

埼玉大学 正員 奥村 敏恵
 “ “ 中村 広昭
 川崎重工業 “ “ 小川 浩

1. まえがき

貯液タンクの動的挙動に関する研究では、従来、壁体を剛と仮定したモデルによる解析が行われてきた。しかしながら、近年、タンクの大型化に伴い、タンク側壁の薄いたわみ性を有する貯液タンクが増加している。したがって、地震時の共振現象としては、液面動揺（スロッシング）のみでなく、内部液体とタンク側壁の連成による共振（バルジング）も考えられる。この側壁のたわみ性を考慮した解析からは、従来にはない側壁の変形によって生じる動水圧（変形圧 Hydroelastic Pressure 図-2）の存在も知られる。²⁾ 本報告は、たわみ性を有する模型タンクを用いた振動実験、及び解析を通じ、内部液体とタンク側壁の連成振動の性状について述べたものである。

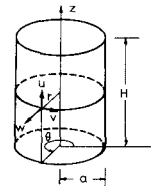
2. 解析の概要¹⁾

タンク側壁を図-1に示すような薄肉円筒シェルとみなし、シェル及び内部液体を、母線方向に対し垂直にリング状に分割した有限要素法を用い解析する。タンク下端は、完全固定されているものとし、水平動のみを受けるものとする。タンクに働く動水圧（図-2）は、側壁の強制変位による加速度から生じる衝撃圧（Impulsive Pressure）、液面動揺による振動圧（Convective Pressure）、側壁の加速度的変形から生じる変形圧（Hydroelastic Pressure）がある。前者二つは、Housner等の剛体壁理論からも計算できるが、変形圧は、従来の方法では、評価できない。なお、本報告では、バルジング現象に注目するため、液面動揺を無視（ $\phi=0$ ）し、振動圧を考慮していない。これは、バルジング及びスロッシングの一次固有周期が離れているため、分離して考え得るからである。以下の振動数応答曲線の計算には、減衰定数を1%とした。シェルには薄膜理論を用いたが、シェルの一般理論を用いた場合に対しても十分な近似法であることが確かめられている。

3. 実験の方法

実験には図-3に示すような内径1m、高さ1mの硬質塩化ビニル製（ヤング率 $3.3 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比0.31）のタンクを用いた。タンクは、振動台上に完全固定し、正弦波で振動させた。振動方向の加速度（タンク頂上及び振動台）、側壁の変位、側壁に働く動水圧を、変位制御で測定した。（図-4）

Elastic-Walled Tank Model with Cylindrical Coordinates and Positive Displacements



Boundary Condition of Contained Fluid

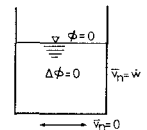


図-1 解析モデル

図-2 動水圧の種類

Schematic Representation of Hydrodynamic Pressure

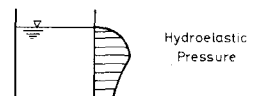
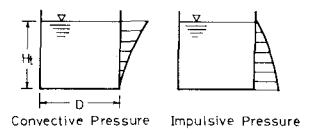


図-4 実験装置

- 1 Accelerometer (Top)
- 2 Wave Gage
- 3 Wire Strain Gage
- 4 Pressure Gage
- 5 Gap Sensor
- 6 Stand
- 7 Accelerometer (Bottom)
- 8 Base Plate
- 9 Displacement Pickup
- 10 Vibrating Table
- 11 Basin

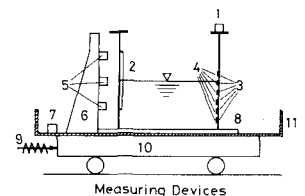
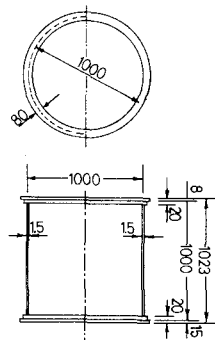


