

Ⅱ. 付属建物 発電機室 積雪及び降下火砕物による損傷防止に関する計算書

1. 発電機室の概要

1.1. 位置

発電機室の設置位置を図り建-1「敷地内建物配置図」に示す。

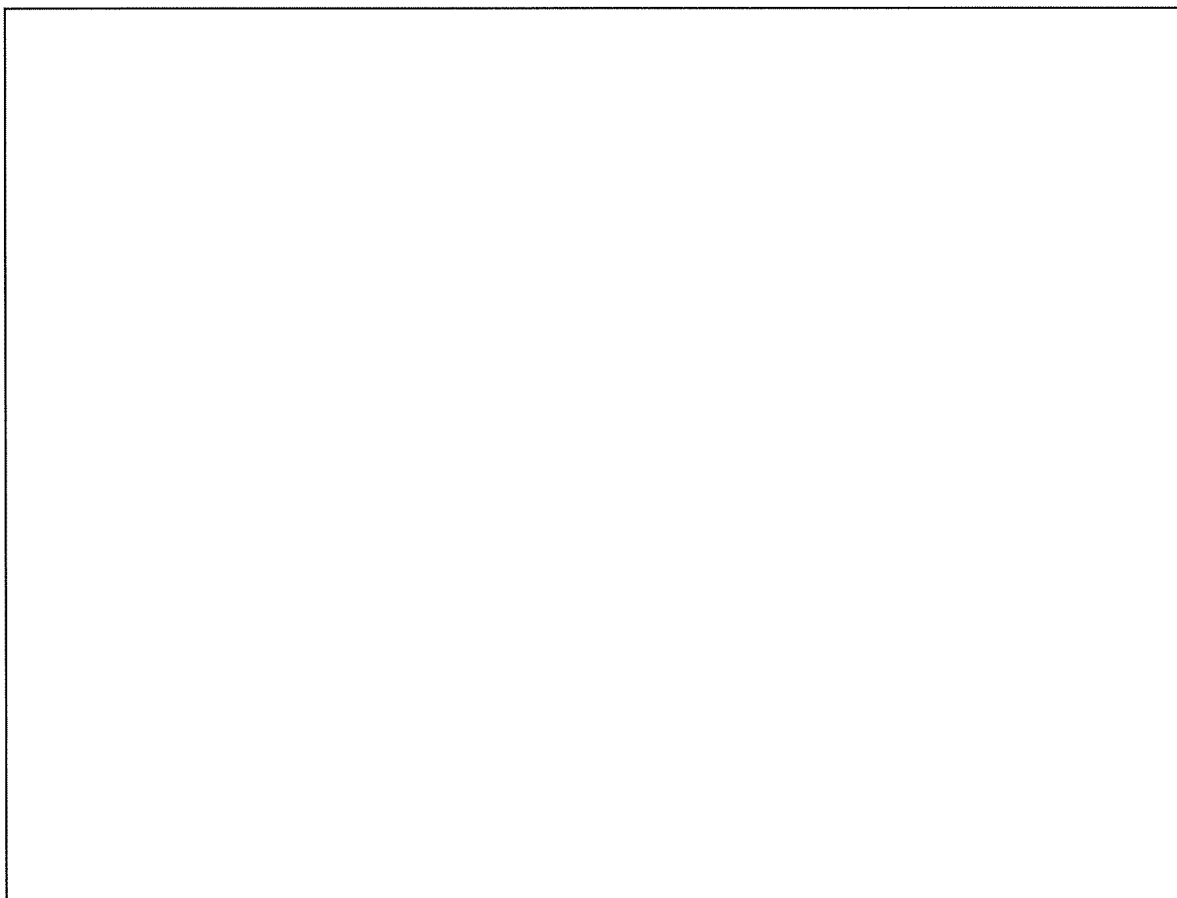
1.2. 建物の概要

発電機室は平屋建ての鉄筋コンクリート造（RC造）であり、平面形状は、約  高さ約  m の整形な新設建物である。

屋根はスラブと RC 梁で構成されている。

本建物の屋根伏図を添説建 4-Ⅱ.1.2-1 図に示す。

注) 添付説明書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。



添説建 4-Ⅱ.1.2-1 図 屋根伏図

## 2. 設計方針

### 2.1. 荷重

#### (1) 屋根固定荷重

屋根スラブ (S1)

単位体積重量  $\gamma_{RC}$  (N/m<sup>3</sup>)

:

厚さ t (m)

:

単位面積重量  $w_{RC1}$  (N/m<sup>2</sup>)

:  $\gamma_{RC} \times t =$

仕上げ荷重<sup>※1</sup>  $w_{RC2}$  (N/m<sup>2</sup>)

:

検討用固定荷重  $w_{RC}$  (N/m<sup>2</sup>)

:  $w_{RC1} + w_{RC2} =$

※1 : 仕上げ重量にはシート防水増し打ち、設備荷重を含む

RC 小梁 (B1)

高さ h (m)

:

幅 b (m)

:

検討用固定荷重  $W_B$  (N/m)

:  $\gamma_{RC} \times b \times (h - t)$

=

#### (2) 積雪荷重

検討用積雪深度  $d_{RCS}$  (cm) :  (降下火砕物 28cm に相当)

積雪単位荷重  $m_S$  (N/cm/m<sup>2</sup>) :  (建築基準法施行令第 86 条第 2 項による)

検討用積雪荷重  $w_{RCS}$  (N/m<sup>2</sup>) :  $m_S \times d_{RCS} =$

#### (3) 荷重の組み合わせ

建築基準法施行令第 82 条に基づき、積雪荷重 (多雪区域以外の場合) は短期荷重として評価する。

短期荷重 : 固定荷重 + 積雪荷重

### 2.2. 使用材料と許容値

#### (1) コンクリート

設計基準強度  $F_c =$   N/mm<sup>2</sup>

#### (2) 鉄筋

使用材料 :

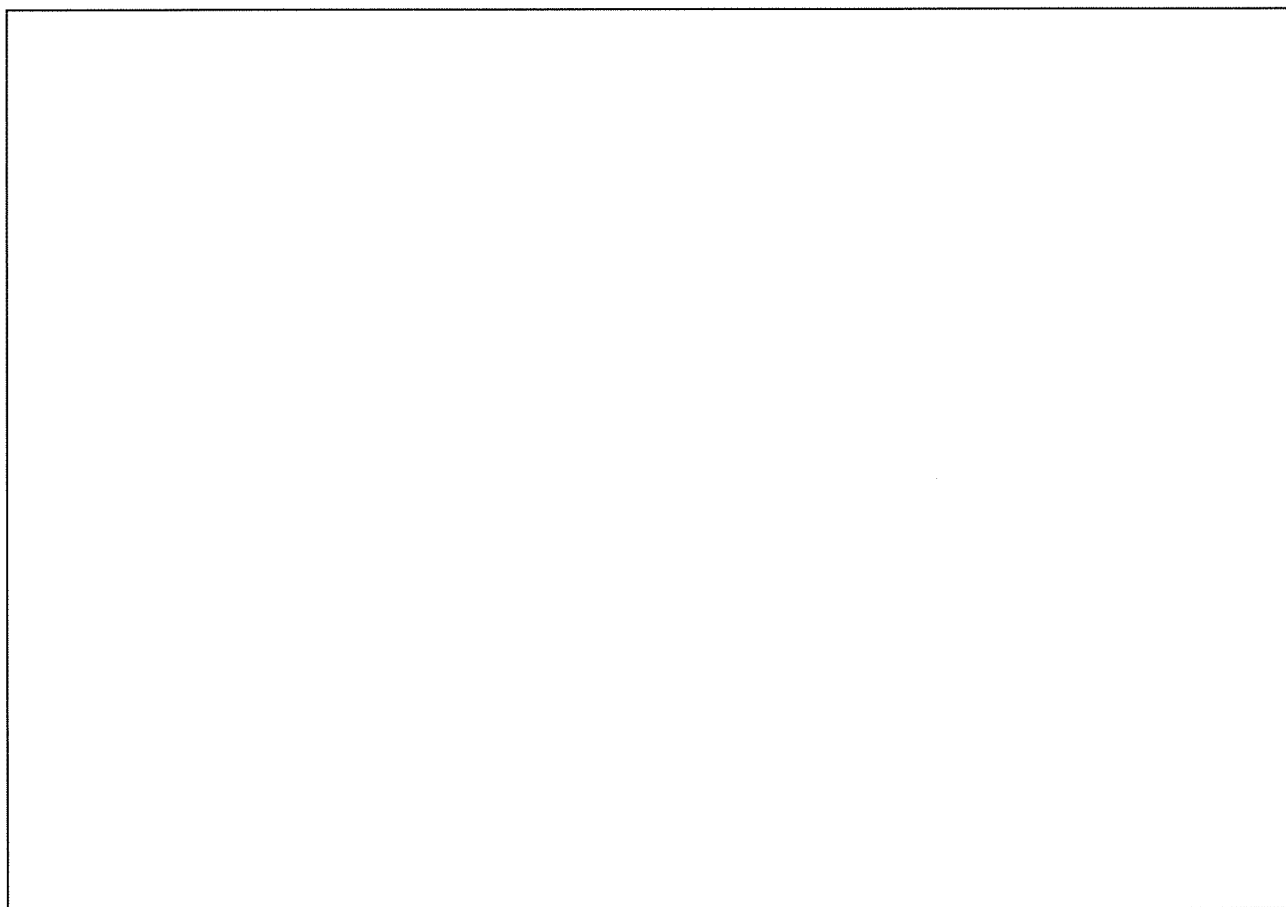
SD295A : 短期許容引張応力度  $f_{t1} =$   N/mm<sup>2</sup>

SD345 : 短期許容引張応力度  $f_{t2} =$   N/mm<sup>2</sup>

### 3. 検討対象

検討対象は、添説建 4-Ⅱ.3-1 図に示す屋根スラブ、RC 小梁とする。

屋根スラブは内法寸法で評価する。積雪荷重に対して厳しくなる箇所（積雪荷重を受ける面積が大きい箇所）を選定して評価する。



添説建 4-Ⅱ.3-1 図 検討対象（見上げ図）

#### 4. 検討結果

##### 4.1. 評価方法

屋根スラブ、RC小梁は積雪荷重時に作用する最大曲げモーメントが短期曲げ耐力以下であることを確認する。確認にあたり、屋根スラブ、RC小梁は日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（以下「RC規準」と略記）に基づき評価する。（発電機室は新設の建物であり弾性範囲の設計とする）

以上の評価により安全機能を損なわないことを確認する。

##### 4.2. 評価結果

###### (1) 屋根スラブ (S1)

###### 1) 計算諸条件

長辺スパン長  $L$  (m) :   
短辺スパン長  $B$  (m) :   
単位面積当り積雪荷重  $w_{RCS}$  (kN/m<sup>2</sup>) :

###### 屋根スラブ諸元

厚さ  $t$  (mm) :   
単位面積当り固定荷重  $w_{RC}$  (kN/m<sup>2</sup>) :

###### 配筋

上端筋 主筋 :   
配力筋 :   
下端筋 主筋 :   
配力筋 :   
1本当り断面積 (D10)  $A_{D10}$  (mm<sup>2</sup>) :   
(D13)  $A_{D13}$  (mm<sup>2</sup>) :

###### 鉄筋 (SD295A)

短期許容引張応力度  $f_{t1}$  (N/mm<sup>2</sup>) :

###### 支持条件

着目方向 :

単位面積当り荷重  $w$  (kN/m<sup>2</sup>) :  $w_{RC} + w_{RCS} =$

2) 短辺方向（端部）での検討結果

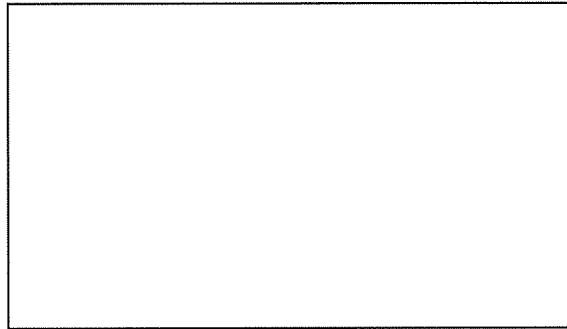
この位置での計算条件は以下の通り。

引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離  $d_t$  (mm) :

有効せい  $d$  (mm) :  $t - d_t =$

応力中心距離  $j$  (mm) :  $(7 / 8) \times d =$

引張鉄筋断面積（スラブ 1 m 幅当り）  $a_t$  (mm<sup>2</sup>/m) :  $1000 / 200 \times (A_{D10} + A_{D13}) / 2$   
 =



屋根スラブ断面（端部）

最大曲げモーメント  $M$ （スラブ 1 m 幅当り）は、RC 規準（10.1）式より

$$M = 1 / 12 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w \times B^2$$

=  kN·m/m

短期曲げ耐力  $M_a$ （スラブ 1 m 幅当り）は、RC 規準（13.1）式より

$$M_a = a_t \times f_{t1} \times j =$$
  kN·m/m

最大曲げモーメント  $M$  と短期曲げ耐力  $M_a$  の検定比

$$R = M / M_a =$$
  OK

3) 短辺方向（中央部）での検討結果

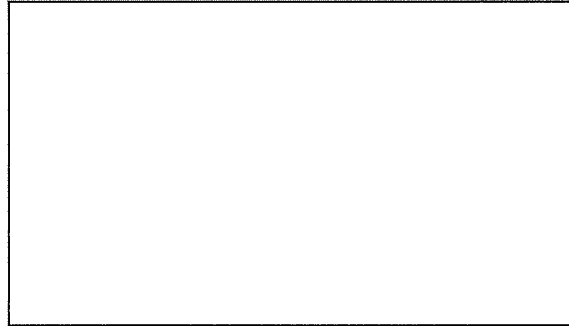
この位置での計算条件は以下の通り。

引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離  $d_t$  (mm) :

有効せい  $d$  (mm) :  $t - d_t =$

応力中心距離  $j$  (mm) :  $(7 / 8) \times d = (7 / 8) \times 164 = 143.5$

引張鉄筋断面積（スラブ 1 m 幅当り）  $a_t$  (mm<sup>2</sup>/m) :  $1000 / 200 \times A_{D10}$   
 =



屋根スラブ断面（中央）

最大曲げモーメント  $M$ （スラブ 1m 幅当り）は、RC 規準（10.1）式より

$$M = 1 / 18 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w \times B^2$$

=  kN・m/m

短期曲げ耐力  $M_a$ （スラブ 1 m 幅当り）は、RC 規準（13.1）式より

$$M_a = a_t \times f_{t1} \times j =$$
  kN・m/m

最大曲げモーメント  $M$  と短期曲げ耐力  $M_a$  の検定比

$$R = M / M_a =$$
  OK

以上より、積雪深さ 168cm の積雪荷重に対して、屋根スラブ（S1）は健全である。

(2) RC 小梁 (B1)

1) 計算諸条件

支持スパン長  $L$  (m) :   
屋根スラブ単位面積当り固定荷重  $w_{RC}$  (kN/m<sup>2</sup>) :   
RC 屋根単位面積当り積雪荷重  $w_{RCS}$  (kN/m<sup>2</sup>) :

小梁諸元

高さ  $h$  (m) :   
幅  $b$  (m) :   
単位長さ当り固定荷重  $W_B$  (kN/m) :

配筋

端部 上端筋 :   
          下端筋 :   
中央部 上端筋 :   
          下端筋 :   
1 本当り断面積 (D19)  $A_{D19}$  (mm<sup>2</sup>) :

鉄筋 (SD345)

短期許容引張応力度  $f_{t2}$  (N/mm<sup>2</sup>) :

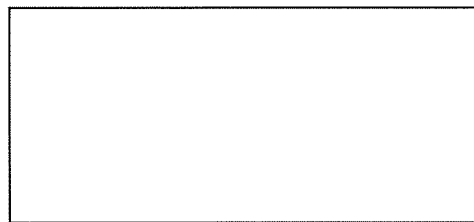
小梁の分担する単位長さ当り荷重

荷重分担幅  $B_b$  (m) :   
屋根スラブ固定荷重  $W_{RC}$  (kN/m) :  $w_{RC} \times B_b =$    
積雪荷重  $W_{RCS}$  (kN/m) :  $w_{RCS} \times B_b =$    
小梁分担荷重  $W$  (kN/m) :  $W_{RC} + W_B + W_{RCS}$   
=

集中荷重

チェーンブロック  $P_c$  (kN) : 15.2

チェーンブロックの載荷位置を以下に示す。



(単位 : m)

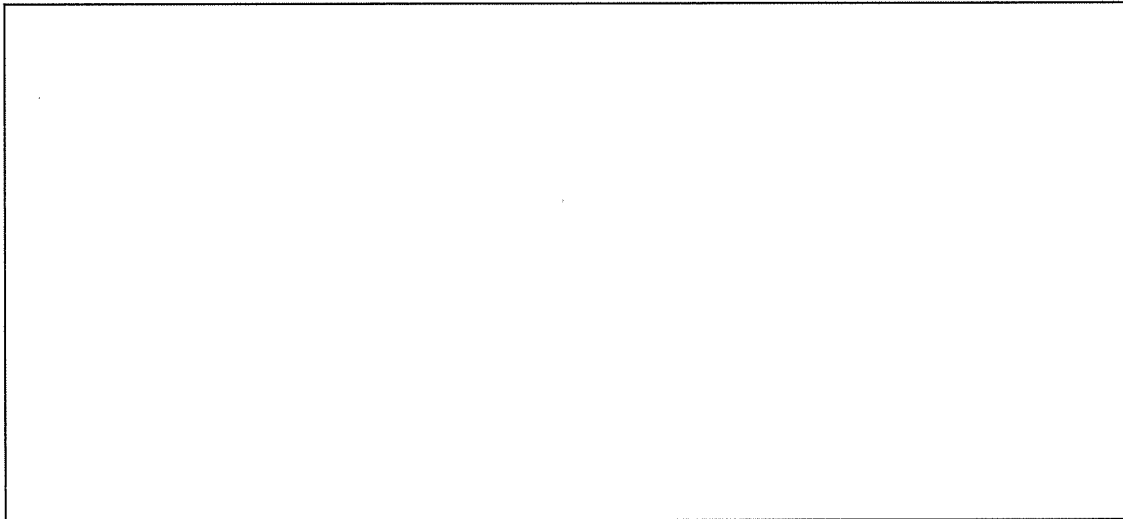
2) 小梁の検討結果

梁の端部では上端側、中央部では下端側に引張が発生する。引張が発生する側の配筋は端部と中央部で同じ※1であるため、曲げモーメントが最大となる端部にて検討を行う。

この位置での計算条件は以下の通り。

引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離  $d_t$  (mm) :   
 有効せい  $d$  (mm) :  $h - d_t =$    
 応力中心距離  $j$  (mm) :   
 引張鉄筋断面積  $a_t$  (mm<sup>2</sup>) :  $A_{b19} \times 3^{※1} =$

※1：端部上端筋は4本であるが、保守的に3本と考える。



分布荷重による曲げモーメント  $M_w$

$$M_w = 1 / 12 \times W \times L^2 = \text{} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

集中荷重による最大曲げモーメント  $M_p$

$$M_p = P_c \times a_p \times b_p^2 / L^2 = \text{} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

最大曲げモーメント  $M$

$$M = M_w + M_p = \text{} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

短期曲げ耐力  $M_a$  は、RC 規準 (13.1) 式より

$$M_a = a_t \times f_{t2} \times j = \text{} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

最大曲げモーメント  $M$  と短期曲げ耐力  $M_a$  の検定比

$$R = M / M_a = \text{} \quad \text{OK}$$

以上より、積雪深さ 168cm の積雪荷重に対して、RC 小梁 (B1) は健全である。



## 外部火災・爆発による損傷防止に関する説明書

## 1. 評価対象と方法

## (1) 評価対象

## 1) 対象建物及び評価箇所

評価対象建物は、非常用ディーゼル発電機(1)、(2)が設置されている付属建物発電機室とした。以下に評価対象建物と部位等の構造、評価の可否を示す。

○：評価が必要 ×：評価が不要

建物	部位	材料	寸法（厚さ）	評価可否
付属建物発電機室 (図り建-3(1/2)、(2/2) 参照)	壁			○
	屋根			○
	防火ダンパ <sup>注1</sup>			○
	鉄扉			○

注1：吸気/排気フードの効果を見込まず、保守的に防火ダンパを評価対象とした。防火ダンパから屋外までのダクトは、厚さ  mm の  であり、防火ダンパと同じ材質、厚さである。

## 2) 対象とする危険物（施設・車両）

対象とする危険物（施設・車両）は、以下の通り選定した。

## ・敷地内：

事業許可 添付書類五の別添り-18 に示す危険物（施設・車両）のすべてを選定した（添説建 5-1 図参照）。

## ・敷地外：

事業許可 別添り-24 及び別添り-25 に示す危険物（施設・車両）のすべてを選定した（添説建 5-1 図参照）。

添説建 5-1 図～添説建 5-4 図に各危険物の施設と付属建物発電機室との位置関係と障壁および離隔の関係を示す。図り建-3 に付属建物発電機室と危険物（施設・車両）との評価対象と離隔距離を示す。

(2) 影響評価方法

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に則り、影響モードとして敷地内外の火災、爆発を設定し評価した。

- ・火災：発生した火炎からの輻射熱により施設の外壁、屋根、鉄扉が加熱されることを想定し、壁面温度を評価した。

$$T = T_0 + \frac{E}{h} \left( 1 - e^{-\frac{ht}{C_v}} \right)$$

$$C_v = \rho \times C_p \times X$$

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left( \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left( \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right]$$

(「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」より)

T：壁の入熱後の温度 (°C)      T<sub>0</sub>：初期温度 (°C)

E：輻射強度=R<sub>f</sub>×φ (W/m<sup>2</sup>)      R<sub>f</sub>：輻射発散度 (W/m<sup>2</sup>)      h：熱伝達率 (W/m<sup>2</sup>/K)

t：燃焼継続時間 (s)

C<sub>v</sub>：建物壁の面積あたりの熱容量 (J/m<sup>2</sup>/K)

ρ：建物壁の密度 (kg/m<sup>3</sup>)      C<sub>p</sub>：建物壁材の比熱 (J/kg/K)

X：壁の厚み (m)

φ：形態係数      n=L/R      m=H/R≒3

A=(1+n)<sup>2</sup>+m<sup>2</sup>      B=(1-n)<sup>2</sup>+m<sup>2</sup>      L：離隔距離 (m)

H：炎の高さ (m)      R：燃焼半径=√S/π (m)      S：燃焼面積 (m<sup>2</sup>)

- ・爆発：爆発源から発生した爆風 (危険限界距離\*) を想定し、爆風による影響の有無を評価した。

$$X = 0.04 \times 14.4 \sqrt[3]{K \times W} \quad (\text{「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」より})$$

X：危険限界距離 (m)      K：石油類の定数 (-)      W：設備定数 (-)

\* 「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に記載されている、人体に対して影響を与える爆風圧が及ぶ範囲で、範囲外の建物は爆発の影響を受けないとしている。

### (3) 判定基準

#### 1) 敷地内の火災

- ・ 火災源と対象建物との間に影響を遮る障壁がある場合は、火災の影響が及ばないものとする。
- ・ 危険物と対象建物との最短距離を離隔距離として評価する。
- ・ 評価温度  $T(^{\circ}\text{C})$  と許容温度を比較し、評価温度 < 許容温度であることを確認する。
- ・ 許容温度は、以下のとおりとする。

壁・屋根（コンクリート）：

200 $^{\circ}\text{C}$ （出典：建築火災のメカニズムと火災安全設計）

鉄扉（）、防火ダンパ（）：

450 $^{\circ}\text{C}$ （出典：建築火災のメカニズムと火災安全設計（自重（長期荷重）に対して変形が認められない温度（許容鋼材温度）））・・・補足資料参照

#### 2) 敷地外の火災

- ・ 敷地外のタンクローリーの火災は、敷地内の火災と同様に評価し判定する。
- ・ 当社敷地の東側に隣接するニュークリア・デベロップメント株式会社の火災源（危険物屋外タンク貯蔵所）に最も近い当社加工施設の建物は、事業許可のとおりに第1廃棄物処理所（申請対象外）であり、火災源との距離は109mである。
- ・ 対象建物と敷地外の火災源の距離は109m以上であり、外壁温度が許容温度になる危険距離が109mより小さいことを確認する。

#### 3) 敷地内の爆発

- ・ 爆発源と対象建物との間に影響を遮る障壁がある場合は、爆発の影響が及ばないものとする。
- ・ 爆発源と対象建物との最短距離を、離隔距離として評価する。
- ・ 危険限界距離  $X(\text{m})$  と離隔距離  $L(\text{m})$  を比較し、危険限界距離 < 離隔距離であることを確認する。

#### 4) 敷地外の爆発

- ・ 敷地外のタンクローリーの爆発は、敷地内の爆発と同様に評価し判定する。
- ・ 当社敷地の西側に隣接する三菱マテリアル株式会社の爆発源（LPガス貯蔵設備、高压ガス貯蔵所（第二種貯蔵所））に最も近い当社加工施設の建物は、事業許可のとおりに容器管理棟であり、爆発源との距離は228mである。
- ・ 対象建物と敷地外の爆発源の距離が228m以上であることを、対象建物と敷地外の爆発源との距離が228m以上であることから、危険限界距離 < 離隔距離であることを確認する。

## 2. 評価結果

対象建物に対する危険物（施設・車両）の影響モードと、評価結果を添説建 5-1 表に示す。  
なお、評価に際しては、以下の通り保守的な評価を行った。

付属建物発電機室：

付属建物発電機室の壁、屋根は、コンクリート製のため、最も評価結果が厳しくなるように、厚さが最も薄い屋根について評価した。壁の評価結果は、屋根の評価結果に包絡される。

また、付属建物発電機室の鉄扉は、厚さ□mm の□の鋼板の 2 枚張りであるが、保守的な評価となるように外側鋼板 1 枚として評価した。また、防火ダンパは厚さ□mm の□  
□であることから、鉄扉と防火ダンパは厚さ□mm の鋼板であることより、鉄扉と防火ダンパを纏めて評価した。

評価の結果、火災及び爆発に対して対象建物は健全性を維持できることを確認した。

添説建 5-1 表 危険物(施設・車両)の仕様と火災・爆発評価結果 (1/2)

敷地内の火災影響評価

区分	危険物の施設	油種等	影響モード	評価結果
				付属建物発電機室
敷地内	危険物屋外タンク貯蔵所(1)	A重油	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-2 表参照)
	危険物屋外タンク貯蔵所(2)	灯油	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-2 表参照)
	危険物屋外タンク貯蔵所(3)	灯油	火災	障壁となる建物(シリンダ洗浄棟 <sup>※</sup> )があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
	高圧ガス製造所	液化アンモニア	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-3 表参照)
			爆発	危険限界距離(26.6m)以上離隔している(29m)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)
	LPガス供給設備	液化プロパンガス	火災	障壁となる建物(高圧ガス貯蔵所障壁 <sup>※</sup> )があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
			爆発	障壁となる建物(高圧ガス貯蔵所障壁 <sup>※</sup> )があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
	高圧ガス貯蔵所	水素	爆発	障壁となる建物(高圧ガス貯蔵所障壁 <sup>※</sup> )があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
	A重油用タンクローリ	A重油	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-3 表参照)
	灯油用タンクローリ	灯油	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-4 表参照)
	液化アンモニアローリ	液化アンモニア	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-4 表参照)
			爆発	危険限界距離(26.0m)以上離隔している(32m)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)
	LPガスローリ	液化プロパンガス	火災	離隔距離評価及び温度評価により外部火災の影響はない。 (添説建 5-5 表参照)
爆発			危険限界距離(47.8m)以上離隔している(219m)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)	
水素トレーラ	水素	爆発	危険限界距離(50.6m)以上離隔している(219m)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)	

※ シリンダ洗浄棟、第2廃棄物処理所、高圧ガス貯蔵所障壁は、次回以降申請する。

添説建 5-1 表 危険物(施設・車両)の仕様と火災・爆発評価結果(2/2)

敷地外の開催影響評価

区分	危険物の施設	油種等	影響モード	評価結果
				付属建物発電機室
敷地外	タンクローリ <sup>*1</sup>	ガソリン	火災	障壁となる建物(成型工場、組立工場)があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
			爆発	障壁となる建物(成型工場、組立工場)があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
		液化プロパンガス	爆発	障壁となる建物(成型工場、組立工場)があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
		液化天然ガス	爆発	障壁となる建物(成型工場、組立工場)があるため影響はない。 (添説建 5-1 図参照)
	危険物屋外タンク貯蔵所 <sup>*2</sup>	A 重油	火災	離隔距離評価により外部火災影響はない。 (添説建 5-6 表参照)
LP ガス貯蔵設備 <sup>*3</sup>	液化プロパンガス	爆発	危険限界距離(33.6m)以上離隔している(228m 以上)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)	
高圧ガス貯蔵所 <sup>*3</sup> (第二種貯蔵所)	水素	爆発	危険限界距離(27.4m)以上離隔している(228m 以上)ため影響はない。 (添説建 5-7 表参照)	

\*1: 当社敷地から最も近い公道である国道 6 号線におけるタンクローリ

\*2: 当社敷地の東側に隣接するニュークリア・デベロップメント株式会社に設置

\*3: 当社敷地の西側に隣接する三菱マテリアル株式会社に設置

添説建5-2表 危険物屋外タンク貯蔵所(1)、(2)の付属建物発電機室に対する火災影響評価結果

項目	単位	危険物屋外タンク貯蔵所(1)		危険物屋外タンク貯蔵所(2)	
		A 重油		灯油	
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
L	m	15	15	193	193
S	m <sup>2</sup>	80	80	4.12	4.12
R	m	5.1	5.1	1.2	1.2
t	s	25,880	25,880	3,530	3,530
φ	—	0.1547	0.1547	0.0001	0.0001
R <sub>f</sub>	kW/m <sup>2</sup>	23	23	50	50
E	W/m <sup>2</sup>	3558.4	3558.4	3.8	3.8
T <sub>0</sub>	°C	40	40	40	40
h	W/m <sup>2</sup> /K	17	17	17	17
—	—	—	—	—	—
X	m	—	—	—	—
ρ	kg/m <sup>3</sup>	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>5)</sup>	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>5)</sup>
C <sub>p</sub>	J/kg/K	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>5)</sup>	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>5)</sup>
C <sub>v</sub>	J/m <sup>3</sup> /K	432,000	5,820	432,000	5,820
T	°C	174	250	41	41
—	°C	200	450	200	450
—	—	無し	無し	無し	無し
L <sub>0</sub>	m	13.1	8.4	1.5	3.9

添説建5-3表 高压ガス製造所、A重油タンクローリーの付属建物発電機室に対する火災影響評価結果

項目	単位	高压ガス製造所		A重油タンクローリー	
		液化アンモニア	火災	A重油	火災
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
L	m	30	7	23.78	2.8
S	m <sup>2</sup>	27.36	—	—	—
R	m	3.0	—	—	—
t	s	84,480	—	—	—
φ	—	0.0194	—	—	—
R <sub>r</sub>	kW/m <sup>2</sup>	134	—	—	—
E	W/m <sup>2</sup>	2603.2	—	—	—
T <sub>0</sub>	°C	40	—	—	—
h	W/m <sup>2</sup> /K	17	—	—	—
—	—	—	—	—	—
X	m	—	—	—	—
ρ	kg/m <sup>3</sup>	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>5)</sup>	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>5)</sup>
C <sub>p</sub>	J/kg/K	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>5)</sup>	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>5)</sup>
C <sub>v</sub>	J/m <sup>3</sup> /K	432,000	5,820	432,000	5,820
T	°C	188	194	149	297
—	°C	200	450	200	450
—	—	無し	無し	無し	無し
L <sub>0</sub>	m	28.8	17.8	5.0	4.6



添説建5-4表 灯油用タンクローリ、液化アンモニアローリの付属建物発電機室に対する火災影響評価結果

項目	単位	灯油用タンクローリ		液化アンモニアローリ	
		灯油	火災	液化アンモニア	火災
一 油種等	—				
一 影響モード	—				
L 離隔距離	m	219		30	
S 燃焼面積	m <sup>2</sup>	13.99		23.78	
R 燃焼半径	m	2.2		2.8	
t 燃焼継続時間	s	5,600		85,030	
φ 形態係数	—	0.0002		0.0170	
R <sub>f</sub> 輻射発散度 <sup>1)</sup>	kW/m <sup>2</sup>	50		134	
E 輻射強度	W/m <sup>2</sup>	9.8		2274.3	
T <sub>0</sub> 初期温度	°C	40		40	
h 熱伝達率 <sup>2)</sup>	W/m <sup>2</sup> /K	17		17	
— 評価対象外壁種類	—				
X 壁の厚み	m				
ρ 建物壁の密度	kg/m <sup>3</sup>	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>5)</sup>	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>5)</sup>
C <sub>n</sub> 建物壁材の比熱	J/kg/K	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>5)</sup>	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>5)</sup>
C <sub>v</sub> 壁の単位面積あたりの熱容量	J/m <sup>2</sup> /K	432,000	5,820	432,000	5,820
T 外壁評価温度	°C	41	41	170	174
— 許容温度 <sup>4)</sup>	°C	200	450	200	450
— 影響	—	無し	無し	無し	無し
L <sub>0</sub> 危険距離	m	4.0	7.0	26.9	16.6

添説建 5-5 表 LP ガスローリの付属建物発電機室に対する火災影響評価結果

項目		単位	LP ガスローリ	
—	油種等	—	液化プロパンガス	
—	影響モード	—	火災	
L	離隔距離	m	219	
S	燃焼面積	m <sup>2</sup>	14.25	
R	燃焼半径	m	2.2	
t	燃焼継続時間	s	2,000	
φ	形態係数	—	0.0002	
R <sub>r</sub>	輻射発散度 <sup>1)</sup>	kW/m <sup>2</sup>	74	
E	輻射強度	W/m <sup>2</sup>	14.4	
T <sub>0</sub>	初期温度	°C	40	
h	熱伝達率 <sup>2)</sup>	W/m <sup>2</sup> /K	17	
—	評価対象外壁種類	—		
X	壁の厚み	m		
ρ	建物壁の密度	kg/m <sup>3</sup>	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>5)</sup>
C <sub>p</sub>	建物壁材の比熱	J/kg/K	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>5)</sup>
C <sub>v</sub>	壁の単位面積あたりの熱容量	J/m <sup>2</sup> /K	432,000	5,820
T	外壁評価温度	°C	41	41
—	許容温度 <sup>4)</sup>	°C	200	450
—	影響	—	無し	無し
L <sub>0</sub>	危険距離	m	2.3	9.2

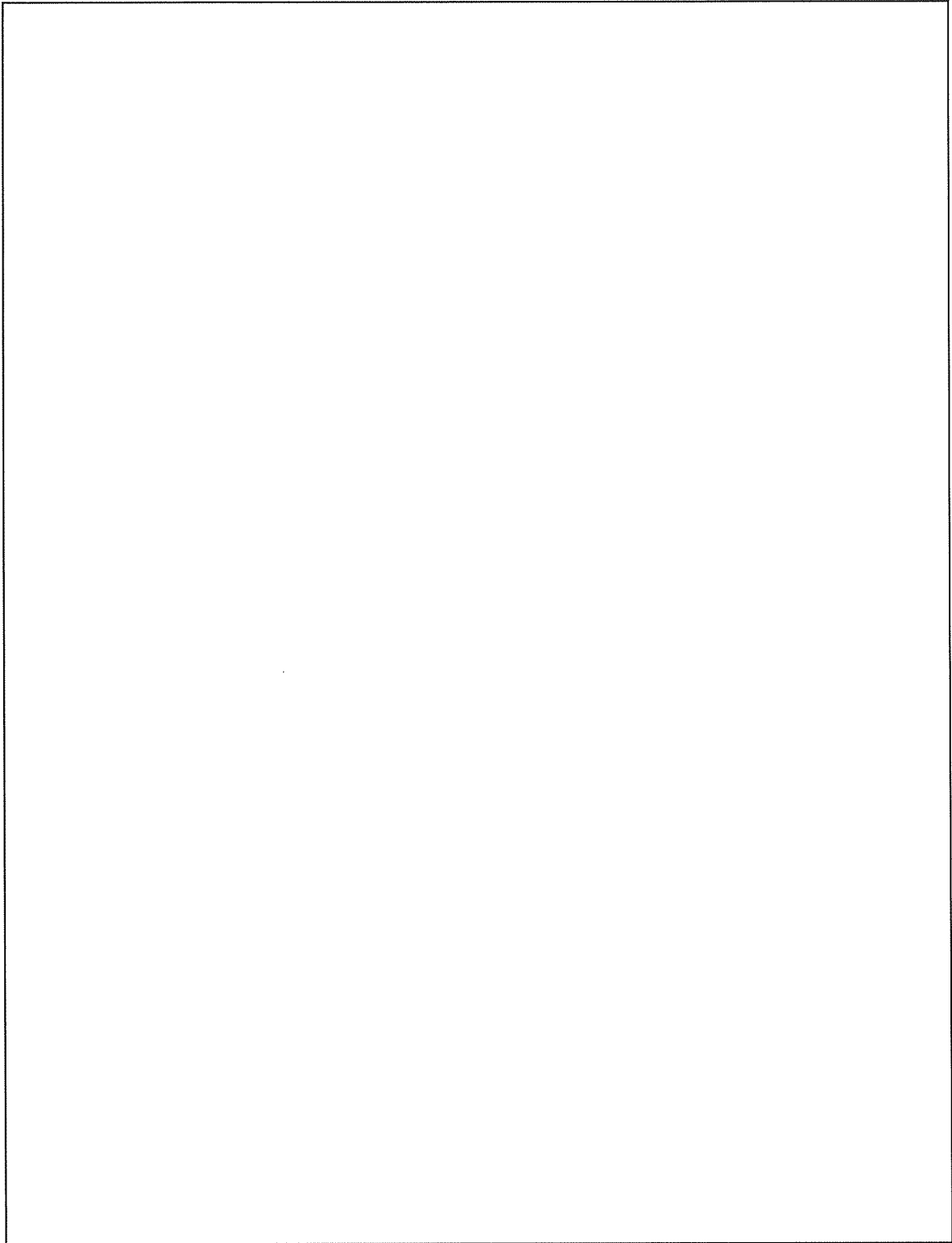
添説建 5-6 表 敷地外危険物屋外タンク貯蔵所の付属建物発電機室に対する危険距離

項目	単位	付属建物発電機室の壁、屋根、吸気／排気フード、鉄扉	
—	油種等	A 重油	
—	影響モード	火災	
S	燃焼面積	20.8	
R	燃焼半径	2.6	
t	燃焼継続時間	13,460	
$\phi$	形態係数	0.2863	0.3002
$R_r$	輻射発散度 <sup>1)</sup>	23	
E	輻射強度	6583.9	6905.6
$T_0$	初期温度	40	
h	熱伝達率 <sup>2)</sup>	17	
—	評価対象外壁種類	—	
X	壁の厚み	—	
$\rho$	建物壁の密度	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>5)</sup>
$C_p$	建物壁材の比熱	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>5)</sup>
$C_v$	壁の単位面積あたりの熱容量	432,000	5,820
—	許容温度 <sup>4)</sup>	200	450
$L_0$	危険距離	4.5	4.3

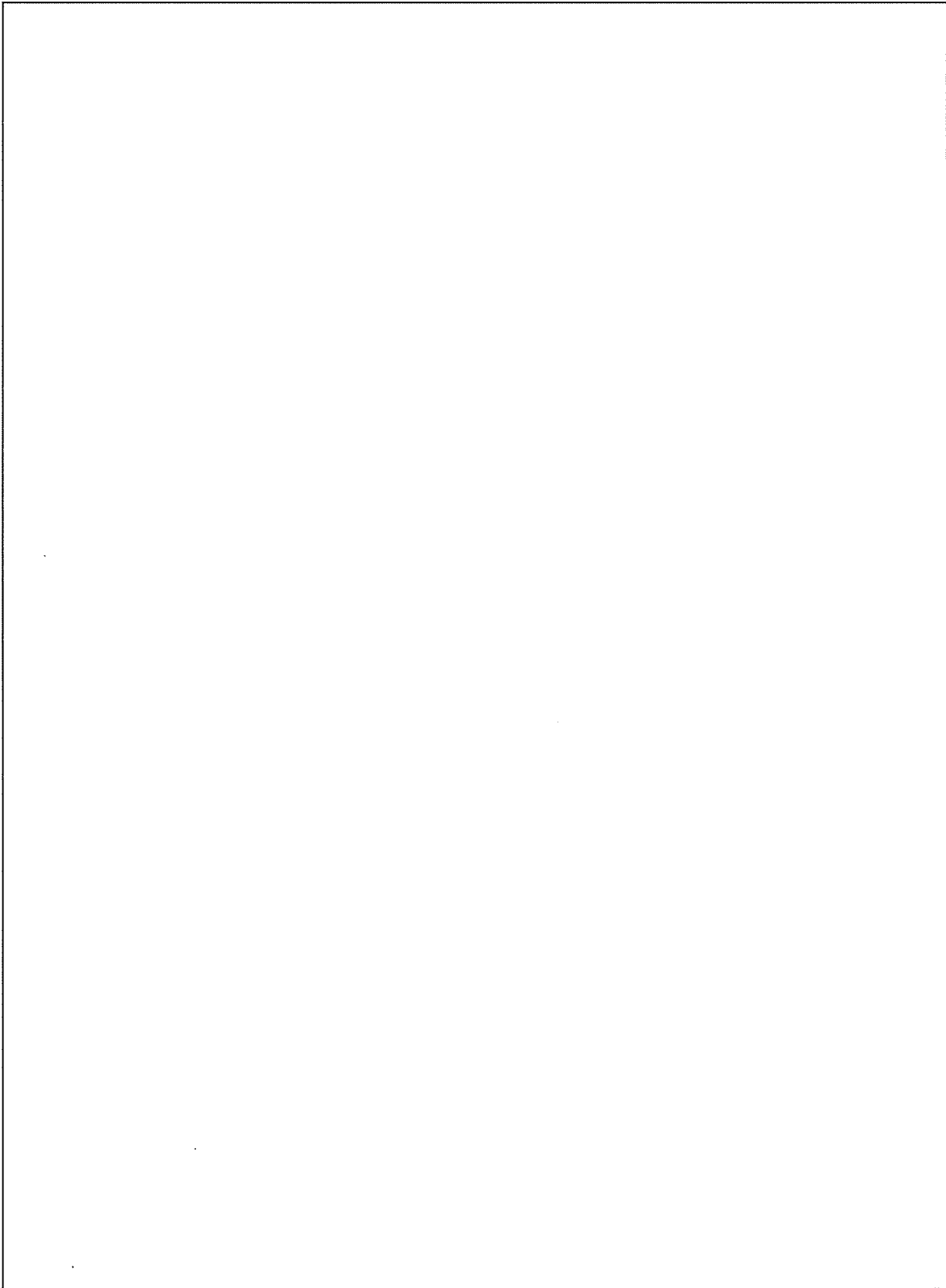
- 1) 原子力規制委員会. 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド. 2013, B-8.
- 2) 社団法人 空気調和・衛生工学会. 空気調和・衛生工学便覧 1. 基礎編. 第14版, 2010, p.402.
- 3) 社団法人 日本機械学会. 伝熱工学資料. 改訂第4版, 2005, p.322.
- 4) 原田和典. 建築火災のメカニズムと火災安全設計. 財団法人 日本建築センター, 2007.
- 5) 社団法人 日本機械学会. 機械工学便覧. 1990, A6-176

添説建 5-7 表 危険物(施設・車両)の爆発における危険限界距離  
(事業許可 別添り-18、リ-24、リ-25 より抜粋)

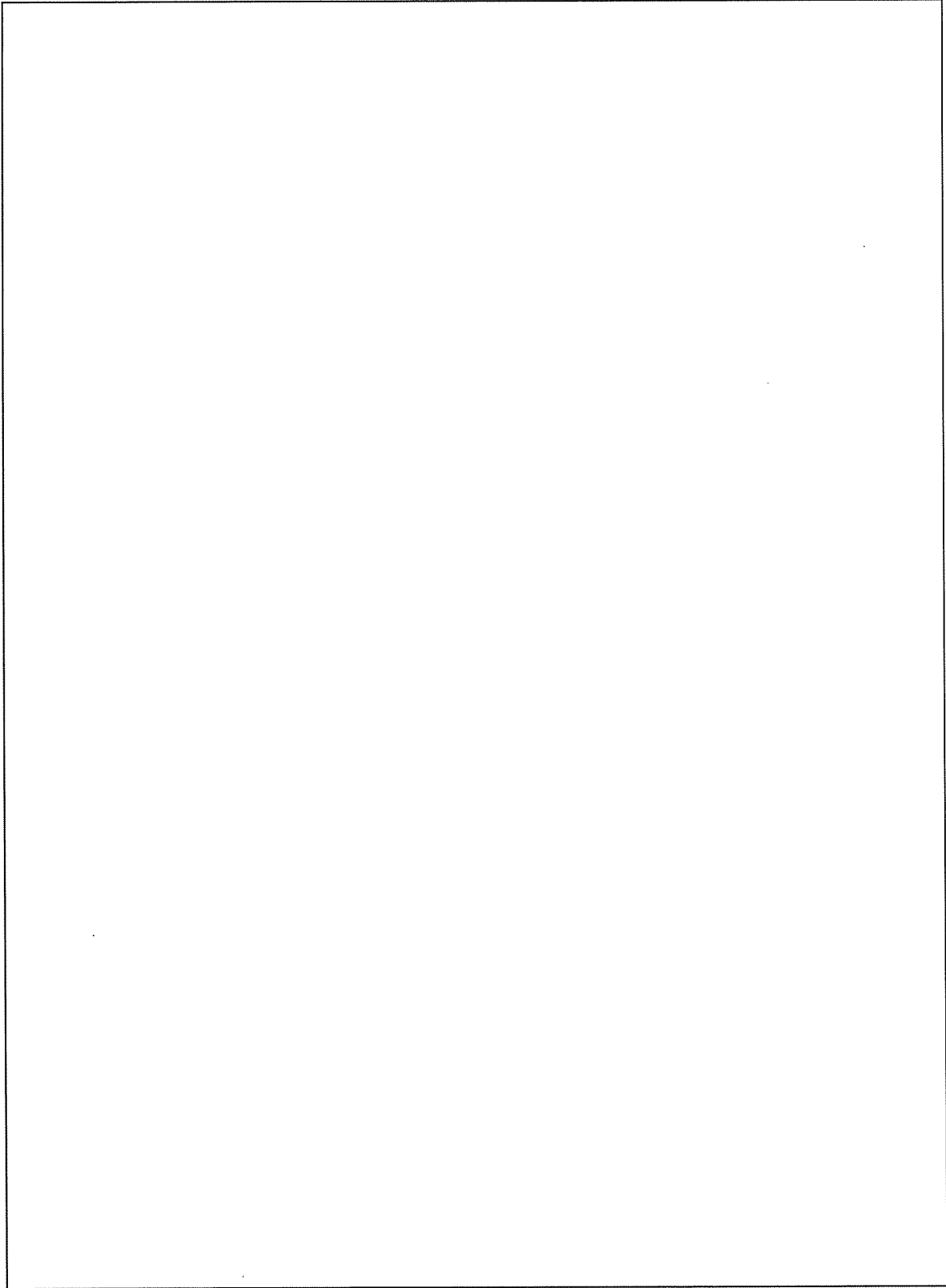
危険物の施設	ガス種	貯蔵量	K 値	W 値	危険限界距離
高压ガス製造所	液化アンモニア				
LP ガス供給設備	液化プロパンガス				
高压ガス貯蔵所	水素				
液化アンモニアローリ	液化アンモニア				
LP ガスローリ	液化プロパンガス				
水素トレーラ	水素				
タンクローリ (ガソリン)	ガソリン				
タンクローリ (液化プロパンガス)	液化プロパンガス				
タンクローリ (液化天然ガス)	液化天然ガス				
LP ガス貯蔵設備	液化プロパンガス				
高压ガス貯蔵所 (第二種貯蔵所)	水素				



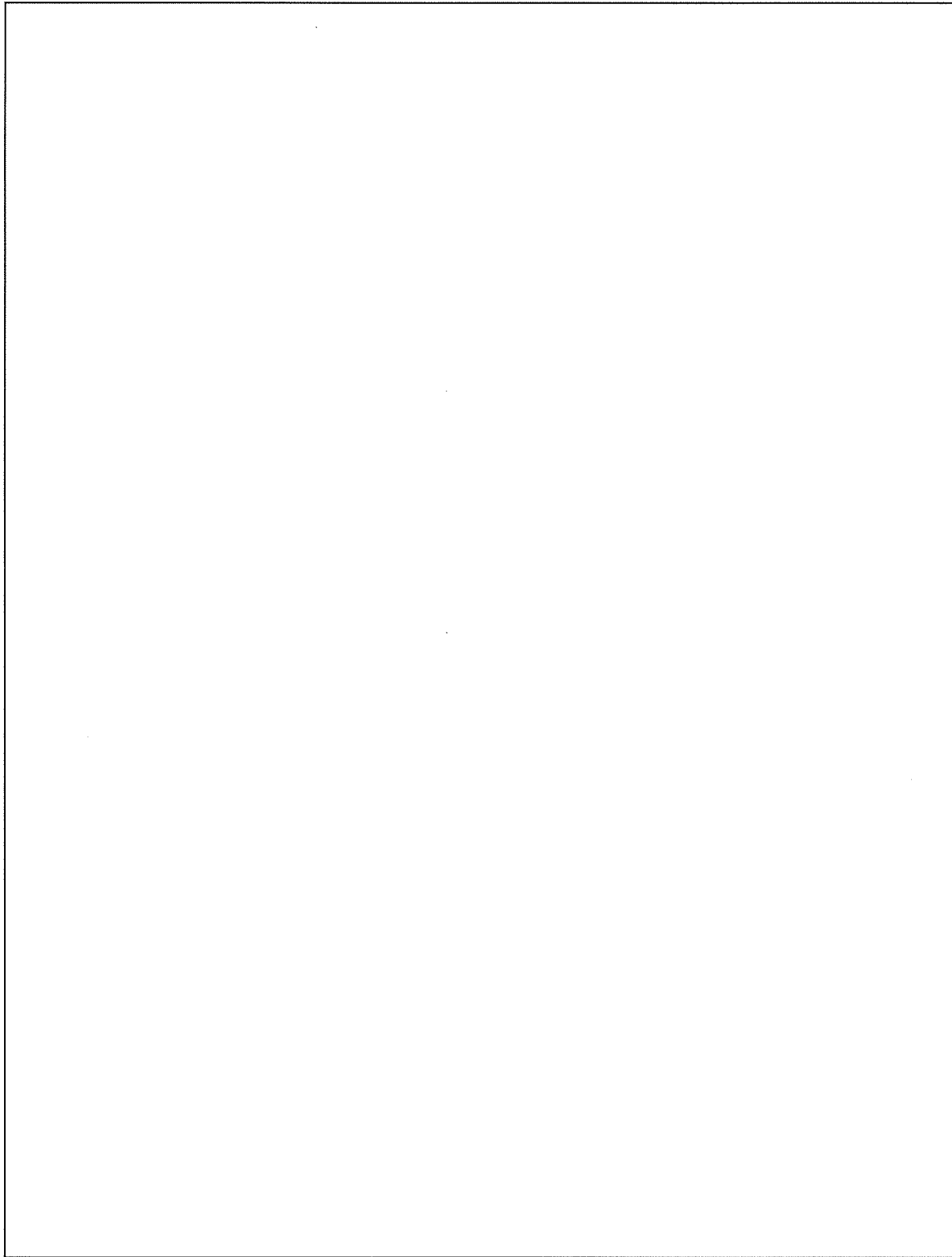
添説建5-1図 危険物(施設・車両)と付属建物発電機室との離隔距離・位置関係説明図



添説建5-2図 A重油用タンクローリ、灯油用タンクローリの移動経路と付属建物発電機室との位置関係説明図



添説建5-3図 液化アンモニアローリ、LPガスローリの移動経路と付属建物発電機室との位置関係説明図



添説建5-4図 水素トレーラの移動経路と付属建物発電機室との位置関係説明図



SS400、亜鉛めっき鋼板の許容温度  
 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」  
 (原田 和貴著 財団法人 日本建築センター発行より抜粋)

鋼材の特性を踏まえ、高温時の構造計算には1%ひずみ時の耐力を用いる。図1に、各種鋼材の1%ひずみ時耐力の測定結果を示す。縦軸の値は、各温度での測定値を常温の基準強度（F値）で割ったものであり、これを鋼材の強度低下率と呼ぶ。構造耐火設計のためには、測定値の下限をとり次式で強度低下率が定義されている。

$$\kappa(T) = \delta_y(T) / F = \begin{cases} 1 & (T \leq 325) \\ (700 - T) / 375 & (325 < T \leq 700) \end{cases}$$

これを用いると、素材としての限界温度を求めることができる。例えば、鋼材の長期許容応力度は基準強度の2/3なので、長期許容応力度一杯で設計された部材では、

$$0.667 = (700 - T) / 375$$

より、450℃が許容鋼材温度となる。

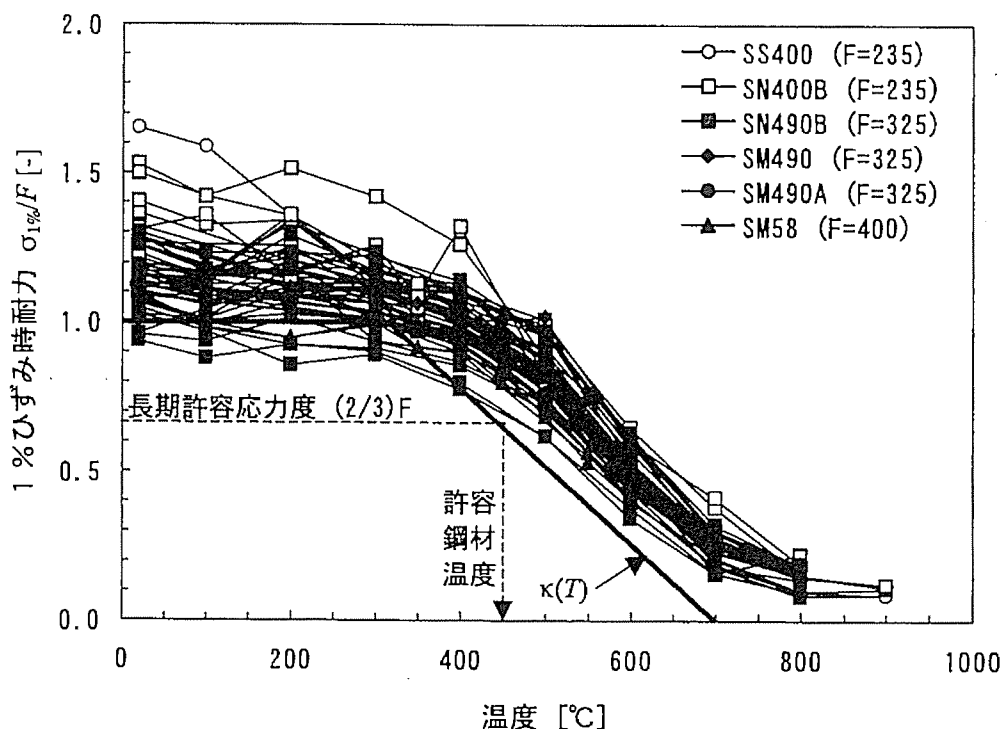


図1 各種鋼材の高温時の1%歪時耐力

## 放射線による被ばく防止に関する説明書

## 1. 放射線業務従事者の被ばく線量

今回申請する設備・機器における取り扱いウラン量は、事業許可から変更はない。今後再生濃縮ウランを充填した UF<sub>6</sub> シリンダの加熱蒸発は行わないこととするため、本申請により放射線業務従事者の内部被ばく及び外部被ばくは従来よりも減少する。

過去 5 年間（平成 26 年度から平成 30 年度）における放射線業務従事者の外部被ばくの実績は、全工程における最高値で年間 2.4mSv である。また、内部被ばくの実績はない。

## 2. 管理区域境界での線量

従来から管理区域境界は建物の壁等により区画し、その境界における線量率を 2 $\mu$  Sv/h 以下に管理しており、3 ヶ月間の実効線量は、以下に示すとおり 1.0mSv/3 ヶ月となるため、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」（以下「線量告示」という）に基づく管理区域の設定基準 1.3mSv/3 ヶ月を下回る。

$$2 (\mu \text{ Sv/h}) \times 500 (\text{h/3 ヶ月})^{(\text{注}1)} = 1.0 \text{ mSv/3 ヶ月}$$

(注 1) 「国際放射線防護委員会の勧告 (ICRP Pub. 60) の取り入れ等による放射線障害防止関係法令の改正について (通知)」（平成 12 年 10 月 23 日、科学技術庁原子力安全局放射線安全課長）に基づき、3 ヶ月間の時間を 500 時間とした。

なお上記 1 項と同様、本申請の設備・機器における取り扱いウラン量については、変更はなく、再生濃縮ウランを充填した UF<sub>6</sub> シリンダの加熱蒸発は行わないこととするため、本申請により管理区域境界での線量は従来よりも減少する。

## 3. 周辺監視区域境界での線量

事業許可において、周辺監視区域境界における実効線量は、各建物における核燃料物質等の貯蔵及び放射性固体廃棄物の保管が最大量であることを前提で評価している。別途申請する加工施設の壁、屋根等の遮蔽により周辺監視区域境界における最大線量は年間  $7 \times 10^{-3}$  mSv であることが確認され、線量告示に定められる周辺監視区域外の線量限度である年間 1mSv より十分に低い数値となる。このとき、ウランが放出す

るガンマ線による線量を考慮するものとし、中性子線による線量は小さいため無視した。

## 工場棟及び付属建物 飛散防止用防護ネット説明書

## 1. 概要

工場棟（転換工場、成型工場、組立工場）及び隣接する付属建物（除染室・分析室）、放射線管理棟（一部）の屋根材は[ ]の折板（以下、折板屋根という。）であり、また、付属建物（第2核燃料倉庫）前室の屋根はALC屋根である。折板屋根及びALC屋根は、竜巻防護設計の竜巻である藤田スケールのF1の最大風速49m/sに対しては、安全機能を損なうことがないように、竜巻荷重を上回る強度を有する設計であるが、更なる安全裕度の向上策の確認として用いる藤田スケールのF3の最大風速92m/sに対しては、同建物の屋根が損傷するおそれがあることから、建物内に設置される設備・機器等の建物外部への飛散を防止するため、建物の屋根の下に飛散防止用防護ネット（以下、防護ネットという。）を設置する。

本説明書では、設置された防護ネットに対し、耐震強度検討及びF3竜巻時において飛散物が防護ネットに衝突した時の強度検討を実施し、防護ネットが地震時、飛散物衝突時に健全であることを確認する。

なお、竜巻が襲来時の敷地外からの飛来物で、工場棟及び隣接する建物の屋根に落下する可能性がある飛来物（プレハブ及び軽トラック）も、当該の防護ネットにより屋内への落下防止も可能な設計とする。

検討にあたっては、事業許可の設計方針に従い、竜巻の風圧力による荷重、竜巻による気圧差による荷重、建物内飛散物（以下、飛散物という。）及び敷地外飛来物（以下、飛来物という。）の衝撃荷重を考慮することになるが、防護ネットへの荷重作用時は、建物屋根が損傷している状態であるため建物内外の気圧差は解消していること、竜巻による風圧力荷重、飛散物衝撃荷重は、建物内側から外側への荷重方向となり、飛来物衝撃荷重を相殺する方向であること、また、飛来物衝撃荷重は、F3竜巻による風圧力荷重（金網の充実率考慮）と飛散物衝撃荷重を組み合わせたものを包絡する荷重であることを考慮し、防護ネットの評価は保守的に飛来物の衝撃荷重だけを対象に行う。

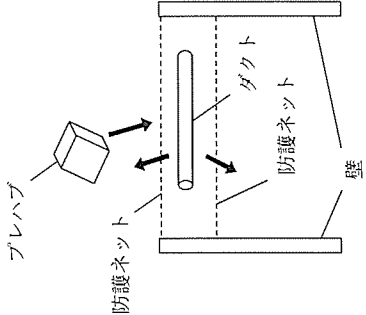
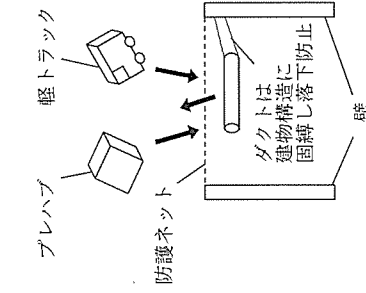
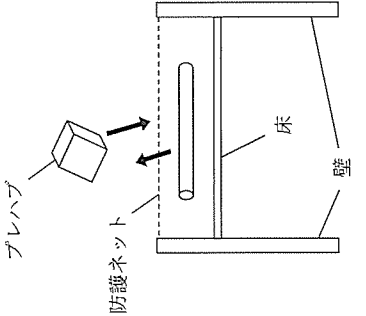
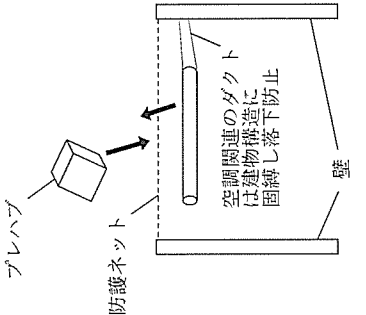
また、転換工場においては、屋根下に配置されるダクトの落下による設備・機器等の損傷対策としての防護ネットを設け、二重に防護ネットを敷設する。

