

東京瓦斯(株) 正会員 後 藤 貞 雄

〃 〃 〃 片 山 隆 夫

〃 〃 〃 〇 小 山 和 夫

① はじめに

LNG地下式貯槽の有限要素法による動的解析手法を、地震観測データにより検証し、入力地震動の平面的位相差が、貯槽の応力分布に大きな影響を与えることを見出したので、その解析手法と解析結果、および観測データとの比較結果について報告する。

② 解析手法

解析手法は、貯槽と地盤を連成させた有限要素法による3次元モデル時刻歴応答解析法とし、計算にはニューマークβ法による直接積分法を用いた。運動方程式は次式で表わされる。

$$[M]\ddot{u} + [C]\dot{u} + [K]u = P(t)$$

ここで、 $[M]$ 、 $[C]$ 、 $[K]$ は、それぞれ質量、減衰、剛性行列、 $\ddot{u}$ 、 $\dot{u}$ 、 u は絶対加速度、速度、変位ベクトル、 $P(t)$ は地震入力ベクトルである。 $[C]$ としては、 ρ を減衰定数、 ω を1次の固有角振動数として、 $[C] = (2\rho/\omega) \cdot [K]$ を用いた。

地震動の入力方法として、図1に示す2とおりを考えて比較した。位相差ありのケースでは、基礎面上の各節点に、異なる振動を入力する必要がある。図2にその手法を示す。本来、複数のモデルの重ね合せとなるが、入力点に大きな質量を付加することにより、同じ効果を達成させた。 $(m/M < 10^{-3})$ とした。

解析対象貯槽は、鉄筋コンクリート製で、外径68.7m、深さ35.8mの円筒形である。貯蔵容量は9.5万KL、RC強度底版はなく、側壁の半分強がN値50以上の土丹層に囲まれている。解析モデルを図3に示す。要素分割は、貯槽側壁を薄肉弾性シェル、地盤は等価線形体として扱い、弾性ソリッド要素を使用した(表2)。また、内容液、屋根は省略した。物性定数を表1に、固有値解析の結果を表3に示す。

③ 解析結果と観測データとの比較

図4に示す加速度波形を入力とし、位相差なしの場合と位相差あ

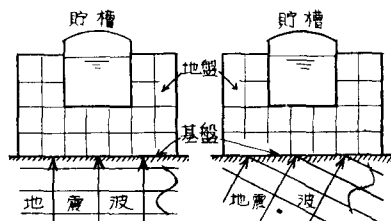


図1. 基礎面での位相差の有無

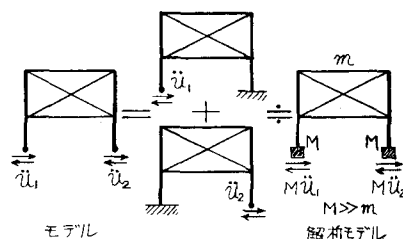


図2. 多支点入力法模式図

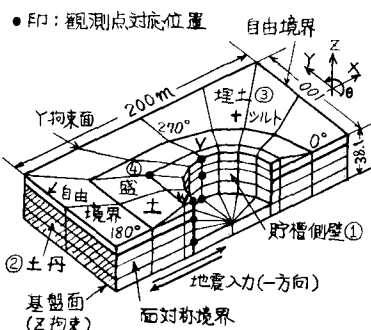


図3. 解析モデル要素分割

表1. 物性定数

部位	$\gamma(10\%)$	$E, G(\%)$	ν
① 貯槽側壁	2.4	E 270.0	0.167
② 土 丹	1.875	G 4.02	0.47
③ 埋土+シルト	1.65	G 0.26	0.49
④ 盛 土	1.85	G 0.573	0.48

表2. 要素分割データ

理 類	個数	対 象
四辺形平板	32	① 厚さ 2.27m
六面体ソリッド	104	②~④
三角柱ソリッド	16	②, ④
節点	総節点数=200	

表3. 固有値解析

	周期(秒)
1 次固有値	0.343
2 次固有値	0.329
3 次固有値	0.314

γ : 単位体積重量
 E : ヤング率, ν : ポアソン比
 G : セン断弾性係数

表4. 計算条件

計算条件	数 値
積分サイズ Δt	0.04s
積分ステップ数	1250
バンドパスフィルタ	0.2~10s
1次角振動数 ω	18.3%
減衰定数 ρ	17.5%
位相速度	1880%

