

浮屋根式貯蔵タンクにおけるスロッシングの抑制に関する実験的研究（その2）

勝井建設株式会社 正会員 ○勝井 勇次

勝井建設株式会社 正会員 勝井 優

徳山工業高等専門学校 正会員 原 隆

早稲田大学 正会員 依田 照彦

1. 目的

本研究は石油貯蔵タンクにおいて主流となっている浮屋根式貯蔵タンクにおいて、長周期地震動の入力により生起する液面揺動（スロッシング）の抑制のため、浮屋根より吊下するばねと錘より成る制振装置の開発を試みたものである。本年度は前年度の研究に引き続き、制振装置の挙動の把握に重点を置いた。

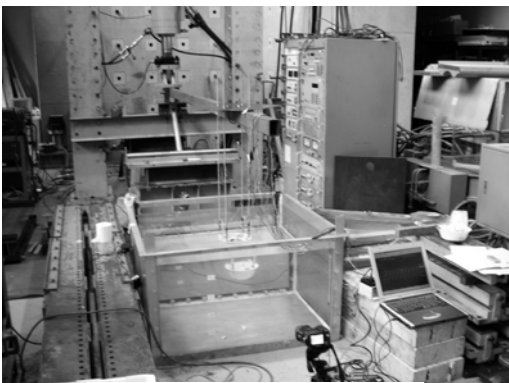
2. 実験概要

1) 実験モデルと実験方法

写真－1に本年度使用した実験装置を示す。制振装置の挙動がスロッシング発生時の挙動とほぼ同一になるよう、浮屋根の挙動に相当する鉛直振動を強制加振し、その振動に対応する制振装置の挙動を計測した。制振装置には吊下するばねの上下端に測点を設け、動画撮影とプロット追跡により挙動を解析した。

2) 実験条件

実験装置を吊下した状態でのタンクモデルの1次固有周期を算出し、その数値に合わせた周期の正弦波を入力して最も顕著にスロッシングが発生する状態を基本とした。実験条件は表－1.の通りである。



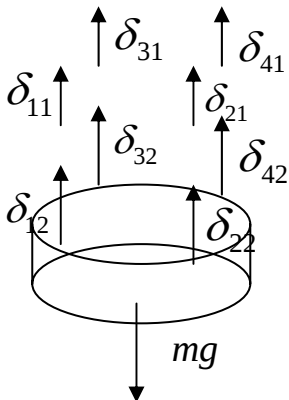
写真－1. 実験装置概要

3. 実験結果および検討

1) 実験結果の解析

本実験では制振装置を図－1に示す計測モデルに置換して計測を行った。この際、計測モデルにおいては（式1）の関係が成立している。

$$\left. \begin{aligned} \text{復元力} : kx &= \sum (\delta_{i1} - \delta_{i2}) k \\ \text{減衰力} : c\dot{x} &= c \sum \dot{\delta}_{i2} \\ \text{慣性力} : m\ddot{x} &= c \sum \ddot{\delta}_{i2} \\ \text{振動の基礎方程式} : m\ddot{x} + c\dot{x} + kx &= mg \end{aligned} \right\} \dots \text{ (式1)}$$



図－1. 計測モデル

強制加振した鉛直振動と、応答する制振装置の振動の関係を図－2.に示す。振幅が大きくなる程、蓋＝浮屋根の振動と制振装置の振動の位相差が拡大する。この位相差を図－3.で比較する。位相差は浮屋根のスロッシングによる振動と応答して運動する制振装置の振動のズレであり、ばねの最大伸び量が大きくなることでスロッシングエネルギーの吸収量が大きくなることを示している。

	case01	case02	case03
入力波振動数 (Hz)	0.48	0.48	0.48
入力波振幅 (mm)	50	75	100
錘重量 (g)	164.5	164.5	164.5
ばね定数 (kg/mm)	0.0036	0.0036	0.0036

表－1. 実験条件の一例

図－4. は制振装置に働く粘性力と装置の変位の相関を示したものである。振幅に関わらず同一の直線上にデータが載っているが、これは制振装置が装置を構成するばね、装置の重量、装置に加わる水の抵抗

