

地震動による慣性力及び風荷重の計算方法＊

屋外貯蔵タンクの地震及び風圧に耐えることができる構造については、次の円筒型縦置タンクの場合の計算方法の例により確認することができる。

1 省令第 21 条第 2 項の規定に基づいて、地震動による慣性力及び風荷重を次により計算し、決定すること。

(1) 地震動による慣性力の求め方

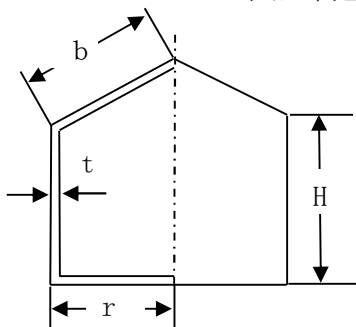
- | | |
|---|---|
| { | F ……地震動による慣性力(kN) |
| | W_1 ……タンクの固定荷重(kN) |
| | W_2 ……タンクの積載荷重(kN) |
| | Kh ……設計水平震度(0.3 以上 (ただし、平成 14 年 4 月 23 日に、名古屋市が大規模地震特別対策措置法に基づく地震防災対策強化地域に指定されたことに伴い、「屋外タンク貯蔵所の地震対策について」(S54.12.25 消防危第 169 号) 別添に定める設計水平震度 0.4 以上とすることが望ましい。)) |

とすれば

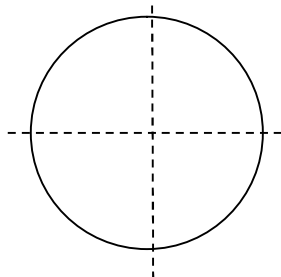
地震動による慣性力=(固定荷重+積載荷重)×設計水平震度

$F = (W_1 + W_2) \times Kh$ ……①である。

ア タンクの固定荷重の求め方



- | | |
|---|-----------------------------------|
| { | タンクの半径…… r (m) |
| | タンクの高さ…… H (m) |
| | タンク屋根部…… b (m) |
| | タンクの板厚…… t (m) |
| | 鋼板の比重 …… S_1 (7.85) |
| | 危険物の比重…… S_2 |
| | 重力加速度…… 9.8 (m/s ²) |



とすれば

タンクの固定荷重=底板の荷重+屋根の荷重+側板の荷重

$$W_1 = \left\{ \pi r^2 \times t \times S_1 \right\} + \left\{ \pi b r \times t \times S_1 \right\} + \left\{ 2 \pi r \times H \times t \times S_1 \right\} \times 9.8$$

……②である。

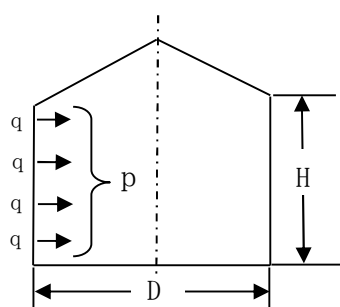
イ タンクの積載荷重の求め方

空間容積の割合(%)を 10%とすれば、 $e=0.1$ として

別記 9

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{タンクの積載荷重} = \text{タンクの容積} \times \text{危険物の荷重} \\ W_2 = (\pi r^2 H) \times (1-e) \times S_2 \times 9.8 \cdots \cdots \textcircled{3} \text{である。} \end{array} \right.$$

(2) 風荷重の求め方



- p …タンクの受ける全風荷重 (kN)
 q' …速度圧 ($0.588\sqrt{H}$) (kN/m²)
 k …風力係数 (円筒型タンクの場合 0.7, 円筒型タンク以外の場合 1.0)
 A …タンクの垂直断面積 (m²)
 D …タンクの直径 (m)
 H …タンクの高さ (m)
 q …単位面積当たり風荷重 $q' \times k$ (kN/m²)
 ただし、海岸等強風を受けるおそれのある場所に設置するタンク又は円筒型タンクで地上高 25m 以上のものは 2.05kN/m²、円筒型タンク以外のタンクで地上高 25m 以上のものは 2.94kN/m²

とすれば、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{タンクの受ける全風荷重力} = \text{単位面積当たりの風荷重} \times \text{タンクの垂直断面積} \\ p = q \times A \\ \text{単位面積当たりの風荷重} = \text{速度圧} \times \text{風力係数} \\ q = q' \times k \\ \text{タンクの垂直断面積} = \text{タンクの直径} \times \text{タンクの高さ} \\ A = D \times H \end{array} \right.$$

よって、 $p = q \times A$

$$= q' \times k \times A$$

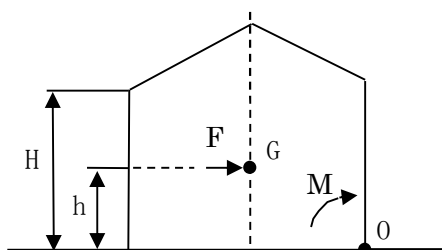
$$= 0.588 \times \sqrt{H} \times k \times D \times H \cdots \cdots \textcircled{4} \text{である。}$$

