

二重槽円筒タンク構造体の固有振動数と固有モード

九州産業大学 学生員 ○荒巻 祐輔

九州産業大学 正員 水田 洋司

新日本製鐵(株) 正員 川口 周作

新日本製鐵(株)

樺島 史

1. はじめに

近年、維持管理性の向上、敷地の有効利用等の観点から、タンクの二重槽化への要望が高まっている。それに伴い二重槽タンクに対する確固とした設計手法の確立が急務となり、二重槽タンクの諸特性の把握が必要となっている。これまでの研究では二重槽円筒タンクの固有振動数、およびスロッシング波高、動水圧、減衰定数についての報告^{1)~4)}を行った。本論文では、二重槽円筒タンク構造体の固有振動数および固有モードを計測するために、内外槽ともに空虚時の加振実験を行った。実験から得られた固有振動数、固有モードは有限要素法プログラムを用いて求められる固有振動数、固有モードと比較することにより動的応答解析を実施する際のタンクのモデル化、解析プログラムの妥当性の検討にも役立ち、動的応答解析結果の信頼性を高めることができる。

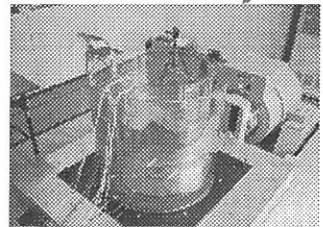


写真1 二重槽タンク模型と振動台

2. 実験概要

実験で用いた円筒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。二重槽円筒タンク模型を写真1に示す。

九州産業大学が保有する振動台(IMV社、DS-2000-15L、写真1)を用い、今回は二重槽円筒タンク構造体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応答加速度の計測、およびその結果からのモードの算定である。計測にはキャラメルタイプのひずみ型加速度計(AS-2GB、共和電業)を用いた。加速度計はポリクロステープで模型に貼り付けて固定した。円筒モード測定には模型の円筒部に縦一列に加速度計を設置し、円周モード測定には模型の円筒上縁部に環状に加速度計を設置した。図1に計測位置図を示す。円筒上縁部には、CH5~CH16の12個の加速度計を設置しており、CH5~CH11は加振方向の加速度を、CH12~CH16は加振直角方向の加速度を測定した。

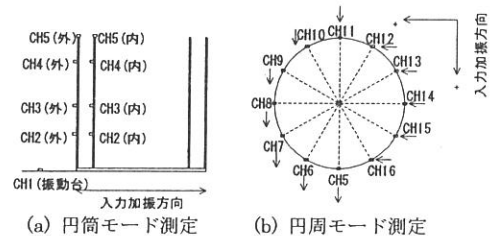


図1 加速度計取り付け位置

3. 実験結果

得られたデータはデータレコーダーに記録し、記録されたデータをA/D変換した後、波形処理して各入力振動数における加速度共振曲線から固有振動数を決定した。固有モードは共振振動数で加振し、その後の自由振動波形から算定した。

3.1 固有振動数

図2、図3に入力加速度振幅50gal、振動数0.5Hz刻みの10~100Hzにおけるスイープ試験から得られたCH5の共振曲線を示し、表1にそれより得られた固有振動数、および相対加速度を示している。

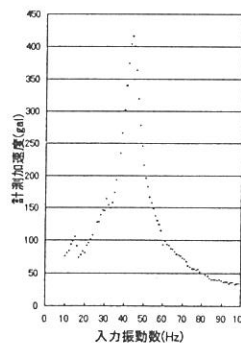


図2 内槽共振曲線

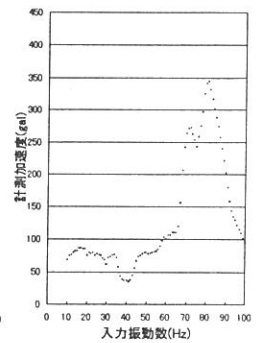


図3 外槽共振曲線

表1 二重槽タンクの固有振動数

	内槽	外槽		
固有振動数	44Hz	48Hz	72Hz	81Hz
最大応答加速度 (振動台との相対加速度)	364gal	24.5gal	131gal	235gal

