

京都大学工学部

學生員

○

鶴田 大輝

京都大学工学研究科 正会員

五十嵐 晃

京都大学工学研究科 フェロー

家村 浩和

1 概要 液体貯蔵タンクの代表的な地震被害形態として、貯蔵液体の慣性力等により発生する水平作用力によるタンク側板の座屈等の損傷と、貯蔵液体のスロッシングによる被害の2つが挙げられる。液体貯蔵タンクの免震構造化は主に前者の対策である。本研究は、地震時の免震液体貯蔵タンクと内容液体の挙動、ならびに免震構造としての効果を検討するため、数値モデル解析・振動台実験を組み合わせることで、同時に実行する「サブストラクチャーハイブリッド振動台実験」を行ったものである。

2 サブストラクチャーハイブリッド振動台実験法

サブストラクチャーハイブリッド振動台実験法の概念図を図1に示す。本実験手法は構造物の一部分（サブストラクチャー）を取り出した供試体に対して振動台実験を行い、同時に残りの部分の応答計算を実験部分の計測データを取り込んでコンピューターで行うことにより、構造物全体の応答を求める手法である。本研究では、液体貯蔵タンクが実験部分、免震支承が計算部分となる。

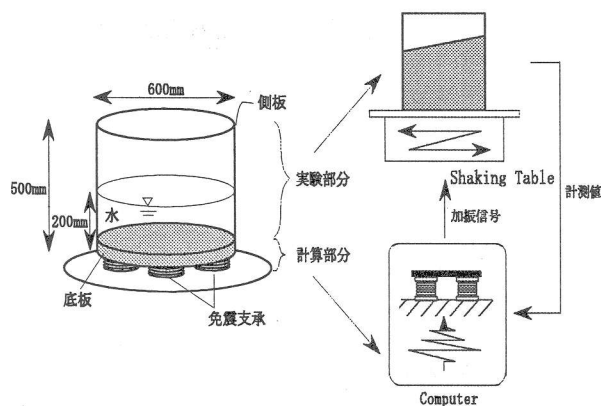


図 1 実験概念図

3 実験システム 本研究では、水平1成分電気油圧サーボ式振動台をベースに構築した実験システムを用いた。構成と振動台及びタンク模型の外観を図

2及び写真1に示す。実験システムの構築にあたっては、この油圧振動台を制御するDSPシステムを組み合わせ、A/DおよびD/Aインターフェースを通じて計測信号を元に振動台への入力信号をリアルタイムで算出している。計算・制御系に組み込んだ振動台動特性補償用のデジタルフィルタは、4次FIRフィルタと、3次IIRフィルタの2段階をカスケードしたもの、振動台の入出力関係の計測に基づいて決定した。

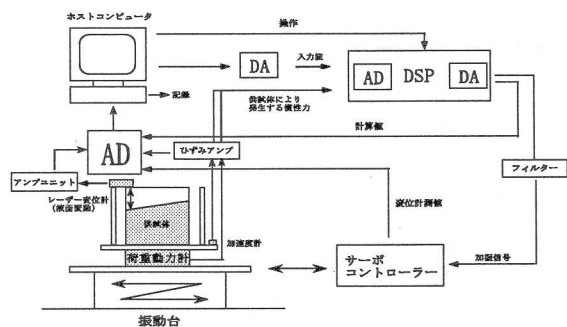


図 2 実験システム

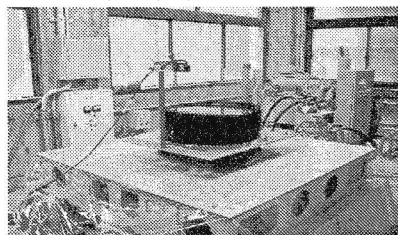


写真1 振動台および実験供試体の外観

4 実験モデルの設定 実験では、図1に示す寸法の円筒形液体貯蔵タンクを免震構造としたものを想定した。なお、本研究では液体として水を想定するものとする。水槽および基礎部分の質量は500kgと仮定し、免震支承の復元力特性は図3に示すバイリニア型履歴モデルとしている。バイリニアモデルの形状を決定するパラメータは以下の組み合わせで決定する。

