

二重槽タンクの振動台実験

新日本製鐵株式会社 正会員 ○北原 伸浩 川口 周作
九州産業大学 正会員 水田 洋司 白地 哲也
九州産業大学 井上 崇 高橋 卓嗣 小田 晃

1. はじめに

水道用配水タンクは水需要の増加に伴い多数設置されているが、最近、維持管理性の向上、敷地の有効利用等の観点から、二重槽タンクの要望が高まっている。なかには、既設タンクの周りに耐震補強と容量の増強を目的とした二重槽タンクも築造されている。このような二重槽タンクの動水圧(特に外側タンクの動水圧)や大地震時動的挙動に関する既往研究事例はほとんど見られない。そこで、著者らは、二重槽タンクの動的挙動を把握するために、約1/20の大きさの縮小模型を作成し、振動実験を行なった。本論文ではその実験概要、実験結果と得られた知見について報告する。

2. 実験概要

2.1 二重槽タンクの模型

実験で用いたタンクの模型はアクリル樹脂製で、厚さは10mm、高さは内外槽とも800mm、外径は内槽600mm・外槽800mmである。模型には水位を示す5mm刻みの目盛線を設けている。模型を写真1に示す。

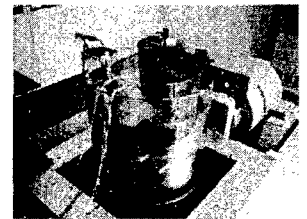
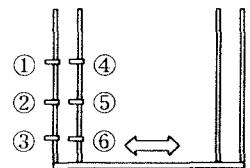


写真1 縮小模型

2.2 実験内容

九州産業大学が保有する振動台(IMV社、DS-2000-15L)を用い、主に二重槽タンクの振動特性の把握を目的として実験を行った。実験内容は、定常波加振における動水圧、応答加速度、及びスロッシング波高の計測である。計測には水圧計、加速度計を用い、波高は2台のビデオカメラで撮影して計測した。図1に計測位置図を示す。



加速度計・水圧計

図1 計測位置図

計測された波形はデータレコーダに記録し、記録されたデータをA/D変換した後、FFTを用いて固有振動数を求めた。固有振動数は卓越するパワースペクトルから決定した。

実験ケースは表-1に示す4ケースを実施した。まずスイープ試験を行い、得られた加速度、および動水圧の共振曲線より各ケースの固有振動数を求めた。次に固有振動数周辺での自由振動実験を行い、得られた動水圧及び加速度波形の振幅比より減衰定数を算定した。スロッシングについては固有振動数周辺での最大波高を観測した。

表1 実験ケース

ケース	内槽	外槽
A	空水	空水
B	満水	空水
C	満水	満水
D	空水	満水

3. 実験結果

3.1 減衰定数

アクリル製タンクの減衰定数の算出には加速度波形を用い、水の減衰定数は動水圧波形を用いて決定した。波形解析の結果から求められた減衰定数を表2に示す。

アクリル製タンクの減衰定数は内外槽とも2~3%となったが、水の減衰定数は内外槽で異なる結果となった。これは水と接する水槽壁面の面積の違いによるものと推測される。

表2 減衰定数

ケース	アクリル製タンク		水	
	内槽	外槽	内槽	外槽
A	2%	2%	—	—
B	3%	2%	0.2%	—
C	2%	2%	0.2%	0.7%
D	2%	2%	—	0.7%

3.2 固有振動数

固有振動数の算定には加速度波形と動水圧波形を用いた。ケースAの場合は内溶液がないため加速度波形を用い、他のケースの場合は動水圧波形を用いている。アクリル製タンクの固有振動数は内溶液の無いケースAが一番大きく、内溶液が増えるにつれて固有振動数が小さくなっている(表3)。

アクリル製タンクの加速度から求めた変位図を振動数ごとに描くと、20Hz付近までは剛体運動と思われる、それ以上では剛体運動が小さくなり壁面の変形が卓越してくる。一例としてケースBの変位図を図2に示す。

スロッシングの実験はケースB,C,Dで実施し、ケースBは0.5~1.5Hz、ケースCは0.3~1.5Hz、ケースDは0.3~1.3Hzの範囲で波高を調べた。その結果、内槽は1.24Hz、外槽は0.80Hzで最大波高を記録した(表3)。Housner²⁾の式で算定した内槽のスロッシングの固有振動数は1.25Hzであり、実験値と良く一致した。

3.3 波高

波高はビデオテープを再生し、模型に設けられた目盛線から判断した。内槽の波高はHousnerの式との比較を行った。比較する振動数は実験で最大波高となった1.24Hz周辺とした。波高算出に用いた減衰定数は実験から得られた0.2%とした。共振曲線を図3に示す。図中の線は1自由度系の解析値である。

Housnerの式で求められた固有振動数と波高は実験結果とほぼ一致している。外槽の波高は最大で2.5cmとなり、内槽の最大波高のほぼ1/2となった。波高は水の減衰定数と同様に内外槽で差が認められ、外槽の波高はHousnerの式の適用が困難なことから、有限要素法による数値解析を遂行中である。

4. まとめ

二重槽タンクの模型実験から以下のことが明らかになった。

- ①水の減衰定数はタンク内槽と外槽で異なり、外槽の方が大きい。
- ②内槽タンクのスロッシングの固有振動数はHousnerの式から求めた値と良く一致する。
- ③実験で得られた減衰定数を用いてHousner式から求めた波高は、実験値と良く一致する。
- ④本模型では20Hz以上でタンク壁面の振動の影響があり、Housner式が適用できなくなる。

今後は数値シミュレーションにより実験値との比較検証を行い、外槽のスロッシング現象や高周波振動現象を解明する予定である。

表3 固有振動数

ケース	アクリル製タンク		水	
	内槽	外槽	内槽	外槽
A	42.5Hz	81.0Hz	—	—
B	28.5Hz	—	1.24Hz	—
C	19.0Hz	19.5Hz	1.24Hz	0.80Hz
D	—	21.0Hz	—	0.80Hz

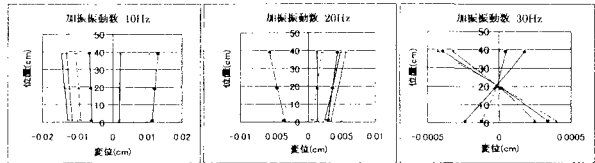


図2 振動数と変位図(ケースB)

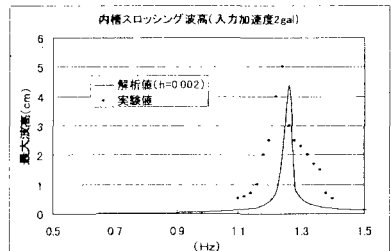


図3 振動数と波高

【参考文献】

- 1)成田幸生他：既設配水池周りの用地を活用した「大谷低区配水池増設工事」の計画、第51回水道研究発表会講演集、pp.274-275、平成12年5月
- 2)G. W. Housner: Dynamic pressure on accelerated Fluid containers, Bulletin of the seismological Society of America, Vol. 1, pp.15-35、1957.