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

⑴　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。

⑵　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うるようにその数及び径（谷径）を決定する。

⑶　ボルトの強度は、引張応力を受ける場合を考慮すればよい。軟鋼の場合の許容応力は、 60～150 Ｎ／㎟であるが、この場合 100Ｎ／㎟程度とするのが妥当である。

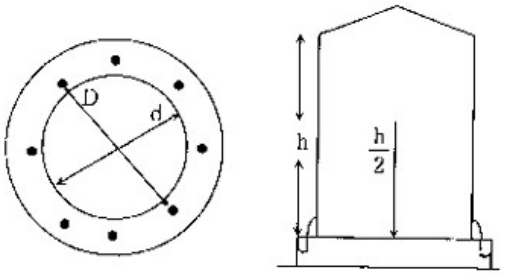
２　計算例

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－

⑴　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 ㎜
　　屋根板　　：3.2 ㎜



⑵　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 ㎡あたりの風荷重Ｐは

$$P = 0.7 \times 0.588 \sqrt{h} = 0.7 \times 0.588 \sqrt{h_{9.14}} \fallingdotseq 1.24\,kN/m^2$$

タンクに対する風圧力Ｐｗは

$$Pw = P \times h \times d$$

$$Pw = 1.24 \times 9.14 \times 3.4 \fallingdotseq 38.53\,kN$$

風圧力による転倒モーメントＭｗは

$$Mw = Pw \times \frac{h}{2} = 38.53 \times \frac{9.14}{2} \fallingdotseq 176.08\,kN \cdot m$$

転倒に対する自重の抵抗モーメントＲｗは

$$Rw = Wt \times \frac{D}{2}$$（Ｗｔ：タンク自重）

Ｗｔ ＝（底板の重力）＋（屋根板の重力）＋（側板の重力）

$$= (\pi r^2 \times t \times s \times 9.8) + (\pi r^2 \times t \times s \times 9.8) + (2\pi r \times h \times t \times s \times 9.8)$$

$$= (3.14 \times 1.7^2 \times 0.006 \times 7.85 \times 9.8) + (3.14 \times 1.7^2 \times 0.0032 \times 7.85 \times 9.8)$$

$$+ (2 \times 3.14 \times 1.7 \times 9.14 \times 0.006 \times 7.85 \times 9.8)$$

$$\fallingdotseq 4.19 + 2.23 + 45.04 = 51.46\,kN$$

（π：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）

$$Rw = Wt \times \frac{D}{2} = 51.46 \times \frac{3.54}{2} \fallingdotseq 91.08\,kN \cdot m$$

∴Ｍｗ（176.08ｋＮ・ｍ）＞Ｒｗ（91.08ｋＮ・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

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

$$= \frac{1}{8}\left(\frac{4\times176.08}{3.54} - 51.46\right) = 18.44\,kN$$

（Ｎ：ボルトの数（8 本））

ボルトの谷径の必要断面積ａは

$$a = \frac{F}{\sigma t} = \frac{18.44\times1000}{100} = 184.4\,mm^2$$

（σｔ：ボルトの許容引張応力 100Ｎ／㎟とする。） 断面積 184.4 ㎟のボルトの直径ｄｂは

$$db = \sqrt{\frac{4a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4\times184.4}{3.14}} \fallingdotseq 15.3mm$$

［$db = 1.128\sqrt{a}$でも可］

以上の結果、谷径が 15.3㎜ 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）

＝ 51.46＋（貯蔵量×比重） （貯蔵量は空間容積を５％として算定した）

＝ $51.46 + (1.7^2\times3.14\times9.14\times0.95\times0.88\times9.8)$

＝ 51.46＋679.53 ＝ 730.99ｋＮ

Ｐｅ ＝ Ｗ×Ｋ ＝ 730.99×0.3 ≒ 219.30ｋＮ

地震による転倒モーメントＭｅは

$$Me = Pe\times\frac{h}{2} = 219.30\times4.57 \fallingdotseq 1002.20\,kN\cdot m$$

転倒に対する自重の抵抗モーメントＲｅは

$$Re = W\times\frac{D}{2} = 730.99\times\frac{3.54}{2} \fallingdotseq 1293.85\,kN\cdot m$$

∴Ｍｅ（1002.20ｋＮ・ｍ）＜Ｒｅ（1293.85ｋＮ・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

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

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

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Ｗｔ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。