(1) 降伏荷重:全重量(水+付加質量)の0%、0.5%、1%、2%

(2) 剛性:二次剛性を用いて計算した固有周期が1sec、

1.4sec、2secとなるように二次剛性を定め、初期剛性はその20倍

入力地震動にはEl Centro記録NS成分を1/10にスケリングしたものをを用いた。表1に実験条件(固有周期、降伏荷重)をまとめて示す。

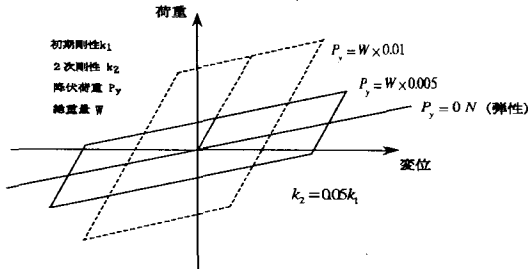


図3 免震支承のバイリニア型履歴モデル

		固有周期		
		1.0sec	1.4sec	2.0sec
降伏荷重	0N	ケース1	ケース5	ケース9
	27.16N	ケース2	ケース6	ケース10
	54.32N	ケース3	ケース7	ケース11
	108.64N	ケース4	ケース8	ケース12

表1 実験ケース

5 実験結果 非免震時における水平力の時刻歴を図4に示すとともに、実験ケース10に対する実験結果を図5に示す。ここで、図5の上の図はタンク側板に作用する水平力、下の図は振動台部分(タンク本体)の相対変位の時刻歴応答である。また、シミュレーションによって求めた時刻歴応答を併せて示す。時刻歴後半では、実験結果とシミュレーション結果に位相のずれ、振幅の差が見られるが、時刻歴前半では波形、ピーク値ともほぼ一致しており、十分な精度で実験が行われたと考えられる。次に、各実験ケースにおいてタンク側板に作用する水平力及び振動台部分の相対変位の最大値をまとめたものを図6に示す。これらの図より、実験ケース10の場合に免震の効果が最大となり、非免震時と比較すると、側板に作用する水平力は約60%にまで低減されていることがわかる。これは、履歴によるエネルギー吸収が最も効率的であったためであると考えられる。また、実験結果全体を通して、降伏荷重が総重量の0.5%、1%の場合に免震効果が大きくなっていることがわかる。

6 結論 本研究では、振動台上に模型水槽を設置し、計算部分にバイリニアモデルを適用することに

よって免震液体貯蔵タンクに関するサブストラクチャーハイブリッド振動台実験を行った。その結果、地震時にタンク側板に作用する水平力や、タンク本体の相対変位等を本実験手法を用いて検討できることが確認された。

参考文献

- [1] 五十嵐晃, 家村浩和, 田中創: サブストラクチャーハイブリッド振動台実験システムの開発と振動制御デバイスの性能検証実験への適用, 構造工学論文集, Vol.49A, 2003年

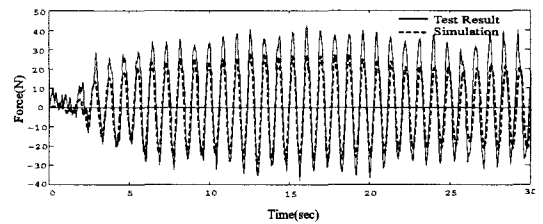


図4 実験結果(非免震時)

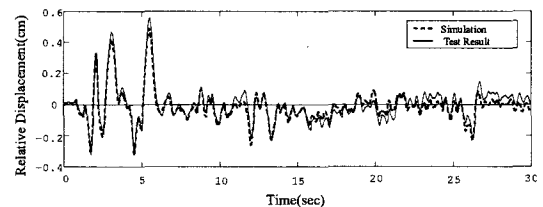
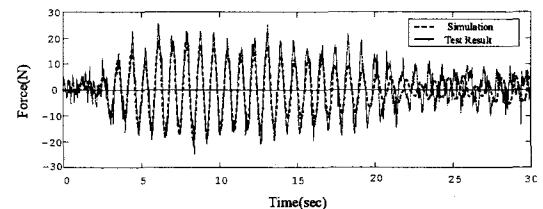


図5 実験結果(上:タンク側板に作用する水平力、下:振動台部分(タンク本体)の相対変位)

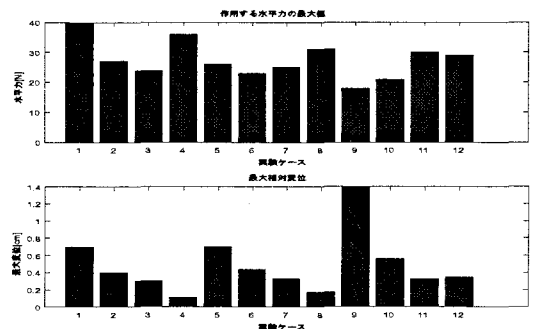


図6 実験結果(上:タンク側板に作用する水平力、下:振動台部分(タンク本体)の相対変位)