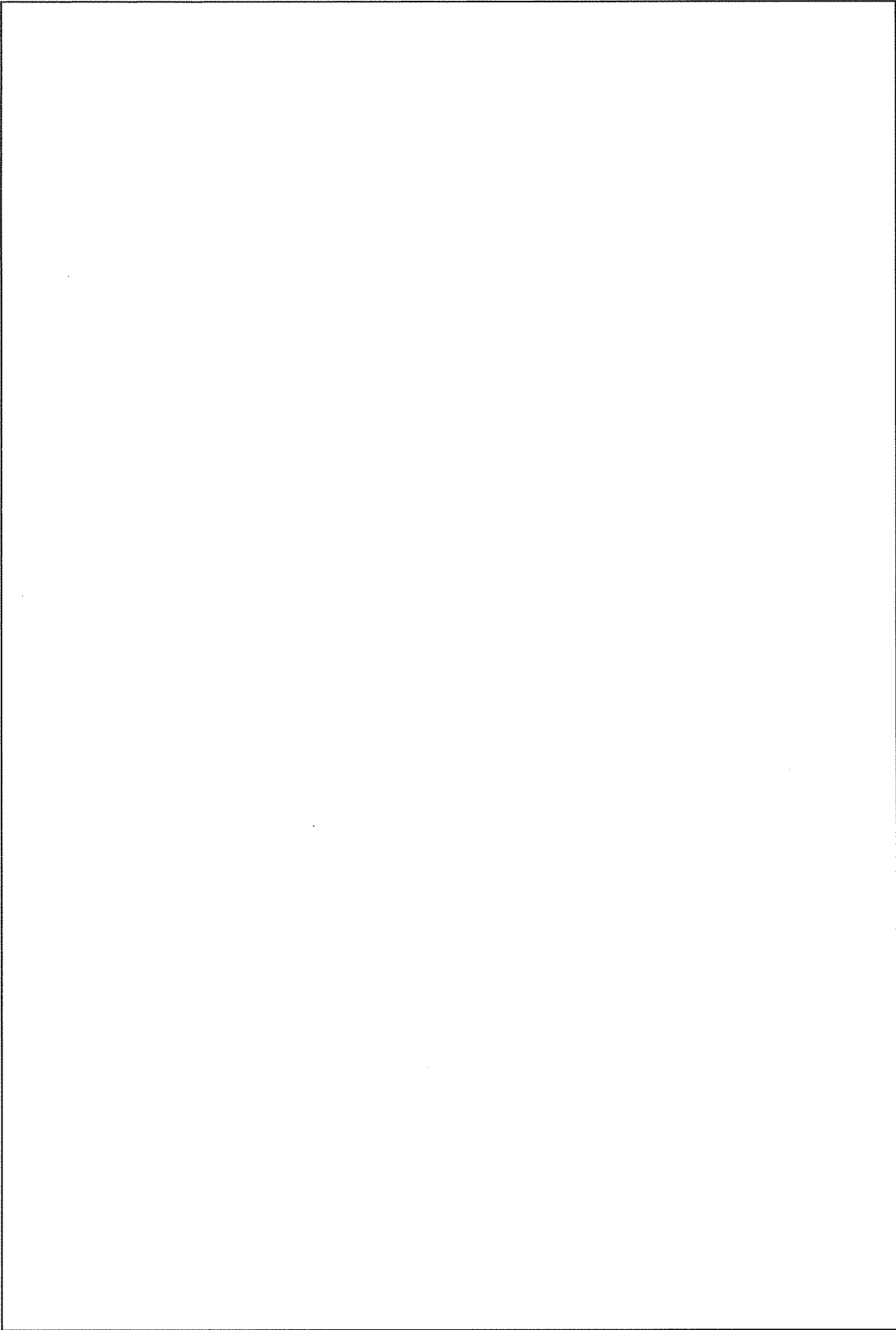
## 2. 防護ネットの機能と設置位置

添説建 7.2-1 表に各建物の飛散防止用防護ネット機能とその対象物を示す。

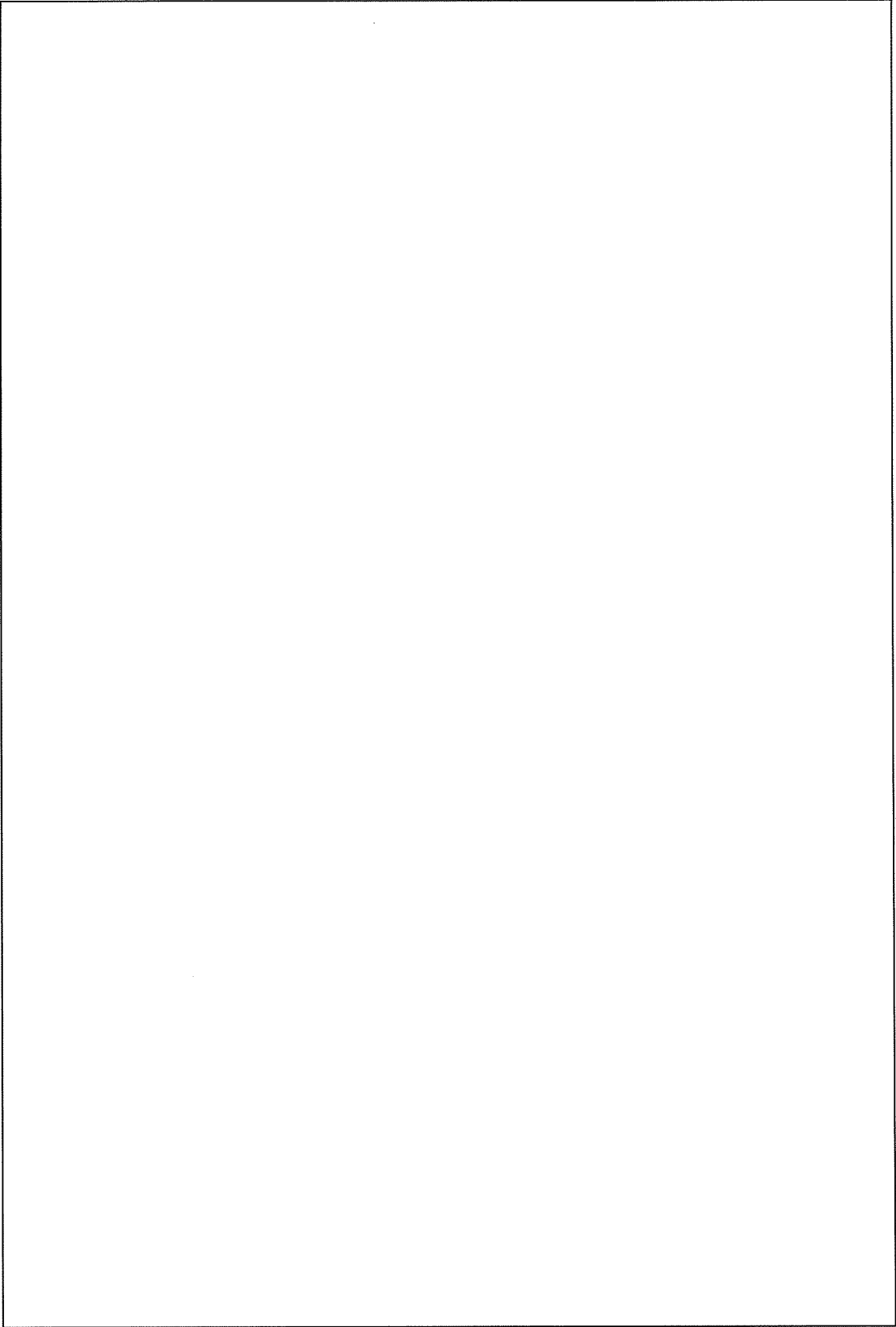
また、添説建 7.2-1 図～添説建 7.2-3 図に防護ネット設置範囲平面図を示す。

添説建 7.2-1 表 各建物の飛散防止用防護ネット機能とその対象物

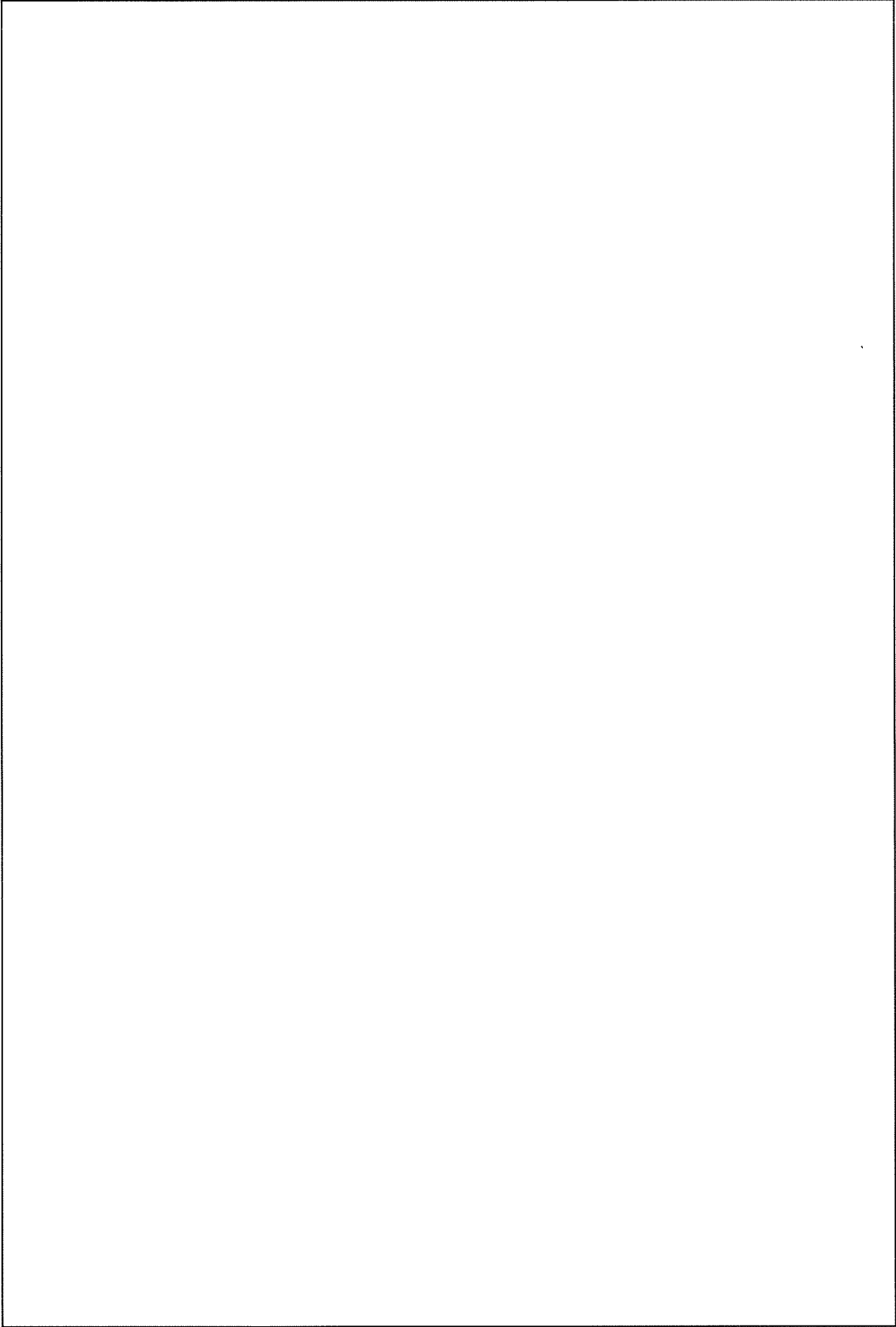
建物 機能	転換工場	転換工場 (東側) 除染室・分析室 放射線管理棟 (一部) 第2核燃料倉庫 (前室)	成型工場	組立工場
飛散防止機能	ダクト	ダクト	ダクト	ダクト
落下防止機能	ダクト	不要 (固縛による落下防止)	不要 (上層階の床あり)	不要 (固縛による落下防止)
飛来物防護機能	プレハブ物置	プレハブ物置 怪トラック	プレハブ物置	プレハブ物置
建物高さ	約 12m	約 5m	約 12m	約 12m
防護ネット 設置模式図				



添説建7.2-1 図 防護ネット設置範囲平面図（成型工場・組立工場・転換工場：上面）



添説建 7.2-2 図 防護ネット設置範囲平面図 (転換工場:下面)



添説建 7.2-3 図 防護ネット設置範囲平面図（除染室・分析室、放射線管理棟（一部）、第2核燃料倉庫（前室）、転換工場（東側））

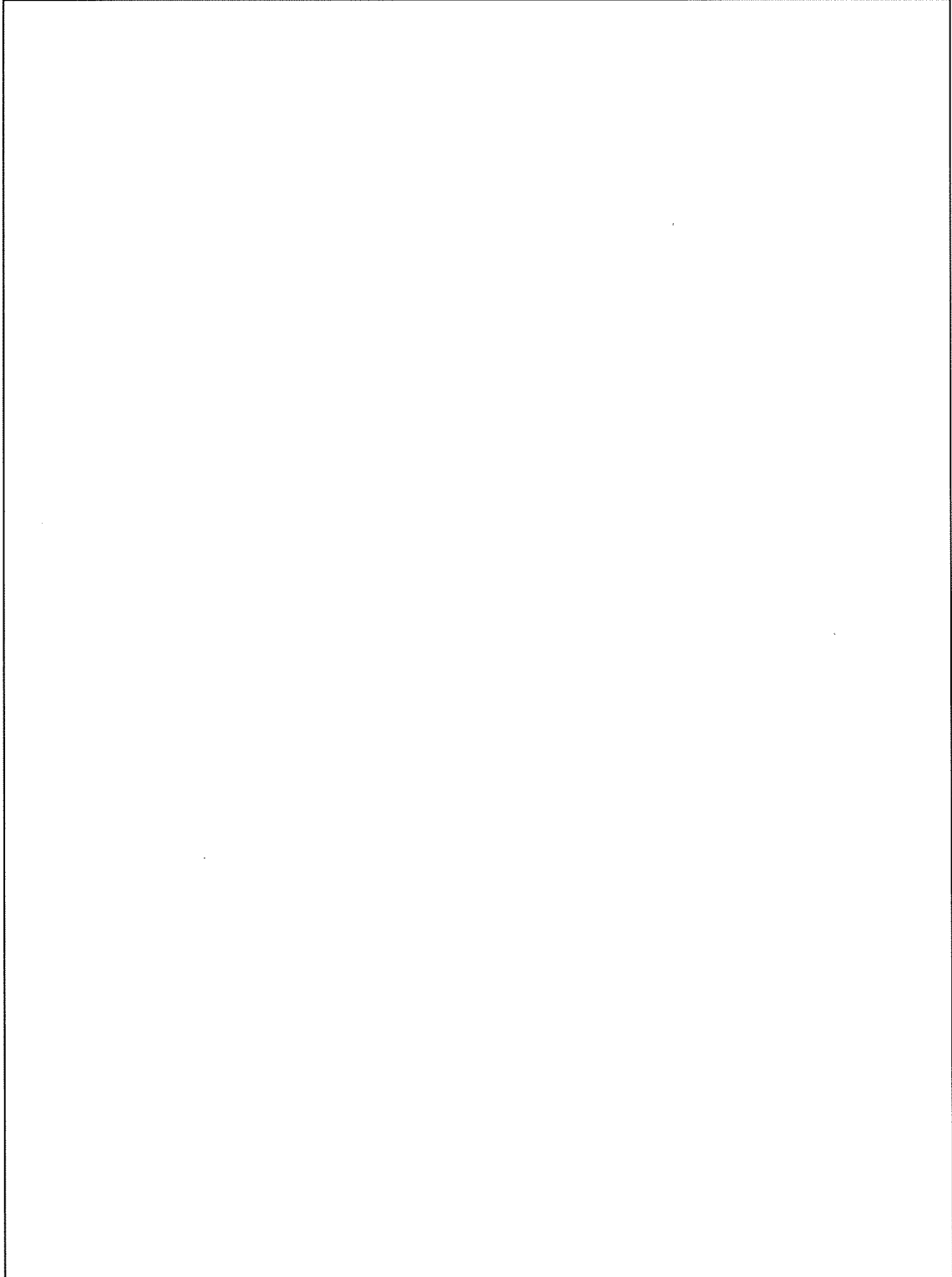


### 3. 防護ネット仕様

#### 3. 1. 防護ネット標準図

防護ネットの標準図を添説建 7. 3. 1-1 図に示す。

防護ネットは、金網及び付属物からなる。



添説建 7. 3. 1-1 図 防護ネット標準図（組立工場）

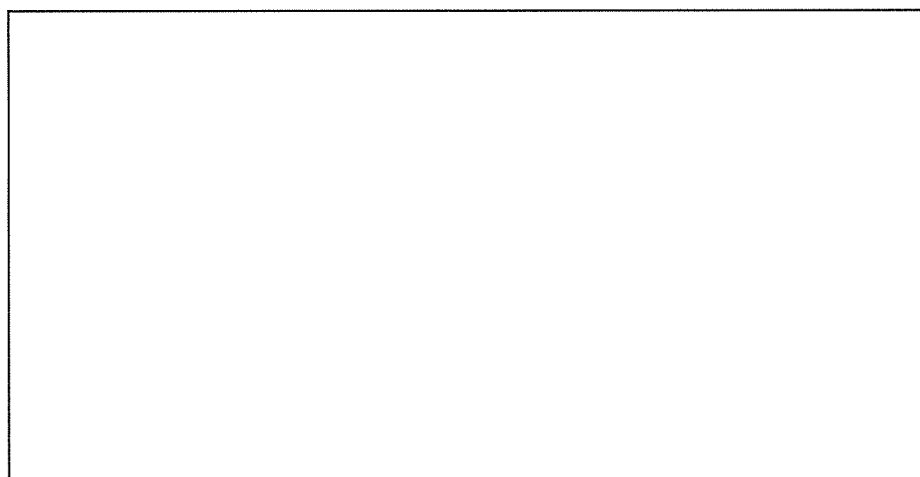
### 3.2. 防護ネット各部の仕様

防護ネット各部の仕様を添説建 7.3.2-1 表、添説建 7.3.2-2 表、添説建 7.3.2-1 図、添説建 7.3.2-2 図に示す。

添説建 7.3.2-1 表 防護ネット仕様（金網）

	項目	成型工場	組立工場	転換工場 <sup>※1</sup> (上面)	転換工場 (下面)
金網	線材材質				
	線材引張強度				
	線材破断伸び				
	目合い				
	線径				
	全体サイズ				

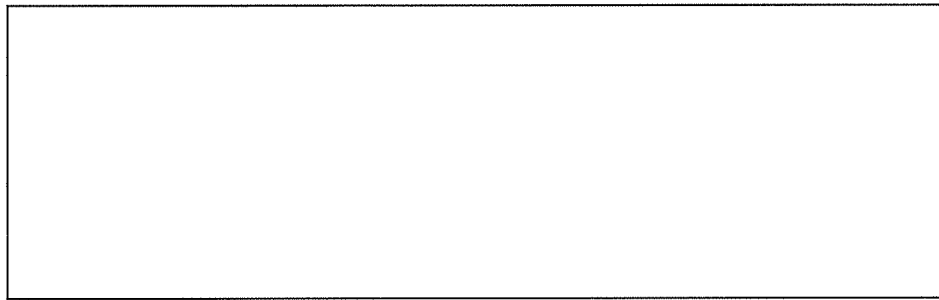
※1：転換工場（東側）、除染室・分析室、放射線管理棟一部、第2核燃料倉庫前室含む（以下、転換工場（上面）と総称する）



添説建 7.3.2-1 図 金網線径と目合い寸法

添説建 7.3.2-2 表 防護ネット仕様 (付属物)

成型工場		組立工場		転換工場(上面)		転換工場(下面)	
項目							
ワイヤーロープ	素線材質						
	縦弾性係数						
クランプ	径、断面積、破断強度						
	規格、材質						
	定着効率						
タンバックスル	規格、材質						
	引張強度、ねじの呼び						
シャックル	規格、材質						
	使用荷重、ピン径						
強力長シャックル	規格、材質						
	使用荷重、ピン径						
接合コイル	線材質質						
	線径、内径、コイル長さ						
結束線	線材質質						
	線径、重ね						



添説建 7.3.2-2 図 付属物取り付け図

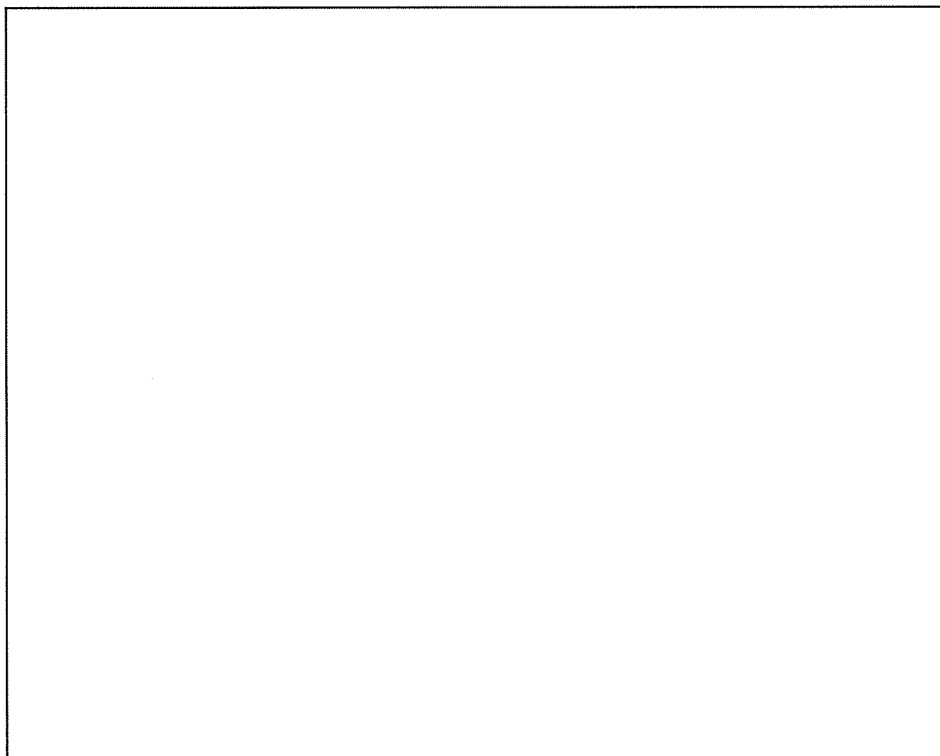
#### 4. 防護ネット評価手法の説明

本説明書で記載する防護ネット評価手法は、事業許可の通りのものである。これは電力中央研究所が開発した評価手法であり（8. 文献参照）、原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査で用いられているものである。

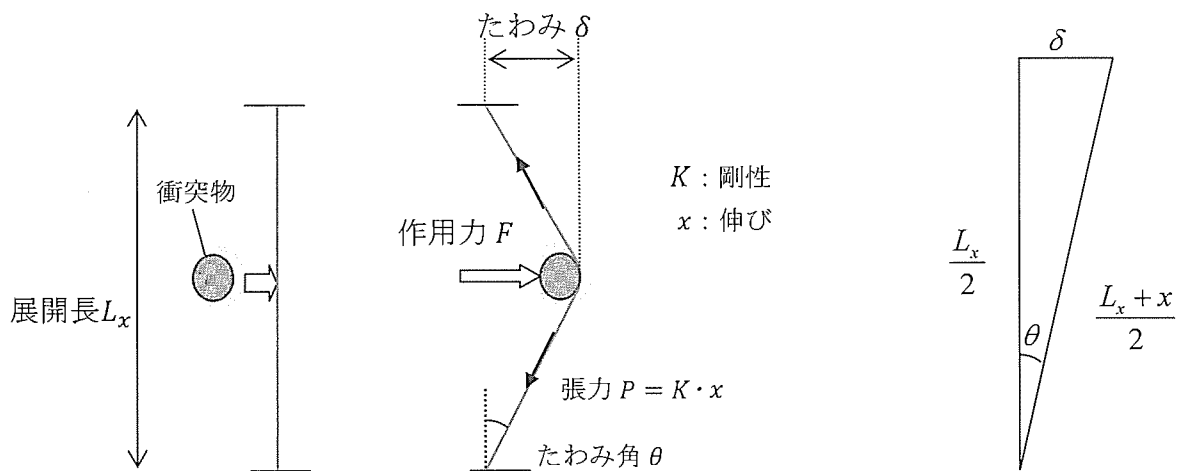
##### 4.1. 防護ネット吸収エネルギー

ここでは、想定している防護ネットが吸収できるエネルギーについて、評価手法を示す。

金網の評価モデル及び全長（幅）を添説建 7.4.1-1 図に示す。添説建 7.4.1-1 図において、金網は編みこみの方向から  $x$  方向が展開方向となる。また、金網の展開長さ  $L_x$  の中央に作用する荷重  $F$  とたわみ  $\delta$  の関係を添説建 7.4.1-2 図に示す。



添説建 7.4.1-1 図 金網の評価モデル及び全長（幅）



添説建 7. 4. 1-2 図 金網に作用する荷重

金網の吸収エネルギーの算出については 8 章の文献に基づき、次のように求める。

金網の展開方向を  $x$  方向の水平面に展開されるとして、金網 1 交点の剛性を  $K$ 、 $x$  方向の交点数を  $N_x$  とすると、 $x$  方向の剛性は、

$$K_x = \frac{K}{N_x} \quad (1)$$

となる。

$i$  列目の交点列の金網の張力を  $P_i$  とすると

$$P_i = K_x x_i \quad (2)$$

$i$  列目の交点列の金網の作用力  $F_i$  は、

$$F_i = 2P_i \cdot \sin\theta_i = 2K_x x_i \cdot \sin\theta_i \quad (3)$$

となる。また、作用力方向のたわみを  $\delta_i$  として、添説建 7. 4. 1-2 図より、

$$\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4} = \left(\frac{L_x + x_i}{2}\right)^2 \quad (4)$$

$$\sin\theta_i = \frac{\delta_i}{\frac{L_x + x_i}{2}} = \frac{\delta_i}{\sqrt{\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4}}} \quad (5)$$

式(4)より、

$$x_i = 2\sqrt{\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4}} - L_x \quad (6)$$

となる。また、式(5)、式(6)を式(3)に代入して、

$$\begin{aligned}
F_i &= 2K_x \cdot \left( 2\sqrt{\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4}} - L_x \right) \cdot \frac{\delta_i}{\sqrt{\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4}}} \\
&= 2 \cdot K_x \delta_i \left( 2 - \frac{L_x}{\sqrt{\delta_i^2 + \frac{L_x^2}{4}}} \right) = 2 \cdot K_x \delta_i \left( 2 - \frac{2L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}} \right)
\end{aligned}$$

したがって、

$$F_i = 4 \cdot K_x \delta_i \left( 1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}} \right) \quad (7)$$

$i$  列目の交点列の吸収エネルギーは次のとおり。

$$\begin{aligned}
E_i &= \int_0^{\delta_i} F_i d\delta \\
&= \int_0^{\delta_i} 4K_x \delta \left( 1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta^2 + L_x^2}} \right) d\delta
\end{aligned} \quad (8)$$

$$\phi = 4\delta^2 + L_x^2 \quad \text{とすると} \quad (9)$$

$$\frac{d\phi}{d\delta} = 8\delta, d\delta = \frac{1}{8\delta} d\phi$$

$$\begin{aligned}
E_i &= \int_0^{\delta_i} 4K_x \delta \left( 1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta^2 + L_x^2}} \right) d\delta \\
&= 4K_x \int_0^{\delta_i} \delta d\delta - \int_0^{\delta_i} \frac{4K_x L_x \delta}{\sqrt{4\delta^2 + L_x^2}} d\delta = 2K_x \delta_i^2 - \int_0^{\delta_i} \frac{4K_x L_x \delta}{\sqrt{\phi}} \frac{1}{8\delta} d\phi
\end{aligned}$$

$$\text{第 2 項} = - \int_0^{\delta_i} \frac{K_x L_x}{\sqrt{\phi}} \frac{1}{2} d\phi = \left[ -K_x L_x \sqrt{4\delta^2 + L_x^2} \right]_0^{\delta_i} = -K_x L_x \sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} + K_x L_x^2$$

したがって、

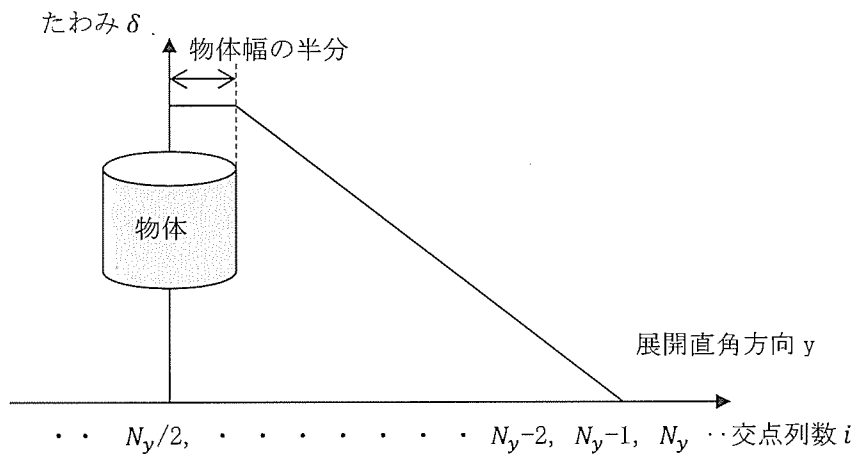
$$E_i = 2K_x \delta_i^2 - K_x L_x \left( \sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x \right) \quad (10)$$

金網の総吸収エネルギーは、

$$E = \sum_i^{N_y} E_i \quad (11)$$

以上のとおり、展開直角方向の各交点列のたわみ  $\delta_i$  を決定することで金網全体の吸収可能エネルギーを求めることができる。

展開直角方向の金網のたわみは直線的になると考えられることから、衝突する物体と接触する中央部分はたわみ一定とし、添説建 7.4.1-3 図に示す通りとする。



添説建 7. 4. 1-3 図 金網各列のたわみの与え方

金網の吸収エネルギーを評価するうえで、金網の交点剛性を求める必要がある。ここではその評価手法を示す。

金網 1 交点分の剛性を求める。

1 本の線材の線方向の剛性は、

$$K_s = \frac{AE}{S} \quad (12)$$

ここで、

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$E$  : 線材のヤング率

$S$  : 目合い寸法 (線材の長さ)

金網は展開方向のみに伸びるものとし、金網の角度は変化するとする。目合い寸法  $S$  の金網に対し、1 目合い分の金網の展開方向 ( $x$ ) の伸びを  $q$ 、金網の線材方向の伸びを  $r$  とする。金網の 1 交点の変形模式図を添説建 7. 4. 1-4 図に示す。

金網の張力  $P$  は金網 1 目合い分の線材の剛性より、

$$P = K_s r \quad (13)$$

金網の初期角度を  $45^\circ$  とし、破断伸びを  $\varepsilon_u$  とすると、破断する直前の角度を  $\mu$  とし、

$$r = \varepsilon_u \cdot S$$

$$\cos \mu = \frac{q + S/\sqrt{2}}{S + r} = \frac{q + S/\sqrt{2}}{S(1 + \varepsilon_u)}$$

一方、添説建 7. 4. 1-4 図より、

$$\left(\frac{S}{\sqrt{2}} + q\right)^2 = (S+r)^2 - \left(\frac{S}{\sqrt{2}}\right)^2 \quad (14)$$

$$q = \sqrt{(S+r)^2 - \left(\frac{S}{\sqrt{2}}\right)^2} - S/\sqrt{2}$$

となる。

金網 1 交点に作用する展開方向力  $F$  は、

$$F = 2P \cdot \cos\mu = 2K_S r \cos\mu$$

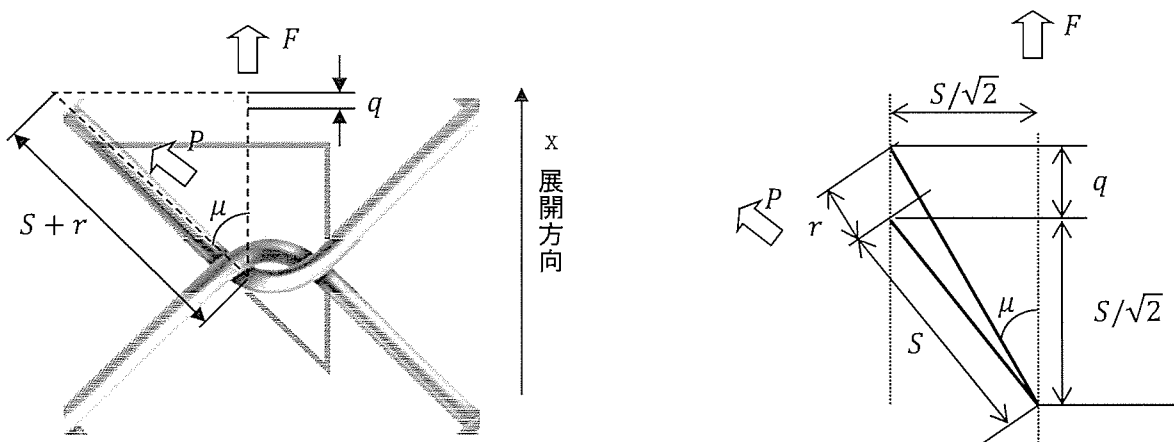
1 交点の剛性  $K$  は展開方向張力  $F$  を添説建 7. 4. 1-4 図に示した  $q$  の 2 倍のたわみ量で除し、

$$K = \frac{F}{2q} = \frac{r \cos\mu}{q} K_S = \eta K_S \quad (15)$$

ここで、

$$\eta = \frac{r \cos\mu}{q} = \frac{\frac{\varepsilon_u}{1 + \varepsilon_u} (q + S/\sqrt{2})}{\sqrt{(S+r)^2 - \left(\frac{S}{\sqrt{2}}\right)^2} - S/\sqrt{2}} \quad (16)$$

とすると、破断伸び  $\varepsilon_u$  が与えられれば  $\eta$  を求めることができ、1 交点の展開方向の引張剛性を線材の諸元から求めることができる。



添説建 7. 4. 1-4 図 1 交点の変形模式図



なお、線材のヤング率  $E$  は塑性変形後の挙動を評価するため、以下の  $E_p$  を用いる。

$$E_p = \frac{\sigma_u}{\varepsilon_u}$$

$E_p$  : 塑性変形を考慮したヤング率 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_u$  : 引張強さ (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon_u$  : 破断伸び (-)

また、金網破断時のたわみ角は以下の通りとなる。金網の線材が破断するときの最大のたわみ角は添説建 7.4.1-2 図より伸びを  $x_i$  とし、金網の展開長  $L_x$  とすると、

$$\cos\theta_i = \frac{\frac{L_x}{2}}{\frac{L_x + x_i}{2}} = \frac{L_x}{L_x + x_i}$$

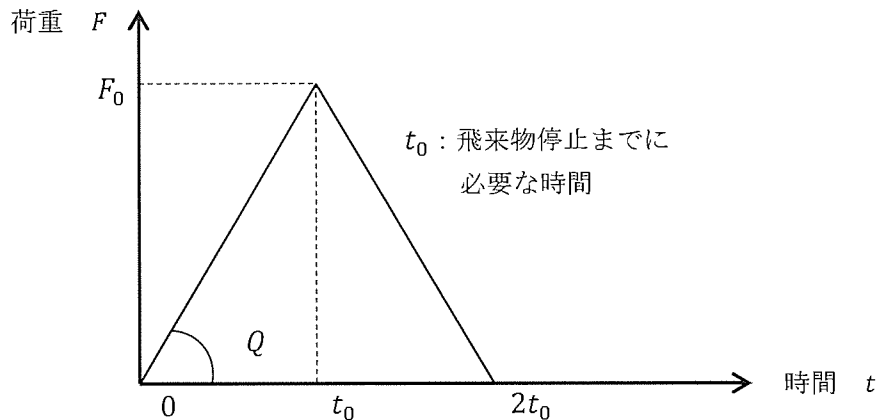
となり、破断伸びを  $\varepsilon_u$  とすると、 $x_i = L_x \varepsilon_u$

$$\cos\theta_i = \frac{L_x}{L_x + L_x \varepsilon_u} = \frac{1}{1 + \varepsilon_u}$$

$$\theta_i = \cos^{-1}\left(\frac{1}{1 + \varepsilon_u}\right)$$

#### 4.2. 防護ネット作用荷重

飛来物が防護ネットに衝突することで、防護ネットに衝撃荷重が作用する。この衝撃荷重は金網のたわみとともに時間的に変化するが、この荷重変化を添説建 7.4.2-1 図に示す通り、二等辺三角形荷重と仮定する。この場合、金網に作用する荷重  $F$  は時間とともに比例する。この比例定数を  $Q$  とする。



添説建 7.4.2-1 図 二等辺三角形荷重 (金網への衝撃荷重の時刻歴変化)

金網に作用する衝撃荷重  $F$  は、

$$F = Qt \quad (17)$$

金網に衝突した物体が初速  $v_0$  からある速度  $v$  に至るまでの運動量変化は、飛来物に作用する力積に等しいので、飛来物の質量を  $m$  とすると、

$$mv_0 - mv = \int_0^t F dt = \int_0^t Qt dt = \frac{1}{2} Qt^2 \quad (18)$$

$$v = -\frac{Qt^2}{2m} + v_0 \quad (19)$$

変位  $d$  は速度  $v$  を時間で積分したものとなるため、

$$d = \int_0^t v dt = -\frac{Qt^3}{6m} + v_0 t \quad (20)$$

$t = t_0$  のとき、変位  $d$  は最大値  $d_{max}$  となり、 $v$  は 0 となる。

$$v_0 = \frac{Qt_0^2}{2m} \quad (21)$$

$$d_{max} = -\frac{Qt_0^3}{6m} + v_0 t_0 = t_0 \left( -\frac{v_0}{3} + v_0 \right) = \frac{2}{3} v_0 t_0 \quad (22)$$

$$t_0 = \frac{3d_{max}}{2v_0} \quad (23)$$

$$F_0 = Qt_0 = \frac{2mv_0}{t_0} = \frac{4mv_0^2}{3d_{max}} \quad (24)$$

飛来物の運動エネルギーは  $E = mv_0^2/2$ 、とあらわされるので

$$F_0 = \frac{8E}{3d_{max}} \quad (25)$$

このように飛来物の運動エネルギー  $E$  と金網の最大たわみ  $d_{max}$  を用いて金網に作用する最大荷重を求めることができる。

#### 4. 3. 防護ネット取付部荷重

8章の電中研文献に基づくと、金網の周を縁取るワイヤーロープ（以下、ワイヤーという。）に作用する荷重として、以下の式が提案されている。

$$T_w = \frac{F}{4n \cdot \sin\theta} \quad (26)$$

ここで、

$T_w$  : ワイヤー張力

$n$  : 金網枚数

$\theta$  : 金網たわみ角

$F$  : 金網に作用する衝撃力

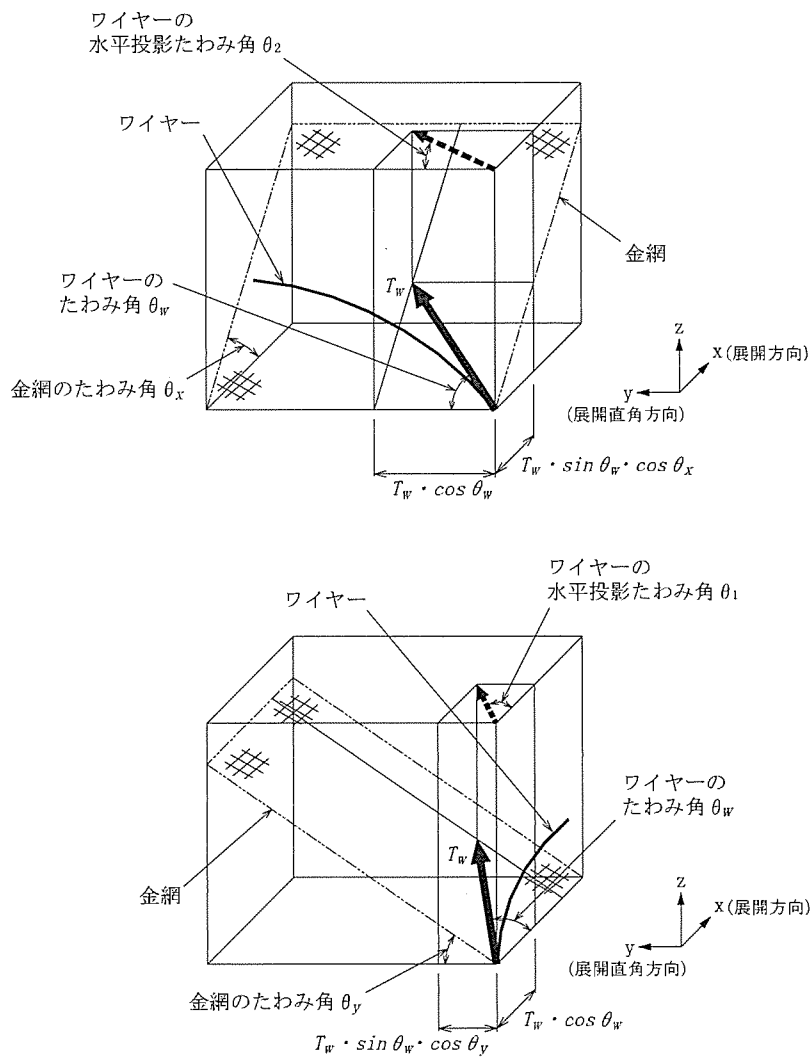
このワイヤーからの支持部材に作用する荷重の評価手法は以下の方法による。  
 金網の一つのコーナー部についての荷重の状況を添説建 7. 4. 3-1 図に示す。

ここで、

x 軸と金網のなす角度を $\theta_x$ 、y 軸と金網のなす角度を $\theta_y$ 、

x 方向（展開方向）の金網の長さを $L_x$ 、y 方向（展開直角方向）の金網の長さを $L_y$ 、

金網のたわみを $\delta$ とする。



添説建 7. 4. 3-1 図 ワイヤーの水平投影たわみ角

(1) 金網の展開直角方向の辺に設置されているワイヤーについて

$$\theta_x = \tan^{-1} \left( \frac{2\delta}{L_x} \right) \quad (27)$$

$T_W$  が x-z 平面に投影される成分は

$$T_W \cdot \sin\theta_w \quad (28)$$

さらにこの成分が x 軸に投影される成分は

$$T_W \cdot \sin\theta_w \cdot \cos\theta_x \quad (29)$$

$T_W$  が y 軸に投影される成分は

$$T_W \cdot \cos\theta_w \quad (30)$$

ここから、このワイヤーと y 軸とのなす角度が x-y 平面に投影される角度は

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left( \frac{T_W \cdot \sin\theta_w \cdot \cos\theta_x}{T_W \cdot \cos\theta_w} \right) = \tan^{-1}(\tan\theta_w \cdot \cos\theta_x) \quad (31)$$

ここで、ワイヤーのたわみを  $\delta_w$  とすると、

$$\theta_w = \tan^{-1} \left( \frac{4\delta_w}{L_x} \right) \quad (32)$$

(2) 金網の展開方向の辺に設置されているワイヤーについて

$$\theta_y = \tan^{-1} \left( \frac{2\delta}{L_y} \right) \quad (33)$$

$T_W$  が y-z 平面に投影される成分は

$$T_W \cdot \sin\theta_w \quad (34)$$

さらにこの成分が y 軸に投影される成分は

$$T_W \cdot \sin\theta_w \cdot \cos\theta_y \quad (35)$$

$T_W$  が x 軸に投影される成分は

$$T_W \cdot \cos\theta_w \quad (36)$$

ここから、このワイヤーと x 軸とのなす角度が x-y 平面に投影される角度は

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left( \frac{T_W \cdot \sin\theta_w \cdot \cos\theta_y}{T_W \cdot \cos\theta_w} \right) = \tan^{-1}(\tan\theta_w \cdot \cos\theta_y) \quad (37)$$

ここで、ワイヤーのたわみを  $\delta_w$  とすると、

$$\theta_w = \tan^{-1} \left( \frac{4\delta_w}{L_y} \right) \quad (38)$$

(3)  $\theta_w$ の導出について

ワイヤーが放物線形状となるものとする、

$$y = a \left( x - \frac{L}{2} \right)^2 + b \quad (39)$$

とできる。

ここで

$y$  : ワイヤーたわみ

$L$  : 変形前のワイヤー長さ

$x$  : ワイヤー座標

$x = L/2$  のとき、たわみが  $\delta_w$  であるとする、 $b = \delta_w$

$x = 0$  のときたわみが 0 であるとする、

$$a = -\frac{4\delta_w}{L^2} \quad (40)$$

$x = 0$  のときのワイヤーのたわみ角を  $\theta_w$  とすると、

$$\tan\theta_w = \frac{dy}{dx}_{x=0} = 2a \left( x - \frac{L}{2} \right)_{x=0} = 2 \frac{4\delta_w}{L^2} \frac{L}{2} = \frac{4\delta_w}{L} \quad (41)$$

$$\theta_w = \tan^{-1} \left( \frac{4\delta_w}{L} \right) \quad (42)$$

(4)  $\delta_w$  の計算について

ワイヤーに作用する張力からワイヤーの歪を求め、ワイヤーの伸び  $\delta'$  を求める。

$$\delta' = L \cdot \varepsilon \quad (43)$$

ワイヤーの縦弾性係数を  $E_w$  とすると、ワイヤーの歪は張力を下式に代入して求める。

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_w} = \frac{T_w}{AE_w} \quad (44)$$

ワイヤーが放物線上にたわむとすると、その変形後の長さ  $S$  は放物線の線積分から以下の式が導出される。

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{L^2 + 16\delta_w^2} + \frac{L^2}{8\delta_w} \ln \left( \frac{4\delta_w + \sqrt{L^2 + 16\delta_w^2}}{L} \right) \quad (45)$$

この  $S$  が  $S = L + \delta'$  となることから、 $\delta_w$  を逆算する。  $S$  の算出式については、後述する。

(5) 防護ネット取付部荷重について

標準金網を  $\phi 16$  のワイヤーで縁取った場合の金網 4 コーナーのワイヤー固定部分 1 箇所にかかる荷重を以下の通り求める。

鉛直方向荷重  $F_z$

$$F_z = \frac{1}{4} F \quad (46)$$

水平方向荷重  $F_x$

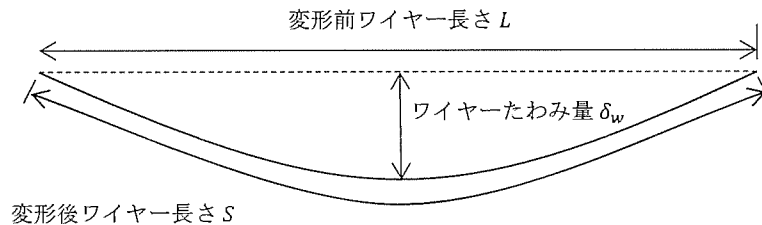
$$F_x = \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \cos\theta_1 + \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \sin\theta_2 \quad (47)$$

水平方向荷重  $F_{xy}$

$$F_y = \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \cos\theta_2 + \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \sin\theta_1 \quad (48)$$

(6) 変形後のワイヤー長さ  $S$  の式の導出について

ワイヤーの変形状態を添説建 7.4.3-2 図に示す。



添説建 7.4.3-2 図 ワイヤー変形図

$S$  の求め方について、変形後のワイヤーの形状が放物線になるものとして、式を再掲すると、

$$y = a \left( x - \frac{L}{2} \right)^2 + b \quad (49)$$

この線積分は

$$2 \int_{x=0}^{x=L/2} \sqrt{1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2} dx \quad (50)$$

$$2 \int \sqrt{1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2} dx = 2 \int \sqrt{1 + 4a^2 \left( x - \frac{L}{2} \right)^2} dx \quad (51)$$

ここで、 $t = 2a(x - L/2)$  とすると、

$$dt/dx = 2a \quad dx = dt/2a$$

$$2 \int \sqrt{1 + 4a^2 \left( x - \frac{L}{2} \right)^2} dx = \frac{1}{a} \int \sqrt{1 + t^2} dt \quad (52)$$

$$\int \sqrt{1 + t^2} dt = \frac{1}{2} \left\{ t \sqrt{t^2 + 1} + \ln(t + \sqrt{t^2 + 1}) \right\} \quad (53)$$

$$x = 0 \rightarrow t = -aL$$

$$x = \frac{L}{2} \rightarrow t = 0$$

$$\begin{aligned}
\int_{x=0}^{x=\frac{L}{2}} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx &= \left[ \frac{1}{a} \frac{1}{2} \left\{ t\sqrt{t^2+1} + \ln(t + \sqrt{t^2+1}) \right\} \right]_{t=-aL}^{t=0} \\
&= \frac{1}{a} \frac{1}{2} \left\{ aL\sqrt{(aL)^2+1} - \ln(-aL + \sqrt{(aL)^2+1}) \right\} \\
&= \frac{1}{2} L\sqrt{(aL)^2+1} - \frac{1}{2a} \ln(-aL + \sqrt{(aL)^2+1})
\end{aligned} \tag{54}$$

式(40)で  $a$  を求めているので、これを式(54)に代入し、

$$a = -\frac{4\delta_w}{L^2} \tag{55}$$

$$\begin{aligned}
\frac{1}{2} L \sqrt{\left(\frac{4\delta_w}{L}\right)^2 + 1} + \frac{L^2}{8\delta_w} \ln\left(\frac{4\delta_w}{L} + \sqrt{\left(\frac{4\delta_w}{L}\right)^2 + 1}\right) \\
= \frac{1}{2} \sqrt{16\delta_w^2 + L^2} + \frac{L^2}{8\delta_w} \ln\left(\frac{4\delta_w + \sqrt{16\delta_w^2 + L^2}}{L}\right)
\end{aligned} \tag{56}$$

したがって、

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{16\delta_w^2 + L^2} + \frac{L^2}{8\delta_w} \ln\left(\frac{4\delta_w + \sqrt{16\delta_w^2 + L^2}}{L}\right) \tag{57}$$

#### (7) 動的倍率について

飛来物が防護ネットに衝突することで、防護ネットに衝撃荷重が作用する。

この荷重が防護ネットの支持構造物に伝達する際、動的倍率を考慮する必要がある。

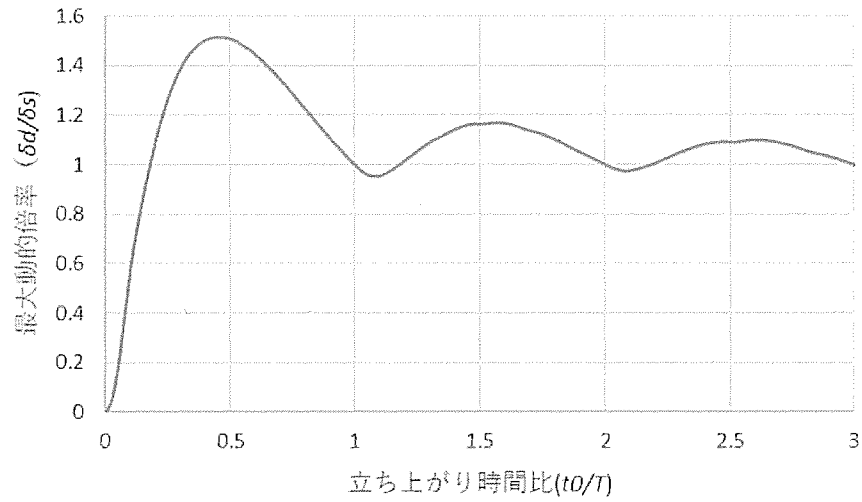
防護ネット及びその支持構造物全体の系の固有周期を  $T(=2\pi/\omega)$  とする一質点系モデルに添説建 7.4.2-1 図に示す二等辺三角形荷重が作用する場合の動的変位の倍率 (動的変位  $\delta_d$  / 静的変位  $\delta_s$ ) は、二等辺三角形荷重の立ち上がり時間を  $t_0$  とすると、時間  $t$  の区分毎に以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
0 \leq t \leq t_0 \\
\frac{\delta_d}{\delta_s} = \frac{t}{t_0} - \frac{\sin\omega t}{\omega t_0}
\end{aligned} \tag{58}$$

$$\begin{aligned}
t_0 \leq t \leq 2t_0 \\
\frac{\delta_d}{\delta_s} = 2 - \frac{t}{t_0} - \frac{\sin\omega t}{\omega t_0} + \frac{2}{\omega t_0} \sin\omega(t - t_0)
\end{aligned} \tag{59}$$

$$\begin{aligned}
2t_0 \leq t \\
\frac{\delta_d}{\delta_s} = \frac{1}{\omega t_0} \{2\sin\omega(t - t_0) - \sin\omega t - \sin\omega(t - 2t_0)\}
\end{aligned} \tag{60}$$

立ち上がり時間  $t_0$  と固有周期  $T$  の比 (立ち上がり時間比  $t_0/T$ ) を横軸として最大動的倍率を求めると、添説建 7.4.3-3 図のとおりとなる。ここで、8 章の電中研文献によると最大動的倍率は最大で 1.52 となる。この動的倍率を荷重に考慮することとする。



添説建 7.4.3-3 図 二等辺三角形荷重に対する最大動的倍率



5. 防護ネット評価結果

各建物の防護ネットに対し、最大可能吸収エネルギー量、評価用ワイヤー張力及び取付金物作用荷重の評価結果を添説建 7.5-1 表に示す。

評価にあたっては、最大可能吸収エネルギー量に対して、対象飛来物、飛散物のエネルギーの比が最も厳しくなる目合い寸法 40mm、線径φ2.6mm の金網を使用した防護ネットを対象とした。

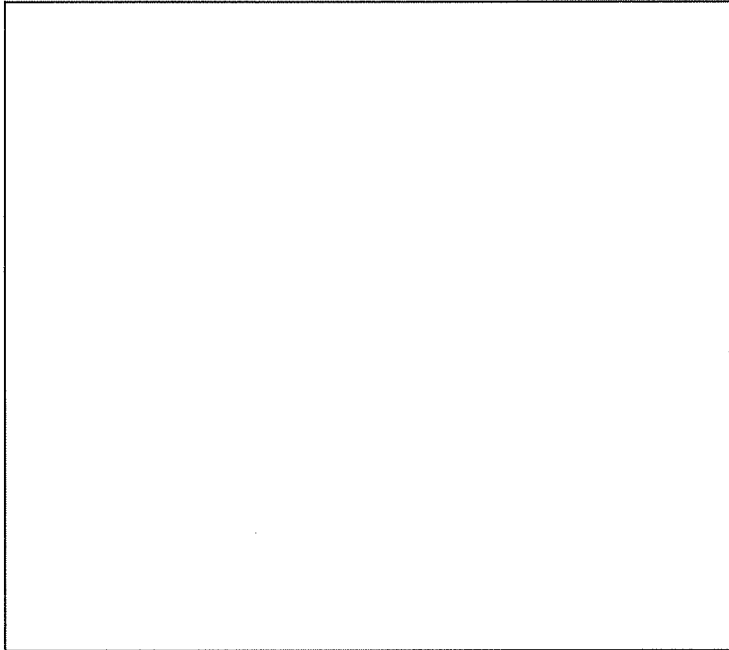
なお、評価の仮定条件として、飛来物は防護ネットの最も柔な中央部分に転がって移動し、飛来物の荷重は防護ネット中央部に作用するものとする。

添説建 7.5-1 表 防護ネット 評価結果

項目		成型工場	組立工場	転換工場(上面)	転換工場(下面)
金網の仕様 目合い、線径					
最大可能吸収エネルギー					
プレハブ落下時エネルギー※2					
ダクト飛散時鉛直エネルギー※2					
動的倍率					
評価用鉛直荷重					
評価用ワイヤー張力					
取付金物 作用荷重※1	展開方向 水平方向荷重 $F_{xx}$				
	展開直角方向 水平方向荷重 $F_{xy}$				
	鉛直方向荷重 $F_{xz}$				
	展開方向 水平方向荷重 $F_{yx}$				
	展開直角方向 水平方向荷重 $F_{yy}$				
	鉛直方向荷重 $F_{yz}$				

※1：ワイヤー固定部分1箇所（添説建 7.5-1 図）に作用する荷重

※2：飛来物、飛散物のエネルギー評価は、電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いて行い、竜巻風速場にはフジタモデル(DBT-77 モデル)を適用した。



## 6. 防護ネット各部の強度検討

工場棟（成型工場、組立工場、転換工場）に設置する防護ネットの各部の強度検討を行う。

各部の強度検討にあたっては、防護ネットが更なる安全裕度の向上策として設置されるものであることより、金網の最大可能吸収エネルギー量は金網素線の破断伸びまでを考慮したもの（4.1 防護ネット吸収エネルギー）とし、同様に付属物についても破断強度（引張荷重）を許容荷重として強度評価を行うものとする。

### 6.1. 金網の強度検討

成型工場、組立工場、転換工場（上面）の金網の強度評価においては、飛来物（プレハブ）が落下した時のエネルギーを対象とし、金網の最大可能吸収エネルギーとの比で検討する。

また、転換工場（下面）の金網については、ダクト飛散時の鉛直エネルギーを対象とし、金網の最大可能吸収エネルギーとの比で検討する。

対象飛来物、飛散物エネルギー量 :  $E$  (kJ)

金網の最大可能吸収エネルギー量 :  $E_a$  (kJ)

$$\text{検定比 } K_1 = \frac{E}{E_a}$$

検定比が最も厳しくなる目合い 40mm、線径  $\phi$  2.6mm の検討結果を添説建 7.6.1-1 表に示す。

添説建 7.6.1-1 表 金網の吸収エネルギー検討

	成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
防護対象	プレハブ落下	プレハブ落下	プレハブ落下	ダクト飛散
対象エネルギー量 $E$ (kJ)				
最大可能吸収エネルギー量 $E_a$ (kJ)				
検定比 $K_1$				

## 6.2. 防護ネット付属物の強度検討

防護ネットを構成する付属物であるワイヤー、ターンバックル、シャックルの強度検討を行う。

強度検討にあたっては、最大可能吸収エネルギー量に対して、飛来物のエネルギー量の比が最も厳しくなる目合い40mm、線径φ2.6mmの金網を使用した防護ネットを対象とし、「添説建7.5.1-1表」の評価用ワイヤー張力を用いて行う。各付属物の検討結果を添説建7.6.2-1表～添説建7.6.2-3表に示す。

### (1) ワイヤー

ワイヤー端末施工部に現地圧着シンコーランプを使用するものとし、定着効率90%とする。

ワイヤー :

使用径 :  $\phi D$  (mm)

破断荷重 :  $BL_0$  (kN)

クランプ :

クランプ定着効率 : 90%

評価用破断荷重 :  $BL$  (kN)

$$BL = BL_0 \times 0.90$$

評価用ワイヤー張力 :  $T$  (kN)

検定比  $K_2 = \frac{T}{BL}$

添説建7.6.2-1表 ワイヤーの強度検討

	成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
評価用ワイヤー張力 $T$ (kN)				
使用ワイヤー径 $\phi D$ (mm)				
破断荷重 $BL_0$ (kN)				
評価用破断荷重 $BL$ (kN)				
検定比 $K_2$				

### (2) ターンバックル

ターンバックルの強度検討にあたっては、建築用ターンバックル SUS304 (JIS A5540) の引張強度に対する評価用ワイヤー張力との比で評価する。

ターンバックル :  (JIS A5540)

引張強度 :  $TB$  (kN)

評価用ワイヤー張力 :  $T$  (kN)

検定比  $K_3 = \frac{T}{TB}$

添説建 7.6.2-2 表 ターンバックルの強度検討

	成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
評価用ワイヤー張力 $T$ (kN)				
ねじの呼び				
引張強度 $TB$ (kN)				
検定比 $K_3$				

(3) シャックル

シャックルの強度検討にあたっては、シャックル JIS B2801 では、「使用荷重に相当する力の 5 倍以上の引張荷重に耐えなければならない」となっているため安全率を保守的に 5.0 とし、それに乗じた値を評価用引張荷重として、評価用ワイヤー張力との比で評価する。

シャックル :  (JIS B 2801)

使用荷重 :  $WL_1$  (kN)

安全率  $F$  : 5.0

評価用引張荷重 :  $SH$  (kN)

$$SH = WL_1 \times F = WL_1 \times 5.0$$

評価用ワイヤー張力 :  $T$  (kN)

$$\text{検定比 } K_4 = \frac{T}{SH}$$

添説建 7.6.2-3 表 シャックルの強度検討<sup>※1</sup>

	成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
評価用ワイヤー張力 $T$ (kN)				
JIS 形シャックル				
使用荷重 $WL_1$ (kN) <sup>※2</sup>				
評価用引張荷重 $SH$ (kN)				
検定比 $K_4$				

※1 : 強力長シャックルの使用荷重は JIS 形シャックル SC16 より大きいので記載省略

※2 : JIS B 2801 使用荷重(t) × 9.80665

### 6.3. 防護ネット固定部

防護ネットの固定部は、建物構造の部材格点部に位置しており、飛来物による衝撃荷重は、その格点部から建物構造に伝達され建物全体構造で抵抗する。ただし、固定部が部材格点部に無い場合（第2核燃料倉庫前室の片持ち梁構造）については、既設部構造強度確認のうえ固定部の検討を行う。

固定部の検討にあたっては、最大可能吸収エネルギー量に対して、飛来物のエネルギー量の比が最も厳しくなる目合い 40mm、線径  $\phi 2.6\text{mm}$  の金網を使用した防護ネットを対象とし、「添説建 7.5-1 表」の取付金物作用荷重を用いて行う。

なお検討は、日本建築学会「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」（以下、「S 規準」という。）に準拠して行う。

以下に各工場の固定部の検討を示す。

#### (1) 成型工場

##### 1) 固定部の仕様

材質	:	<input type="text"/>
サイズ	:	<input type="text"/>
基準強度 $f$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局強度 $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$ )
短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (S 規準)
終せん断耐力 $f_y/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$ )

##### 2) 高力ボルトの仕様

種類	:	<input type="text"/>
サイズ	:	<input type="text"/>
軸断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/>
高力ボルトの設計ボルト張力 $T_o$ (kN)	:	<input type="text"/>
ボルト本数 $n_b$ (本)	:	<input type="text"/>
長期許容引張り応力度 $\sigma_{ta}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/>
長期許容せん断応力度 $f_{s0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/>

##### 3) 固定部に作用する荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する荷重を計算する。

(地震時)

防護ネットの単位重量 $w$ (kN/m <sup>2</sup> ) <sup>※1</sup>	:	<input type="text"/>
防護ネットの展開長さ $L_x$ (m)	:	<input type="text"/>
防護ネットの展開直角長さ $L_y$ (m)	:	<input type="text"/>
固定部の個数 $N$ (箇所)	:	<input type="text"/>
水平方向荷重分担固定部の個数 $N'$ (箇所)	:	<input type="text"/>
固定部の孔数 $n$ (箇所)	:	<input type="text"/>
水平震度 $k$	:	<input type="text"/>

※1：4次申請の建物の耐震解析においては、防護ネット自重は建物上に常時固定されている物体の重量であり、移動が可能な積載荷重ではなく固定荷重として解析モデルに織り込まれている。

※2：添付説明書一建2 I.耐震設計の基本方針 3.2.より

鉛直方向荷重  $F_z = w \times L_x \times L_y / N / n$   
 $=$   kN

水平方向荷重  $F_{xy} = w \times L_x \times L_y \times k / N' / n$   
 $=$   kN

地震時作用荷重  $F_e = \sqrt{F_z^2 + F_{xy}^2} =$   kN

(飛来物衝撃時)

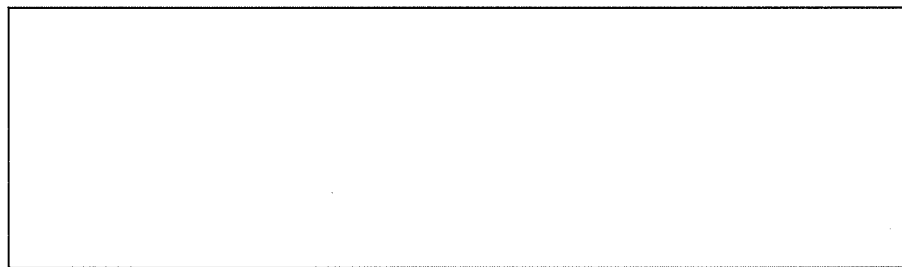
展開方向 水平荷重  $F_{xx}$  (kN) :   
 展開直角方向 水平荷重  $F_{xy}$  (kN) :   
 鉛直方向荷重  $F_{xz}$  (kN) :

上記の  $F_{xx}, F_{xy}, F_{xz}$  の数値は、添説建7. 5-1表を参照。

飛来物衝撃時作用荷重  $F_i = \sqrt{F_{xx}^2 + F_{xy}^2 + F_{xz}^2} =$   kN

#### 4) 孔部端抜けの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜けの検討を行う。



端抜け検討位置

(地震時)

地震時作用荷重  $F_e$  (kN) :   
 端抜けライン長さ  $L_s$  (mm) :   
 固定部板厚  $t$  (mm) :

短期許容端抜け抵抗力  $Q_s$   
 $Q_s = L_s \times t \times f / \sqrt{3} =$   kN

地震時端抜け検定比  $R_{e1}$

$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} =$

検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

(飛来物衝撃時)

飛来物衝撃時作用荷重  $F_i$  (kN) :

終局端抜け抵抗力  $Q_p$

$$Q_p = L_s \times t \times f_y / \sqrt{3} =$$

$$=  \text{ kN}$$

飛来物衝撃時端抜け検定比  $R_{i1}$

$$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} =$$

### 5) 梁部の検討

固定部の梁部の検討を行う。

#### (a) 梁部の仕様

梁スパン  $L$  (mm) :

断面積  $A$  (mm<sup>2</sup>) :

水平方向断面係数  $Z_h$  (mm<sup>3</sup>) :

鉛直方向断面係数  $Z_v$  (mm<sup>3</sup>) :

水平方向塑性断面係数  $Z_{ph}$  (mm<sup>3</sup>) :

鉛直方向塑性断面係数  $Z_{pv}$  (mm<sup>3</sup>) :

※1 : シャックル取合孔欠損考慮

#### (b) 梁部に作用する荷重の集約

以降の梁部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

(地震時)

$$\begin{aligned} \text{水平方向荷重 } F_{eh} &= w \times L_x \times L_y \times k / N' \\ &=  \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向荷重 } F_{ev} &= w \times L_x \times L_y / N \\ &=  \text{ kN} \end{aligned}$$

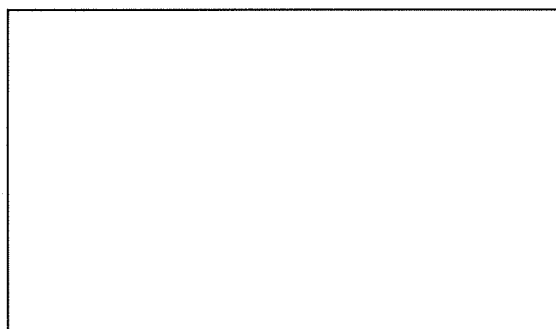
(飛来物衝撃時)

$$\begin{aligned} \text{水平方向荷重 } F_{ih} &= \sqrt{(F_{xx} + F_{yx})^2 + (F_{yy} + F_{xy})^2} \\ &=  \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向荷重 } F_{iv} &= F_{zz} + F_{yz} \\ &=  \text{ kN} \end{aligned}$$

(c) 梁部の断面検討

梁部はボルト接合部を支点とした単純梁にモデル化して検討を行う。



梁部の単純梁モデル

(地震時)

水平方向荷重  $F_{eh}$  による曲げモーメント  $M_{eh}$

$$M_{eh} = \frac{1}{4} \times F_{eh} \times L = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

鉛直方向荷重  $F_{ev}$  による曲げモーメント  $M_{ev}$

$$M_{ev} = \frac{1}{4} \times F_{ev} \times L = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁に発生する曲げ応力度  $\sigma_{be}$

$$\sigma_{be} = \frac{M_{eh}}{Z_h} + \frac{M_{ev}}{Z_v} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N/mm}^2$$

地震時曲げ応力度検定比  $R_{e2}$

$$R_{e2} = \frac{\sigma_{be}}{f} = \boxed{\phantom{000000}}$$

水平方向荷重  $F_{eh}$  によるせん断力に対しては、梁の水平フランジが負担するものとし、鉛直方向荷重  $F_{ev}$  によるせん断力に対しては、鉛直フランジが負担するものとする。

