

（株）大林組 技術研究所 ○正員 白砂 健
正員 後藤 洋三

1. はじめに

軟弱地盤中に建設される地下タンクが地震を受けた時どのような挙動を示すか、という問題を検討するため模型実験を実施した。タンク本体と周辺地盤の動きに着目して実験結果を報告する。

2. 実験方法

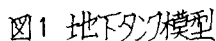
地震時にタンクと地盤が相互作用を持つことを考えて地盤を含めた模型を作成した。タンク躯体はシリコンゴム、模型地盤はアクリルアミドゲルを用いている。直径2mの円形槽に模型を設置して振動台に固定し、加振実験を行なった。周辺境界は自由に近く、薄いゴム膜が張ってある。地盤は3層の層状構造を持たせて、上層はセン断波速度で80M/Sの軟弱地盤とし、下層では300M/Sと比較的硬い地盤を想定して模型を作製した。地下タンクは重力底版式の構造を選び、5万KL級のタンクを想定している。底版と側壁の縁切りはしていない。相似則は次元解析の手法により、振動方程式の係数を用いた無次元項によった。計測はタンクについてスウェイ、ロッキング、歪、そして地盤について加速度、動土圧を行ない、加振方法は定常正弦波（1～20 Hz）と地震波を振動台に入力した。

3. 実験結果

タンクスウェイの共振曲線を図3に示す。ピークが沢山ある中で地盤の深さ方向にセン断振動をする共振状態が1次で2.35 Hz、2次で7.0 Hz付近にあり、タンクの応答も大きくなっている。模型地盤の減衰が小さく有限な広さのため、周辺境界の影響が現われて、数々のピークを形作ったものと考えられる。破線の計算値は、軸対称回転体有限要素法により計算したものでタンクを剛体とした他は模型をそのままモデル化した。図4・5は、1次・2次に於ける地盤内加速度（ACC）、動土圧（PR）、そしてタンクの動きを示す加速度を示した。地盤内加速度を見ると、Y軸測点上の分布は地盤振動モードに近い分布を持っているが、X軸測点での分布は盛土部を除いてタンクの振動振幅に近い大きさで分布し、地盤振動モードに従った振幅分布とは異っている。これをタンクの位相に合わせて描いたものが、図6・7である。実線が実振幅で、破線は位相のずれを示すため虚数部を示す。Y軸上の地盤内加速度分布を見ると地盤振動モードによる振動分布が現われているほか、タンク底版付近ではタンクと同位相の振動をするのに、地盤の振動振幅がタンクの振動振幅と大きく異なる上層では位相差も大きくなっている。一方、X軸上の地盤内加速度分布はタンクとほとんど同位相であり、タンクと一体となって振動していると考えられる。図8は、有限要素法によって計算した地盤内の振動分布をタンクの位相に合わせて、タンクよりいくつかの距離で示した。実線が、加速度計によって計測した位置に対応しているが、盛土部が大きいほどよく一致している。また、タンクから遠ざかるにつれて、地盤振動モードに近づいている様子がうかがえる。動土圧を地盤内加速度と対比させて見ると、1次と2次の分布形状の違いが知られる。1次では上層がタンクを振動させようとして底版付近の地盤が反抗してふんばる。一方2次では底版付近の地盤がタンクを振動させようとするが地上部は反転した位相を持つためタンクの振動を押えようとしていると理解出来る。図9以降に十勝沖地震の八戸での地震記録を入力して得た応答波形と一部のフーリエスペクトルを示した。

4. まとめ

層構造を持つ地盤に、硬さの異なる層にまたがって設置された比較的剛な地下タンクについて、その振動性状を調べるため模型実験を行なった。タンクと周辺地盤を調べてみたところ、タンクは支持地盤に従って動く一方、軟弱な表層地盤には強く抵抗している様子が理解出来た。今後はこのようなタンクの挙動とタンクに生ずる歪の関連について検討していきたい。



長さ	λ	1/150
角度	λ_0	1/1.7
波の速度	λv	1/50
時間	$\lambda c = \frac{\lambda_0}{\lambda v}$	1/3
加速度	$\lambda a = \frac{\lambda_0}{\lambda v^2}$	1/16.7
歪	$\lambda \epsilon = \frac{\lambda_0}{\lambda^2}$	1/1
動土圧	$\lambda g = \frac{\lambda_0}{\lambda^2} \lambda^2$	1/4250

地盤上層	$V_s = 1.50 \text{ m/sec}$	$h = 4.2 \%$
中層	2.90	1.8 %
下層	5.80	0.9 %
刃脚躯体	$E = 200 \text{ km/cm}^2$	
V_s : 波速度 h : 減衰定数 E : 弾性定数		

表1 相似率 表2 諸定数

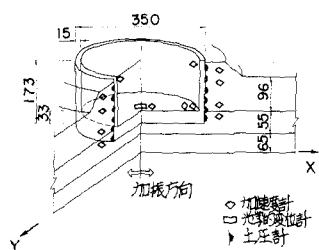
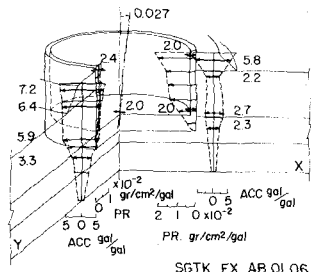
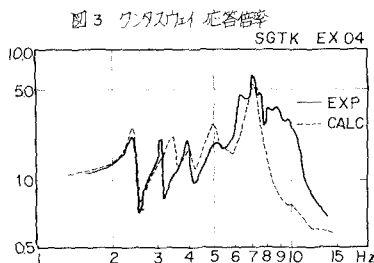
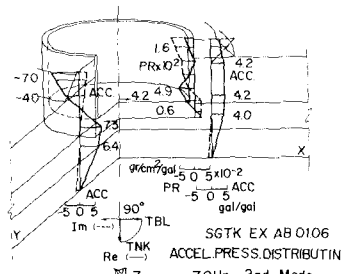


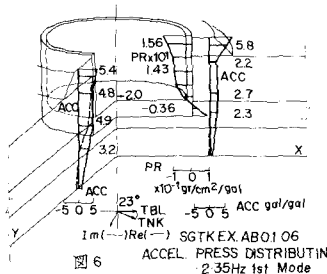
图2 計器配置



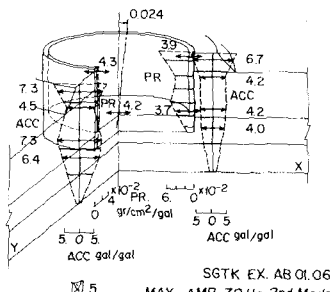
SGTR EX. AB 01.06
☒ 4 MAX AMP. 2.35 Hz 1st Mode



☒ 7 7.0Hz 2nd Mode



6 ACCEL. PRESS DISTRIBUTION
2.35Hz 1st Mode



SGTK EX. AB 01.06
5 MAX. AMP. 70 Hz 2nd Mode

地震波形 (八戸)

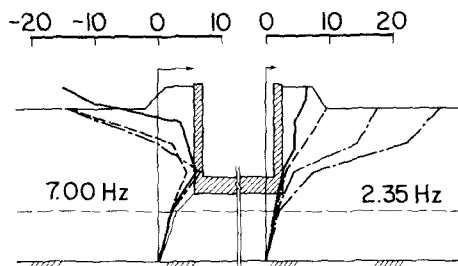


図 8 タンク周辺地盤の応答(計算値)

