

I-570

振動台実験による台形貯槽内容液の2次元動特性

九州共立大学 工学部 正員 小 坪 清 真
九州工業大学 工学部 正員 ○高 西 照 彦
九州工業大学 工学部 正員 多 田 浩

1. まえがき 著者等はこれまでに、一般に液体貯槽が強制変位を受けたときに生ずる液面動揺（スロッシング）の時間的発達過程を、主として長方形2次元液体貯槽模型の場合について実験的に明らかにすると共に、VOF法（Navier-Stokesの方程式を差分法によって解く近似解法）及びBEM（境界要素法）を用いた数値計算を行って、液面変位と壁面動水圧の時間的変化を算出した。両者の結果を比べると、計算値は実験値をよくフォローしているといってもよいことが判った^{1)・2)}。本論では主として台形2次元液体貯槽模型を対象として、これを振動台上に設置して正弦波及び不規則波を加え、水深をいろいろに変えた場合について、液面変位及び壁面動水圧の時間的発達過程を計測した。

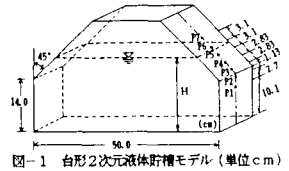


図-1 台形2次元液体貯槽モデル（単位cm）

2. 振動実験 A. 実験装置 実験装置は前論¹⁾のものと同一である。図-1に台形模型を示す。図中 p_i は水圧計取り付け位置を示している。水圧計は共和電業製PGM-02KG（容量200gf/cm²）である。加振加速度は振動台上に取り付けた加速度計で計測し、液面変位はビデオカメラを用いて、液面形状はモータードライブカメラを用いて記録した。入力波は正弦波については振動台内蔵のものを用い、不規則波についてはあらかじめカセットテープに記録されたものを外部入力として振動台に与えた。B. 固有振動数及び減衰定数 調和波入力の振動数をいろいろ変えて加振したときの液面の応答変位の共振曲線から台形貯槽内容液の固有振動数を定めた。他方、線形BEMによって内容液の固有振動数と自由表面及び壁面動水圧の振動形を算出した。表-1に固有振動数を、図-2に振動形の一例を示す。また、共振時に入力を急に0にして内容液に減衰自由振動を生じさせた。このときの液面変位の記録から減衰定数を定めた（図-3参照）。水深 $H=19$ cmの台形貯槽の場合のそれは $h=0.00318$ であった。同じ大きさの長方形貯槽で水深 $H=15$ cmの場合の減衰定数は $h=0.00468$ であるので、両者を比べると後者の方が減衰定数は多少大きいといえる。C. 正弦波入力 振動台上に設置した台形貯槽に内容液の共振振動数と等しい正弦波入力を加え、水深と入力加速度とをいろいろ変えた場合について液面変位と壁面動水圧の時刻歴応答並びに液面波形を計測した。得られた結果の一例を図-4、5に示す。D. 不規則波入力 不規則波入力の場合についても、正弦波入力の場合と同様な測定を行った。不規則入力波としては日本海中部地震（1983.5）の秋田港における記録（EW, NS成分）を採用し、その最大加速度をいろいろ変えて入力したときの時刻歴応答を計測した。得られた結果の一例を図-6

水深 H (m)	0.133	0.149	0.190
実験値	1.058	1.106	1.354
理論値	1.024	1.102	1.365

表-1 台形2次元液体貯槽モデルの固有円振動数（Hz）

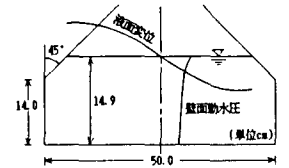


図-2 液面変位と壁面動水圧の第1次振動形

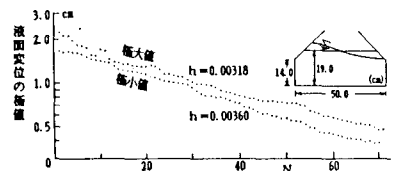
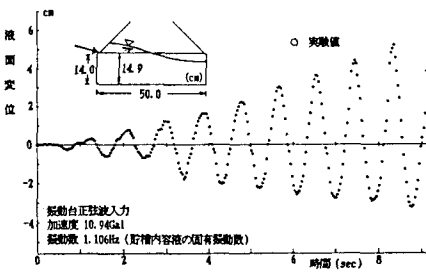
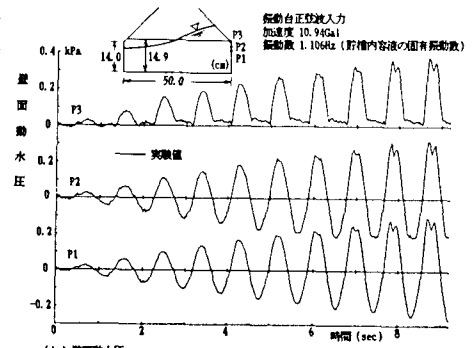


図-3 減衰自由振動による減衰定数の決定

振動台上に設置した台形貯槽に内容液の共振振動数と等しい正弦波入力を加え、水深と入力加速度とをいろいろ変えた場合について液面変位と壁面動水圧の時刻歴応答並びに液面波形を計測した。得られた結果の一例を図-4、5に示す。D. 不規則波入力 不規則波入力の場合についても、正弦波入力の場合と同様な測定を行った。不規則入力波としては日本海中部地震（1983.5）の秋田港における記録（EW, NS成分）を採用し、その最大加速度をいろいろ変えて入力したときの時刻歴応答を計測した。得られた結果の一例を図-6