3. 2 固有モード

共振線から得られた固有振動数におけるスポット加振を行い、CH1 に対する相対加速度を用いてモード図を作成した。モード図作成に当たっては CH5 の相対加速度に着目し、プラス方向（下図、円周モード図：上方向、円筒モード図：右方向）に最大加速度が発生する時点での振動形を「モード-A」とし、逆にマイナス方向に最大加速度が発生する時点での振動形を「モード-B」とした。また、加振軸方向の挙動を探るために、CH5 と CH11 について同時系列の計測データを比較することにより位相を調べたところ、ここで挙げた振動数については全て同位相であった。ここには例として内槽 44Hz の位相を示す(図 4)。モードは、内槽においては 44Hz で円形保持型のモードが現れ(図 5)、外槽においては 48Hz で円周に複雑な形状のモード(図 6)、72Hz に外槽 44Hz と同様の円形保持型のモード(図 7)、81Hz についても多少の形状の崩れはあるが、円形保持型のモードが現れた(図 8)。

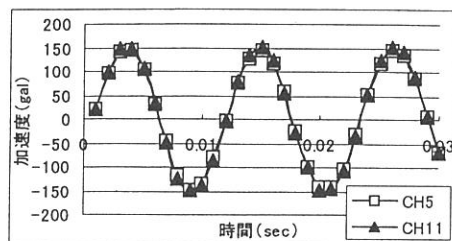


図 4 内槽 CH5,CH11 の加速度波形例

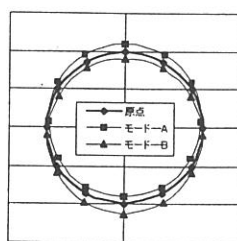


図 5 内槽 44Hz

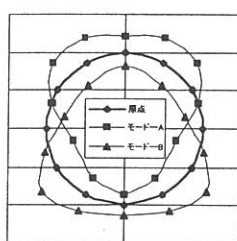


図 6 外槽 48Hz

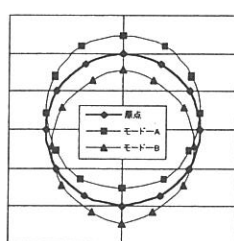


図 7 外槽 72Hz

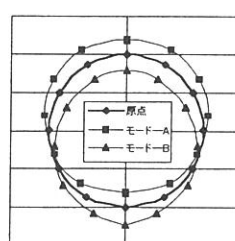


図 8 外槽 81Hz

4. まとめ

今回行った振動実験の結果、最も卓越するモードは内外槽ともに、円形保持型の片持形式 1 次モードが支配的であった。内槽においては特に顕著であり、円筒の片持形式モードのみが卓越する結果となった。外槽に関しては 48Hz に示すように円周モードも観察することができたが、円筒の片持形式モードの方がより卓越していた。最大応答加速度は内槽の方が外槽よりも大きなものであった。内槽の応答が最大となるのは振動数 44Hz のときであったが、この振動数付近においては 48Hz で外槽の円周に大きな応答を示しており (CH6~10)、最も注意すべきポイントの一つであろう。今後はこれらの結果を踏まえ、二重槽円筒タンクの設計に必要な事項を実験・解析の両面から説明する予定である。

参考文献

- 1) 北原伸浩他:二重槽タンクの振動実験、平成 12 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.A-152 ~A-153、
- 2) 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、pp.40~41
- 3) 矢野智雄他:偏心二重槽タンクの振動台実験、平成 13 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.A-104~A-105、
- 4) 荒巻祐輔他:二重槽タンクの振動台実験と振動特性、土木学会第 57 回年次学術講演会概要集、pp.A-1543 ~A-1544、