

V-215 卵形タンクの振動制御に関する研究

山口大学工学部	正会員	中村秀明
山口大学工学部	正会員	浜田純夫
山口大学工学部	正会員	三浦房紀
浅野工事株式会社	正会員	森川慎吾

1. まえがき

PC卵形消化タンクは、消化機能、機械設備、維持管理などの面で優れた特徴を有しており、わが国においても近年各地で建設されている。しかし、地震多発国であるわが国においては、耐震性に対して十分な配慮を払わなければならない、しかも経済性を損なわない合理的な設計が要求される。そのためには卵形消化タンクの地震時挙動および応力を詳細に解明し、それに対して有効な配筋あるいはプレストレス量を決定しなければならない。従来、このようなタンクの地震応答解析においては、タンク単独あるいは有限の地盤を含めて解析が行なわれていた。著者らはこれまでに、地盤に粘性境界を導入することにより半無限に広がる地盤を含めた構造物～地盤相互作用系の地震応答解析を軸対称有限要素法で行なってきた¹⁾。しかしながら、実際に卵形消化タンクが建設される場合、タンクが単体で建設されることは少なく、多くは複数のタンクが上部を連結されて建てられる場合が多い。(図-1参照)そこで、本研究では、複数タンク連成系の解析を行なうとともに、タンクの連結部をダンパー付きのジョイントで連結することによって、単なる地震応答解析だけではなく、地震に対する免振の効果も検討した。

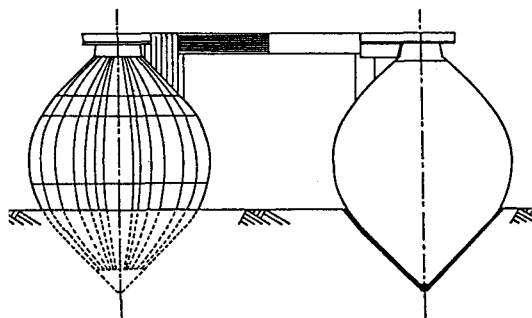


図-1 卵形タンク

とにより半無限に広がる地盤を含めた構造物～地盤相互作用系の地震応答解析を軸対称有限要素法で行なってきた¹⁾。しかしながら、実際に卵形消化タンクが建設される場合、タンクが単体で建設されることは少なく、多くは複数のタンクが上部を連結されて建てられる場合が多い。(図-1参照)そこで、本研究では、複数タンク連成系の解析を行なうとともに、タンクの連結部をダンパー付きのジョイントで連結することによって、単なる地震応答解析だけではなく、地震に対する免振の効果も検討した。

2. 解析方法

解析は、構造物を支える地盤の振動特性が全体の振動性状に及ぼす影響は大きいことが考えられるので、構造物・地盤連成系の振動性状に基づき動的相互作用を考慮に入れた解析を行なった。複数タンクの連成系を軸対称有限要素法で解析することは不可能である。そこで本研究では、まず複数タンクを質点系でモデル化し、連結部に生じる力を求め、それを軸対称モデルに入力するという簡易的な方法で複数タンク連成系の地震応答解析を行なった。

3. 解析モデル

解析に用いた卵形PCタンクの軸対称モデルを図-3に示す。解析は内容液が入っているタンクと空のタンクが上部を連結されている場合を想定して行なった。タンクを構成する材料は全て一様とみなし、断面剛性の評価では、コンクリートの全断面を有効とした。表-1にその材料定数を示す。内容液と壁面との連成は本研究では考えず、内容液は固定水(付加質量)として扱った。これは、卵形PCタンクが水平振動を行なう際には、内容液の93%以上が付加質量として働くという、小坪らの研究結果²⁾に基づくものである。また地盤は、硬い層と柔らかい層の2層からなるものを想定し、その材料定数を表-2に示す。

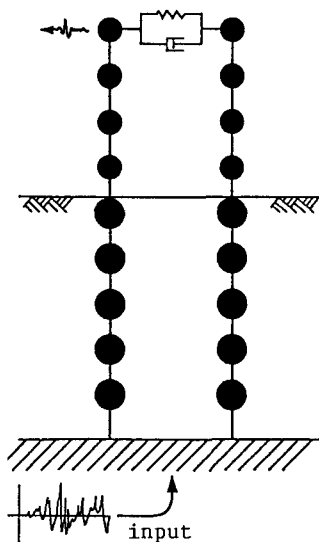


図-2 タンクの質点系モデル

表-1 タンクの材料定数

単位体積重量 γ	2.5	t/m ³
ヤング係数 E	3.5×10^5	kg/cm ²
ポアソン比 ν	0.2	
せん断波速度 V_s	2390.0	m/sec
減衰定数 h	0.05	