図-3 実験タンク



4. 実験結果及びその検討

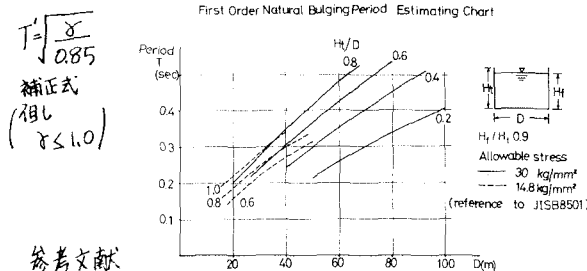
図-7 から図-9 に、動水圧、変位の増幅率、加速度の増幅率に対する振動応答の測定値を示す。図中の▽印は、一次のバルジング固有振動数の理論値を示す。共振振動数が存在するとみられるところで測定値がないが、そこでは、うなりが発生して明確な測定値が得られなためである。これは、系の固有振動数と強制外力の定常振動の合成振動とみられる。台変位が小さい方が理論値との一致はよい。19 Hz 付近で、鋭いピークを示すが、これは線型理論では得られないもので、他の何らかの原因が考えられる。

図-5, 6 に、動水圧の高さ方向の分布を示す。図に示す振動数は、うなりの領域の両側におけるものである。測定された動水圧は、理論から求めた衝撃圧(剛体タンクの場合の動水圧)の数倍の値を示している。この差が変形圧と考えられる。

ら、あとがき

以上のように明らかにバルジングと思われる現象が観察されており、側壁と内部液体の連成振動に対する評価も必要であると考えられる。最後に、実際に存在する大きさのフローティングルーフタンクでは、バルジング周期がどのくらいになるかを推定する図表を図-10 に示す。これは、 H_t/D (タンクの高さと内径の比) 及び D (内径) から、バルジング周期 T を推定するものである。内部液体の比重は、0.85 (原油)、 H_f/H_t は、一定である。板厚は、JIS B 8501 を参照した。内部液体の比重が 0.85 以外の時は、次の補正で T が求まる。

図-10 一次バルジング周期推定図表



- 1) 奥村, 秋山, 岡崎有限要素法による液体を含む薄肉タンクの内部液体とタンク本体の連成振動解析, 北沢内閣支部第42次研究発表会講演論文集
- 2) 岡田, 坂井, 迫田, 多田有限要素法による大型液体タンクの地震応答解析(続報), 山崎技報 No. 61 1976. 8

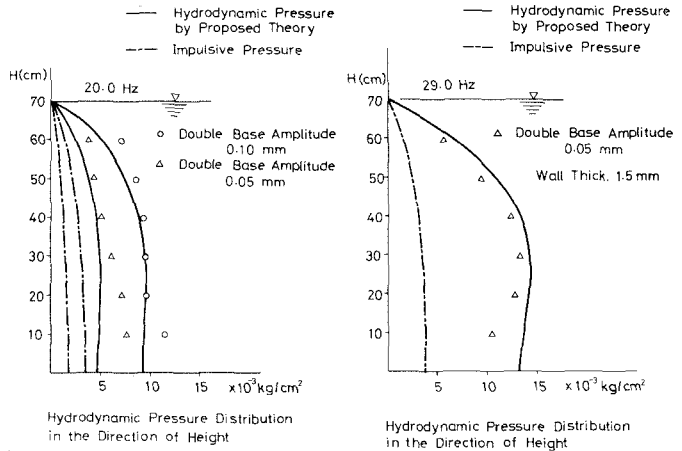


図-5, 図-6
高さ方向の動水圧
分布

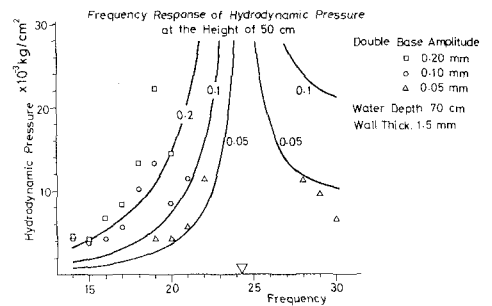


図-7 動水圧の振動数応答曲線

図-8 変位増幅率の振動数応答曲線

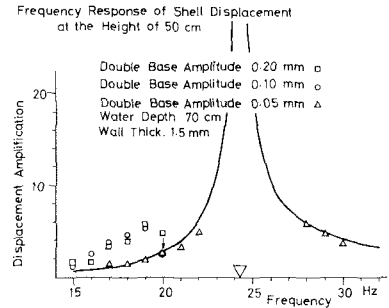


図-9 加速度増幅率の振動数応答曲線

