

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5)

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）の抑制を試みたものである。本年度は一昨年度までの研究に引き続き、スロッシングの挙動把握のため、液面の応答変位・浮屋根の挙動特性を調査した。

2. 実験概要

本研究では図-1. に示す 550×φ2000 の円筒形アクリル製タンクを水平方向に起震する。浮屋根は実物との重量比を考慮してポリプロピレンシートによりモデル化し、周縁部に 15×15mm、肉厚 1mm のアルミ製アングルを据え付けてポンツーンに換えた。

本モデルの固有振動数は式(1)より $f=0.479\text{Hz}$ である。起震条件としては振動数の他に振幅±4mm、加振時間 30sec で制御した。

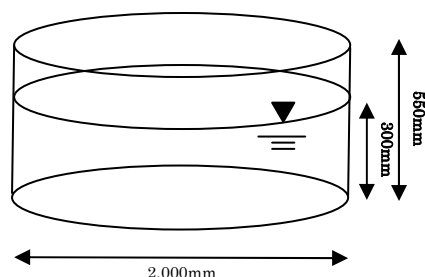


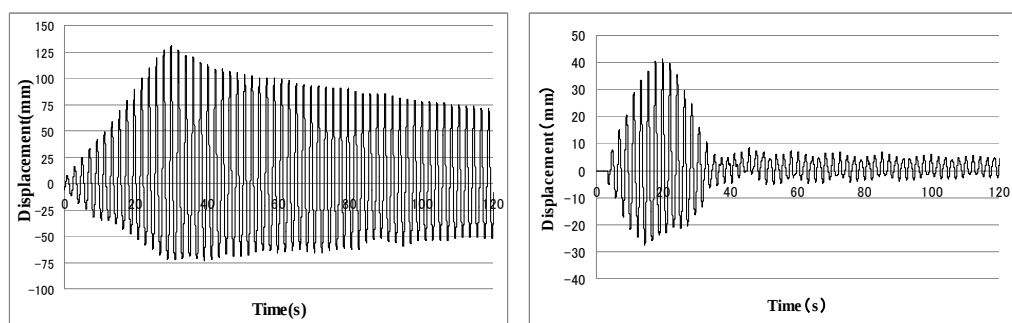
図-1. 起震実験モデル

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R \times 1.814 \times \tanh\left(\frac{1.814 \times h}{R}\right)}} \quad \dots (式1)$$

R : タンク半径 (m)、h : 液深 (m)、g : 重力加速度 (m/s^2)

3. 解析結果

- ・ 応答減衰特性

図-2. 応答減衰曲線 (左 : $f=0.479\text{Hz}$ 右 : $f=0.45\text{Hz}$)

応答減衰曲線を比較すると、共振域以外では起振 20 秒付近で減衰傾向が顕著に発現し、定水位に戻る曲線形状が確認できる。これは、タンク固有周期と入力された起振が一致せず十分な共振が得られないためと考えられる。また液面高に着目すると、上下正対象ではなく上昇変位が下降変位を超越する非対称な応答特性が認められた。

キーワード スロッシング, 乱流, 非線形挙動

連絡先 〒740-0044 山口県岩国市通津 2396 TEL 0827-38-1231 (代)

・ 液面横断形状特性

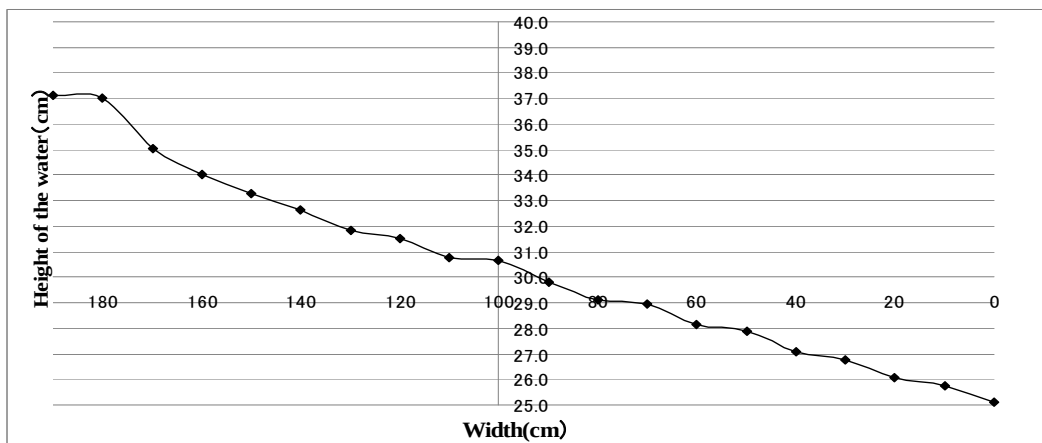


図-3. 液面横断形状 ($f=0.479\text{Hz}$, 20sec)

