

I-557

模型液体貯槽の壁面動水圧の応答実験

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 〇高 西 照 彦

九州工業大学 工学部 正員 多 田 浩

1. まえがき 液体貯槽が地震を受けたとき、貯槽壁面には静水圧の他に内容液の振動によって生ずる動水圧が加わることはよく知られている。液体貯槽の合理的な設計を行うには、地震時における壁面動水圧応答の最大値を推定することが必要である。そのためには、現在既に築造されている液体貯槽に対して、それが地震を受けた際に、その壁面動水圧を数多くの場合について実測することによって、あるいは実規模の液体貯槽を作製し、これに対する振動実験を行ってその壁面動水圧を計測するなどして、設計に役立つ資料を収集すればよいのであるが、その様なことはいずれもそれを実行するには多大な困難が伴う。本論は、比較的小さな貯水槽を用いて、振動台による振動実験を行うことによって得られた結果から、実規模の液体貯槽に対する壁面動水圧及び波高の地震応答の最大値を合理的に推定する方法について述べた。さらに、小型模型液体貯槽に対する振動実験を行い、その結果を用いて、実規模液体貯槽の壁面動水圧の地震応答スペクトル図を作成した。

2. 基本的な考え方 本論では貯槽内溶液の運動が線形の範囲内にある場合について考える。まず、その内容液の動特性を解明したい実規模液体貯槽と相似な小型の液体貯槽模型を作製し、それに一定の水深まで液体を満たす。いま、模型の長さ l と水深 h が、いずれも実規模液体貯槽のそれらの α^2 倍であるとする。このとき、模型貯槽内溶液のスロッシングの第1次固有周期 T_m は実際の貯槽内溶液のそれ(T_p)の α 倍になる($T_m = \alpha T_p$)。次に、この模型貯槽を振動台上に設置して、振動台入力として実地震の加速度記録 $\ddot{\phi}(t)$ の時間軸が α 倍になるように調整した加速度記録 $\ddot{\phi}(\alpha t)$ を採用して振動実験を行い、壁面動水圧 σ_m 及び波高 ξ_m の時刻歴応答値を計測する。実規模液体貯槽が $\ddot{\phi}(t)$ の実地震を受けたとき、その壁面上の動水圧(σ_p)及び波高(ξ_p)の時刻歴応答値は、内容液のスロッシングの第1次振動のみを考えれば、小型模型の相対応する点におけるその $1/\alpha^2$ になる($\sigma_p = \sigma_m/\alpha^2$, $\xi_p = \xi_m/\alpha^2$)。したがって、 α をいろいろ変えた場合について、すなわち実地震記録の時間軸の伸縮率をいろいろに変えた加速度記録を作成しておいて、これらをそれぞれ振動台に対する入力加速度として採用し、模型液体貯槽の振動実験を行って、この時の壁面動水圧及び波高の時刻歴応答を計測し、その最大応答値($\hat{\sigma}_m$ 及び $\hat{\xi}_m$)を求めて、 $T_p(=T_m/\alpha) \sim \hat{\sigma}_p(=\hat{\sigma}_m/\alpha^2)$ 曲線あるいは $T_p \sim \hat{\xi}_p(=\hat{\xi}_m/\alpha^2)$ 曲線を描けば、その内容液のスロッシングの第1次固有周期が T_p であるような模型貯槽と相似な実規模液体貯槽に対する壁面動水圧及び波高の地震応答スペクトル曲線が得られたことになる。

3. 模型液体貯槽の振動実験及び結果 模型貯水槽としては図-1に示すように、長方形、円筒形及び台形のものを用いた。これらはいずれも厚さ10mmあるいは3mmのアクリル樹脂製で、その大きさ、水深及び水圧計の位置は図に示す通りである。水深については3者のスロッシングの第1次固有周期が同じ($T_m = 0.645s$)になるように定めた。このようにすれば、これら3種類の模型を同時に振動台上に設置して振動実験を行うことができて便利である。水圧計は共和電業製 PGM-02Kg(容量200gf/cm²)を用いた。実地震波としては図-2に示すように、日本海中部地震(1983.5)の秋田港における記録(EW成分)を採用し、その最大加速度を20~50Galの範囲でいろいろに調整して用いた。実地震のフーリエスペクトル

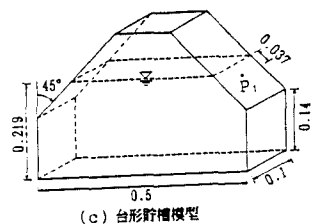
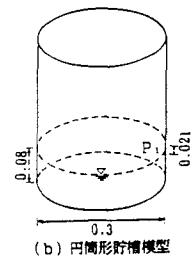
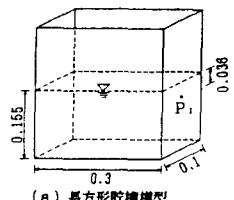


図-1 液体貯槽模型 (単位 m)

