

「H8.11.26 8 消導第 174 の 2 号」

屋内貯蔵所の架台の耐震構造に関する基準

屋内貯蔵所に架台を設ける場合は、地震時の荷重に対して座屈及び転倒を生じない構造とすることとし、次の 1 又は 2 により地震力による影響を算出した上で、次の 3 により架台の耐震構造（転倒及び座屈）を検討すること。

なお、参考として検討及び計算の例を、別添に示す。

また、高層倉庫等で架台が建屋と一体構造となっているものについては、建基法の規定によることができる。

1 高さ 6m 未満の架台の地震力等(静的震度法)

(1) 架台の設計水平震度

$$K_b = 0.15 \cdot v_1 \cdot v_2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_1 \quad : \text{地域別補正係数：告示第 4 条の 20・表イを準用して求める値} \\ \quad \quad (\text{愛知県の場合：1.00}) \\ v_2 \quad : \text{地盤別補正係数：告示第 4 条の 20・表ロを準用して求める値} \\ \quad \quad (\text{名古屋市の場合：おおむね 4 種地盤であり、2.00}) \end{array} \right.$$

また、設計鉛直震度は、設計水平震度の 2 分の 1 とすること。

なお、名古屋市が大規模地震対策特別措置法に基づく地震防災対策強化地域に指定されているため、「設計水平震度」については、照査（チェック）用水平震度として、0.4以上の値（0.4を上回る場合はその値）を用いて比較・検証すること。この場合、0.4以上の値を用いた耐震構造を有することが望ましいこと。＊

(2) 架台に作用する地震力*

架台に作用する地震力 P は、次の式により求めた値とする。

$$\text{地震力} = (\text{固定荷重} + \text{積載荷重}) \times \text{設計水平震度}$$

$$P = W \times K_b$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P: \text{地震力 (N)} \\ W: \text{固定荷重と積載荷重の和 (N)} \end{array} \right.$$

(3) 架台に作用する転倒モーメント*

架台に作用する転倒モーメント M は、次の式により求めた値とする。

$$M = P \times H$$

- {

M: 転倒モーメント (N・m)

H: 地盤面から架台(固定荷重と積載荷重の和)の重心までの高さ (m)

別記 7

2 高さ 6m 以上の架台の地震力等(修正震度法)

(1) 架台の各段の設計水平震度

架台の各段の設計水平震度($K_{h(i)}$)は、次の式により求めた値とする。

$$K_{h(i)} = 0.15 \cdot \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \nu_{3(i)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu_1 : \text{地域別補正係数：告示第 4 条の 20・表イを準用して求める値} \\ \quad \quad \quad (\text{愛知県の場合：1.00}) \\ \nu_2 : \text{地盤別補正係数：告示第 4 条の 20・表ロを準用して求める値} \\ \quad \quad \quad (\text{名古屋市の場合：おおむね 4 種地盤であり、2.00}) \\ \nu_{3(i)} : \text{高さ方向の震度分布係数 (次式による。)} \end{array} \right.$$

$$\nu_{3(i)} = \frac{1}{W_i} \left\{ \left(\sum_{j=1}^n W_j \right) \times A_i - \left(\sum_{j=i+1}^n W_j \right) \times A_{i+1} \right\}$$

ただし、 $i=n$ の場合、中括弧内は第 1 項のみとする。

$$\left\{ \begin{array}{l} W_i : i \text{ 段の固定荷重と積載荷重の和} \\ A_i : \text{各段の設計水平震度の分布係数 (次式による。)} \\ n : \text{架台の段数} \end{array} \right.$$

$$A_i = 1 + \left(1/\sqrt{\alpha_i} - \alpha_i \right) \times \frac{2T}{(1+3T)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_i : \text{架台の } A_i \text{ を算出しようとする第 } i \text{ 段の固定荷重と積載荷} \\ \quad \quad \quad \text{重の和を当該架台の全固定荷重と全積載荷重の和で除し} \\ \quad \quad \quad \text{た数値} \\ T : \text{架台の設計用一次固有周期で次の式により求めた値 (秒)} \\ \quad \quad \quad T = 0.03 \times h \\ h : \text{架台の全高さ (m)} \end{array} \right.$$

また、架台の固有値解析を行った場合は、その値を用いることができる。

なお、「設計水平震度」が 0.4 未満となる場合は、前記 1・(1)なお書のとおり、0.4 以上の値を用いて比較・検証すること。この場合、0.4 以上の値を用いた耐震構造を有することが望ましいこと。＊

