

埼玉大学 学生員 中島 弘人
 埼玉大学 正員 秋山 成興
 埼玉大学 正員 池田 駿介

1. はじめに

大型薄肉タンクの動的挙動に伴うタンク側壁と内部液体の連成振動（バルジング）についてはすでに前報¹⁾で報告している。その際、タンクを弾性マット（ゴム板）上に設置することにより弾性固定の場合の挙動についても調べたが、その影響として共振振動数が低下することが明らかとなった。しかし、動水圧分布あるいはひずみ分布上に生じる影響はあまり顕著ではなかった。これは、ゴム板の厚さ（2cm）が不十分であったことなどによると思われる。そこでこれに引き続いて弾性層の厚さあるいはその剛性を変化させた場合にタンクの動的挙動が受ける影響を、動水圧およびひずみを中心に測定することにより実験的に調べた。以下に報告する。

2. 実験方法

実験には、図-1に示すような直径1m、厚さ1.5mmの塩化ビニル製タンク（ヤング率 $3.3 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ ）を用いた。実験はこのタンクに水を満たし（水深70cm、90cm）、振動台上の地盤モデルにタンクを載せて変位制御（両振幅1mm）で正弦波加振した。地盤モデルの材料は、ホモゲルとプラスチックの2種類を用い、ケース1ではホモゲル1層、ケース2では、ホモゲル（下層）の上にプラスチックゲル（上層）を載せた2層として行なったが、それらの寸法および剛性は右表に示すようである。動水圧計は底板からの高さを高さ方向に10cmおきに変化させ加振方向に向けてタンク内壁に6点配置し、ひずみゲージは高さ5cmの円周上に等間隔に12点配置したが、計測は対称性を考慮してこの中の1/4円（4点）について行なった。

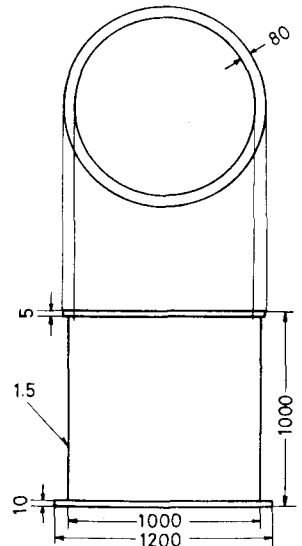


図-1 模型タンク

地盤モデルの概要

	ケース1	ケース2
材料	ホモゲル	ホモゲル（下） プラスチックゲル（上）
寸法	1200×1200×100 (mm)	1200×1200×100(下) 1200×1200×70(上)
弾性係数	763 g/cm ²	763 g/cm ² (下) 469 g/cm ² (上)

3. 実験結果及びその考察

図-2は、水深70cmの場合の動水圧の応答曲線であり、高さ10cmの測定点での値を示している。図-3は、加振方向のひずみより計算した応力を、曲げ応力の膜応力に対する絶対値の比 σ_b/σ_m によって整理したものである。さらに図-4～図-6には、それぞれ動水圧の高さ方向分布の代表的なものが示されている。

ケース1では動水圧の共振点が14Hz付近に存在し、23Hzには小さな共振点がある。4Hz付近で値が大きくなっているが、これは液面動揺（スロッシング）の影響によるものと思われる。14Hz付近の共振時の動水圧分布が図-5に示されており、これを見ると、分布形状は弾性層のない場合と似ているが値はかなり大きなものとなっている。それに対し23Hzの共振時の分布は、図-6に示されているようにタンク上部で負圧が生じており、水の上層と下層では逆位相になっていることがわかる。これらのことから14Hzでの共振はスウェーを伴うせん断振動であり、23Hzでの共振は、回転中心が底板から高さ45cmの付近にあるロッキング振動であるということが容易に予想される。

これら2つのタイプの振動が存在していることは図-3によって理解することができる。この図は曲げ応力状

態がどの程度支配的であるかを示した図であり、ケース1の場合 14Hz以下では膜応力状態、15Hz以上では曲げ応力状態が支配的であることがわかる。前報¹⁾で明らかにしたように、タンクが水平振動を受けているときは膜応力状態と考えてよく、その結果この 14Hz以下ではせん断振動が卓越していると考えてよいと思われる。一方、15Hz以上の振動数での曲げ応力状態はロッキング振動と関係している。すなわち、タンクの回転によって底板のフランジ部分が曲げを受け、その結果壁体には面外曲げが作用し曲げ応力状態となるようである。また、この図中のケース2についての円周方向における応力比からは、この方向についての応力状態が振動タイプに関係なくほぼ膜応力状態となっていることがわかる。