水平フランジ断面積  $A_{fh}$

$$A_{fh} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^2$$

鉛直フランジ断面積  $A_{fv}$

$$A_{fv} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^2$$



水平方向荷重  $F_{eh}$  により梁に発生するせん断応力度  $\tau_{eh}$

$$\tau_{eh} = \frac{F_{eh}}{A_{fh}} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N/mm}^2$$

鉛直方向荷重  $F_{ev}$  により梁に発生するせん断応力度  $\tau_{ev}$

$$\tau_{ev} = \frac{F_{ev}}{A_{fv}} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N/mm}^2$$

地震時せん断応力度検定比  $R_{e3}$

$$R_{e3} = \frac{\max(\tau_{eh}, \tau_{ev})}{f/\sqrt{3}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(飛来物衝撃時)

水平方向荷重  $F_{ih}$  による曲げモーメント  $M_{ih}$

$$M_{ih} = \frac{1}{4} \times F_{ih} \times L = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

鉛直方向荷重  $F_{iv}$  による曲げモーメント  $M_{iv}$

$$M_{iv} = \frac{1}{4} \times F_{iv} \times L = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁に発生する曲げ応力度  $\sigma_{bi}$

$$\sigma_{bi} = \frac{M_{ih}}{Z_{ph}} + \frac{M_{iv}}{Z_{pv}} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N/mm}^2$$

飛来物衝撃時曲げ応力度検定比  $R_{i2}$

$$R_{i2} = \frac{\sigma_{bi}}{f_y} = \boxed{\phantom{000000}}$$

水平方向荷重  $F_{ih}$  により梁に発生するせん断応力度  $\tau_{ih}$

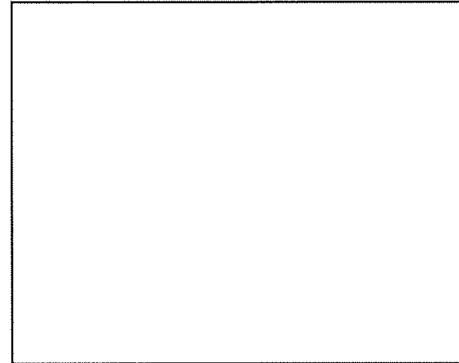
$$\tau_{ih} = \frac{F_{ih}}{A_{fh}} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N/mm}^2$$

鉛直方向荷重  $F_{iv}$  により梁に発生するせん断応力度  $\tau_{iv}$

$$\tau_{iv} = \frac{F_{iv}}{A_{fv}} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N/mm}^2$$

飛来物衝撃時せん断応力度検定比  $R_{i3}$

$$R_{i3} = \frac{\max(\tau_{ih}, \tau_{iv})}{f_y/\sqrt{3}} = \boxed{\phantom{000000}}$$



梁のせん断力負担フランジ

6) 高力ボルトの検討

(地震時)

水平方向荷重  $F_{eh}$  による高力ボルト引張応力度  $\sigma_{est}$

$$\sigma_{est} = \frac{F_{eh}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{\phantom{0000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N/mm}^2$$

鉛直方向荷重  $F_{ev}$  による高力ボルトせん断応力度  $\tau_{est}$

$$\tau_{est} = \frac{F_{ev}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{\phantom{0000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N/mm}^2$$

引張力を同時に受ける高力ボルトの短期許容せん断応力度  $f_{est}$

$$f_{est} = f_{so} \times \left(1 - \frac{\sigma_{est} \times A}{T_o}\right) \times 1.5 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{0000}} \text{ N/mm}^2$$

地震時高力ボルト検定比  $R_{e4}$

$$R_{e4} = \frac{\tau_{est}}{f_{est}} = \boxed{\phantom{0000}}$$

(飛来物衝撃時)

水平方向荷重  $F_{ih}$  による高力ボルト引張応力度  $\sigma_{ist}$

$$\sigma_{ist} = \frac{F_{ih}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{\phantom{0000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N/mm}^2$$

鉛直方向荷重  $F_{iv}$  による高力ボルトせん断応力度  $\tau_{ist}$

$$\tau_{ist} = \frac{F_{iv}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{\phantom{0000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N/mm}^2$$

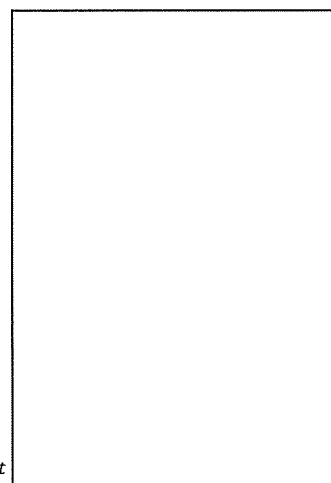
引張力を同時に受ける高力ボルトの終局許容せん断応力度  $f_{ist}$  は、保守的に考えて短期許容せん断応力度を適用する。

$$f_{ist} = f_{so} \times \left(1 - \frac{\sigma_{ist} \times A}{T_o}\right) \times 1.5 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{0000}} \text{ N/mm}^2$$

飛来物衝撃時高力ボルト検定比  $R_{i4}$

$$R_{i4} = \frac{\tau_{ist}}{f_{ist}} = \boxed{\phantom{0000}}$$



a - a

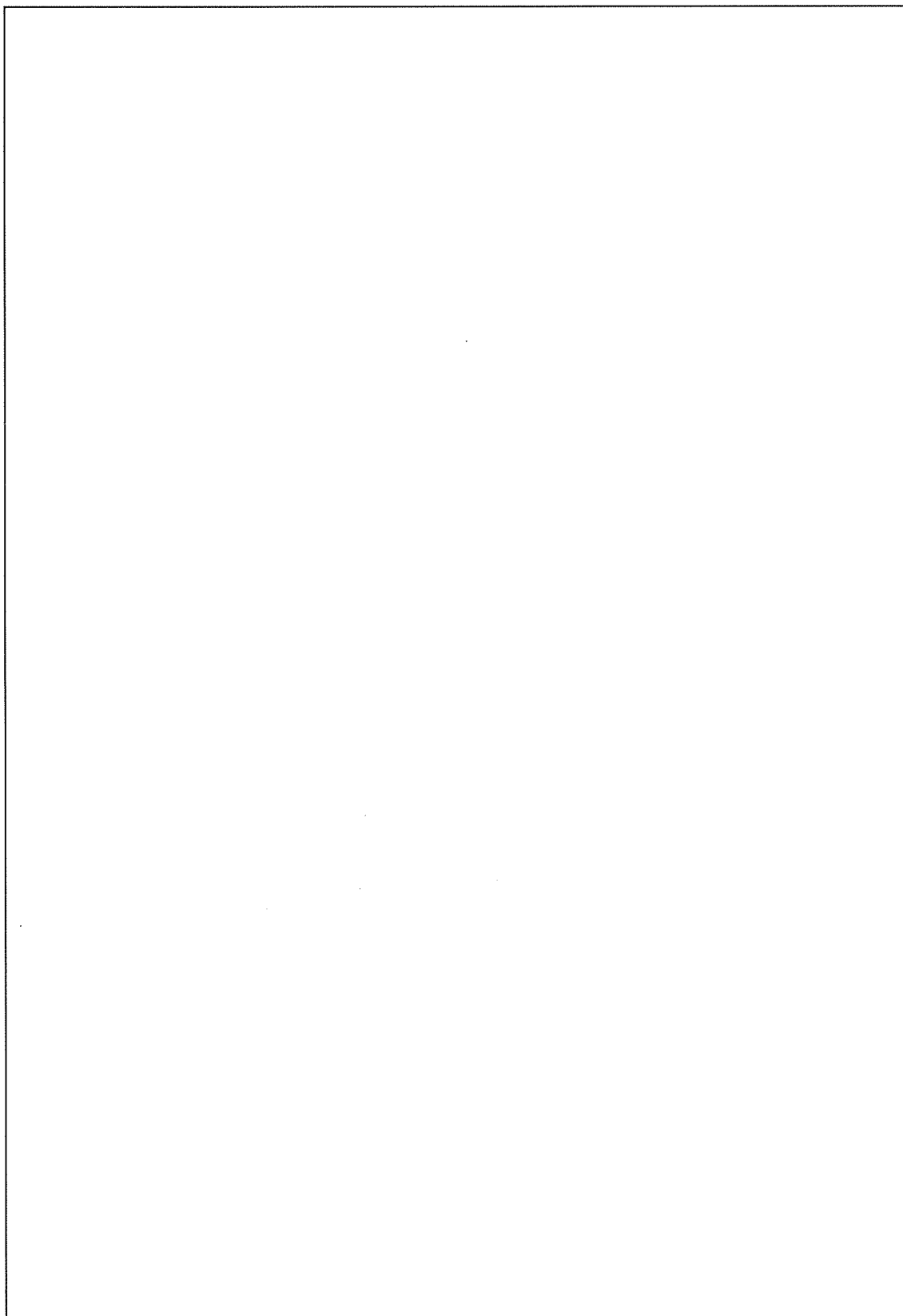
7) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比  $K_5$

$$K_5 = \max(R_{e1}, R_{i1}, R_{e2}, R_{i2}, R_{e3}, R_{i3}, R_{e4}, R_{i4})$$

$$=$$
$$=$$

防護ネット固定部詳細図を添説建 7.6.3-1 図に示す。



添説建 7.6.3-1 図 防護ネット固定部詳細図 (成型工場)

(2) 組立工場

1) 固定部の仕様

材質	:	<input type="text"/>
サイズ (ガセットプレート)	:	<input type="text"/>
(リブプレート)	:	<input type="text"/>
基準強度 $f$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局強度 $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$ )
短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局せん断耐力 $f_y/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$ )

2) 高力ボルトの仕様

種類	:	<input type="text"/>
サイズ	:	<input type="text"/>
軸断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/>
高力ボルトの設計ボルト張力 $T_o$ (kN)	:	<input type="text"/>
ボルト本数 $n_b$ (本)	:	<input type="text"/>
1 面摩擦短期許容せん断力 $Q_{sa}$ (kN/本)	:	<input type="text"/>

3) 固定部に作用する荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する荷重を計算する。

(地震時)

防護ネットの単位重量 $w$ (kN/m <sup>2</sup> ) <sup>※1</sup>	:	<input type="text"/>
防護ネットの展開長さ $L_x$ (m)	:	<input type="text"/>
防護ネットの展開直角長さ $L_y$ (m)	:	<input type="text"/>
固定部の個数 $N$ (箇所)	:	<input type="text"/>
水平方向荷重分担固定部の個数 $N'$ (箇所)	:	<input type="text"/>
固定部の孔数 $n$ (箇所)	:	<input type="text"/>
水平震度 $k$	:	<input type="text"/>

※1 : 4 次申請の建物の耐震解析においては、防護ネット自重は建物上に常時固定されている物体の重量であり、移動が可能な積載荷重ではなく固定荷重として解析モデルに織り込まれている。

※2 : 添付説明書一建 2 I. 耐震設計の基本方針 3. 2. より

鉛直方向荷重  $F_z = w \times L_x \times L_y / N / n$   
 $=$   kN

水平方向荷重  $F_{xy} = w \times L_x \times L_y \times k / N' / n$   
 $=$   kN

地震時作用荷重  $F_e = \sqrt{F_z^2 + F_{xy}^2}$   
 $=$   kN

(飛来物衝撃時)

展開方向 水平方向荷重  $F_{xx}$  (kN) :

展開直角方向 水平方向荷重  $F_{xy}$  (kN) :

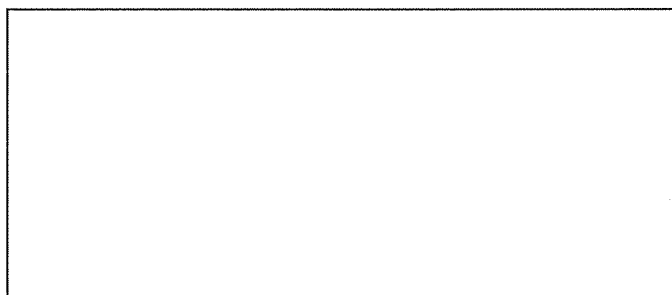
鉛直方向荷重  $F_{xz}$  (kN) :

上記の  $F_{xx}, F_{xy}, F_{xz}$  の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

$$\begin{aligned} \text{飛来物衝撃時作用荷重 } Fi &= \sqrt{F_{xx}^2 + F_{xy}^2 + F_{xz}^2} \\ &= \text{} \text{ kN} \end{aligned}$$

#### 4) 孔部端抜けの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜けの検討を行う。



端抜け検討位置

(地震時)

地震時作用荷重  $F_e$  (kN) :

端抜けライン長さ  $L_s$  (mm) :

固定部板厚  $t$  (mm) :

短期許容端抜け抵抗力  $Q_s$

$$\begin{aligned} Q_s &= L_s \times t \times f / \sqrt{3} \\ &= \text{} \text{ kN} \end{aligned}$$

地震時端抜け検定比  $R_{e1}$

$$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} = \text{}$$

検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

(飛来物衝撃時)

飛来物衝撃時作用荷重  $F_i$  (kN) :

終局端抜け抵抗力  $Q_p$

$$\begin{aligned} Q_p &= L_s \times t \times f_y / \sqrt{3} \\ &= \text{} \text{ kN} \end{aligned}$$

飛来物衝撃時端抜け検定比  $R_{i1}$

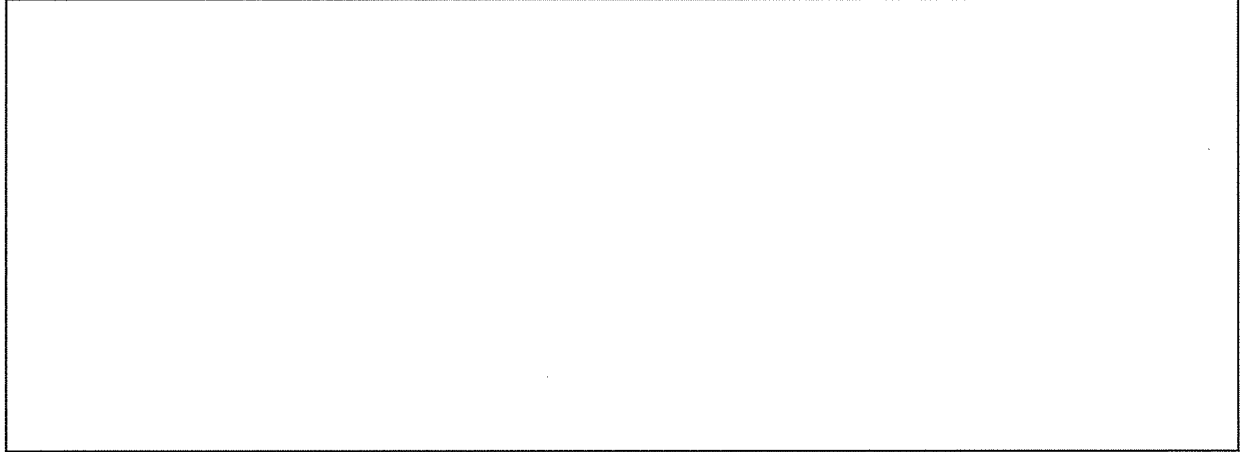
$$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} = \text{}$$

5) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

(a) ガセット部の仕様

ガセット部の諸寸法は下図の通り

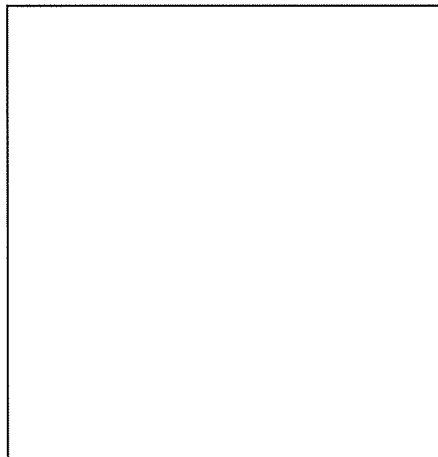


ガセットプレート平面図

A部板組図

(b) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。  
板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。



板曲げ片持ち梁モデル

(地震時)

板曲げモーメント  $M_{e2}$

$$M_{e2} = F_z \times \ell_2 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の断面係数  $Z_2$

$$Z_2 = \frac{1}{6} \times a \times t^2 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の短期許容曲げモーメント  $M_{ea}$

$$M_{ea} = Z_2 \times f = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比  $R_{e2}$

$$R_{e2} = \frac{M_{e2}}{M_{ea}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(飛来物衝撃時)

板曲げモーメント  $M_{i2}$

$$M_{i2} = F_{xz} \times \ell_2 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の塑性断面係数  $Z_{p2}$

$$Z_{p2} = \frac{1}{4} \times a \times t^2 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の終局曲げ耐力  $M_{ia}$

$$M_{ia} = Z_{p2} \times f_y = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比  $R_{i2}$

$$R_{i2} = \frac{M_{i2}}{M_{ia}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(c) ガセット部に作用する荷重の集約

以降のガセット部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

(地震時)

水平方向荷重  $F_{eh} = w \times L_x \times L_y \times k / N'$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}$$

鉛直方向荷重  $F_{ev} = w \times L_x \times L_y / N$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}$$

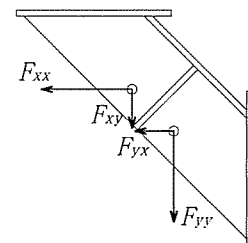
(飛来物衝撃時)

水平方向荷重  $F_{ih} = \sqrt{(F_{xx} + F_{yx})^2 + (F_{yy} + F_{xy})^2}$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}$$

鉛直方向荷重  $F_{iv} = F_{xz} + F_{yz}$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}$$

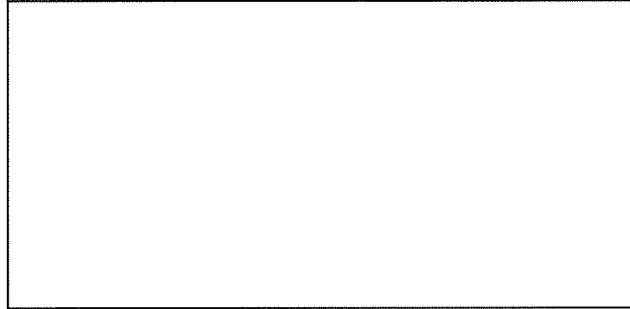


ガセットに作用する水平力



(d) ガセットプレートの水平方向荷重に対する検討

ガセットプレートに作用する水平方向荷重に対しては、ガセットプレートのせん断力にてベースプレートまで伝達する。



断面積算定位置

ガセットプレート断面積  $A_g$

$$A_g = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^2$$

(地震時)

地震時水平方向荷重によるせん断力  $Q_{e3}$

$$Q_{e3} = F_{eh} / 2 = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

ガセットプレートの短期許容せん断力  $Q_{ea}$

$$Q_{ea} = A_g \times f / \sqrt{3} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

ガセットプレートの水平荷重に対する検定比  $R_{e3}$

$$R_{e3} = \frac{Q_{e3}}{Q_{ea}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(飛来物衝撃時)

飛来物衝撃時水平方向荷重によるせん断力  $Q_{i3}$

$$Q_{i3} = F_{ih} / 2 = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

ガセットプレートの終局せん断耐力  $Q_{ia}$

$$Q_{ia} = A_g \times f_y / \sqrt{3} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

ガセットプレートの水平荷重に対する検定比  $R_{i3}$

$$R_{i3} = \frac{Q_{i3}}{Q_{ia}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(e) ガセットプレートの鉛直方向荷重に対する検討

ガセットプレートの鉛直方向荷重に対しては、リブプレートとガセットプレートで構成された片持ち梁で負担する。



ガセットプレート片持ち梁モデル

(地震時)

片持ち梁の固定端モーメント  $M_{e4}$

$$M_{e4} = F_{ev} \times \ell_4 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁の断面係数  $Z_4$  :  $\boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$

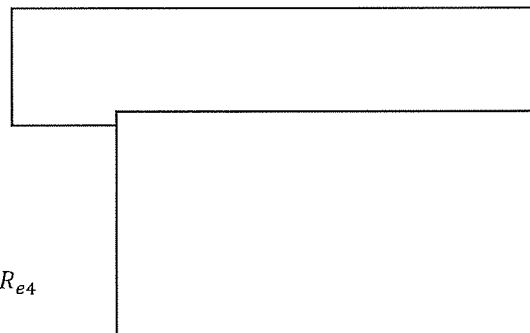
片持ち梁の短期許容曲げモーメント  $M_{ea}$

$$M_{ea} = Z_4 \times f = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁の固定端モーメントに対する検定比  $R_{e4}$

$$R_{e4} = \frac{M_{e4}}{M_{ea}} = \boxed{\phantom{000000}}$$



(飛来物衝撃時)

片持ち梁の固定端モーメント  $M_{i4}$

$$M_{i4} = F_{iv} \times \ell_4 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁の塑性断面係数  $Z_{p4}$  :  $\boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$

片持ち梁の終局曲げ耐力  $M_{ia}$

$$M_{ia} = Z_{p4} \times f_y = \boxed{\phantom{000000}}$$

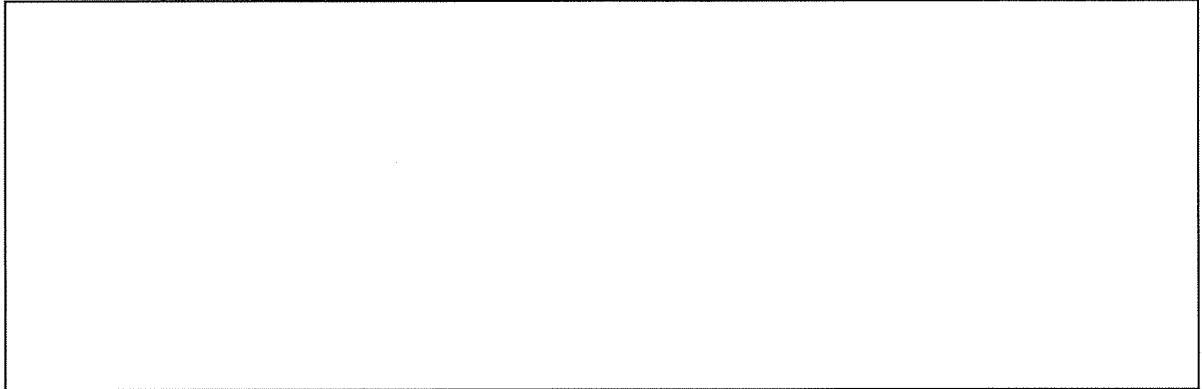
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁の固定端モーメントに対する検定比  $R_{i4}$

$$R_{i4} = \frac{M_{i4}}{M_{ia}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(f) 片持ち梁固定端モーメントに対する検討

片持ち梁固定端モーメントに対しては、ガセットプレートとフランジリブプレートによる偶力モーメントに置き換えて検討する。



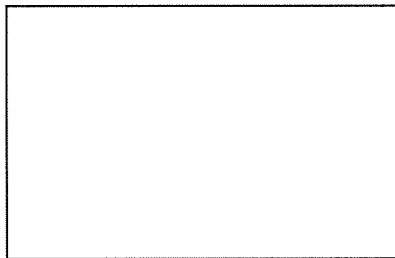
偶力モーメント図

(地震時)

片持ち梁固定端モーメントによる偶力  $H_e$

$$H_e = M_{e4} / \ell_5 = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

偶力  $H_e$  に対し、フランジリブプレートが梁として抵抗する。フランジリブプレート梁は両端固定梁モデルとして検討する。



フランジリブプレート両端固定梁モデル

偶力  $H_e$  によりフランジリブプレートに発生する曲げモーメント  $M_{e5}$

$$M_{e5} = \frac{1}{8} \times H_e \times \ell_5' = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

フランジリブプレートの断面係数  $Z_5$

$$Z_5 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$$

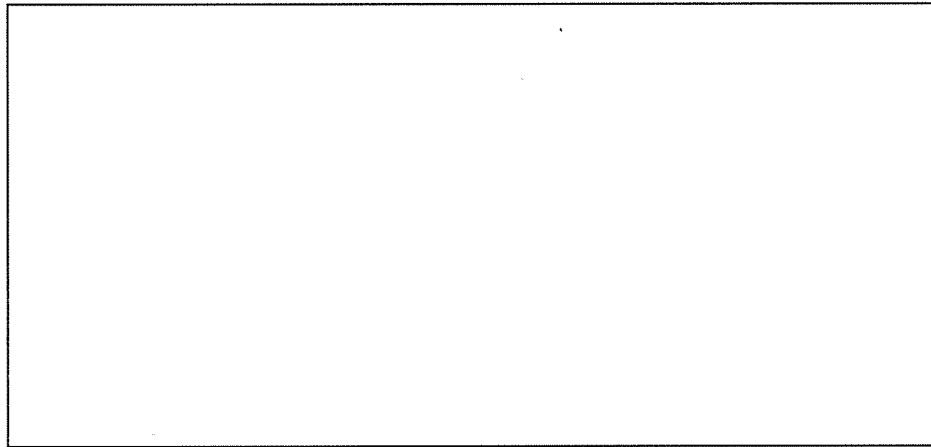
フランジリブプレートの短期許容曲げモーメント  $M_{ea}$

$$M_{ea} = Z_5 \times f = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁固定端モーメントによる偶力に対する検定比  $R_{e5}'$

$$R_{e5}' = \frac{M_{e5}}{M_{ea}} = \boxed{\phantom{0000}}$$

ここで、フランジプレート、ウェブプレート、ガセットプレートで構成された梁に作用する曲げモーメントを考慮する。



両端固定梁モデル

梁には、リブプレートから伝達する  $F_{ev}$  が作用する。これに対して両端固定梁モデルにて検討する。

$F_{ev}$  により梁に発生する曲げモーメント  $M_{e5}'$

$$M_{e5}' = \frac{1}{8} \times F_{ev} \times \ell_5' = \boxed{\phantom{0000}}$$

$$= \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁の断面係数  $Z_5'$

$$Z_5' = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}^3$$

梁の短期許容曲げモーメント  $M_{ea}'$

$$M_{ea}' = Z_5' \times f = \boxed{\phantom{0000}}$$

$$= \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

梁作用による曲げモーメントに対する検定比  $R_{e5}''$

$$R_{e5}'' = \frac{M_{e5}'}{M_{ea}'} = \boxed{\phantom{0000}}$$

片持ち梁固定端モーメント及び梁作用曲げモーメントに対する検定比  $R_{e5}$

$$R_{e5} = R_{e5}' + R_{e5}'' = \boxed{\phantom{0000}}$$



6) 高力ボルトの検討

ガセット部の高力ボルトに対しては、水平方向荷重によるせん断力と鉛直方向荷重によるせん断力にて検討を行う。

(地震時)

水平方向荷重により接合面に作用するせん断力  $F_{ehs}$

$$F_{ehs} = \frac{F_{eh}}{\sqrt{2}} = \boxed{\phantom{00000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

鉛直方向荷重により接合面に作用するせん断力  $F_{evs}$

$$F_{evs} = \frac{F_{ev}}{2} = \boxed{\phantom{00000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力  $F_{es}$

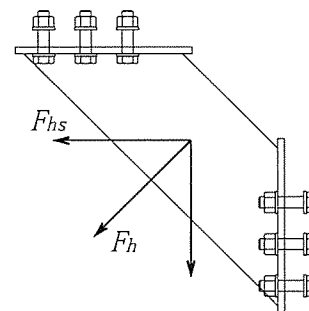
$$F_{es} = \sqrt{F_{ehs}^2 + F_{evs}^2} = \boxed{\phantom{00000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

高力ボルト接合面の短期許容せん断力  $F_{esa}$

$$F_{esa} = Q_{sa} \times n_b = \boxed{\phantom{00000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力に対する検定比  $R_{e6}$

$$R_{e6} = \frac{F_{es}}{F_{esa}} = \boxed{\phantom{00000}}$$



(飛来物衝撃時)

水平方向荷重により接合面に作用するせん断力  $F_{ih_s}$

$$F_{ih_s} = \frac{F_{ih}}{\sqrt{2}} = \boxed{\phantom{00000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

鉛直方向荷重により接合面に作用するせん断力  $F_{iv_s}$

$$F_{iv_s} = \frac{F_{iv}}{2} = \boxed{\phantom{00000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力  $F_{is}$

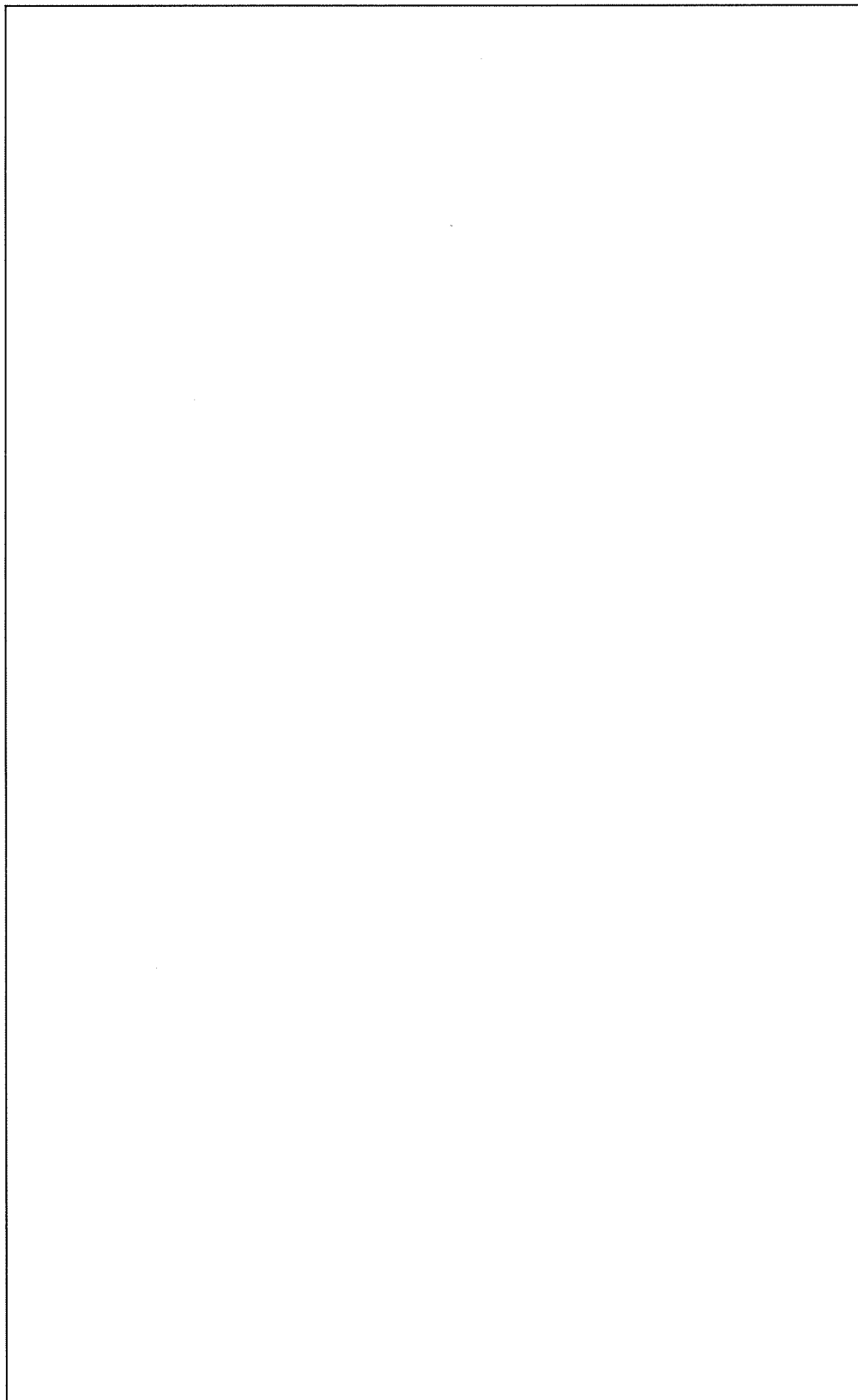
$$F_{is} = \sqrt{F_{ih_s}^2 + F_{iv_s}^2} = \boxed{\phantom{00000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

高力ボルト接合面の終局せん断耐力  $F_{isa}$  については、保守的に考えて短期許容せん断力を適用する。

$$F_{isa} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$



防護ネット固定部詳細図を添説建 7.6.3-2 図に示す。



添説建 7.6.3-2 図 防護ネット固定部詳細図 (組立工場)



(3) 転換工場(上面)

1) 固定部の仕様

材質	:	<input type="text"/>
サイズ (ガセットプレート)	:	<input type="text"/>
(リブプレート)	:	<input type="text"/>
基準強度 $f$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局強度 $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$ )
短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局せん断耐力 $f_y/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$ )

2) 固定部に作用する荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する荷重を計算する。

(地震時)

防護ネットの単位重量 $w$ (kN/m <sup>2</sup> ) <sup>※1</sup>	:	<input type="text"/>
防護ネットの展開長さ $L_x$ (m)	:	<input type="text"/>
防護ネットの展開直角長さ $L_y$ (m)	:	<input type="text"/>
固定部の個数 $N$ (箇所)	:	<input type="text"/>
水平方向荷重分担固定部の個数 $N'$ (箇所)	:	<input type="text"/>
固定部の孔数 $n$ (箇所)	:	<input type="text"/>
水平震度 $k$	:	<input type="text"/>

※1 : 4次申請の建物の耐震解析においては、防護ネット自重は建物上に常時固定されている物体の重量であり、移動が可能な積載荷重ではなく固定荷重として解析モデルに織り込まれている。

※2 : 添付説明書一建 2 I. 耐震設計の基本方針 3. 2. より

鉛直方向荷重  $F_z = w \times L_x \times L_y / N / n$   
 $=$   kN

水平方向荷重  $F_{xy} = w \times L_x \times L_y \times k / N' / n$   
 $=$   kN

地震時作用荷重  $F_e = \sqrt{F_z^2 + F_{xy}^2}$   
 $=$   kN

(飛来物衝撃時)

展開方向 水平方向荷重 $F_{xx}$ (kN)	:	<input type="text"/>
展開直角方向 水平方向荷重 $F_{xy}$ (kN)	:	<input type="text"/>
鉛直方向荷重 $F_{xz}$ (kN)	:	<input type="text"/>

上記の  $F_{xx}, F_{xy}, F_{xz}$  の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

飛来物衝撃時作用荷重  $F_i = \sqrt{F_{xx}^2 + F_{xy}^2 + F_{xz}^2}$   
 $=$   kN

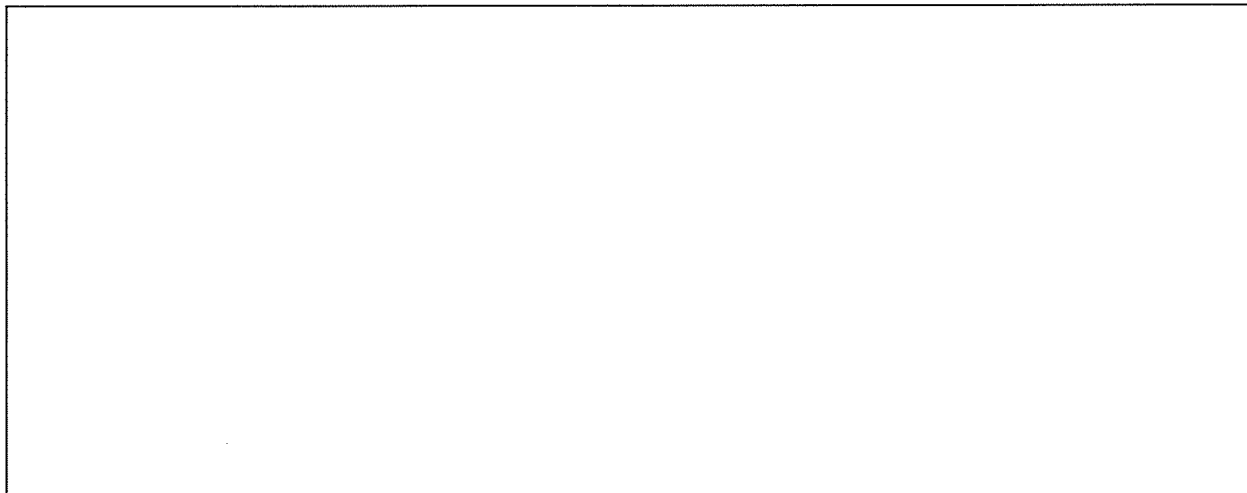


4) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

(a) ガセット部の仕様

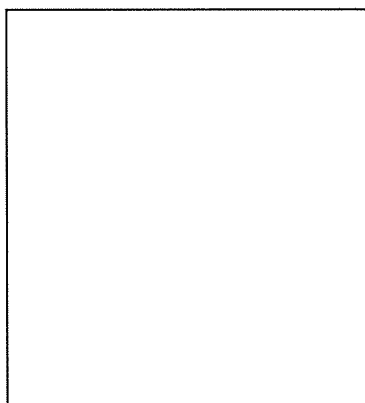
ガセット部の諸寸法は下図の通り。



(b) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。

板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。



板曲げ片持ち梁モデル

(地震時)

板曲げモーメント  $M_{e2}$

$$M_{e2} = F_z \times \ell_2 = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の断面係数  $Z_2$

$$Z_2 = \frac{1}{6} \times a \times t^2 = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の短期許容曲げモーメント  $M_{ea}$

$$M_{ea} = Z_2 \times f = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比  $R_{e2}$

$$R_{e2} = \frac{M_{e2}}{M_{ea}} = \boxed{\phantom{000}}$$

(飛来物衝撃時)

板曲げモーメント  $M_{i2}$

$$M_{i2} = F_{xz} \times \ell_2 = \boxed{\phantom{000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の塑性断面係数  $Z_{p2}$

$$Z_{p2} = \frac{1}{4} \times a \times t^2 = \boxed{\phantom{000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の終局曲げ耐力  $M_{ia}$

$$M_{ia} = Z_{p2} \times f_y = \boxed{\phantom{000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比  $R_{i2}$

$$R_{i2} = \frac{M_{i2}}{M_{ia}} = \boxed{\phantom{000}}$$

(c) ガセット部に作用する荷重の集約

以降のガセット部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

(地震時)

水平方向荷重  $F_{eh} = w \times L_x \times L_y \times k / N'$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

鉛直方向荷重  $F_{ev} = w \times L_x \times L_y / N$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

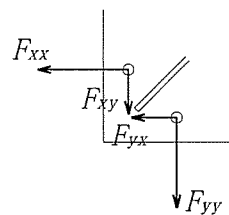
(飛来物衝撃時)

水平方向荷重  $F_{ih} = \sqrt{(F_{xx} + F_{yx})^2 + (F_{yy} + F_{xy})^2}$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

鉛直方向荷重  $F_{iv} = F_{xz} + F_{yz}$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

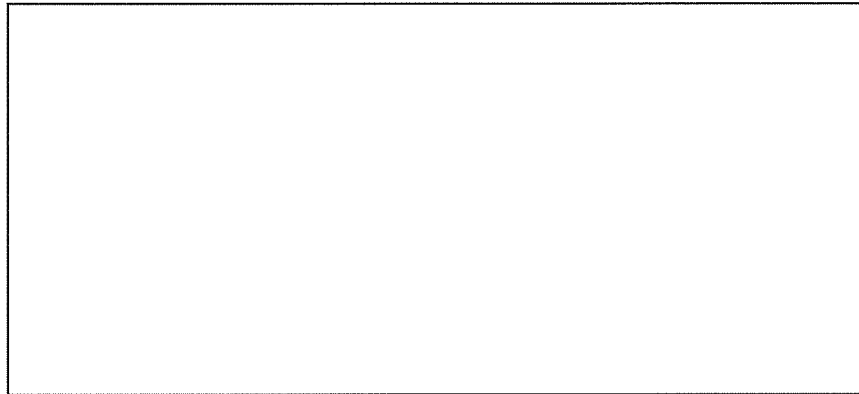


ガセット部に作用する水平力

(d) リブプレートの検討

i) 張り出し部

ガセットプレートに作用する荷重に対して、固定端モーメントと引張力を受ける片持ち梁にモデル化して検討を行う。



片持ち梁モデル

片持ち梁諸元

ベースプレート有効幅は、保守的に考えてリブプレート板厚及び溶接脚長を考慮したものにす。

張り出しスパン $L_1$ (mm)	:	<input type="text"/>
断面積 $A_1$ (mm <sup>2</sup> )	:	
断面係数 $Z_1$ (mm <sup>3</sup> )	:	
塑性断面係数 $Z_{p1}$ (mm <sup>3</sup> )	:	

(地震時)

水平方向荷重  $F_{eh}$ により片持ち梁断面に発生する引張力  $T_{e1}$

$$T_{e1} = F_{eh} = \text{} \text{ N}$$

片持ち梁断面の短期許容引張力  $T_{ea1}$

$$T_{ea1} = f \times A_1 = \text{}$$
$$= \text{} \text{ N}$$

鉛直方向荷重  $F_{ev}$ により片持ち梁固定端に発生する曲げモーメント  $M_{e1}$

$$M_{e1} = F_{ev} \times L_1 = \text{}$$
$$= \text{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁断面の短期許容曲げモーメント  $M_{ea1}$

$$M_{ea1} = f \times Z_1 = \text{}$$
$$= \text{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

水平方向荷重  $F_{eh}$  による引張力と鉛直方向荷重  $F_{ev}$  による曲げモーメントに対する  
 検定比  $R_{e3}$

$$R_{e3} = \frac{T_{e1}}{T_{ea1}} + \frac{M_{e1}}{M_{ea1}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(飛来物衝撃時)

水平方向荷重  $F_{ih}$  により片持ち梁断面に発生する引張力  $T_{i1}$

$$T_{i1} = F_{ih} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

片持ち梁断面の終局引張耐力  $T_{ia1}$

$$T_{ia1} = f_y \times A_1 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

鉛直方向荷重  $F_{iv}$  により片持ち梁固定端に発生する曲げモーメント  $M_{i1}$

$$M_{i1} = F_{iv} \times L_1 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁断面の終局曲げ耐力  $M_{ia1}$

$$M_{ia1} = f_y \times Z_{p1} = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

水平方向荷重  $F_{ih}$  による引張力と鉛直方向荷重  $F_{iv}$  による曲げモーメントに対する  
 検定比  $R_{i3}$

$$R_{i3} = \frac{T_{i1}}{T_{ia1}} + \frac{M_{i1}}{M_{ia1}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

ii) リブプレート固定部

ガセットプレートに作用する荷重に対して、主構造トラス上弦材に荷重を伝達する部分について検討する。

リブプレート固定部に発生する引張力  $T_2$

$$T_2 = F_v$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント  $M_2$

$$M_2 = F_h \times L_2 - F_v \times L_1$$

リブプレート固定部に発生するせん断力  $Q_2$

$$Q_2 = F_h$$

リブプレート固定部断面諸元

断面積 $A_2$ (mm <sup>2</sup> )	:	
断面係数 $Z_2$ (mm <sup>3</sup> )	:	
塑性断面係数 $Z_{p2}$ (mm <sup>3</sup> )	:	

(地震時)

リブプレート固定部に発生する引張力  $T_{e2}$

$$T_{e2} = F_{ev} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

リブプレート固定部の短期許容引張力  $T_{ea2}$

$$T_{ea2} = f \times A_2 = \boxed{\phantom{00000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント  $M_{e2}$

$$M_{e2} = F_{eh} \times L_2 - F_{ev} \times L_1 = \boxed{\phantom{0000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

リブプレート固定部の短期許容曲げモーメント  $M_{ea2}$

$$M_{ea2} = f \times Z_2 = \boxed{\phantom{0000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

引張力と曲げモーメントに対する検定比  $R_{e4}$

$$R_{e4} = \frac{T_{e2}}{T_{ea2}} + \frac{M_{e2}}{M_{ea2}} = \boxed{\phantom{0000000000}}$$

リブプレート固定部に発生するせん断力  $Q_{e2}$

$$Q_{e2} = F_{eh} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

リブプレート固定部の短期許容せん断力  $Q_{ea2}$

$$Q_{ea2} = f/\sqrt{3} \times A_2 = \boxed{\phantom{0000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

せん断力に対する検定比  $R_{e4}'$

$$R_{e4}' = \frac{Q_{e2}}{Q_{ea2}} = \boxed{\phantom{0000000000}}$$

(飛来物衝撃時)

リブプレート固定部に発生する引張力  $T_{i2}$

$$T_{i2} = F_{iv} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

リブプレート固定部の終局引張耐力  $T_{ia2}$

$$T_{ia2} = f_y \times A_2 = \boxed{\phantom{0000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント  $M_{i2}$

$$M_{i2} = F_{ih} \times L_2 - F_{iv} \times L_1 = \boxed{\phantom{0000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

リブプレート固定部の終局曲げ耐力  $M_{ia2}$

$$M_{ia2} = f_y \times Z_{p2} = \boxed{\phantom{0000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

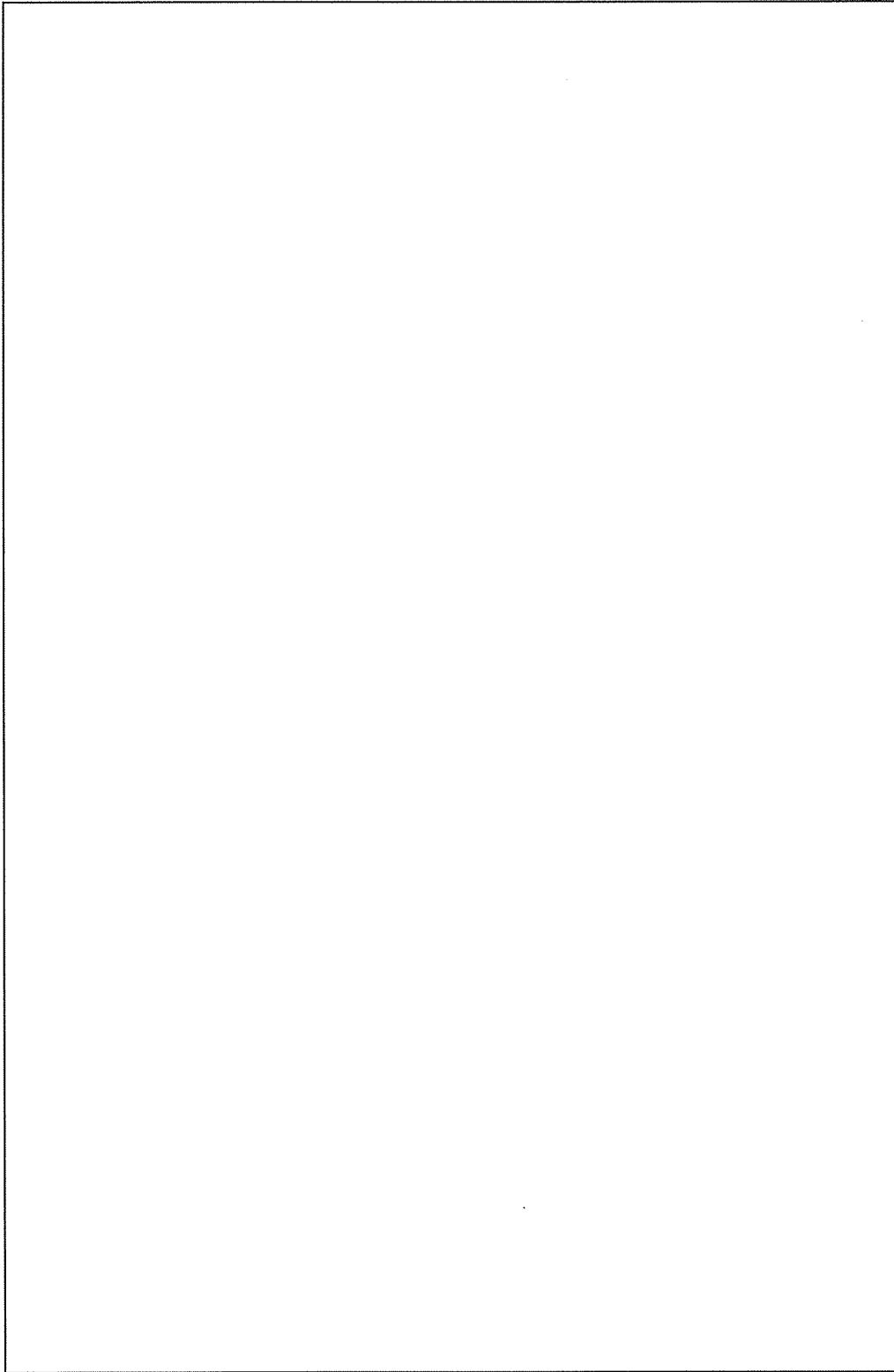
引張力と曲げモーメントに対する検定比  $R_{i4}$

$$R_{i4} = \frac{T_{i2}}{T_{ia2}} + \frac{M_{i2}}{M_{ia2}} = \boxed{\phantom{0000000000}}$$





防護ネット固定部詳細図を添説建 7.6.3-3 図に示す。



添説建 7.6.3-3 図 防護ネット固定部詳細図（転換工場：上面）

(4) 転換工場(下面)

1) 固定部の仕様

材質	:	<input type="text"/>
サイズ (ガセットプレート)	:	<input type="text"/>
(リブプレート)	:	<input type="text"/>
基準強度 $f$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局強度 $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$ )
短期許容せん断応力度 $f/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (S 規準)
終局せん断耐力 $f_y/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/> (第 2464 号告示より $f_y = f \times 1.1$ )

2) 固定部に作用する荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する荷重を計算する。

(地震時)

防護ネットの単位重量 $w$ (kN/m <sup>2</sup> ) <sup>※1</sup>	:	<input type="text"/>
防護ネットの展開長さ $L_x$ (m)	:	<input type="text"/>
防護ネットの展開直角長さ $L_y$ (m)	:	<input type="text"/>
固定部の個数 $N$ (箇所)	:	<input type="text"/>
水平方向荷重分担固定部の個数 $N'$ (箇所)	:	<input type="text"/>
固定部の孔数 $n$ (箇所)	:	<input type="text"/>
水平震度 $k$	:	<input type="text"/>

※1 : 4次申請の建物の耐震解析においては、防護ネット自重は建物上に常時固定されている物体の重量であり、移動が可能な積載荷重ではなく固定荷重として解析モデルに織り込まれている。

※2 : 添付説明書—建 2 I. 耐震設計の基本方針 3. 2. より

鉛直方向荷重  $F_z = w \times L_x \times L_y / N / n$   
 $=$   kN

水平方向荷重  $F_{xy} = w \times L_x \times L_y \times k / N' / n$   
 $=$   kN

地震時作用荷重  $F_e = \sqrt{F_z^2 + F_{xy}^2}$   
 $=$   kN

(飛来物衝撃時)

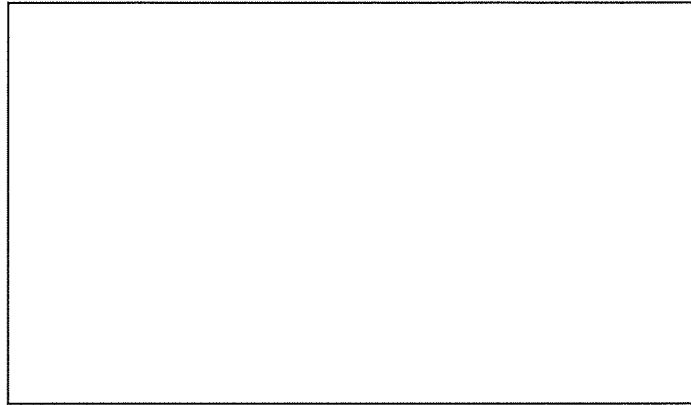
展開方向 水平方向荷重	$F_{xx}$ (kN)	:	<input type="text"/>
展開直角方向 水平方向荷重	$F_{xy}$ (kN)	:	<input type="text"/>
鉛直方向荷重	$F_{xz}$ (kN)	:	<input type="text"/>

上記の  $F_{xx}, F_{xy}, F_{xz}$  の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

飛来物衝撃時作用荷重  $F_i = \sqrt{F_{xx}^2 + F_{xy}^2 + F_{xz}^2}$   
 $=$   kN

3) 孔部端抜きの検討

固定部のシャックルが取り合う孔部の端抜きの検討を行う。



端抜け検討位置

(地震時)

地震時作用荷重  $F_e$  (kN) :

端抜けライン長さ  $L_s$  (mm) :

固定部板厚  $t$  (mm) :

短期許容端抜け抵抗力  $Q_s$

$$Q_s = L_s \times t \times f / \sqrt{3} = \text{}$$

$$= \text{} \text{ kN}$$

地震時端抜け検定比  $R_{e1}$

$$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} = \text{}$$

検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

(飛来物衝撃時)

飛来物衝撃時作用荷重  $F_i$  (kN) : 25.7

終局端抜け抵抗力  $Q_p$

$$Q_p = L_s \times t \times f_y / \sqrt{3} = \text{}$$

$$= \text{} \text{ kN}$$

飛来物衝撃時端抜け検定比  $R_{i1}$

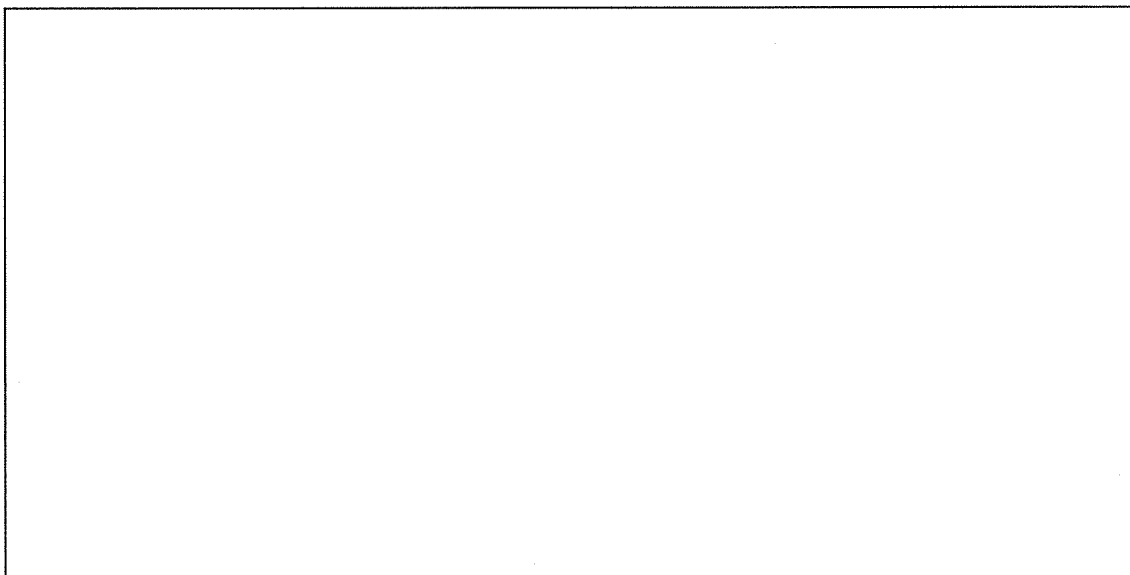
$$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} = \text{}$$

4) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

(a) ガセット部の仕様

ガセット部の諸寸法は下図の通り。



(b) ガセットプレート板曲げの検討

シャックルから伝達される鉛直荷重に対してガセットプレートの板曲げの検討を行う。  
板曲げ検討にあたっては、リブプレート位置からの片持ち梁モデルにて行う。

(地震時)

板曲げモーメント  $M_{e2}$

$$M_{e2} = F_2 \times \ell_2 = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の断面係数  $Z_2$

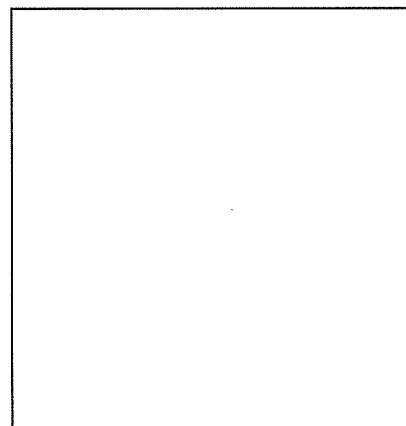
$$Z_2 = \frac{1}{6} \times a \times t^2 = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の短期許容曲げモーメント  $M_{ea}$

$$M_{ea} = Z_2 \times f = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比  $R_{e2}$

$$R_{e2} = \frac{M_{e2}}{M_{ea}} = \boxed{\phantom{000000}}$$



板曲げ片持ち梁モデル



(d) リブプレートの水平方向荷重に対する検討

ガセットプレートに作用する水平方向荷重に対して、リブプレートのせん断力にてベースプレートまで伝達する。

(地震時)

リブプレートの断面積  $A_1$

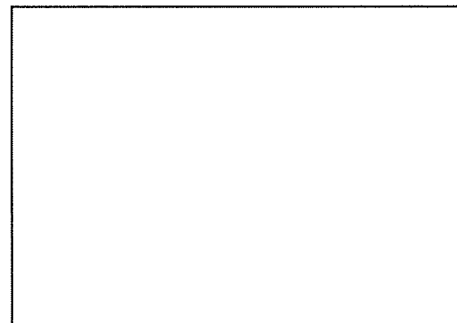
$$A_1 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^2$$

リブプレートの短期許容せん断力  $Q_{ea}$

$$Q_{ea} = A_1 \times f / \sqrt{3} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

リブプレートの水平方向荷重に対する検定比  $R_{e3}$

$$R_{e3} = \frac{F_{eh}}{Q_{ea}} = \boxed{\phantom{000000}}$$



(飛来物衝撃時)

リブプレートの終局せん断耐力  $Q_{ia}$

$$Q_{ia} = A_1 \times f_y / \sqrt{3} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

リブプレートの水平方向荷重に対する検定比  $R_{i3}$

$$R_{i3} = \frac{F_{ih}}{Q_{ia}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(e) リブプレートの鉛直方向荷重に対する検討

ガセットプレートに作用する鉛直方向荷重に対して、リブプレートの引張力にてベースプレートまで伝達する。

リブプレートの引張有効幅は保守的に考えて、ガセットプレート板曲げ有効幅  $a$  と同等とする。

(地震時)

リブプレートの引張断面積  $A_2$

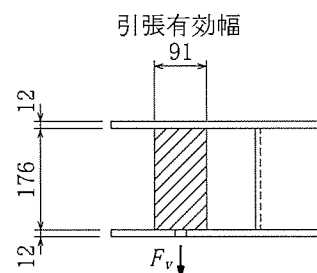
$$A_2 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^2$$

リブプレートの短期引張耐力  $T_{ea}$

$$T_{ea} = A_2 \times f = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

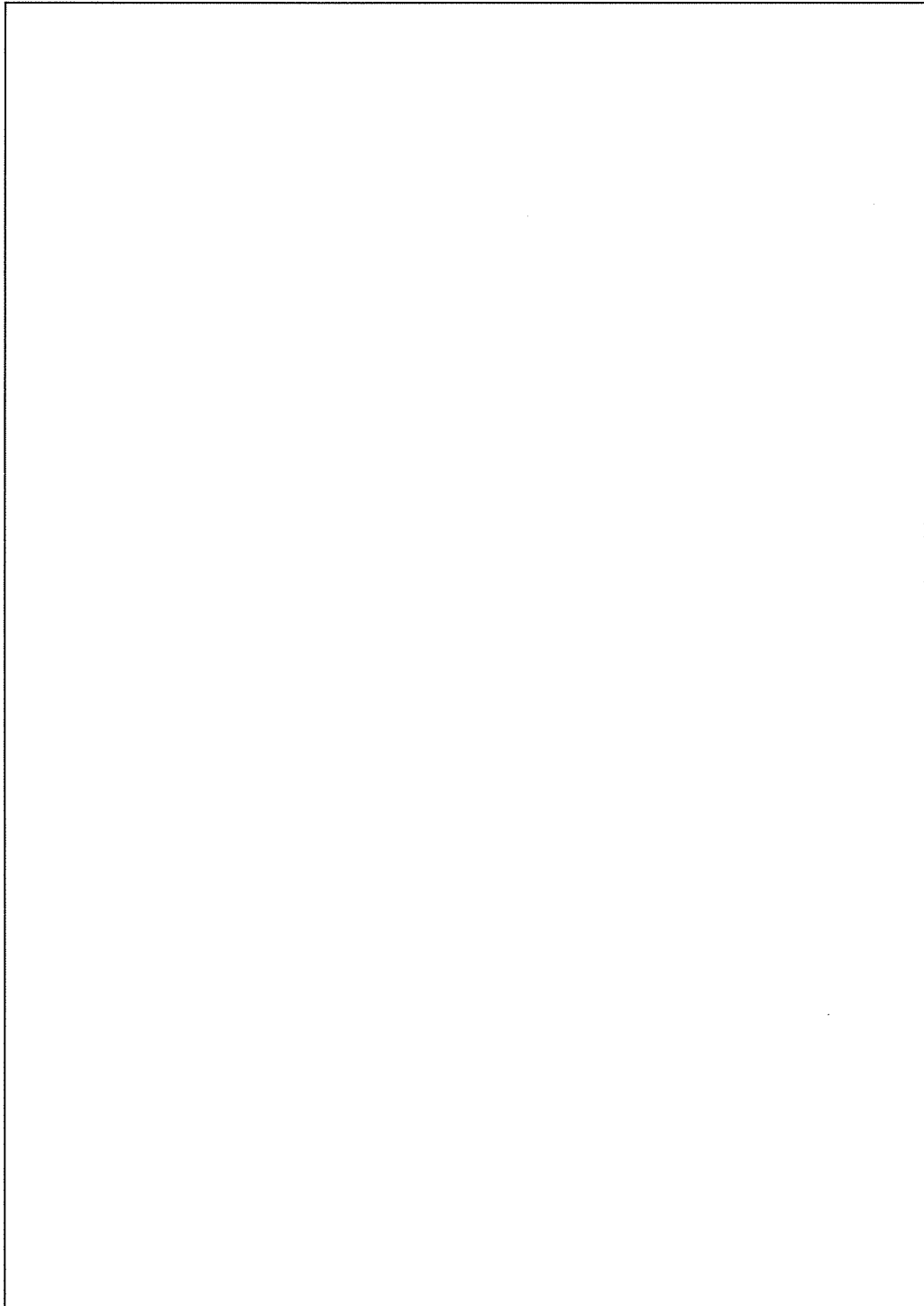
リブプレートの鉛直方向荷重に対する検定比  $R_{e4}$

$$R_{e4} = \frac{F_{ev}}{T_{ea}} = \boxed{\phantom{000000}}$$





防護ネット固定部詳細図を添説建 7.6.3-4 図に示す。



添説建 7.6.3-4 図 防護ネット固定部詳細図 (転換工場 : 下面)



7. 評価結果一覧

工場棟（成型工場、組立工場、転換工場）に設置する防護ネットの強度評価結果を添説建 7.7-1 表に示す。

添説建 7.7-1 表 防護ネットの強度評価結果

防護ネット各部		成型工場	組立工場	転換工場 (上面)	転換工場 (下面)
金網					
ワイヤーロープ					
ターンバックル					
シャックル					
取付金物	端抜け				
	曲げ、HTB				

工場棟各建物共に、防護ネット各部のうち金網の検定比が最も大きくなる。

8. 文献

- ・ 電中研報告：竜巻飛来物に対する防護ネットの評価手法と対策工法の提案（N13014）
- ・ 土木学会：竜巻防護設備に用いる金網形状の異なる高強度金網に関する吸収エネルギー算定手法の適用性
- ・ 電中研報告：高強度金網を用いた竜巻飛来物対策工の合理的な衝撃応答評価手法（001）

核燃料物質の臨界防止に関する説明書

## 1. 概要

本資料では、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第二条及び「加工施設の技術基準に関する規則」第四条にて適合することが要求されている事項に対し、安全機能を有する施設において核燃料物質が臨界に達する恐れがないよう、臨界を防止するための措置その他適切な措置を講じることを説明する。

## 2. 基本方針

加工施設で取り扱う核燃料物質は、濃縮度5%以下の濃縮ウラン、天然ウラン及び劣化ウランとし、このうち濃縮ウランを取り扱う設備・機器に対して適切な核的制限値を設定して臨界管理を行う。

加工施設で取り扱う濃縮ウランは、通常時に予想される機械若しくは器具の単一故障、若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合に、核燃料物質が臨界に達する恐れがないようにするため、核燃料物質の取り扱い上の一つの単位を単一ユニットとし、形状寸法を制限し得るものについてはその形状寸法について適切な核的制限値を設ける。それが困難な設備・機器等については質量若しくは幾何学的形状を管理し、又はそれらのいずれかと減速度を組み合わせて管理する。

複数の単一ユニットに対し、臨界安全評価を行う上で領域区分を定め、臨界安全評価により領域毎に核的に安全な配置を決定する。

### 3. 対象設備

対象設備は、工場棟転換工場に設置する化学処理施設、放射性廃棄物の廃棄施設、貯蔵施設及びその他の加工施設、附属建物 廃棄物管理棟に設置する放射性廃棄物の廃棄施設、附属建物 発電機室に設置するその他の加工施設及び附属建物 除染室・分析室に設置するその他の加工施設、附属建物 原料貯蔵所に設置する貯蔵施設を対象とする。対象となる機器は添付説明書一設 1 付録 1 に示す。

