

I-524

タンクの免震に関する研究

鏑大林組 技術研究所 正員 中 村 嶽
鏑大林組 技術研究所 岡 田 宏

1. 目的 耐震設計の一手法としての免震構法は、地上構造物への入力地震動の低減が可能となる点にメリットがある。我国の建築分野においては、昨年より積層ゴムを使用した実用免震建物が建設されており、原子力施設を含む様々な構造物への免震構法の適用が検討されている。従来の地盤や構造物で支持されたタンクのスロッシングや内部貯液との連成に関しては種々の実験および解析による検討が行なわれているが、免震構法のタンクの適用に関する研究は少ない。本報告では、タンクの免震に関する基礎的研究として、鋼製円筒タンクに積層ゴムを用いた免震装置を取り付けた振動実験について報告する。

2. 実験方法および試験体

1) タンク 写真-1に免震タンクの実験状況を示す。使用したタンクは直径4.0m、高さ1.5m、壁厚4.5mm、自重2.98tonの比較的剛な鋼製円筒タンクである。当社所有の振動台（上載荷重最大50ton、テーブル寸法6.6m×3.5m）を用い、タンクの支持条件をI形鋼の梁上に固定した場合（非免震）、積層ゴムで支持した場合（免震）、更に鋼製ダンパーを取り付けた場合（免震）の3種類とし、水深を0cm、30cm、60cm、120cmと変化させて、代表的な数種の地震動波形を入力した。図-2に代表的な測点の配置を示す。

2) 免震装置 写真-2に積層ゴムと鋼棒ダンパーの組み合わせで構成された免震装置を示す。積層ゴムは高さ約24cm、直径約15cmの寸法で、2.5mm厚のゴム65層と0.8mm厚の鉄板(SS41)64層より構成されており、その鉛直剛性は約65ton/cmである。

図-4.1に示すように水平剛性はほぼ線形で約60kg/cmであり、積層ゴムの水平変形の限界は約8cmである。図-1に免震タンクの積層ゴムの配置を示す。ダンパーは、長さ20cmのA種11φPC鋼棒の片持梁形式で、水平変形約2cmで固定端部に塑性域が生じ、図-4.2の復元力特性は安定した紡錘形を示す。図-4.3の復元力特性に示す積層ゴムとの組み合わせの場合には、等価粘性減衰定数 h_{eq} は水平変形±4cmで5.4%、±8cmで7.2%を得ている。

3. 実験結果 本報告では主にEL-CENTRO波入力の結果について報告する。

図-3.1~3.3に、最大水深120cmの場合における各支持条件におけるEL-CENTRO波約100gal入力の実測波形を示す。また図-5.1~5.3にそれぞれの加速度および動水圧の最大値分布を示す。非免震タンクにおいては約11Hzの振動数が卓越するのに対し、免震タンクにおいては積層ゴムのみの支持では約1.2Hz、更にダンパー付きでは約1.4~1.5Hzの振動数が卓越している。EL-CENTRO波のレスポンススペクトルにおいては、11Hzに比べて1.2~1.5Hzの振動数における応答加速度が大きいので、今回のモデルにおいては積層ゴムによる長周期化による免震効果は見られない。しかし、図-5.3において入力の大きな300galでは、鋼棒ダンパーのエネルギー吸収による応答の減衰効果が見られる。

現在、実験データ解析処理を継続中で、タンクの連成固有振動数やスロッシングに関連する貯液の動的影響等を考慮した検討を行ない、タンクの免震化についての研究を進めている。

- 〔参考文献〕・円筒タンクの地震応答に関する研究（その1） 大林組技術研究所報 No.19 1979年
・円筒タンクの地震応答に関する研究（その2） 大林組技術研究所報 No.27 1983年
・構造物の免震に関する研究（その1） 大林組技術研究所報 No.30 1985年

