

I-302 円筒形貯水タンクの地震時挙動（その2）数値解析による実測との対比

大成建設 正員 ○西 橋 秀 一
同 上 正員 横 山 正 義
同 上 正員 石 田 修

1 はじめに 5000Klの容量を持つ円筒形PC貯水タンクにおいて1979年8月より地震観測が実施されており、これまでに表1に示す様な記録が得られた。前回報告¹⁾では、観測波形記録の紹介と伝達特性等より地盤およびタンクの動特性を把握したが、今回は数値解析によりタンクの応答解析を行ない観測値との比較を行なった。

2 観測記録概要 これまでに観測された記録より得られた、基盤から地表面およびタンク天端に到るまでの加速度応答倍率を図1に示す。基盤(A4)から地表面(A3)に到る増幅率は2~4倍と大きい、タンク底版(A2)から天端(A1)に到る増幅はほとんどないことがわかる。つまり、タンクは剛体的な挙動を示していると考えられる。図2はタンク底版での最大加速度値に対するタンク内容液の最大動水圧値を示したものであるが、ハウスナーの動液圧算定式²⁾による値と良い対応を示している。図の中で直線からはずれた点は、1981年1月23日に三陸はるか沖で発生したマグニチュード6.9、震央距離260kmの遠距離型地震の動水圧記録値であるが、図3に示すようにタンク内容液は周期6.2秒でスロッシング現象を起こしており、スロッシング周期に比べて短周期成分が小さいのでハウスナーの動液圧直線上にのらないと思われる。

3 解析結果 図4に示す様に液体要素とシェル要素との連成系軸対称モデルを作成しモーダルアナリシスによる解析を行なった。解析に使用したプログラムは液体の基礎式に微小振幅波理論を適用し、弾性シェルの理論式と連立して解析するものである。固有値解析の結果より1次固有周期が6.25秒、2次固有周期が、3.29秒であった。これはタンクの内容液の振動によるスロッシング周期であろうと思われる。また、7次固有周期が0.07秒、8次固有周期が0.05秒であり側壁の変形によるバルジング周期であると考えられる。図5のモード図より明らかな様にタンクの変形は低次では内容液の振動が支配的な要因となるが、高次モードでは側壁の変形の影響⁴⁾が大きい。理論式を用いて満水時タンクの固有周期と貯留液体の固有周期を試算すると0.05秒と6.2秒であった。応答解析は1979年9月30日に青森県東方沖で発生したマグニチュード5.3の地震記録を用いて行なった。入力⁴⁾はタンク底版で得られた加速度記録(最大振幅9.4gal)を用い、減衰定数を各次0.5%として10次までのモード合成法により解析した。図6は解析結果と観測記録を比較したものである。天端(A1)での加速度時刻歴および動水圧(W1, W2)の時刻歴は両者共よく類似している。これより本解析法は地震時タンクの挙動を把握するのに妥当なものであると思われる。また、解析した最大動水圧値とハウスナー理論より求めた動水圧は近い値を示している事が図2よりわかる。

4. まとめ 観測記録結果より当該地盤の加速度応答倍率は2~4倍で、タンクはほぼ剛体的な動きを示すことがわかった。遠距離地震においてタンク内容液のスロッシング波形が得られており今後研究を要する課題である。側壁変形を考慮した応答解析において本構造物の様に側壁の剛性が十分高いものは、側壁を剛体と仮定したハウスナーの理論式で近似できると推察される。最後に、本タンクの地震観測に御協力いただいている八戸市水道局に謝意を表します。

5. 参考文献 (1) 石田, 横山, 小軽米: 円筒形貯水タンク地震時挙動(その1) 地震観測記録の解析, 土木学会第35回年次学術講演会 I-281 (1980) (2) G.W. Housner, "Dynamic Pressures on Accelerated Fluid Containers," B. S. S. A., 1957-1 (3) 坂井, 迫田: 大型液体タンクの地震応答に関する研究, 第四回日本地震工学シンポジウム講演論文集(1975) (4) 飯島, 萩原: 円筒シェル水槽の耐震計算について, 土木学会誌44巻10号