#### 4. 臨界防止のための設計

本章に該当する適合性の対象は、以下となる。

◆ 「加工施設の技術基準に関する規則」 第四条

当社では次に示す設備を取り扱わない。

- ・ 臨界質量以上のウラン（ウラン二三五の量のウランの総量に対する比率が百分の五を超えるものに限る。）を取り扱う加工施設
- ・ プルトニウムを取り扱う加工施設

したがって、以下に示す「加工施設の技術基準に関する規則」第四条のうち、破線で囲んだ部分を適合性説明の対象とする。

(核燃料物質の臨界防止)

第四条 安全機能を有する施設は、核燃料物質の取扱い上の一つの単位（次項において「単一ユニット」という。）において、通常時に予想される機械若しくは器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作が起きた場合に、核燃料物質が臨界に達するおそれがないよう、核燃料物質を収納する機器の形状寸法の管理、核燃料物質の濃度、質量若しくは同位体の組成の管理若しくは中性子吸収材の形状寸法、濃度若しくは材質の管理又はこれらの組合せにより臨界を防止するための措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

2 安全機能を有する施設は、単一ユニットが二つ以上存在する場合において、通常時に予想される機械若しくは器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作が起きた場合に、核燃料物質が臨界に達するおそれがないよう、単一ユニット相互間の適切な配置の維持若しくは単一ユニットの相互間における中性子の遮蔽材の使用又はこれらの組合せにより臨界を防止するための措置が講じられたものでなければならない。

3 臨界質量以上のウラン（ウラン二三五の量のウランの総量に対する比率が百分の五を超えるものに限る。）又はプルトニウムを取り扱う加工施設には、臨界警報設備その他の臨界事故を防止するために必要な設備が設けられていなければならない。

◆ 事業許可の内容（2-1～2-23）

3章で示した設備を対象とすることから、事業許可の内容のうち該当する以下の項目を適合性説明の対象とする。

【単一ユニットに関する機能（4.1章）】

- ・ 設備・機器の形状寸法に対する核的制限値設定に関する事項(2-1)

- ・ 質量の核的制限値設定に関する事項(2-2)
- ・ 減速度の組み合わせ管理に関する事項(2-3)
- ・ 溶液状のウランを取り扱う形状寸法機器の材料に関する事項 (2-4)
- ・ 単一故障、誤作動又は誤操作を考慮した核的制限値設定に関する事項(2-6)
- ・ 水全反射条件を考慮した核的制限値設定に関する事項(2-7)
- ・ 二重装荷を想定しても未臨界となる質量管理、ウラン移動に伴い質量の核的制限値を超えない管理に関する事項(2-9)
- ・ ウラン溶液取扱い機器における全濃度担保を前提とした形状寸法に関する事項 (2-20)

【複数ユニットに関する機能 (4.2 章)】

- ・ 臨界安全評価を行う上での領域区分に関する事項(2-13)
- ・ 単一ユニットの相互作用に関する事項(2-14)
- ・ ウランを取り扱う設備・機器の核的安全配置に関する事項(2-16)

なお、事業許可に該当する内容のうち

- ・ 核的制限値を設定する設備・機器は没水しない設計(2-11)
- ・ 減速度で管理する設備・機器は消火水等が浸入しない対策(2-12)

に関する設計内容については、溢水による損傷防止とも関連するため、添付説明書一設5「設備の溢水による損傷の防止に関する説明書」に示す。

#### 4. 1. 単一ユニットに関する機能（第四条1）

事業許可にて新たに設定した単一ユニットの核的制限値を添付説明書一設 1-1 に示す。

各単一ユニットに対し、設備・機器の形状寸法を制限し得るものについては、形状寸法について核的制限値を設定し、その制限値を満足する設計とする。(2-1)

今回の申請設備において、単一ユニットに対する核的制限値として、濃縮度 5%以下のウラン取扱いに対して形状寸法を設定する機器とその核的制限値を添説設 1-1 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

今回の申請設備において設定した核的制限値は、事業許可と同じである。なお、核的制限値を設定するにあたって、使用する計算コードは、実験値等との対比がなされ、信頼度の高いことが立証されたもの（KENO-IV、ANISN、WIMS-D 及び JACS コードシステム）である。

➤ [4.1-設 1]核的制限値を設定する。

添説設 1-1 表に示す機器は、各単一ユニットに対する核的制限値として、濃縮度 5%以下のウラン取扱いに対して形状寸法を設定し、その制限値を満足する設計とする。



添説設 1-1 表 核的制限値として形状寸法制限を設定する機器

施設区分	機器名		核的制限値 (形状寸法)	備考
化学処理 施設	循環貯槽(1)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}
		送液ポンプ	容 積 26.5L 以下	
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}
	循環貯槽(2)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}
		送液ポンプ	容 積 26.5L 以下	
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}
	堰 (循環貯槽)		厚 み 12.7cm 以下	{23}
	熱交換器 (循環貯槽) (1)		容 積 26.5L 以下	{28}
	熱交換器 (循環貯槽) (2)		容 積 26.5L 以下	
	UO <sub>2</sub> ブロータンク(1)	UO <sub>2</sub> ブロータンク 本体部	直 径 25.1cm 以下	{106}
		サイクロン部	直 径 25.1cm 以下	
	UO <sub>2</sub> ブロータンク(2)	UO <sub>2</sub> ブロータンク 本体部	直 径 25.1cm 以下	
		サイクロン部	直 径 25.1cm 以下	
	UO <sub>2</sub> フィルタ(1)		厚 み 11.7cm 以下	{107}
	UO <sub>2</sub> フィルタ(2)		厚 み 11.7cm 以下	
	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)		直 径 25.1cm 以下	{110}
	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(2)		直 径 25.1cm 以下	
	粉砕機(1)	粉砕機本体部	厚 み 11.7cm 以下	{112}
粉砕機 バグフィルタ部		厚 み 11.7cm 以下	{113}	
粉砕機(2)	粉砕機本体部	厚 み 11.7cm 以下	{112}	
	粉砕機 バグフィルタ部	厚 み 11.7cm 以下	{113}	
充填装置(1)		直 径 25.1cm 以下	{115}	
充填装置(2)		直 径 25.1cm 以下		

容器からウランを取り出す等、形状寸法を維持できない場合は、質量の核的制限値を設定し、管理する。(2-2)

今回の申請設備において、単一ユニットに対する核的制限値として、濃縮度 5%以下のウラン取扱いに対して質量制限を設定する設備とその核的制限値を添説設 1-2 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

今回の申請設備において設定した核的制限値は、事業許可と同じである。なお、核的制限値を設定するにあたって、使用する計算コードは、実験値等との対比がなされ、信頼度の高いことが立証されたもの (KENO-IV、ANISN、WIMS-D 及び JACS コードシステム) である。

➤ [4.1-設 1]核的制限値を設定する。

添説設 1-2 表に示す機器は、各単一ユニットに対する核的制限値として、機器を設置するエリア全体で濃縮度 5%以下のウラン取扱いに対して質量制限値を設定し、その制限値を超えないように管理する設計とする。

質量制限値を設定するエリアを添説設 1-1 図に示す。

添説設 1-1 図に示す青枠のエリアで取り扱うウランの質量は 14.8kgU 以下を常に維持するように保安規定で規定する。

なお、分析室に設置する廃水タンクに流入する廃液は、保安規定に基づく操作記録により放射性液体廃棄物レベルに管理することから、廃水タンクは質量制限値管理機器の対象外とする。

添説設 1-2 表 核的制限値として質量制限を設定する機器

施設区分	機器名	設置場所	核的制限値 (質量制限)	備考			
附属施設	表面電離型質量分析装置(1)	転換工場	質量 14.8kgU 以下 (分光分析室及び分析室全体で質量制限)※	{906}			
	表面電離型質量分析装置(2)	分光分析室			{907}		
	固体発光分光分析装置						
	ICP 質量分析装置						
	ICP 発光分光分析装置	付属建物 除染室・分析室 分析室					
	自動水分分析装置						
	炭素・硫黄同時分析装置						
	自動ハロゲン分析装置						
	α線スペクトル分析装置						
	サンプル保管庫						
	比表面積測定装置						{908}
	嵩密度測定装置						
	平均粒径測定装置						
	試料回収ボックス						

※廃水タンクを除く



添説設 1-1 図 質量制限値を設定するエリア

最適減速条件の推定臨界下限値を超える量のウランを取り扱う場合は、減速度を組み合わせて管理する。(2-3)

今回の申請設備において、濃縮度 5%以下で最適減速条件の推定臨界下限値 (35kgU) を超える量のウランを取り扱う機器を添説設 1-3 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

今回の申請設備において設定した核的制限値は、事業許可と同じである。なお、核的制限値を設定するにあたって、使用する計算コードは、実験値等との対比がなされ、信頼度の高いことが立証されたもの (KENO-IV、ANISN、WIMS-D 及び JACS コードシステム) である。また、UF<sub>6</sub>を取り扱う UF<sub>6</sub>シリンダ、コールドトラップ(1)(2)、及びコールドトラップ(小)(1)(2)は、公表された信頼度の高い米国国家規格協会 (ANSI) の規格をもとに減速度 H/U=0.088 以下としている。

➤ [4.1-設1] 核的制限値を設定する。

添説設 1-3 表に示す機器は、濃縮度 5%以下で減速度を組み合わせて核的制限値を設定し、管理する設計とする。

なお、UF<sub>6</sub>は減速度 H/U=0.088 以下では無限体系で未臨界であるため、当該設備・機器内でのウランの質量管理は不要である。

また、UF<sub>6</sub>シリンダ内のウランの濃縮度及び減速度は UF<sub>6</sub>シリンダの受入時に内容物の材料証明書により、核的制限値以下であることを確認する。この核的制限値の確認は保安規定で規定する。

添説設 1-3 表 核的制限値として減速度を組み合わせて核的制限値を設定する機器

施設区分	機器名	核的制限値 (減速度+質量または形状寸法)	備考	
化学処理 施設	蒸発器(1)-A 蒸発器(1)-B 蒸発器(2)-A 蒸発器(2)-B	— 〔 UF <sub>6</sub> シリンダ 減速度 H/U=0.088 以下 〕	{1}	
	UF <sub>6</sub> シリンダ	減速度 H/U=0.088 以下	{2} ANSI N14.1- 2012 規定仕様	
	コールドトラップ(1)	減速度 H/U=0.088 以下	{14}	
	コールドトラップ(2)	減速度 H/U=0.088 以下		
	コールドトラップ (小) (1)	減速度 H/U=0.088 以下	{17}	
	コールドトラップ (小) (2)	減速度 H/U=0.088 以下		
	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ (1)	質 量 1,500kgU 以下 減速度 H/U=0.5 (含水率 1.6%) 以下	{108}	
	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ (2)	質 量 1,500kgU 以下 減速度 H/U=0.5 (含水率 1.6%) 以下	{108}	
	核燃料物 質の貯蔵 施設	UF <sub>6</sub> シリンダ	減速度 H/U=0.088 以下	{488}、{492} ANSI N14.1- 2012 規定仕様

溶液状のウランを取り扱う設備・機器で、その形状寸法を制限するものについては、ウラン溶液の温度上昇に対して変形、破損するおそれのない材料を用いる設計とする。  
(2-4)

今回の申請設備において、溶液状のウランを取り扱い、その核的制限値を形状寸法で担保する機器とその使用主材料を添説設 1-4 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

溶液状のウランとはウランが物性的に液体として存在する化学形態とし、今回の申請範囲では  $UO_2F_2$  溶液を通常操業において常時取り扱い、その核的制限値を形状寸法制限で担保する機器を本要求の対象とする。

また、 $UO_2F_2$  溶液が漏えいした場合にその漏えい拡大防止を図る堰についても本要求の対象とする。

- [4.1-設 5]使用温度に対して核的制限値（形状寸法）を維持する材料を使用する。  
添説設 1-4 表に示す機器は、濃縮度 5%以下のウラン溶液の温度上昇に対して変形、破損する恐れのない材料を用いる設計とする。  
添説設 1-4 表に示す材料の熱膨張率は使用温度範囲内で  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  であり、核的制限値（形状寸法）に対して、十分小さい寸法変化である。したがって、ウラン溶液の温度上昇による核的制限値への影響はない。

添説設 1-4 表 核的制限値を形状寸法で担保する機器とその使用主材料

施設区分	機器名		使用温度 範囲	使用主材料	備考
化学処理 施設	循環貯槽(1)	貯槽本体部 (温度上昇部)	0~60℃		{22}
		貯槽内面部 (温度上昇部)			
		ポンプ本体部 (温度上昇部)			
		ポンプ内面部 (温度上昇部)			
		加水分解装置 (エジェクタ) (1) (温度上昇部)	0~114℃		{21}
	循環貯槽(2)	貯槽本体部 (温度上昇部)	0~60℃		{22}
		貯槽内面部 (温度上昇部)			
		ポンプ本体部 (温度上昇部)			
		ポンプ内面部 (温度上昇部)			
		加水分解装置 (エジェクタ) (2) (温度上昇部)	0~114℃		{21}
		堰 (循環貯槽) (温度上昇部)	0~60℃		{23}
		熱交換器 (循環貯槽) (1) (温度上昇部)	0~40℃		{28}
	熱交換器 (循環貯槽) (2) (温度上昇部)				

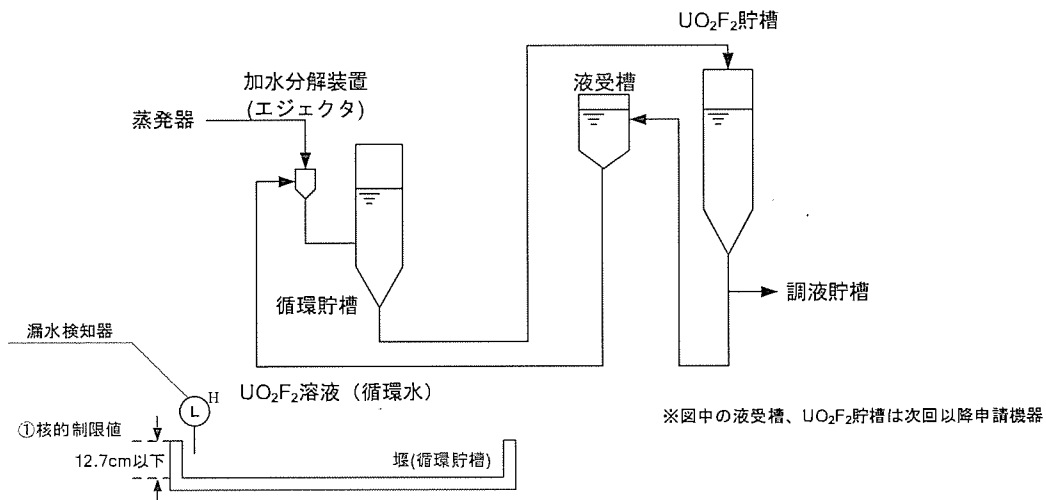
通常時に予想される設備・機器の単一故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作により、ウランが流入するおそれのある設備・機器は、臨界に達しないようにあらかじめ核的制限値を設定し、その制限値を満足する設計とする。(2-6)

今回の申請設備において、設備・機器の単一故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作により、濃縮度 5%以下のウランが流入する恐れのある機器とそれに付与する核的制限値を添説設 1-5 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

➤ [4.1-設 2]ウランが流入する恐れがある設備・機器に対して核的制限値を設定する。貯槽からの漏えいに備えて設置する堰（青色部）に設定する核的制限値の概要を添説設 1-2 図に示す。

① 貯槽において槽の損傷（故障）が起こった場合、槽から濃縮度 5%以下のウラン溶液が漏えいし、部屋内に拡散する恐れがあるため、拡散を防止する堰を設置し、その堰にも核的制限値を設定する。

なお、貯槽からウランが漏えいすると、堰に漏えいするが、この場合には、集積されていたウランが拡散することになり、より中性子が逃げやすい形状となるため、臨界にはならない。

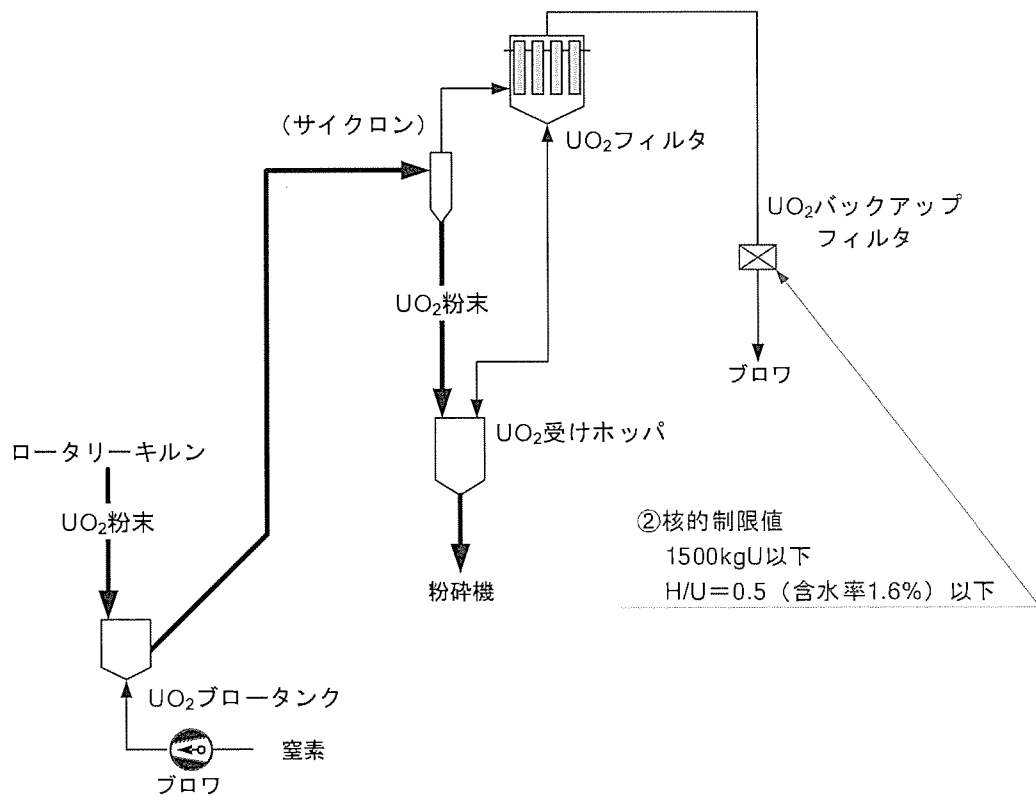


添説設 1-2 図 貯槽からの漏えいに備えて設定する核的制限値の概要



フィルタまたはサイクロンからの漏えいに備えて設置するフィルタ（青色部）に設定する核的制限値の概要を添説設 1-3 図に示す。

② 気流輸送する粉末状のウランはフィルタまたはサイクロンを設置して、ウランを回収する。このフィルタまたはサイクロンの損傷（故障）、脱落（誤作動）又は未装着（運転員の単一の誤操作）が起こった場合、その排気下流側に濃縮度 5%以下の粉末状のウランが流入する恐れがあるため、フィルタまたはサイクロンの下流側に設置するフィルタにも核的制限値を設定する。



添説設 1-3 図 フィルタ (UO<sub>2</sub>フィルタ) からの漏えいに備えて設定する核的制限値の概要

添説設 1-5 表 ウランが流入する恐れのある機器

施設区分	機器名	核的制限値	説明	備考
化学処理	堰 (循環貯槽)	厚み 12.7cm 以下	①	{23}
施設	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ (1)	質量 1,500kgU 以下	②	{108}
	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ (2)	減速度 H/U=0.5 (含水率 1.6%) 以下		

単一ユニットに係る核的制限値はすべて水全反射条件で設定することにより、裕度を見込んだ設計とする。(2-7)

事業許可に示したとおり単一ユニットに係る核的制限値はすべて水全反射条件で設定している。

ウランの質量による核的制限値の管理については、二重装荷を想定しても未臨界となる質量とし、信頼性の高いインターロック、運転員と監視システムによる確認又は複数の運転員による確認措置を講じる。

質量の核的制限値を設定したバッチ処理の場合、移動するウランについて移動先の単一ユニットの核的制限値を超えないよう管理する。(2-9)

今回の申請設備において、核的制限値として質量を管理する機器とその管理方法を添説1-6表に示す。

なお、表中の丸囲み数字は、以下文章中の丸囲み数字に該当する。また、備考欄の{ }内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

添説1-6表 核的制限値として質量を管理する機器とその管理方法

施設区分	機器名	核的制限値(質量)	管理方法	備考
付属施設	表面電離型質量分析装置(1)	質量 14.8kgU 以下 (分光分析室及び分析室全体で質量制限) ※	①	{906}
	表面電離型質量分析装置(2)			{907}
	固体発光分光分析装置			
	ICP 質量分析装置			
	ICP 発光分光分析装置			
	自動水分分析装置			
	炭素・硫黄同時分析装置			
	自動ハロゲン分析装置			
	α線スペクトル分析装置			
	サンプル保管庫			
	比表面積測定装置			
	嵩密度測定装置			
	平均粒径測定装置			
	試料回収ボックス			

※廃水タンクを除く

#### 分析設備

- 複数の運転員によりウランの装荷量が核的制限値以下であることを確認する。（保安規定）
  - ① 質量の核的制限値を有する設備に濃縮度5%以下のウランを挿入する際は、保安規定に基づく操作記録により核的制限値を管理する。  
ウラン質量の核的制限値を有する機器にウランを挿入する場合、容器内のウラン質量が核的制限値以下であることを、ウランを容器に収納する際に運転員が2人以上でチェックし、容器に表示しているものを挿入する。  
また、分析室及び分光分析室に分析サンプルを受け入れる場合、ウランを容器に収納する際に運転員がそのウラン質量を2人以上でチェックしたこと、及び分析室及び分光分析室エリアのウラン量が核的制限値以下であることを2人以上でチェックして受け入れる。

減速度で管理する設備・機器については、火災時の消火水等が浸入しない対策を講じる。(2-12)

詳細は添付説明書-設5に示す。

転換加工工程等のウランを溶液として取り扱う設備・機器は、全濃度で未臨界となる設計とする。ただし、少量の溶液の化学分析に使用する分析機器、質量の核的制限値を設定したバッチ方式で処理を行い最小臨界質量以下のウランを取り扱う設備・機器は除く。(2-20)

今回の申請設備において、転換加工工程等で濃縮度 5%以下のウランを溶液として取り扱う機器を添説設 1-7 表に示す。なお、備考欄の { } 内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

- [4.1-設 7]ウラン溶液を取り扱う設備・機器は全濃度で未臨界とする。  
添説設 1-7 表に示す機器は、濃縮度 5%以下のウランを取り扱う各単一ユニットに対する核的制限値として全濃度で未臨界となる形状寸法を設定し、管理する設計とする。

添説設 1-7 表 ウラン溶液を取り扱う機器とその核的制限値

施設区分	機器名		核的制限値 (形状寸法)	備考
化学処理 施設	循環貯槽(1)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}
		送液ポンプ	容 積 26.5L 以下	
		加水分解装置 (エジェクタ) (1)	直 径 26.7cm 以下	{21}
	循環貯槽(2)	貯槽本体部	直 径 26.7cm 以下	{22}
		送液ポンプ	容 積 26.5L 以下	
		加水分解装置 (エジェクタ) (2)	直 径 26.7cm 以下	{21}
	堰 (循環貯槽)		厚 み 12.7cm 以下	{23}
	熱交換器 (循環貯槽) (1)		容 積 26.5L 以下	{28}
	熱交換器 (循環貯槽) (2)		容 積 26.5L 以下	

#### 4. 2 複数ユニットに関する機能 (第四条 2)

同一領域内の単一ユニット間の相互作用は、立体角法又は臨界計算コードにより評価し、単一ユニット相互間は核的に安全であることを確認する。

##### 1. 工場棟領域

領域内のユニット相互間は、臨界計算コード評価又は表面間距離を 30.5cm 以上とし、TID - 7016 Rev. 1 に基づく立体角法により、核的に安全な配置とする。

##### 2. 加工棟領域

領域内のユニット相互間は、臨界計算コード評価又は表面間距離を 30.5cm 以上とし、TID - 7016 Rev. 1 に基づく立体角法により、核的に安全な配置とする。

##### 3. 原料貯蔵所領域

原料貯蔵所領域に存在する施設は貯蔵施設のみであり、シリンダ貯蔵ピット内のユニットとウラン輸送物の配置は、シリンダの内径を 75.3cm、シリンダの高さを 1000cm(床から天井までの高さ)とし、ウラン輸送物に収納されているウラン粉末の H/U=0.5(含水率 1.6%)又は 100%理論密度のペレットとして臨界計算コード (JACS コードシステム) により解析し、核的に安全な配置とする。

##### 4. 第 2 核燃料倉庫領域

第 2 核燃料倉庫領域に存在する施設は貯蔵施設のみであり、スクラップ貯蔵棚 (粉末用) 内のユニットの配置は、検証された信頼度の高い臨界計算コードにより解析し、核的に安全な配置とする。

##### 5. 第 3 核燃料倉庫(1)領域

第 3 核燃料倉庫(1)領域に存在する施設は貯蔵施設のみであり、スクラップ貯蔵棚 (粉末用) 内のユニットの配置は、検証された信頼度の高い臨界計算コードにより解析し、核的に安全な配置とする。

##### 6. 第 3 核燃料倉庫(2)領域

第 3 核燃料倉庫(2)領域に存在する施設は貯蔵施設のみであり、核的に隔離されていないユニット相互間は、臨界計算コード評価又は表面間距離を 30.5cm 以上とし、TID - 7016 Rev. 1 に基づく立体角法により、核的に安全な配置とする。

##### 7. シリンダ洗浄棟領域

領域内のユニット相互間は、臨界計算コード評価又は表面間距離を 30.5cm 以上とし、TID - 7016 Rev. 1 に基づく立体角法により、核的に安全な配置とする。

(2-14)

(次ページに続く)



(前ページの続き)

ウランを取り扱う設備・機器（未臨界を確保するため使用する中性子遮蔽材を含む）は、使用条件において十分な強度を有する構造材を用い、未臨界であることが確認された核的に安全な配置に固定する設計とする。

二つ以上の単一ユニットが存在する場合については、ユニット相互間における間隔を維持する等により臨界を防止する。(2-16)

➤ [4.2-設 1]ウランの使用は、その形状寸法及び位置について立体角法により安全である範囲に制限する。

濃縮度 5%以下のウラン取扱いに対して、核的に安全な配置となることを工場棟領域については添付説明書-設 1-2 のとおり確認した。

単一ユニットを構成する機器が十分な強度を有することを、添付説明書-設 3 の耐震性に関する説明書のとおり確認した。

分析室及び分光分析室エリア(図臨配-2 参照)について、以下に補足する。

各分析装置で取扱う分析サンプル(ウラン)の装荷量は、多いもので 10 g 程度であり、質量制限値である 14.8kgU より、十分に少ないものであり、試料回収ボックスは、その構造上、分析装置に比べ取扱量は、多くなるが質量制限値である 14.8kgU 以下での取扱いであることから、複数ユニットに係る臨界評価上は、エリア全体で取り扱う濃縮度 5%以下のウラン 14.8kgU をエリア内で最も隣接するユニット(転換加工室内ユニット)に近い機器(試料回収ボックス)に設定して評価し、工場棟領域全体で立体角評価を行い核的に安全な配置であることを確認した。

複数の単一ユニット（以下「複数ユニット」という。）は、核的に安全な配置を決定するため、臨界安全評価を行う上での領域区分を定める。これらの領域区分は、領域同士での相互干渉がないように厚さ 30.5cm 以上のコンクリート又は同等以上の中性子遮蔽材である臨界隔離壁によって隔離するか、関係する単一ユニットの中心を結ぶ線に直交する面への単一ユニットの投影の最大寸法と 3.66m のうちいずれか大きい方の距離以上離れた配置とする設計とする。(2-13)

今回の申請設備において、臨界隔離壁(第2核燃料倉庫領域)よりも高い位置(=490cm以上)にある機器を添説設1-8表に示す。なお、備考欄の{ }内に示す数字は事業許可の「表 安全機能を有する施設の安全機能一覧」における該当機器の番号を示す。

➤ [3.2-建1(4次)]臨界隔離壁(第2核燃料倉庫領域)よりも高い位置に設置するユニットは、第2核燃料倉庫領域のユニットとの距離を必要離隔距離以上離れた配置に制限する。(第2核燃料倉庫領域のユニットは次回以降申請)

なお、臨界隔離壁よりも高い位置にあるユニットが第2核燃料倉庫領域のユニットから必要離隔距離以上離れた配置となることについては、必要離隔距離が第2核燃料倉庫領域のユニットの寸法及び配置にも依存するため、第2核燃料倉庫領域のユニットとなる設備・機器の次回以降申請時に説明する。

添説設1-8表 工場棟領域の本申請範囲における上端高さ490cm以上のユニットの一覧

施設区分	機器名		ユニット 上端*1	備考	
化学処理 施設	UO <sub>2</sub> ブロータンク(1)	サイクロン部	cm	{106}	
	UO <sub>2</sub> ブロータンク(2)	サイクロン部			
	UO <sub>2</sub> フィルタ(1)			{107}	
	UO <sub>2</sub> フィルタ(2)				
	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)	UO <sub>2</sub> 受けホッパ本体		cm	{110}
	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(2)	UO <sub>2</sub> 受けホッパ本体			
	粉砕機(1)	粉砕機バグフィルタ部		cm	{113}
	粉砕機(2)	粉砕機バグフィルタ部			

\*1: 上表のユニット上端は設置された部屋床面(全て第2核燃料倉庫床面と同じ高さ)からのユニット上端までの距離を示す。

## 本申請における新たな単一ユニットの核的制限値

## ① 核的制限値を新たに設定する設備・機器

新設又は改造に伴い、新規制基準に基づき受けた核燃料物質の事業の許可（平成 29 年 11 月 1 日付け原規規発第 1711011 号にて許可）に係る加工施設の変更として、核的制限値を新たに設定する設備・機器について、その核的制限値を添説設 1 - 1 - 1 表に示す。

なお、循環貯槽(1)(2) 送液ポンプは、事業許可で主要なユニットとして、核的制限値を明記していないため、事業許可 9 ページ第 3 表単一ユニットの容積の核的制限値の値を適用した。

添説設 1 - 1 - 1 表 核的制限値を新たに設定する設備・機器

施設区分	設備・機器名称	核的制限値	備考 {安全機能一覧番号}
化学処理 施設	循環貯槽(1) 送液ポンプ	濃縮度 5%以下	{22}
	循環貯槽(2) 送液ポンプ	容積 26.5L 以下	
	堰 (循環貯槽)	濃縮度 5%以下 厚み 12.7cm 以下	{23}
	熱交換器(循環貯槽) (1)	濃縮度 5%以下 容積 26.5L 以下	{28}
	熱交換器(循環貯槽) (2)		
	UO <sub>2</sub> バックアップフィル タ(1)	濃縮度 5%以下 質量 1,500kgU 以下	{108}
	UO <sub>2</sub> バックアップフィル タ(2)	減速度 H/U=0.5(含水 率 1.6%) 以下	
	粉砕機(1) 粉砕機バグ フィルタ部	濃縮度 5%以下 厚み 11.7cm 以下	{113}
粉砕機(2) 粉砕機バグ フィルタ部			

② 核的制限値を変更する設備・機器

新設又は改造に伴い、核燃料物質の事業許可(平成 20 年 8 月 29 日付け平成 19・06・20 原第 1 号にて許可)に係る加工施設の変更として、核的制限値を変更する設備・機器について説明する。

(1) 臨界管理強化(全濃度安全形状管理化)のため、形状寸法を満足する寸法を核的制限値とした。変更後の核的制限値を添説設 1-1-2 表に示す。

添説設 1-1-2 表 核的制限値を変更する設備・機器

施設区分	設備・機器名称	核的制限値	備考 {安全機能一覧番号}
化学処理 施設	UO <sub>2</sub> ブロータンク(1)	濃縮度 5%以下	{106}
	UO <sub>2</sub> ブロータンク本体部	直径 25.1cm 以下	
	UO <sub>2</sub> ブロータンク(2)		
	UO <sub>2</sub> ブロータンク本体部		
	UO <sub>2</sub> ブロータンク(1) サイクロン部		
	UO <sub>2</sub> ブロータンク(2) サイクロン部		
	UO <sub>2</sub> フィルタ(1)	濃縮度 5%以下	{107}
	UO <sub>2</sub> フィルタ(2)	厚み 11.7cm 以下	
	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)	濃縮度 5%以下	{110}
	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(2)	直径 25.1cm 以下	
	粉砕機(1)粉砕機本体部	濃縮度 5%以下	{112}
	粉砕機(2)粉砕機本体部	厚み 11.7cm 以下	
	充填装置(1)	濃縮度 5%以下	{115}
	充填装置(2)	直径 25.1cm 以下	

工場棟領域内の設備・機器の単一ユニット間の  
相互干渉作用の評価

## 1. 評価方法

工場棟領域内の単一ユニット相互の表面間距離を 30.5cm 以上とし、米国の臨界安全ハンドブック TID-7016 Rev.1 に基づく立体角法による評価により、核的に安全な配置であることを確認した。

評価手順を以下に示す。

1. ユニットの中性子実効増倍率  $k_{eff}$  を JACS コードシステムで計算する。
2. 以下の式から各ユニットの許容立体角 ( $\Omega$ ) を求める。

$$k_{eff} < 0.3 \text{ のとき} \quad \Omega = 6 \text{ ステラジアン}$$
$$0.3 \leq k_{eff} \leq 0.8 \text{ のとき} \quad \Omega = (9 - 10k_{eff}) \text{ ステラジアン}$$

3. 各ユニットの総立体角を求める。
4. 総立体角と許容立体角を比較する。

## 2. 評価対象

本申請の対象設備・機器について、立体角法による評価を行うにあたって設定したユニットを添説設 1-2-1 表に示す。また、臨界管理上の領域とユニットの配置を図臨配-3(1/3)~(3/3) 転換工場ユニット配置図に示す。図臨配-3(1/3)~(3/3)は、申請対象設備の近傍にある評価対象設備のユニットの配置を記載したうえで、今回の申請設備について番号を付している。なお、成型工場や組立工場等にあるユニットも評価対象であるが、今回の申請対象設備の近傍にはないため、図臨配-3(1/3)~(3/3)には記載していない。これらの配置については次回以降の申請で記載する。

本評価は工場棟領域内の設備・機器を対象に行っていることから、次回以降に申請する設備・機器も評価対象としているが、それらの評価結果については当該の設備・機器の申請時に示すこととする。

なお、事業許可において、直径 50.8mm 以下の配管については接続する本体機器の中性子実効増倍率に影響を与えないとしているため、立体角評価に含めない。加水分解装置(エジェクタ)についても直径 50.8mm 以下であるため、立体角評価に含めないものとした。

## 3. 評価結果

立体角法で評価した結果、添説設 1-2-2 表に示すとおり各ユニットともそれぞれの総立体角は許容立体角以下である。

以上より、今回の申請に係わる設備・機器は核的に安全な配置であることを確認した。

添説設1-2-1表 本申請の設備機器と立体角評価ユニットの対照表(1/2)

施設区分	機器名		ユニット番号	ユニット名称	備考
化学処理施設	蒸発器(1)-A	—	104	蒸発器(1)-A	
化学処理施設	蒸発器(1)-B	—	103	蒸発器(1)-B	
化学処理施設	蒸発器(2)-A	—	102	蒸発器(2)-A	
化学処理施設	蒸発器(2)-B	—	101	蒸発器(2)-B	
化学処理施設	UF <sub>6</sub> シリンダ	—	101 102 103 104	蒸発器(2)-B 蒸発器(2)-A 蒸発器(1)-B 蒸発器(1)-A	蒸発器に設置した状態として評価。
化学処理施設	コールドトラップ(1)	—	105	コールドトラップ(1)	
化学処理施設	コールドトラップ(2)	—	106	コールドトラップ(2)	
化学処理施設	コールドトラップ(小)(1)	—	107	コールドトラップ(小)(1)	
化学処理施設	コールドトラップ(小)(2)	—	108	コールドトラップ(小)(2)	
化学処理施設	循環貯槽(1)	本体部	109	循環貯槽(1) 本体部	
		ポンプ部	109-03	循環貯槽(1) ポンプ部	
		加水分解装置(エジェクタ)	—	—	直径50.8mm以下であるため立体角評価に含めない。
化学処理施設	循環貯槽(2)	本体部	110	循環貯槽(2) 本体部	
		ポンプ部	110-03	循環貯槽(2) ポンプ部	
		加水分解装置(エジェクタ)	—	—	直径50.8mm以下であるため立体角評価に含めない。
化学処理施設	堰(循環貯槽)	—	109 110	循環貯槽(1) 本体部 循環貯槽(2) 本体部	堰の立体角評価は左記の設備機器の評価として確認している。なお、貯槽からウランが漏れいすると、堰に漏れいするが、この場合には、集積されていたウランが拡散することになり、より中性子が逃げやすい形状となる。
化学処理施設	熱交換器(循環貯槽)(1)	—	109-04	熱交換器(循環貯槽)(1)	
化学処理施設	熱交換器(循環貯槽)(2)	—	110-04	熱交換器(循環貯槽)(2)	
化学処理施設	UO <sub>2</sub> ブロータンク(1)	本体部	199	UO <sub>2</sub> ブロータンク(1) 本体部	
		サイクロン部	203	UO <sub>2</sub> ブロータンク(1) サイクロン部	
化学処理施設	UO <sub>2</sub> ブロータンク(2)	本体部	200	UO <sub>2</sub> ブロータンク(2) 本体部	
		サイクロン部	204	UO <sub>2</sub> ブロータンク(2) サイクロン部	
化学処理施設	UO <sub>2</sub> フィルタ(1)	—	201	UO <sub>2</sub> フィルタ(1)	
化学処理施設	UO <sub>2</sub> フィルタ(2)	—	202	UO <sub>2</sub> フィルタ(2)	
化学処理施設	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(1)	—	831-01	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(1)	
化学処理施設	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(2)	—	831-02	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(2)	
化学処理施設	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)	—	205	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)	

添説設1-2-1表 本申請の設備機器と立体角評価ユニットの対照表(2/2)

施設区分	機器名		ユニット番号	ユニット名称	備考
化学処理施設	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(2)	—	206	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(2)	
化学処理施設	粉砕機(1)	本体部	207	粉砕機(1) 本体部	
		バグフィルタ部	207-02	粉砕機(1) バグフィルタ部	
化学処理施設	粉砕機(2)	本体部	208	粉砕機(2) 本体部	
		バグフィルタ部	208-02	粉砕機(2) バグフィルタ部	
化学処理施設	充填装置(1)	—	209	充填装置(1)	
化学処理施設	充填装置(2)	—	210	充填装置(2)	
核燃料物質の貯蔵施設	UF <sub>6</sub> シリンダ	—	—	—	シリンダ貯蔵架台及びシリンダ貯蔵ピットとして評価。
その他の加工施設	表面電離型質量分析装置(1)(2)	—	247-02	分析室内ユニット	各分析装置で取扱う分析サンプル(ウラン)の装荷量は、多いもので10g程度であり、質量制限値である14.8kgUより、十分に少ないものであり、試料回収ボックスは、その構造上、分析装置に比べ取扱量は、多くなるが質量制限値である14.8kgU以下の取扱いであることから、複数ユニットに係る臨界評価上は、エリア全体で取り扱う濃縮度5%以下のウラン14.8kgUをエリア内で最も隣接するユニット(転換加工室内ユニット)に近い機器(試料回収ボックス)に設定して評価した。
その他の加工施設	固体発光分光分析装置	—			
その他の加工施設	ICP質量分析装置	—			
その他の加工施設	ICP発光分光分析装置	—			
その他の加工施設	自動水分分析装置	—			
その他の加工施設	炭素・硫黄同時分析装置	—			
その他の加工施設	自動ハロゲン分析装置	—			
その他の加工施設	α線スペクトル分析装置	—			
その他の加工施設	比表面積測定装置	—			
その他の加工施設	高密度測定装置	—			
その他の加工施設	平均粒径測定装置	—			
その他の加工施設	サンプル保管庫	—			
その他の加工施設	試料回収ボックス	—			
その他の加工施設	廃水タンク	—			



添説設1-2-2表 立体角評価結果表

施設名称	ユニット名称	ユニット番号	ユニットの形状(注1)	ユニット寸法・座標(cm) (注1)							中性子実効増倍率(keff)	許容立体角 スリット/アン	総立体角 スリット/アン
				X	Y	Z	D	x	y	z			
化学処理施設	蒸発器(2)-B	101	C										
	蒸発器(2)-A	102	C										
	蒸発器(1)-B	103	C										
	蒸発器(1)-A	104	C										
	コールドトラップ(1)	105	C2										
	コールドトラップ(2)	106	C2										
	コールドトラップ(小)(1)	107	C										
	コールドトラップ(小)(2)	108	C										
	循環貯槽(1) 本体部	109	C										
	循環貯槽(2) 本体部	110	C										
	循環貯槽(1) ポンプ部	109-03	C2										
	循環貯槽(2) ポンプ部	110-03	C2										
	熱交換器(循環貯槽)(1)	109-04	B										
	熱交換器(循環貯槽)(2)	110-04	B										
	UO,ブロータンク(1) 本体部	199	C										
	UO,ブロータンク(2) 本体部	200	C										
	UO,ブロータンク(1) サイクロン部	203	C										
	UO,ブロータンク(2) サイクロン部	204	C										
	UO,フィルタ(1)	201	B										
	UO,フィルタ(2)	202	B										
	UO,バックアップフィルタ(1)	831-01	B										
	UO,バックアップフィルタ(2)	831-02	B										
	UO,受けホッパ(1)	205	C										
	UO,受けホッパ(2)	206	C										
	粉砕機(1) 本体部	207	B										
	粉砕機(2) 本体部	208	B										
	粉砕機(1) バグフィルタ部	207-02	B										
	粉砕機(2) バグフィルタ部	208-02	B										
	充填装置(1)	209	C2										
充填装置(2)	210	C2											
その他の加工施設	分析室内ユニット	247-02	C										

(注1) ユニット形状記号と、寸法・座標の示し方は次の通りである。

ユニット形状記号	モデルの形状	寸法・座標を示す記号						
		X	Y	Z	D	x	y	z
C	縦置円筒モデル	-	-	円筒の高さ	円筒の直径	原点に対する底面中心座標		
C2	横置円筒モデル	原点に対する片側の円筒面の中心座標			円筒の直径	原点に対する対面側の円筒面の中心座標		
B	箱モデル	軸に平行な辺の長さ			-	原点に対する底面中心座標		
S	球モデル	-	-	球の半径	-	原点に対する球の中心座標		

付録-1表 今回の申請対象となる機器リスト (1/2)

施設区分	設置場所	機器名
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	蒸発器(1)-A, B、(2)-A, B
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	UF <sub>6</sub> シリンダ
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	UF <sub>6</sub> フードボックス
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	UF <sub>6</sub> 防護カバー
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	コールドトラップ(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	コールドトラップ (小) (1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	循環貯槽(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	堰(循環貯槽)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	熱交換器(循環貯槽)(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	UO <sub>2</sub> ブロータンク(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	UO <sub>2</sub> フィルタ(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	UO <sub>2</sub> 受けホoppa(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	粉砕機(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	充填装置(1)(2)
核燃料物質の貯蔵施設	工場棟 転換工場 原料倉庫 付属建物 原料貯蔵所	UF <sub>6</sub> シリンダ
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	スクラバ (原料倉庫局所排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	切替ダンパ (原料倉庫局所排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	地震連動閉止ダンパ (原料倉庫局所排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	給気ダクト・ダンパ (原料倉庫給気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	排気ダクト・ダンパ (原料倉庫局所排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 原料倉庫	排気ダクト・ダンパ (原料倉庫室内排気系統)
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 機械室	給気逆流防止ダンパ (原料倉庫との境界部) (原料倉庫給気系統)

付録-1 表 今回の申請対象となる機器リスト (2/2)

施設区分	設置場所	機器名
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 フィルタ室	排気逆流防止ダンパ（原料倉庫との境界部）（原料倉庫局所排気系統）
放射性廃棄物の廃棄施設	工場棟 転換工場 フィルタ室	排気逆流防止ダンパ（原料倉庫との境界部）（原料倉庫室内排気系統）
放射性廃棄物の廃棄施設	付属建物 廃棄物管理棟 測定室(2)	ドラム缶ウラン量測定装置
その他の加工施設	付属建物 発電機室 発電機室(1)	非常用ディーゼル発電機(1)
その他の加工施設	付属建物 発電機室 発電機室(2)	非常用ディーゼル発電機(2)
その他の加工施設	工場棟 転換工場 分光分析室	表面電離型質量分析装置(1)(2)
その他の加工施設	工場棟 転換工場 分光分析室	固体発光分光分析装置
その他の加工施設	工場棟 転換工場 分光分析室	ICP 質量分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	ICP 発光分光分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	自動水分分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	炭素・硫黄同時分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	自動ハロゲン分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	$\alpha$ 線スペクトル分析装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	廃水タンク
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	サンプル保管庫
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	比表面積測定装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	高密度測定装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	平均粒径測定装置
その他の加工施設	付属建物 除染室・分析室 分析室	試料回収ボックス

設備の火災等による損傷の防止に関する説明書

## 1. 概要

本資料は、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第五条及び「加工施設の技術基準に関する規則」第十一条にて適合することが要求されている事項に対し、火災又は爆発により加工施設の安全性を脅かされることのないよう、火災区域に対して、火災発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を行うことを説明するものである。

## 2. 基本方針

火災等により加工施設の安全性が損なわれないようにするため、火災及び爆発の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災及び爆発の影響を軽減するための安全機能を有する設計とする。また、火災又は爆発の発生を想定しても加工施設全体として、公衆に対し過度の放射線被ばくを及ぼさない十分な臨界防止、閉じ込め等の機能が確保される設計とする。なお、火災及び爆発の発生防止、火災の感知及び消火並びに影響軽減の対策を行うに当たって、国内の法令及び規格に基づくとともに、施設の特徴に応じて、米国の「放射性物質取扱施設の火災防護に関する基準」を参考とする。

### 3. 対象設備

対象設備は、工場棟転換工場に設置する化学処理施設、放射性廃棄物の廃棄施設、貯蔵施設及びその他の加工施設、付属建物 廃棄物管理棟に設置する放射性廃棄物の廃棄施設、付属建物 発電機室に設置するその他の加工施設及び付属建物 除染室・分析室に設置するその他の加工施設、付属建物 原料貯蔵所に設置する貯蔵施設を対象とする。対象となる機器は添付説明書一設 1 付録 1 に示す。

#### 4. 適合性の説明

本章に該当する適合性の対象は、以下となる。

◆ 加工施設の技術基準に関する規則第十一条

3章に示す設備・機器には以下を含まない。

- ・消火設備及び警報設備（警報設備にあつては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発する設備に限る）
- ・水素を取り扱う設備
- ・水素その他の可燃性ガスを取り扱う設備
- ・焼結設備

したがって、以下に示す加工施設の技術基準に関する規則第十一条のうち、破線で囲んだ部分を適合性説明の対象とする。

（火災等による損傷の防止）

第十一条 安全機能を有する施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより加工施設の安全性に著しい支障が生ずるおそれがある場合において、消火設備（事業許可基準規則第五条第一項に規定する消火設備をいう。以下同じ。）及び警報設備（警報設備にあつては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。以下同じ。）が設置されたものでなければならない。

2 前項の消火設備及び警報設備は、その故障、損壊又は異常な作動により安全上重要な施設の安全機能に著しい支障を及ぼすおそれがないものでなければならない。

3 安全機能を有する施設であつて、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。

4 水素を取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）は、適切に接地されているものでなければならない。

5 水素その他の可燃性ガスを取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）を設置するグローブボックス及び室は、当該設備から可燃性ガスが漏えいした場合においてもこれが滞留しない構造とすることその他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

6 焼結設備その他の加熱を行う設備（次項において「焼結設備等」という。）は、当該設備の熱的制限値を超えて加熱されるおそれがないものでなければならない。

7 水素その他の可燃性ガスを使用する焼結設備等（爆発の危険性がないものを除く。）は、前三項に定めるところによるほか、次に掲げるところによらなければならない。

一 焼結設備等の内部において空気の混入により可燃性ガスが爆発することを防止するための適切な措置を講ずること。

二 焼結設備等から排出される可燃性ガスを滞留することなく安全に排出するための適切な措置を講ずること。

三 焼結設備等の内部で可燃性ガスを燃焼させるものは、燃焼が停止した場合に可燃性ガスの供給を自動的に停止する構造とすること。



◆ 事業許可の内容 (5-1～5-30)

3章で示した設備を対象とすることから、事業許可の内容のうち該当する以下の項目を適合性説明の対象とする。

【火災の発生防止 (4. 1. 章)】

- ・ 使用材料に関する事項(5-2)
- ・ UF<sub>6</sub>を取り扱う設備・機器近傍の設置に関する事項(5-3)
- ・ 可燃性油類の漏えい防止に関する事項(5-12)

【火災影響の軽減対策 (4. 2. 章)】

- ・ 電力用及び計測・制御用ケーブル損傷に関する事項(5-14)
- ・ 可燃性油類を使用する設備・機器並びに油火災に関する事項(5-15)
- ・ スクラバに関する事項(5-21)
- ・ 火災の延焼防止 (金属製容器) に関する事項(5-22)

#### 4. 1. 火災発生の防止(第十一条3)

加工施設の建物内に設置する核燃料物質を取り扱うフードボックス等の設備・機器は、火災発生防止のため、不燃性又は難燃性材料を使用した設計とする。

設備・機器は、火災発生防止のため、主要な構造材は不燃性又は難燃性材料を使用した設計とする。(5-2)

##### ➤ [11.3-設1]

加工施設の建物内に設置する核燃料物質を取り扱うフードボックス等の設備・機器及びその使用材料を添付表(材料一覧)に示す。

添付表(材料一覧)に示すとおり、加工施設の建物内に設置する核燃料物質を取り扱うフードボックス等の設備・機器は、不燃性材料又は事業許可に示す難燃性材料である塩化ビニル又はポリカーボネートを使用している。これらの難燃性材料は、「消防法施行令の一部改正に伴う運用について(通知)昭和54年10月2日」にて、酸素指数が26以上であることから不燃性又は難燃性を有するものとして取り扱うことが示されている。

##### ➤ [11.3-設2]

添付表(材料一覧)に示すとおり、設備・機器の主要な構造材(設備・機器を構成する柱、はり及び気体廃棄設備のダンプ本体)は、不燃性材料又は難燃性材料を使用しているため火災の発生源となることはない。また、その他の安全機能を確保するための材料についても添付表(材料一覧)に示すとおり不燃性材料又は難燃性材料を使用しているため火災の発生源となることはない。

なお、火災荷重が大きい廃棄施設のスクラバは金属製カバーで覆っていること、構成部材として木材を使用しているその他の加工施設の平均粒径測定装置(物性測定設備)は金属製カバーで覆っていることから、いずれも火災の発生源となることはない。

添付表(材料一覧)に示す材料のうち、鉄鋼や金属材料を除く材料の耐燃性を添説設2-4.1表に示す。

添説設 2-4.1 表 材料及び耐燃性（鉄鋼及び金属材料を除く）

材料	耐燃性区分
ポリカーボネート	難燃性 <sup>注1</sup>
塩化ビニル	難燃性 <sup>注1</sup>
フッ素樹脂	難燃性 <sup>注1</sup>
不浸透黒鉛	難燃性 <sup>注2</sup>
シリコンコーティングガラスクロス	難燃性 <sup>注3</sup>
繊維強化樹脂	可燃性 <sup>注4</sup>
ポリエチレン	可燃性 <sup>注5</sup>

注1：（出典）消防法施行令の一部改正に伴う運用について（通知）昭和54年10月2日

注2：不浸透黒鉛とは、黒鉛（炭素）を焼成させた際に生じる細孔への流体の浸透を防止する目的で細孔に合成樹脂を含浸し熱硬化させた材料であり、大部分が不燃性である黒鉛である。

注3：表面をシリコン（ケイ素樹脂）でコーティングしたもので、ケイ素樹脂は上記注1に示す運用にて難燃性を有する材料とされている。

注4：マトリックス部（母材）に樹脂を用いており、樹脂の種類によっては難燃性を示すものの一般的には可燃性材料として取り扱うものである。スクラバ等に用いる場合は耐腐食性能が求められることから、火災対策として着火防止のため金属カバーで覆う設計としている（[11.3-設9]参照）。

注5：ポリエチレンは可燃性材料であるが、非常用ディーゼル発電機に用いるケーブルは、JIS C 3005「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」4.26項（難燃）に定める60度傾斜試験を満足する材料を用いる。

UF<sub>6</sub>を正圧で取り扱う設備・機器は転換工場原料倉庫へ集約するとともに、UF<sub>6</sub>を取り扱う設備・機器の近傍には可能な限り火災源となり得るものを設置しない設計とする。

また、火災源となり得るものを設置する場合には、火災影響評価を実施し、閉じ込め機能を確保する設計とする。(5-3)

➤ [11.3-設6]

UF<sub>6</sub>を正圧で取り扱う設備・機器を添説設 2-4.2 表に示す。

同表及び添付図(図イ配-1)に示すとおり、UF<sub>6</sub>を正圧で取り扱う設備・機器については工場棟転換工場原料倉庫へ集約している。

なお、コールドトラップ(1)、(2)及びコールドトラップ(小)(1)、(2)の近くに設置するポンプの潤滑油については、火災源となりえるので、内包油の全量を溜めるオイルパン及びコールドトラップ(1)、(2)及びコールドトラップ(小)(1)、(2)に火災の影響を与えないよう遮熱板を設置する設計とする。オイルパン及び遮熱板については、保安規定及び社内管理要領により適切に管理する。

火災源に最も近いUF<sub>6</sub>を正圧で取り扱う設備・機器であるコールドトラップ(1)、(2)及びコールドトラップ(小)(1)、(2)に対して、オイルパン及び遮熱板に滞留した油(内包油量の全量)が燃焼した場合の火災熱評価結果を添付説明書-設 2-1 付 1 に示す。

その結果、火災源からの離隔距離として、コールドトラップ(1)、(2)は0.4m、コールドトラップ(小)(1)、(2)は1.2m確保した場合の昇温幅は最大4℃と評価される。これは、同機器の最高使用温度134℃、使用温度120℃に対し、使用時に火災が発生した場合でも124℃であり、最高使用温度を十分下回る。よって、火災時のコールドトラップ(1)、(2)及びコールドトラップ(小)(1)、(2)の閉じ込め機能は維持できる。

上記より、UF<sub>6</sub>を正圧で取り扱う設備・機器が火災時に閉じ込め機能を維持できることを確認した。なお、UF<sub>6</sub>フードボックスについては、主材料はステンレス鋼とし、部分的に覗き窓(ポリカーボネート)を配置しているが、火災時のUF<sub>6</sub>フードボックスの閉じ込め機能は維持できることを確認している。

添説設 2-4. 2 表 UF<sub>6</sub>を正圧で取り扱う機器及びそれらの設置場所

設備・機器名	機器名	設置場所
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器 (1) -A	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器 (1) -B	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器 (2) -A	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器 (2) -B	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	UF <sub>6</sub> フードボックス	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	UF <sub>6</sub> 防護カバー	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(1)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(2)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ (小) (1)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ (小) (2)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	循環貯槽(1)	工場棟 転換工場 原料倉庫
UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	循環貯槽(2)	工場棟 転換工場 原料倉庫

可燃性油類を使用する設備・機器は、発火及び異常な温度上昇を防止する対策、可燃性油類の漏えいを防止する対策を講じる設計とする。(5-12)

➤ [11.3-設 15]

発電機室内での発火を防止するため、可燃性油以外の可燃物を設置しないこととし、可燃性油の発電機室内への漏えいを防止するため、内包油全量(650リットル)を貯油できるのに十分な高さ200mm以上の防油堤を設置する(添付図り配—1参照)。

#### 4. 2. 火災影響の軽減対策(第十一条3)

使用電圧が高い幹線動力用ケーブル及び配電設備から大きな電流を扱う盤までのケーブルは、難燃性ケーブルを使用した設計とする。また、UF<sub>6</sub>ガス及び水素を取り扱う設備に関し、地震時にそのガスの供給を自動停止するインターロックに係るケーブルについては、火災から防護するため、検出端から作動端まで金属製カバーに収納する設計とする。なお、設備機器に係る電力用ケーブル及び計測・制御用ケーブルについては、火災によるケーブル損傷でその機能を喪失しても、対象の設備機器は安全側に動作する(運転停止する)設計とする。(5-14)

##### ➤ [11.3-設7]

3章に示す設備・機器のうち、地震時にUF<sub>6</sub>ガスの供給を自動停止するインターロックを有する設備・機器は、蒸発器である。蒸発器及び気体廃棄設備(1)の地震連動閉止ダンパの地震インターロックに係るケーブルは添説設2-4.3表に示すとおり、厚さ約2mmの鋼製の管に収納する設計とし、火災による影響の軽減を図る。

##### ➤ [11.3-設3]

3章に示す設備・機器のうち、使用電圧が高い幹線動力用ケーブル及び配電設備から大きな電流を扱う盤に該当する設備・機器は、非常用ディーゼル発電機([11.3-設16]参照)を除いて無いが、電力用ケーブル及び計測・制御用ケーブルが火災により損傷し、その機能を喪失した場合に臨界防止機能・閉じ込め機能への影響が考えられる設備・機器を添説設2-4.4表に示す。火災によるケーブル損傷で機能喪失した場合は、ヒーターの加熱を停止する設計とする。なお、工場棟転換工場に位置し水素ガスを使用するロータリーキルンは次回以降申請の機器である。

なお、難燃性ケーブルは、管理区域内において高圧に区分される600V以上となる幹線電力用ケーブルと、一般用の電圧200Vよりも高く、かつ400A以上の大きな電流を扱う連続焼結炉、バッチ式小型焼結炉の電気盤までのケーブルとする。連続焼結炉及びバッチ式小型焼結炉は、次回以降の申請を予定している。連続焼結炉及びバッチ式小型焼結炉では水素を取り扱うため、地震時に水素の供給を自動停止するインターロックに係るケーブルは、検出端から作動端まで金属製カバーに収納する設計とするが、当該設備は次回以降申請の機器である。

##### ➤ [11.3-設16]

3章に示す設備・機器のうち、非常用ディーゼル発電機に接続されるケーブルは、JIS C 3005「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」4.26項(難燃)に定める60度傾斜試験で確認した難燃性ケーブルを使用する。

添説設 2-4.3 表 UF<sub>6</sub>ガス供給に関する地震インターロックケーブルの火災防護

施設区分	設備・機器名称	機器名	ガス	IL ケーブルの火災防護対策
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-A	UF <sub>6</sub>	鋼製の管(厚さ約2mm)に収納
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-B	UF <sub>6</sub>	鋼製の管(厚さ約2mm)に収納
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-A	UF <sub>6</sub>	鋼製の管(厚さ約2mm)に収納
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-B	UF <sub>6</sub>	鋼製の管(厚さ約2mm)に収納
放射性物質の 廃棄施設	気体廃棄設備(1)	地震連動閉止 ダンパ	気体 廃棄物	鋼製の管(厚さ約2mm)に収納

添説設 2-4.4 表 対象設備・機器及び機能喪失時の動作一覧

施設区分	設備・機器名称	機器名	機能喪失時の動作
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-A	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器(1)-B	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-A	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	蒸発器(2)-B	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(1)	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(2)	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(小)(1)	ケーブル損傷時は加熱停止
化学処理施設	UF <sub>6</sub> 蒸発・加水分解設備	コールドトラップ(小)(2)	ケーブル損傷時は加熱停止



油火災は燃焼速度が速く、周辺の難燃性物質に延焼するおそれがあることから、潤滑油や油圧作動油を内包する設備機器は、火災熱影響評価で閉じ込め機能が不全となる場合は、遮熱板を設置する等により影響軽減させる設計とする。(5-15)

➤ [11.3-設4]

火災の発生源として考慮すべき潤滑油や作動油を内包する部品を有する設備・機器及び火災の影響を受ける機器を添説設 2-4.5 表に示す。

潤滑油や作動油を内包する部位については、火災範囲を限定するためにオイルパンを設置する。なお、オイルパンの容量は内包油の全量を溜める設計とする。

ウラン粉末を取り扱う設備・機器のうち、加工中のウランの閉じ込めに直接寄与しているフードボックスパネル<sup>(注1)</sup>（以下、フードパネルと称す）に難燃性樹脂材料を使用している設備・機器については、上記のオイルパンに滞留した油（内包油量の10%）が燃焼した場合の火災熱評価を実施し（添付説明書-設 2-1 付 2）、閉じ込め機能が不全となる場合は、以下の対策を施し影響を軽減させる設計とする（添付説明書-設 2-1）。

- ① 厚さ□mm以上の□の遮熱板を難燃性フードパネルから離隔距離を確保して設置する。
- ② フードパネル材を□に限定し、火災源から危険限界距離以上を確保する。

以上の考えを基に設計した結果を添説設 2-4.5 表に示す。同表に示すとおり油火災に対して閉じ込め機能不全を軽減させる設計とする。

注1：火災対策を図るフードボックスパネルは、事業許可における「閉じ込めバウンダリとして難燃性材料のパネルを使用している」機器を指し、安全機能一覧において、ウラン形態として粉末状のウランを取り扱い、臨界防止を機能として有する機器として示されている。なお、ウランを直接取り扱う部位が不燃材で構成される機器を囲うフードボックスパネルは、火災により閉じ込め機能が不全とならないため火災対策対象外とした。

添説設 2-4.5 表 潤滑油や作動油を内包する設備・機器と影響一覧（化学処理施設）

機器名	閉じ込め機能部		潤滑油・作動油を内包する部位	オイルパン	遮熱板	閉じ込め機能部材から遮熱板又は火災源までの距離 <sup>(注2)</sup> (mm)	判定基準 <sup>(注3)</sup> (mm)	判定
	安全機能番号	使用材料 <sup>(注1)</sup>						
粉砕機(1)、(2)	— <sup>(注4)</sup>	— <sup>(注4)</sup>	減速機	設置	無	— <sup>(注4)</sup>	— <sup>(注4)</sup>	○
充填装置(1)、(2)	{116}	PC、 <input type="text"/>	減速機	設置	無	PC：約 2400	> 14 (L' (PC))	○

注 1：PC は  を示す。


注 2：保守的に投影距離とした。

注 3：L' は水平火災熱評価距離を示す（添付説明書-設 2-1）。

注 4：火災熱評価エリア内に火災源より高い位置でウランを取り扱うフードボックスは無いため「—」とした。

主要な構造材が難燃物であり火災荷重が大きなスクラバは、金属で覆うことにより延焼しない設計とする。(5-21)

➤ [11.3-設9]

気体廃棄設備（1）スクラバ（蒸発・加水分解系統）に使用している繊維強化樹脂は、周辺で発生した火災により着火し延焼する可能性が否定できない。したがって着火を防止する目的で繊維強化樹脂に金属製カバー（）を覆うことにより延焼しない設計とする（図ト設-1 参照）。

火災の延焼を防止するために、核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物は金属製容器に収納する設計とする。また、高性能エアフィルタの木枠は金属カバーで覆う設計とする。(5-22)

➤ [11.3-設5]

UF<sub>6</sub>シリンダは核燃料物質を収納する容器である。UF<sub>6</sub>シリンダの使用材料は、添付表（材料一覧）に示すとおり炭素鋼であり不燃性材料であることから火災の延焼防止を図っている。なお、高性能エアフィルタは次回以降申請の機器である。

## フードボックスパネルの設計について

### 1. はじめに

ウラン粉末を取り扱う機器のうち、加工中のウランの閉じ込めに直接寄与しているフードボックスパネル（以下、フードパネルと称す）材料は、機器の導入時期や補修時の加工性の違いによって塩化ビニル（以下、PVC と称す）とポリカーボネート（以下、PC と称す）が混在している。また、火災源となりうる潤滑油や作動油の量やオイルパン寸法も機器によって異なる。以上のような条件を勘案し、以下の方針でフードパネルの設計を行った。

### 2. 設計方針

火災による損傷の防止について、加工施設の技術基準に関する規則第十一条 3（以下、技術基準と称す）では以下のとおり定められている。

#### 加工施設の技術基準に関する規則第十一条

3 安全機能を有する施設であつて、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。

このうち、「安全機能を有する施設であつて、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものについては、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用する」に対しては、PVC、PC のいずれの材料を使用しても技術基準を満たすことができる。

一方、同条項の「必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない」という点に対して、潤滑油は引火点が高いことから容易には引火しないがこれを火災源と仮定し、熱的影響を受ける場合は、火災源となりうる対象を遮熱板で囲うことで火災の影響を軽減させる設計とする。このとき、フードパネル材料の特性の違いから、同じ火災に対しても熱的な影響が異なるため、適合するための設計としては、熱影響を受けない材料を選択する、遮熱板をつけ熱影響を軽減させる、もしくは両者の組み合わせ、のいずれの設計が選択できる。

