

東京電力㈱ 正員 江川顕一郎

同上 " 鈴木英世

同上 " 高比良敬一

1. はじめに 地下タンクの地震時応力度については、すでに実物タンクにおける地震観測および振動台を用いた加振実験などが行われており、周辺地盤の相対変位に着目した地下タンクの地震時応力度の算定法⁽¹⁾なども提案されている。筆者らは、海岸埋立地盤中に設置された地下タンクの大型模型を用いて振動実験を行い、地下タンクの変形と周辺地盤の挙動との関連性について、数値解析による検討を含めて考察した。

2. 実験方法 模型タンクと起振機の配置を図-1に示す。側壁の厚さおよび底版の有無により、表-1に示す3種類(A,B,C)の模型タンクが用いられた。いずれのタンクも内径5.0m高さ1.5mで $\phi 6\text{mm}$ の網状鉄筋を有するRC構造である。A,Bタンクにおける側壁厚の内径に対する比は、それぞれ0.01,0.04であり、実物タンクにおける比のほぼ下限と上限を与えている。

図-2に示す高感度ひずみ計を側壁の内外に設置し、円周方向のひずみを測定するとともに、地表面上に置かれた換振器により、周辺地盤の変位を測定した。図-3に、実験を行った加振振動数範囲と起振力を示す。一般に実物地下タンクの固有振動数は通常の地震動の卓越振動数に比較し高振動になるため、タンク自体の固有振動がタンクの変形挙動に及ぼす影響は小さいと考えられる。このため、本実験では、模型タンクの固有振動数に比較し、低振動数で加振した。なお、起振機により発生する波動については、既に別報⁽²⁾で報告した通りである。

3. 実験結果 表-1に示した模型タンクのうちA,Bタンクによる実験結果の一例を、図-4,5に示す。A,Bタンクはいずれも底版が存在しない場合で、側壁厚は、それぞれ 20cm , 5cm である。図示した結果は、いずれも起振機より伝播する波動の節が、タンクのほぼ中央部に位置した場合の側壁のひずみを示す。図中の曲げひずみ、軸ひずみはそれぞれ側壁の鉛直軸回りの曲げモーメントおよび軸力によるひずみを示す。これらの実験結果から、タンクの変形と周辺地盤の挙動の関連性について次の点が示される

(i) 側壁厚と直径の比が大きいAタンクでは、曲げひずみが大きい、曲げひずみの分布形状は、ほぼ楕円形で、伝播方向に振動する波動(X方向加振)に対しては、伝播方向およびこれと直角方向を軸とする楕円分布となる。また、伝播方向に直角に振動する波動に対しては、伝播方向と $\pm 45^\circ$ 傾いた方向を軸とする楕円分布となる。

(ii) 側壁厚と直径の比が小さいBタンクでは、軸ひずみは側壁の円周方向に沿って、全体に同符号で、ほぼ一様分布となる。曲げひずみは小さく、Aタンクの場合と同様、楕円分布となる。Y方向加振の場合、曲げひずみと軸ひずみは、ほぼ同じ大きさで、いずれも波動の伝播方向と 45° 傾いた楕円分布となる。

4. 数値解析 図-6に示す解析モデルを用いて、模型タンクのひずみを解析的に求め、実験値と比較した。解析方法は次の通りである。すなわち、模型タンクを地盤パネに支持された円筒形構造物とし、伝播波動による地盤変位を地盤パネを介して、強制変位としてタンクに作用させる。地下タンクの変形は、入力した地盤変位と、タンクとの相対変位による地盤反力を外力とした静的釣合条件より算定される。なお、図-6に示した地盤パネ定数値は模型タンク自体を直接加振した結果より求めた。また、入力波動の波長、振幅、振幅の距離減衰および深さ方向分布については、地盤のみの起振実験結果を参考にして、図-6のように定めた。図-7にBタンクの数値解析結果の1例を実測ひずみと対比して示す。解析値と実測値は、大きさ、分布とも、概ね良好な一致を示している。すなわち、解析による曲げひずみ分布は、X方向加振では、X,Y軸を長軸、短軸とする楕円分布となり、Y方向加振では、X軸と $\pm 45^\circ$ 傾いた方向を軸とする楕円となる。また、X方向加振の場合の軸ひずみは、円周方向に同符号の一様分布となるが、この傾向は、実測の軸ひず

