

1. はじめに

原油などを備蓄するための横型タンク耐震性と振動論によって検討する場合、これまでの実績から見てこの種の構造物は通常の耐震設計でその基盤層の中に建設されると考えられるので、応答解析用の基盤面の設定が問題になる。しかしながら、波動論によってその耐震性を検討するとなると、数値解析上で非常に困難な問題が発生する。そこで、実際の設計においては地震波を単純な調和波形と仮定して、その変位あるいは振幅と波長を与えてタンク近傍の応力は静的解析で求めるという簡便法が考えられる。この方法は設計の観点からは非常に便利な方法であるが、波長が非常に長い場合以外は反射波の影響が出てくるので、反射波のタンク近傍の応力に及ぼす影響を別途に検討しておく必要がある。

横型円形地下タンクの横断面と取り出して、タンクは地表面下分厚りの深さに建設されかつその断面形状は円形と仮定すれば、タンクは無限領域内の円孔と見做してしまえばよいであろう。したがって、上に述べたタンク近傍の応力に及ぼす反射波の影響を検討するには、無限領域内での円孔近傍の静的解析による応力（静的応力）と波動論を用いて解析した応力（動的応力）と比較すればよいと考えられる。本研究はこのように考えに基き、静的解析ではせん断歪と、動的解析では進行するせん断歪波を与えて静的及び動的応力を計算し、両者を比較検討を行なうことである。なお、解析領域は等方等質弾性体で平面歪の状態にあるものと仮定し、

2. 静的応力の算定法

静的応力は以下に示すような方法で算定し、

入力するせん断歪を複素型の調和波形と仮定して、

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0, \quad \gamma_{xy} = a e^{i p x} \quad (1)$$

とおく（図-1参照）。ここに a はせん断歪の振幅、 β は波数に対するパラメーター、 i は虚数単位である。まず始めに、図-1の円孔の状態と想定して(1)式の入力条件のもとで発生する応力分布を決定し、さらに $r=b$ での σ_r と σ_θ を計算する（これをstep-1と呼ぶ）。次に無限領域内に $r=b$ の

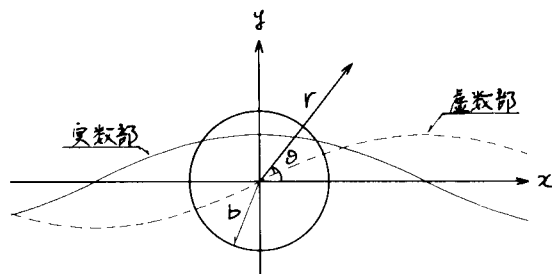


図-1. 入力歪の分布形

円孔が存在する状態と考えると、その円周上でのみ外力が与えられる場合の応力の一般式と誘導する。そのとき、

これらの式には未定係数が含まれるので、これらのstep-1の $r=b$ での σ_r と σ_θ を用いて決定する（これをstep-2という）。最後に、step-1とstep-2の応力を加え合わせる。

円孔近傍の応力が最も大きいのは $r=b$ の円周方向の垂直応力であるから、この応力のみを示せば次のようになる。ただし、(1)式の虚数部に対して発生する応力を虚数部応力、虚数部に対して発生する応力を虚数部応力と呼ぶことにする。

$$\text{実数部応力} \quad \sigma_0 = -4\mu a \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m-1} J_{2m-1}(\beta b) \sin 2m\theta \quad (2)$$

$$\text{虚数部応力} \quad \sigma_0 = -\mu a \left\{ (1+\lambda_0) J_1(\beta b) + 4 \right\} \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^{m-1} J_{2m-1}(\beta b) \sin (2m+1)\theta \quad (3)$$

ただし、 μ はせん断弾性係数、 J_m は m 次の第1種ベッセル関数、 λ_0 は側圧係数でポアソン比を ν とすると $\lambda_0 = \nu / (1-\nu)$ と定義される。