2 前記 1 による計算において決定した地震動による慣性力及び風荷重に基づいて屋外貯蔵タンクの転倒モーメント及びこれに対する抵抗モーメントを計算すること。

この場合、力はタンクの重心に作用するものとする。

(1) 転倒モーメントの求め方

地震動による慣性力の場合について計算すると、次図において、転倒モーメントは、底板の一端 0 点を中心として作用する。



- M ……転倒モーメント (kN・m)
 F ……地震動による慣性力 (kN)
 h ……底部から重心までの高さ (m)
 H ……タンクの高さ (m)
 P ……風荷重 (kN)

とすれば、

$$\begin{cases} \text{転倒モーメント} = \text{地震動による慣性力} \times \text{底板から重心までの高さ} \\ M = F \times h \end{cases}$$

この場合、タンクの重心 G の位置は、タンクの高さの 1/2 の点にあるから

$$h = H \times \frac{1}{2}$$

それ故

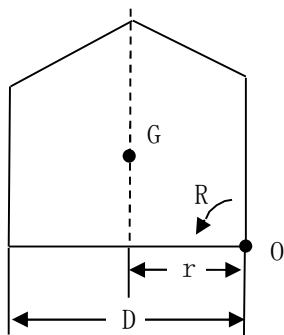
$$M = F \times H \times \frac{1}{2} \cdots \cdots \textcircled{5} \text{である。}$$

風荷重の場合も同様にして

$$M = P \times H \times \frac{1}{2} \cdots \cdots \textcircled{6} \text{である。}$$

(2) 抵抗モーメントの求め方

抵抗モーメントは、底板の一端 0 点を中心として、転倒モーメントの逆方向に作用する。



$$\begin{cases} R \cdots \cdots \text{抵抗モーメント (kN} \cdot \text{m)} \\ W \cdots \cdots \text{総荷重 (タンクの固定荷重 (} W_1 \text{)} \\ \quad \quad \quad + \text{タンクの積載荷重 (} W_2 \text{)) (kN)} \\ r \cdots \cdots \text{側板から重心までの距離 (m)} \\ D \cdots \cdots \text{タンクの直径 (m)} \end{cases}$$

とすれば、

$$\begin{cases} \text{抵抗モーメント} = \text{総荷重} \times \text{側板から重心までの距離} \\ \quad \quad \quad = (\text{タンクの固定荷重} + \text{タンクの積載荷重}) \\ \quad \quad \quad \quad \quad \times \text{側板から重心までの距離} \\ R = W \times r = (W_1 + W_2) \times r \\ \quad \quad \quad = (W_1 + W_2) \times \frac{D}{2} \\ \quad \quad \quad \text{〔風荷重に対する抵抗モーメントの場合は } W_2 = 0 \text{ とする} \\ \quad \quad \quad \text{こと。〕} \end{cases}$$

この場合

$$\begin{cases} \textcircled{2} \text{式より} & W_1 = \{(\pi r^2 \times t \times S_1) + (\pi b r \times t \times S_1) + (2 \pi r \times H \times t \times S_1)\} \times 9.8 \\ \textcircled{3} \text{式より} & W_2 = (\pi r^2 H) \times (1 - e) \times S_2 \times 9.8 \end{cases}$$

重心の位置は、タンクを中心にあるから、

$$r = \frac{D}{2}$$

それ故

$$R = (W_1 + W_2) \times r$$

別記 9

$$= (W_1 + W_2) \times \frac{D}{2} \cdots \cdots \textcircled{7} \text{である。}$$

- 3 転倒モーメント及び抵抗モーメントを求めた結果、抵抗モーメントが転倒モーメントより大きい場合 ($R > M$) は、タンクの固定について補強の必要がない。

転倒モーメントが抵抗モーメントより大きい場合 ($M > R$) は、ボルト等によって補強を要する。

$$\left\{ \begin{array}{l} n \cdots \cdots \text{ボルトの本数} \\ d \cdots \cdots \text{ボルトの直径(谷の径) (cm)} \\ a \cdots \cdots \text{ボルトの断面積 (cm}^2\text{)} \\ f \cdots \cdots \text{1本のボルトに作用する引張荷重 (kN)} \\ \sigma \cdots \cdots \text{ボルトの許容引張応力 (kN/cm}^2\text{)} \\ M \cdots \cdots \text{転倒モーメント} \\ R \cdots \cdots \text{抵抗モーメント} \\ W \cdots \cdots \text{タンク固定荷重 (W}_1\text{) (kN) + タンクの積載荷重 (W}_2\text{) (kN)} \\ D \cdots \cdots \text{タンクの直径 (m)} \end{array} \right.$$

とすれば、ボルトの数及び直径は、次により決定される。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{1本のボルトに作用する引張荷重} \\ f = \left(\frac{4M}{D} - W \right) / n \cdots \cdots \textcircled{8} \text{である。} \\ \text{1本のボルトの断面積} = \text{1本のボルトに作用する引張荷重} / \text{ボルトの許容引張応力} \\ a = \frac{f}{\sigma} \\ a = \frac{\pi d^2}{4} \text{であるから} \\ d = \sqrt{\frac{4a}{\pi}} \text{又は} \quad d = \sqrt{\frac{4f}{\pi \sigma}} \cdots \cdots \textcircled{9} \text{である。} \end{array} \right.$$