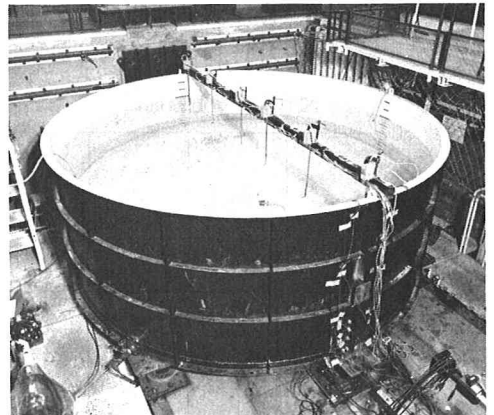


写真-1 免震タンクの振動実験状況

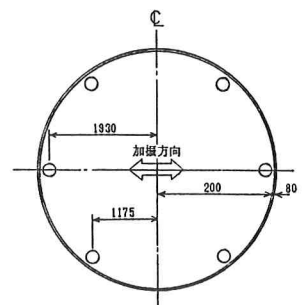


図-1 積層ゴム配置図

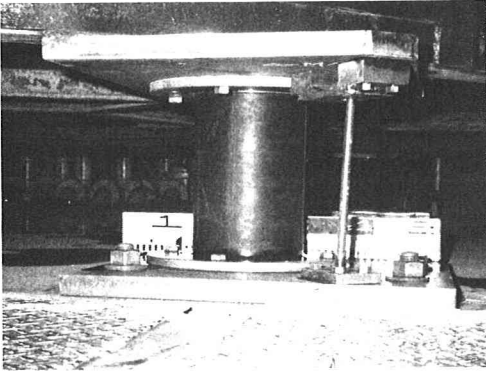


写真-2 免震装置（積層ゴム+鋼棒ダンパー）

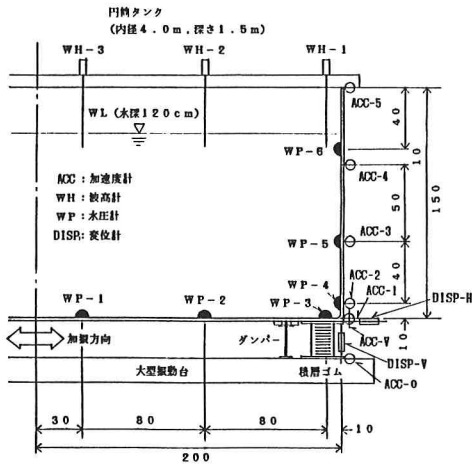


图-2 测点配置图

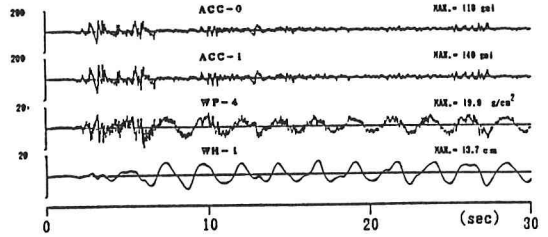


図-3.1 非免震タンク実測波形

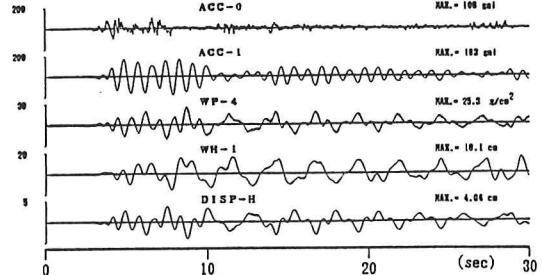


図-3.2 免震タンク（積層ゴム）実測波形

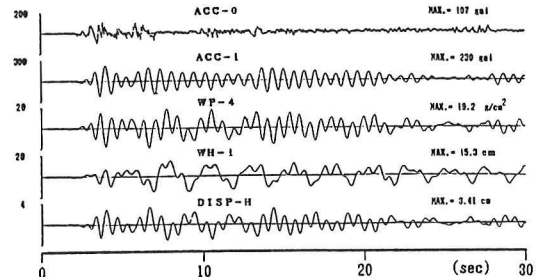


図-3.3 免震タンク（積層ゴム+ダンパー）実測波形

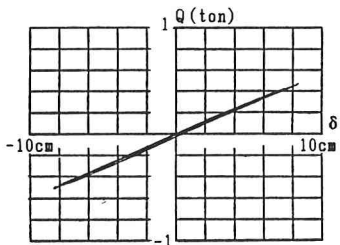


図-4.1 積層ゴムの荷重-変位曲線

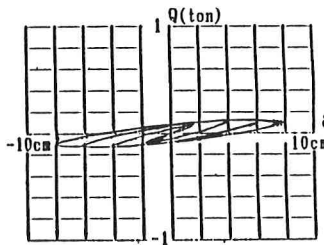


図-4.2 鋼棒ダンパーの荷重-変位曲線

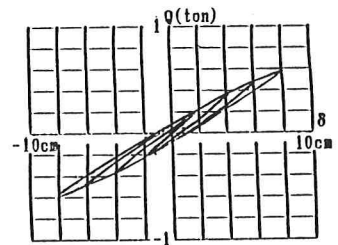


図-4.3 積層ゴム+ダンパー
の荷重-変位曲線

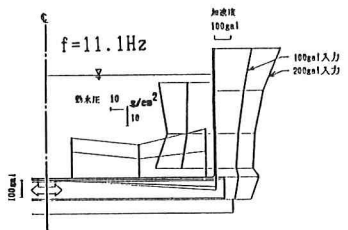


図-5.1 非免震タンクの最大値分布

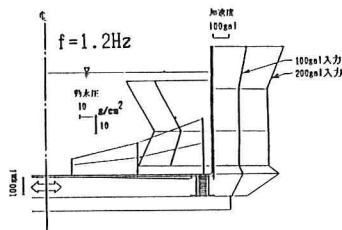


図-5.2 免震タンク（積層ゴム）の
最大値分布

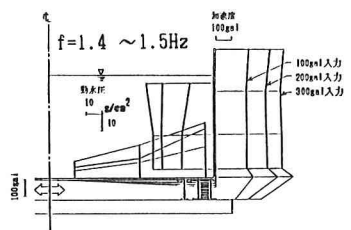


図-5.3 免震タンク（積層ゴム
+ダンパー）の最大値分布