

二重槽タンクの振動実験

新日本製鐵¹ 正会員 北原 伸浩 新日本製鐵¹ 正会員 川口 周作
 新日本製鐵¹ 正会員 竹内 貴司 九州産業大学² 正会員 水田 洋司
 九州産業大学² 正会員 白地 哲也

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おり、兵庫県南部地震を契機とした耐震設計指針¹⁾の見直しも行われている。一方、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おり、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²⁾されている。しかし、耐震設計指針は単槽タンクについて記述されており、二重槽タンクの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 実験模型

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

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

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 (正弦波) 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。実験ケースは表 1 に示す 4 ケースを実施した。

3. 実験結果

3.1 基本振動特性

本模型の振動特性³⁾のうち、アクリル製タンクの固有振動数はケースによって質量が異なることから表 2 のような結果となった。また、内槽のスロッシング固有振動数、波高ともに Housner の式から求めた値と良く一致した。

表 2 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

3.2 振動モード

アクリル製タンクの加速度から求めた側壁変位図を振動数毎に描くと、固有振動数より低い振動数では剛体運動を行い、それ以上の振動数では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 1 に示す。

3.3 低周波加振時の動水圧

動水圧は衝撃圧、振動圧、変形圧⁴⁾の和として表され、タンクが剛体運動を行う低周波領域ではタンク側壁の変形により発生する変形圧は無視できる。またスロッシング固有振動数は前述のとおり内槽 1.24Hz、外槽 0.80Hz であり、10Hz 加振時にはスロッシングによる振動圧の影響も無視できる。したがって、この時発生する動水圧は入力加速度による衝撃圧のみとなり、ケース B とケース C の内槽動水圧、ケース C とケース D

キーワード：配水タンク、二重槽タンク、振動実験、耐震設計

連絡先： 1 〒100-8071 東京都千代田区大手町 2-6-3 Tel.03-3275-5720

2 〒813-0004 福岡県福岡市東区松香台 2-3-1 Tel.092-673-5671

の外槽動水圧は良く一致する。また内槽の動水圧分布は Housner の理論値とも良く一致することが、実測動水圧より確かめられた。

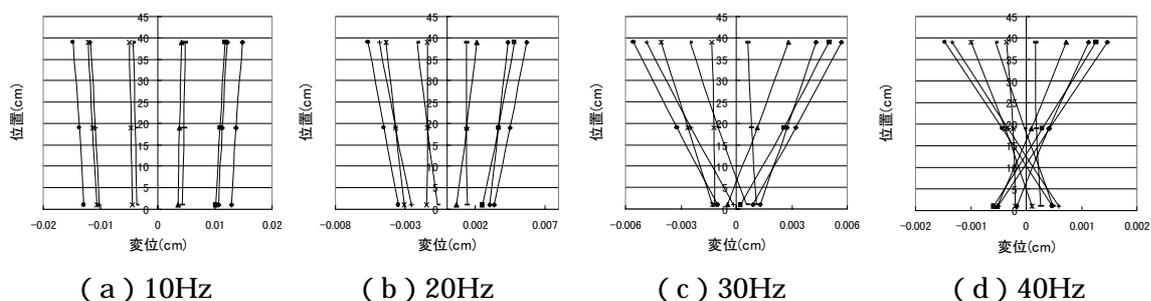


図 1 側壁変位図 (ケース B)

また 10Hz 加振時のケース C における内外槽の動水圧の時刻歴応答を調べた結果、各動水圧に位相のずれはなく、図 2 に示すように、内槽壁に作用する内外槽の動水圧は常に打ち消し合う方向に作用することが判明した。

3.4 高周波加振時の動水圧

20Hz 以上の加振時には側壁の変形が卓越し (図 1 参照)、変形圧の影響が無視できなくなる。ケース B の各振動数における最大衝撃圧発生時刻における全動水圧、変形圧、及び衝撃圧 (10Hz 加振時動水圧) を図 3 に示す。変形圧は全動水圧より衝撃圧を減じて求めた値である。衝撃圧は入力加速度のみに依存し、変形圧は最も変形が卓越する固有振動数でピークをとる。また、衝撃圧と変形圧の振動の位相差は低振動数では小さく、固有振動数より大きな加振振動数になるにつれてそれらの位相差は大きくなる。10Hz 刻みの実験の場合、全動水圧は固有振動数に近い 30Hz でピークを示した。40Hz 以上の加振振動数では衝撃圧を打ち消す方向に変形圧が作用し、全動水圧が軽減されている。

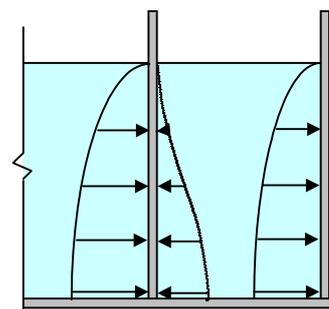


図 2 内外槽動水圧分布 (ケース C)

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。

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。

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。

剛体振動領域である 10Hz 加振時には、入力加速度による衝撃圧のみが作用し、内槽動水圧は Housner の理論値と良く一致する。またこのとき、内槽に作用する内外槽動水圧は常に打ち消し合う方向に作用する。

本模型では 20Hz 以上でタンク壁面の振動の影響があり、

固有振動数に近い 30Hz で衝撃圧と変形圧の和が最大となり、全動水圧は最大となる。40Hz 以上では衝撃圧を打ち消す方向に変形圧が作用して、全動水圧は小さくなる。今後はケース C、D についても検討を重ね、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。

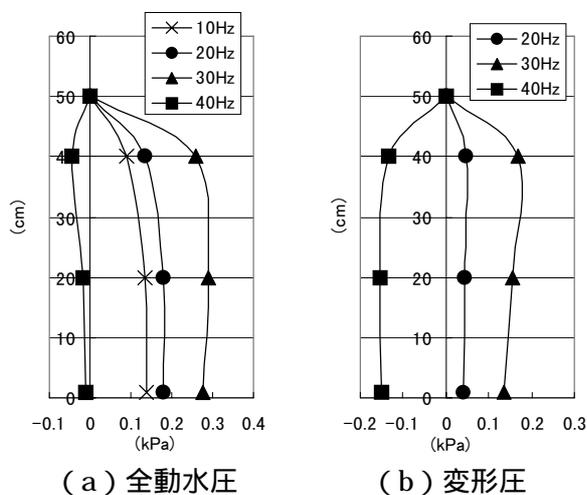


図 3 全動水圧と変形圧 (ケース B)

参考文献 1.(社)日本水道協会、水道施設耐震工法指針・解説、1997 年 3 月

2. 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

3.北原伸浩他、二重槽タンクの振動実験、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.A-152 ~ A-153、平成 12 年度

4.岡田もと夫他、有限要素法による大型液体タンクの地震応答解析 (続報)、川崎技報 61 号、pp.120-125、1976.8.