

屋外貯蔵タンクの耐震及び耐風圧構造に係る計算例

1 構造計算の基礎

(1) 構造計算の考え方は、まず危告示第4条の23の規定に基づき算出された地震力又は風圧力が、タンクの重心(中心点)にかかるものとし、タンクを転倒させようとする外力(タンクの重心にかかった地震力又は風圧力による転倒モーメントをいう。)と、これに抵抗する力(タンクの自重による抵抗モーメントをいう。)を求める。

(2) この結果、抵抗力が転倒力よりも大きい場合は、補強の必要はない。

転倒力が抵抗力よりも大きい場合は、ボルト等により周囲をタンクの基礎に固定し、ボルトの強度が転倒力によって生ずる応力に耐えるようにその数及び径(谷径)を決定する。

(3) ボルトの強度は、引張応力を受ける場合を考慮すべし。軟鋼の場合の許容応力は 60~150 ニュートン毎平方ミリメートルであるが、この場合 100 ニュートン毎平方ミリメートル程度とするのが妥当である。

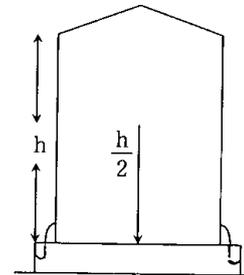
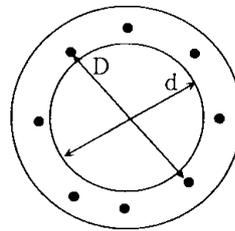
2 計算例

この計算例は、最も一般的な方法によったものであるが、その考え方及び計算内容に間違いがなければ、他の方法によることができる。

—想定—

(1) タンクの構造

側板の高さ	h : 9.14m
タンクの直径	d : 3.4m
固定ボルト間の直径 D	: 3.54m
板厚 底・側板	: 6 mm
屋根板	: 3.2 mm



(2) 貯蔵危険物 ベンゾール

—計算方法—

ア 風圧力に対する計算

タンク 1 m²あたりの風荷重 P は

$$P = 0.7 \times 0.588 \times h = 0.7 \times 0.588 \times 9.14 \approx 3.67 \text{ kN/m}^2$$

タンクに対する風圧力 P_w は

$$P_w = P \times h \times d$$

$$P_w = 3.67 \times 9.14 \times 3.4 \approx 113.5 \text{ kN}$$

風圧力による転倒モーメント M_w は

$$M_w = P_w \times \frac{h}{2} = 113.5 \times \frac{9.14}{2} \approx 518.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

転倒に対する自重の抵抗モーメントRwは

$$R_w = W_t \times \frac{D}{2} \quad (W_t : \text{タンク自重})$$

Wt=(底板の重力)+(屋根板の重力)+(側板の重力)

$$\begin{aligned} &= (\pi r^2 \times t \times s \times 9.8) + (\pi r^2 \times t \times s \times 9.8) + (2\pi r \times h \times t \times s \times 9.8) \\ &= (3.14 \times 1.7^2 \times 0.006 \times 7.85 \times 9.8) + (3.14 \times 1.7^2 \times 0.0032 \times 7.85 \times 9.8) \\ &\quad + (2 \times 3.14 \times 1.7 \times 9.14 \times 0.006 \times 7.85 \times 9.8) \\ &\approx 4.19 + 2.23 + 45.04 = 51.46 \text{ kN} \end{aligned}$$

($\pi : 3.14$ r : 半径 t : 板厚 s : 鋼材の比重 7.85 屋根板は、平板として計算)

$$R_w = W_t \times \frac{D}{2} = 51.46 \times \frac{3.54}{2} \approx 91.08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$\therefore M_w (176.08 \text{ kN} \cdot \text{m}) > R_w (91.08 \text{ kN} \cdot \text{m})$

したがって、このタンクは補強しないと転倒のおそれがある。

イ 風圧力に対する補強ボルト

転倒モーメントMwによって生ずるボルト1本当たりの荷重(引張応力)Fは

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{N} \left(\frac{4M_w}{D} - W_t \right) \\ &= \frac{1}{8} \left(\frac{4 \times 176.08}{3.54} - 51.46 \right) = 18.44 \text{ kN} \end{aligned}$$

(N : ボルトの数(8本))

ボルトの谷径の必要断面積aは

$$a = \frac{F}{\sigma_t} = \frac{18.44 \times 1000}{100} = 184.4 \text{ mm}^2$$

(σ_t : ボルトの許容引張応力 100N/mm²とする。)

断面積 184.4 mm²のボルトの直径dbは

$$d_b = \sqrt{\frac{4a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 184.4}{3.14}} \approx 15.3 \text{ mm}$$

[$d_b = 1.128 a$ でも可]

以上の結果、谷径が 15.3mm より大きいボルト8本で固定すればよいこととなる。

ウ 地震力に対する計算

水平力Peは

Pe=W×K(K : 水平震度 0.3) (危告示第4条の20第2項第1号により求める。)

W=Wt+Wo(Wt : タンク自重 Wo : 貯蔵危険物の自重、ベンゾール比重 0.88)

$$\begin{aligned} &= 51.46 + (\text{貯蔵量} \times \text{比重}) \quad (\text{貯蔵量は空間容積を5パーセントとして算定した}) \\ &= 51.46 + (1.7^2 \times 3.14 \times 9.14 \times 0.95 \times 0.88 \times 9.8) \\ &= 51.46 + 679.53 = 730.99 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_e = W \times K = 730.99 \times 0.3 \doteq 219.30 \text{ kN}$$

地震による転倒モーメント M_e は

$$M_e = P_e \times \frac{h}{2} = 219.30 \times 4.57 \doteq 1002.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

転倒に対する自重の抵抗モーメント R_e は

$$R_e = W \times \frac{D}{2} = 730.99 \times \frac{3.54}{2} \doteq 1293.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\therefore M_e (1002.20 \text{ kN} \cdot \text{m}) < R_e (1293.85 \text{ kN} \cdot \text{m})$$

したがって、このタンクは地震力に対する補強は必要としない。この算定は、貯蔵状態として行ったものであるが、タンクが空の場合もほぼ同様の比率が得られるものと考えてよい。

エ 地震力に対する補強ボルト

$M_e > R_e$ となった場合、 M_e によって生ずるボルト 1 本あたりの荷重(引張応力) F は

$$F = \frac{1}{N} \left(\frac{4M_e}{D} - W \right)$$

で求められる。

N : ボルトの数

W : 総自重、ただしタンクが空の場合の計算は、タンク自重 W_t とする。

以下イの「風圧力に対する補強ボルト」の例により算定する。