### 3. フードパネルの設計の流れ

フードパネルの設計の流れを以下に示す。

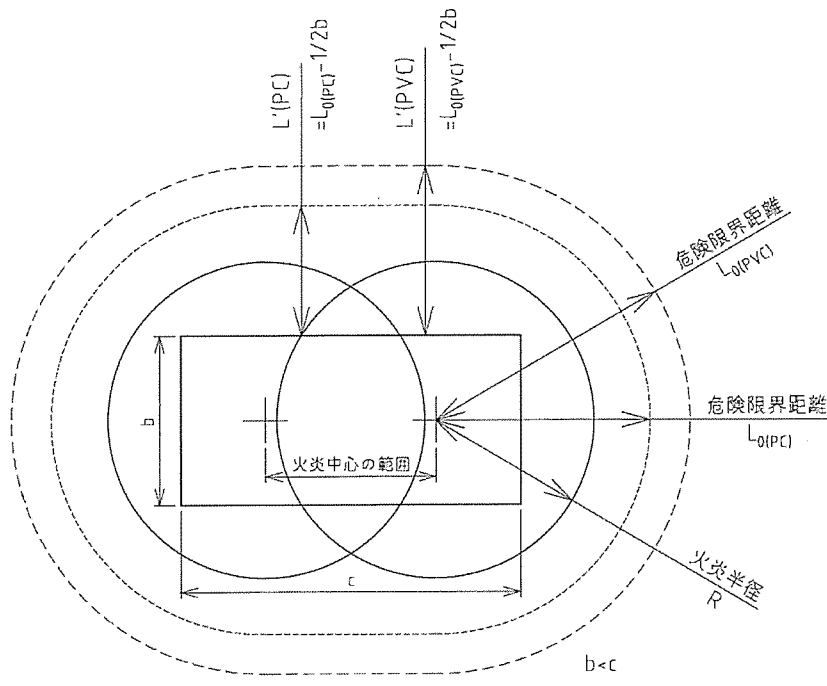
- (1) 潤滑油や作動油を内包する部品を抽出する。

- (2) 内包油全量を溜めることができるオイルパン寸法を設定する。
- (3) オイルパン寸法及び評価油量より PVC 及び PC の危険限界距離 ( $L_0$ ) を求める。計算結果は添付説明書一設 2-1 付 2 参照。
- (4) オイルパン寸法、等価火炎の大きさ及び危険限界距離 ( $L_0$ ) より、火災熱評価エリアとして PVC 及び PC それぞれに対して以下の通り設定する。
- ・火災熱評価エリア（水平方向）：各材料の危険限界距離 ( $L_0$ ) からオイルパンの短辺の 1/2 を引いた距離（水平火災熱評価距離 ( $L'$ )）（添説設 2-1-1 図）をオイルパンの端部から設定。材料毎に設定する（添説設 2-1-2 図）。
  - ・火災熱評価エリア（鉛直方向）：火炎高さ ( $H$ =等価火炎半径の 3 倍) 上端部から火災熱評価距離 ( $L'$ ) を設定。材料毎に設定する。ここで、 $L' + H$  を鉛直火災熱評価距離 ( $H'$ ) と呼び、オイルパン下面から設定する。なお、鉛直方向のうちオイルパン上の全てを火炎による影響範囲とする（添説設 2-1-3 図）。
- (5) 火災熱評価エリア内のフードパネルの有無に応じて添説設 2-1-1 表に示す火災熱の影響軽減設計を図る。

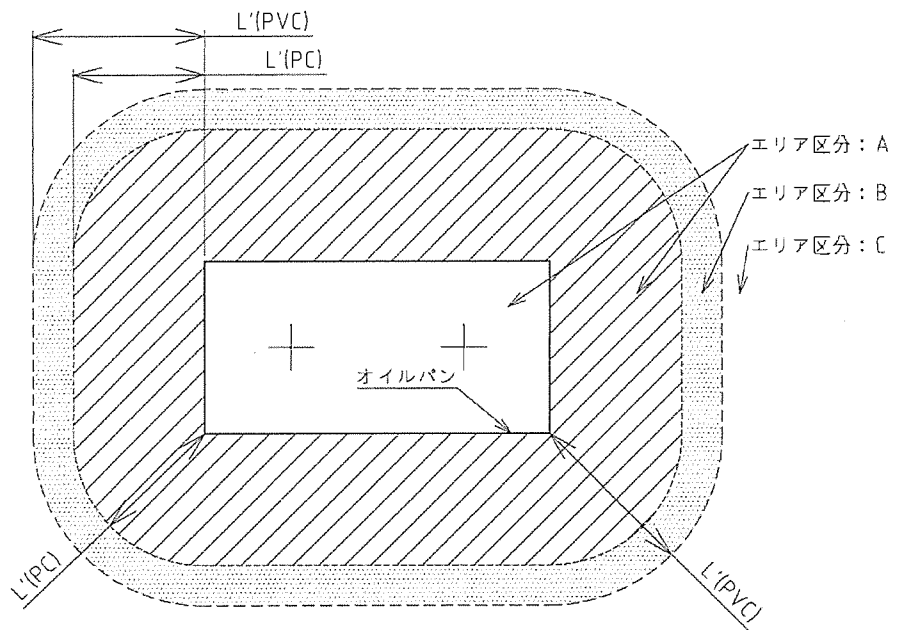
添説設 2-1-1 表 火災熱評価エリア区分に応じた影響軽減設計

火災熱評価 エリア区分 (添説設 2- 1-2, 3 図)	A	B	C
	PC に対する火災熱 評価エリア内	PVC に対する火災熱評 価エリア内で PC の同エ リア外	PVC に対する火災熱 評価エリア外
火災源に対す る設計	遮熱板の設置	遮熱板の設置 又は フードパネル材料をポ リカーボネートに限定	対策不要

- (6) 添説設 2-1-1 表の火災熱評価エリア区分 B については、以下を考慮していずれかの対策を選択する。
- ① PVC 又は PC のいずれの材料も使用できるよう遮熱板を設置する。遮熱板はフードパネルと必要離隔距離（添付説明書一設 2-1 付 2 参照）以上を確保して設置する。遮熱板の設計については次項に示す。
  - ② 火災源を遮熱板で囲えない場合や、火災熱評価エリア内に PC 製のパネルのみが存在し、今後 PVC を用いる予定が無い場合は、フードパネル材料を PC に限定する。

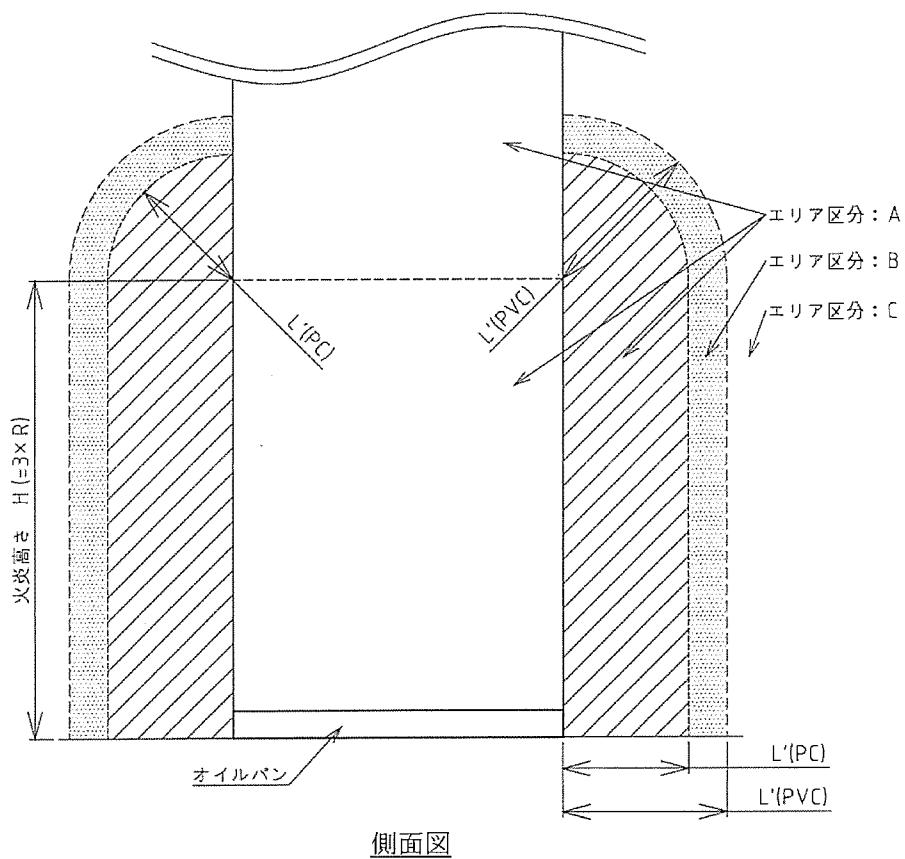


添説設 2-1-1 図 水平火災熱評価距離(L')



上面図

添説設 2-1-2 図 火災熱評価エリア (水平方向)



添説設 2-1-3 図 火災熱評価エリア（鉛直方向）



#### 4. 遮熱板について

遮熱板を設置することで、火炎による輻射熱を遮断できフードパネルの温度上昇を抑えることができる。金属機器本体で遮熱する場合も同様に輻射熱の遮断が可能である。また、前述のオイルパンと併用することで火炎の範囲を限定することにより火炎の影響範囲を軽減することができる。なお、本申請では遮熱板を設置する設備はない。

## UF<sub>6</sub> ガス取扱い機器の火災源火災に対する影響評価

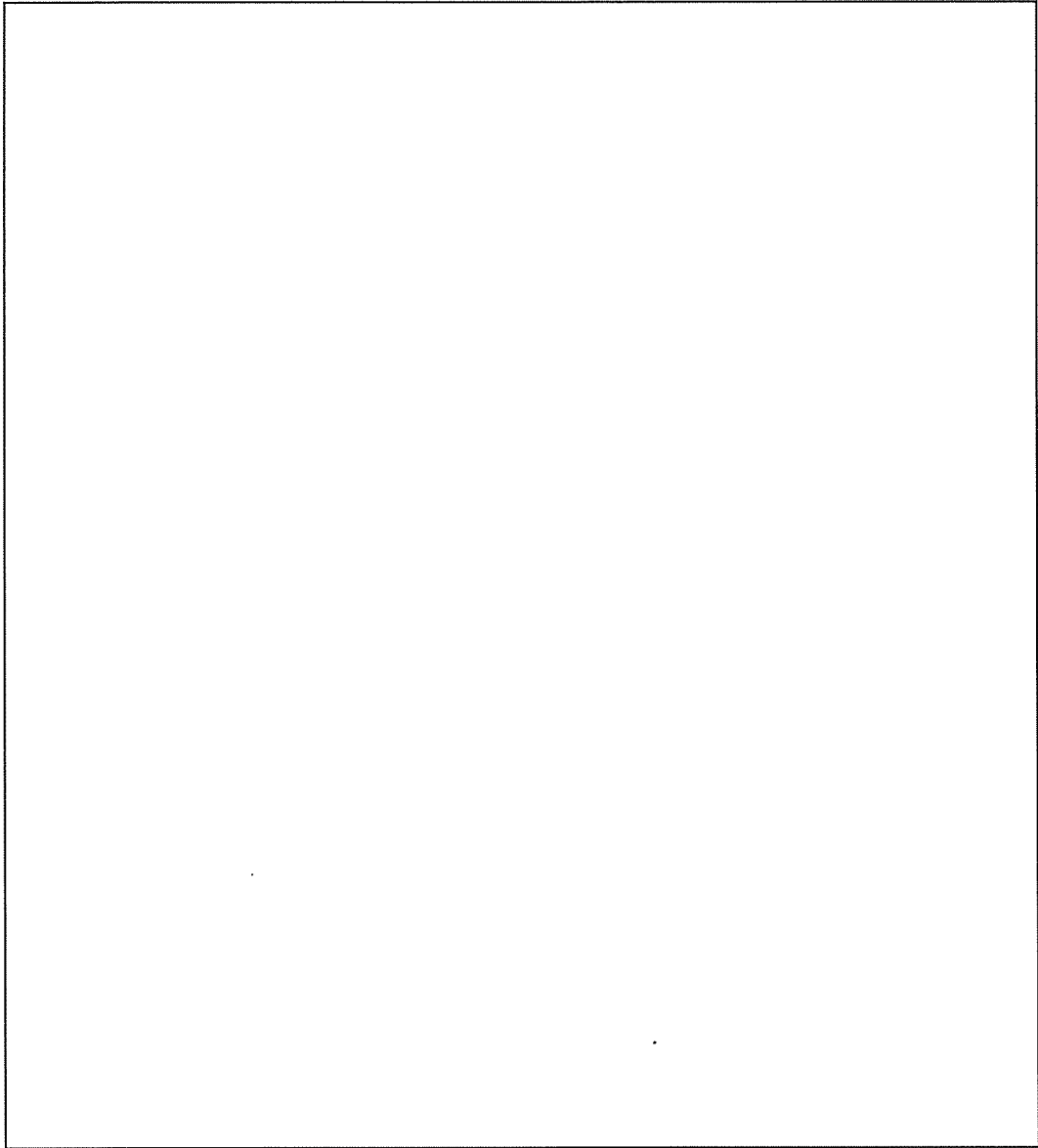
### 1. UF<sub>6</sub> 取扱機器への影響評価

潤滑油が燃焼した場合のコールドトラップ、コールドトラップ(小) (以下、「UF<sub>6</sub> 取扱設備」と略) の閉じ込め機能への影響を評価する。コールドトラップ及びコールドトラップ(小)は周囲に保温材が施工されているため直接機器が加熱されることはないが、保守的に保温材が無いものとして評価する。

#### 1.1 評価方法

UF<sub>6</sub> 取扱設備と火災が最も近いケースとして、真空ポンプの潤滑油が燃焼した際の UF<sub>6</sub> 取扱設備の閉じ込め機能への影響を「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」、「日本産業規格 (JIS)」、「建築基準法」の方法で評価する。なお、使用している潤滑油は容易に燃焼しないが、保守的に熱容量、燃焼時間の観点より灯油の物性値を代用し評価する。

ポンプ及び UF<sub>6</sub> 取扱設備の配置を添説設 2-1 付 1-1 図に示す。



添説設 2-1 付 1-1 図 オイルパン・遮熱板及びUF<sub>6</sub>取扱設備配置図

## 1.2 燃焼半径の算出

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書」(以下「附属書」という。)に掲載の式より、添説設 2-1 付 1-1 表に示すとおり燃焼半径を算出した。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{w \times d}{\pi}}$$

R : 燃焼半径 (m)

S : 燃焼面積 (m<sup>2</sup>)

w : 幅 (m)

d : 奥行き (m)

添説設 2-1 付 1-1 表 燃焼半径

項目	値	備考
幅 w (m)		真空ポンプのオイルパン外寸
奥行き d (m)		真空ポンプのオイルパン外寸
燃焼半径 R (m)		計算値

### 1.3 燃焼継続時間の算出

附属書に掲載の式より、添説設 2-1 付 1-2 表に示すとおり燃焼継続時間を算出した。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間 (s)

V : 燃料積載量 (m<sup>3</sup>)

v : 燃焼速度 = M / ρ (m/s)

M : 質量低下速度 (kg/m<sup>2</sup>/s)

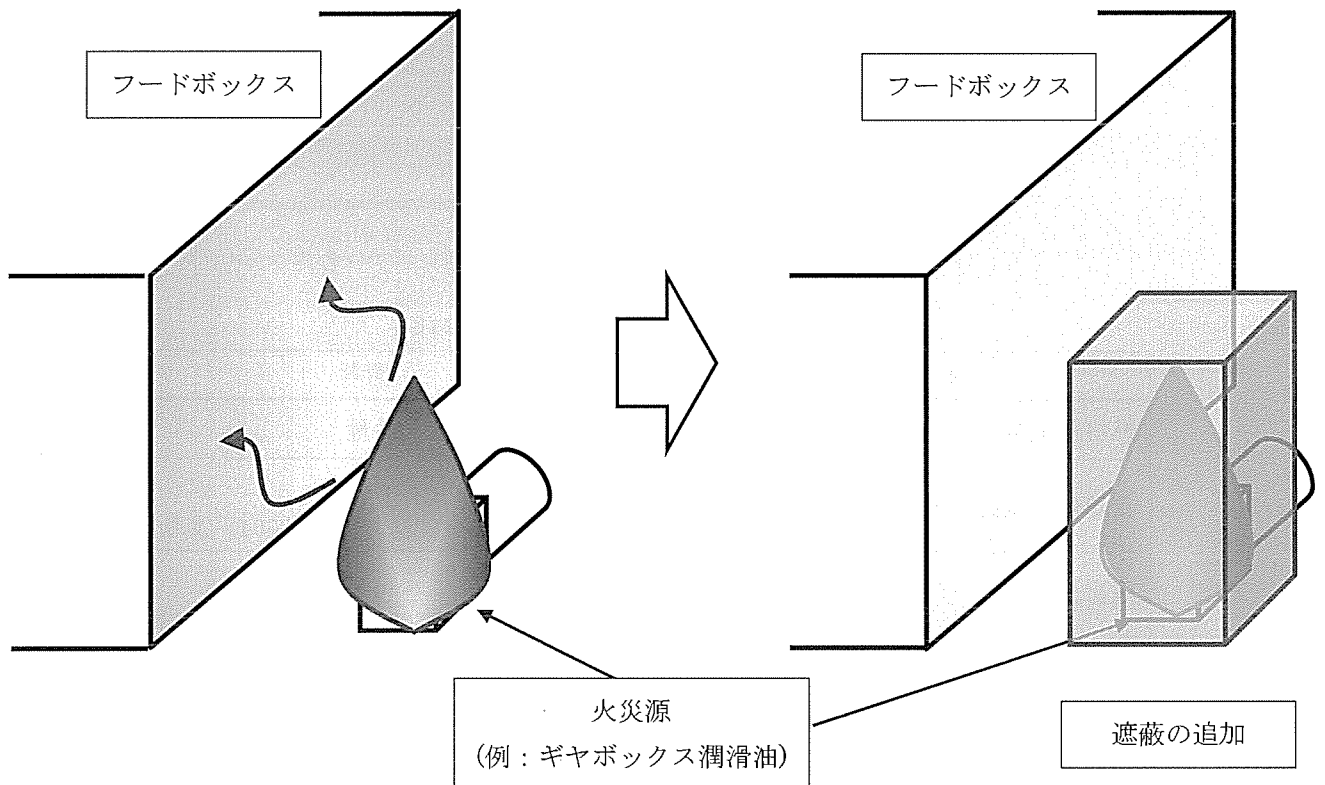
ρ : 燃料密度 (kg/m<sup>3</sup>)

添説設 2-1 付 1-2 表 燃焼継続時間

項目	値	備考
燃料積載量 V (m <sup>3</sup> )		真空ポンプの内包油量
質量低下速度 M (kg/m <sup>2</sup> /s)		灯油の値 (NRC「NUREG-1805」(Dec. 2004) より)
燃料密度 ρ (kg/m <sup>3</sup> )		灯油の値 (NRC「NUREG-1805」(Dec. 2004) より)
燃焼速度 v (m/s)		計算値
燃焼継続時間 t (s)		計算値

#### 1.4 遮熱板の温度上昇

閉じ込め機能に影響を与える火災源である潤滑油・作動油を貯留するタンク・ケーシングの外側に、火炎を遮蔽できる囲い（遮熱板）を設ける。添説設 2-1 付 1-2 表に示すとおり各火災の継続時間は 1 時間以下であることから、遮熱板の厚みは  mm 以上の  を用いる（1 時間以上の耐火時間を有する板厚：添付説明書一建 1「火災等による損傷の防止に関する説明書」の補足資料参照）（添説設 2-1 付 1-2 図参照）。

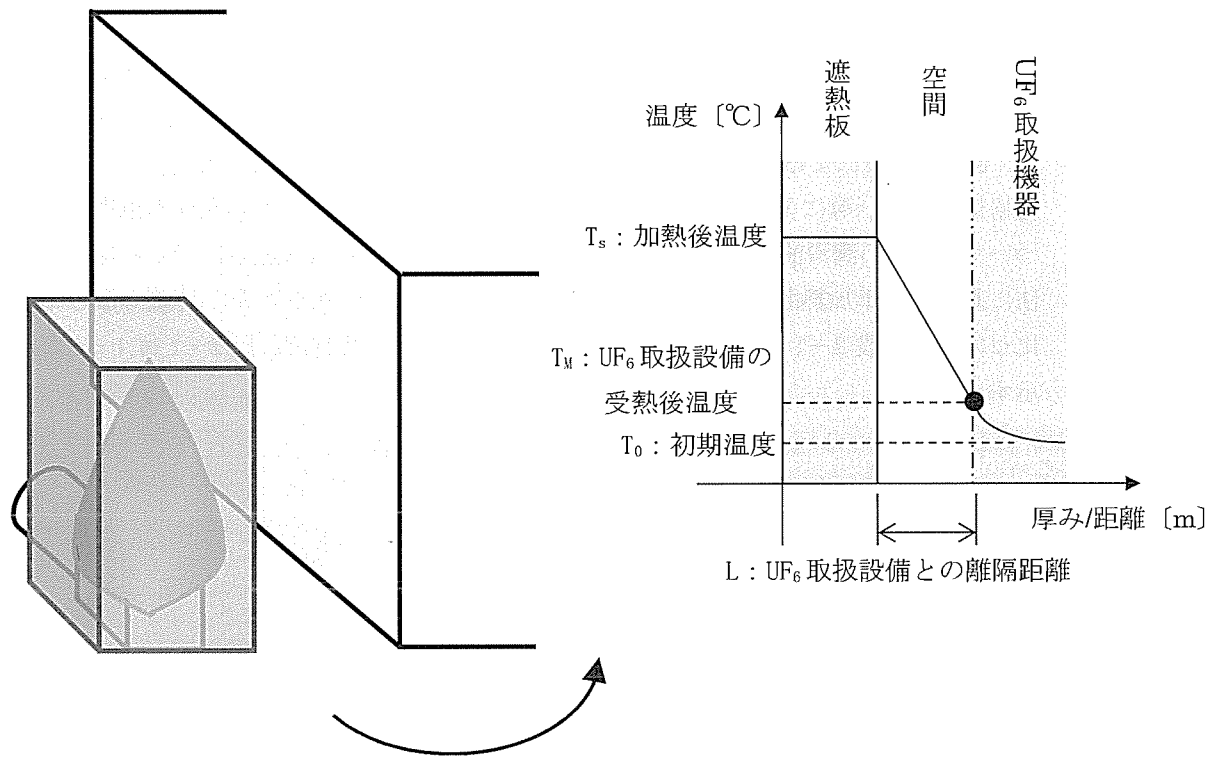


添説設 2-1 付 1-2 図 火災源対策実施例

遮熱板の設置により、輻射熱を発生する火炎を遮蔽し火炎の影響を軽減できる。ただし、薄板である遮熱板の表面は周辺の空気により冷やされるものの、室温より高い部分が存在するため、遮熱板が加熱されることによるUF<sub>6</sub>取扱設備の温度上昇を計算する。

#### 1.5 遮熱板の温度上昇による設備・機器の温度上昇

遮熱板と UF<sub>6</sub> 取扱設備は空間を介して伝熱する。UF<sub>6</sub> フードボックス内の空気は強制的に局所排気されていること、室内空気は室内を循環しながら調温されていることから、伝導、対流による伝熱の効果は小さいが、空気が停止していると仮定し、日本産業規格に基づく伝導による伝熱計算を実施する。また、火災源による遮熱板の温度上昇について、実際の潤滑油・作動油の火炎は緩慢であるが、特定防火施設に対する建築基準法に基づく標準加熱曲線によるとし、高い負荷を想定した。モデル及び評価方法と結果について添説設 2-1 付 1-3 図、添説設 2-1 付 1-3 表及び添説設 2-1 付 1-4 表に示す。



$$T_M = T_s - q' \frac{L}{\lambda} = T_s - \frac{(T_s - T_0)}{\frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h}} \times \frac{L}{\lambda}$$

L [m] : 遮熱板と UF<sub>6</sub> 取扱設備との距離

λ [W/m/K] : 遮熱板と UF<sub>6</sub> 取扱設備の間の空気の熱伝導率=0.0257<sup>※1</sup>

T<sub>s</sub> [°C] : 遮熱板の上昇温度<sup>※2</sup>

T<sub>M</sub> [°C] : UF<sub>6</sub> 取扱設備の上昇後温度

T<sub>0</sub> [°C] : UF<sub>6</sub> 取扱設備の初期温度

(コールドトラップ、コールドトラップ(小)は運転温度)

h [W/m<sup>2</sup>/K] : 熱伝達率=8.29

※1 : 日本機械学会 機械工学便覧 1989

※2 : 建築基準法の標準加熱温度曲線式  $T=345 \times \log_{10}(8t+1)+20$  より計算した温度

t [min] : 燃焼継続時間

添説設 2-1 付 1-3 図 評価モデルと評価方法



### 1.6 遮熱板の温度

建築基準法の標準加熱温度曲線式及び添説設 2-1 付 1-2 表で算出した燃焼継続時間より、遮熱板の温度を算出した。添説設 2-1 付 1-3 表に示す。

添説設 2-1 付 1-3 表 遮熱板の上昇温度

燃焼継続時間 t	遮熱板の上昇温度 $T_s$

### 1.7 遮熱板と UF<sub>6</sub> 取扱設備との距離と上昇後温度

日本産業規格に基づく伝導による伝熱計算により、遮熱板による UF<sub>6</sub> 取扱設備の上昇後温度を算出した。添説設 2-1 付 1-4 表に示す。

添説設 2-1 付 1-4 表 遮熱板による UF<sub>6</sub> 取扱設備の上昇後温度

項目	コールド トラップ	コールド トラップ(小)	備考
離隔距離 L(m)			遮熱板と各設備との設計最短距離
初期温度 $T_0$ (°C)			使用温度
上昇後温度 $T_H$ (°C)			計算値

### 1.8 評価結果

コールドトラップ及びコールドトラップ(小)の使用温度 120°C に対し、昇温幅は最大 4°C であることから、使用時に火災が発生したとしてもコールドトラップ及びコールドトラップ(小)の昇温後の温度は最大 124°C となり、最高使用温度 134°C を十分下回る。よって、火災時のコールドトラップの閉じ込め機能は維持できる。

なお、詳細設計の結果、真空ポンプ油量を事業許可段階(0.0018m<sup>3</sup>)から 0.0025m<sup>3</sup>に変更しているが、本評価のとおりコールドトラップ及びコールドトラップ(小)への影響はない。また、真空ポンプを囲う UF<sub>6</sub> フードボックスは、金属を主な材料としており、火災が発生したとしても、これへの影響はない。

また、本変更は、先行申請での原料倉庫の火災区域評価(原料倉庫内の油量 44L)に含んでおり、火災区域評価結果への影響はない。

## 火災源となる機器と影響評価

## 1. 火災影響評価の考え方

閉じ込め機能を有している設備・機器が、周囲機器の油火災により加熱され、温度が上昇することに対し、閉じ込め機能を担保している部位のうち、火災の熱影響を受け、機能喪失のおそれのある樹脂製の部位の温度上昇を計算する。工場棟の申請範囲の機器で、閉じ込め機能を担保している部位の材質を添説設 2-1 付 2-1 表に示す。

添説設 2-1 付 2-1 表 閉じ込め機能を担保している部位の材質、仕様

No.	材質名	主な使用部位	許容温度 <sup>※6</sup> $T_M$ [°C]	比熱 $C_p$ [J/kg/K]	密度 $\rho_M$ [kg/m <sup>3</sup> ]	厚み $X$ [mm]
①	塩化ビニル (PVC)	フードボックス パネル・ダクト				
②	ポリカーボネート (PC)	フードボックス パネル				
③	ゴム	ガスケット				

※1 工業調査会 プラスチック材料読本 1983

※2 日本機械学会 機械工学便覧 1989

※3 NFPA Fire Protection Handbook Twentieth Edition

※4 JIS G 3459 「配管用ステンレス鋼鋼管」

ゴムは主にステンレス製構造物の中で閉じ込め機能を担保していることから、受熱面積が小さいので、ステンレス鋼の温度上昇により加熱されると想定する。

※5 使用部材のうち、最も薄い厚みで評価する。

※6 本評価では、一定温度で放置した場合に変形変質して破損するおそれのある温度（耐熱温度）を許容温度とした。

火災源となる機器の周囲には、閉じ込め機能を有する機器が複数あり得ることから、火災源と添説設 2-1 付 2-1 表に示す材質との危険限界距離を算出し、危険限界距離外にある材質は閉じ込め機能が維持できるとする。危険限界距離内にある材質は閉じ込め機能の喪失の可能性があるとし、対策を実施する。

## 2. 評価計算

前提条件：

- ・評価の手法は、「原子力規制委員会 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 2013」（以下、「附属書」という。）に則ることとする。
  - ・「原子力規制委員会 原子力発電所の内部火災影響評価ガイド 2013」に基づき、火災源の油量については仕様上の最大量の10%が燃焼することを想定する。
  - ・初期温度  $T_0$  を 40 [°C] とする。
  - ・潤滑油・作動油の評価上の性能が不明な場合は、保守的に、熱容量、燃焼時間の観点より、評価上最も厳しい結果となる灯油と見立てて評価する。
- 以下に、油の仕様を添説設 2-1 付 2-2 表に示す。

添説設 2-1 付 2-2 表 火災源油の仕様

油種	燃料密度※1	質量低下速度※1	輻射発散度※2
—	$\rho_f$ [kg/m <sup>3</sup> ]	M [kg/m <sup>2</sup> /s]	$R_f$ [kW/m <sup>2</sup> ]
灯油			

※1 NRC NUREG-1805 2004

※2 原子力規制委員会 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 2013

計算方法：

- ① 添説設 2-1 付 2-1 表の通り、閉じ込め部材の種類と厚みを設定する。
- ② 附属書に掲載の式より、等価火炎の燃焼半径を算出する。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{w \times d}{\pi}}$$

R：燃焼半径 [m]

S：燃焼面積 [m<sup>2</sup>]

w：幅 [m]

d：奥行き [m]

なお、w 及び d は火炎範囲の寸法を用いる。

- ③ 附属書に掲載の式より、燃焼継続時間を算出する。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間 [s]

V : 燃料積載量 [m<sup>3</sup>]

v : 燃焼速度 = M / ρ<sub>f</sub> [m/s]

M : 質量低下速度 [kg/m<sup>2</sup>/s] ρ<sub>f</sub> : 燃料密度 [kg/m<sup>3</sup>]

- ④ 附属書に掲載の式より、閉じ込め部材が許容温度 T に達する危険限界距離 L<sub>0</sub> を算出する (L<sub>0</sub> は火炎の中心からの距離)。

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \frac{A(n-1)}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \frac{\sqrt{(n-1)}}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$m = H/R \approx 3$$

$$n = L/R$$

$$A = (1+n)^2 + m^2$$

$$B = (1-n)^2 + m^2$$

Φ : 形態係数

L : 離隔距離 [m]

H : 炎高さ [m]

R : 燃焼半径 [m]

$$E = R_f \cdot \Phi$$

E : 輻射強度 [kW/m<sup>2</sup>]

R<sub>f</sub> : 輻射発散度 [kW/m<sup>2</sup>]

Φ : 形態係数

$$T = T_0 + \frac{E}{h} \left( 1 - e^{-\frac{ht}{c_v}} \right)$$

T : 閉じ込め部材の入熱後の温度 [°C]

T<sub>0</sub> : 初期温度 [°C]

ρ<sub>M</sub> : 閉じ込め部材の密度 [kg/m<sup>3</sup>]

C<sub>p</sub> : 閉じ込め部材の比熱 [J/kg/K]

h : 熱伝達率 [W/m<sup>2</sup>/K] = 8.29※

X : 閉じ込め部材の厚み [m]

C<sub>v</sub> : 閉じ込め部材の面積あたりの熱容量 [J/m<sup>2</sup>/K] = ρ<sub>M</sub> × C<sub>p</sub> × X

※ 空気調和・衛生工学会 空気調和・衛生工学便覧 2010

- ⑤ 危険限界距離 L<sub>0</sub> の範囲外にある閉じ込め部材は、火災源で火災が発生しても機能が維持できるとする。L<sub>0</sub> の範囲内の場合は閉じ込め機能が維持できないとし、対策を実施する。

3. 火災源の抽出と各計算結果

火災の発生源として考慮すべき潤滑油や作動油を内包する設備・機器及び、火災熱評価によって算出した、各材質に対する危険限界距離 (L<sub>0</sub>) を添説設 2-1 付 2-3 表に示す。

添説設 2-1 付 2-3 表 工場棟 火災源となる機器と、閉じ込め部材に対する危険限界距離の結果

申請機器 名称	No. ※1	火災源	燃料 積載量 V [m <sup>3</sup> ]	火災範囲 寸法※2 [m]	オイルパン 高さ [m]	等価火炎 外寸 [m]		燃焼 継続 時間 t [s]	各材質に対する 危険限界距離 L <sub>0</sub> [m]			
				w幅×d奥行き 又はφ直径	h高さ	R 燃焼半径	H 炎高さ		PVC	PC	ゴム※3	
粉碎機(1)、(2)	112	減速機										
充填装置(1)、(2)	115	減速機										

※1 事業許可の安全機能を有する施設の安全機能一覧表の No. に対応。

※2 オイルパンまたはオイル取扱機器を収納した機器の外寸。

※3 ゴムは受熱面積が小さいことから、ステンレス鋼の温度上昇により加熱されると想定する。

設備の耐震性に関する説明書

## 1. 耐震設計の基本方針

### 1-1. 耐震設計の方針

本加工施設の耐震設計は、以下の方針とする。

- ・安全機能を有する施設に関して、地震力に十分に耐えることができる設計とする。
- ・地震による安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて耐震設計上の重要度を分類し、地震力を設定する。



## 1-2. 耐震設計上の重要度分類

ウランを取り扱う設備・機器及びウランを収納する設備・機器等及びにこれらを収納する建物については、地震の発生による当該設備・機器の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて分類する。また、耐震重要度分類において、上位に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないものとするとともに、下位の分類に属するものを上位の分類の建物及び構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位の分類による設計とする。耐震設計上独立した建物を接続する場合は、エキスパンションジョイントを介して接続する設計とする。なお、本加工施設には、耐震重要施設（Sクラスに属する施設）及び、Sクラスの設備・機器及び建物はない。

### 【第1類】

安全機能を失うことによる影響の大きい設備・機器とする。なお、これらの設備・機器を収納する建物・構築物を含む。ウランを内包する設備・機器における第1類及び第2類の区分については、閉じ込め機能及び臨界防止機能が失われたことによる影響が大きいものとして、最小臨界質量以上を取り扱うものを第1類に、それ未満を第2類とする。

- ① 非密封ウランを取り扱う設備・機器及び非密封ウランを閉じ込めるための設備・機器のうち、以下を含めその機能を失うことによる影響の大きい設備・機器。
  - ・UF<sub>6</sub>ガス取扱設備（大きな地震時に閉じ込めを期待する設備）及び著しく大きな地震力が作用する前に大きな地震を検知した場合に作動を期待するインターロック機構
  - ・水素取扱設備及び著しく大きな地震力が作用する前に大きな地震を検知した場合に作動を期待するインターロック機構
- ② 臨界安全上の核的制限値を有し、形状寸法を核的制限値とする設備・機器、中性子吸収材を使用する設備・機器又は最小臨界質量以上のウランを取り扱い、減速度を制限する設備・機器であって、その機能喪失による影響の大きい設備・機器。また、最小臨界質量未満のウランを取り扱う設備・機器であって、変形、破損等により最小臨界質量以上のウランが集合する可能性のある設備・機器。
- ③ 上記②の核的制限値を維持するための設備・機器であって、その機能を失うことによる影響の大きい設備・機器。
- ④ 上記①から③の設備・機器を収納する建物及び構築物。

### 【第2類】

安全機能を失うことによる影響の小さい設備・機器とする。なお、これらの設備・機器を収納する建物・構築物を含む。

- ① 非密封ウランを取り扱う設備・機器及び非密封ウランを閉じ込めるための設備・機器であって、その機能を失うことによる影響の小さい設備・機器。
- ② 臨界安全上の核的制限値を有する設備・機器であって、最小臨界質量未満のウランを取り扱う設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であって、その機能喪失による影響の小さい設備・機器。
- ③ 非常用電源設備、放射線管理設備であって、その機能喪失により加工施設の安全性が損なわれるおそれがある設備・機器。
- ④ 熱的制限値を有する設備・機器。
- ⑤ UF<sub>6</sub>ガス漏えい時に局所排気中のUF<sub>6</sub>等の除去を行う設備・機器。
- ⑥ 上記①～⑤の設備・機器を収納する建物及び構築物。

### 【第3類】

第1類及び第2類以外の設備・機器並びにそれらを収納する建物及び構築物。

### 1-3. 設計用地震力の算定

#### 1-3.1. 設備・機器の設計用地震力の算定

設備・機器に対する地震力の算定は、以下に示す方法による。

- ・設備・機器の耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とする。
- ・上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないようにする。
- ・上位の分類の建物・構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位分類の設計法による。
- ・設備・機器は一次固有振動数を算出し、20Hz 以上の場合を剛構造とし、20Hz 未満を剛構造とならない設備・機器とする。
- ・固有振動数の算出式は原則として下記の式を用いる。

$$\text{一次固有振動数} = \frac{1}{T} = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

T：弾性域における固有周期で国住指第 1335 号 4 (3) ①により定められる式

$$\text{一次固有周期 } T = \frac{\sqrt{\delta}}{C}$$

C：国住指第 1335 号 4 (3) ①により定められる定数で、平屋建ての建築物にあつては 5.0 を用いる。

$\delta$ ：それ自体の重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]

- ・剛構造となる設備・機器は各クラスともに一次設計を行う。常時作用している荷重と、一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、許容応力度を許容限界とする設計とする。
- ・剛構造となる設備・機器において耐震重要度分類第 1 類の設備は、上記の一次設計に加え、二次設計を行う。常時作用している荷重と二次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがない設計とする。
- ・剛構造とならない設備・機器は、「建築設備耐震設計・施工指針（一般財団法人日本建築センター発行）2014 年版」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力と常時作用している荷重の組み合わせに対して弾性範囲にとどまる設計を行う。

## 剛構造の地震力

### 【一次設計】

- ・一次設計で使用する地震力は一次地震力であり、地震層せん断係数 $C_i$ に、耐震重要度に応じて以下に示す割増係数を乗じたものに20%増しして算定するものとする。

#### 割増係数

耐震重要度分類第1類：1.5

耐震重要度分類第2類：1.25

耐震重要度分類第3類：1.0

- ・地震層せん断係数 $C_i$ は以下に方法より算出する。

$$C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_0$$

$C_i$ ：建築物の地上部分の一定の高さにおける地震層せん断力係数。

$Z$ ：その地方における過去の地震の記録に基づく震害の程度及び地震活動の状況その他地震の性状に応じて1.0から0.7までの範囲内において国土交通大臣が定める数値。

昭和55年建設省告示第1793号第1により定められる値であり、1.0とする。

$R_t$ ：建築物の振動特性を表す物として、建築物の弾性域における固有周期及び地盤の種類に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値。

昭和55年建設省告示第1793号第2により算出する値であり、1.0とする。

$A_i$ ：建築物の振動特性に応じて地震層せん断力係数の建築物の高さ方向の分布を表す物として国土交通大臣が定める方法により算出した数値。

昭和55年建設省告示第1793号第3により算出する値。

$C_0$ ：標準せん断力係数。

建築基準法施工令第88条第2項より0.2とする。

【二次設計】

- ・耐震重要度分類第1類において二次設計で使用する地震力は、一次地震力に1.5を乗じたものとする。

上記の方法により算出した地震力を添説設3-1表に示す。

添説設3-1表 設置した設備の地震力

建物/重要度分類	C <sub>0</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	一次設計			二次設計
				第1類	第2類	第3類	第1類
1F	0.2	1.0	0.2	0.36 G	0.3 G	0.24 G	0.54 G
2F	0.2	1.0	0.2	0.36 G	0.3 G	0.24 G	0.54 G
3F	0.2	1.257	0.2	0.46 G	0.38 G	0.31 G	0.68 G

なお、設備・機器の耐震設計で一次設計に用いる設計用地震力は、上記の地震力に対して余裕をみた地震力である「建築設備耐震設計・施工指針」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を用いる。

添説設3-2表に「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を示す。なお、耐震クラスSは耐震重要度分類第1類、耐震クラスAは同第2類、耐震クラスCは同第3類、に読み替えている。

添説設3-2表 設備機器の設計用標準震度に基づく水平地震力

耐震重要度分類	第1類	第2類	第3類
地階*及び1階	1.0 G	0.6 G	0.4 G
中間層	1.5 G	1.0 G	0.6 G
上層階、屋上及び塔屋	2.0 G	1.5 G	1.0 G

\*原料倉庫地下ピットの床に設置する設備・機器も含む

ここで、設備・機器の第1類は、二次設計を行うこととしているが、一次設計で使用する設計用地震力は二次設計で使用する地震力を上回り、弾性範囲であることを確認するため、二次設計は一次設計の結果に包絡される。

剛構造ではない設備・機器の地震力

剛構造ではない設備・機器の地震力は「建築設備耐震設計・施工指針（一般財団法人 日本建築センター発行）2014年版」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を設定する。

添説設3-2表に設計に用いる地震力を示す。

## 1-4. 設備・機器の耐震計算の方法

### 1-4.1. 評価方法

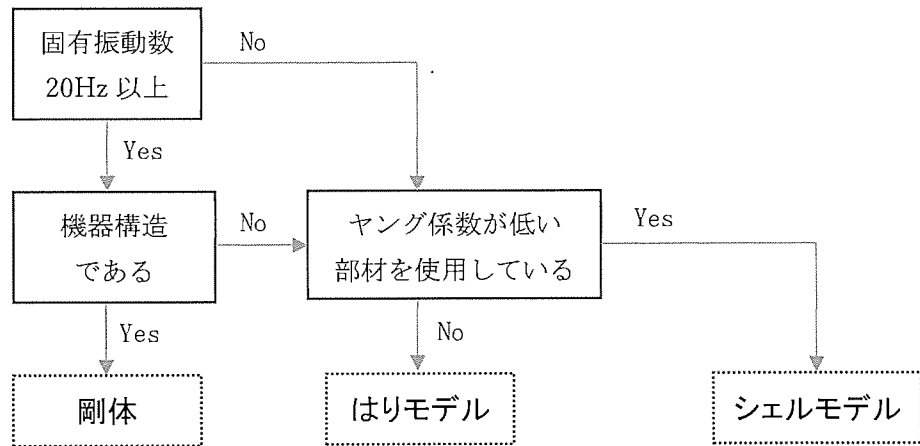
設備・機器の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。耐震重要度分類第1類、第2類の設備・機器は、はりモデル、シェルモデル及び剛体のいずれかでモデル化する。これらは、固有振動数、使用している部材、構造により選択する。モデル選択のフロー図を添説設3-1図に示す。なお、耐震重要度分類第3類の設備・機器は、据付ボルトを評価する。

インターロックは、検出端、制御部、作動端を対象に評価を実施する。

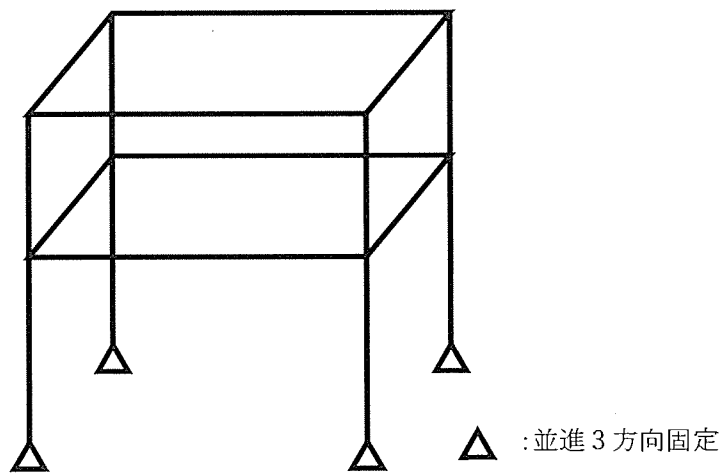
モデル化に際して、下記の通りとする。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び設置床レベルを考慮した設計用地震力を用いて、解析モデルに静的荷重を付与することで実施する。
  - (2) 添説設 3-2 図に示すようなはりモデルの場合は、既設工認で使用実績がある、解析コード FAP-3 を使用する (スクラバ{618}は、シェルモデルを用いるため NASTRAN を使用する)。部材は短期荷重作用時に水平方向に与えられる地震荷重による全体変形に伴うモーメントが支配的であることから、要素節点に着目する。
  - (3) 拘束条件は、据付ボルト部では並進 3 方向固定するなど、実条件をもとに設定する。
  - (4) 荷重は長期荷重と短期荷重を考慮する。長期荷重は鉛直方向の固定荷重、積載荷重\* である。短期荷重は長期荷重と地震力の合計であり、水平 2 方向についてそれぞれ考慮する。
  - (5) 機器本体の据付ボルトに比べ、架台の据付ボルトの方が機器重心からの距離が大きい場合は、架台の据付ボルトの応力評価で代表する
- \* 槽、タンク類の内容液は、通常運転時重量を考慮する。

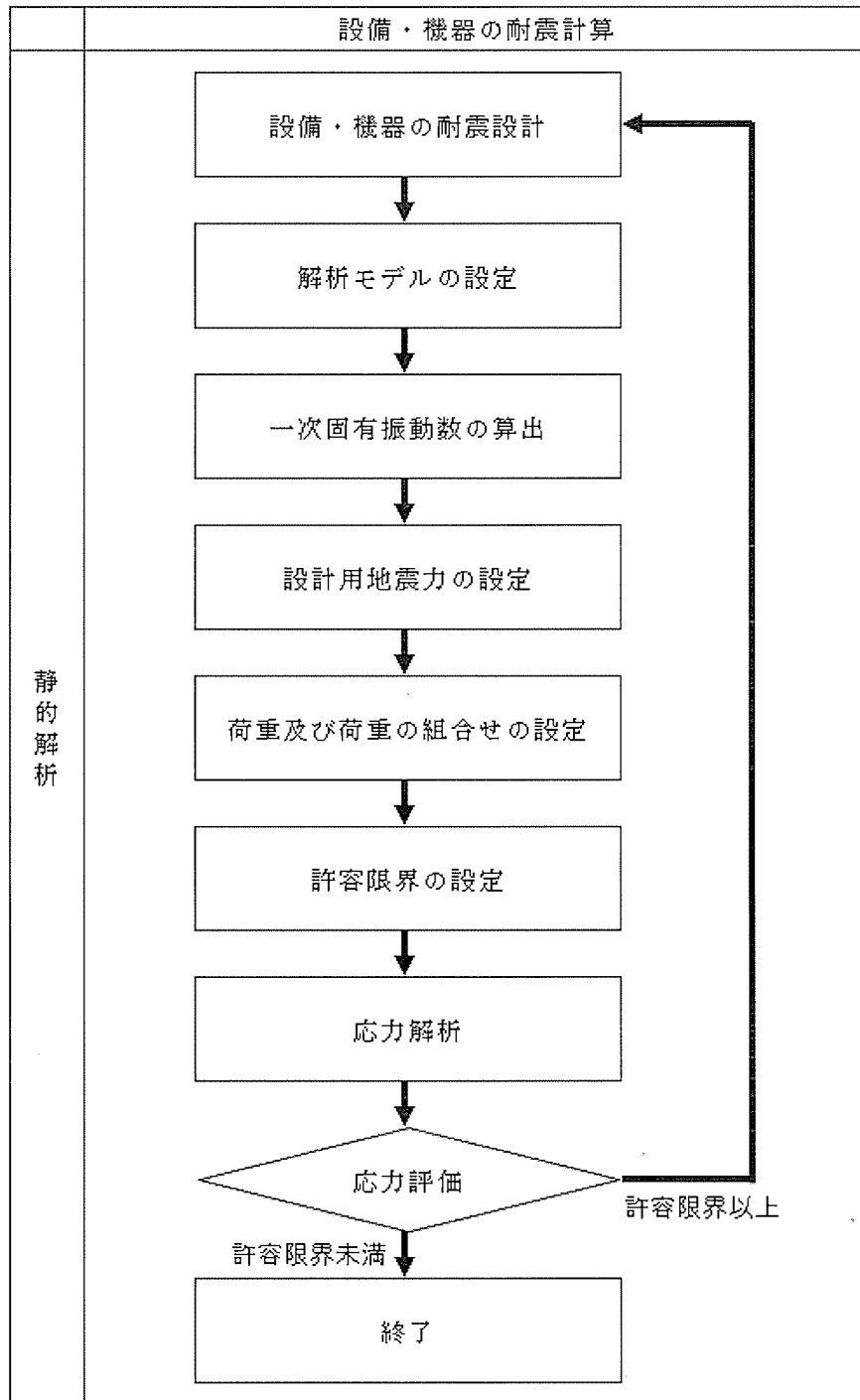
設備の耐震計算フローの概要を添説設3-3図に示す。



添説設3-1図 モデル選択フロー



添説設3-2図 3次元モデルの例



添説設3-3図 設備の耐震計算フロー概要



#### 1-4.2. 荷重及び荷重の組合せ

設備・機器の荷重及び荷重の組合せを以下に示す。

剛構造の一次設計、二次設計、及び剛構造ではない設備・機器の設計で考慮する荷重は、常時作用する荷重である固定荷重と積載荷重及び地震荷重を考慮し、「鋼構造設計規準」に基づき添説設3-3表のと通りの組合せとする。積載部材のモーメントの考慮については、添付説明書-設3-1-付3に示す。

添説設 3-3 表 荷重の組合せ

荷重の状態		荷重の組合せ
長期	常時	G + Q
短期	地震時	G + Q + E

注) G : 固定荷重、Q : 積載荷重、E : 地震荷重

#### 1-4.3. 許容限界

設備・機器の許容限界は原則として、以下の通りとする。

なお、使用する許容限界は添付説明書-設3-1-付1に示す。

##### 【一次設計】

- ・一次設計で使用する許容限界は、長期状態において降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力に2/3を乗じた応力とし、短期状態において降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力とする。

##### 【二次設計】

- ・耐震重要度分類第1類の二次設計で使用する許容限界は、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損などが生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがないこととする。

##### 【剛構造とはならない設備・機器】

- ・剛構造とはならない設備・機器の耐震設計で使用する許容限界は、長期状態において弾性範囲に2/3を乗じた範囲にとどまることとし、短期状態において弾性範囲にとどまることとする。

#### 1-4.4. 適用規格

設計は原則として、次の関係規準に準拠する。

- (1) 建築基準法・同施行令・告示等
- (2) 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)
- (3) 日本ステンレス協会規格 (SAS)
- (4) 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 — (日本建築学会)
- (5) 軽鋼構造設計施工指針・同解説 (日本建築学会)
- (6) 建築設備耐震設計・施工指針 2014年版 (日本建築センター)
- (7) 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会)
- (8) 発電用原子力設備規格 材料規格 (2012年)

設備の耐震計算書

## 目次

### 計算結果まとめ

#### 各種評価結果

##### <化学処理施設>

添付説明書一設 3-1-転 1  
添付説明書一設 3-1-転 2  
添付説明書一設 3-1-転 3  
添付説明書一設 3-1-転 4  
添付説明書一設 3-1-転 5  
添付説明書一設 3-1-転 6  
添付説明書一設 3-1-転 7  
添付説明書一設 3-1-転 8  
添付説明書一設 3-1-転 9  
添付説明書一設 3-1-転 10

蒸発器の耐震計算書  
UF<sub>6</sub>フードボックス・堰・UF<sub>6</sub>防護カバーの耐震計算書  
コールドトラップの耐震計算書  
コールドトラップ (小) の耐震計算書  
循環貯槽の耐震計算書  
UO<sub>2</sub>ブロータンクの耐震計算書  
UO<sub>2</sub>フィルタの耐震計算書  
UO<sub>2</sub>受けホップの耐震計算書  
粉碎機の耐震計算書  
充填装置の耐震計算書

##### <放射性廃棄物の廃棄施設>

添付説明書一設 3-1-気 1

スクラバの耐震計算書

##### <その他の加工施設>

添付説明書一設 3-1-他 1

非常用ディーゼル発電機の耐震計算書

添付説明書一設 3-1-制 1

地震インターロックの耐震計算書

添付説明書一設 3-1-制 2

UF<sub>6</sub>漏えい警報設備の耐震計算書

添付説明書一設 3-1-分 1

不純物分析設備の耐震計算書

1. 設備・機器の耐震計算まとめ

耐震計算結果をまとめたものを添説設 3-1-1 表～添説設 3-1-5 表に示し、2 項に各種評価結果内容を添付計算書に示す。評価対象は部材とボルトとする。

耐震重要度分類にもとづく耐震計算を実施した結果、申請機器は許容値を満足することを確認した。

添説設3-1-1表 転換工場 計算結果

申請書番号	機器名	部位名称	安全機能番号	耐震重要度分類	地震加速度	固有振動数 (Hz)	剛柔	部材		ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-電1	蒸発器 UF <sub>2</sub> フードボックス・類・UF <sub>2</sub> 防護カバー	蒸発器	1	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-電2		UF <sub>2</sub> フードボックス及び罩	8.23	第1類	1.0							合格
		ガス溜めバッファ部1	8	第1類	1.0							合格
		ガス溜めバッファ部2	8	第1類	1.0							合格
		ガス溜めバッファ部3	8	第1類	1.0							合格
		ガス溜めバッファ部4	8	第1類	1.0							合格
		蒸発器用防護カバー	11	第1類	1.0							合格
		蒸発器用防護カバー架台	11	第1類	1.0							合格
		フードボックス用防護カバー	11	第1類	1.0							合格
		UF <sub>2</sub> 配管用フードボックス	8	第1類	1.0							合格
		UF <sub>2</sub> 配管用防護カバー	11	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-電3	コールドトラップ	コールドトラップ	14	第1類	1.0	合格						
添付説明書-設3-1-電4	コールドトラップ (小)	コールドトラップ (小) *2	17	第1類	1.0	合格						
添付説明書-設3-1-電5	循環貯槽	循環貯槽	22	第1類	1.0	合格						
	熱交換器*2	熱交換器*2	28	第1類	1.0	合格						
	循環貯槽架台	循環貯槽架台	22	第1類	1.0	合格						
添付説明書-設3-1-電6	UO <sub>2</sub> プロータンク	UO <sub>2</sub> プロータンク	106	第1類	1.0	合格						
	UO <sub>2</sub> プロータンク架台	UO <sub>2</sub> プロータンク架台	106	第1類	1.0	合格						
添付説明書-設3-1-電7	UO <sub>2</sub> フィルタ	UO <sub>2</sub> フィルタ	107	第1類	1.0	合格						
	フードボックス (UO <sub>2</sub> フィルタ)	フードボックス (UO <sub>2</sub> フィルタ)	109	第1類	1.0	合格						
	UO <sub>2</sub> フィルタ架台	UO <sub>2</sub> フィルタ架台	107	第1類	1.0	合格						
	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ*2	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ*2	108	第1類	1.0	合格						
添付説明書-設3-1-電8	UO <sub>2</sub> 受けホッパ	UO <sub>2</sub> 受けホッパ	110	第1類	1.0	合格						
添付説明書-設3-1-電9	粉砕機	フードボックス (粉砕機) *3	111,114	第1類	1.0	合格						
	充填設備共通架台	充填設備共通架台	112	第1類	1.0	合格						
添付説明書-設3-1-電10	充填装置	充填装置	115	第1類	1.0	合格						
	フードボックス (充填装置)	フードボックス (充填装置)	116	第1類	1.0	合格						
	充填装置架台	充填装置架台	115	第1類	1.0	合格						

添説設 3-1-2 表 気体廃棄設備 計算結果

申請書番号	機器名	部位名称	安全機能番号	耐震重要度分類	地震加速度	固有振動数 (Hz)	剛柔	部材		ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-気1	スクラバ	スクラバ	618	第2類	0.6							合格
		スクラバ架台(1)	618	第2類	0.6							合格
		スクラバ架台(2)	618	第2類	0.6							合格

添説設 3-1-3 表 その他の加工施設 計算結果

申請書番号	機器名	部位名称	安全機能番号	耐震重要度分類	地震加速度	固有振動数 (Hz)	剛柔	部材		ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-他1	非常用ディーゼル発電機	非常用ディーゼル発電機	888	第2類	0.6							合格
		潤滑油タンク*2	888	第2類	0.6							合格
		燃料油タンク*2	888	第2類	0.6							合格
		ラジエータ*2	888	第2類	0.6							合格

添説設 3-1-4 表 インターロック 計算結果

申請書番号	機器名	部位名称	安全機能番号	耐震面変位分類	地震加速度	固有振動数 (Hz)	剛性	部材		ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-制1	地震インターロック	地震計	6	第1類	1.0							合格
		制御盤	6	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-制2	UF <sub>2</sub> 漏えい警報設備	HF検出器 (検出器、作動機) (屋内)	10,12	第1類	1.0							合格
		HF検出器 (作動機) (屋外)	13	第1類	1.0							合格

添説設 3-1-5 表 分析設備 計算結果

申請書番号	機器名	部位名称	安全機能番号	耐震面変位分類	地震加速度	固有振動数 (Hz)	剛性	部材		ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-分1	不純物分析設備	サンプル保管庫	907	第2類	0.6							合格
		サンプル保管庫架台	907	第2類	0.6							合格

- \*1：明らかに高剛性の設備については、ボルト評価で代表する。
- \*2：機器形状を考慮し、架台の評価で代表する。
- \*3：粉砕機、粉砕機バグフィルタは、粉砕機フードの評価で代表する。

2. 各種評価結果

各種評価結果内容を以下の添付計算書に示す。

蒸発器の耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転1-1-1表に示す。

添説設3-1-転1-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
蒸発器(1)-A、蒸発器(1)-B、蒸発器(2)-A、蒸発器(2)-B	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転1-1-2表に示す。

添説設3-1-転1-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
蒸発器(1)-A、蒸発器(1)-B、蒸発器(2)-A、蒸発器(2)-B	添付図 図イ設-1



## 2. 蒸発器の耐震計算

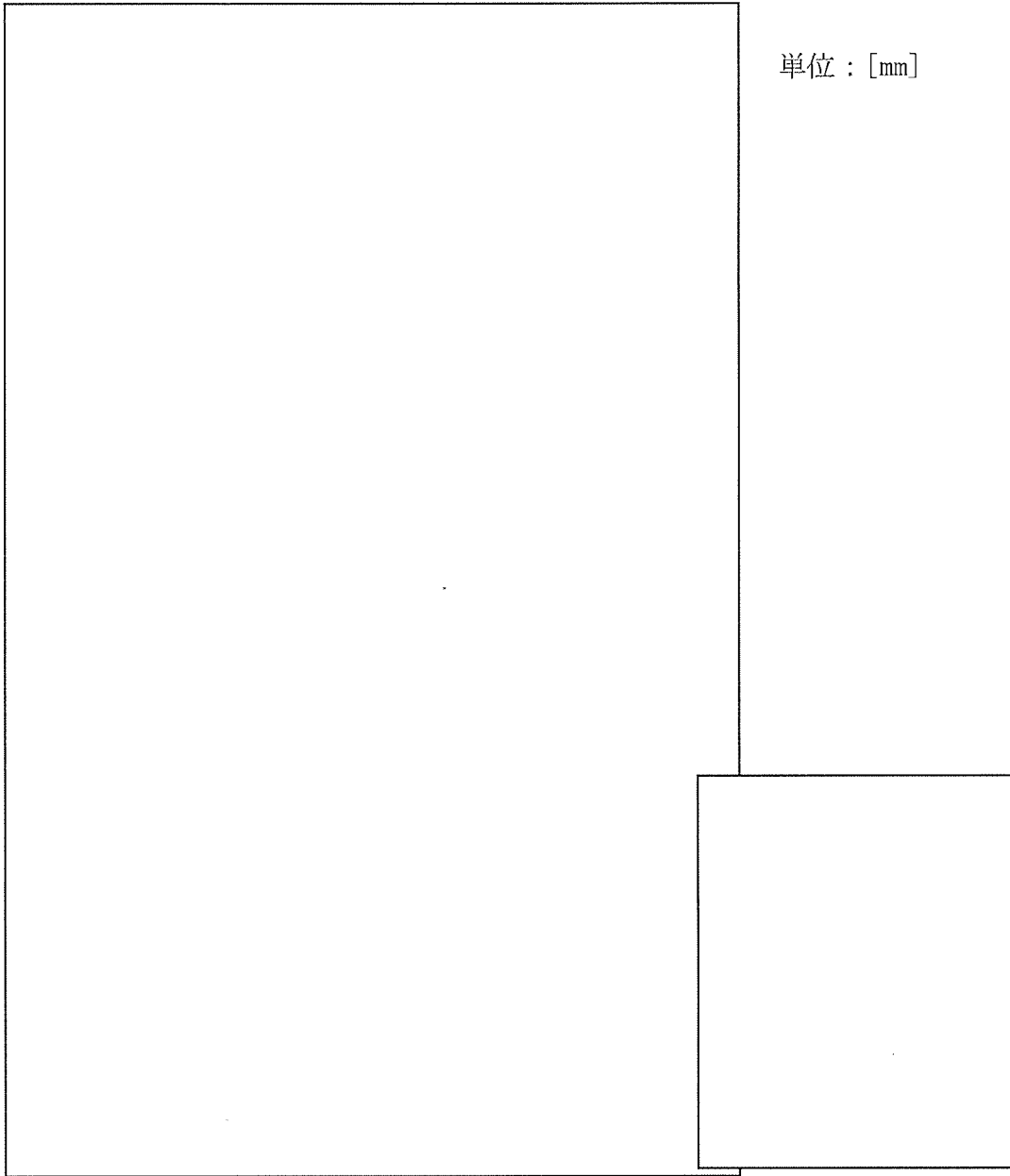
### 2. 1. 評価方法

蒸発器の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

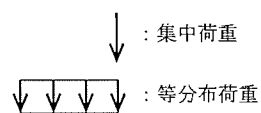
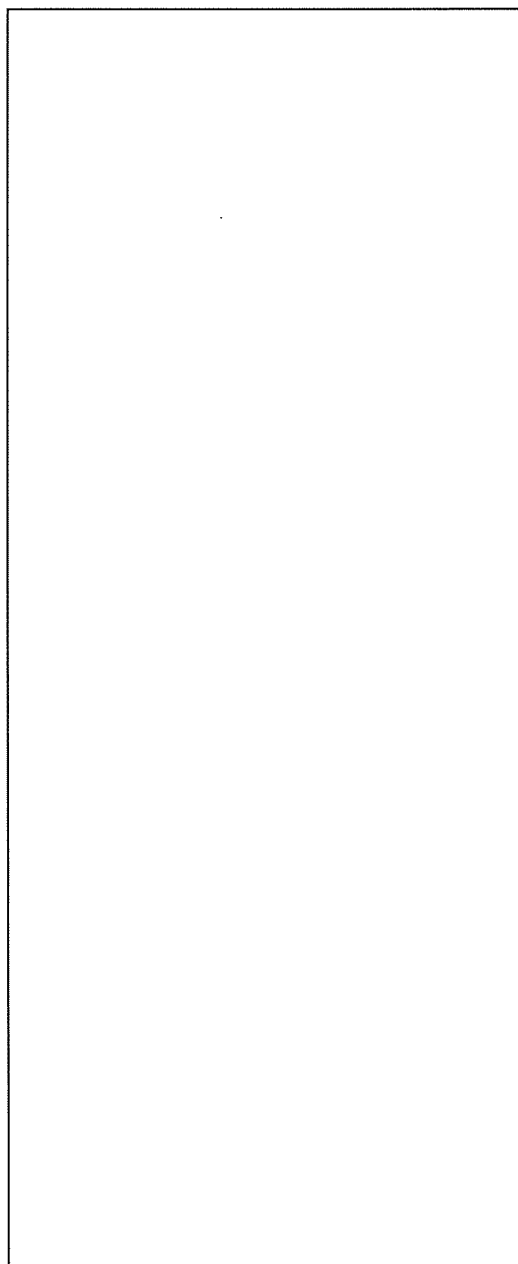
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 1-2-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 1-2-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 1-2-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 1-2-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



単位：[mm]

(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 1-2-1 図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 1-2-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 1-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次 モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二 次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
柱										JIS G3192
柱										計算値
柱										計算値

添説設 3-1-転 1-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 1-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

## 2. 1. 2. 設計用地震力

### 2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \square \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\square} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

### 2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

## 2. 2. 応力評価

### 2. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 1-2-4 表及び添説設 3-1-転 1-2-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 1-2-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	03_03								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	00_01								
曲げ応力度	—	03_01								
組合せ応力度	—	00_01								
組合せ応力	—	00_01								

添説設 3-1-転 1-2-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	03_02								
圧縮応力度	X 正	00_03								
せん断応力度	X 正	00_01								
曲げ応力度	X 正	03_01								
組合せ応力度	X 正	03_01								
組合せ応力	X 正	03_01								

### 2. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 1-2-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 1-2-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正							
せん断応力度	X 正							
引抜力	X 正							

UF<sub>6</sub>フードボックス・堰・UF<sub>6</sub>防護カバーの耐震計算書

1. 設備・機器概要

1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転2-1-1表に示す。

添説設3-1-転2-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
UF <sub>6</sub> フードボックス、 ガス溜めバッファ部 UF <sub>6</sub> 防護カバー、堰（循環貯槽）	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図イ配-1

