

円筒タンク構造体の振動特性について

九州産業大学 学生会員 菅付紘一
新日鐵(株) 正会員 川口周作

九州産業大学 正会員 水田洋司
正会員 高西照彦

1. 序論

本論文はアクリル樹脂で作成した円筒タンク模型¹⁾と実際の鋼製円筒タンクにおけるタンク構造体の円周方向固有振動数および固有モードの特性について述べている。まず、円筒タンク模型のタンク頂部での加速度波形から得られた固有振動数と固有モードについて述べている。次に、双極座標変換と差分法²⁾を用いて求めた円筒タンク模型の固有振動数と固有モードを実験値と比較し、解析法の妥当性について検討した。最後に、数値シミュレーションにより、実際の鋼製円筒タンクの固有振動数・固有モード特性について調べた。

2. 円筒タンク模型

実験に用いた円筒タンク模型はアクリル樹脂製、厚さは1cm、外径が60cm、80cmの2種類で、高さは両方とも80cmである。円筒タンク模型を写真-1に、アクリル樹脂の特性値を表-1に示す。弾性係数はアクリル樹脂の試験片(JIS規格)を作成して載荷実験により求めた。図-1には固有振動数、固有モードを求めるために設置した加速度計(AS-2GB:共和電業)と感度方向を矢印で図示している。加振方法には円筒タンクの先端をゴムハンマーで叩く打撃加振を採用した。そのときの応答加速度波形例(フィルター使用)を図-2に示す。

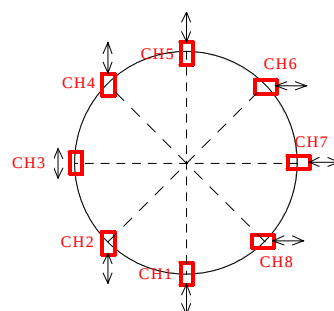


図-1 加速度計の感度方向

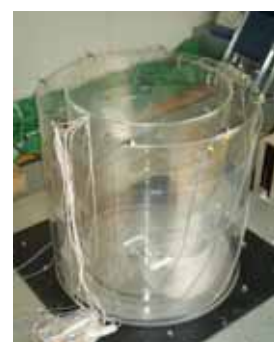


写真-1 円筒タンク

表-1 アクリル樹脂の特性値

弾性係数(E)	$2.29 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$
ポアソン比	0.35
密度	$1.22 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

3. 固有振動数とバネ剛性

図-3に示すように、円筒タンク模型は底面に止水用のゴムパッキンを装着して中心部で固定されているため、ゴムパッキンが固有振動数に及ぼす影響を調べた。双極座標変換と差分法を用いて解析したバネ剛性と固有振動数の関係を図-4に示す。

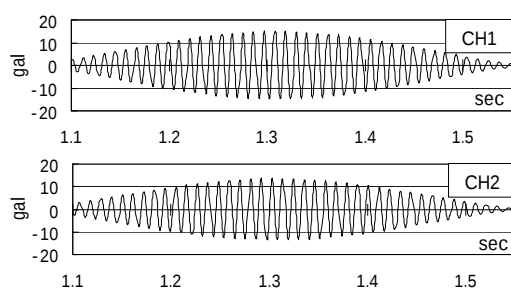


図-2 加速度波形(打点 CH1 付近)

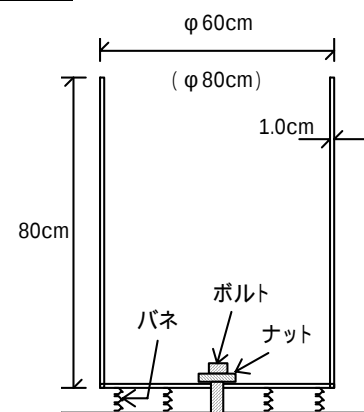


図-3 タンクのモデル化

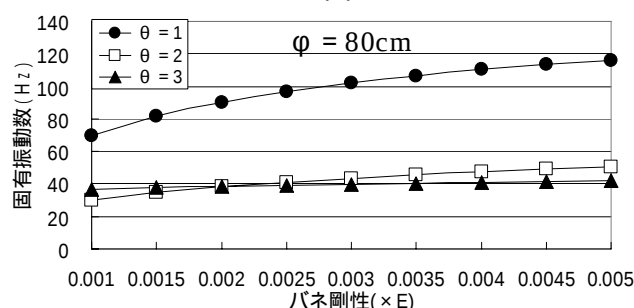
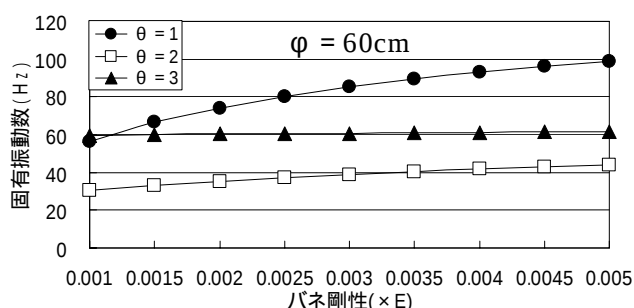


図-4 固有振動数とバネ剛性

4. 実験値と解析値の比較

実験で得られた加速度データをスペクトル解析して固有振動数を求めた．固有モードは各点の加速度波形をフィルター処理して作成した．図 - 5 に $\phi 60$ cm，図 - 6 に $\phi 80$ cm の固有モードを示している．表 - 2 には実験と解析から得られた固有振動数とそれらの差，解析から求めたバネ剛性を示している．図 - 5，6 の $\theta = 3$ は実験値が得られず，解析値のみを図示している．

