

鹿島建設 土木設計本部 正員 久保田 翼
 " 土木設計本部 正員 沢内 至武
 " 土木設計本部 正員 ○青柳 薫

1. はじめに

これまで地下式貯槽における、地震時の内容液の影響はあまり無いと言われてきた。又、タンク側壁、底版に作用する動液圧の算定については、Housnerの方法、又は速度ポテンシャル論に基づく方法により計算される場合が多かった。本報文は、前報(290)の方法を基に開発されたプログラムにより、LNG用地下式貯槽の地震応答解析を行い、その結果を報告するものである。

2. 解析条件

解析に使用したメッシュレイアウト及び物性値を図-1に示す。解析方法は、モーダルアナリシスによる時刻歴応答解析とし、減衰は、構造系に対し各次一定 $\eta=11\%$ とした。入力した地震波は、EL-CENTRO(NS)波、計算時間は10秒間、時刻キザミは0.02秒である。尚、入力位置は基盤面とし最大加速度は 150 gal とした。

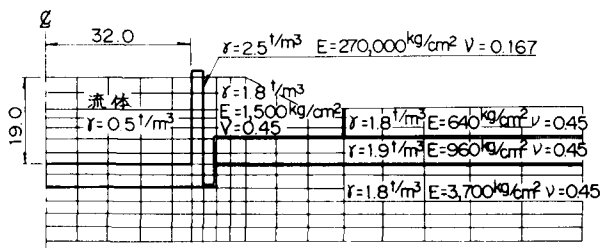


図-1 解析用メッシュレイアウト、物性値

3. 解析結果

3-1 固有周期

構造系(タンク躯体及び地盤)の一次固有周期は $T_1=0.55$ 秒であり、内容液の有無にほとんど影響されない。これは、今回の解析における構造と流体の質量比からも当然のことと言える。尚、内部流体の一次固有周期は $T_{L1}=9.3$ 秒である。

3-2 最大応答加速度、最大応変位

タンク側壁部に生ずる最大応答加速度、変位を表-1に示す。表によれば、半径方向(R)、接線方向(T)、鉛直方向(Z)とも内容液の影響は小さいが、加速度については液無しの方が、変位については液の有る方がそれぞれわずかながら大きい応答を示している。下に、b点における加速度、変位のタイムヒストリーを示す。これにも液体の影響は見られない。尚、最大値の生ずる時刻はいずれも1.8~2.2秒である。

表-1 最大応答加速度、変位

位置	液無し			液有り		
	R_0°	T_{90°	Z	R_0°	T_{90°	Z
加速度						
a	287	-268	-10	285	-265	-11
b	272	-257	-7	269	-256	-7
c	234	-244	5	233	-243	6
変位						
a	-1.88	1.62	-0.04	-1.90	1.64	-0.05
b	-1.63	1.52	-0.02	-1.65	1.53	-0.02
c	-1.24	1.37	0.01	-1.25	1.38	0.01

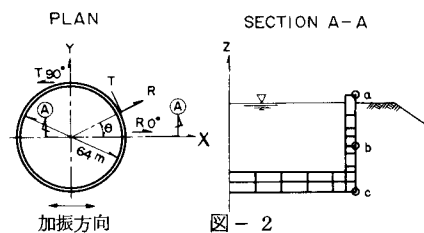


図-2

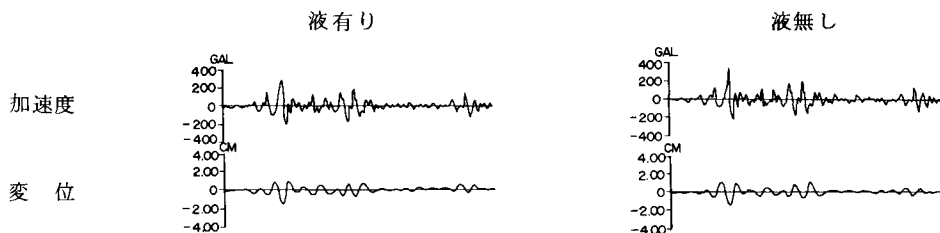


図-3 b点の R_0° 方向加速度、変位タイムヒストリー

3-4 最大動土圧の比較

応答解析の結果、タンク側壁、及び底板に作用する最大土圧、最大セン断力を図-4に示す。

側壁上部に作用する最大動土圧強度は 10 t/m^2 程度では一定であり、側壁下部はこの半分以下となっている。底板に作用するセン断力は、上部のタンク慣性力や、動土圧の反力として作用するものであるが値は $12\text{ t/m}^2 \sim 13\text{ t/m}^2$ で全体にわたりほぼ一定である。図中に、内容液の有無に応じた値をそれぞれ示したが、ほとんど大差のないことがわかる。

