

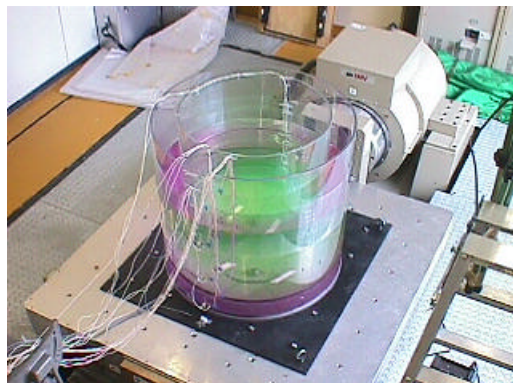
二重槽タンクの振動台実験と振動特性

九州産業大学 正員 水田洋司
九州産業大学 正員 白地哲也

九州産業大学 学生員 ○ 荒巻祐輔
新日本製鐵(株) 正員 北原伸浩

1. はじめに

維持管理性の向上や敷地の有効利用の観点から、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¹⁾として使用する場合がある。本論文は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。振動台実験では二重槽タンクの内槽と外槽の中心が一致した同心の場合と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. 実験模型と実験内容

実験に用いたアクリル樹脂²⁾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)であり、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0mm(同心)、10mm、20mm、40mm。偏心量0mmの場合は表-1に示す実験ケースを実施し、偏心がある場合はケースC、Dの実験を実施した。本論文では偏心量0mm、40mmの結果を記している。

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

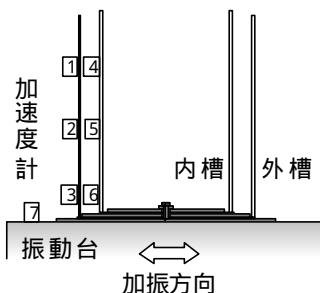


図-1 加速度計

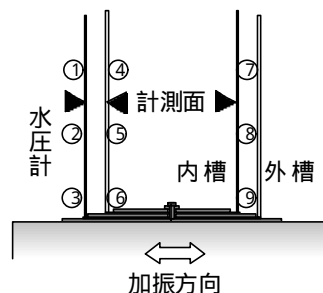


図-2 動水圧計

3. タンクの固有振動数と減衰定数

水平方向に100 gal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。計測で得られた同心ケースB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。

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。加速度計と水圧計で得られる各ケースの最低次固有振動数は比較的一致している。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。動水圧の動的増幅率は1.06~1.63、紙面の都合上表示してないがタンク壁面の応答加速度の増幅率は2.0~5.0が得られた。

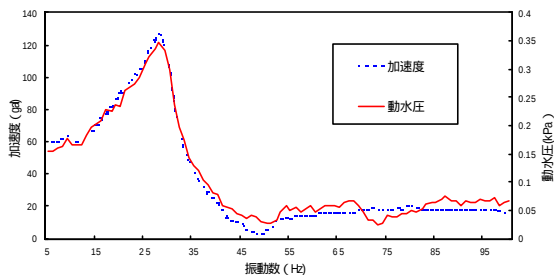


図-3 加速度・動水圧共振曲線(同心ケースB)

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	同 心	A	—	—	44	—	33	70
		B	28	67	—	—	—	—
		C	17	43	18	47	19	47
		D	—	—	20	55	20	54
	偏 心 (40mm)	C	17	41	18	44	18	42
	D	—	—	19	53	18	50	
動的増幅率	同 心	A	—	—	—	—	—	—
		B	1.31	1.04	—	—	—	—
		C	1.33	1.27	1.36	1.17	1.44	1.39
		D	—	—	1.37	1.12	1.58	1.63
	偏 心 (40mm)	C	1.13	1.14	1.16	1.06	1.16	1.12
	D	—	—	1.17	1.17	1.19	1.12	

キーワード：二重槽タンク、振動台実験、振動特性

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、TEL：092-673-5690

紙面の都合上表示していないが、タンクの各ケースの減衰定数は、0.02～0.04の範囲であった。

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。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-4には、水圧計で求めたスロッシング時の振動数と減衰定数を示している。減衰定数にバラツキが見られるが、減衰定数は非常に小さい。固有振動数は波高で求めた値と水圧計で求めた値が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固有振動数は偏心率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。

5. 内槽壁面に作用する動水圧

前報³⁾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、同心時より偏心時に内槽圧、外槽圧とも最大動水圧となる。さらに、内槽壁面に作用する動水圧は内槽、外槽で常に逆位相であることが判った。

6. 終わりに

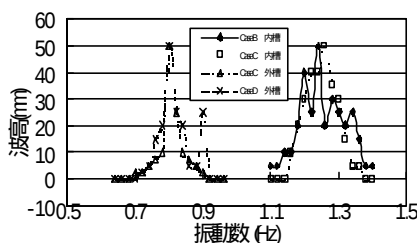
偏心二重槽タンクの振動台実験から、以下のことが判った。偏心率がタンクの固有振動数、減衰に及ぼす影響は小さい。スロッシング時の固有振動数は偏心率に関係なく一定である。内槽壁面に作用する各点の動水圧は偏心率があるときに最大となる。内槽壁面に作用する動水圧はスロッシング時を除き、内槽・外槽で逆位相となる。

表-3 波高から求めた固有振動数(Hz)

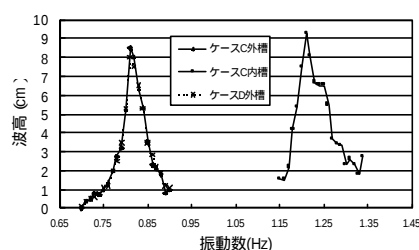
ケース	槽	同 心	偏 心
B	内槽	1.24	—
	外槽	—	—
C	内槽	1.24	1.21
	外槽	0.80	0.81
D	内槽	—	—
	外槽	0.80	0.81

表-4 水圧計から求めた固有振動数と減衰定数

ケース	槽	同 心		偏 心(40mm)	
		固有振動数(Hz)	減衰定数	固有振動数(Hz)	減衰定数
B	内槽	1.24	0.002	1.24	0.007
	外槽	—	—	—	—
C	内槽	1.24	0.003	1.24	0.004
	外槽	0.78	0.006	0.83	0.007
D	内槽	—	—	—	—
	外槽	0.80	0.007	0.83	0.006



(a) 同心時



(b) 40mm偏心時

図-4 スロッシング波高と振動数

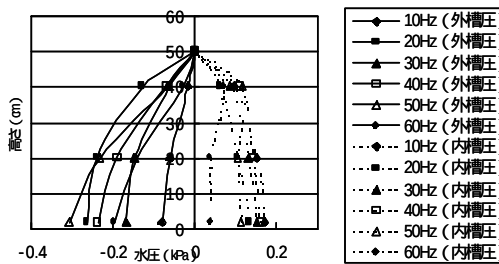


図-5 同心時の最大水圧

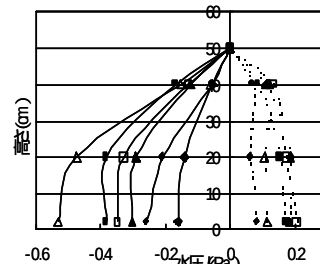


図-6 偏心時の最大水圧

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 roughness 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 -B, pp.40-41, 2001.