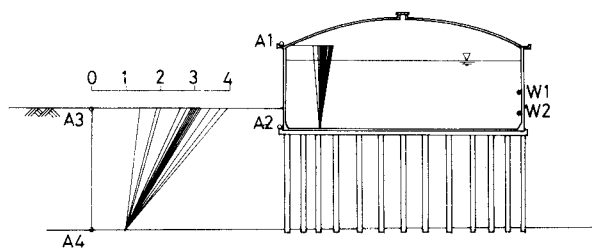


図 1 最大加速度倍率図

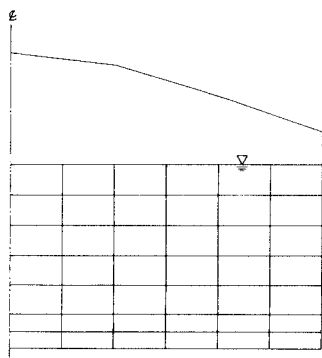


図 4 解析モデル

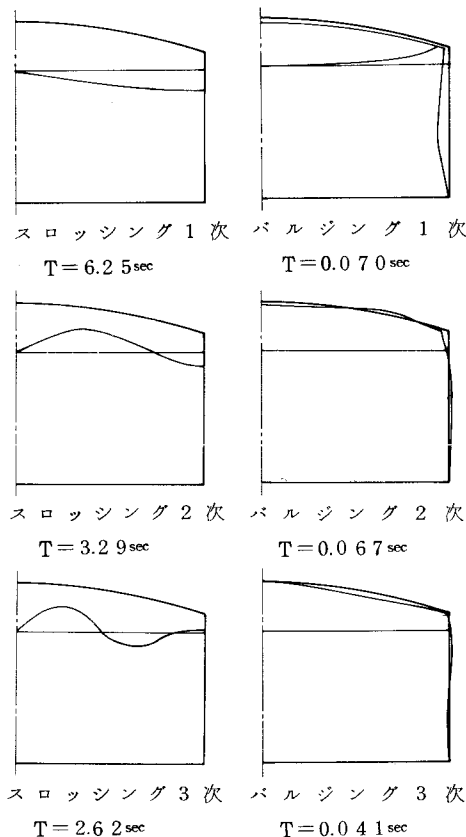


図 5 モー ド 図

表 1 觀 測 記 録

圖 庫 地	發生日期	廣 度 位 置		經 度 ($^{\circ}$ W)	M	廣 度 距離 ($^{\circ}$ W)	八 戶 廣 度
		N	E				
青島嶺東方	1979年9月 17:30	41°27'	147°55'	5.0	5.3	110	■
岩手縣沖	1979年10 8:30	39°56'	147°53'	6.0	5.0	80	■
岩手縣沖	1979年10月 17:46	40°03'	142°07'	5.0	4.4	70	■
三 陸 沖	1980.12.22 20:22	40°36'	142°24'	5.0	4.3	80	■
三 陸 沖	1980.21.3 0:28	40°18'	142°05'	5.0	4.5	60	■
三陸以南方沖	1981.11.18 3:18	38°30'	147°00'	3.0	6.9	2595	■
北海道 北海支庁内陸	1981.12.23 13:58	42°30'	142°12'	8.0	6.9	2298	■

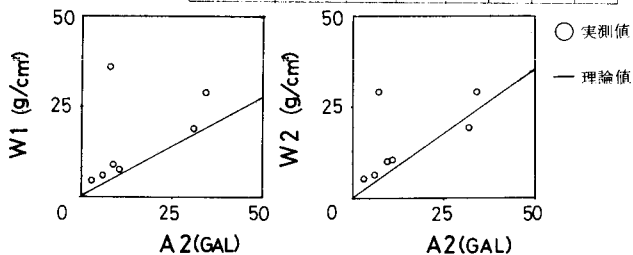


図 2 底版加速度～動水圧相關図

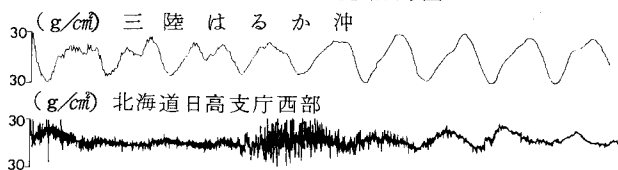


図 3 スロツシング波形

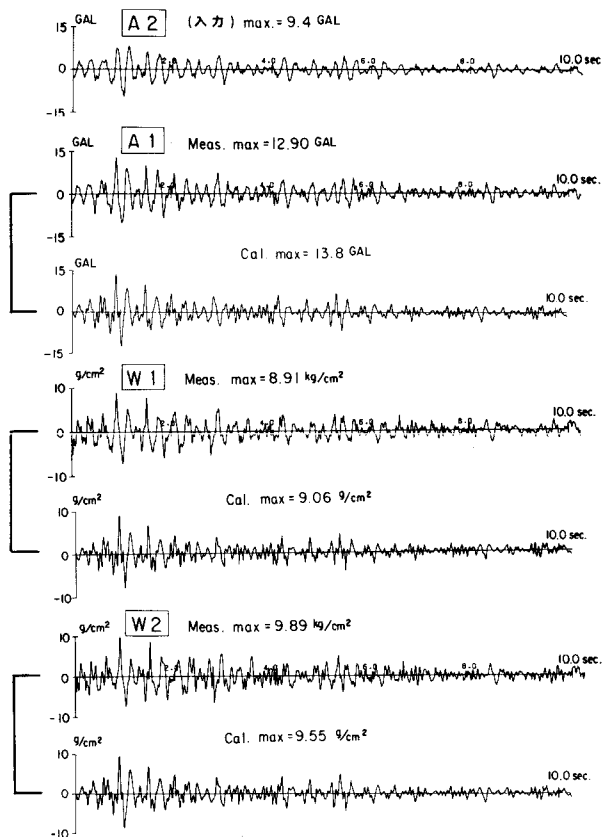


図 6 解析結果