ルを図-3に示す。同図における標本点間隔は $\Delta t=0.01s$ 、標本数は $N=16384$ である。実験に用いた振動台入力加速度は、この実地震記録を用いて次のようにして作成した。振動台の入力はアナログ形の加速度記録でなければならないので、デジタル記録として与えられている実地震記録をDA変換して用いなければならない。例えば、実地震記録が $\Delta t=0.01s$ 毎のデジタル記録として与えられている場合に、その時間軸を α 倍に調整するには、変換の際にDA変換器の時間間隔を $\Delta t=0.01\alpha$ 秒にセットしてDA変換を実行するだけでよい。さて、 α をいろいろ変えて作成した振動台入力加速度を用いて、図-1に示す3種類の模型液体貯槽に対する振動実験を行い、壁面動水圧の時刻歴応答を計測して、その最大応答値を求めた。得られた結果の一例を図-4に示す。同図は入力加速度の最大値が20Galの場合について、時間軸の伸縮率 α と壁面動水圧の最大値 $\hat{\sigma}_n$ との関係を示したものである。図-4の結果を用いて $T_p=T_n/\alpha$ 、 $\hat{\sigma}_p=\hat{\sigma}_n/\alpha^2$ を算出し、 T_p と $\hat{\sigma}_p$ の関係、すなわち実規模液体貯槽の壁面動水圧の応答スペクトル図を図-5に示す。同図を利用すれば、図-1に示すような模型液体貯槽と相似な実規模液体貯槽に対する地震時最

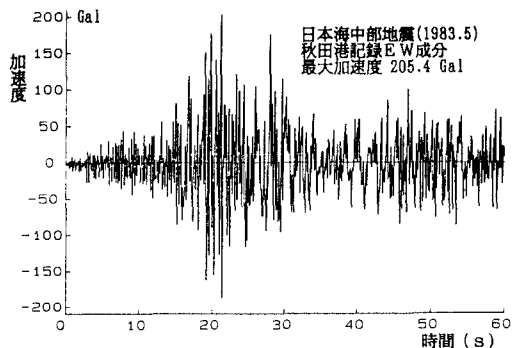


図-2 地震記録

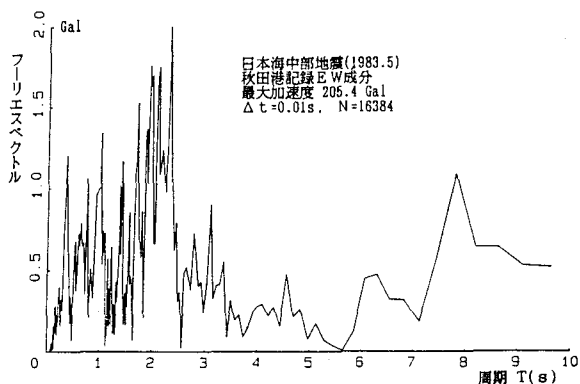


図-3 地震記録のフーリエスペクトル

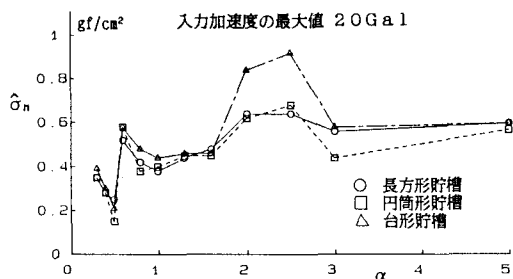


図-4 時間の伸縮率 α と模型貯槽の壁面動水圧 $\hat{\sigma}_n$

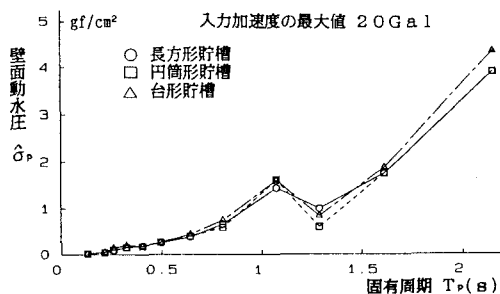


図-5 実規模液体貯槽の壁面動水圧の地震応答スペクトル

大壁面動水圧を容易に推定することができる。図-5から、同じ固有周期を有する長方形、円筒形及び台形液体貯槽の地震時壁面動水圧の最大値は、互いにほぼ等しく、それらは固有周期の増加にしたがって急激に増大していくことが判る。同図において生じている $T_p=1$ 秒付近のピークは、入力波（図-3参照）の1秒付近のそれを反映したものと思われる。線形理論が成り立つ範囲内では、模型液体貯槽の壁面動水圧 $\hat{\sigma}_n$ は振動台入力加速度の増加とともに大きくなるが、時間伸縮率 α と $\hat{\sigma}_n$ との関係は図-4と同じ傾向を保っている。従って、その結果から推定した実規模液体貯槽の地震時壁面動水圧 $\hat{\sigma}_p$ も当然入力地震波の最大加速度の増加と共に大きくなるが、スロッシングの第1次固有周期 T_p と $\hat{\sigma}_p$ の関係は図-5とその傾向は同じである。

実験及びデータ整理には、古賀律勝、渡利和之両君の助力を得た。記して謝意を表します。