

偏心二重槽タンクの振動台実験

九州産業大学 学生員 ○ 矢野智雄 九州産業大学 正員 水田洋司
九州産業大学 正員 白地哲也 新日本製鐵(株) 正員 北原伸浩

1. はじめに

既設の水道用円筒形配水タンクの外側周りに容量の増加を目的として円筒形タンクを増築し、二重槽タンクとして使用する場合がある。本論文は偏心二重槽タンクの振動特性を知るために、アクリル樹脂製の二重槽タンク模型を用いた水平加振時の振動台実験について述べている。実験では二重槽タンクの内槽と外槽の中心が一致せずに偏心した場合の内槽・外槽の固有振動数、スロッシング現象や動水圧の変化について明らかにしている。

2. 振動台実験

実験に用いたアクリル樹脂製の二重槽タンクと振動台を写真-1に示す。二重槽タンクは内槽・外槽共に厚さ10mm、高さ800mm、外径は600mm、800mmで、水位は共に500mmとした。振動台はIMV社の動電式2軸同時振動試験装置(九州産業大学所有)、その加振力は水平・垂直共に19.6kNである。実験では水平方向に正弦波定常加振した時の偏心二重槽タンクの固有振動数、減衰定数、スロッシング、動水圧を求めた。偏心量は10mm、20mm、40mm。それぞれの偏心量について表-1に示す実験ケースのB、C、Dの実験を実施した。本論文では偏心量40mmの結果について記す。

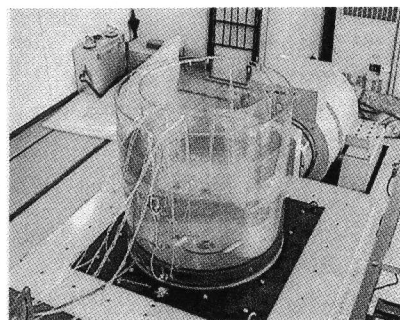


写真-1 二重槽タンク模型と振動台

表-1 実験の種類

ケース	水位 (mm)	
	内槽	外槽
A	空	空
B	500	空
C	500	500
D	空	500

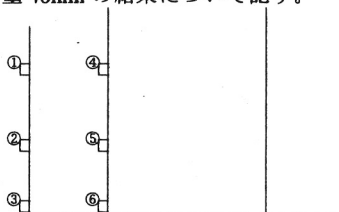


図-1 加速度計

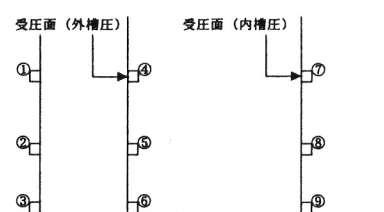


図-2 動水圧計

3. タンクの固有振動数と減衰定数

水平方向に100galの加速度で定常加振したときのタンクの加速度と動水圧を図-1、2の位置に設置した容量2Gの加速度計(AS-2GB、共和電業)と容量20kPaの水圧計(PSS-02KBF、共和電業)で計測した。計測から得られた偏心ケースCの加速度共振曲線、動水圧共振曲線の一例を図-3に示す。これらの共振曲線から得られた固有振動数と動的増幅率の一覧表を表-2に示す。表-2より、以下のことが理解できる。①タンク構造体の固有振動数は内溶液の存在により小さくなる。②加速度計と水圧計で得られる各ケースの最低

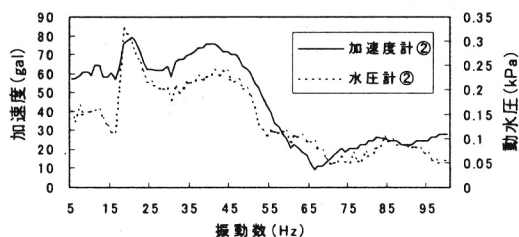


図-3 加速度共振曲線と動水圧共振曲線 (ケースC)

