

。東京電力(株) 正員 鈴木 英世
同上 正員 江川 顕一郎
同上 正員 高比良 敬一

1 はじめに

海岸埋立地に設けられる地下タンクの地震時挙動検討のひとつとして鉛直上方に伝播するせん断波による応答を再現するための、弾性材料を用いた模型振動実験を実施した。地盤～タンク系の応答加速度、タンク壁の応答歪分布に着目した実験結果並びにその結果に対応する静的シェル計算結果について報告する。

2 実験概要

模型作製にあたって対象とした実タンクは2基のタンクが隣接しており盛土は互いに連なっている。模型概要は図-1に示す通りであり、地盤部は塩ビ系弾性材料でタンク躯体はネオプレンゴムで作製した。当該地点のPS検査結果に基づき、基盤に最大150galの地震波を入力した場合の歪レベルに対応する物性値の単純化モデル並びに模型地盤材料の物性値を表-1に示す。各物理量の相似縮尺は表-2に示す通りである。振動台は表-3に性能諸元を示すような電動型のものを使用し、正弦波及び数種のランダム波で加振したが、ここではエルセントロNS波による結果を一例に示す。振動台上の模型を回転させ3種の方向に各々水平1方向加振を与えたが、以下にはタンク2基並設方向に加振した場合の結果を示す。

模型表面及び内部に取付けた歪ゲージ式加速度計(25mmφ×14mm)によって得た共振曲線を図-2に示す。これによると共振周波数は約13Hzであり実物に換算すると約1.2Hzに相当する。ランダム波加振中の主な点の応答加速度の例を図-3に示す。2の波形から最大応答値を脱取り応答倍率を算出した結果を図-4に示す。これらから、タンク躯体は周辺地盤～盛土と同位相の挙動を示し、またタンク躯体は盛土の応答を拘束していることが判る。

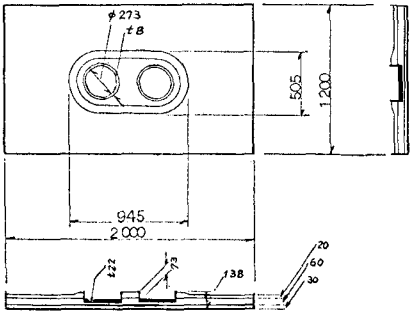


図-1 模型概要 単位mm

表-2 相似縮尺

項目	縮尺
幾何縮尺	1:250
変位	1:250
弾性係数	1:1000
単位体積重量	1:1.72
時間	1:10.5
加速度	1:2.27

表-3 振動台性能諸元

方式	電動型
最大積載重量	500 kg
加振力	630 kg
使用周波数	0.1 ~ 100 Hz
最大加振変位	25 mm p-p
速度	20 cm/s
加速度	1 G
テーブル寸法・重量	1.5m×1.5m・210 kg

表-1 実地盤と模型地盤物性値

土層	実地盤モデル			模型地盤モデル			
	γ	E	h	γ	E	h	
G_1	t/m^3	kg/cm^2	%	t/m^3	kg/cm^2	%	
0	F_1	1.72	100	12	1.02	0.1	16
-5	A_5						
	D_{51}	1.84	700	12	1.04	0.7	10
	D_{52}						
	D_{52}						
-21	D_{53}	1.86	2200	12	1.07	2.2	10
-31	D_{53}						
	D_{54}						

cf. タンク模型(ネオプレンゴム)
 $\gamma = 1.55 t/m^3$ $E = 270 kg/cm^2$ $R = 10\%$

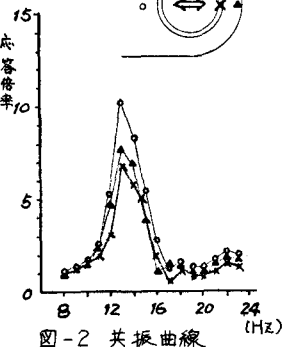


図-2 共振曲線

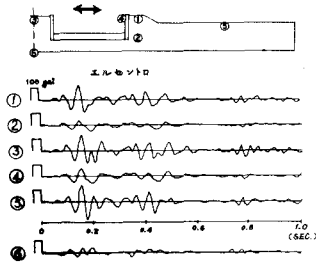


図-3 応答加速度波形

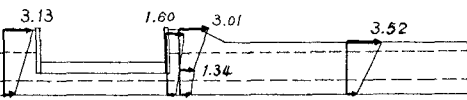


図-4 最大応答倍率分布

タンク躯体の応答歪計測には大産用のワイヤーストレンゲージを用いた。図-7に応答歪の波形例を示す。歪ゲージは同図に示す位置にタンク壁裏表に貼付し、曲げ応力と軸応力が得られるようにした。応答歪の最大値発生時刻における各測点の歪値を読取り、曲げ応力 M/Σ 及び軸応力 N/A を算出した結果を図-6に示す。これはタンク躯体に対し盛土部が図中の右から押す時刻のものであり、この時の軸応力は盛土が押す側で圧縮となりその反対側では引張となっている。また曲げ応力はタンク全周にわたって3回の正負がくり返す分布である。

