

I-B 92 隣接するLNG地下式貯槽の3次元有限要素法による動的解析

東京ガス(株) 正員 小山和夫 竹原俊英
鹿島建設(株) 正員 砂坂善雄 坂梨利男

1. はじめに

東京ガス袖ヶ浦工場では、1983年よりLNG地下式貯槽と周辺地盤の地震観測を行っており、これまでに80以上の地震が観測されている¹⁾。得られた加速度・速度・変位・鉄筋歪・動土圧データの分析から、隣接する2基の地下式貯槽の変形パターンが、ほとんどの時刻において逆位相である、すなわち一方の貯槽が横長楕円の変形のとき、他方は縦長楕円の変形パターンを示すことが明らかになっている²⁾。本報告では、隣接2貯槽に特有なこの地震時変形挙動について、3次元有限要素法による動的解析との比較を行うことによって検討する。

2. 地震観測の概要

観測計器が設置されている隣接2貯槽の構造及び周辺地盤の概要を図-1に示す。両貯槽は円筒型で、鋼製の屋根を除き地中に埋設されている。側壁(厚さ平均約3m)・底板(厚さ約7.6m)は鉄筋コンクリート製で、共に内径64m・最大

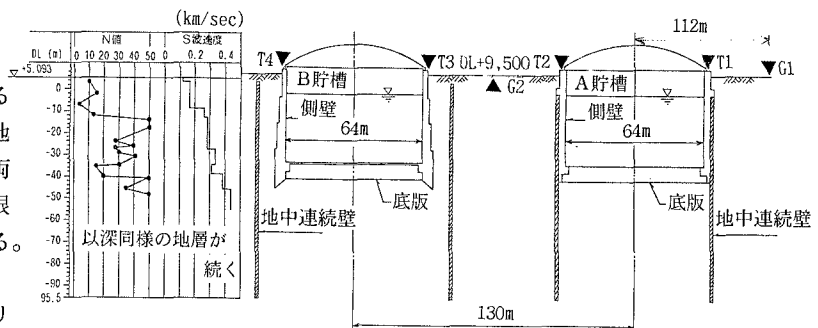


図-1 地下式貯槽及び周辺地盤の概要

液位40.5m・容量13万klである。観測量は加速度・速度・変位・鉄筋歪・動土圧で計118成分である。

3. 解析対象地震

比較的大きな加速度が得られた関東南部地震(1983.2.27)を解析対象とする。遠方地盤(G1)のDL-95m(基盤)における観測加速度波形を図-2に示す。関東南部地震は、マグニチュード6.0、震央距離56km、震源深さ72km、地表最大加速度78.4galの近距離中地震であり、周期0.5秒付近の短周期成分が卓越している。

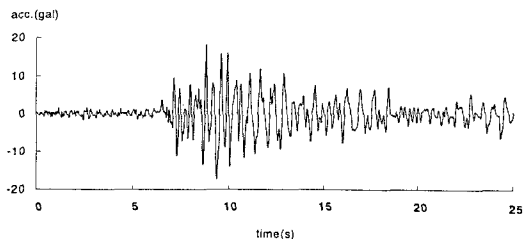


図-2 基礎(DL-95m)での加速度観測波形

4. 3次元有限要素法解析モデル

隣接する2貯槽及び周辺地盤は厳密には対称構造ではないが、簡単のため1/4モデルとし、適切な対称条件を付与した(図-3)。地盤・貯槽底板はソリッド要素(572)、貯槽側壁はシェル要素(22)、内容液LNG(0.45t/m³)には液要素(32)を使用した。境界条件は、モデル下面を固定、対称境界以外の側方は水平ローラーとした。また、側壁と底板はピン結合、液位は20mとした。メッシュの大きさは5HZの地震波透過可能条件から定めた。主要物性は、地盤については図-1から定め、側壁・底板はヤング率 $2.7 \times 10^9 \text{ t/m}^2$ 、ポアソン比0.167、密度 2.4 t/m^3 とした。減衰定数は貯槽3%、地盤5%とした。地震動入力、水平1成分で2貯槽を結ぶ方向とした。

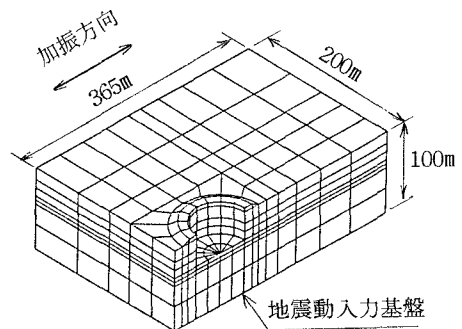


図-3 解析モデル

5. 解析結果及び観測データとの比較

図-1に示す観測位置G1（遠方地盤地表）、G2（貯槽間地盤地表）での3次元FEM動的解析と観測データとの比較を図-4、5に示す。それぞれ(a)は加速度波形、(b)は変位波形である。加速度波形の位相は観測と解析でかなりよい一致が見られるが、ピーク値では解析が観測を下回っている。観測データでは貯槽間地盤が両貯槽の拘束を受け、加速度が遠方地盤に比べ若干小さくなっているが、図から解析結果もこの傾向は一致している。一方、変位波形では位相・ピーク値ともに観測と解析はよい一致を示している。図は省略するが他の観測点についても加速度ピーク値を除けば、観測結果と解析結果はよい対応が得られている。