表-2 地盤の材料定数

	地盤1	地盤2
単位体積重量 γ	1.6	1.8 t/m ³
ポアソン比 ν	0.4	0.4
せん断波速度 V_s	200.0	500.0 m/sec
減衰定数 h	0.1	0.1

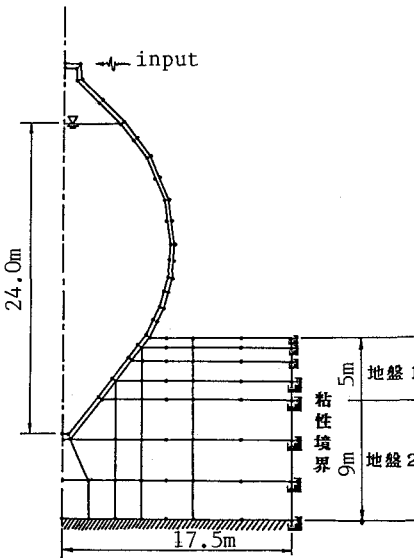


図-3 タンクの軸対称モデル

4. 解析結果

図-4に単独タンクと連成タンクの頂部における加速度応答倍率を示す。卵形P Cタンクが地震動を受けた時は、タンクが独立して建てられている場合よりも上部が連結されている連成系の方が加速度の周波数応答倍率で約30%の低減がみられ、耐震上有利であることがわかる。図-5にはEl Centro波形入力時の単独タンク、連成タンクの頂部における時刻歴応答を示す。これらの波形は、全体的に一次の固有振動数が卓越しており、振幅も比較的大きくなっている。これは、単独タンク、連成タンクともに系全体の固有一次振動数がEl Centro波形の固有一次振動数1.15Hzとほぼ一致しており、系全体が共振状態になっているためと考えられる。最大加速度は単独タンクの場合1400gal、連成タンクの場合で1000galとなりこれも同様に連成タンクの場合約30%の低減が見られる。

5. まとめ

本研究は、軸対称有限要素法では今まで不可能であった複数タンクの連成系を簡単な手法を用いて軸対称有限要素法で解析した。今回はその手法の妥当性を評価でき、さらに以下のことがわかった。

- ①複数の連成タンクを質点系でモデル化し、そのジョイント部に生じる力を軸対称モデルに入力することによって、軸対称モデルでも連成系を解析することができる。
- ②ここでの結果はほんの一例にすぎないが、タンク単独の場合より連成させたほうが応答が低減する場合がある。ここでの解析はほんの一例にすぎず今後、さらに多くの解析を行なう必要がある。

【参考文献】1) 三浦房紀、浜田純夫、中村秀明、森川慎吾：強震時におけるP C卵形タンクの挙動と応力の解析、第7回日本地震工学シンポジウム講演集、1986、pp.1939～1943

- 2) 小坪清真、高西照彦、吉岡民夫、鳥野 清：卵形消化槽中の内容液による地震時壁面衝撃圧の一解法、土木学会論文集第356号 I -3、1985、pp.343～352

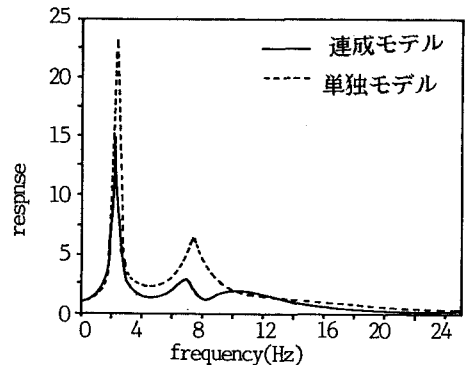


図-4 軸対称モデルの加速度応答倍率

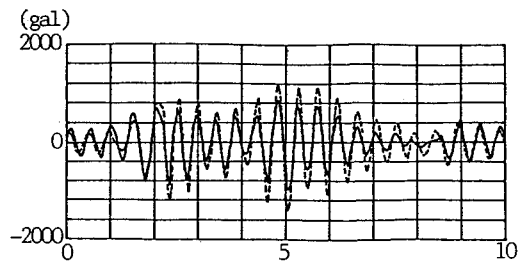


図-5 軸対称モデルの加速度時刻歴(sec)