キーワード スロッシング、位相差、レイリー減衰

連絡先 〒740-0044 山口県岩国市通津2 3 9 6 勝井建設(株) TEL 0827-38-1231

以外の力が入力されていないことを示している。

図－ 5． は、制振装置の振動抑制効果を示すものである。

減衰定数 C はレイリー減衰式（式 2）に支配されている。

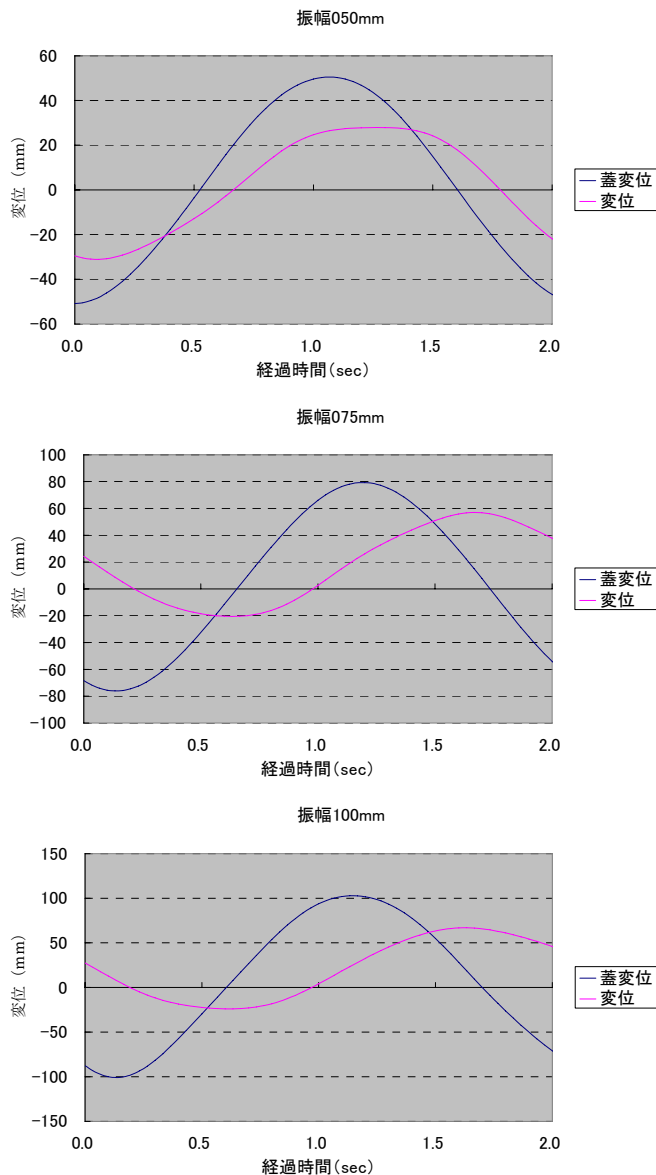
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f$$
$$c = \alpha m + \beta k$$

…（式 2）

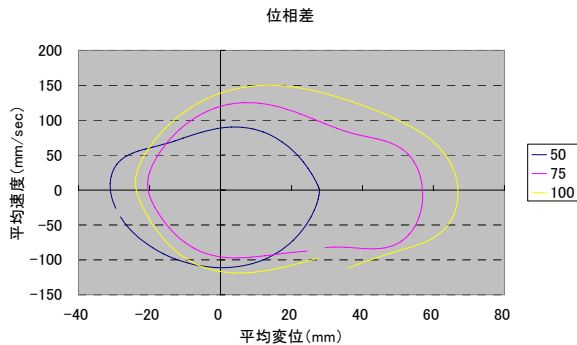
上式は図－ 5． の原点付近では速度項が過大となり成立しないが、それ以外の箇所では一定値を取る。変位が負の場合の値は－0.2kgf/mm である。この値は装置が下降中のため、水の抵抗を受けて装置が浮き上がり、ばねがたわんで見かけ上の値が大きく出ているものと考えられる。変位が正の場合の値は－0.1kgf/mm 程で、これが本制振装置の振動抑制効果を示す数字であり、抑制効果の程度を示している。

4. まとめ

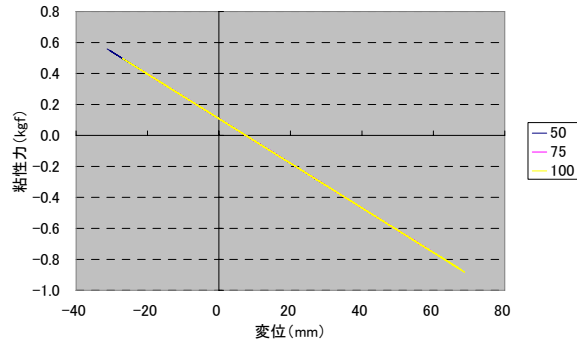
- ・ スロッシングの振幅が大きくなると、浮屋根の振動と制振装置の運動の間の位相差が大きくなり、スロッシングのエネルギーをより吸収しやすくなる。
- ・ 制振装置のスロッシング抑制効果をレイリー減衰式により数値として把握した。



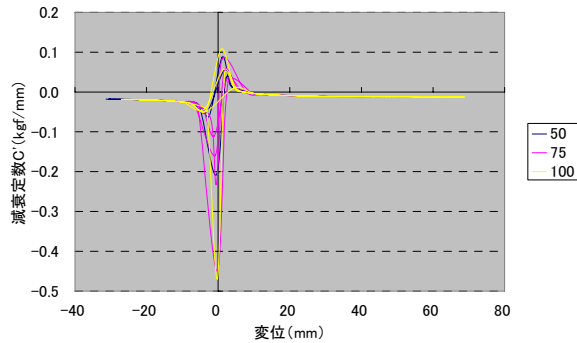
図－ 2． 浮屋根変位と制振装置の応答



図－ 3． 振幅による位相差の比



図－ 4． 粘性力－変位の相関



図－ 5． レイリー減衰