起振 20 秒後の液面形状から非線形挙動が確認された。スロッシングによる流体構造連成挙動が乱流挙動に起因し、応答減衰曲線に影響したものと考えられる。

・ 応答変位特性

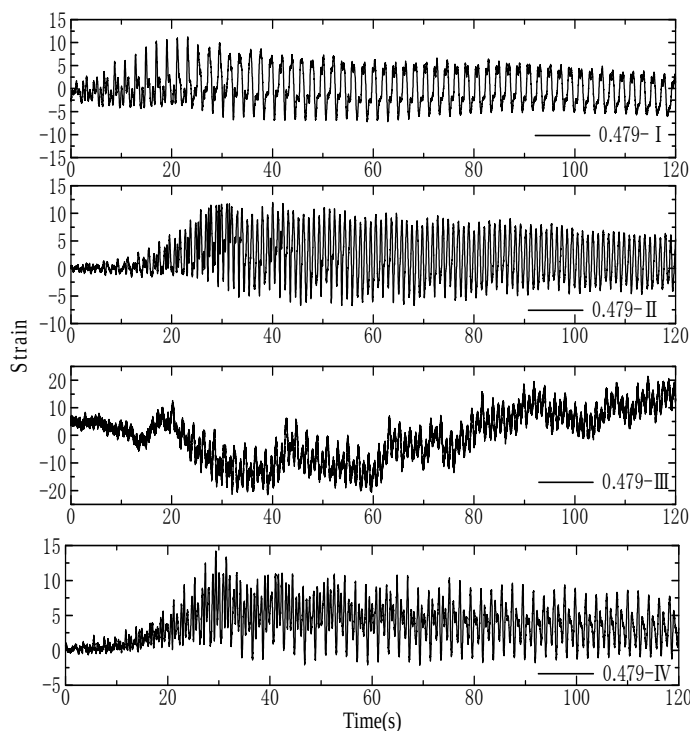


図-4. 応答変位曲線 ($f=0.479\text{Hz}$)

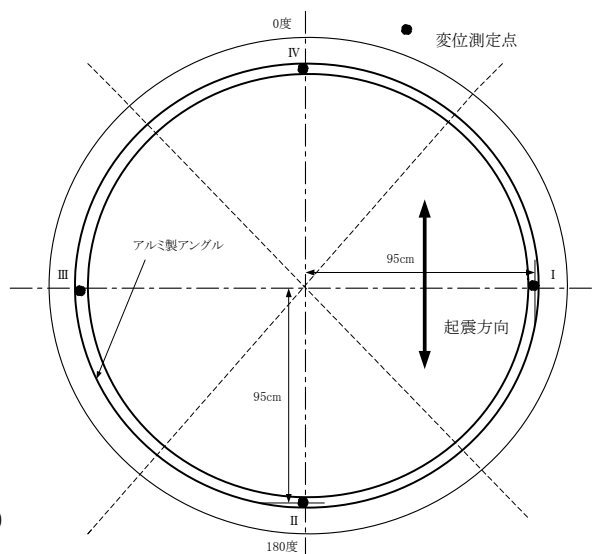


図-5. 浮屋根の変位測定点

加振方向の応答曲線は、上下に変動する曲線形状を示す。これは、共振時の波が加振方向 (II・IV) だけでなく円周方向にも働き、円運動を伴った波を形成するため、浮屋根が回転するため生じている。

また、加振に対して垂直方向 (I・III) にも歪みが発生しており、スロッシング時の流体構造連成挙動は線形 (層流) ではなく非線形 (乱流) であると考えられる。

5. 結論

- ・ 共振が生じた場合、減衰・沈静化に長時間を要するため、起震中の液面変動を抑制する必要がある。
- ・ スロッシング時の流体構造連成挙動は、流体の乱流挙動を起因し、非線形挙動を示す。
- ・ 共振時の波は加振方向だけでなく、円周方向にも働いて、浮屋根を回転させる。
- ・ 加振方向だけでなく、加振に対して垂直方向の歪みが液面変動に及ぼす影響も相応に大である。