1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転2-1-2表に示す。フードボックスは安全機能を有する設備としてUF<sub>6</sub>フードボックス及び堰、ガス溜めバッファ部1, 2, 3, 4、蒸発器用防護カバー、蒸発器用防護カバー架台、フードボックス用防護カバー、UF<sub>6</sub>配管用フードボックス及びUF<sub>6</sub>配管用防護カバーを有する。

添説設3-1-転2-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
UF <sub>6</sub> フードボックス、ガス溜めバッファ部1、ガス溜めバッファ部2、ガス溜めバッファ部3、ガス溜めバッファ部4、UF <sub>6</sub> 配管用フードボックス	添付図 図イ設-3
蒸発器用防護カバー、蒸発器用防護カバー架台、フードボックス用防護カバー、UF <sub>6</sub> 配管用防護カバー	添付図 図イ設-2
堰（循環貯槽）	添付図 図イ設-7

## 2. UF<sub>6</sub>フードボックス及び堰の耐震計算

### 2. 1. 評価方法

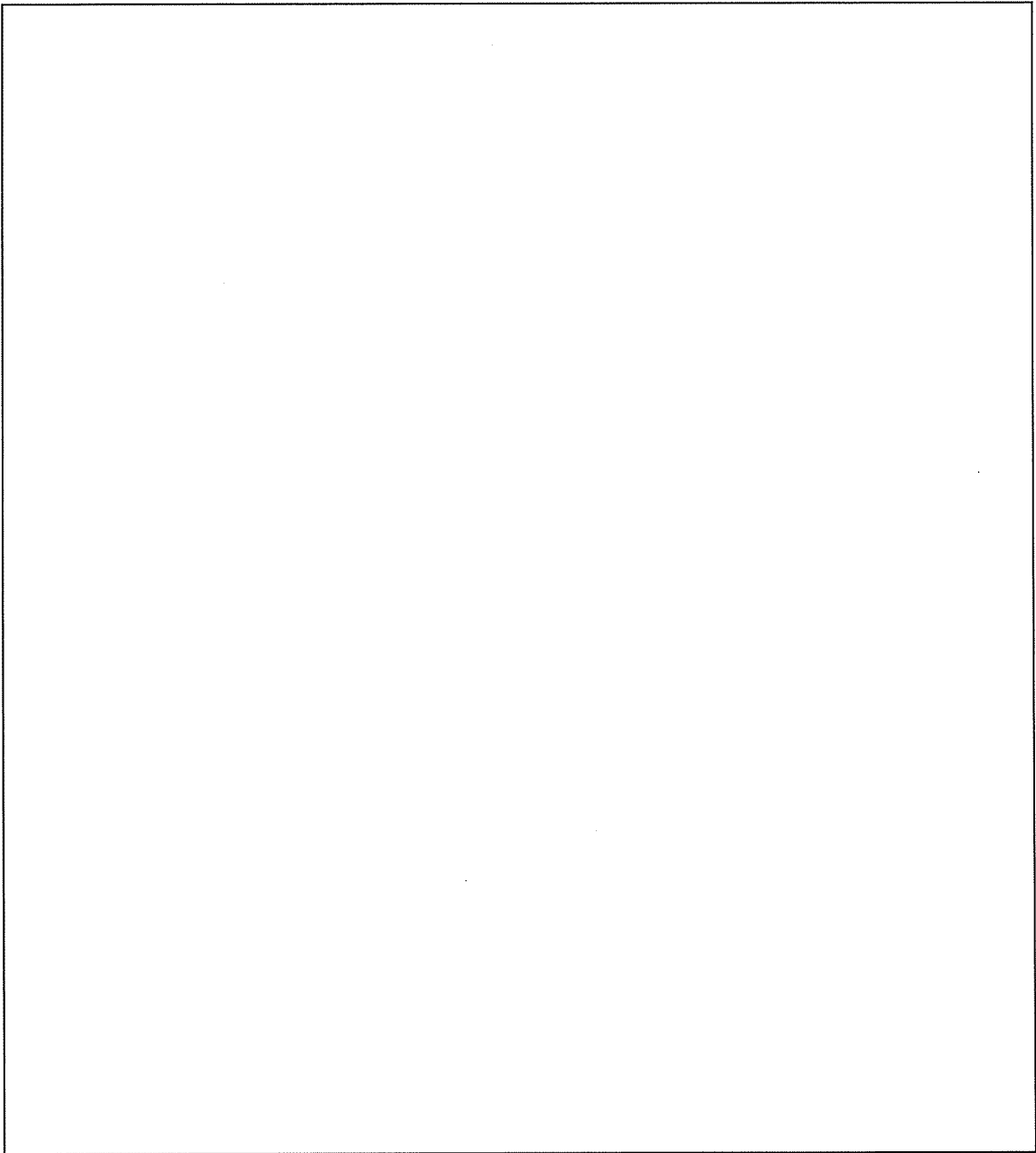
UF<sub>6</sub>フードボックス及び堰の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-2-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-2-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-2-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-2-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。





添説設 3-1-転 2-2-1 図 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										
柱										
はり										
はり										
柱										

添説設 3-1-転 2-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 2-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

2. 1. 2. 設計用地震力

2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分

類第1類であることから、設計用地震力は静的地震力の1.0Gとする。

2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設3-1-付1に示す。

2. 2. 応力評価

2. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設3-1-付2に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設3-1-転2-2-4表及び添説設3-1-転2-2-5表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設3-1-転2-2-4表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—									
圧縮応力度	—									
せん断応力度	—									
曲げ応力度	—									
組合せ応力度	—									
組合せ応力	—									

添説設3-1-転2-2-5表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y負	08_29								
圧縮応力度	X負	00_23								
せん断応力度	Y負	03_11								
曲げ応力度	Y負	08_35								
組合せ応力度	Y負	08_35								
組合せ応力	Y負	00_10								

## 2. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-2-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-2-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負	00_21						
せん断応力度	X 負	00_05						
引抜力	Y 負	00_21						

### 3. ガス溜めバッファ部1の耐震計算

#### 3. 1. 評価方法

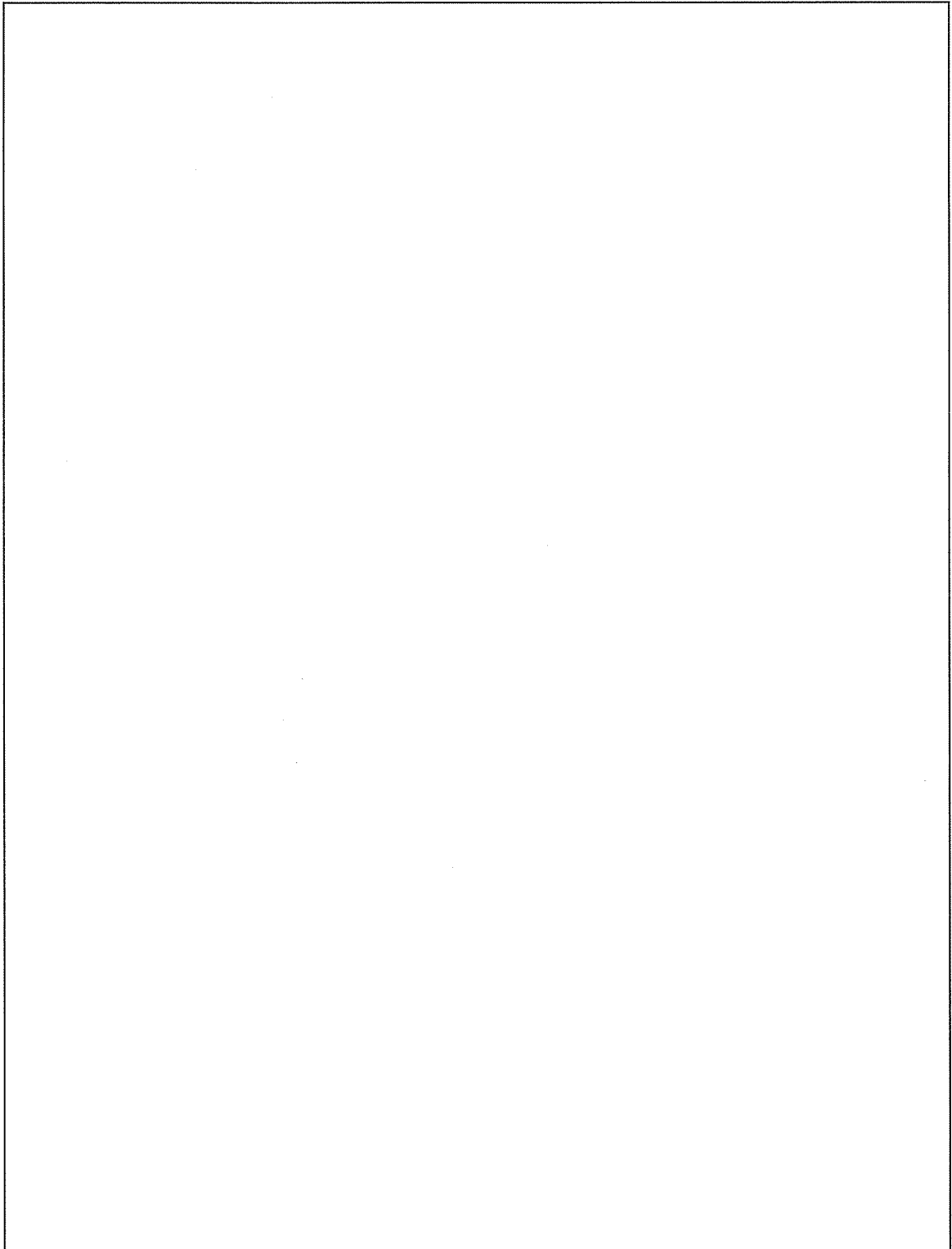
ガス溜めバッファ部1の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

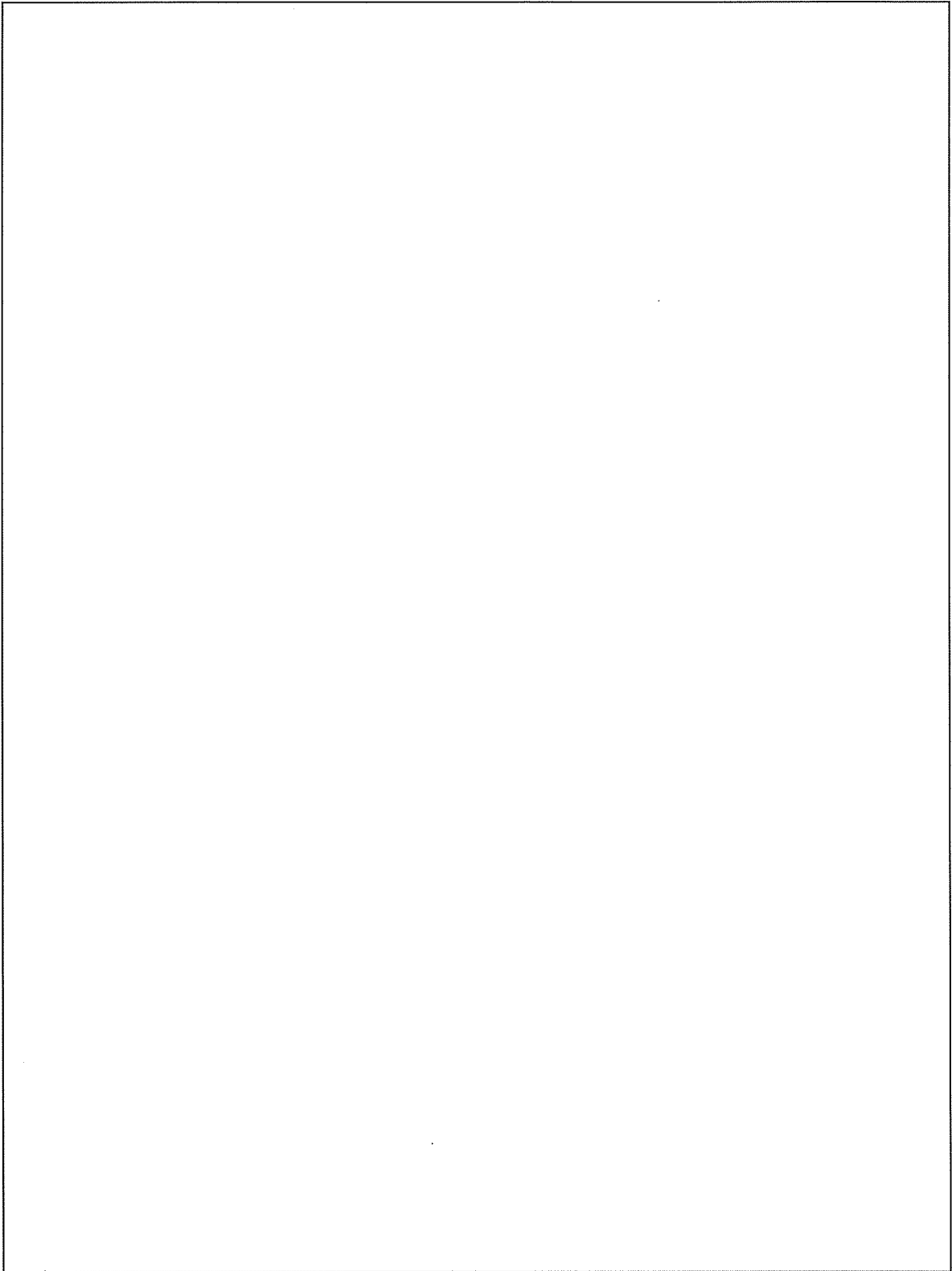
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転2-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転2-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転2-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転2-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。

単位：[mm]



添説設 3-1-転 2-3-1 図(1/2) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-3-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										計算値
柱										計算値
はり										計算値
柱										計算値

添説設 3-1-転 2-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 2-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 3. 1. 2. 設計用地震力

#### 3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。



3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

3. 2. 応力評価

3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-3-4 表及び添説設 3-1-転 2-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_20								
せん断応力度	—	00_33								
曲げ応力度	—	00_32								
組合せ応力度	—	00_32								
組合せ応力	—	00_32								

添説設 3-1-転 2-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 正	02_10								
圧縮応力度	Y 負	04_15								
せん断応力度	Y 負	00_19								
曲げ応力度	Y 負	00_20								
組合せ応力度	Y 負	00_20								
組合せ応力	Y 負	00_20								

### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負	00_39						
せん断応力度	Y 負	00_02						
引抜力	-	-						

#### 4. ガス溜めバッファ部 2 の耐震計算

##### 4. 1. 評価方法

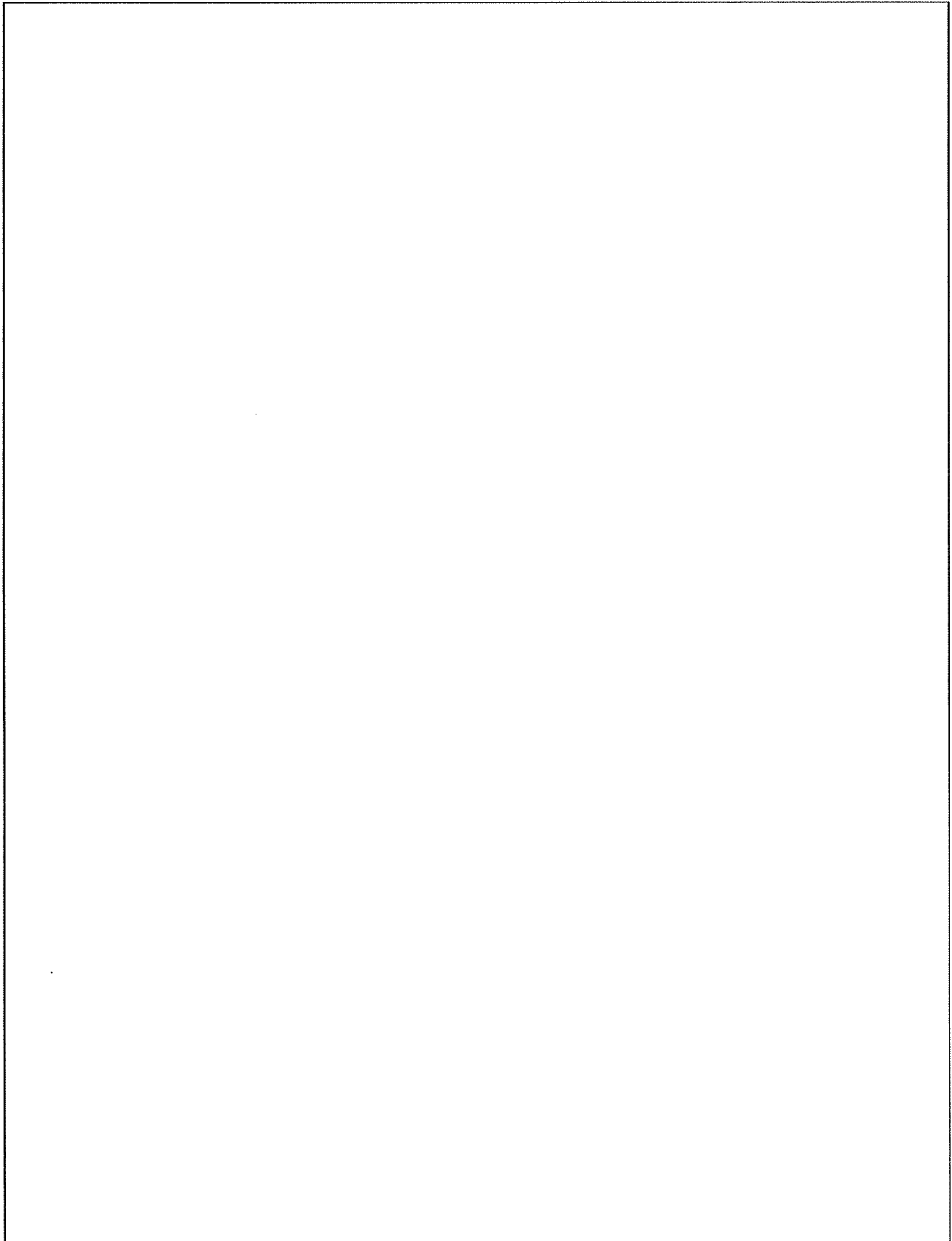
ガス溜めバッファ部 2 の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

##### 4. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-4-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-4-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-4-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-4-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。

単位：[mm]



添説設 3-1-転 2-4-1 図 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-4-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	Iy	Iz	Zy	Zz	I	
はり										計算値
柱										計算値
はり										計算値
柱										計算値

添説設 3-1-転 2-4-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 2-4-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

#### 4. 1. 2. 設計用地震力

##### 4. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \approx \square \cdots \approx \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

##### 4. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

4. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

4. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

4. 2. 応力評価

4. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-4-4 表及び添説設 3-1-転 2-4-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-4-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	00_15								
曲げ応力度	—	00_06								
組合せ応力度	—	00_06								
組合せ応力	—	00_01								

添説設 3-1-転 2-4-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 負	05_05								
圧縮応力度	Y 正	04_05								
せん断応力度	Y 負	00_02								
曲げ応力度	Y 負	00_01								
組合せ応力度	Y 負	00_01								
組合せ応力	Y 負	00_01								

#### 4. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-4-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-4-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 負							
せん断応力度	Y 負							
引抜力	—							

## 5. ガス溜めバッファ部 3 の耐震計算

### 5. 1. 評価方法

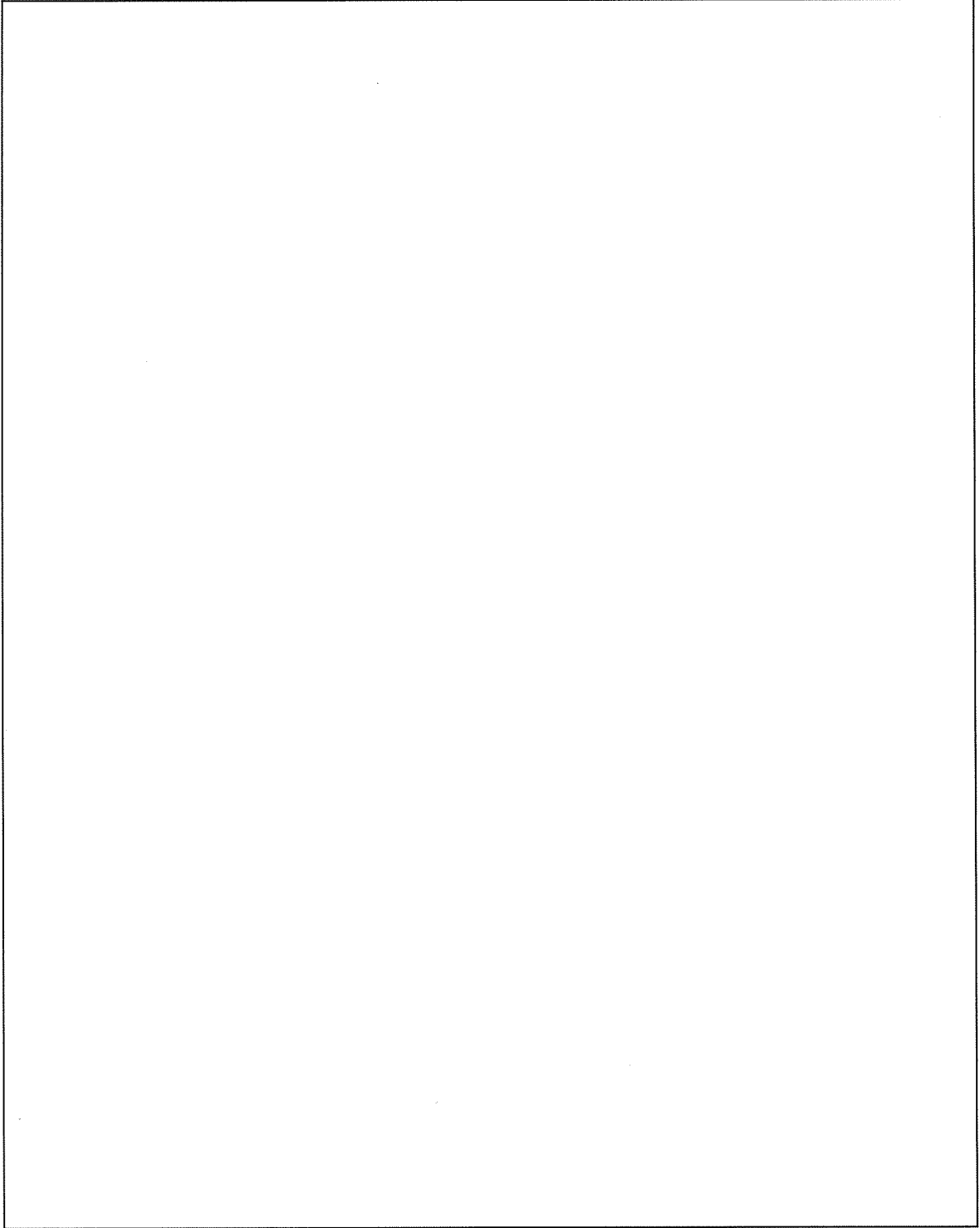
ガス溜めバッファ部 3 の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 5. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-5-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-5-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-5-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-5-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。





添説設 3-1-転 2-5-1 図 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-5-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m ]	断面積	断面二次モーメント		断面係数		断面二次半径	出典
				[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>4</sup> ] ×10 <sup>4</sup>	[mm <sup>3</sup> ] ×10 <sup>3</sup>	[mm]			
				A	Iy	Iz	Zy	Zz	I	
はり										計算値
柱										計算値
はり										計算値
柱										計算値

添説設 3-1-転 2-5-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 2-5-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

5. 1. 2. 設計用地震力

5. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

5. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

5. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

5. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

5. 2. 応力評価

5. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-5-4 表及び添説設 3-1-転 2-5-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-5-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_39								
せん断応力度	—	00_14								
曲げ応力度	—	00_05								
組合せ応力度	—	00_05								
組合せ応力	—	00_05								

添説設 3-1-転 2-5-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 負	02_14								
圧縮応力度	Y 正	05_05								
せん断応力度	Y 正	00_40								
曲げ応力度	Y 正	00_59								
組合せ応力度	Y 正	00_59								
組合せ応力	Y 正	00_59								

### 5. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-5-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-5-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負	00_40						
せん断応力度	Y 正	00_40						
引抜力	-	-						

## 6. ガス溜めバッファ部 4 の耐震計算

### 6. 1. 評価方法

ガス溜めバッファ部 4 の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 6. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-6-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-6-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-6-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-6-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



添説設 3-1-転 2-6-1 図 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-6-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m ]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
					A	Iy	Iz	Zy		
はり										計算値
柱										計算値
はり										計算値
柱										計算値

添説設 3-1-転 2-6-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 2-6-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

## 6. 1. 2. 設計用地震力

### 6. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \cong \square \cdots \cong \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\square$  [Hz]となり、20 [Hz]未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

### 6. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

6. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

6. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

6. 2. 応力評価

6. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-6-4 表及び添説設 3-1-転 2-6-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-6-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	-	02_01								
圧縮応力度	-	00_05								
せん断応力度	-	00_04								
曲げ応力度	-	00_02								
組合せ応力度	-	00_02								
組合せ応力	-	00_02								

添説設 3-1-転 2-6-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y負	06_03								
圧縮応力度	Y負	00_03								
せん断応力度	Y負	00_02								
曲げ応力度	Y負	00_02								
組合せ応力度	Y負	00_02								
組合せ応力	Y負	00_02								



## 6. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-6-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-6-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負	00_22						
せん断応力度	Y 負	00_02						
引抜力	Y 負	00_22						

## 7. 蒸発器用防護カバーの耐震計算

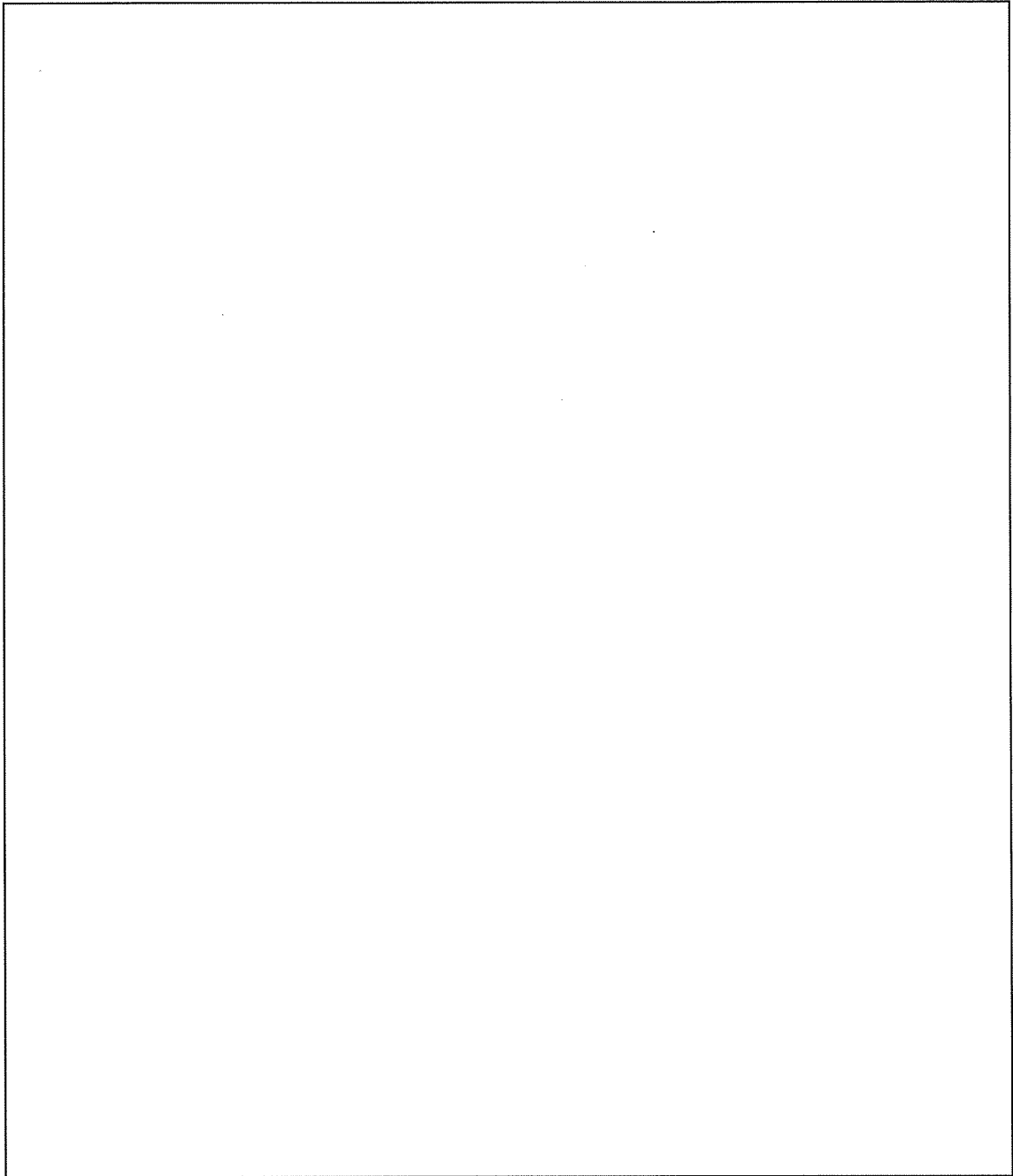
### 7. 1. 評価方法

蒸発器用防護カバーの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 7. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-7-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-7-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-7-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-7-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



添説設 3-1-転 2-7-1 図 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-7-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G3466
柱										JIS G3466
はり										JIS G3466
柱										JIS G3466

添説設 3-1-転 2-7-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 2-7-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 7. 1. 2. 設計用地震力

#### 7. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \square \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は□[Hz]となり、20[Hz]以上であるので、剛構造の設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 7. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 7. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 7. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

## 7. 2. 応力評価

### 7. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-7-4 表及び添説設 3-1-転 2-7-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-7-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	00_02								
曲げ応力度	—	00_02								
組合せ応力度	—	00_02								
組合せ応力	—	00_01								

添説設 3-1-転 2-7-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 正	01_01								
圧縮応力度	Y 負	00_01								
せん断応力度	Y 負	00_02								
曲げ応力度	X 負	00_03								
組合せ応力度	X 正	00_01								
組合せ応力	Y 負	00_01								

7. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-7-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-7-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 正	00_02						
せん断応力度	X 負	00_02						
引抜力	—	—						

## 8. 蒸発器用防護カバー架台の耐震計算

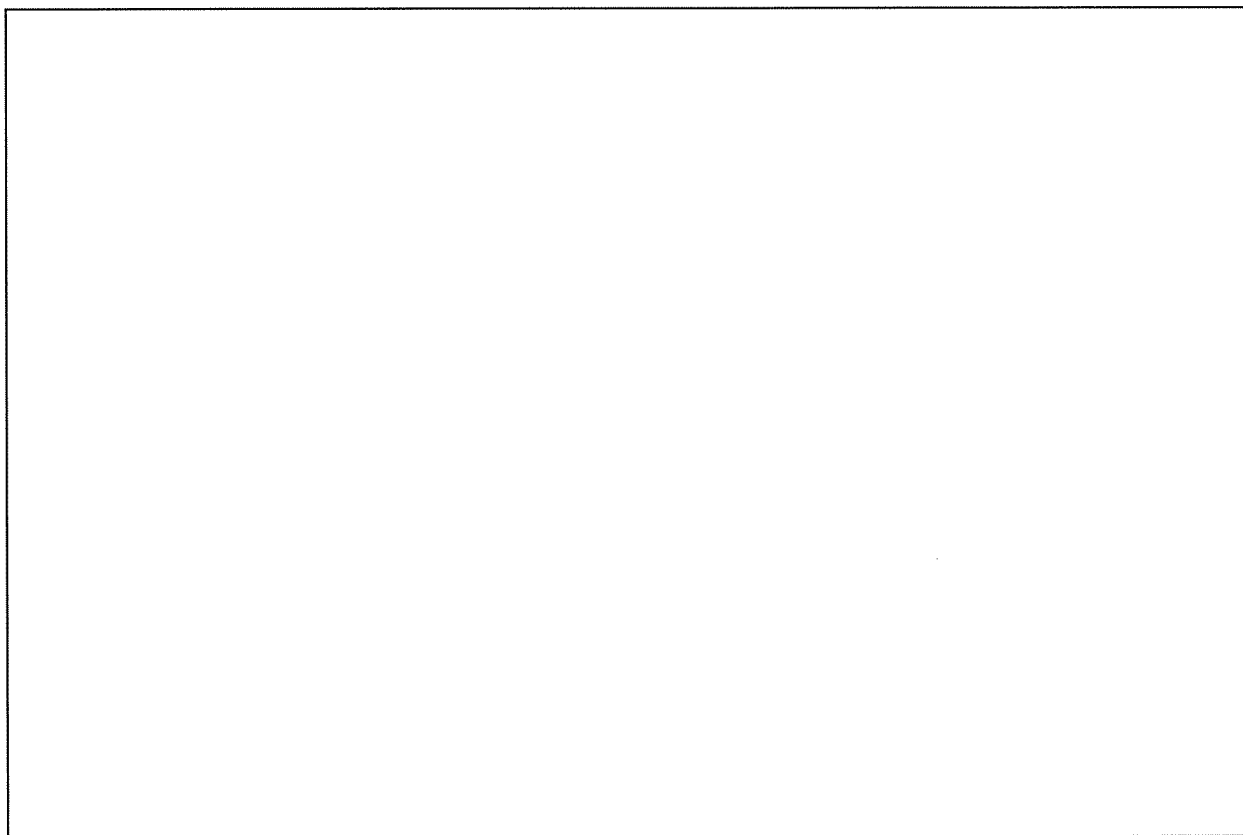
### 8. 1. 評価方法

蒸発器用防護カバー架台の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

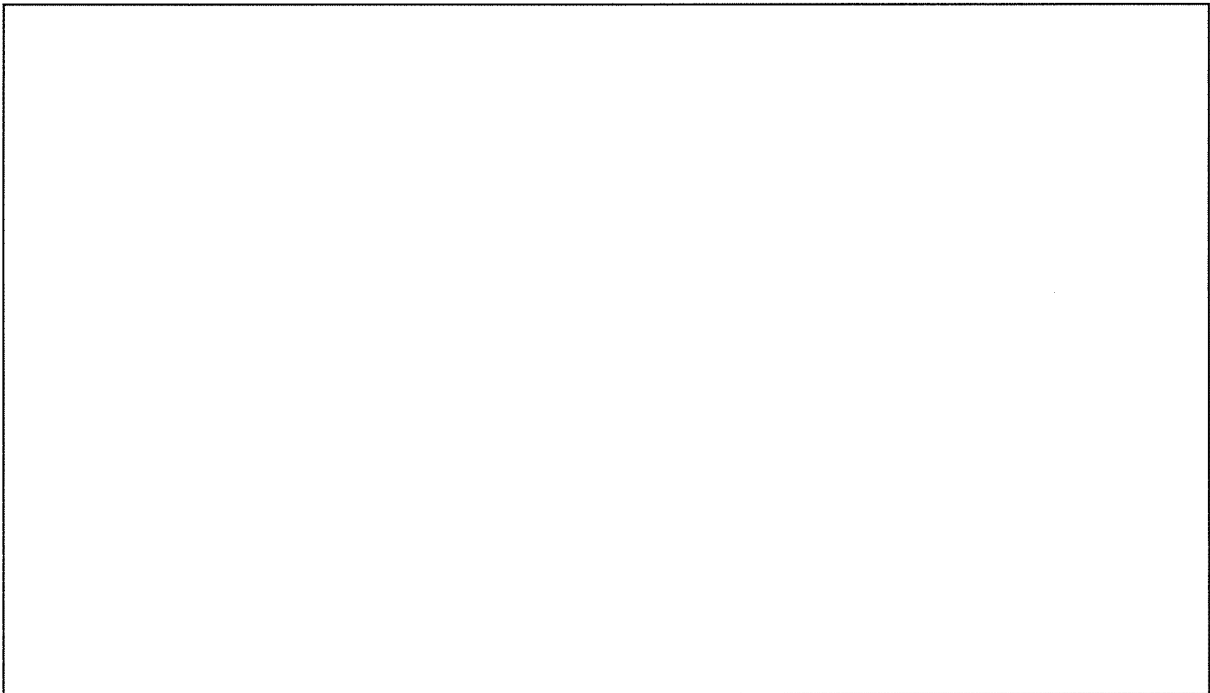
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 8. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-8-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-8-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-8-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-8-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



添説設 3-1-転 2-8-1 図(1/2) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-8-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-8-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G3192

添説設 3-1-転 2-8-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 2-8-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

(注 1) 蒸発器用防護カバーの計算結果より設定

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。



## 8. 1. 2. 設計用地震力

### 8. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\square$ [Hz]となり、20[Hz]以上であるので、剛構造の設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

### 8. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

## 8. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

## 8. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

## 8. 2. 応力評価

### 8. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-8-4 表及び添説設 3-1-転 2-8-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-8-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	00_06								
圧縮応力度	—	00_06								
せん断応力度	—	00_08								
曲げ応力度	—	00_10								
組合せ応力度	—	00_10								
組合せ応力	—	00_10								

添説設 3-1-転 2-8-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	00_06								
圧縮応力度	X 負	00_06								
せん断応力度	X 正	00_06								
曲げ応力度	X 正	00_05								
組合せ応力度	X 正	00_05								
組合せ応力	X 負	00_05								

8. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-8-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-8-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 負	00_02						
せん断応力度	X 正	00_04						
引抜力	X 負	00_02						

## 9. フードボックス用防護カバーの耐震計算

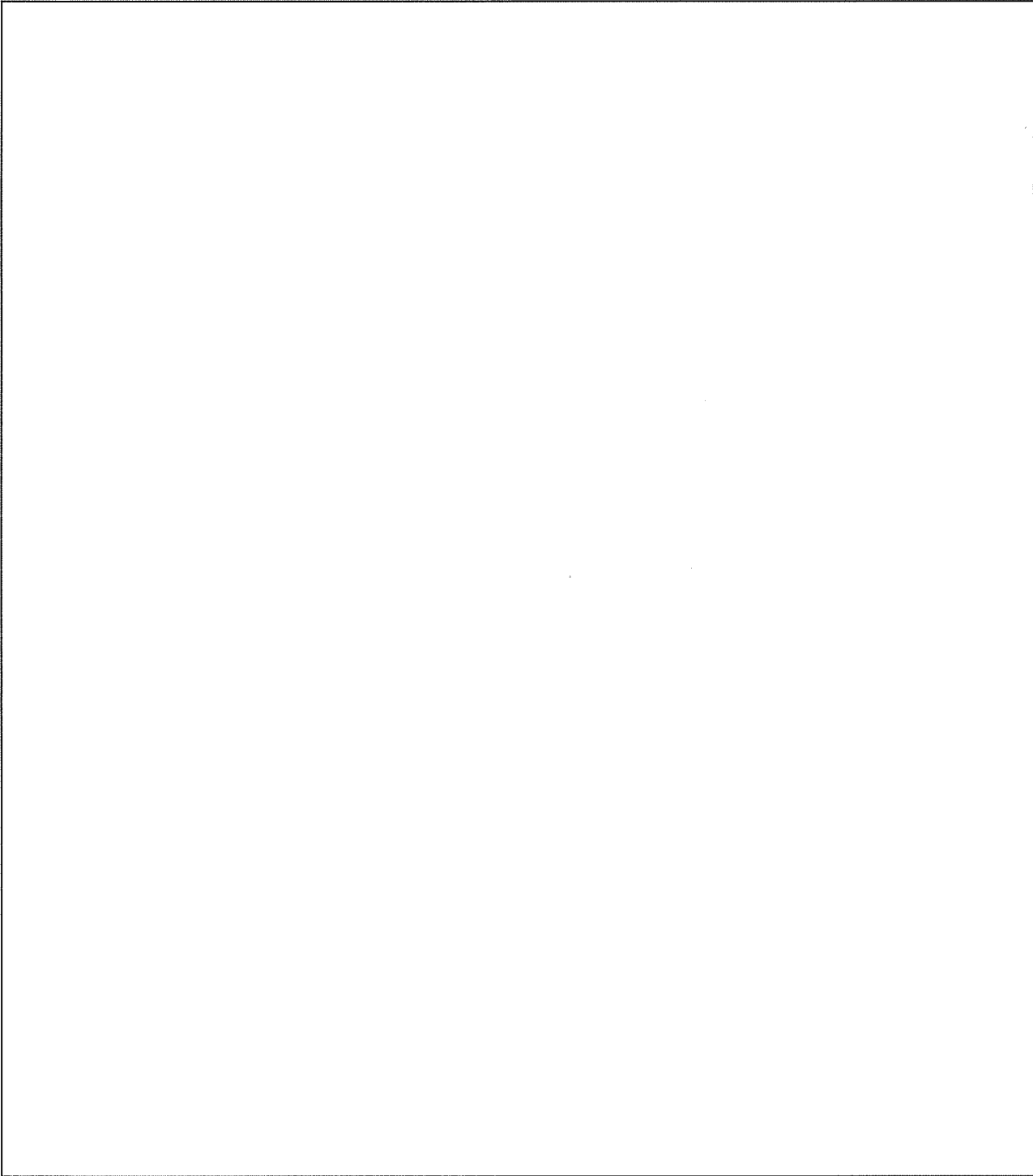
### 9. 1. 評価方法

フードボックス用防護カバーの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

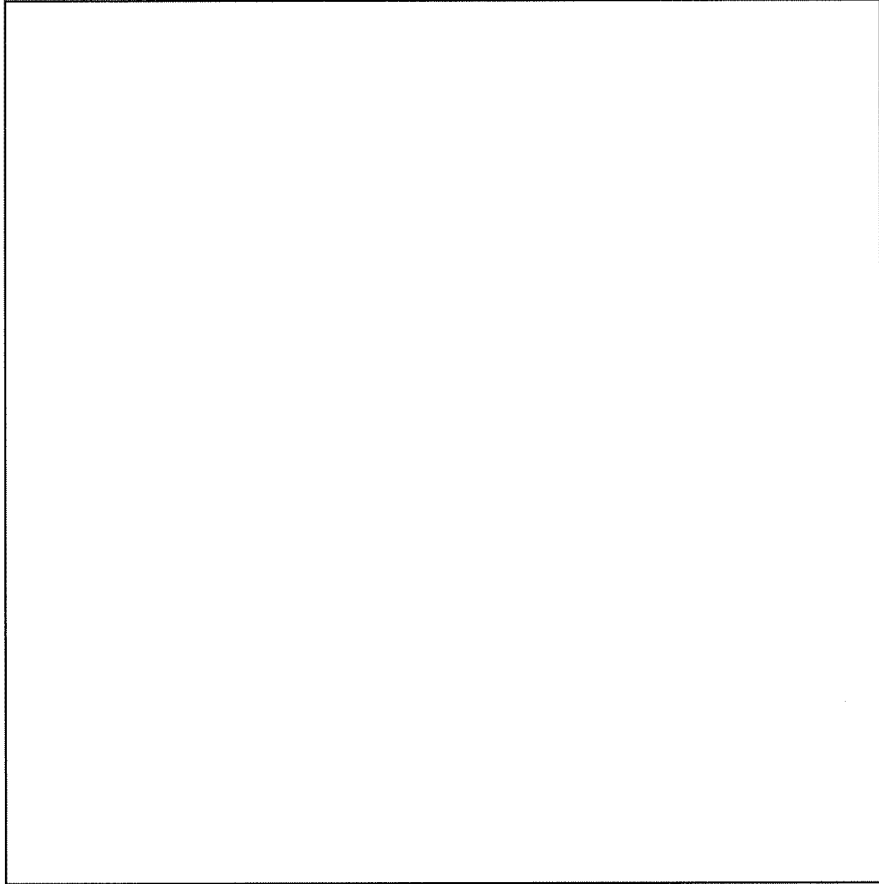
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 9. 1. 1. 構造解析モデル

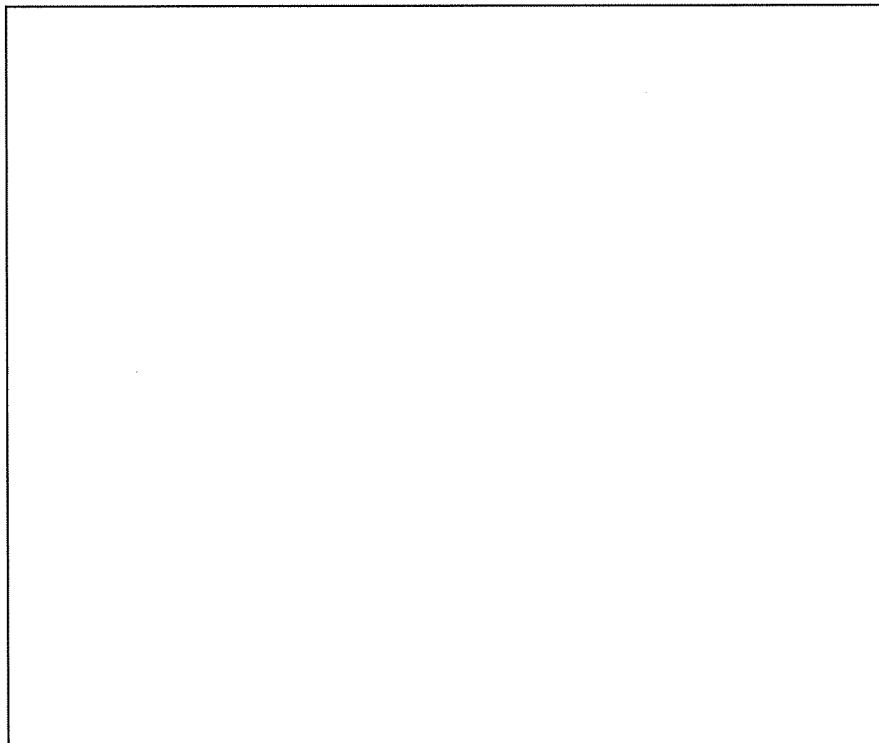
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-9-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-9-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-9-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-9-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



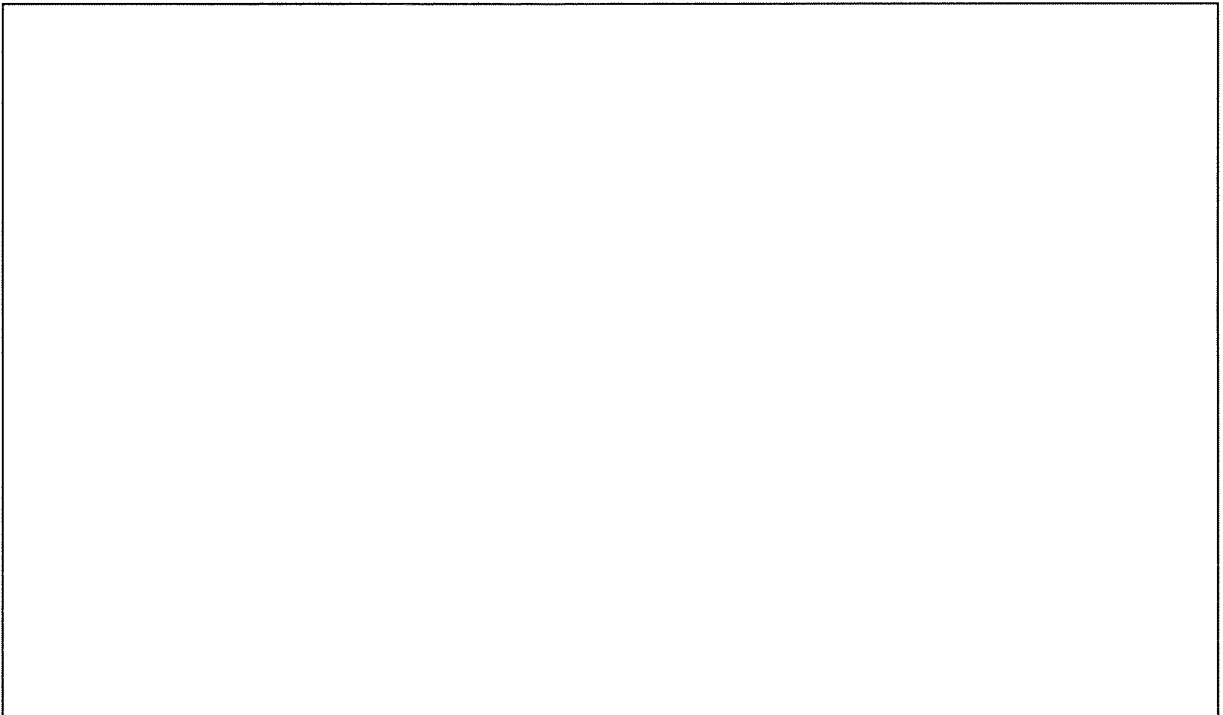
添説設 3-1-転 2-9-1 図(1/9) 構造解析モデル



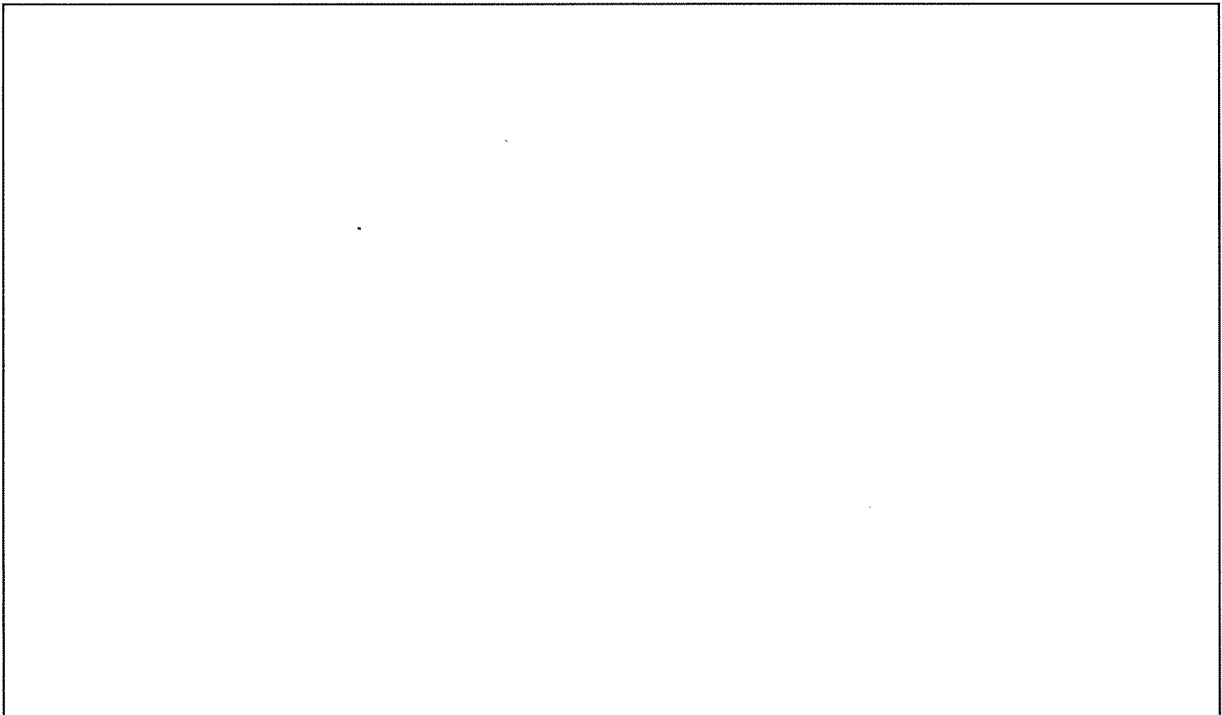
添説設 3-1-転 2-9-1 図(3/9) 構造解析モデル



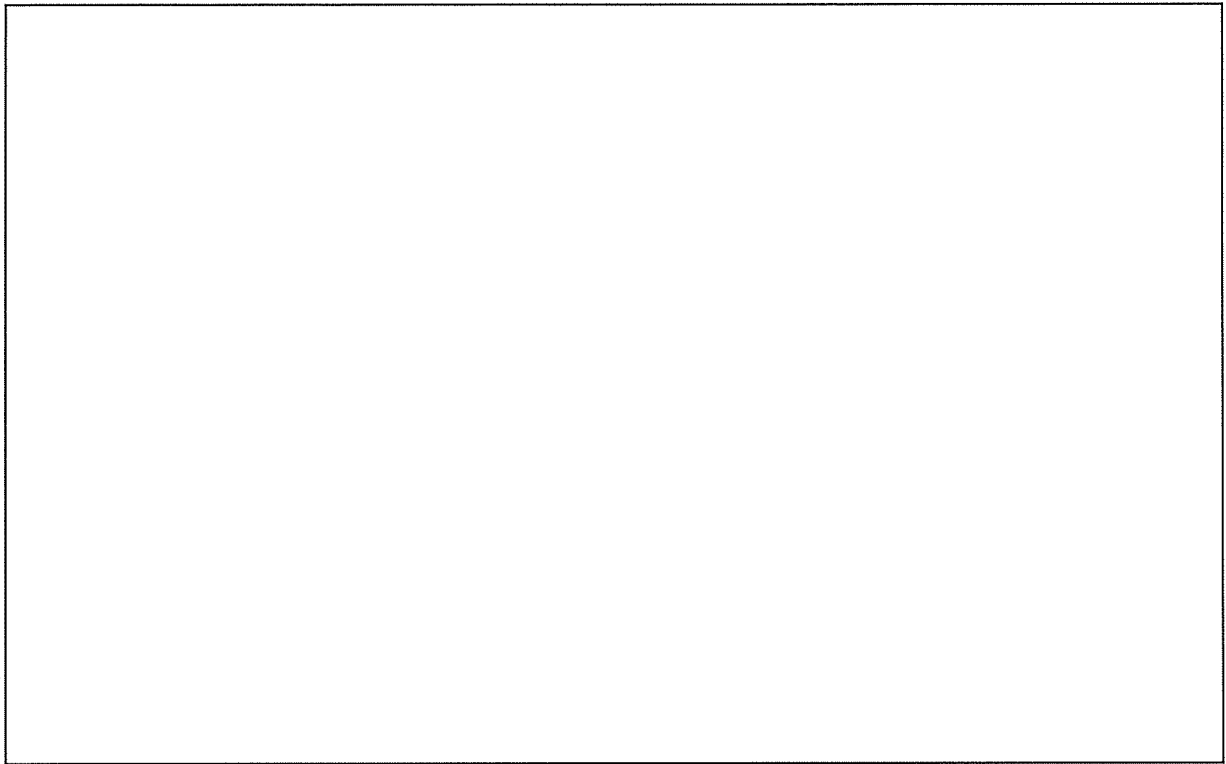
添説設 3-1-転 2-9-1 図(4/9) 構造解析モデル



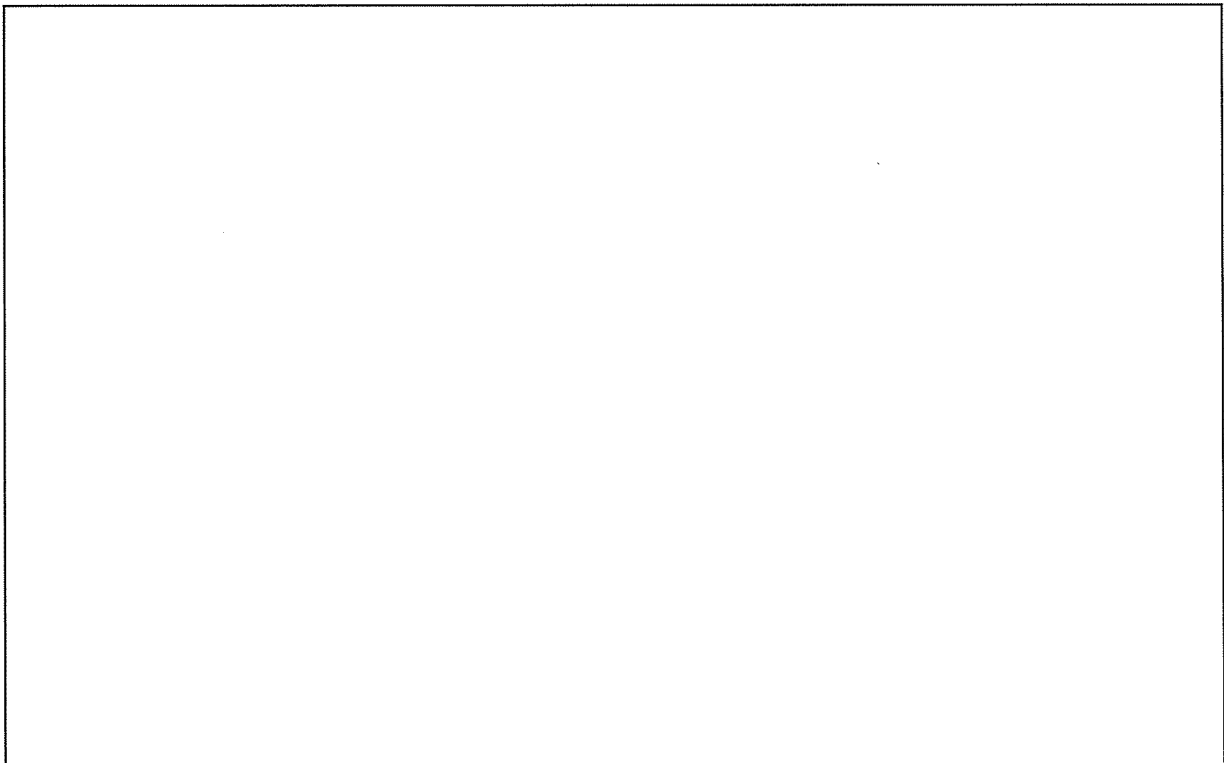
添説設 3-1-転 2-9-1 図(5/9) 構造解析モデル



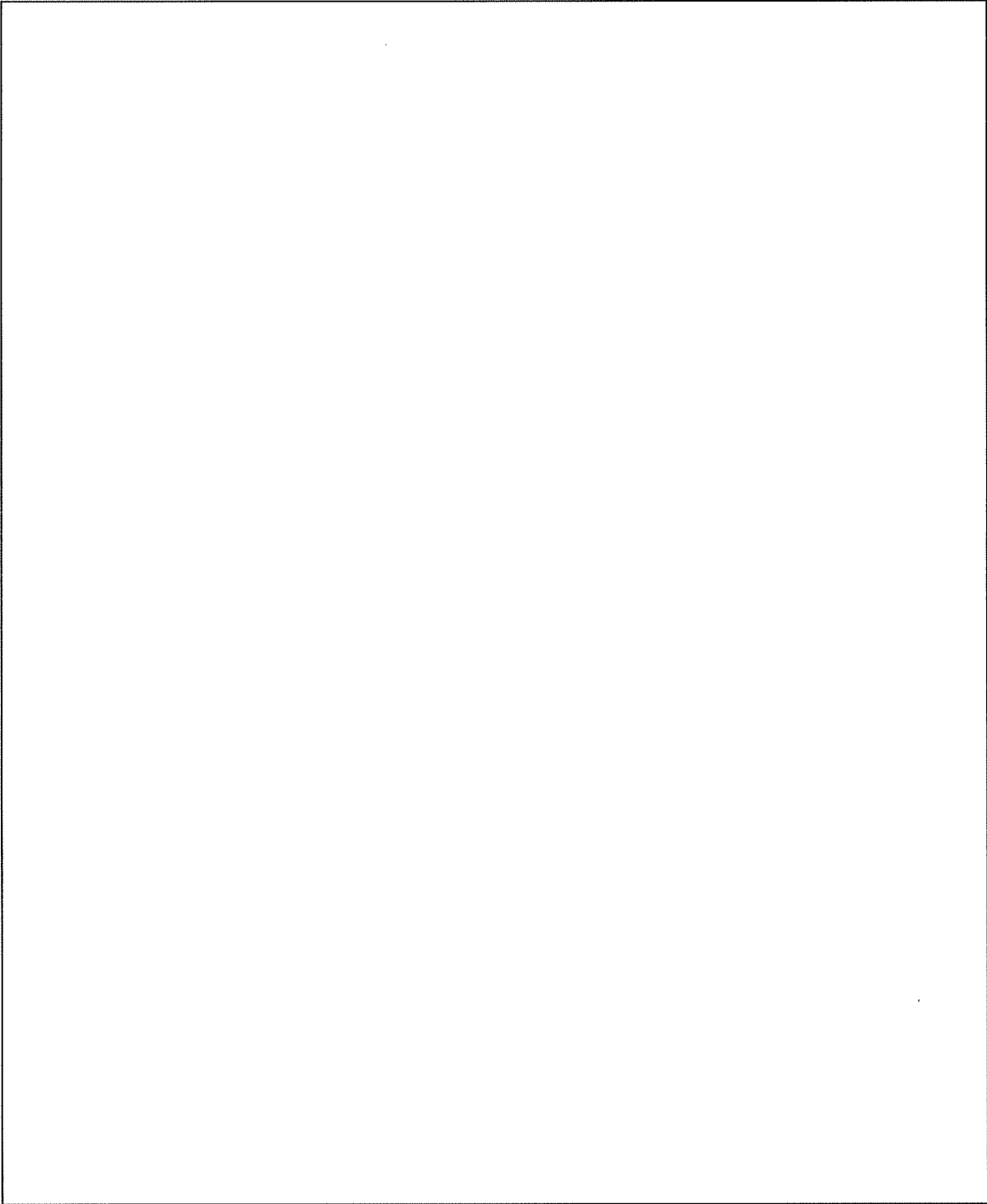
添説設 3-1-転 2-9-1 図(6/9) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-9-1 図(7/9) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-9-1 図(8/9) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-9-1 図(9/9) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-9-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m ]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
					A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>		
柱										
はり										
はり										
柱										
はり										
はり										

添説設 3-1-転 2-9-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典

添説設 3-1-転 2-9-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

## 9. 1. 2. 設計用地震力

### 9. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20[Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

### 9. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場1階に設置しており、耐震重要度分類第1類であることから、設計用地震力は静的地震力の1.0Gとする。

## 9. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

## 9. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設3-1-付1に示す。

## 9. 2. 応力評価

### 9. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設3-1-付2に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設3-1-転2-9-4表及び添説設3-1-転2-9-5表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-9-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	06_024								
圧縮応力度	—	00_036								
せん断応力度	—	08_046								
曲げ応力度	—	08_046								
組合せ応力度	—	08_046								
組合せ応力	—	08_046								

添説設 3-1-転 2-9-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	08_004								
圧縮応力度	X 負	06_003								
せん断応力度	Y 正	05_013								
曲げ応力度	Y 負	00_011								
組合せ応力度	X 負	00_030								
組合せ応力	Y 負	00_011								

9. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-9-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-9-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	00_001						
せん断応力度	Y 負	00_017						
引抜力	X 正	00_001						