み分布と良く対応している。

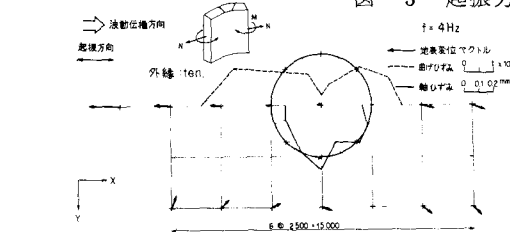
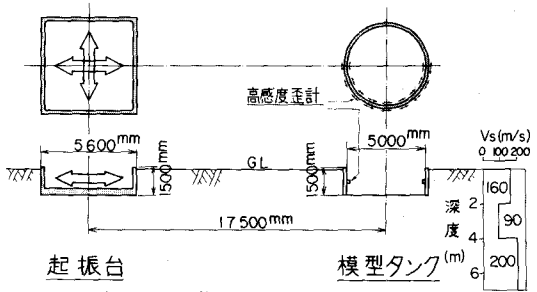
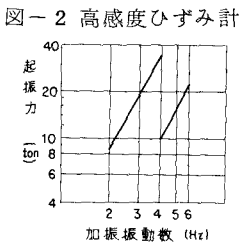
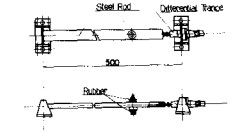
5. あとがき 実地盤上に設けられた地下タンクの大型模型を用いて水平方向に伝播する波動と地下タンクの変形の関連性について考察した。本報告で用いた数値計算モデルによる結果は実測値と良好な一致を示し、地下タンクの耐震設計の一資料を得た。

参考文献

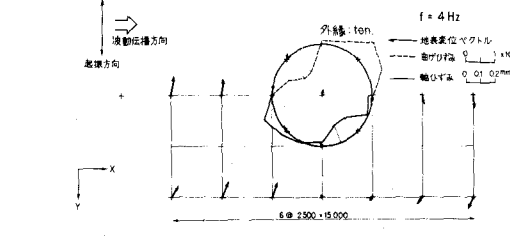
- (1) 浜田政則：大型地下タンクの地震時挙動の観測と解析，土木学会論文集，1978-5
- (2) 宮本幸始，鈴木英世，横山正義：埋設管路の原位置起振実験（その1），（その2），第5回関東支部 年次研究発表会

表-1 模型タンク諸元

	タンクA	タンクB	タンクC
内 径	5000	5000	5000
壁 厚	200	50	100
深 さ	1500	1500	1500
底板厚	なし	なし	150
材 質	コンクリート	モルタル	コンクリート

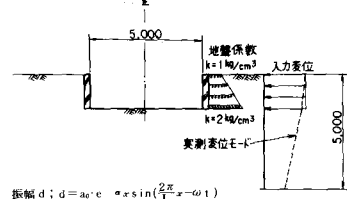


(a) A タンク X 方向加振



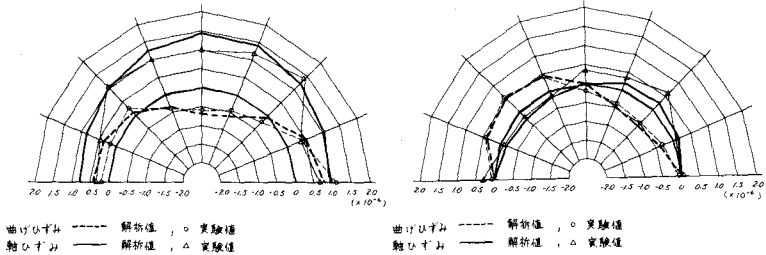
(b) A タンク Y 方向加振

図-4 地盤変位分布とタンクのひずみ分布



	波長 λ (m)	振幅 a ₀ (mm)	減衰率 α	加振 振動数 (Hz)
縦密波	4.55	0.15	0.0723	4.0
せん断波	3.60	0.16	0.0	4.0

図-6 数値解析モデル



(a) B タンク X 方向加振

(b) B タンク Y 方向加振

図-7 数値計算によるひずみ分布と実測値 f = 4.0 Hz