貯槽の変形パターンに関する比較結果を図-6に示す。(a)は相対変位T2-T1の波形、(b)は相対変位T4-T3の波形であり、観測データは隣接する2貯槽の変形パターンが逆位相であることを示している。図からピーク値においては解析結果が観測値をかなり下回っているが、位相についてはよい一致を示しており、観測から得られた変形パターンをシミュレートしていることがわかる。

6. まとめ

隣接するLNG地下式貯槽の地震時挙動について検討するため、3次元FEM解析モデルを作成し、関東南部地震での基盤における観測データを入力として動的解析を行い、観測データとの比較を行った。解析結果は、遠方地盤と貯槽間地盤の応答特性、2貯槽の逆位相変形パターンの2点において、観測結果と一致した。このような隣接2貯槽に特有の地震時挙動は、設計時に一般に使用される軸対称FEMでは表現できないことから、本手法は群設貯槽に関する高精度な耐震性評価のために有効と考えられる。

<参考文献>

- 1) K. Koyama, O. Watanabe, N. Kusano : Seismic behavior of in-ground LNG storage tanks during semi-long period ground motion, Proc. of 9WCEE, pp.VI679-690, 1988. 2) 小山他：LNG地下式貯槽の地震時変形挙動について、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第1部、pp.1658-1659、1994.9

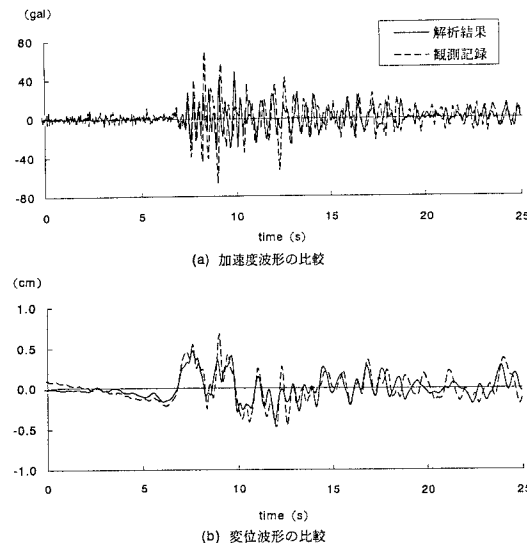


図-4 遠方地盤地表面(G1)での解析結果と観測記録の比較

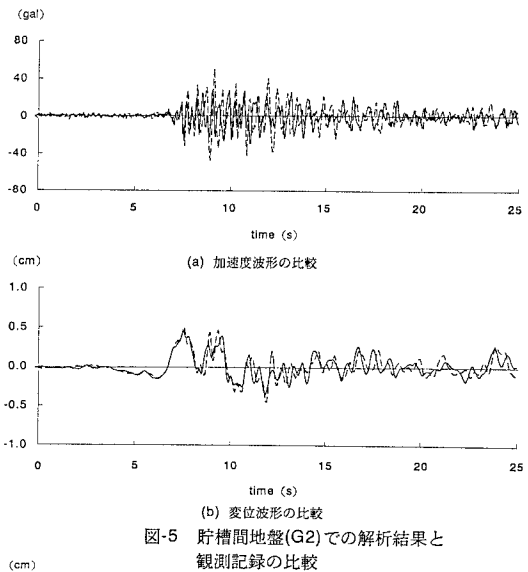


図-5 貯槽間地盤(G2)での解析結果と観測記録の比較

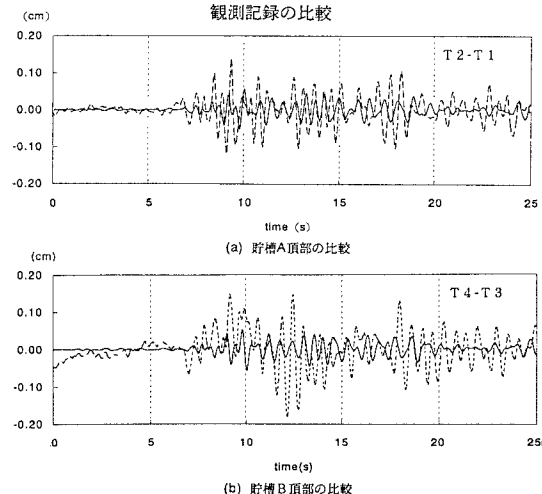


図-6 貯槽頂部の相対する位置の相対変位比較