## 10. UF<sub>6</sub>配管用フードボックスの耐震計算

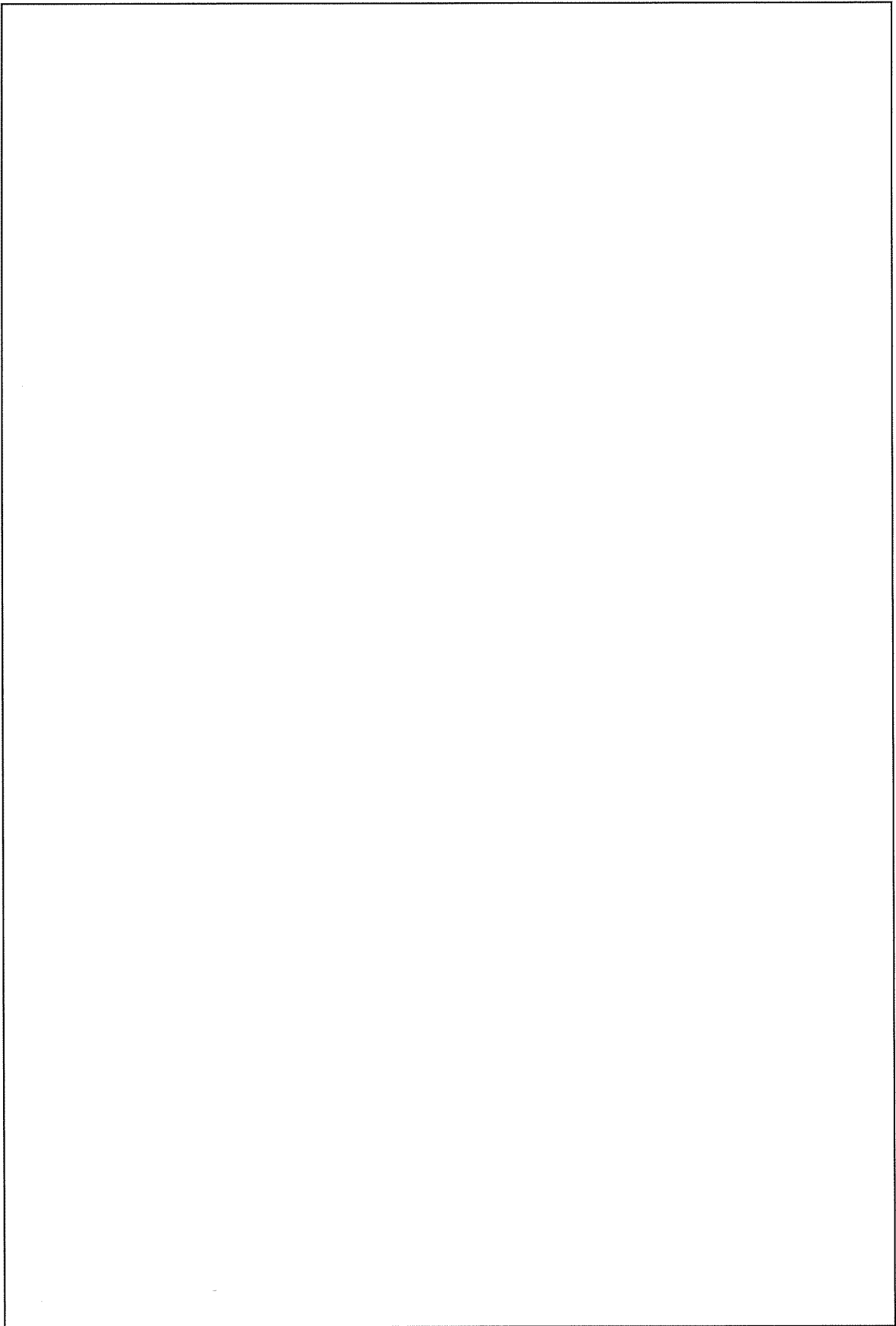
### 10.1. 評価方法

UF<sub>6</sub>配管用フードボックスの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

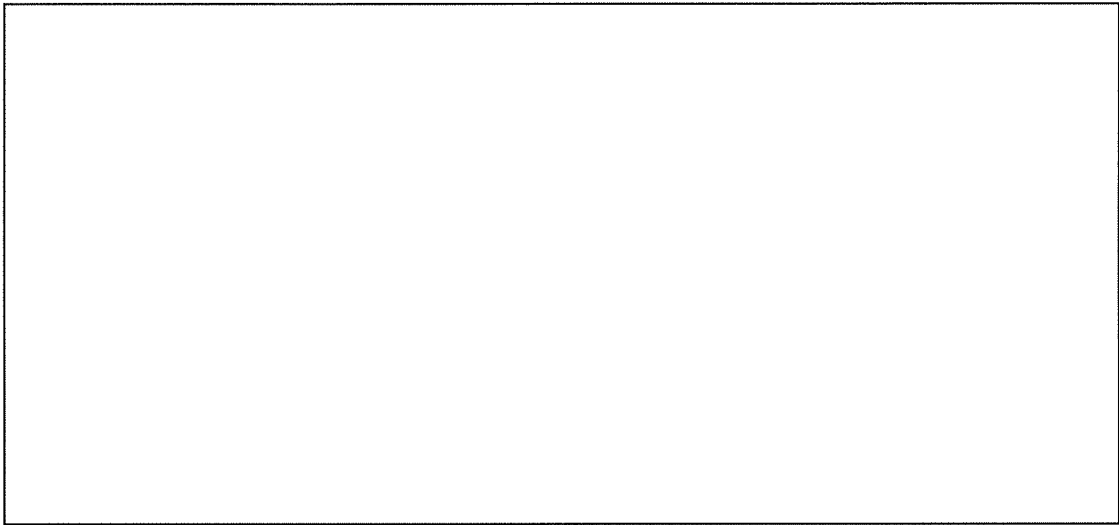
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 10.1.1. 構造解析モデル

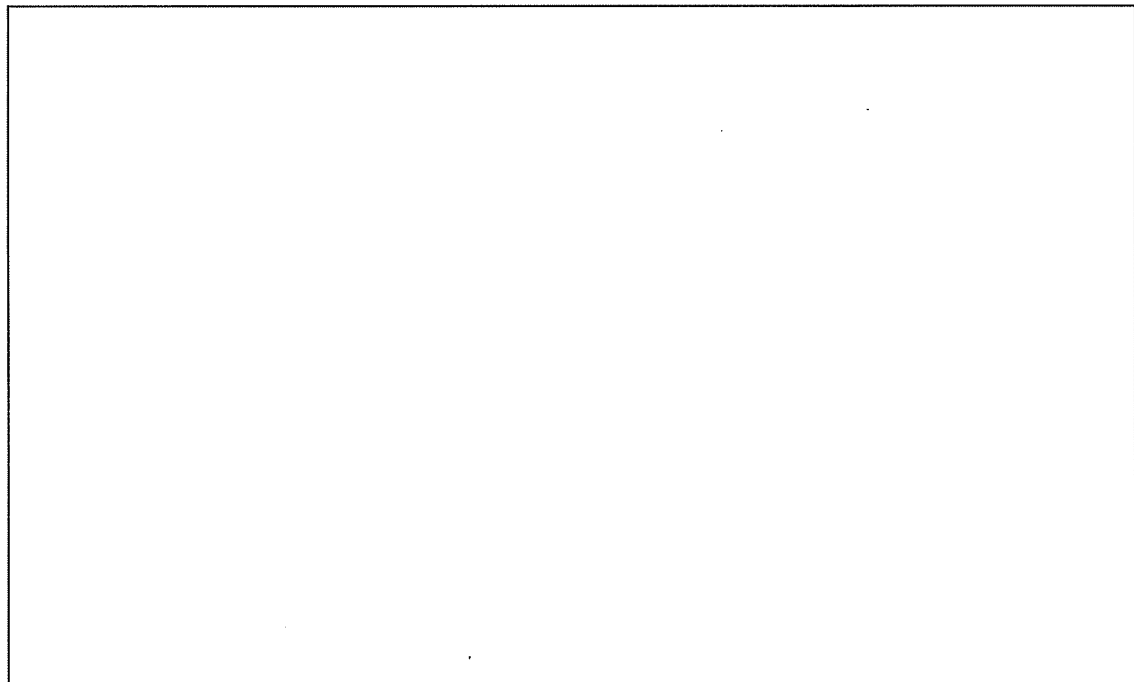
はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転2-10-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転2-10-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転2-10-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転2-10-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



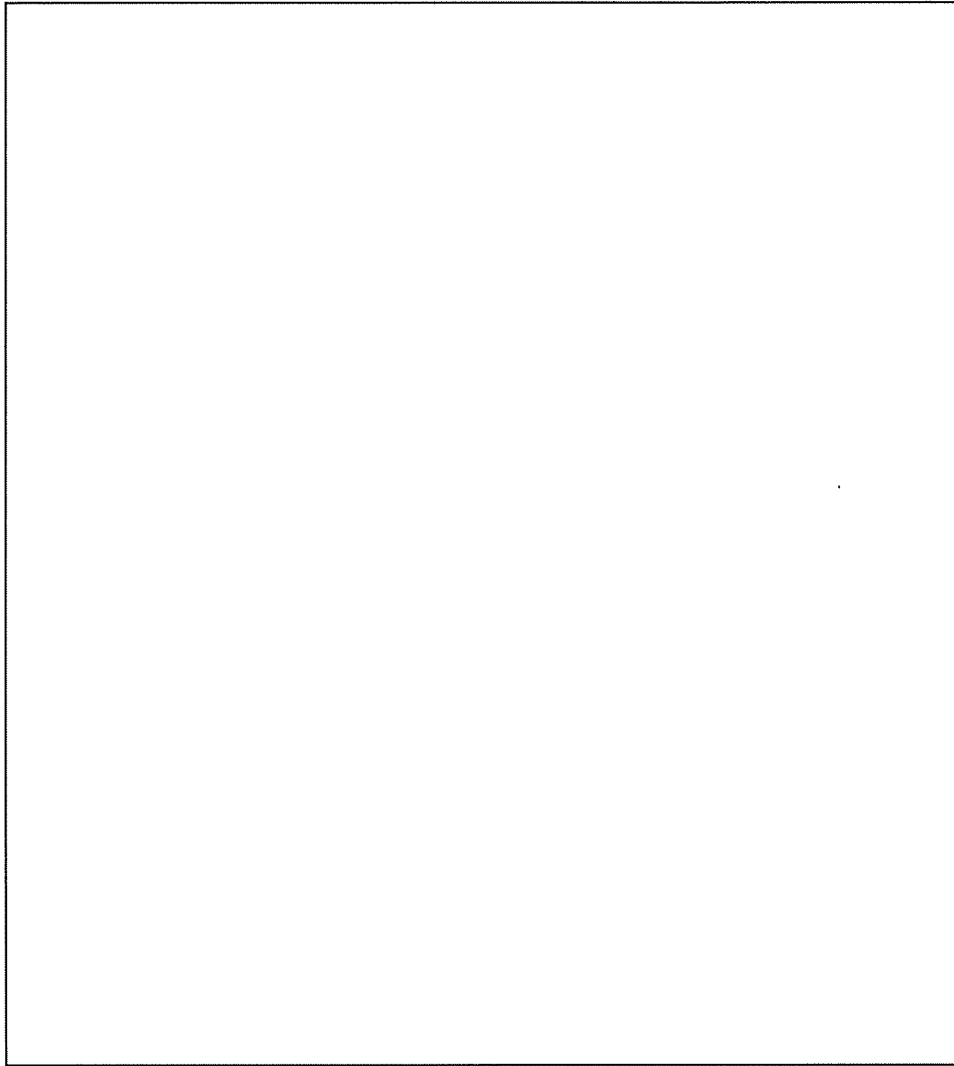
添説設 3-1-転 2-10-1 図 (2/5) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-10-1 図 (3/5) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-10-1 図 (4/5) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-10-1 図 (5/5) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-10-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり									JIS G4317	
柱									JIS G4317	
はり									JIS G4317	

添説設 3-1-転 2-10-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 2-10-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

10. 1. 2. 設計用地震力

10. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

10. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

10. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

10. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。



## 10. 2. 応力評価

### 10. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-10-4 表及び添説設 3-1-転 2-10-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-10-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	02_103								
圧縮応力度	—	00_001								
せん断応力度	—	02_094								
曲げ応力度	—	02_105								
組合せ応力度	—	02_105								
組合せ応力	—	02_095								

添説設 3-1-転 2-10-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 負	01_002								
圧縮応力度	X 負	00_001								
せん断応力度	Y 正	03_003								
曲げ応力度	X 負	02_001								
組合せ応力度	X 負	02_001								
組合せ応力	X 負	02_001								

### 10. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-10-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-10-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 負	00_002						
せん断応力度	Y 正	00_050						
引抜力	X 負	00_002						

## 1 1 . UF<sub>6</sub>配管用防護カバーの耐震計算

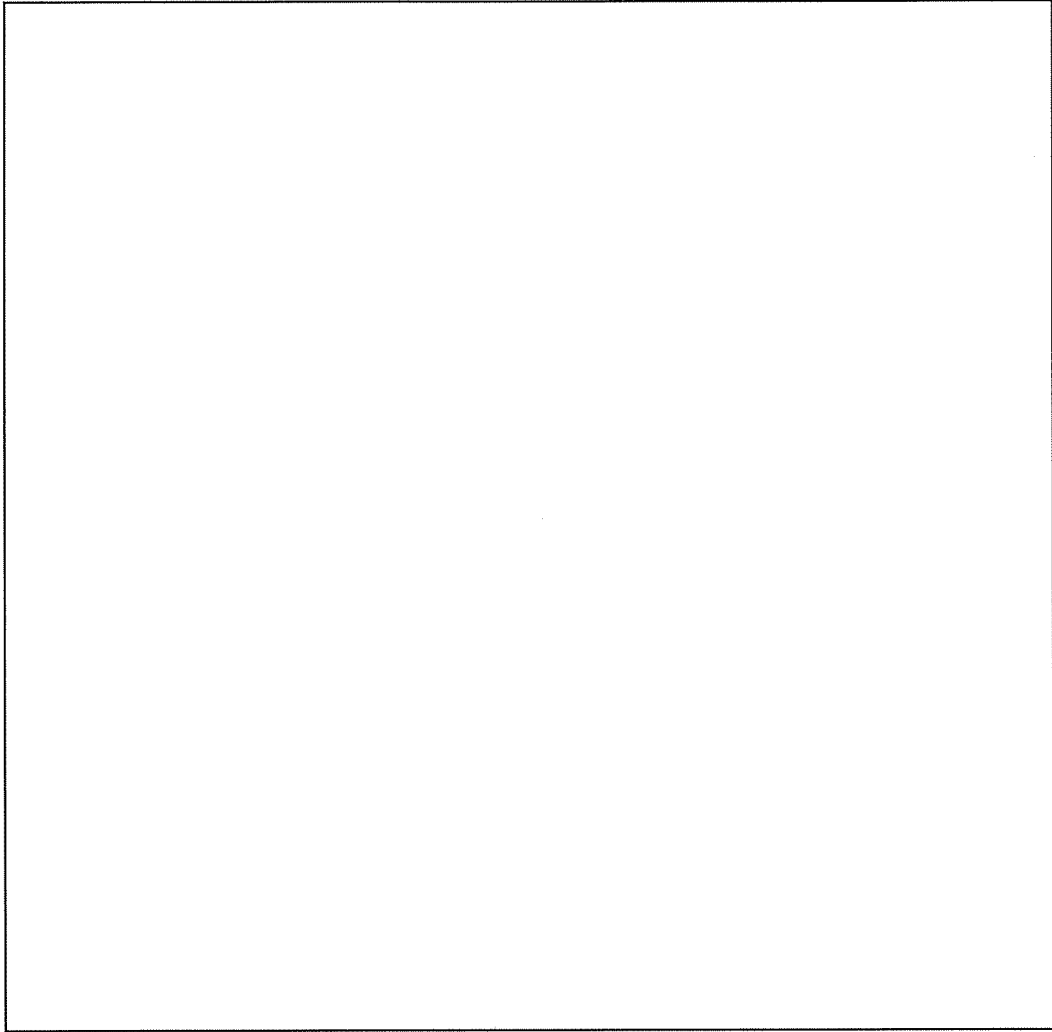
### 1 1 . 1 . 評価方法

UF<sub>6</sub>配管用防護カバーの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

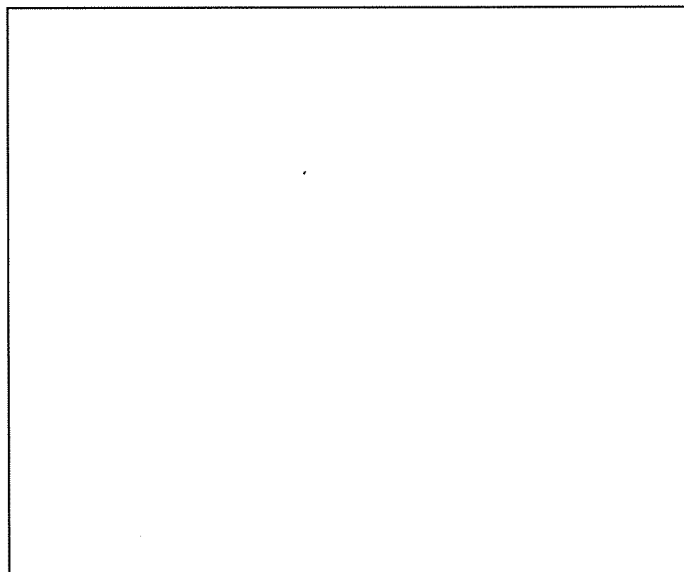
### 1 1 . 1 . 1 . 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-11-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-11-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-11-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-11-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



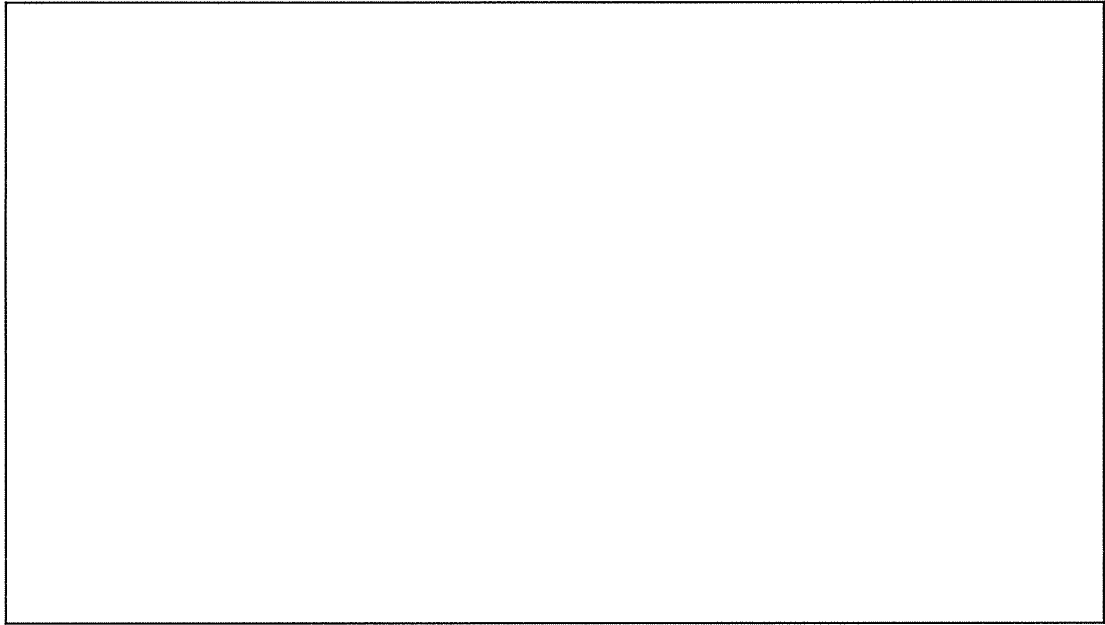
寸法及び節点

添説設 3-1-転 2-11-1 図 (1/5) 構造解析モデル



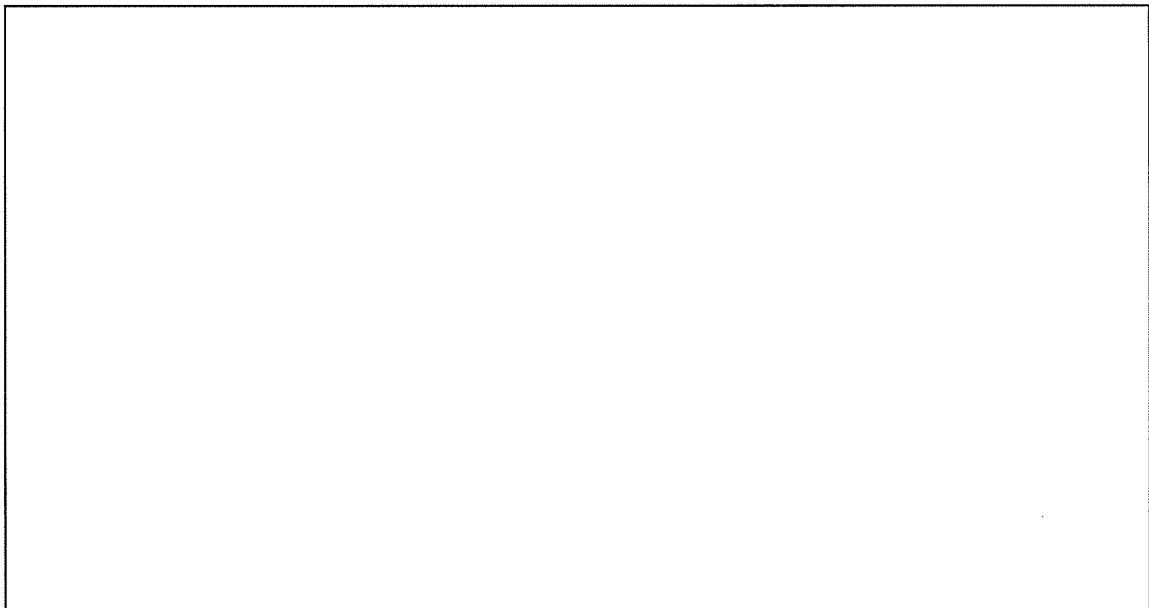
寸法及び節点

添説設 3-1-転 2-11-1 図 (2/5) 構造解析モデル



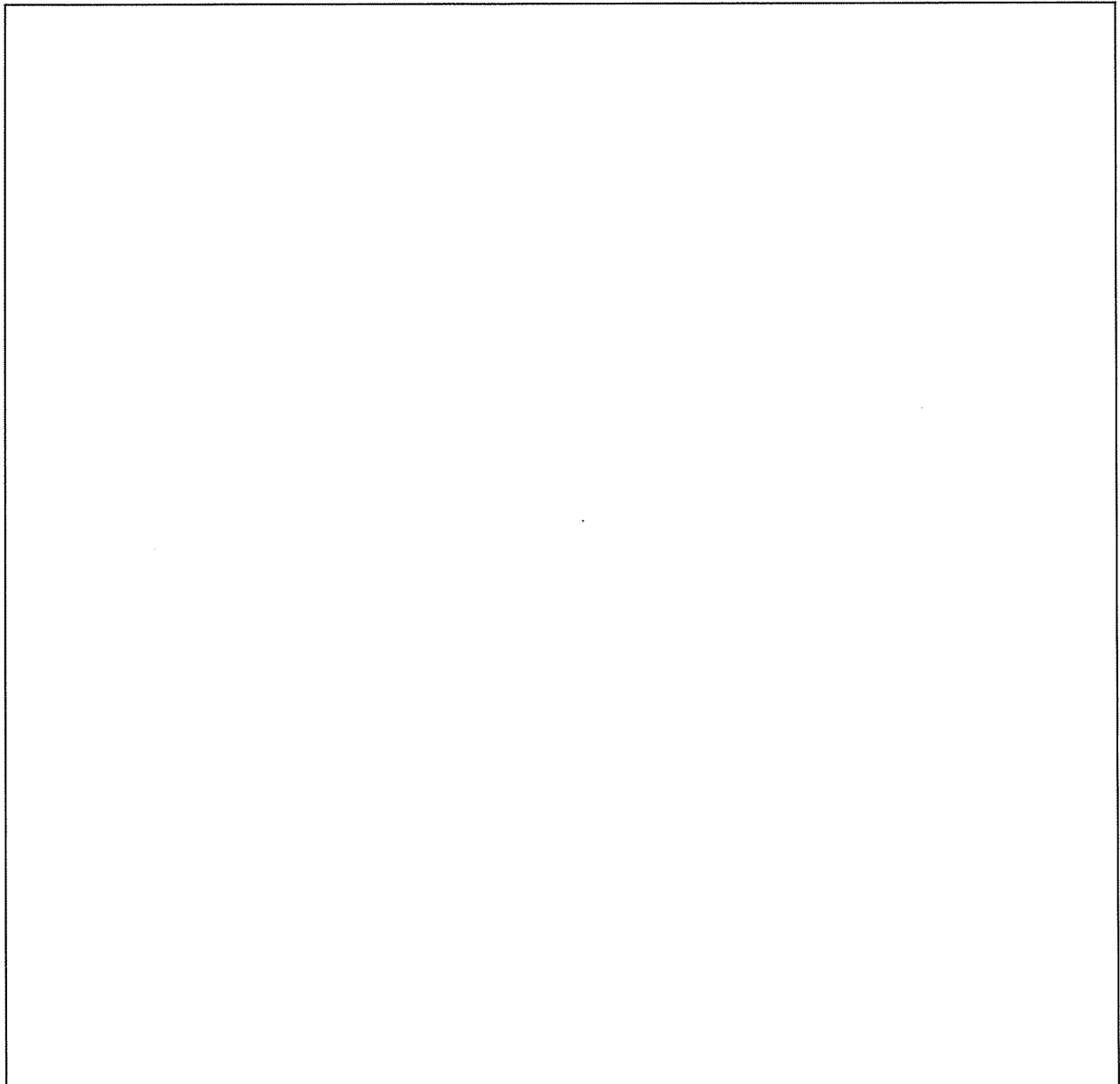
寸法及び節点

添説設 3-1-転 2-11-1 図 (3/5) 構造解析モデル



寸法及び節点

添説設 3-1-転 2-11-1 図 (4/5) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-11-1 図 (5/5) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 2-11-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G3192
柱										JIS G3192
はり										JIS G3192
柱										JIS G3192

添説設 3-1-転 2-11-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 2-11-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 1 1. 1. 2. 設計用地震力

#### 1 1. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \doteq \boxed{\phantom{000}} \cdot \cdot \cdot \doteq \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\boxed{\phantom{000}}$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 1 1. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

#### 1 1. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

##### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

##### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

#### 1 1. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

## 1 1. 2. 応力評価

### 1 1. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-11-4 表及び添説設 3-1-転 2-11-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-11-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	02_057								
圧縮応力度	—	00_001								
せん断応力度	—	02_044								
曲げ応力度	—	02_044								
組合せ応力度	—	03_083								
組合せ応力	—	03_065								

添説設 3-1-転 2-11-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 負	01_080								
圧縮応力度	X 負	00_001								
せん断応力度	Y 負	04_007								
曲げ応力度	X 負	03_001								
組合せ応力度	X 負	03_001								
組合せ応力	X 負	03_001								

### 1 1. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 2-11-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 2-11-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 負	00_082						
せん断応力度	Y 正	00_052						
引抜力	Y 負	00_082						

コールドトラップの耐震計算書



## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転3-1-1表に示す。

添説設3-1-転3-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
コールドトラップ(1)、コールドトラップ(2)	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転3-1-2表に示す。

添説設3-1-転3-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
コールドトラップ(1)、コールドトラップ(2)	添付図 図イ設-4

## 2. コールドトラップの耐震計算

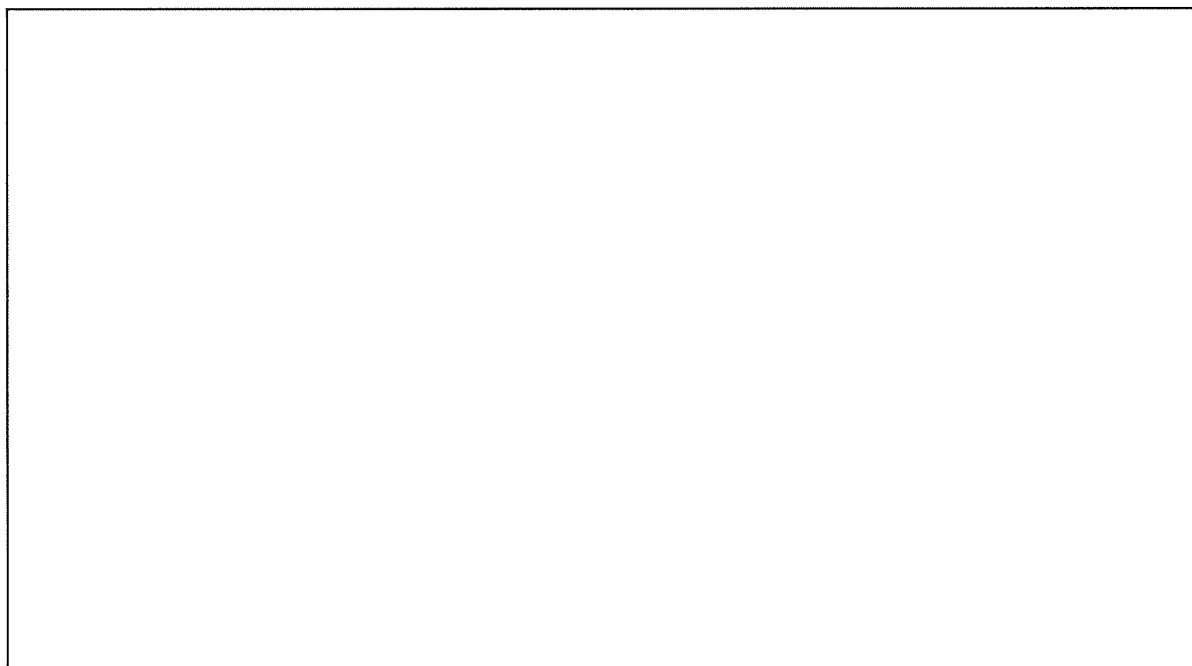
### 2. 1. 評価方法

コールドトラップの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

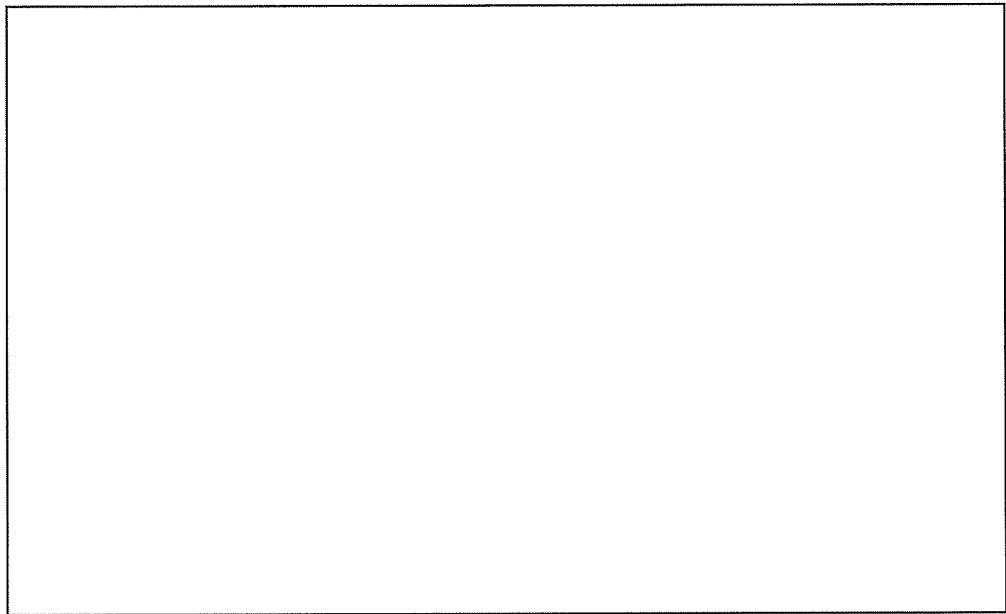
#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転3-2-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転3-2-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転3-2-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転3-2-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転3-2-1図(1/2) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 3-2-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 3-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
柱									JIS G3466	
はり									JIS G3192	

添説設 3-1-転 3-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 3-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

## 2. 1. 2. 設計用地震力

### 2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

### 2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書－設 3-1-付 1 に示す。

## 2. 2. 応力評価

### 2. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書－設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 3-2-4 表及び添説設 3-1-転 3-2-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 3-2-4 表 部材の評価結果 (長期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	—								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	01_01								
曲げ応力度	—	01_03								
組合せ応力度	—	01_03								
組合せ応力	—	01_01								

添説設 3-1-転 3-2-5 表 部材の評価結果 (短期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	01_01								
圧縮応力度	Y 正	00_03								
せん断応力度	Y 正	01_07								
曲げ応力度	X 正	01_02								
組合せ応力度	Y 正	01_07								
組合せ応力	Y 正	01_07								

2. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 3-2-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 3-2-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	00_01						
せん断応力度	Y 正	00_03						
引抜力	Y 正	00_01						

コールドトラップ（小）の耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転4-1-1表に示す。

添説設3-1-転4-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
コールドトラップ(小)(1)、コールドトラップ(小)(2)	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転4-1-2表に示す。

添説設3-1-転4-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
コールドトラップ(小)(1)、コールドトラップ(小)(2)	添付図 図イ設-5

## 2. コールドトラップ (小) の耐震計算

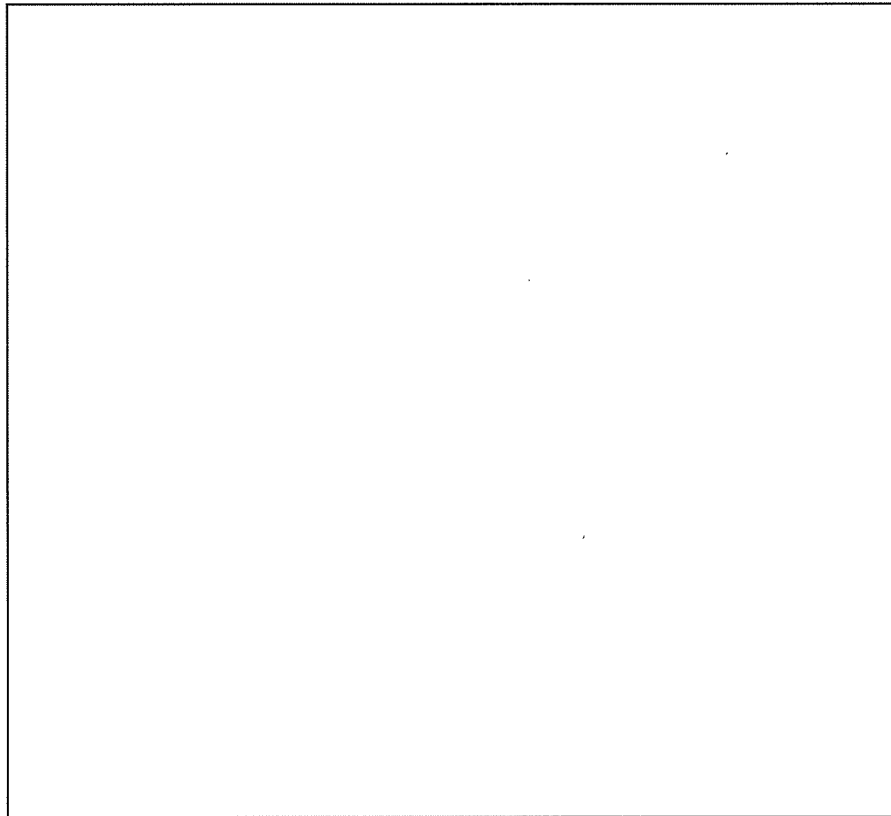
### 2. 1. 評価方法

コールドトラップ (小) の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

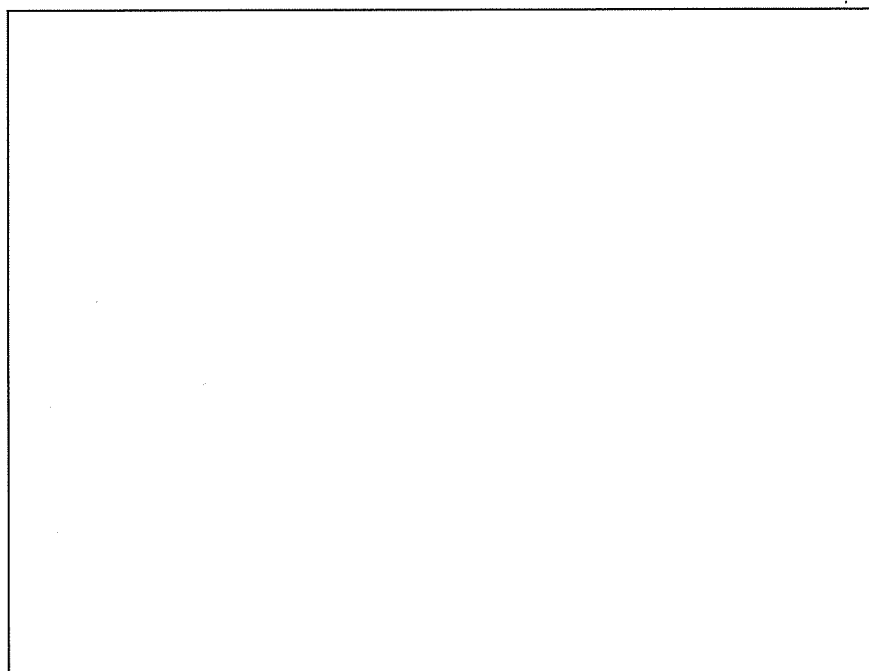
はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転4-2-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転4-2-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転4-2-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転4-2-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転4-2-1図(1/2) 構造解析モデル





(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 4-2-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 4-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり									JIS G3192	
柱									JIS G3192	

添説設 3-1-転 4-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 4-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

## 2. 1. 2. 設計用地震力

### 2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\square$  [Hz]となり、20 [Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

### 2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場1階に設置しており、耐震重要度分類第1類であることから、設計用地震力は静的地震力の1.0Gとする。

### 2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設3-1-付1に示す。

## 2. 2. 応力評価

### 2. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設3-1-付2に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設3-1-転4-2-4表及び添説設3-1-転4-2-5表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 4-2-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	—								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	01_01								
曲げ応力度	—	01_02								
組合せ応力度	—	01_02								
組合せ応力	—	01_02								

添説設 3-1-転 4-2-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	01_01								
圧縮応力度	X 正	00_02								
せん断応力度	X 正	01_03								
曲げ応力度	X 正	01_03								
組合せ応力度	X 正	01_03								
組合せ応力	X 正	01_03								

2. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 4-2-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 4-2-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	00_01						
せん断応力度	X 正	00_02						
引抜力	X 正	00_01						

循環貯槽の耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転5-1-1表に示す。

添説設3-1-転5-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
循環貯槽(1)、循環貯槽(2)、熱交換器(循環貯槽)(1)、熱交換器(循環貯槽)(2)	工場棟	転換工場	原料倉庫及び転換加工室	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転5-1-2表に示す。循環貯槽は安全機能を有する設備として循環貯槽、熱交換器、循環貯槽架台を有する。

添説設3-1-転5-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
循環貯槽(1)、循環貯槽(2)	添付図 図イ設-6
熱交換器(循環貯槽)(1)	添付図 図イ設-8
熱交換器(循環貯槽)(2)	添付図 図イ設-9

## 2. 循環貯槽の耐震計算

### 2. 1. 評価方法

循環貯槽の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部を完全固定とする。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

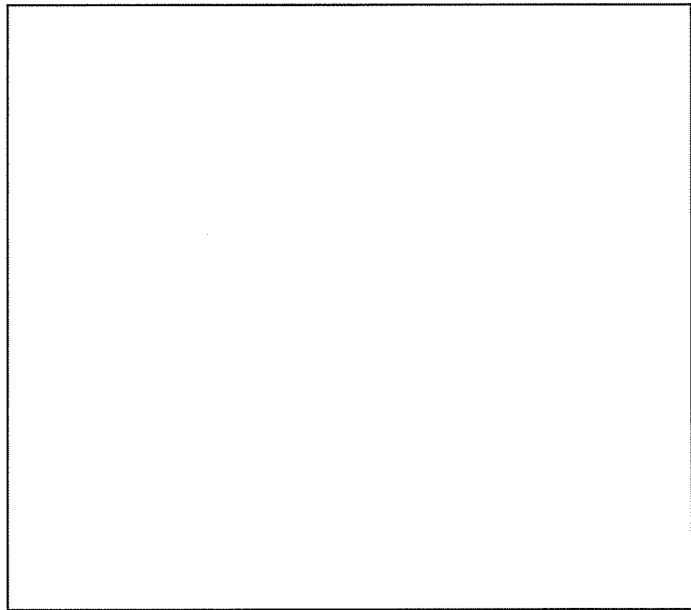
#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転5-2-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転5-2-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転5-2-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転5-2-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転5-2-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 5-2-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 5-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
柱										計算値

添説設 3-1-転 5-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 5-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

## 2. 1. 2. 設計用地震力

### 2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 以上であるので、剛構造となる。また、一次固有振動数が十分に大きいことから、本体は剛であると判断でき、据付ボルトの評価で代表する。

### 2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。



## 2. 2. 応力評価

### 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 5-2-4 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 5-2-4 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	01_01						
せん断応力度	X 正	01_01						
引抜力	-	-						

### 3. 熱交換器の耐震計算

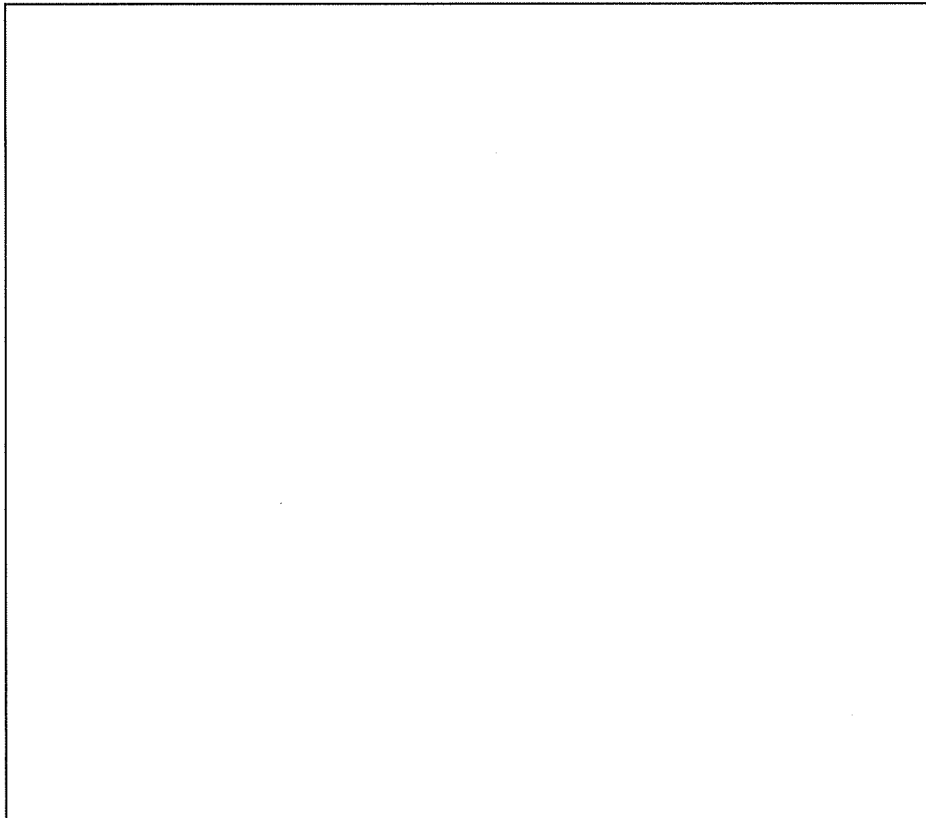
#### 3. 1. 評価方法

熱交換器の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転5-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転5-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転5-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転5-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転5-3-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 5-3-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 5-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	Iy	Iz	Zy	Zz	I	
はり									JIS G3466	
柱									JIS G3466	
はり									JIS G3192	

添説設 3-1-転 5-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 5-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 3. 1. 2. 設計用地震力

#### 3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

## 3. 2. 応力評価

### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 5-3-4 表及び添説設 3-1-転 5-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 5-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	02_01								
曲げ応力度	—	02_04								
組合せ応力度	—	02_04								
組合せ応力	—	02_04								

添説設 3-1-転 5-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	01_01								
圧縮応力度	X 正	00_02								
せん断応力度	X 正	01_02								
曲げ応力度	X 正	01_02								
組合せ応力度	X 正	01_02								
組合せ応力	X 正	01_02								

3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 5-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 5-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	00_01						
せん断応力度	Y 正	00_01						
引抜力	X 正	00_01						

#### 4. 循環貯槽架台の耐震計算

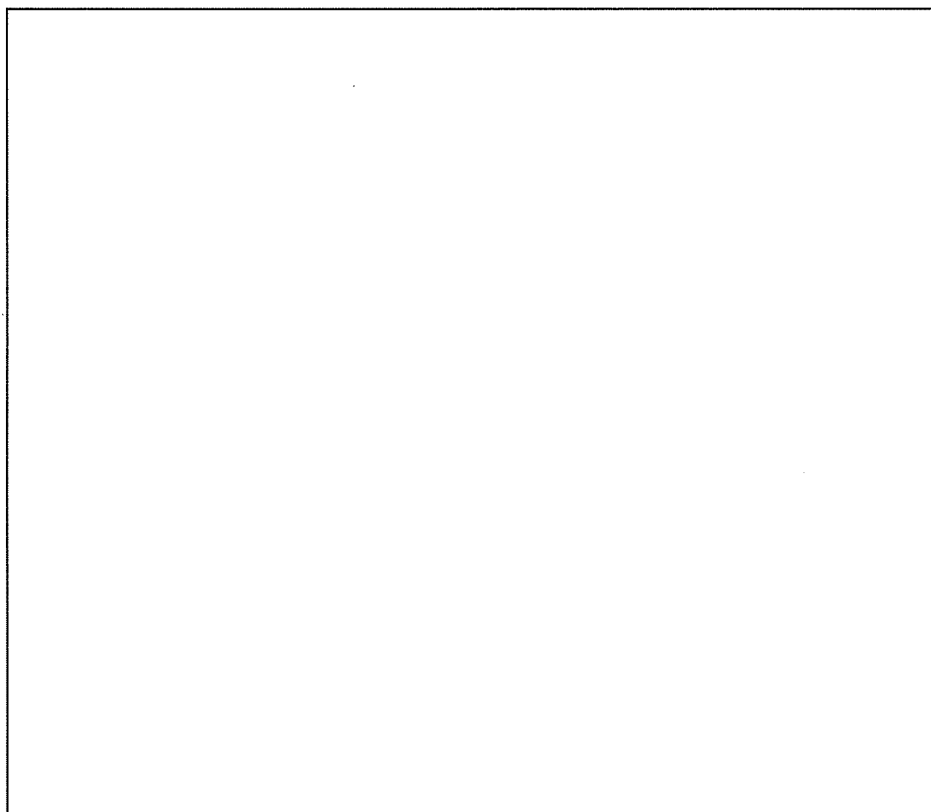
##### 4. 1. 評価方法

循環貯槽架台の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

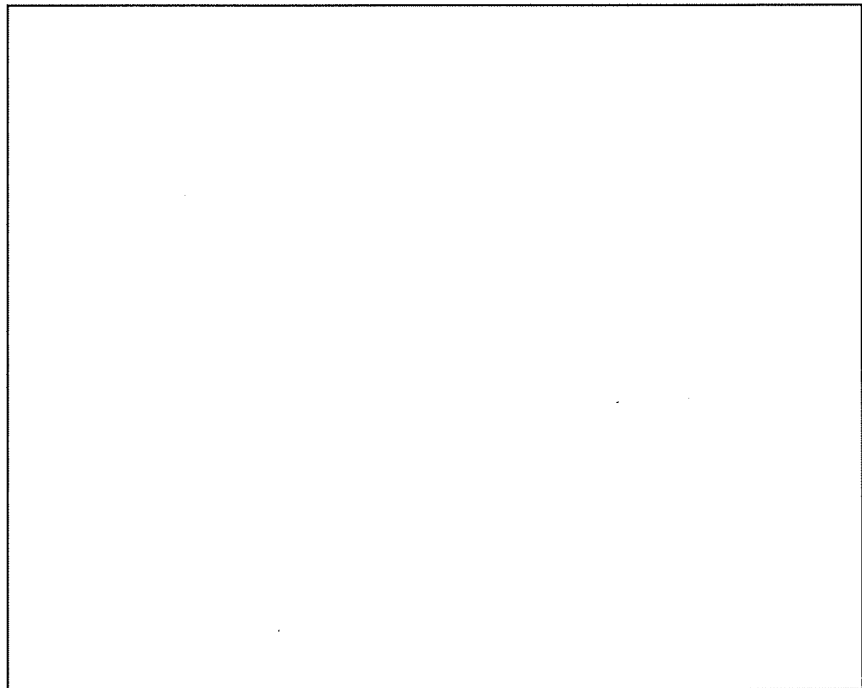
##### 4. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転5-4-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転5-4-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転5-4-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転5-4-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転5-4-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 5-4-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 5-4-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G3466
柱										JIS G3466
はり										JIS G3192

添説設 3-1-転 5-4-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 5-4-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

(注 1) 循環貯槽(1), (2)の計算結果より設定

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

#### 4. 1. 2. 設計用地震力

##### 4. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \cong \boxed{\phantom{000}} \cdot \cdot \cdot \cong \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\boxed{\phantom{000}}$  [Hz]となり、20 [Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

##### 4. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場1階に設置しており、耐震重要度分類第1類であることから、設計用地震力は静的地震力の1.0Gとする。

##### 4. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

###### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

###### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

##### 4. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設3-1-付1に示す。

#### 4. 2. 応力評価

##### 4. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設3-1-付2に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設3-1-転5-4-4表及び添説設3-1-転5-4-5表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。



添説設 3-1-転 5-4-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	02_01								
曲げ応力度	—	02_06								
組合せ応力度	—	02_06								
組合せ応力	—	02_06								

添説設 3-1-転 5-4-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	01_02								
圧縮応力度	Y 正	00_03								
せん断応力度	Y 正	01_03								
曲げ応力度	Y 正	01_03								
組合せ応力度	Y 正	01_03								
組合せ応力	Y 正	01_03								

4. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 5-4-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 5-4-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	00_02						
せん断応力度	Y 正	00_01						
引抜力	Y 正	00_02						

UO<sub>2</sub>ブロータンクの耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転6-1-1表に示す。

添説設3-1-転6-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
UO <sub>2</sub> ブロータンク(1)、UO <sub>2</sub> ブロータンク(2)	工場棟	転換工場	転換加工室	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転6-1-2表に示す。UO<sub>2</sub>ブロータンクは安全機能を有する設備としてUO<sub>2</sub>ブロータンク及びUO<sub>2</sub>ブロータンク架台を有する。

添説設3-1-転6-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
UO <sub>2</sub> ブロータンク(1)、UO <sub>2</sub> ブロータンク(2)	添付図 図イ設-10

## 2. UO<sub>2</sub>ブロータンクの耐震計算

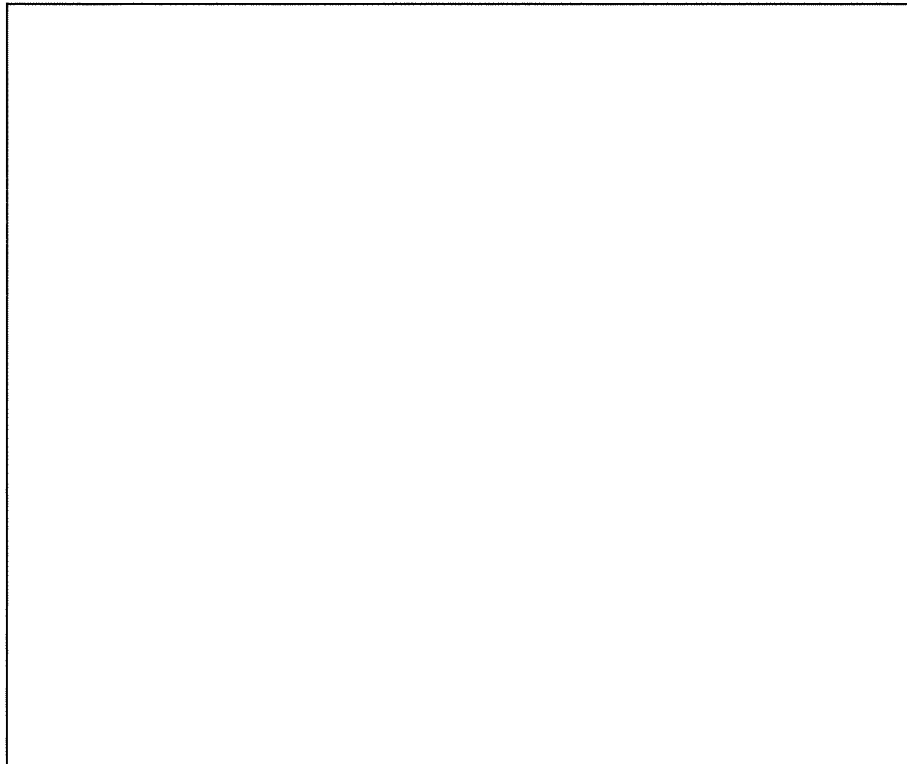
### 2. 1. 評価方法

UO<sub>2</sub>ブロータンクの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部を完全固定とする。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

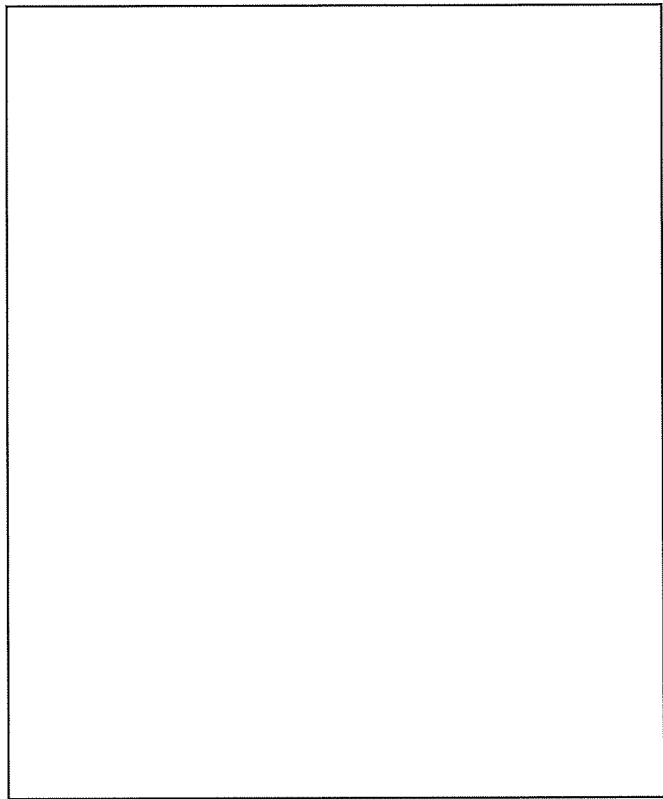
#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転6-2-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転6-2-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転6-2-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転6-2-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転6-2-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 6-2-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 6-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
柱										計算値
柱										計算値
柱										計算値
柱										計算値
柱										計算値

添説設 3-1-転 6-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 6-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

2. 1. 2. 設計用地震力

2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 以上であるので、剛構造となる。また、一次固有振動数が十分に大きいことから、本体は剛であると判断でき、据付ボルトの評価で代表する。

2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

## 2. 2. 応力評価

### 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書―設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 6-2-4 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 6-2-4 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	05_01						
せん断応力度	X 正	05_01						
引抜力	—	—						

### 3. UO<sub>2</sub>ブロータンク架台の耐震計算

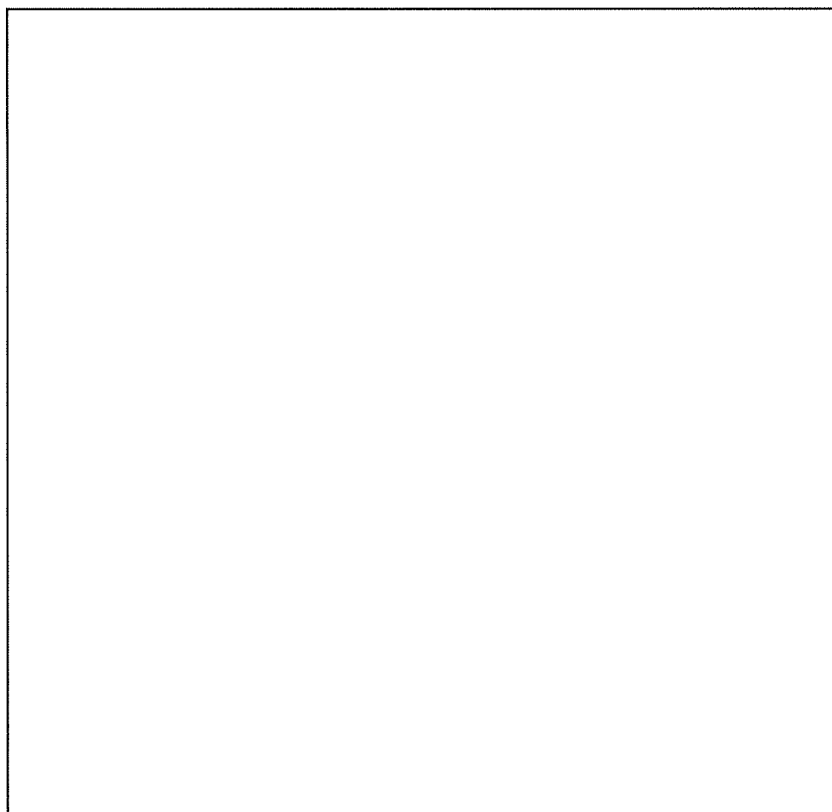
#### 3. 1. 評価方法

UO<sub>2</sub>ブロータンク架台の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

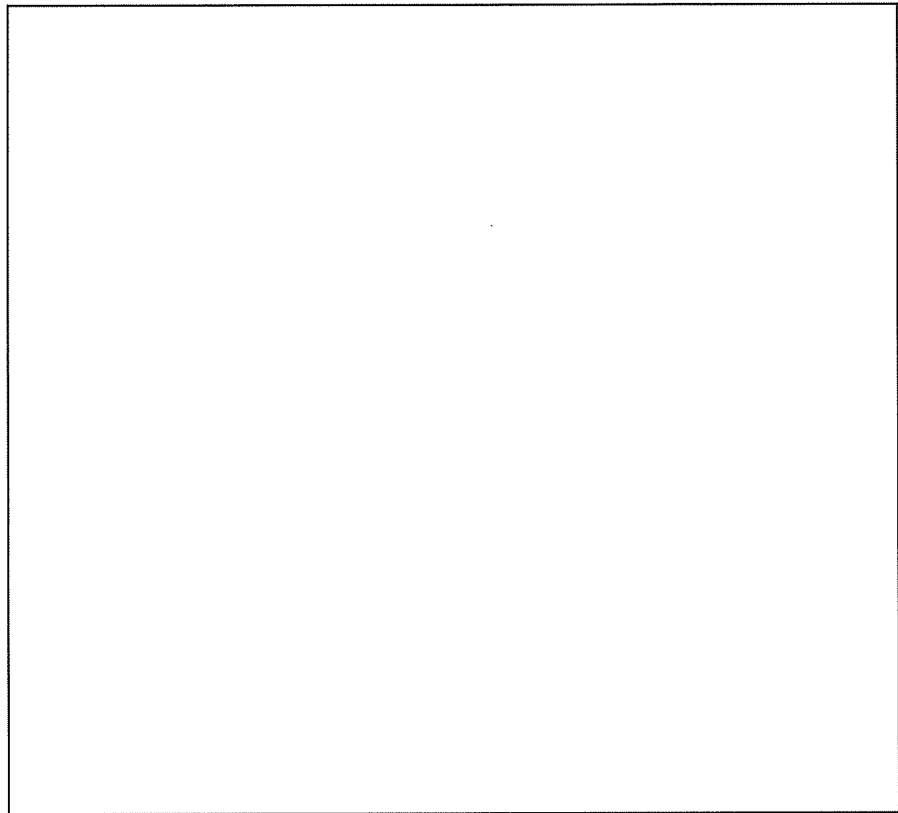
はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転6-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転6-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転6-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転6-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転6-3-1図(1/2) 構造解析モデル





(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 6-3-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 6-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり									JIS G3192	
柱									JIS G3192	

添説設 3-1-転 6-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 6-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

(注1) UO<sub>2</sub>ブロータンク(1), (2)の計算結果より設定

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 3. 1. 2. 設計用地震力

#### 3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\square$  [Hz]となり、20 [Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場1階に設置しており、耐震重要度分類第1類であることから、設計用地震力は静的地震力の1.0Gとする。

### 3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設3-1-付1に示す。

## 3. 2. 応力評価

### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設3-1-付2に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設3-1-転6-3-4表及び添説設3-1-転6-3-5表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 6-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	01_01								
曲げ応力度	—	01_04								
組合せ応力度	—	01_04								
組合せ応力	—	01_01								

添説設 3-1-転 6-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	01_01								
圧縮応力度	X 正	00_02								
せん断応力度	X 正	01_02								
曲げ応力度	X 正	01_02								
組合せ応力度	X 正	01_02								
組合せ応力	X 正	01_02								

### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 6-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 6-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	00_01						
せん断応力度	Y 正	00_03						
引抜力	X 正	00_01						

UO<sub>2</sub>フィルタの耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転7-1-1表に示す。

添説設3-1-転7-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
UO <sub>2</sub> フィルタ(1)、UO <sub>2</sub> フィルタ(2)、UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(1)、UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(2)	工場棟	転換工場	転換加工室	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転7-1-2表に示す。UO<sub>2</sub>フィルタは安全機能を有する設備としてUO<sub>2</sub>フィルタ、フードボックス(UO<sub>2</sub>フィルタ)、UO<sub>2</sub>フィルタ架台、UO<sub>2</sub>バックアップフィルタを有する。

添説設3-1-転7-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
UO <sub>2</sub> フィルタ(1)、UO <sub>2</sub> フィルタ(2)	添付図 図イ設-11
UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(1)、UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(2)	添付図 図イ設-12

## 2. U0<sub>2</sub>フィルタの耐震計算

### 2. 1. 評価方法

U0<sub>2</sub>フィルタの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として評価する。

### 2. 2. 本体の評価方法

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

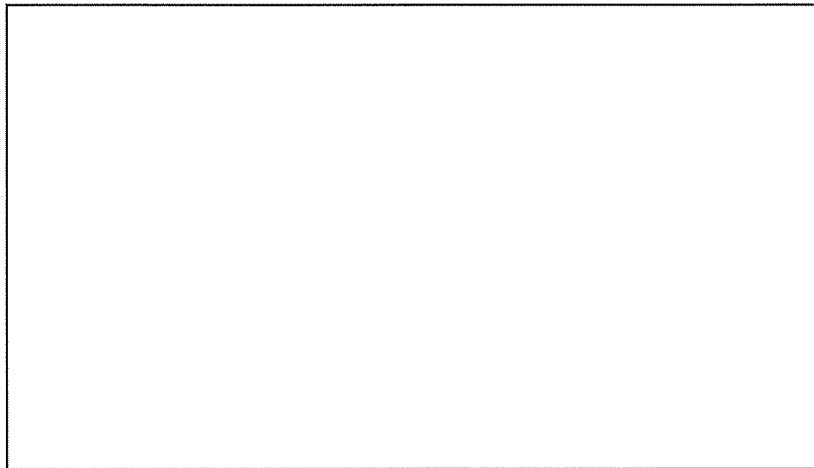
$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \cong \boxed{\phantom{000}} \cdots \cong \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\boxed{\phantom{000}}$ [Hz]となり、20[Hz]以上であるので、剛構造の設備となる。また、一次固有振動数が十分に大きいことから、本体は剛であると判断でき、据付ボルトの評価で代表する。

### 2. 3. 据付ボルトの評価方法

#### 2. 3. 1. 構造解析モデル

据付ボルトの評価モデルは添説設 3-1-転 7-2-1 図に示すとおりであり、本体を質点としてモデル化し、重心位置に水平地震力Pが作用した際の転倒モーメント、安定モーメントを算出し、それらをもとにボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。許容限界は添付説明書一設 3-1-付 1 参照。



添説設 3-1-転 7-2-1 図 モデル図

#### 2. 3. 2. 評価結果

U0<sub>2</sub>フィルタは剛構造のため、重心位置に自重相当の水平地震力 $P(=W \cdot K_H)$ が作用した際の転倒モーメントM1、安定モーメントM2を下式より算出する。ここで総重量 $W = \boxed{\phantom{000}}$ [N]、設計用水平震度 $K_H = \boxed{\phantom{000}}$ 、高さ $h = \boxed{\phantom{000}}$ [mm]、ボルト支点間距離 $l_0$

=[mm]、回転中心までの長さ $l_1$ =[mm]を用いる。

$$M1 = P \cdot h = \text{} [\text{N} \cdot \text{mm}]$$

$$M2 = W \cdot l_1 = \text{} [\text{N} \cdot \text{mm}]$$

よって、ボルト本数 $n_t=4$ 、引抜力に作用するボルト本数 $n_{t'}=2$ より、引抜力 $R_b$ 、引張応力度 $\sigma_t$ 、せん断応力度 $\tau$ は以下の通りであり、添説設 3-1-転 7-2-1 表にまとめる。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

$$R_b = \frac{M1 - M2}{l_0 \cdot n_{t'}} = \text{} [\text{N}]$$

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A} = \text{} [\text{N}/\text{mm}^2]$$

$$\tau = \frac{P}{A \cdot n_t} = \text{} [\text{N}/\text{mm}^2]$$

$$A = \text{} = \text{} [\text{mm}^2]$$

添説設 3-1-転 7-2-1 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度			
せん断応力度			
引抜力			

