

二重槽円筒タンク模型の振動特性

九州産業大学 学生員 ○荒巻 祐輔 九州産業大学 フェロー 水田 洋司
九州産業大学 正員 白地 哲也 新日本製鐵(株) 正員 川口 周作

1. 序論

本論文は二重槽円筒タンクの振動特性を把握するために実施した二重槽円筒タンク模型の振動台実験から得られた振動特性について述べている。タンク構造体の共振曲線、スロッシング、動水圧共振曲線を得るための振動台実験を実施し、内容液有無時のタンクの固有振動数、スロッシング波高とその時の減衰定数、壁面に作用する動水圧等を求め、二重槽円筒タンクの設計に必要な振動特性について明らかにしている。

2. 実験概要

二重槽円筒タンク模型はアクリル樹脂製で、厚さ 10mm、高さ 800mm、内槽の外径 600mm、外槽の外径 800mm である。九州産業大学が保有する振動台（DS-2000-15L:IMV 社）を用いて実験を行った。実験内容は調和関数の定常波加振における応答加速度、動水圧、波高の計測である。図 1 に加速度計(AS-2GB:共和電業)の設置状態、図 2 に水圧計(PSS-KBF:共和電業)の設置位置、図 3 に実験の種類を図示している。

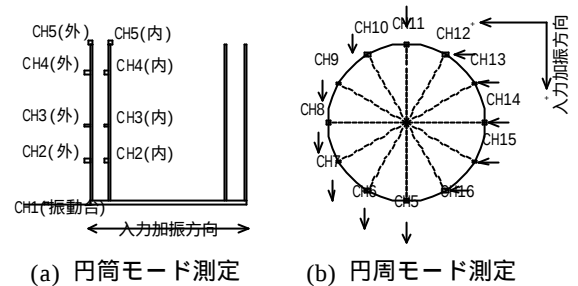


図 1 加速度計取り付け位置

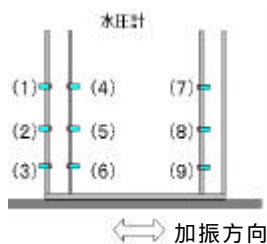


図 2 水圧計取り付け位置

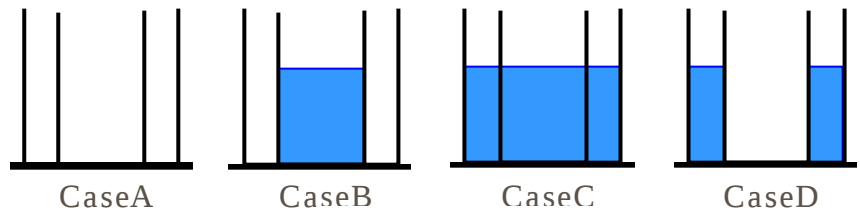


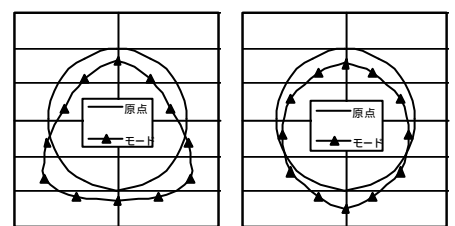
図 3 実験の種類

3. 構造体の固有振動数と固有モード

入力加速度振幅 50gal、振動数 0.5Hz 刻みの 10～100Hz における調和関数スイープ試験の共振曲線から得られた固有振動数を表 1 に示している。固有振動数におけるスポット加振を行い、CH1（図 1）に対する相対加速度から算定した水平面のモード図を図 4 に図示している。図 4 (a) は三角形モード、(b) は楕円形のモードである。円筒はいずれも片持ち形式の 1 次モードであった。シェル要素を用いた固有値解析では図 4 の固有モードと同じモードが得られることを確認している。

表 1 構造体の固有振動数 (Hz)

内槽	44	—	—
外槽	48	72	81



(a) 外槽 48Hz (b) 外槽 72Hz

図 4 タンク円周モード

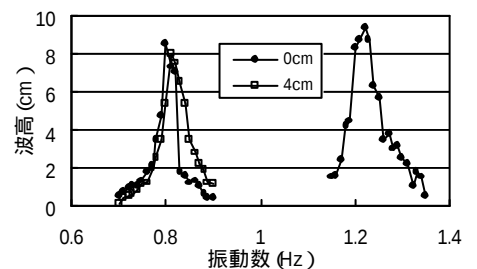


図 5 スロッシング波高

4. スロッシング

入力加速度振幅 2gal、調和関数定常波を作用させたときの水面動揺の最大波高を読み取り、図示したものが図 5 である。図 5 のピーク値をスロッシング振動数として表 2 に表している。図と表には内槽と外槽の中心が一致しない (偏心) 場合の波高・スロッシング振動数も記している。また、表には動水圧から得られたスロッシング振動数と減衰定数も記している。図 6 には偏心率と振動数比の関係を図示している。図 5 より、偏心距離の増加に伴いスロッシング振動数の上昇、ピーク波高の減少が理解できる。図 6 より、偏心率の増加に伴い振動数比が増加しているのが理解できる。

キーワード：二重槽タンク、偏心、スロッシング、動水圧

連絡先：〒813-8503 福岡市東区松香台 2 丁目 3 番 1 号 九州産業大学 工学部 TEL 092-673-5050 FAX 092-673-5093

表 2 スロッシングの固有振動数 (Hz) と減衰定数

	槽	偏心距離 (cm)				
		0	1	2	3	4
波高	内槽	1.22	—	—	—	—
	外槽	0.80	0.80	0.81	0.82	0.83
動水圧	内槽	1.23	—	—	—	—
	外槽	0.80	0.80	0.81	0.82	0.83
(減衰定数 : 0.005 ~ 0.007)						

