

フジタ工業(株)技術研究所 正員 斎藤 悦郎

§-1 はじめに

コンビナート、備蓄基地等のようにタンクを群として建設する場合、地上式タンクに対し、地下式タンクでは、地震時のタンク-地盤-タンク間の相互干渉により、単1タンクと比較してより複雑な挙動を示すものと思われる。前年度の報告では、任意のタンク配列に対して、2基、3基の振動方向に対し、直列、並列の基本的タンク配列の解析から、並列配列においては、ほとんど単1タンクと同程度の側壁断面力となり、直列配列では、単1タンクと比較しかなり大きな断面力が生ずることが明らかになった。本報告では、直径60m級の地下タンク3基が直列に群設された場合の、タンク間距離をパラメーターとした、タンク間の動的相互干渉効果について、3次元有限要素法を用い、検討を行ったものである。

§-2 解析手法及び解析モデル

解析手法は、有限要素法による3次元動的解析で、使用プログラムは、当社で開発したSRANを用いた。^{*1)}計算は、サブスペース法を用い固有値解析を行ない、またモード合成法による周波数応答解析を行った。モデルケースは、地盤のみ(M0)、タンク1基(M1)、及び3基のタンク間距離 $3D/4$ 、 $D/2$ 、 $D/4$ 、($M3-3D/4$ 、 $M3-D/2$ 、 $M3-D/4$; D タンク直径)で、地盤材料は、 $V_s=150\text{m/sec}$ の軟質な1層地盤とした(表-1)。モデルの形状寸法、要素分割を図-1に示す。なおタンク底版厚5m、側壁厚1.5mとした。要素特性は、地盤に対しセン断変形を考慮した9個の非適合変位モードによる8節点3次元要素、タンク側壁、底版に対しては、4辺形シェル要素を用いた。地盤の境界条件は、振動方向に対し自由境界、直角方向に対しては固定境界とした。なお周波数応答計算に用いる入力加速度は、地盤底に対し100galとした。

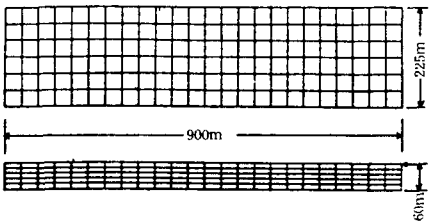
§-3 解析結果

地盤のみ、に対し、タンク1基、3基とタンク間距離 $D/4\sim 3D/4$ 程度で建設されても、セン断1次の振動数は、ほとんど変化がない。またタンク頂部及び地表面の変位による共振曲線形状もほとんど同様となり、タンク質量による振動数領域への影響は、ほとんど生じないものと思われる(図-2)。

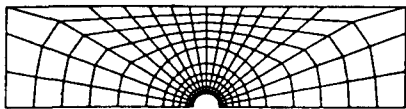
振動方向タンク直径軸上の側壁頂部の変位量は、中央タンク及び両端タンクの中央タンク側側壁で、ほぼ同様な値となり、またタンク1基と比較して、タンク間距離が近づくことにより、小さくなり、1D程度でほぼ同様な値となる(図-3)。タンク底版に対する頂部の相対変位量は、上述と同様な傾向となるが、中央タンクに比較し両端タンクの中央タンク側側壁では、かなり小さな値となる。両端タンクの上述と反対側の変位量は、タンク1基と比較してむしろ大きくなり、相対変位量は、タンク間距離 $D/4\sim 3D/4$ 程度では、あまり変化せずタンク1基より大きくなる(図-3、図-4)。

表-1 材料定数

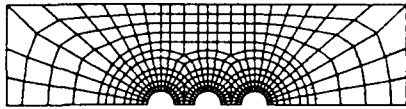
	ヤング率 (t/m^2)	ポアソン比	単位体積 重量(t/m^3)	減衰定数 (%)
タンク	2.7×10^6	0.167	2.4	10
地 盤	12000	0.45	1.8	10



地盤のみ(M0)



タンク1基(M1)



タンク3基(M3-3D/4)

図-1 要素分割

タンク底版の水平変位は、両端タンクでは、タンク1基と比較して小さくなり、タンク間距離1D程度でタンク1基の動きと同様となるが、中央タンクでは、タンク1基より小さく $D/4 \sim 3D/4$ 程度では、ほとんど変化しない(図-5)。タンク底版の回転量は、タンク間距離が近づくに従い、タンク1基に対して急激に小さくなるが、タンク間距離1D程度でタンク1基とほぼ同様な回転量となる(図-5)。