(2) 架台の各段に作用する地震力

架台の各段に作用する地震力(P_i)は、次の式により求めた値とする。

$$P_i = W_i \times K_{h(i)}$$

(3) 架台の各段に作用する転倒モーメント

架台の各段に作用する転倒モーメント(M_i)は、次の式により求めた値とする。

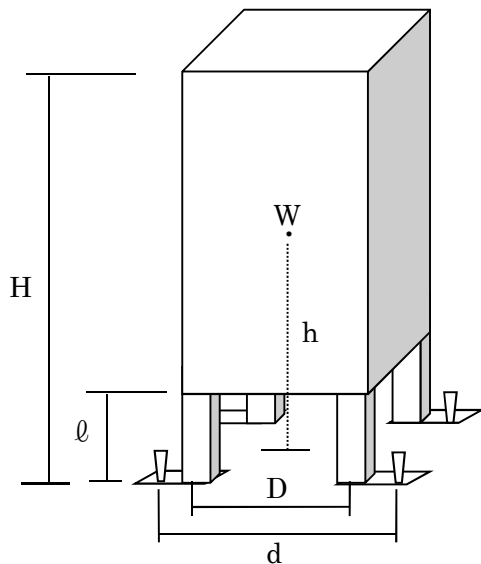
$$M_i = \sum_{j=i+1}^n \{ P_j \times (H_j - H_i) \}$$

{ H_i : 第 i 段の高さ

また、架台地盤面に作用する転倒モーメント (M_o) は、次の式により求めた値とする。

$$M_o = \sum_{j=1}^n [P_j \times H_j]$$

3 架台の耐震構造（転倒及び座屈）に関する検討 *



W : 各棚の積載荷重及び棚の自重
(最下段の棚支柱部分を除く) (N)

D : 支柱間の距離 (m)

d : ボルト間距離

H : 棚の高さ (m)

h : 全荷重の重心までの高さ (m)

ℓ : 最下段の棚支柱長さ (m)

※支柱間及びボルト間距離は、台の転倒に対する抵抗モーメントが最も小さい箇所にて算定すること。

(1) 転倒の検討

ア 台の転倒に対する抵抗モーメント

$$M_R = W \times \frac{D}{2}$$

{ M_R : 抵抗モーメント (N・m)

ここで、 $M > M_R$ の場合、アンカーボルト等による補強の検討を行うこと。

イ アンカーボルトによる固定の検討

$$M - M_R < n \times F_{\text{ボルト}} \times d$$

$$\text{つまり、} F_{\text{ボルト}} > \frac{M - M_R}{(n \times d)}$$

{ n : 抵抗モーメントが発生するアンカーボルトの本数
 $F_{\text{ボルト}}$: アンカーボルト 1 本当りの耐引抜力
ただし、この値は、ボルトごとの性能諸元等（インターネットも可）を参照することが一般的である。

(2) 座屈の検討

ア 地震時の座屈荷重

別記 7

$$F = W \times \frac{(1 + K_v)}{M}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F : \text{座屈荷重 (N)} \\ K_v : \text{設計鉛直震度 : 前記 1・(1) また書のとおり、次式による。} \\ M : \text{支柱の本数} \end{array} \right.$$

$$K_v = \frac{1}{2} \times K_h$$

イ 支柱に用いる鋼材の細長比

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda : \text{細長比} \\ \ell_k : \text{座屈長さ (ラーメン構造の両端固定とする場合 : } \ell_k = \ell) \\ \ell : \text{架台の支柱で最下段の長さ又は最下段の直上段の支柱高さ (cm)} \\ i : \text{断面 2 次半径} \end{array} \right.$$

ただし、細長比の値は、部材ごとの性能諸元等（インターネットも可）を参照することが一般的である。

ウ 支柱に用いる鋼材の許容圧縮応力

鋼材の細長比より鋼材の許容圧縮応力を求める。

$$\left\{ \begin{array}{l} f_c : \text{鋼材の許容圧縮応力 (N/cm}^2\text{)} \end{array} \right.$$

ただし、鋼材の許容圧縮応力の値は、細長比同様、部材ごとの性能諸元等（インターネットも可）を参照することが一般的である。

エ 安全度の判定

次の式に適合している場合、座屈の生じないものとして判断できる。

$$f_c > \frac{F}{A}$$

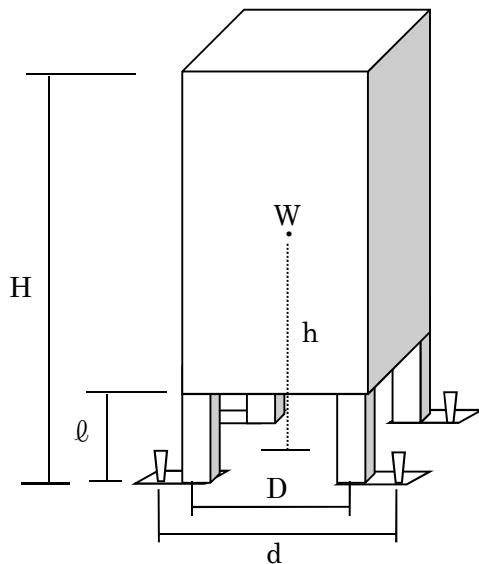
$$\left\{ \begin{array}{l} A : \text{鋼材の断面積} \end{array} \right.$$