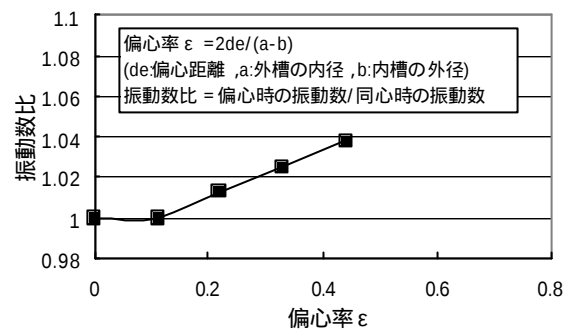


図 6 偏心率と振動数比

5. 動水圧

(1) 共振曲線 水平方向に 100gal で定常波加振したときの CaseC の動水圧共振曲線 (同心) を図 7 に示す。各点の共振振動数から求めた固有振動数を表 3 に示す。表 1 のタンク構造体の固有振動数に比べて内容液の増加に伴い固有振動数が小さくなっている。

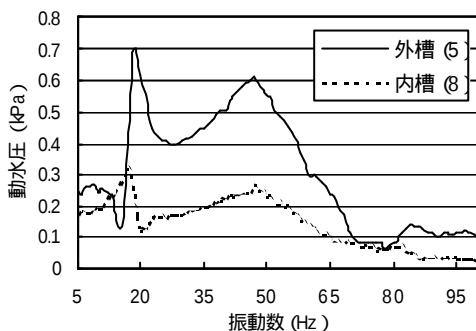


図 7 動水圧共振曲線

表 3 二重槽タンクの固有振動数と減衰定数

Case	偏心距離 (cm)	固有振動数 (Hz)				減衰定数			
		内槽		外槽		内槽		外槽	
		1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次
B	—	28	—	28	—	0.02	—	0.02	—
C	0	17	47	18	47	0.02	0.02	0.01	0.02
	2	15	46	19	46	—	—	—	—
	4	16	46	18	42	—	—	—	—
D	0	—	—	20	54	—	—	0.03	—
	2	—	—	19	52	—	—	—	—
	4	—	—	18	50	—	—	—	—

(2) 最大動水圧の深さ方向分布 20Hz 以上の振動数では側壁の変形圧が無視できないこと、衝撃圧と変形圧の位相差は高振動数程大きくなることを文献 1) で示した。図 8 は 100gal の調和関数定常波で加振したとき、同心時の内槽壁面に作用する最大動水圧の図である。振動数が 30Hz 未満のときは外槽圧より内槽圧が大きく、30Hz 以上になるとその関係が逆転している。図 9 は加速度振幅 100gal で 50Hz の調和関数定常波加振したときの偏心距離をパラメーターにした外槽圧の図である。偏心距離の増加に伴い動水圧は減少している。

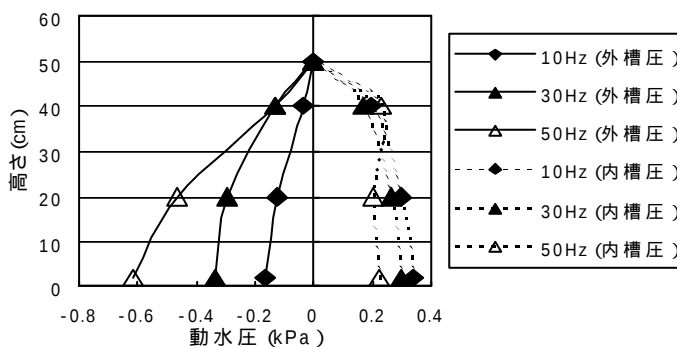


図 8 振動数と動水圧の関係

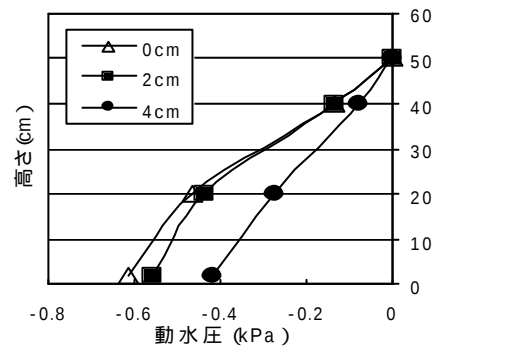


図 9 偏心距離と外槽動水圧の関係 (50Hz)

6. 結論

二重槽円筒タンク模型実験から以下のことが明らかになった。円筒の固有モードは片持ち形式 1 次モードで、水平断面に複雑なモードが見られる。タンクの固有振動数は内容液なしの場合、内槽あるいは外槽のみにある場合、内槽・外槽の両槽にある場合の順に小さくなる。スロッシング固有振動数は偏心率の増加と共に大きくなり、偏心率 0.11 以下では同心の場合と同値である。内槽壁面に作用する外槽動水圧は同心時に最大となる。30Hz 未満の振動数では外槽圧より内槽圧が大きくなり、30Hz 以上では逆になる。

参考文献

- 1) 北原伸浩他：二重槽タンクの振動実験、土木学会第 56 回年次学術講演会概要集 -B、pp.40 ~ 41、2001 年
- 2) 高西照彦他：水平加振を受ける偏心二重槽タンクの内容液の動的挙動、構造工学論文集 Vol.49A、pp.57 ~ 64、2003 年 3 月