(a) 液面変位
図-4 振動台正弦波入力に対する時刻歴応答（実験値）



(b) 壁面動水圧
図-4 振動台正弦波入力に対する時刻歴応答（実験値）

～9に示す。3. 結果及び考察 (i) 台形貯槽はその両側に内側に傾斜した壁を有しているので、長方形貯槽の場合と比べてより低い波高で砕波を生ずる。したがって波高は後者より低い一定の高さ以上には発達しない。(ii) 正弦波入力の場合でも不規則波入力の場合でも、砕波が生じない範囲では液面変位の極値が鉛直壁と傾斜壁との境界を越えないときと越えた後とは波高の成長速度が異なり、後者の方が成長速度が大きい。また一般に、水深の小さい場合の方が液面変位の非線形性が著しい。(iii) 不規則波入力の場合、液面変位はスロッシングの第1次固有振動数にほぼ等しい振動数で振動する。このことは、ハウスナーが提案しているように、スロッシング振動が自由度振動系で表現できるということを裏付けるものである。(iv) 壁面動水圧については液面変位の場合と異なり、その極大値と極小値の絶対値とはほぼ等しい。水深の深い場合には長方形貯槽の場合と同様に後者の方が多少大きくなる。(v) 波高が発達してくると動水圧の極大値は単峰から双峰に変化する。このとき最初の峰の方が二番目のそれより高い。(vi) 壁面動水圧の極値は深さ方向にはほぼ等しい値を有する。

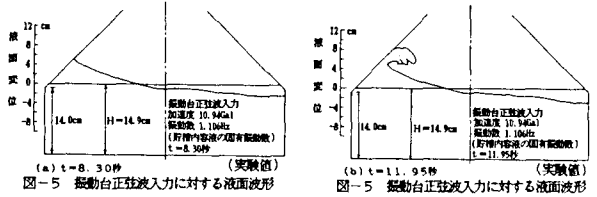


図-5 振動台正弦波入力に対する液面波形

図-5 振動台正弦波入力に対する液面波形

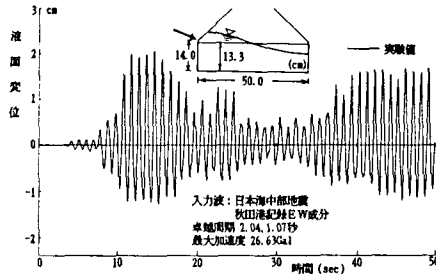


図-6 不規則波入力に対する時刻歴応答 (実験値)

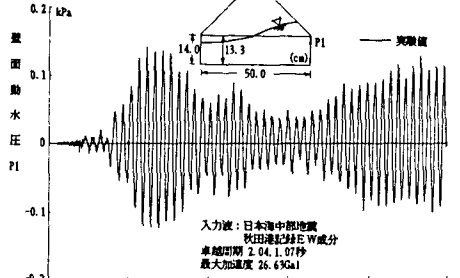


図-6 不規則波入力に対する時刻歴応答 (実験値)

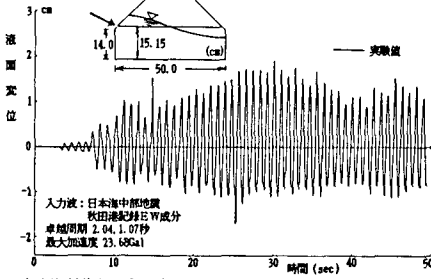


図-7 不規則波入力に対する時刻歴応答 (実験値)

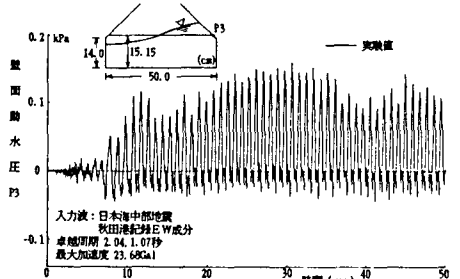


図-7 不規則波入力に対する時刻歴応答 (実験値)

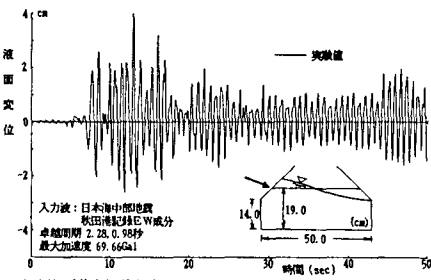


図-8 不規則波入力に対する時刻歴応答 (実験値)

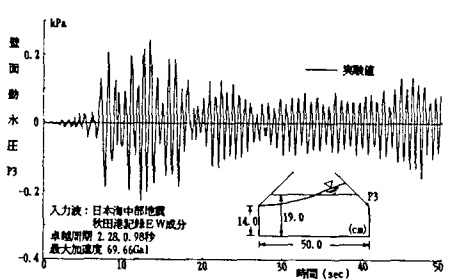


図-8 不規則波入力に対する時刻歴応答 (実験値)

1) 小坪・高西・多田
: 模型貯槽内容液の動的応答特性, 第19回地震工学研究発表会講演概要, 1987.6.

2) 小坪・高西・多田
: 境界要素法による液体貯槽の動的応答解析, 土木学会西部支部研究発表会, 1988.3.

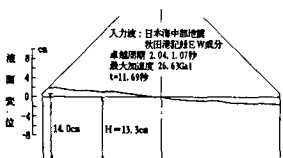


図-9 不規則波入力に対する液面波形 (実験値)

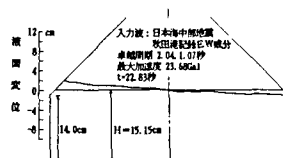


図-9 不規則波入力に対する液面波形 (実験値)

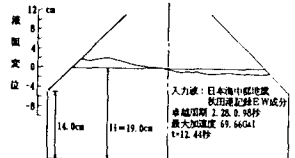


図-9 不規則波入力に対する液面波形 (実験値)