3-5 Housner 公式による動液圧との比較

従来円筒形のタンクの動液(水)圧算定に用いられてきたHousnerの公式は、タンクを剛体として取扱っている。今回は、地盤も含めタンクの剛性も考慮した流体・構造の連成運動として動液圧を計算してみたが、その結果図-5のようにHousnerの公式による衝撃圧と非常に良い一致を見た。尚、ここでHousner公式適用に際して、加速度としては側壁部の平均加速度として 275 gal としたものである。又、振動圧はEL-CENTRO波入力に対して微小のため無視した。

3-6 タンクに作用する力の釣り合い

タンクに作用する全体的な力の釣り合い状態を把握する為、タンク軀体慣性力、側壁土圧、底板セン断力、動液圧のタンク全体積分値に関するタイムヒストリーを描いたものが図-6である。図は、最大応答値を生ずる 2.2 秒付近を取り出したものである。

力の作用状態は、タンク慣性力、側壁土圧、及び動液圧が同方向に作用し、それに対し底板下のセン断力が抵抗している。内容液の影響についてみると、動液圧は最大値が 2.18 秒で 2970 t 、 2.2 秒では 2690 t となっており、これは全体の作用力(片側への)のうち 6% 程度である。

4. あとがき

今回の解析結果より、従来いわれてきたように地下式貯槽における内容液の影響はあまり大きくない事が確認された(特にL.N.Gのように質量の小さい流体について)。又、Housnerによる方法も非常に良い近似が得られる事が確かめられた。今後はさらに、実験、実測等によりさらに検証を深める必要があるものと思われる。

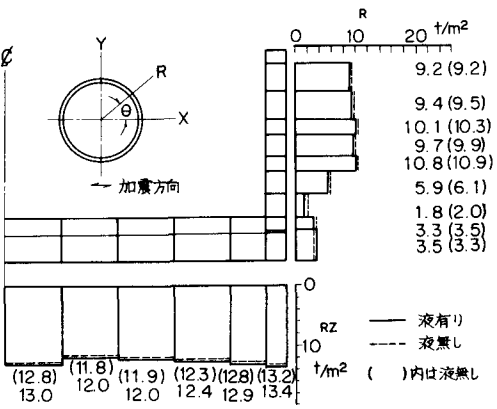


図-4 側壁に作用する最大動土圧($\theta=0^\circ$)

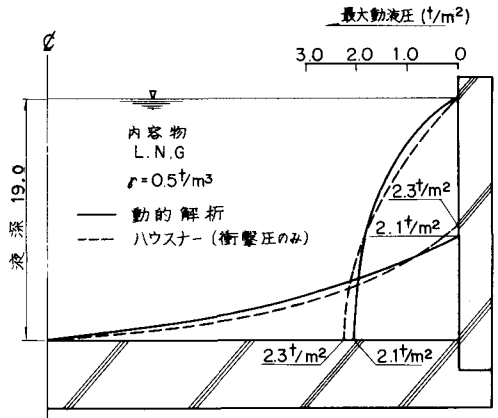


図-5 動液圧の比較

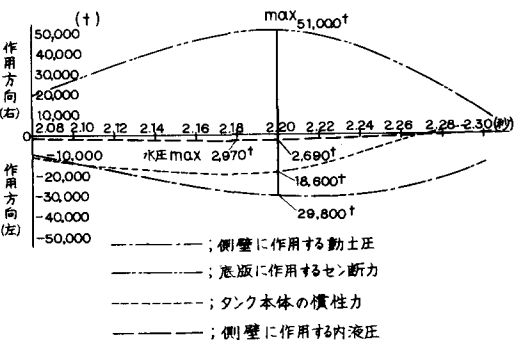


図-6 タンクに作用する全体水平力タイムヒストリー