3. 動的応力の算定法

せん断波動によって生ずる応力の算定法は、文献(1)あるいは(2)に詳しく述べられているので、本研究

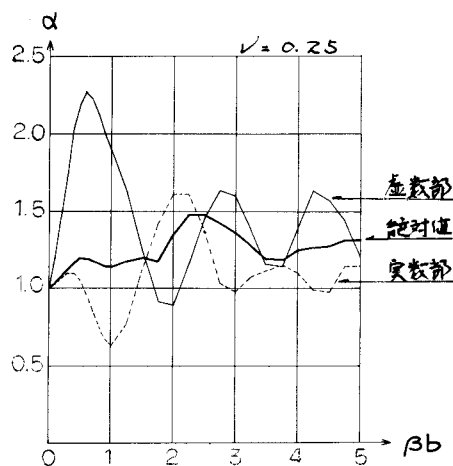
は同様の方法に従う。図-1のX軸の負の方向から正の方向へ、同様に示すようにせん断波が伝播するものとすれば、入射波は次のように書ける。

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0, \quad \gamma_{xy} = a e^{i(\beta x - \omega t)} \quad (4)$$

ここに、 a は入射波の振幅、 ω は入射波の角振動数、 β は波数でせん断波速度を V_s とすると ω/V_s と定義され、 ω に誤差は生じないで(1)式と同じ記号を用いる。入射波が円孔に達するとヤング反射S波と反射P波が発生して無限遠方へ去る。したがって、円孔近傍での応力は入射波、反射S波及び反射P波の3種類の波動によって生ずることになる。すなわち、反射波によって生ずる応力を表わす式には未定係数が含まれるので、これらの係数は円孔での境界条件、つまり、3種類の波動によって生ずる $r=b$ での σ_r と $\tau_{\theta r}$ の合計力は零という条件より決定される。

4. 数値解析及び検討

数値解析は円孔周上の円周方向の応力 σ_θ のみについて行う。このとき、ポアソン比は0.25と0.45の2種類として、 β に円孔の半径 b を分けて無次元化して βb （無次元波数と呼ぶ）と変化させ、そして、解析結果は静的応力の最大値に対する動的応力の最大値の比 α で整理して図-2に示す。ここに、静的応力とは動的応力の最大値とは、 $r=b$ で θ が $0^\circ \sim 180^\circ$ の間で発生する応力最大値という意味である。図-2では、実数部応力に対する比と破線、虚数部応力に対する比を細い実線、そして(1)及び(2)式に対応して応力も複素型とし βb の絶対値と α の絶対値を示してある。この結果より以下のようになる。図-2



(1) 実数部応力に対する比が最大になる βb は、ポアソン比に殆んど関係なく0.25付近であり、 α は $\nu=0.25$ のとき1.61、 $\nu=0.45$ のとき1.71で、ポアソン比の値が入るほど α の値は大きくなる。

(2) 虚数部応力に対しては、(1)と同様にポアソン比に殆んど関係なく βb が0.6付近で α は最大となり、その値は $\nu=0.25$ のとき2.28、 $\nu=0.45$ のとき1.80で、ポアソン比の値が入るほど α の値は逆に小さくなる。

(3) 絶対値に関する α の最大値は、いずれのポアソン比の場合も βb が2.5付近のときに生じ、その値は $\nu=0.25$ のとき0.45のとき1.48で、ポアソン比の値は関係なく変化する。

(4) βb の一部を除いていずれの応力も動的応力が入る。図-2 静的最大応力と動的最大応力の比

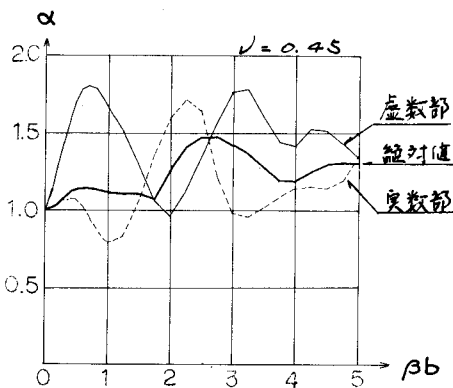


図-2 静的最大応力と動的最大応力の比

参考文献

- (1) 岡本, 加藤, 但野: 水中構造物に働く地震力に関する研究, 土木学会論文報告集, Vol. 92, 昭和38年4月
- (2) C.C.Mow, L.J.Mente: Dynamic stresses and displacements around cylindrical discontinuities due to plane harmonic shear wave, Journal of Applied Mechanics, P. 598~604, Dec. 1963