

川崎重工業(株) 正員 ○迫田 治行

〃 〃 坂井 藤一

〃 〃 西村 正弘

1 まえがき

一般に地下式LNGタンクのような地下埋設構造物の振動特性は設置地盤の特性に大きく影響される。したがって、このような系に対する地震応答計算は構造物と地盤の連成モデルとして解析する必要がある。しかしながら、このような解析においては地盤をどのようにモデル化するのが大変難しい問題である。なぜならば、地盤は一般に不均一な無限連続体であり、数値計算上の取扱いが面倒になるからである。従来の有限要素法解析のほとんどはそのような系から有限なモデルに置換しているものが多い。この場合無限遠への波動伝達(逸散エネルギー)を正確に表わすことは困難である。

ここではそのような観点から波動の側方地盤への逸散を考慮した3次元有限要素法プログラムによる地下式LNGタンクの解析とその地震時挙動について報告する。この手法として考えられるのは、境界で逸散エネルギー吸収用のダンパーを設ける方法と無限層状要素を接続する方法であるが、ここでは後者の方法による。LNGタンクでは年月の経過に伴ない周辺地盤の凍結が生ずるが、これが地震挙動にいかなる影響を及ぼすかは興味深い問題である。ここでは未凍結時と凍結時の比較検討を中心にタンクの挙動を調査した。

2 計算モデルと周波数応答

今回対象にしたのは60,000 ℓ の地下式タンクである。その主要寸法ならびに要素分割を図-1に示す。モデル化の際次のような仮定を行なった。

1) 屋根-サスペンション

デッキの系はばね-質点系に置換した。

2) 内室液は固定液と3個

の自由液に対応してばね-質点系に置換した。

3) 外方地盤は軸対称状に

層状領域が存在するものとした。

以上のような仮定の下にアイソパラメトリック要素を用いて周波数応答を求め、その重ね合せによって非定常地震応答を求めた。

表-1は地盤の定数、図-2は地盤のみの固有振動特性である。

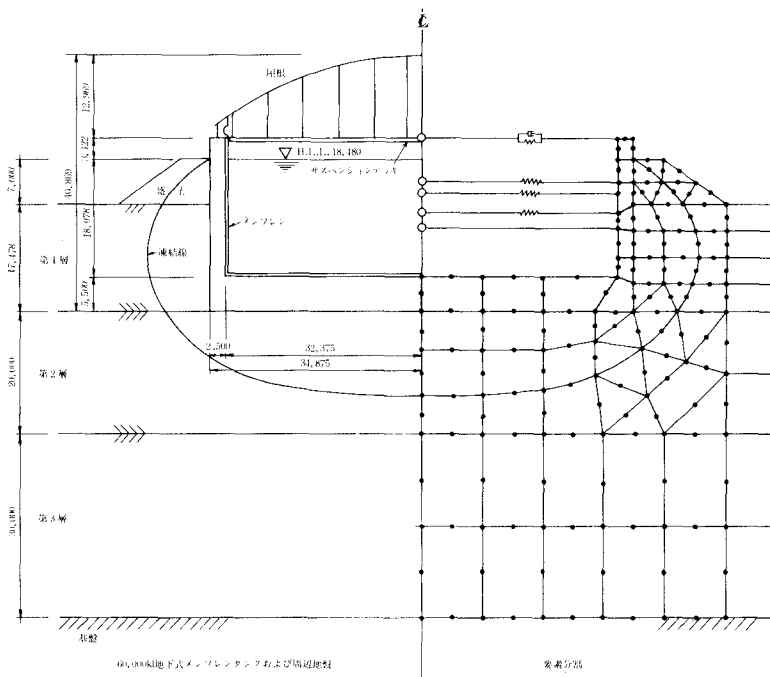


図-1 解析モデルと要素分割

表-1 地盤の定数

	せん断弾性係数(ν/cm)	ポアソン比	単位体積重量(g/cm^3)	減衰定数
盛土				
未凍結状態	0.036	0.4	1.4	0.1
凍結状態	1.80	0.4	1.4	0.03
第1層				
未凍結状態	0.104	0.4	1.6	0.1
凍結状態	5.20	0.4	1.6	0.03
第2層				
未凍結状態	0.692	0.4	1.7	0.1
凍結状態	6.92	0.4	1.7	0.03
第3層				
未凍結状態	3.10	0.4	1.9	0.05
コンクリート	90	0.17	2.4	0.03

図-3は絶対加速度の周波数応答曲線であるが、地盤の1次および2次の固有振動数で明確なピークが認められる。凍結の影響により2次振動の強まりが見られる。

図-4は地盤のみの1次振動数0.89Hzおよび2次振動数1.90Hzにおける応答変位を表わしたものである。実部は入力加速度最大時、虚部は入力加速度0の時に対応する。この図よりタンクの応答と遠方地盤の応答の間に位相のずれがあり、タンクの動きが主としてタンク底部より上の地盤の動きに依存しているようである。

3 非定常応答の地

紙面の都合上巻日の発表に譲る。

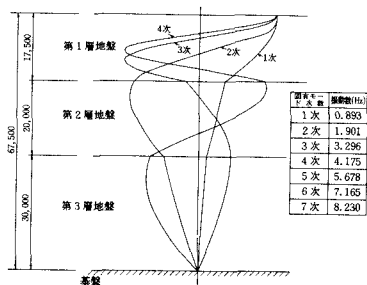


図-2 地盤の固有振動形状

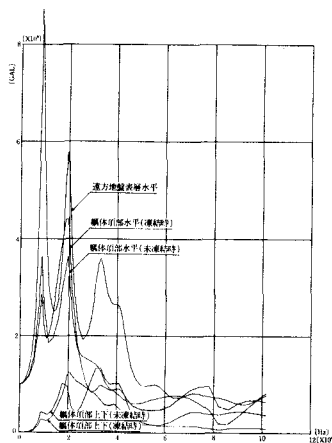


図-3 加速度周波数応答

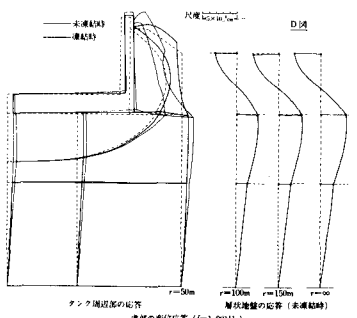
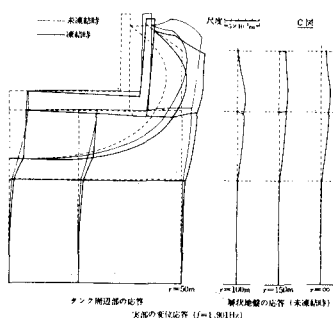
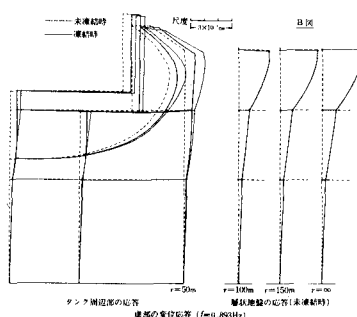
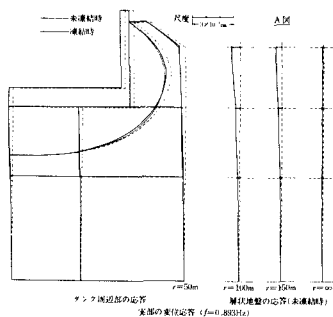


図-4 変位応答の比較