表-2 固有振動数(Hz)と動的増幅率

ケース	内槽 (内)		内槽 (外)		外槽	
	1次	2次	1次	2次	1次	2次
固有振動数	A	-	-	44	-	-
	B	28	67	-	-	33
	C	17	43	18	47	19
	D	-	-	20	55	20
動的増幅率	C	1.17	1.41	1.18	1.44	1.18
	D	-	-	1.19	1.53	1.18
	A	-	-	-	-	-
	B	1.31	1.04	-	-	-
偏心 (40mm)	C	1.33	1.27	1.36	1.17	1.44
	D	-	-	1.37	1.12	1.58
	C	1.13	1.14	1.16	1.06	1.16
	D	-	-	1.17	1.17	1.19

次固有振動数は比較的一致している。②各ケースの外槽の最低次固有振動数は偏心量に関係なく同じ値を示すが、内槽、外槽共に偏心時の最低次固有振動数は小さくなる。④動水圧の動的増幅率は 1.12 ～ 1.63、紙面の都合上表示していないがタンク壁面の応答加速度の倍率は 2.0 ～ 5.0 が得られた。

4. スロッシング

スロッシング波高はタンクに設けた 5mm 刻みの目盛り線で読んだ。正確を期すために波高の変動をビデオカメラで撮影し、その映像から各振動数に対する波高を決定した。同心時のスロッシング波高と振動数の関係を図-4 に示し、その最大応答を示す振動数を表-3 に表している。表-3 の値と水圧計で求めた値は時によりずれる場合がある。これはスロッシング時に水面が円周方向へ移動するためである。したがって、図-4 の波高の最大値は同一場所の値ではない。表示していないがスロッシング時の振動数は偏心量に関係なく一定値を示した。また、内槽のスロッシング時の固有振動数は Housner の式から求めた値と一致する。

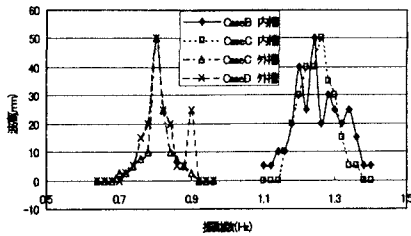


図-4 スロッシング波高と振動数

5. 動水圧

前報⁷⁾で 20Hz 以上の加振振動数では側壁の変形圧を無視できないこと、衝撃圧と変形圧の位相差は低振動数で小さく、高振動数で大きくなることを示した。図-5 に同心のケース C における内槽壁面に作用する最大動水圧を、図-6 に偏心のケース C における内槽壁面に作用する最大動水圧を示している。これらの図より外槽圧は 20Hz 付近で最大動水圧を示し、内槽圧は 10Hz 付近で最大動水圧を示す事が判る。また、偏心時より同心時に内槽圧、外槽圧とも最大動水圧を受ける。

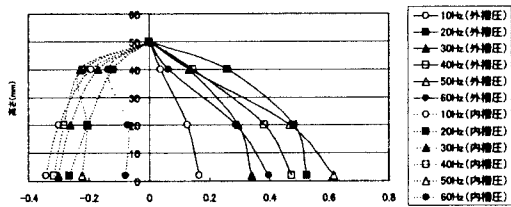


図-5 同心時の最大水圧

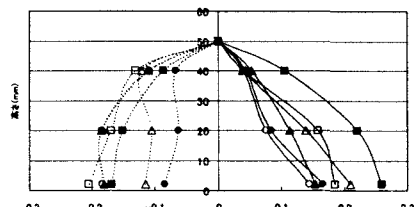


図-6 偏心時の最大水圧

6. 終わりに

偏心二重槽タンクの振動台実験から、以下のことが判った。①各ケースの外槽の最低次固有振動数は偏心量に関係なく同じ値を示すが、内槽の固有振動数は異なる。②スロッシング時の固有振動数は偏心量に関係なく一定である。③内槽壁面に作用する各点の動水圧は偏心量がないときに最大となる。

参考文献

- 1) Mohammad Aslam, William G. Godden, D. Theodore Scalise : Earthquake Sloshing in Annular and Cylindrical Tanks, Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, EM3, pp.371-389, June 1979.
- 2) K.Arakawa and K.Takahara : Relationships between fracture parameters and fracture surface rufness of brittle polymers, International Journal of Fracture 48, pp.103-114, 1991.
- 3) 北原伸浩 他 4 名 : 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 I -B、pp.40-41、2001.