5. 鋼製円筒タンク

表 - 3 には鋼製円筒タンクの実例を記している．図 - 7 は番号4の諸元を例にとり，高さ/外径 (H/D) と固有振動数の関係を厚さ 0.9cm の円筒タンクについて図示している．固有振動数の大きさは $\theta = 3, 2, 1$ の順であり， H/D が大きくなると，順番が入れ替わる場合もある．現在， H/D が 4.0 以上のものも計画されており，この時の最低次固有振動数は $\theta = 2$ となる．

6. 結論

実験と解析から得られた円筒タンクの円周方向固有値の知見をまとめると，以下の通りである．

円筒タンク円周方向固有モードの1次は円形，2次は楕円形，3次は三角形である．

円筒タンク模型の円周方向固有振動数の大きさは2次モード，3次モード，1次モードの順になった．

タンクの高さと外径の比により，1次，2次，3次の固有振動数の大きさとその順番が変わる．

参考文献

- 1) 川口・水田他：二重槽円筒タンク模型の振動特性，構造工学論文集 Vol.50A，pp.9～16，2004年3月．
- 2) 高西・水田・川口：水平加振を受ける偏心二重円筒タンク内容液の動的挙動，構造工学論文集 Vol.49A，pp.57～64，2003年3月．

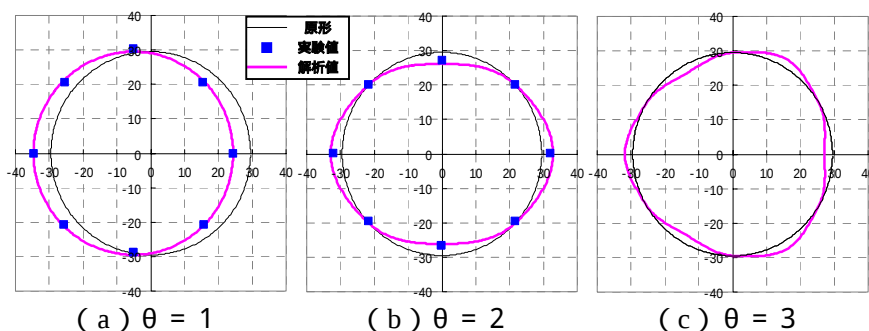


図 - 5 $\phi 60$ cm のモード図

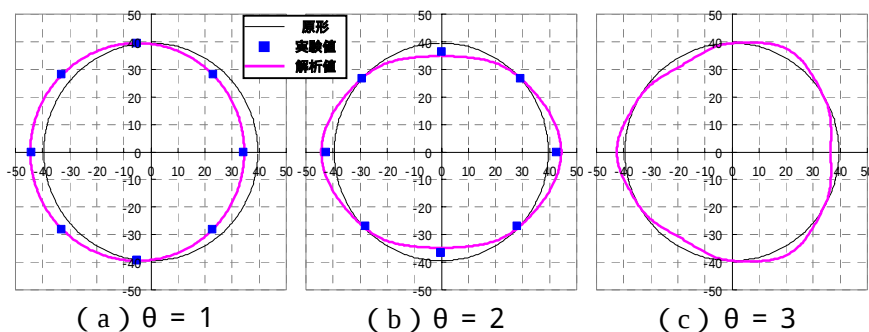


図 - 6 $\phi 80$ cm のモード図

表 - 2 固有振動数の比較

	$\phi 60$ cm			$\phi 80$ cm		
θ (モード)	1	2	3	1	2	3
実験値 (Hz)	81.58	32.24	-	91.35	34.79	-
解析値 (Hz)	74.67	35.49	60.28	86.73	36.79	38.19
差 (%)	9.25	9.16	-	5.33	5.44	-
バネ剛性 ($\times E$)	0.00204			0.00179		

表 - 3 鋼製円筒タンクの諸元

番号	有効容量 (m^3)	寸法		H/D
		外径 (m)	高さ (m)	
1	4,510	31.0	6.28	0.20
2	4,460	27.8	7.65	0.28
3	4,615	27.1	8.30	0.31
4	5,000	24.1	12.30	0.51
5	28,260	39.9	22.26	0.56
6	9,240	24.6	19.45	0.79
7	10,830	25.0	22.06	0.88
8	5,815	19.7	19.07	0.97
9	3,870	21.9	26.20	1.20
10	3,880	14.5	23.47	1.62

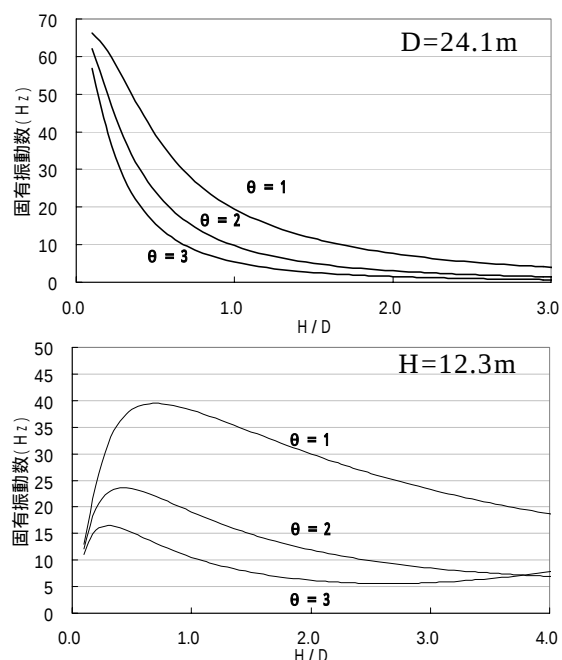


図 - 7 H/D と固有振動数 (厚さ 0.9cm)