タンク側壁の円周方向曲げモーメント分布は、中央タンクで、円周方向に3回の正負をくり返す分布となり、両端タンクでは、2回の正負をくり返す分布となる。また鉛直方向軸力、曲げモーメント及び円周方向軸力では、円周方向に1回の正負をくり返す分布となる。また最大断面力位置は、かならずしも、振動方向タンク直径軸上とは限らない(図-6)。タンク頂部の円周方向最大曲げモーメントは、タンク1基と比較し、タンク間距離 $D/4$ において、中央タンクで4倍、両端タンクで6倍程度とかなり大きくなり、タンク間距離が1D程度離れるとタンク1基とほぼ等しくなる。またタンク底版付近では、両端タンク円周方向軸力が、タンク1基と比較して、タンク間距離 $D/4$ において、3倍程度大きくなり、タンク間距離が

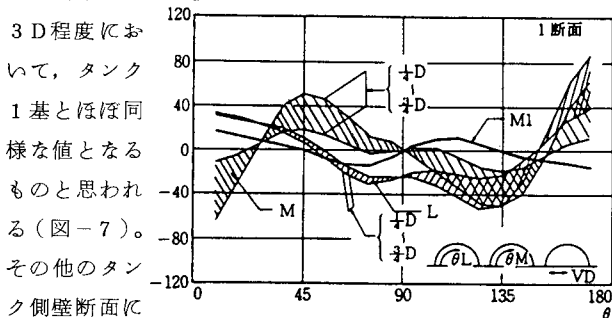


図-6 円周方向モーメント分布(タンク頂部)

力はタンク間距離 $D/4$ で1.5倍程度となる。

§-4 おわりに

S_H 波入力における群設タンクのタンク間距離の変化による、平面的な地盤の乱れは、タンク1基に比べ、タンク側壁円周方向の曲げモーメントに対しかなり大きな影響を与えることが明らかになった。群設地下タンク及び周辺地盤を1体の構造系と考えると、平面的にかなり広範囲な広がりとなり、入力波の位相差の問題、表面波の問題、また平面的にタンク側壁付近に地盤の軸応力、せん断応力が集中することで、深さ方向の地盤の非線形性に加え、平面的な非線形性について、等十分な検討を行なう必要があるものと考えられる。

*参考文献 1) 斎藤・中村・山県 円筒型地下タンクの動的挙動(第6) 第35回土木学会概要集

2) 吉沢・平沢 汎用プログラムSRANの開発と計算例 第2回電算利用シンポジウム論文集

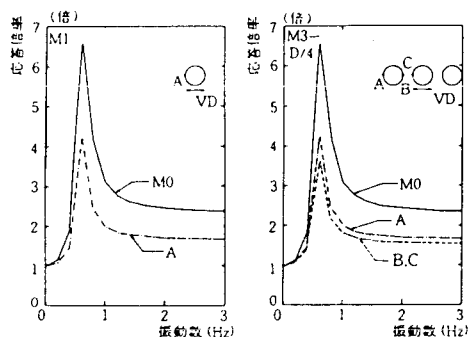


図-2 共振曲線

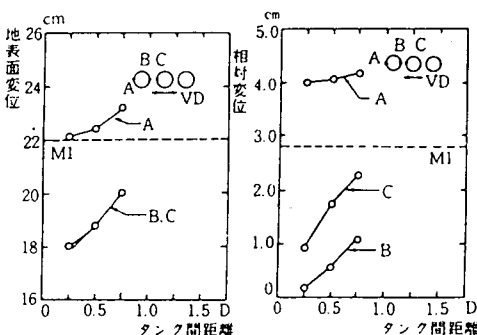


図-3 地表面変位

図-4 相対変位

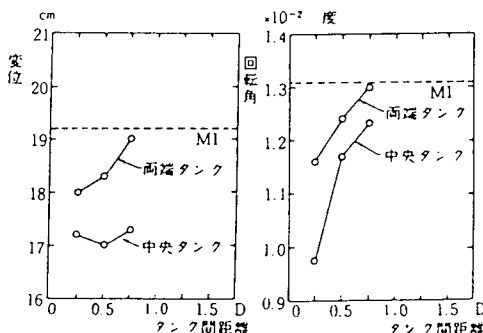


図-5 タンク底版の水平変位・回転角

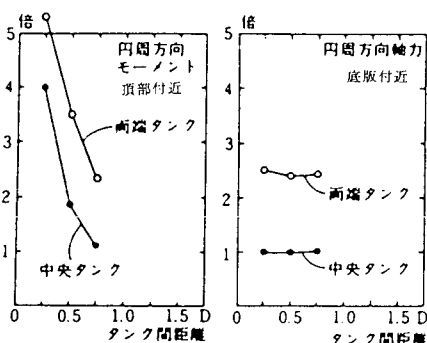


図-7 タンク1基に対する側壁最大断面力