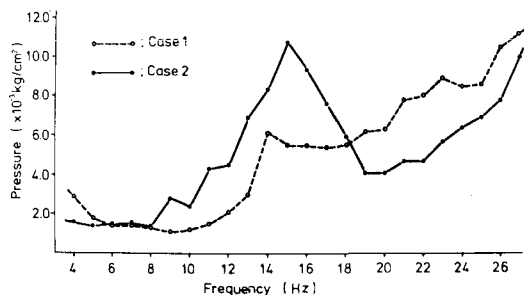


図-2 動水圧の応答曲線

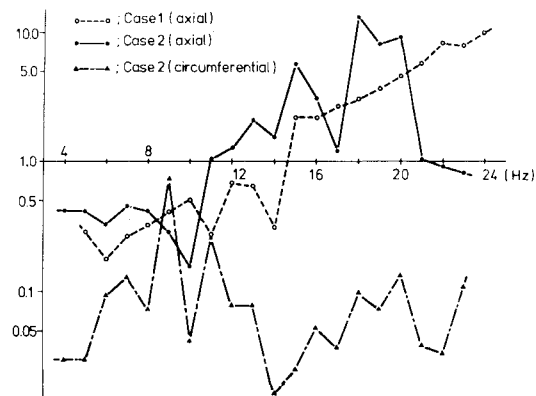


図-3 DB/DM ~ 振動数曲線

ケース2についても同様な現象が生じている。図-2から明らかにように 15Hz付近に大きな共振点があり、この時の動水圧は、14Hzでのものと同様な分布であって、図-5に示されているようになっている。この動水圧分布は、図-5, 6より明かなようにケース1の場合のロッキング振動の共振時における分布ときわめてよく似ており、振動タイプがロッキング振動であることがわかる。次に

図-3でケース2の支配的応力状態が11Hzを境にして変化していること、図-4の動水圧分布が図-5のケース1のものと同様な分布をしていることなどを考慮すると、せん断振動の共振点が9Hz付近に存在するように思われる。

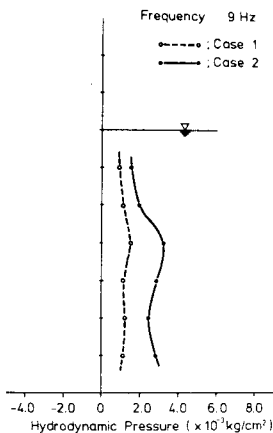


図-4 動水圧分布(1)

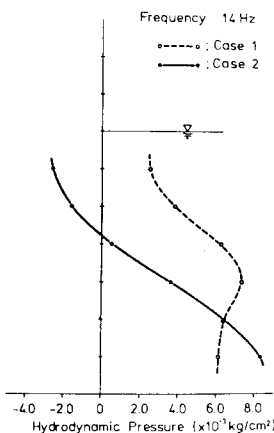


図-5 動水圧分布(2)

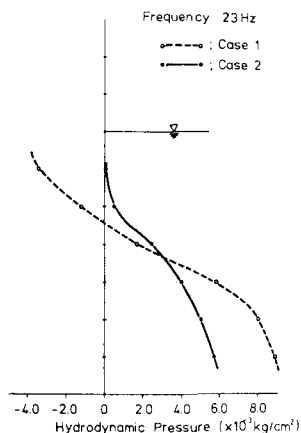


図-6 動水圧分布(3)

ロッキング振動の場合

ケース1からケース2への共振振動数の低下は65%程度であり、同じ低下率を仮定するとせん断振動では、共振振動数は14Hzから9Hzに低下することが予想され、前述のことと一致する。

4. おわりに

タンク底板は剛であり側壁だけの変形を考慮すればよい場合に、ロッキング振動によって側壁の応力状態などがどの程度影響を受けるか検討することが必要であると思われる。

参考文献

- 1) 小川、榎本、奥村「たねみ性を有する円筒貯液タンクの振動性状について」第33回講演要旨集第1部
- 2) 奥村ら "Some Investigations on the Dynamic Behavior of Flexible Cylindrical Liquid Storage Tank" 靖国基紀要第7巻1977