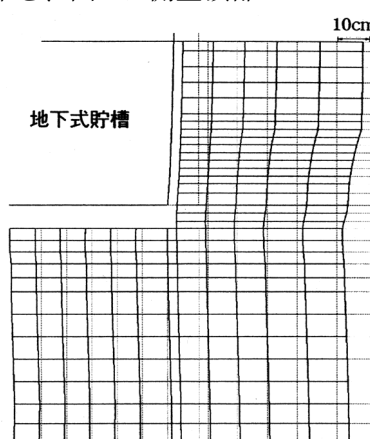


図-5 変位分布(底部加速度最大)

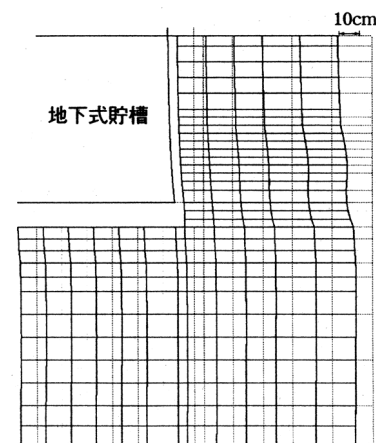


図-6 変位分布(頂部加速度最大)

図-7に地盤の底版上部加速度最大時におけるせん断ひずみ分布を、図-8に同様に側壁頂部加速度最大時の分布を示す。側壁周辺の地盤にせん断ひずみが集中しているが、ひずみの最大値は 1.5×10^{-3} のレベルであり、1次元の重複反射解析による等価剛性の適用範囲内であった。

図-9に側壁の周方向および軸方向の最大軸(圧縮)ひずみ分布を示す。全般的に周方向の軸ひずみが鉛直方向の軸ひずみを上回っており、ともに側壁下端部で最大値となる。最大軸ひずみは周方向の 3.0×10^{-4} であり、これは、コンクリートの終局ひずみ 3.5×10^{-3} ($f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$)を下回る。

4. おわりに

内陸地に計画された地下式LNGタンクの、内陸直下型地震動に対する動的応答解析を実施した結果、以下の傾向が見受けられた。1)側壁の応答加速度は、軟弱地盤の減衰作用により振幅の小さい長周期的なものとなる。2)自由地盤の変位増幅は軟弱地盤層において顕著なものになり、側壁の変位はこれに抵抗しながらも追従した形を示す。3)側壁周辺地盤のせん断ひずみは大きくなる。

参考文献

- 1) 小山和夫ほか：LNG地下式貯槽における動土圧データのシミュレーション解析、第48回土木学会年次講演会
- 2) 岡井大八ほか：敦賀断層の地震動設定と堆積盆地の応答特性、第56回土木学会年次講演会、第I部門

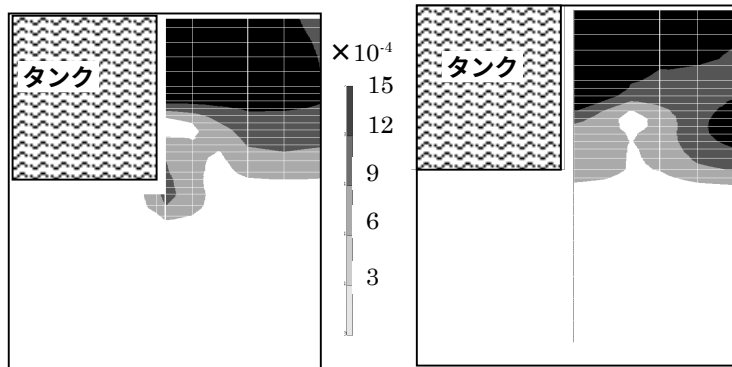


図-7 ひずみ分布(底部加速度最大)

図-8 ひずみ分布(頂部加速度最大)

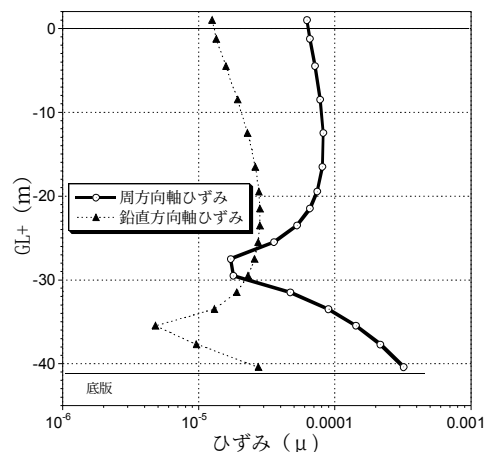


図-9 側壁ひずみ分布