歪波形のパワースペクトル図の一例として図-5中の①の波形の解析結果を図-7に示す。これによると1.3Hz付近に卓越周波数が見られ共振曲線のピークの周波数と一致している。タンク壁に生ずる応答歪は地盤〜タンク系の1次共振の挙動に影響されることが判る。

3 計算概要

模型実験結果に見られる曲げ応力並びに軸応力の分布が再現されるような土圧〜反力のパターンをタンク躯体に与える計算シミュレーションを、FEMにより実施した。モデルは半周分とし周方向に18分割、深さ方向に5分割し90要素に分割した円筒シェルで実物の物性値を用いた。図-8に2種の計算例を示す。①は躯体全体に100galの一樣慣性力を与えたケースであり、実験結果とかなり異なる。②は各種与えた土圧パターンのうち実験結果の傾向に比較的類似した結果となった一例である。これはある瞬間の挙動を見るとタンク壁の片側に動土圧が作用しその反対側では地盤がタンクから離れようとし、動土圧・底板摩擦・反力土圧の間で力の釣合いが保たれるモデルとして理解できよう。

4 あとがき

本報告に示したような形状の地下タンクに鉛直上方にせん断波が伝播するモデル化を行ない地震波入力を与えた場合について次のような知見を得た。①タンク躯体は地盤系の応答を拘束しながら同位相で応答する。②ランダム波加振時のタンク歪は地盤〜タンク系の一次の共振振動特性に支配される。③その歪分布から類推される力学系は図-8②のような土圧〜反力系が考えられる。今後更に精度の高い実験を実施し地下タンクの耐震設計資料を得る必要があるだろう。^(*)〈参考文献〉前田弘江(阪大)・高比良敏一(土木学会)「フルスケールの3次元模型振動実験について」第13回地震工学研究発表講演概要(1974)

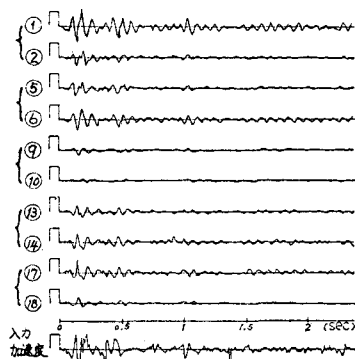
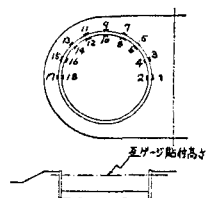


図-5 タンク壁応答歪波形

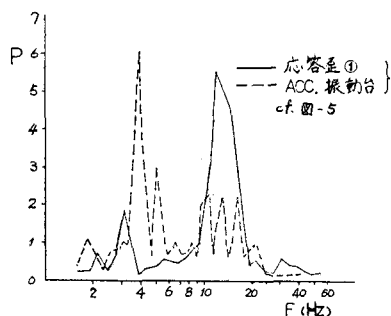


図-7 応答歪パワースペクトル

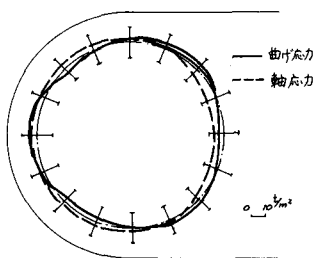


図-6 曲げ・軸応力分布

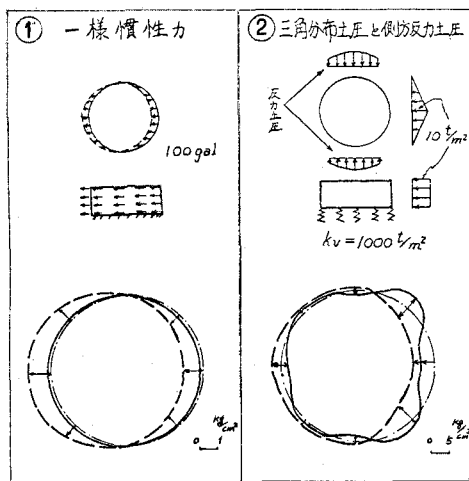


図-8 計算条件と結果

— 曲げ応力
--- 軸応力