

川崎重工業(株) 正員 迫田 治行
川崎重工業(株) 正員 坂井 藤一

1. まえがき 従来、液体タンクの耐震設計においてはタンク側板と剛体と仮定して導かれた地震時動液圧算定式が一般に用いられてきた。しかしながら、近年、液体タンクは次第に大型化・薄肉化の傾向にあり、このようなタンクに対してまでも側板変形の影響を無視することには疑問がある。そこで筆者等は円筒形液体タンクと液体-薄肉弾性シェル連成系と見なし有限要素法を用いた地震応答解析手法を開発すると共に、種々の数値解析を通して液体タンクの振動特性について研究・報告してきた。本報告では特に液体タンクの強度設計上問題となる地震時動液圧について述べると共に、側板変形の影響について報告する。なお有限要素法による地震応答解析手法の詳細については下記参考文献を参照願いたい。

2. 地震時動液圧 タンク側板の変形を考慮したFEM解析における地震時動液圧(P)は、次式に示すごとく3種の動液圧成分の和として表わすことができる。

$$P = P_3 + \sum_{i=1}^n (P_{1,i} + P_{2,i}) \quad (i: \text{固有振動モードの次数を示す})$$

上式中、 P_3 はタンク底部に作用する地震波の加速度に比例する動液圧成分であり、一般に衝撃圧(Impulsive Pressure)と呼ばれる。 $P_{1,i}$ は液体自由表面上における液面波高に依存する動液圧成分であり、一般に振動圧(Convective Pressure)と呼ばれる。 $P_{2,i}$ はタンク側板の変形に依存する動液圧成分であり、従来の慣用計算法では直接考慮することができないものである。なお、後者のふたつの動液圧成分はいずれもタンクの固有振動と密接な関連を有するものである。当社で試設計された75000^{KL} LNGタンク(内径57,391^{φ(mm)}、液頭28,992^{mm}、側板板料JIS H4000 A5083P-8)を例にとり、千路沖地震波(最大加速度を225 galとした)に対するこれらの動液圧成分の割合を示すと図-1のようになる。図中に示した動液圧分布は動液圧による全水平力が最大となる時刻におけるものであるが、タンク側板変形に依存した動液圧成分 P_2 の割合が非常に大きいことがわかる。応答解析結果得られたFEM解における最大動液圧の分布と、側板と剛体と仮定した従来用いられている代表的な2種の慣用計算法による動液圧の分布と比較したものと図-2に示す。図からも側板変形が動液圧に及ぼす影響の大きいことがわかる。実際の設計にあたっては、従来の慣用計算法による動液圧強度と応答倍率に相当するパラメータを介して拡大して用いるのが普通である

が、その場合においても鉛直方向動液圧分布形状に関してはFEM解とかなり異なることが容易に認められる。すなわち、FEM解における最大動液圧分布はタンク底部よりもむしろ側板中部で大きくなる傾向にある。本報告では一例についての結果を示したが、他の液体タンクおよび種々の地震波に対しても上記とまったく同様の現象が認められた。

3. まとめ 特に大型の液体タンクにおいては地震時動液圧に及ぼすタンク側板変形の影響の大きいことがわかった。従って側板変形の影響を直接考慮しない従来の慣用法の適用にあたっては十分の注意が必要である。

参考文献 迫田他「有限要素法による大型液体タンクの地震応答解析」川崎重工業報 No. 59, (1975)

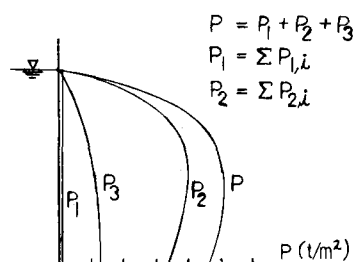


図-1 動液圧成分の割合

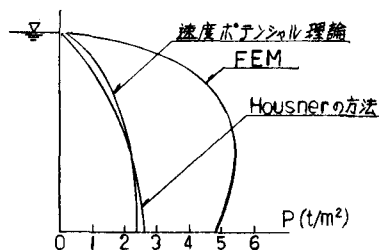


図-2 最大動液圧分布の比較