(別 添)

屋内貯蔵所の架台の耐震構造の検討及び計算の例＊

以下に、検討及び計算の例を示す。

< 想定図 >



- W : 各棚の積載荷重及び棚の自重
(最下段の棚支柱部分を除く)
(N)
- D : 支柱間の距離 (m)
- d : ボルト間距離
- H : 棚の高さ (m)
- h : 全荷重の重心までの高さ (m)
- l : 最下段の棚支柱長さ (m)

1 想定条件

- W = 24000 (N) D = 1.0 (m)
- H = 4.0 (m) h = 2.5 (m)
- l = 1.0 (m) d = 1.2 (m)
- $K_h = 0.3$ (0.4) … (前記 1・(1))
- $F_{\text{ボルト}} = 4600$ (N) … (前記 3・(1)・イを踏まえ、諸々の所見から)
- $\lambda = 100/1.52 = 65.8$ … (前記 3・(2)・イを踏まえ、諸々の所見から)
- $f_c = 12400$ (N/cm²) … (前記 3・(2)・ウ及び $\lambda = 65.8$ を踏まえ、
諸々の所見から)
- 架台の鋼材 : 50×50 (t=5) の等辺山形鋼を使用
- 支柱の本数 : 4 本 (支柱は正方形型)
- アンカーボルトの施工本数 : 1 支柱 1 本 (合計 4 本)
- アンカーボルトの施工方法 : 後打ち式おねじ形のメカニカルアンカー
ボルト M16 を、厚さ 120mm のコンクリートに、深さ 70mm で打ち込む。

別記 7

2 検討計算

(1) 転倒の検討

ア $K_h=0.3$ の場合

$$P=24000 \times 0.3=7200 \text{ (N)} \quad \cdots \text{ (前記 1・(2))}$$

$$M=7200 \times 2.5=18000 \text{ (N・m)} \quad \cdots \text{ (前記 1・(3))}$$

$$M_R=24000 \times 1/2=12000 \text{ (N・m)} \quad \cdots \text{ (前記 3・(1)・ア)}$$

ここで、 $M > M_R$ のため、アンカーボルト等による固定を要す。

$$M - M_R = 6000 \text{ (N)}$$

$$F_{\text{ボルト}} = 4600 \text{ (N)} \quad \cdots \text{ (想定から)}$$

前記 3・(1)・イより、 $F_{\text{ボルト}} > (M - M_R) / (n \times d)$ となると引き抜きに対して安全となるため、

$$F_{\text{ボルト}} > (M - M_R) / (n \times d) = 6000 / n$$

$$n > 6000 / 4600 = 1.3 \cdots$$

従って、前記条件より抵抗モーメントが発生するアンカーボルトの本数は 2 本なので、引き抜きに対して安全となる。

イ $K_h=0.4$ の場合

$$P=24000 \times 0.4=9600 \text{ (N)} \quad \cdots \text{ (前記 1・(2))}$$

$$M=9600 \times 2.5=24000 \text{ (N・m)} \quad \cdots \text{ (前記 1・(3))}$$

$$M_R=24000 \times 1/2=12000 \text{ (N・m)} \quad \cdots \text{ (前記 3・(1)・ア)}$$

ここで、 $M > M_R$ のため、アンカーボルト等による固定を要す。

$$M - M_R = 12000 \text{ (N)}$$

$$F_{\text{ボルト}} = 4600 \text{ (N)} \quad \cdots \text{ (想定から)}$$

前記 3・(1)・イより、 $F_{\text{ボルト}} > (M - M_R) / (n \times d)$ となれば引き抜きに対して安全となるため、

$$F_{\text{ボルト}} > (M - M_R) / (n \times d) = 12000 / n$$

$$n > 12000 / 4600 = 2.6 \cdots$$

従って、前記条件より抵抗モーメントが発生するアンカーボルトの本数は 2 本なので、転倒の恐れがある。つまり、再検討を要す。

(2) 座屈の検討

ア $K_h=0.3$ の場合

$$F=24000 \times (1 + 0.15) / 4 = 6900 \text{ (N)} \quad \cdots \text{ (前記 3・(2)・ア)}$$

$$\lambda = 65.8 \quad \cdots \text{ (想定から)}$$

$$f_c = 12400 \text{ (N/cm}^2\text{)} \quad \cdots \text{ (想定から)}$$

$$12400 \text{ (N/cm}^2\text{)} > 6900 / 4.802 = 1437 \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

$$\cdots \text{ (前記 3・(2)・エ)}$$

よって、本架台は、座屈に対して安全である。

イ $K_h = 0.4$ の場合

途中割愛

$$12400 \text{ (N/cm}^2\text{)} > 7200/4.802 = 1500 \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

… (前記 3・(2)・エ)

よって、本架台は、座屈に対して安全である。