

北海道大学 正員 三上 隆

北海道大学 正員 芳村 仁

北海道大学 正員 富士 彰二

1) まえがき 近年、大型円筒形タンクが建設されるようになり、その安全性についての問題が大きく取り上げられるようになってきた。タンクの主要構造は底板及び側板よりなっており、また立地条件から臨海埋立地に建設される比較的柔な基礎上に設置されており、タンクの挙動は基礎地盤の挙動との関連で二者を全体に一つの系として検討を加えることが望まれる。従来のこの問題に対する解析的研究は、底板に作用する地盤反力を単純数に仮定した研究¹⁾、大型円筒形タンクを対象にしたタンク底限周部の応力解析を試みた研究²⁾等がある。本報告は、一樣な弾性地盤上の底板及び側板よりなる、液圧及び内外の温度差を受ける円筒形タンクの任意点の応力を求める解法を誘導し、又任意の底板断面を有する大型円筒形タンクに適用できるように、解法を整理したものである。

2) 解析方法 解析にあたって微小変形、軸対称変形を仮定し、底板は弾性基礎(Winkler型基礎)上の円板とする。側板、底板部の基礎方程式は以下で与えられる。

側板部について、

$$\frac{d^2 w}{dr^2} + 4\alpha^2 w = -E\alpha_s T / \alpha d - (E\alpha_s / \alpha(1-\nu_s)) \left(\frac{dT}{dr} \right) - r(R-r)/d \quad (1)$$

ここで、 $d = E h^3 / (2(1-\nu_s^2))$, $\alpha^2 = 3(1-\nu_s^2) / (2h^2)$, $T = \int_{-l/2}^{l/2} T dz$, $\int_{-l/2}^{l/2} T dz$ で T = 温度分布, α_s = 側板の線膨張係数
 E = 弾性係数, h = 板厚, α = 半径, l = 側板長
 r = 液圧量, N = ホアソン比である。

底板部について

$$\frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \left(\frac{dw}{dr} \right) - \frac{1}{r^2} = (\alpha p(1+\nu_p) / d) \left(\frac{dT_p}{dr} \right) \quad (2)$$

$$D_p \left\{ \frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \left(\frac{dw}{dr} \right) - \frac{1}{r^2} \right\} - (E\alpha_p / (1-\nu_p)) \left(\frac{dT_p}{dr} \right) + \frac{1}{r} \left(\frac{dw}{dr} \right) + k_s w = r l - (E\alpha_p / (1-\nu_p)) \left(\frac{dT_p}{dr} \right) \quad (3)$$

ここで、 k_s = 地盤反力係数, E_p = 弾性係数, d = 板厚,

ν_p = ホアソン比, α_p = 線膨張係数

断面力は例えば、底板部については次式で求められる。

$$\left. \begin{aligned} M_r &= -D_p \left\{ \frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \left(\frac{dw}{dr} \right) \right\} - E\alpha_p \frac{T_p}{(1-\nu_p)} \\ M_\theta &= -D_p \left\{ \frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \left(\frac{dw}{dr} \right) \right\} - E\alpha_p \frac{T_p}{(1-\nu_p)} \\ N_r &= -K_p \left\{ \frac{dw}{dr} + \nu_p \frac{dw}{dr} \right\} - E\alpha_p \frac{T_p}{(1-\nu_p)} \\ N_\theta &= -K_p \left\{ \frac{dw}{dr} + \nu_p \frac{dw}{dr} \right\} - E\alpha_p \frac{T_p}{(1-\nu_p)} \\ Q_r &= -D_p \left\{ \frac{d^3 w}{dr^3} + \frac{1}{r} \left(\frac{d^2 w}{dr^2} \right) - \frac{1}{r^2} \left(\frac{dw}{dr} \right) \right\} \\ &\quad - (E\alpha_p / (1-\nu_p)) \left(\frac{dT_p}{dr} \right) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ここで、 $D_p = E_p h^3 / (2(1-\nu_p^2))$, $K_p = E_p d / (1-\nu_p^2)$

温度分布は官報¹⁾、自治省告示第二十二号の第四条の十八の三「温度変化の影響は貯蔵する危険物の最高液

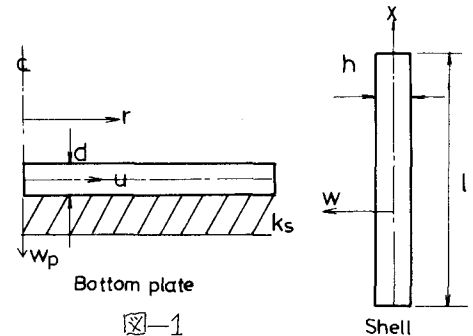


図-1

Shell

量と当該特定屋外貯蔵タンクを設置する地盤における年向平均気温との差とし-----」を考慮し、

側板部について、 $T = A_0 + A_1 r + A_2 r^2$, $\int T = b_0 + b_1 r + b_2 r^2$ ----- (5)

底板部について $T_p = a_0 + a_1 r^2$, $\int T_p = b_3 + b_4 r^2$ ----- (6)

ここで、 $a_0, a_1 \sim b_3, b_4$ は側板、底板部内外の温度分布より定まる定数で、 b_0, b_3 がタンク内外の一定温度差を表す。基礎方程式(1),(2),(3)の解は

$$w = A_1 \cos \alpha r \cosh \alpha r + A_2 \sin \alpha r \cosh \alpha r + A_3 \cos \alpha r \sinh \alpha r + A_4 \sin \alpha r \sinh \alpha r - \delta(R-r)^2 / (Eh) - \alpha \alpha_s T / h - 2\alpha_s \alpha^2 b_2 / (h(1-\nu_s)) \quad (7)$$

$$\alpha p = B_1 \beta e^{\beta r} + B_2 \beta e^{-\beta r} + \{ \delta l - 4E\alpha_p \alpha b_2 / (1-\nu_p) \} / k_s \quad (8)$$

$$u = C_1 r + (1+\nu_p) \alpha p / d \cdot (1/r) \int_0^r T_p r dr \quad (9)$$

ここで $A_1 \sim A_4, B_1, B_2, C_1$ は積分定数, $\beta = 1/\alpha_p$, $\alpha_p = \sqrt{D_p / k_s}$ 積分定数は、側板、底板部の結合部に生じる不連続モーメント M_0 、不連続せん断力 Q_0 を導入し表わし、以下の条件より M_0, Q_0 を決定する。

$$\{ u \}_{r=0} = -\{ w \}_{r=0}, \{ \frac{dw}{dr} \}_{r=0} = -\{ \frac{dw}{dr} \}_{r=0} \quad (10)$$

断面力は例えば底板部の半径 r 向曲モーメント M_r は(4)式より次のように得られる。