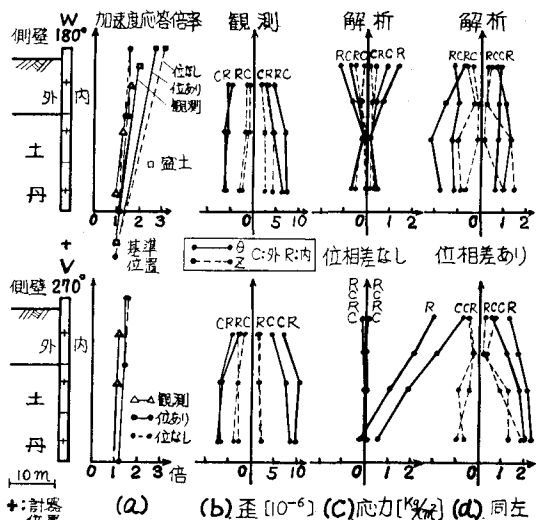


図5. 加速度応答倍率, 最大応力(歪)分布

りの場合について計算した。減衰定数 ξ と、位相差ありの場合の基盤面での位相速度は、数ケースの試計算により決定した。表4に計算条件を示す。

加速度応答では、位相差の有無によって、差はほとんどなく、解析と観測はよく一致した(図5(a)、図6)。

応力(歪)応答では、図5(b)～(d)、図7に示すとおり、応力の大きさ、分布、波形ともに、位相差の有無によって大きな差が表われ、位相差ありの場合に観測結果とよく一致した。この事実は、この観測地震波を鉛直下方より入力するセン断波としては説明できないことを示している。なお、宮城県沖地震波(1978.6.12)について計算しても同様の結果が得られている。

④ 結論

有限要素法によるLNG地下式貯槽の動的解析において、地震動の入力基盤面での平面的位相差を考慮した場合と、しない場合とでは、加速度応答に大差はないが、貯槽の応力分布には大きな差が表われ、前者の場合に観測結果とよく一致することが、1、2の計算例から見出された。

従って、位相差の影響は無視できないと考えられるが、その大きさは貯槽の設計に重大な影響を与える程大きいとは言えない。引続きデータの蓄積が必要であろう。

＜参考文献＞

倉橋、後藤、小山：「LNG地下式貯槽における地震観測」
本大会第I部門概要集

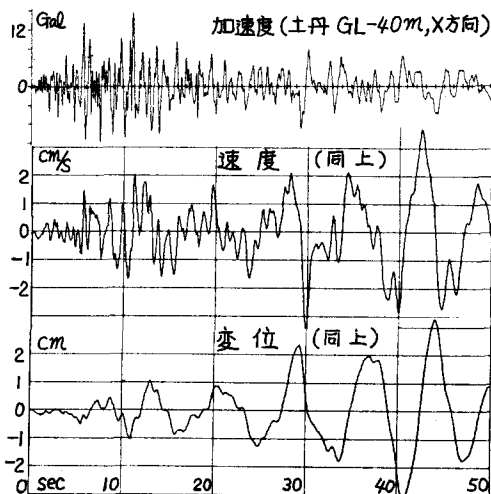


図4. 入力波形(伊豆大島近海1978.1.14)

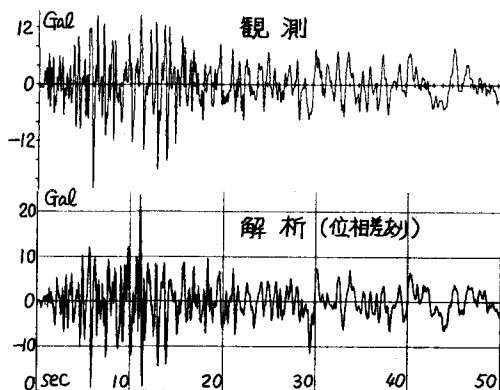


図6. 加速度応答比較(側壁180°上部X方向)

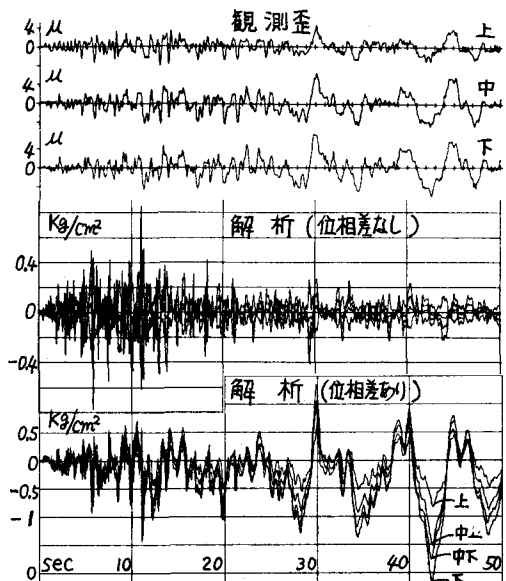


図7. 応力応答比較(σ_{θ} (外)側壁180°)