### 3. フードボックス (UO<sub>2</sub> フィルタ) の耐震計算

#### 3. 1. 評価方法

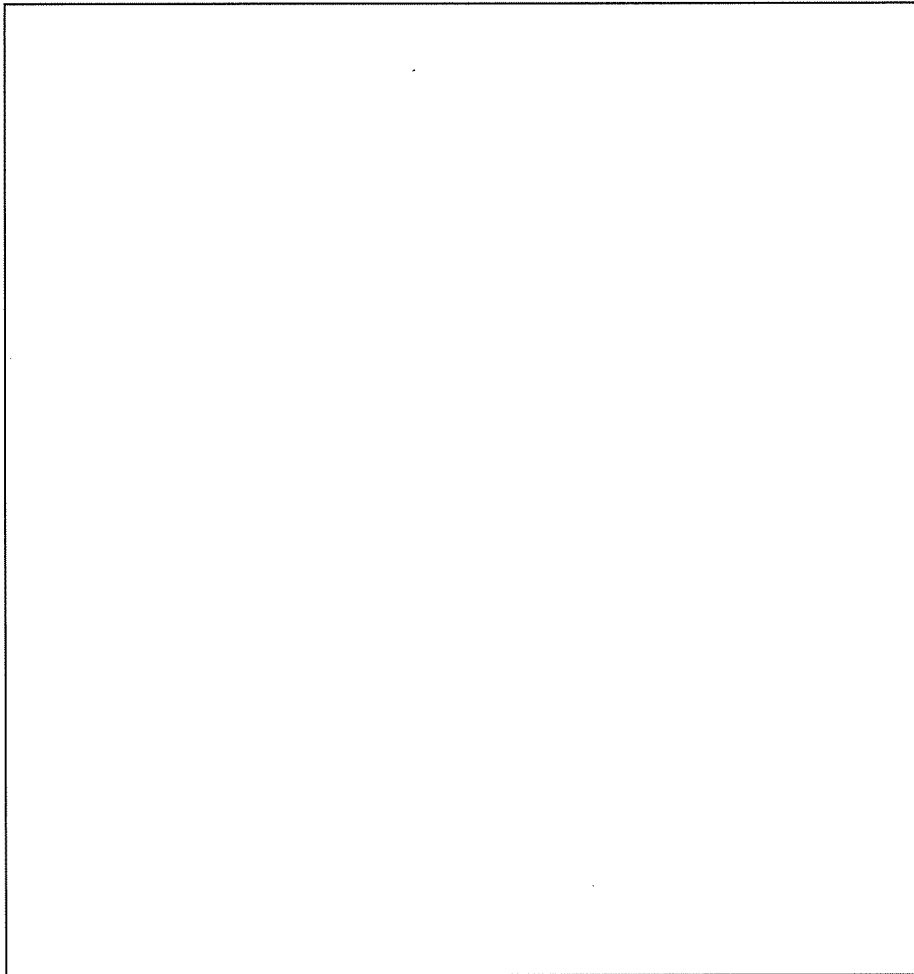
フードボックス (UO<sub>2</sub> フィルタ) の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転7-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転7-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転7-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転7-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。





寸法及び節点

添説設 3-1-転 7-3-1 図 構造解析モデル

添説設 3-1-転 7-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G3466
柱										JIS G3466
はり										計算値
柱										計算値
はり										JIS G3192

添説設 3-1-転 7-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 7-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 3. 1. 2. 設計用地震力

#### 3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \square \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は□[Hz]となり、20[Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

### 3. 2. 応力評価

#### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 7-3-4 表及び添説設 3-1-転 7-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 7-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	02_04								
圧縮応力度	—	00_09								
せん断応力度	—	02_01								
曲げ応力度	—	02_07								
組合せ応力度	—	01_06								
組合せ応力	—	01_08								

添説設 3-1-転 7-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 正	01_03								
圧縮応力度	Y 正	00_09								
せん断応力度	Y 正	00_05								
曲げ応力度	Y 負	00_03								
組合せ応力度	Y 負	00_03								
組合せ応力	Y 負	00_03								

#### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 7-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 7-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 正	00_03						
せん断応力度	Y 正	00_09						
引抜力	—	—						

#### 4. UO<sub>2</sub>フィルタ架台の耐震計算

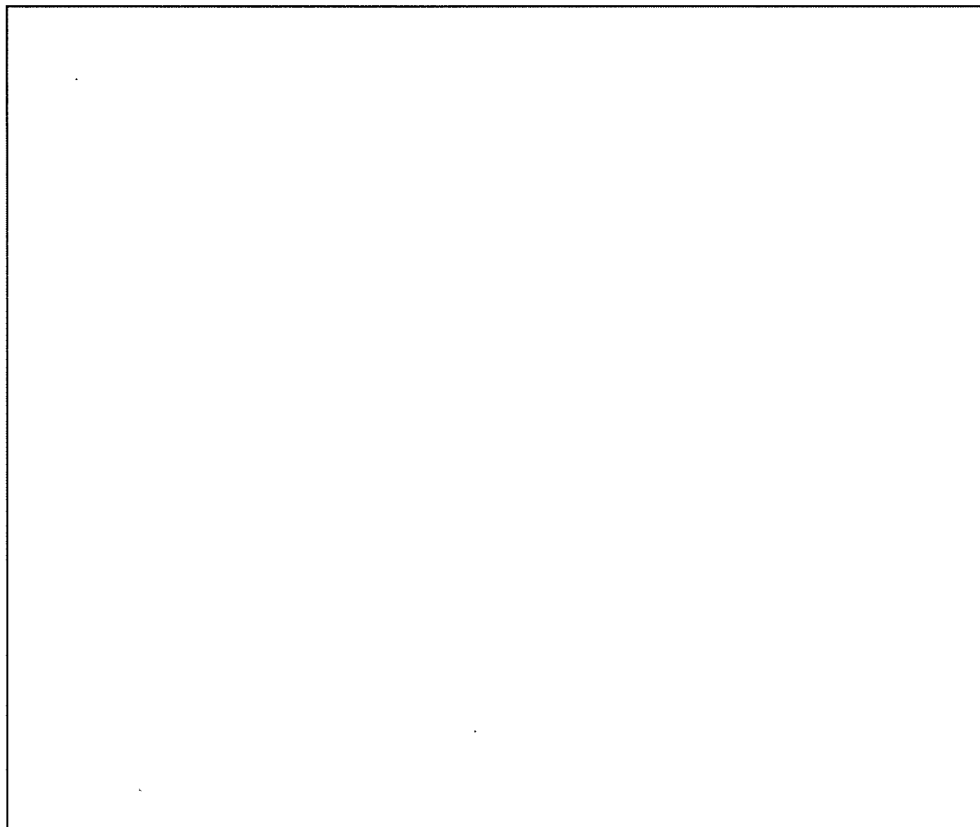
##### 4. 1. 評価方法

UO<sub>2</sub>フィルタ架台の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

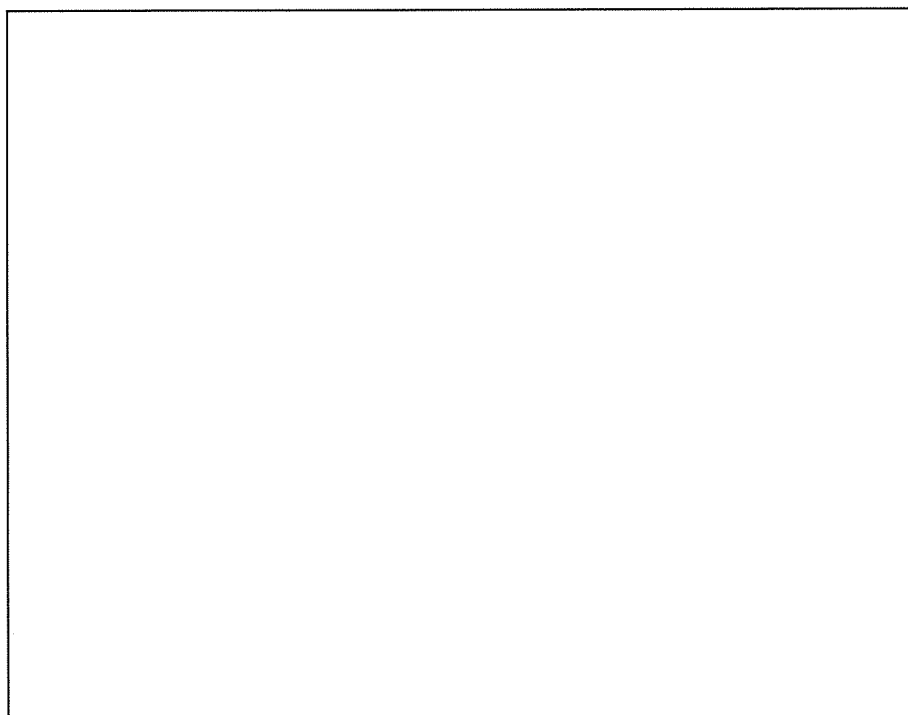
##### 4. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転7-4-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転7-4-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転7-4-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転7-4-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転7-4-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 7-4-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 7-4-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]		断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	Iy	Iz	Zy	Zz	I		
柱										JIS G3466	
はり										JIS G3192	
はり										JIS G3192	

添説設 3-1-転 7-4-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 7-4-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

#### 4. 1. 2. 設計用地震力

##### 4. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \div \square \cdots \div \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

##### 4. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

##### 4. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

##### 4. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書－設 3-1-付 1 に示す。

#### 4. 2. 応力評価

##### 4. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書－設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 7-4-4 表及び添説設 3-1-転 7-4-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 7-4-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	02_01								
曲げ応力度	—	02_01								
組合せ応力度	—	02_01								
組合せ応力	—	02_01								

添説設 3-1-転 7-4-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	02_01								
圧縮応力度	X 正	00_02								
せん断応力度	X 正	02_02								
曲げ応力度	X 正	02_02								
組合せ応力度	X 正	02_02								
組合せ応力	X 負	02_01								

4. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 7-4-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 7-4-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	00_01						
せん断応力度	Y 正	00_01						
引抜力	—	—						

## 5. UO<sub>2</sub>バックアップフィルタの耐震計算

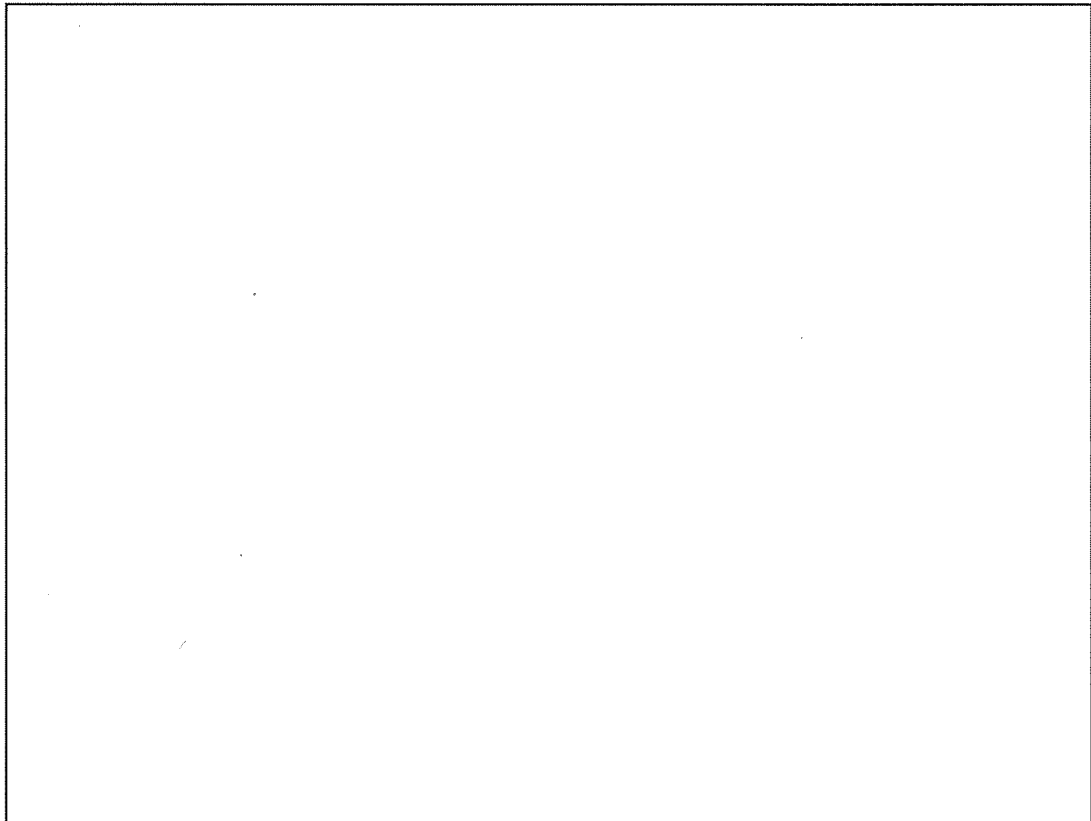
### 5. 1. 評価方法

UO<sub>2</sub>バックアップフィルタの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 5. 1. 1. 構造解析モデル

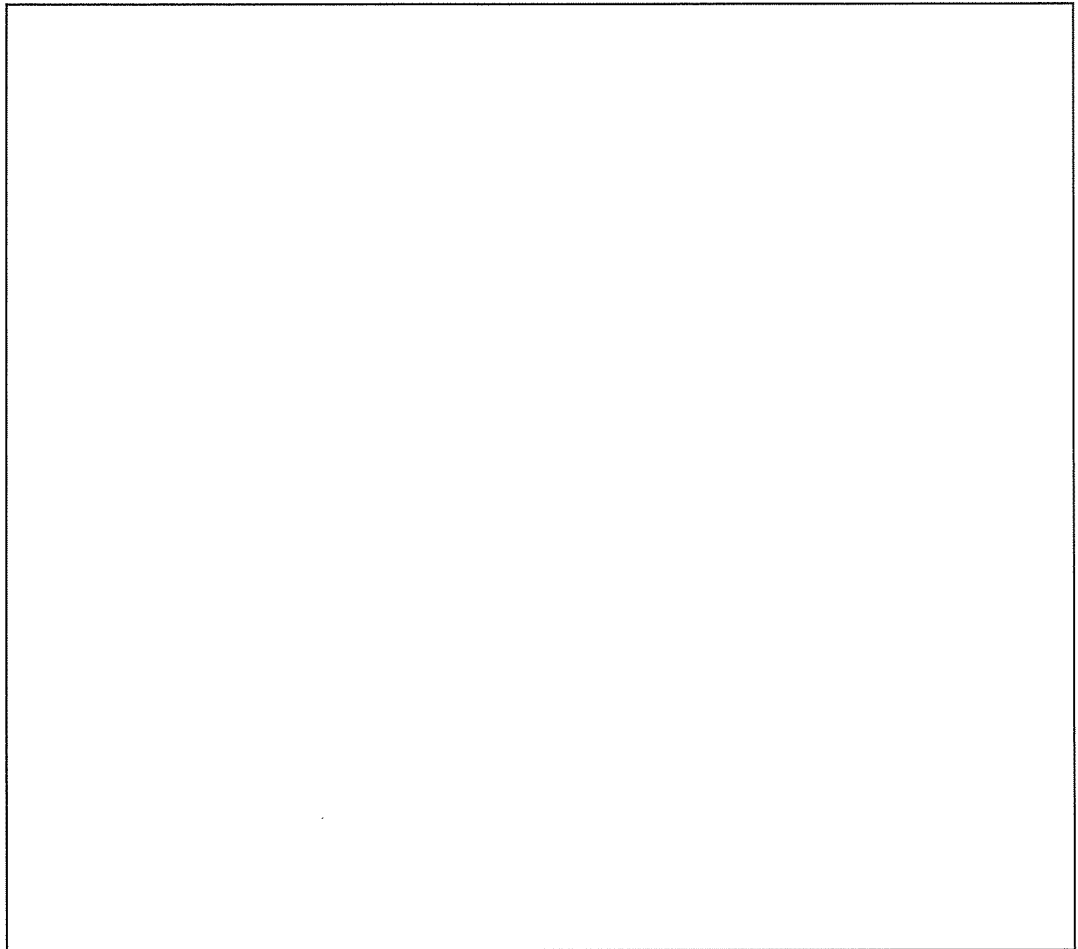
はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転7-5-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転7-5-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転7-5-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転7-5-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転7-5-1図(1/2) 構造解析モデル





添説設 3-1-転 7-5-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 7-5-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり									JIS G4317	
柱									JIS G4317	

添説設 3-1-転 7-5-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 7-5-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

5. 1. 2. 設計用地震力

5. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \div \square \cdots \div \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 以上であるので、剛構造の設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

5. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

5. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

5. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

## 5. 2. 応力評価

### 5. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 7-5-4 表及び添説設 3-1-転 7-5-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 7-5-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	01_01								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	01_01								
曲げ応力度	—	01_01								
組合せ応力度	—	01_01								
組合せ応力	—	01_01								

添説設 3-1-転 7-5-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	01_01								
圧縮応力度	X 正	00_02								
せん断応力度	X 正	00_02								
曲げ応力度	X 正	01_02								
組合せ応力度	X 正	01_02								
組合せ応力	X 正	01_02								

### 5. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 7-5-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 7-5-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	00_01						
せん断応力度	X 正	00_02						
引抜力	X 正	00_01						

UO<sub>2</sub>受けホッパの耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転8-1-1表に示す。

添説設3-1-転8-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)、UO <sub>2</sub> 受けホッパ(2)	工場棟	転換工場	転換加工室	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転8-1-2表に示す。

添説設3-1-転8-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)、UO <sub>2</sub> 受けホッパ(2)	添付図 図イ設-13

## 2. UO<sub>2</sub>受けホッパの耐震計算

### 2. 1. 評価方法

UO<sub>2</sub>受けホッパの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部を完全固定とする。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

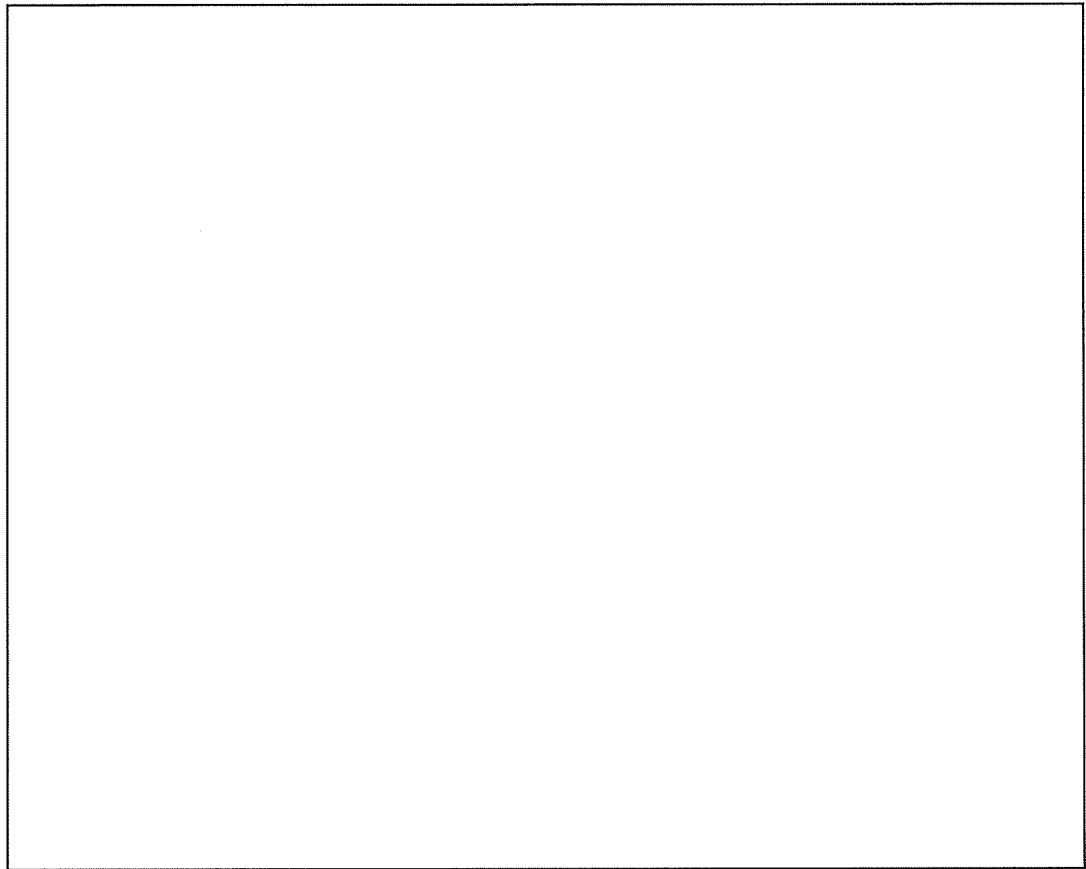
#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 8-2-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 8-2-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 8-2-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 8-2-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 8-2-1 図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 8-2-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 8-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	Iy	Iz	Zy	Zz	I	
柱										計算値
柱										計算値
柱										計算値

添説設 3-1-転 8-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 8-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

## 2. 1. 2. 設計用地震力

### 2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 以上であるので、剛構造となる。また、一次固有振動数が十分に大きいことから、本体は剛であると判断でき、据付ボルトの評価で代表する。

### 2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。



## 2. 2. 応力評価

### 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 8-2-4 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 8-2-4 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	03_01						
せん断応力度	X 正	03_01						
引抜力	—	—						

粉碎機の耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転9-1-1表に示す。

添説設3-1-転9-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
粉砕機(1)、粉砕機(2)、充填設備共通架台	工場棟	転換工場	転換加工室	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転9-1-2表に示す。粉砕機は安全機能を有する設備としてフードボックス（粉砕機）及び充填設備共通架台を有する。

添説設3-1-転9-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)、UO <sub>2</sub> 受けホッパ(2)	添付図 図イ設-13
粉砕機(1)、粉砕機(2)	添付図 図イ設-14
充填設備共通架台	添付図 図イ設-16

## 2. フードボックス（粉砕機）の耐震計算

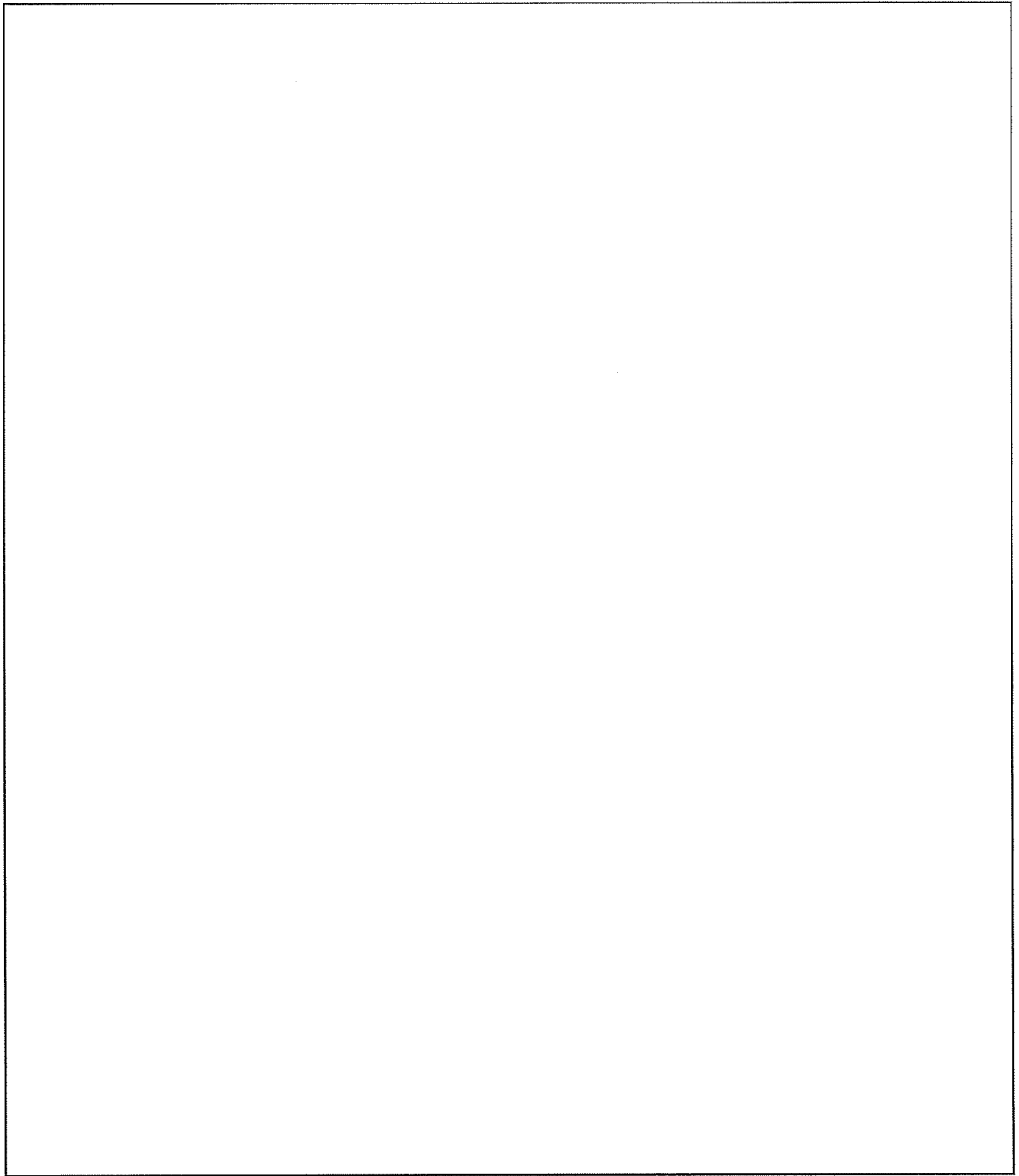
### 2. 1. 評価方法

フードボックス（粉砕機）の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

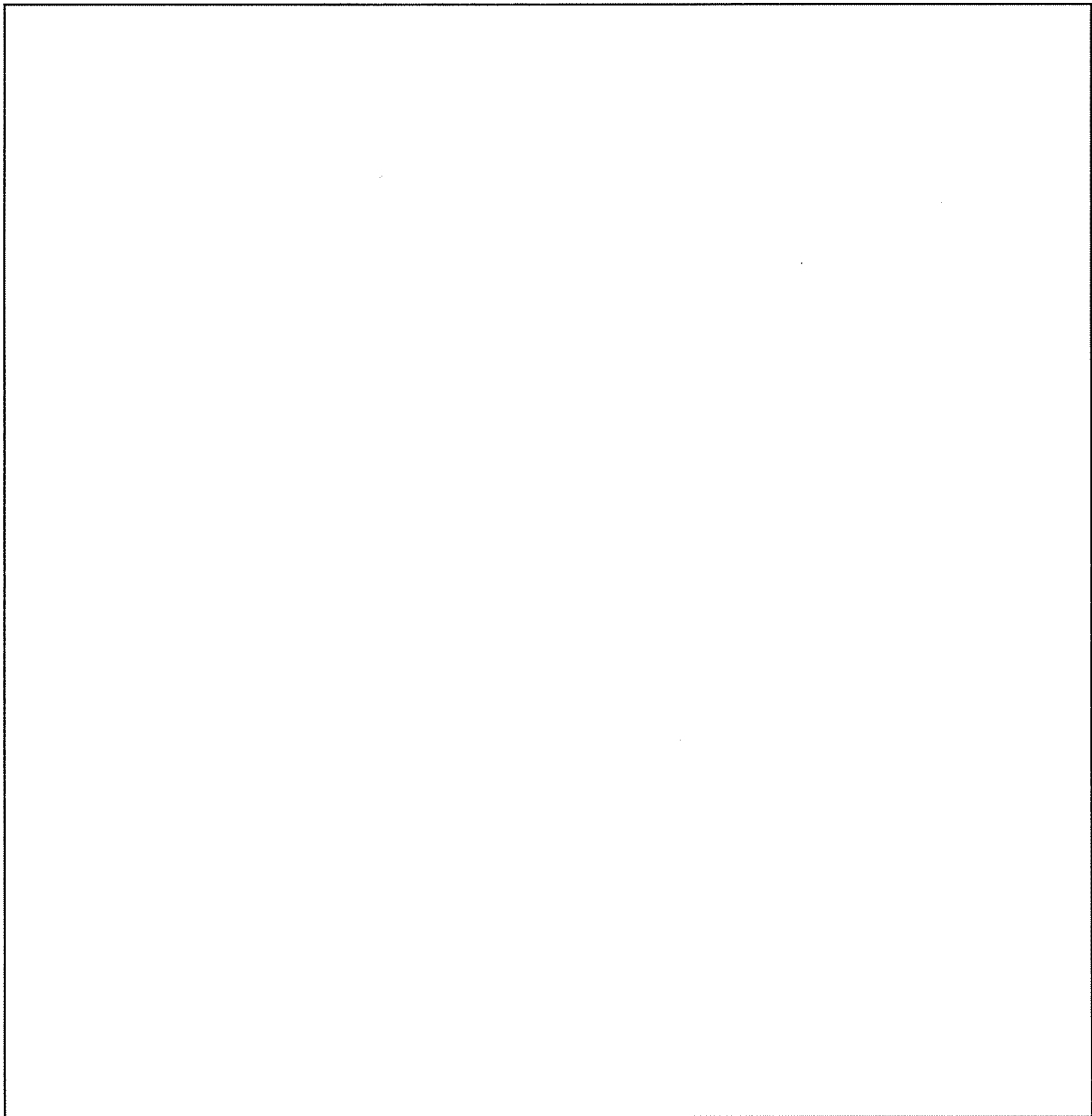
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。
- (5) ボルトは、保守的に柱付近の8本を対象とする。

#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転9-2-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転9-2-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転9-2-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転9-2-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点  
添説設 3-1-転 9-2-1 図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 9-2-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 9-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次 モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二 次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G3466
柱										JIS G3466
はり										JIS G3192
柱										JIS G3192
はり										JIS G3192

添説設 3-1-転 9-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 9-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

## 2. 1. 2. 設計用地震力

### 2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \doteq \boxed{\phantom{000}} \cdot \cdot \cdot \doteq \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\boxed{\phantom{000}}$  [Hz] となり、20[Hz]未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

### 2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

## 2. 2. 応力評価

### 2. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 9-2-4 表及び添説設 3-1-転 9-2-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 9-2-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—									
圧縮応力度	—									
せん断応力度	—									
曲げ応力度	—									
組合せ応力度	—									
組合せ応力	—									

添説設 3-1-転 9-2-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負									
圧縮応力度	Y 負									
せん断応力度	X 正									
曲げ応力度	Y 正									
組合せ応力度	Y 正									
組合せ応力	Y 正									

### 2. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 9-2-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 9-2-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正							
せん断応力度	Y 負							
引抜力	—							



### 3. 充填設備共通架台の耐震計算

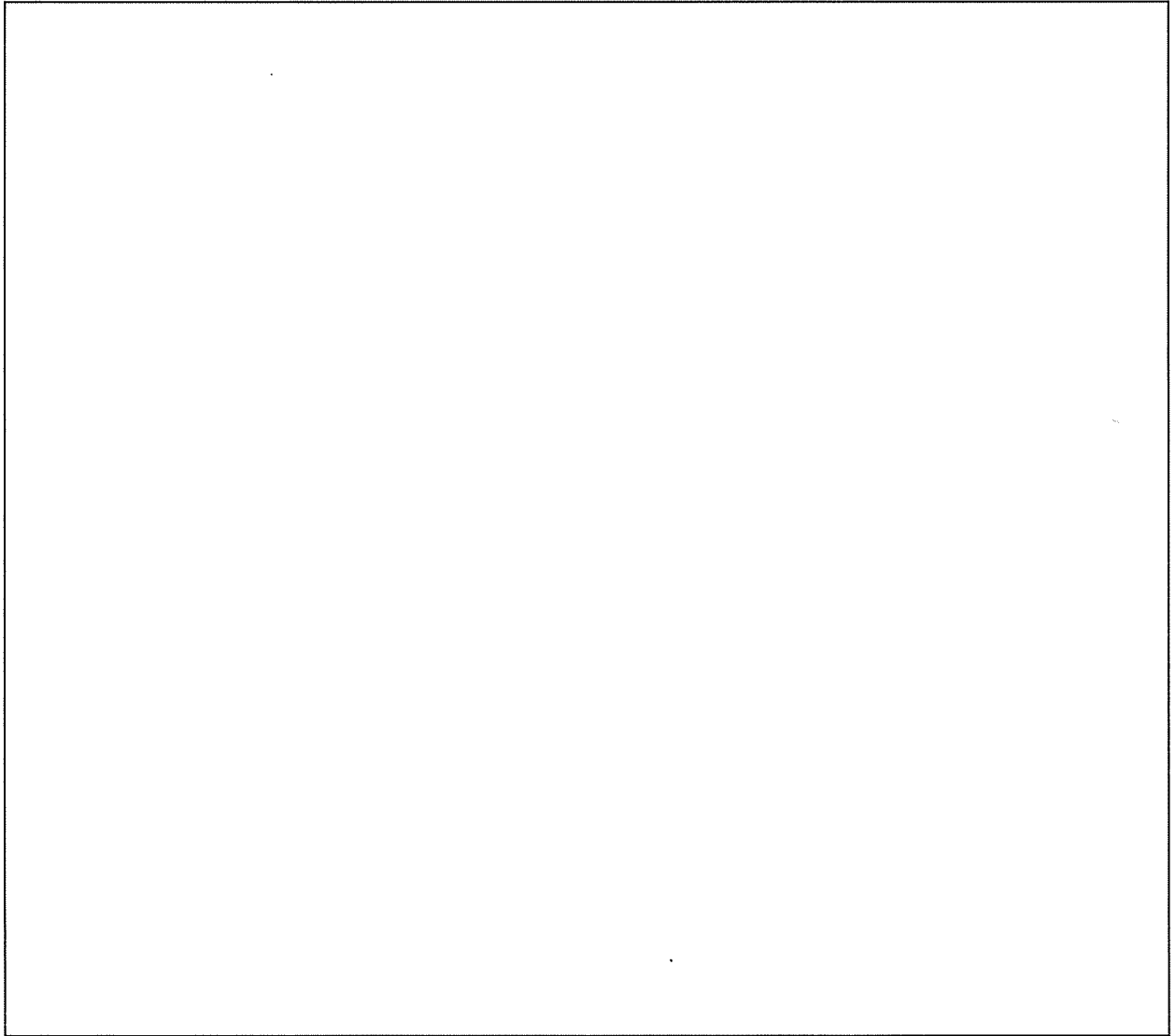
#### 3. 1. 評価方法

充填設備共通架台の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部を完全固定とする。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

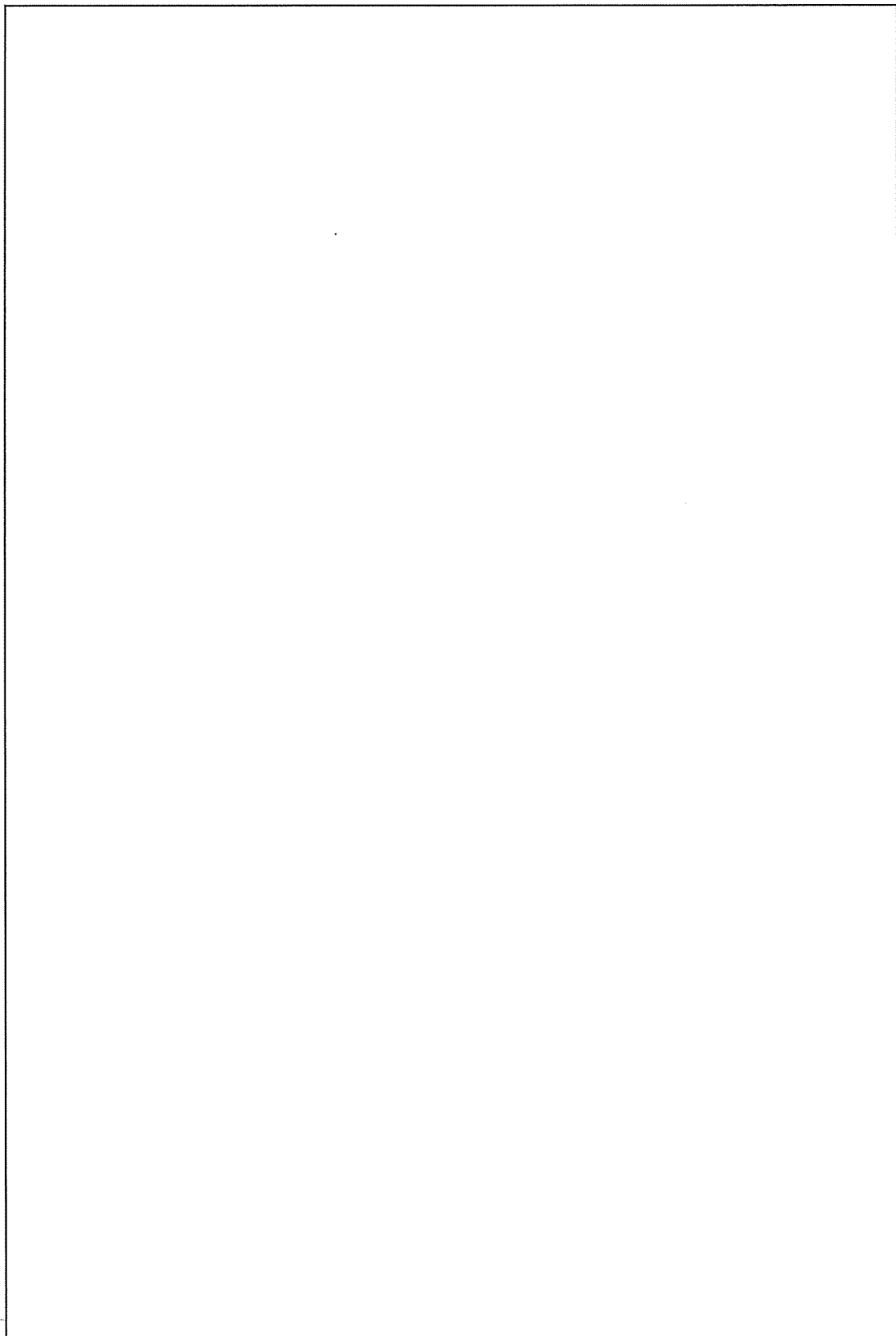
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転9-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転9-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転9-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転9-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

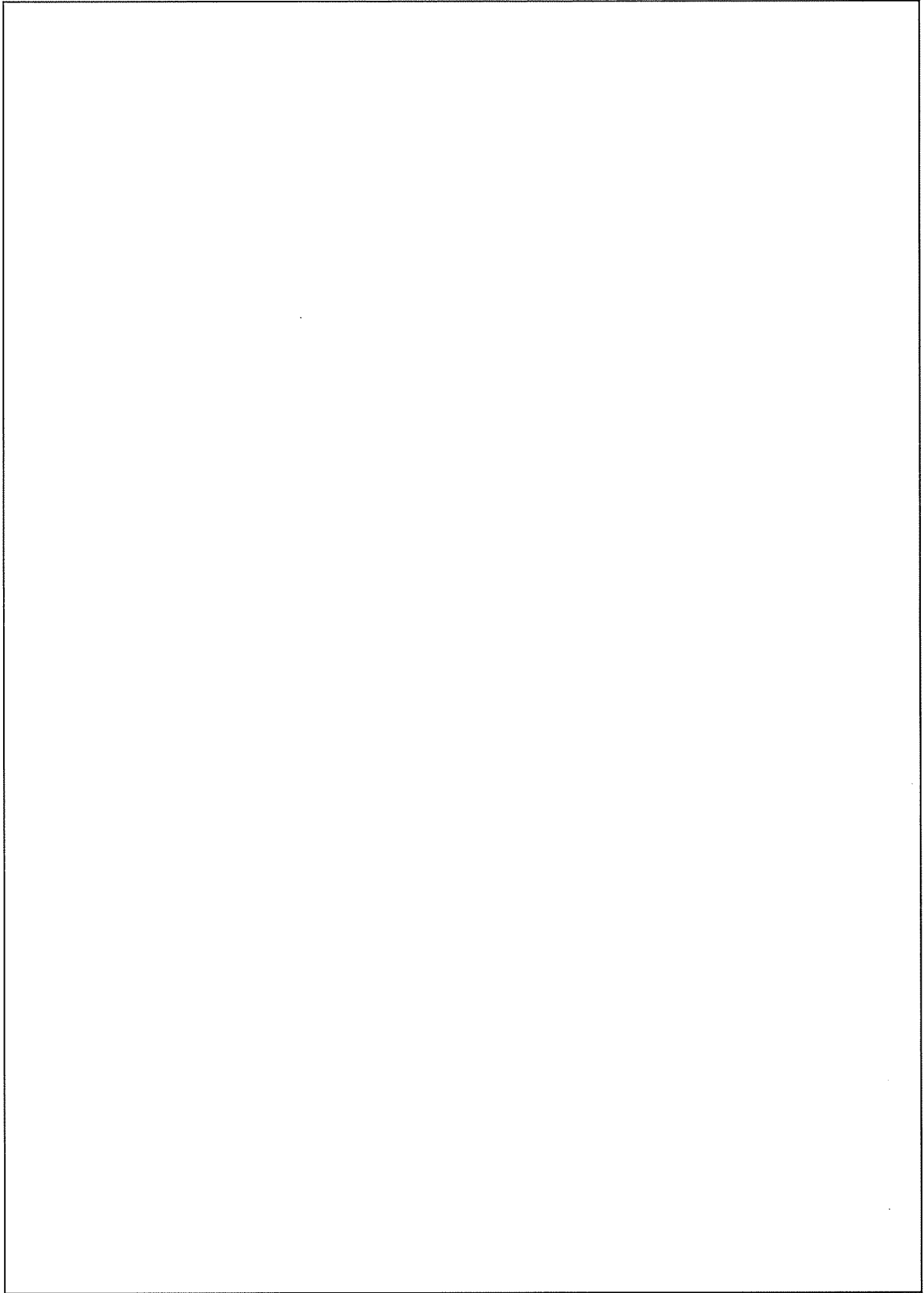
添説設 3-1-転 9-3-1 図(1/7) 構造解析モデル



00

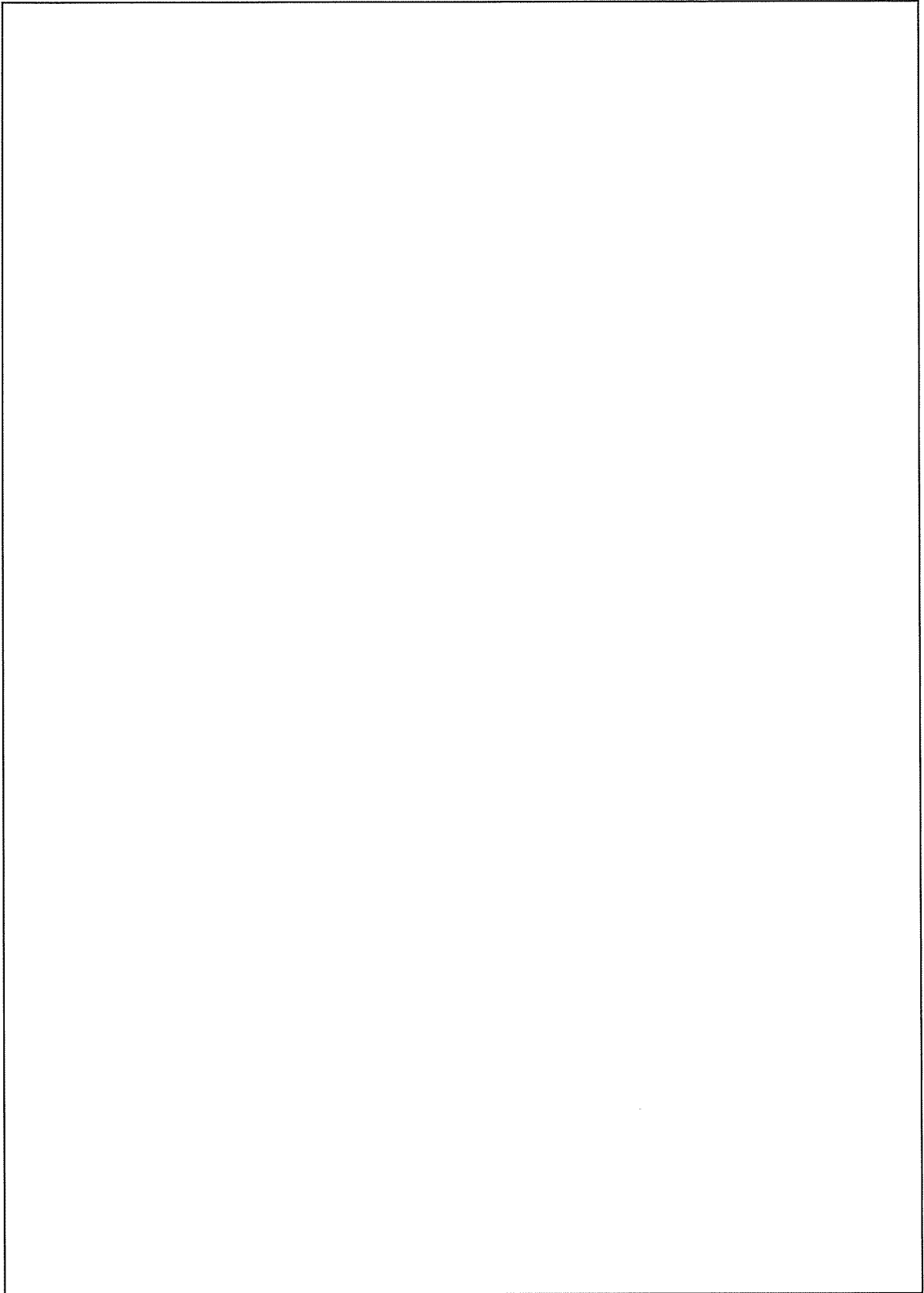
(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 9-3-1 図(2/7) 構造解析モデル

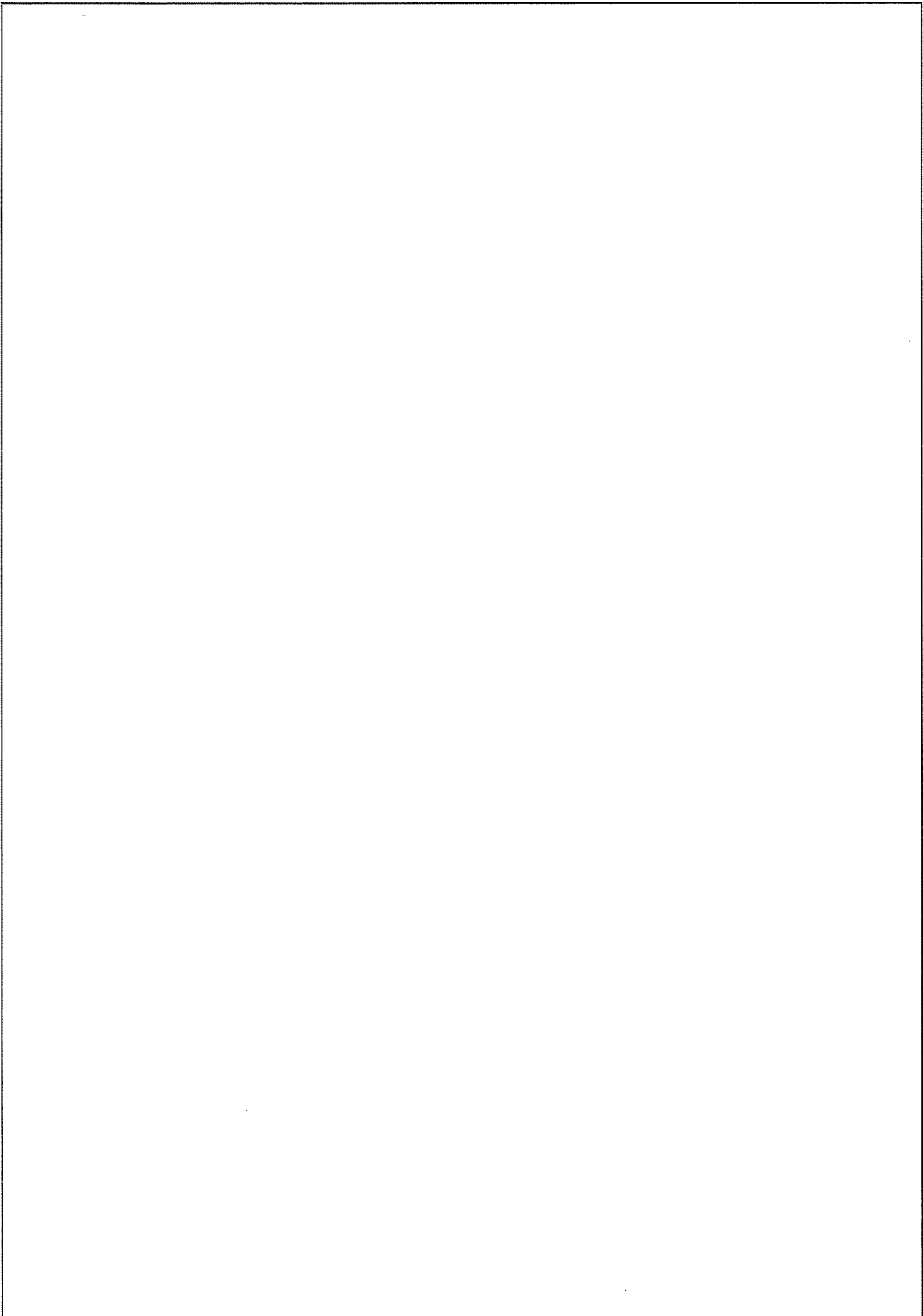


(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 9-3-1 図(3/7) 構造解析モデル

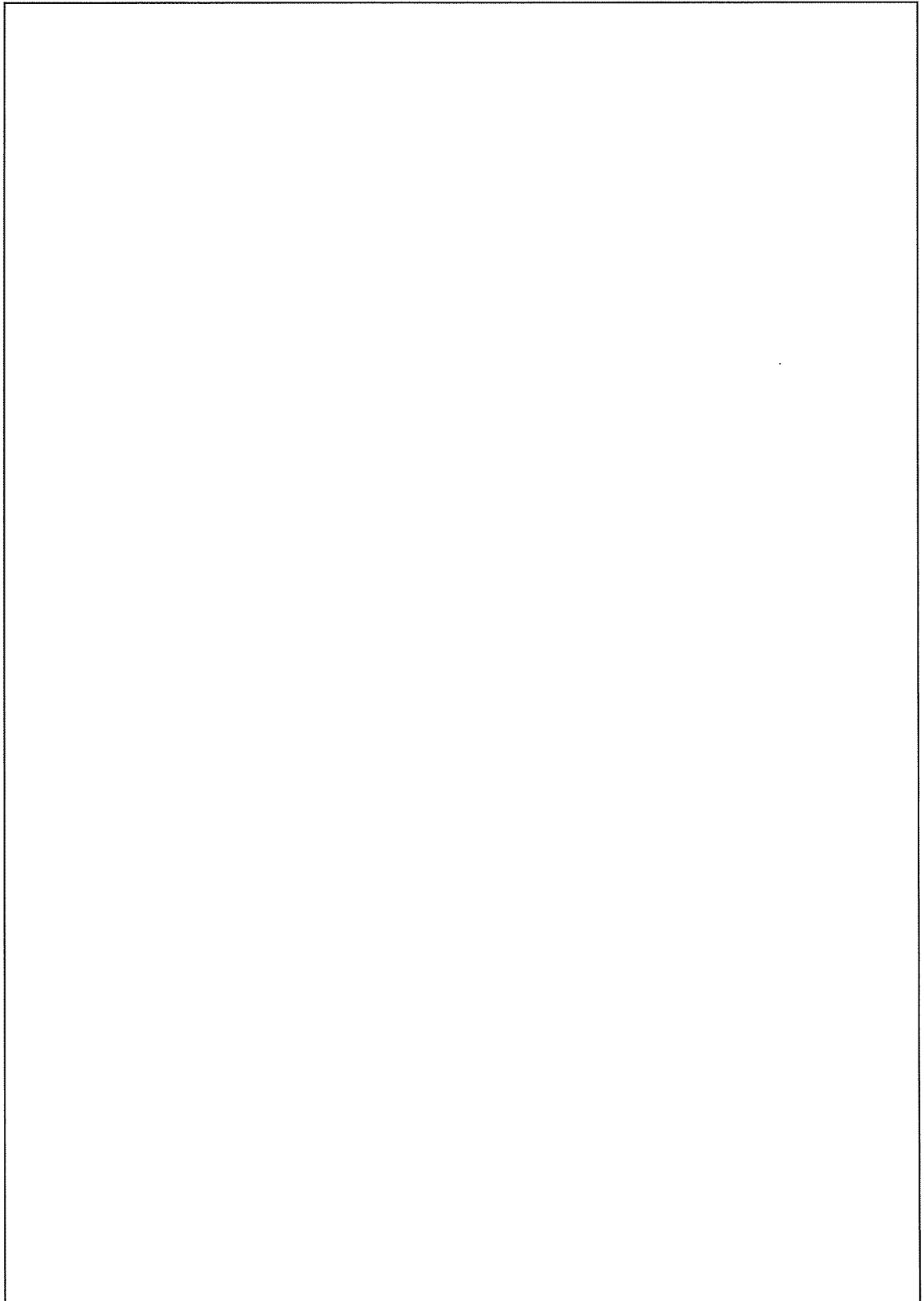


(1) 寸法及び節点  
添説設 3-1-転 9-3-1 図(4/7) 構造解析モデル



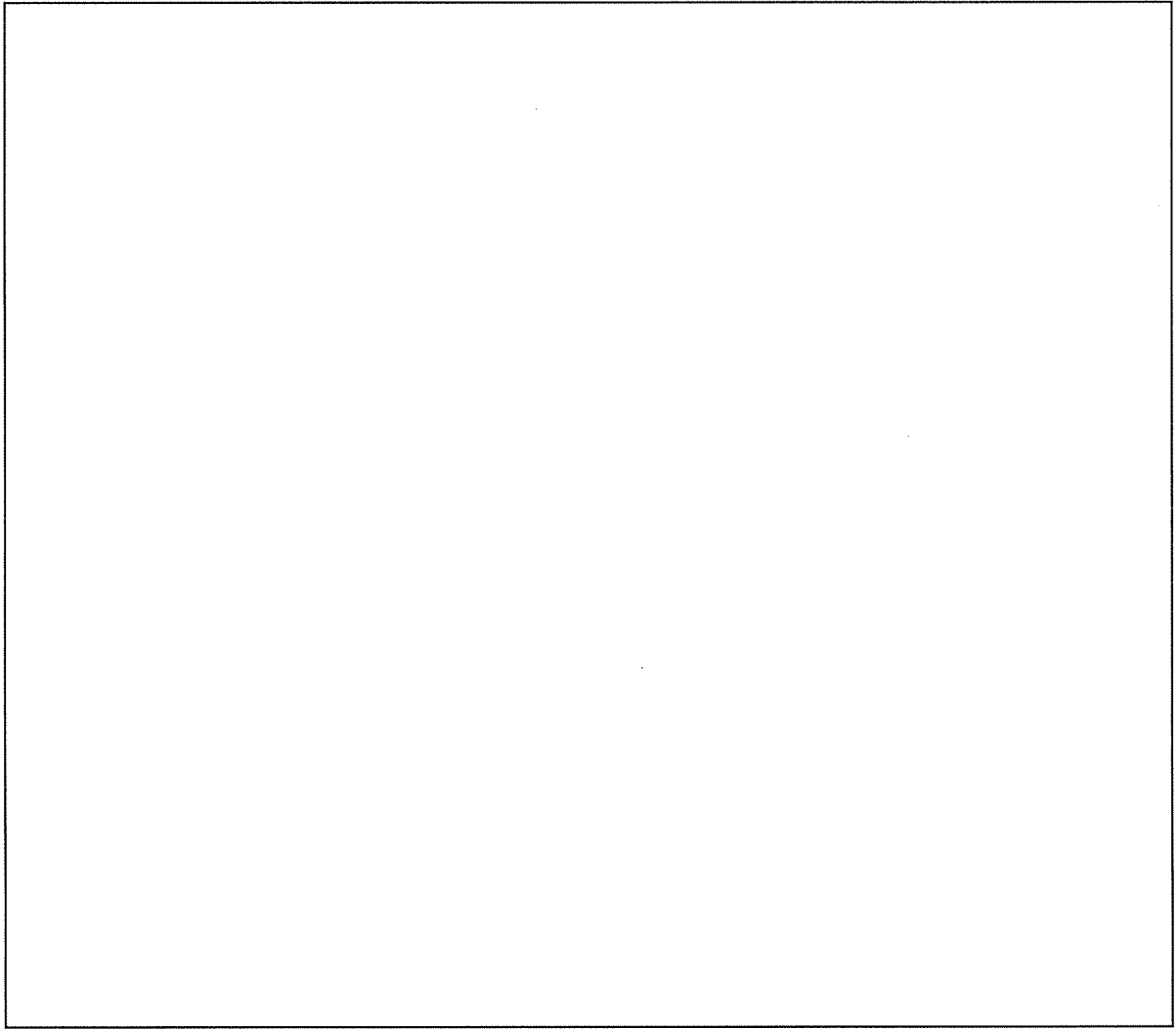
(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 9-3-1 図(5/7) 構造解析モデル



(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 9-3-1 図(6/7) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 9-3-1 図(7/7) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 9-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
柱										JIS G3466
はり										JIS G3192
はり										JIS G3192
はり										JIS G3192
はり										JIS G3192
柱										JIS G3192
はり										JIS G3192
柱										JIS G3192
はり										計算値
柱										JIS G3466
はり										計算値

添説設 3-1-転 9-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 9-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

3. 1. 1. 設計用地震力

3. 1. 1. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \div \square \cdots \div \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\square$ [Hz]となり、20[Hz]未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

3. 1. 1. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 3. 1. 2. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 3. 1. 3. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

## 3. 2. 応力評価

### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 9-3-4 表及び添説設 3-1-転 9-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 9-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	03_038								
圧縮応力度	—	00_034								
せん断応力度	—	10_088								
曲げ応力度	—	10_030								
組合せ応力度	—	04_019								
組合せ応力	—	10_030								

添説設 3-1-転 9-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 負	04_002								
圧縮応力度	X 正	08_003								
せん断応力度	Y 負	08_041								
曲げ応力度	Y 負	10_088								
組合せ応力度	X 負	10_026								
組合せ応力	Y 負	10_078								

### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 9-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 9-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負	00_039						
せん断応力度	X 正	00_021						
引抜力	Y 負	00_039						

充填装置の耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-転10-1-1表に示す。

添説設3-1-転10-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
充填装置(1)、充填装置(2)	工場棟	転換工場	転換加工室	添付図 図イ配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-転10-1-2表に示す。充填装置は安全機能を有する設備として充填装置、フードボックス（充填装置）及び充填装置架台を有する。

添説設3-1-転10-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
充填装置(1)、充填装置(2)	添付図 図イ設-15

## 2. 充填装置の耐震計算

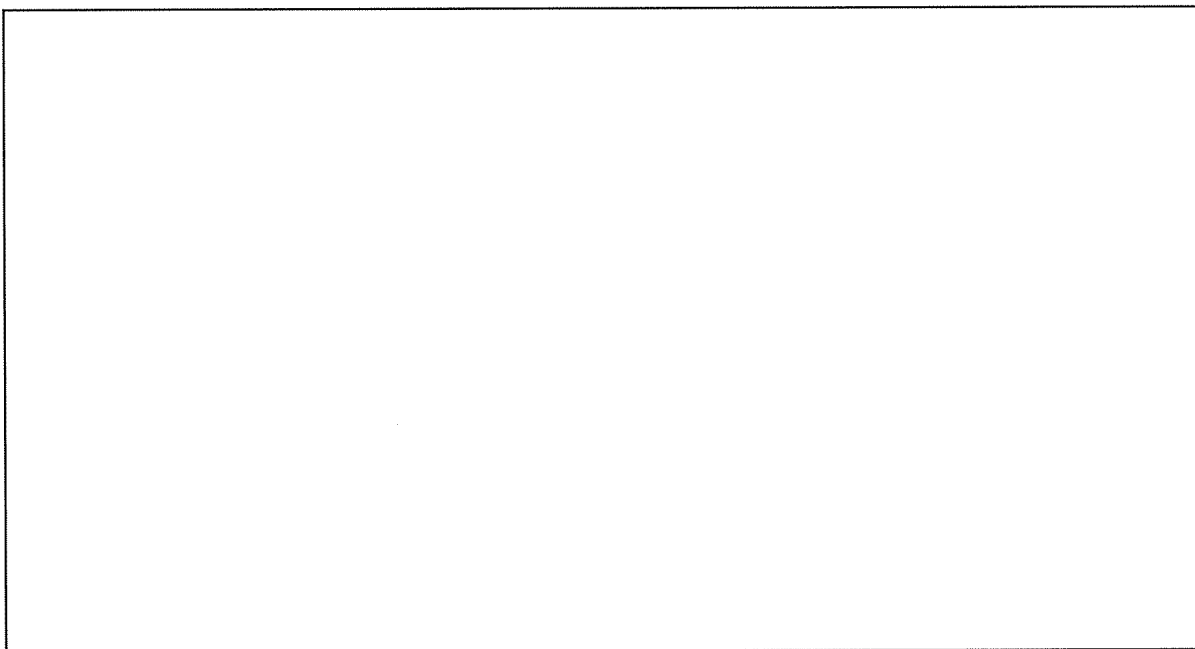
### 2. 1. 評価方法

充填装置の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定、もしくは完全固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転10-2-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転10-2-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転10-2-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転10-2-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



寸法及び節点

添説設3-1-転10-2-1図 構造解析モデル

添説設 3-1-転 10-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	Iy	Iz	Zy	Zz	I	
はり										計算値

添説設 3-1-転 10-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 10-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

2. 1. 2. 設計用地震力

2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \approx \square \cdots \approx \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 以上であるので、剛構造の設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。



#### 2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

#### 2. 2. 応力評価

##### 2. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 10-2-4 表及び添説設 3-1-転 10-2-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 10-2-4 表 部材の評価結果 (長期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	—								
圧縮応力度	—	—								
せん断応力度	—	00_02								
曲げ応力度	—	00_02								
組合せ応力度	—	00_02								
組合せ応力	—	00_02								

添説設 3-1-転 10-2-5 表 部材の評価結果 (短期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	00_02								
圧縮応力度	X 負	00_02								
せん断応力度	Y 正	00_02								
曲げ応力度	Y 正	00_02								
組合せ応力度	Y 正	00_02								
組合せ応力	Y 正	00_02								

## 2. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 10-2-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 10-2-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正							
せん断応力度	X 正							
引抜力	-							

### 3. フードボックス（充填装置）の耐震計算

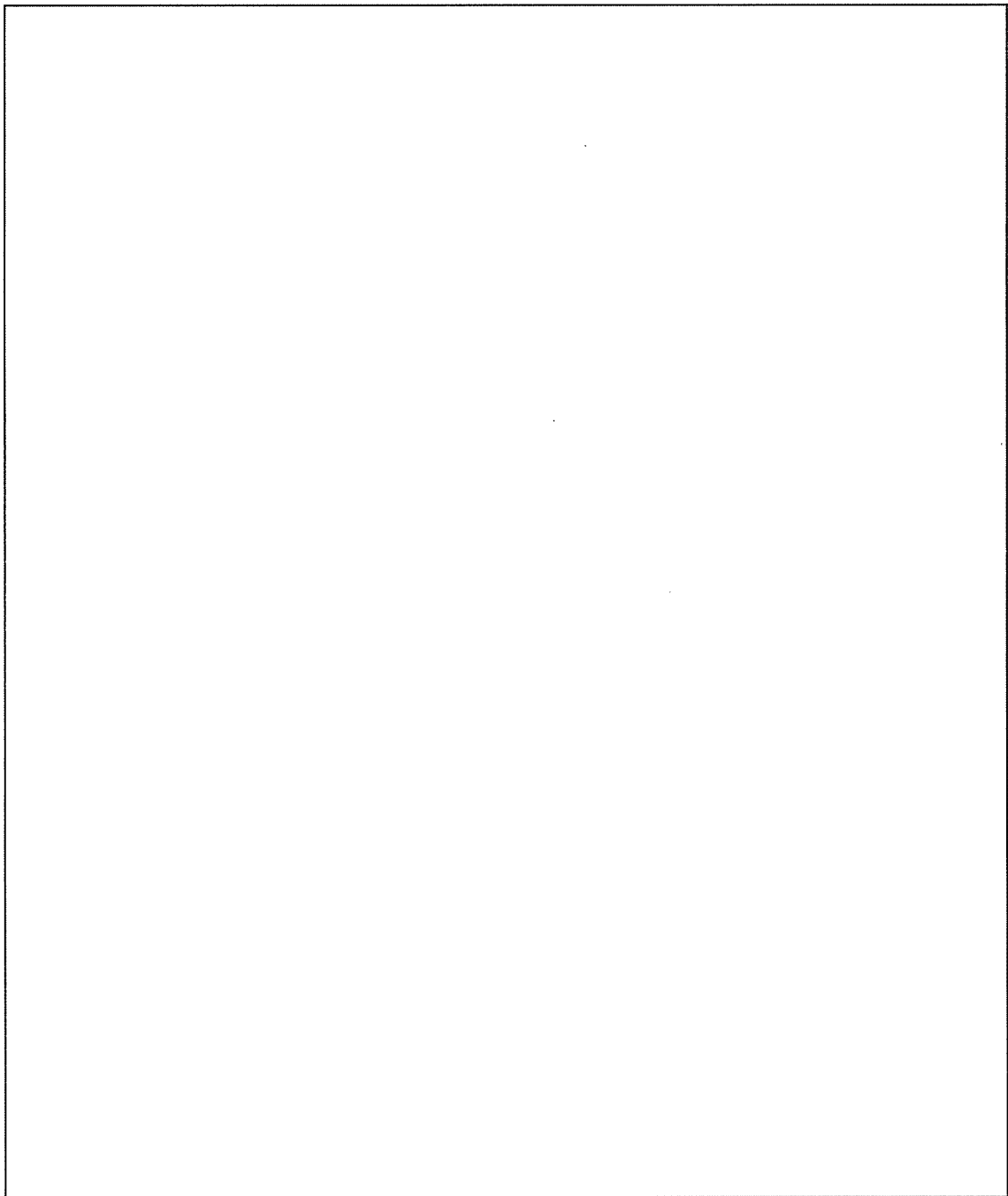
#### 3. 1. 評価方法

フードボックス（充填装置）の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

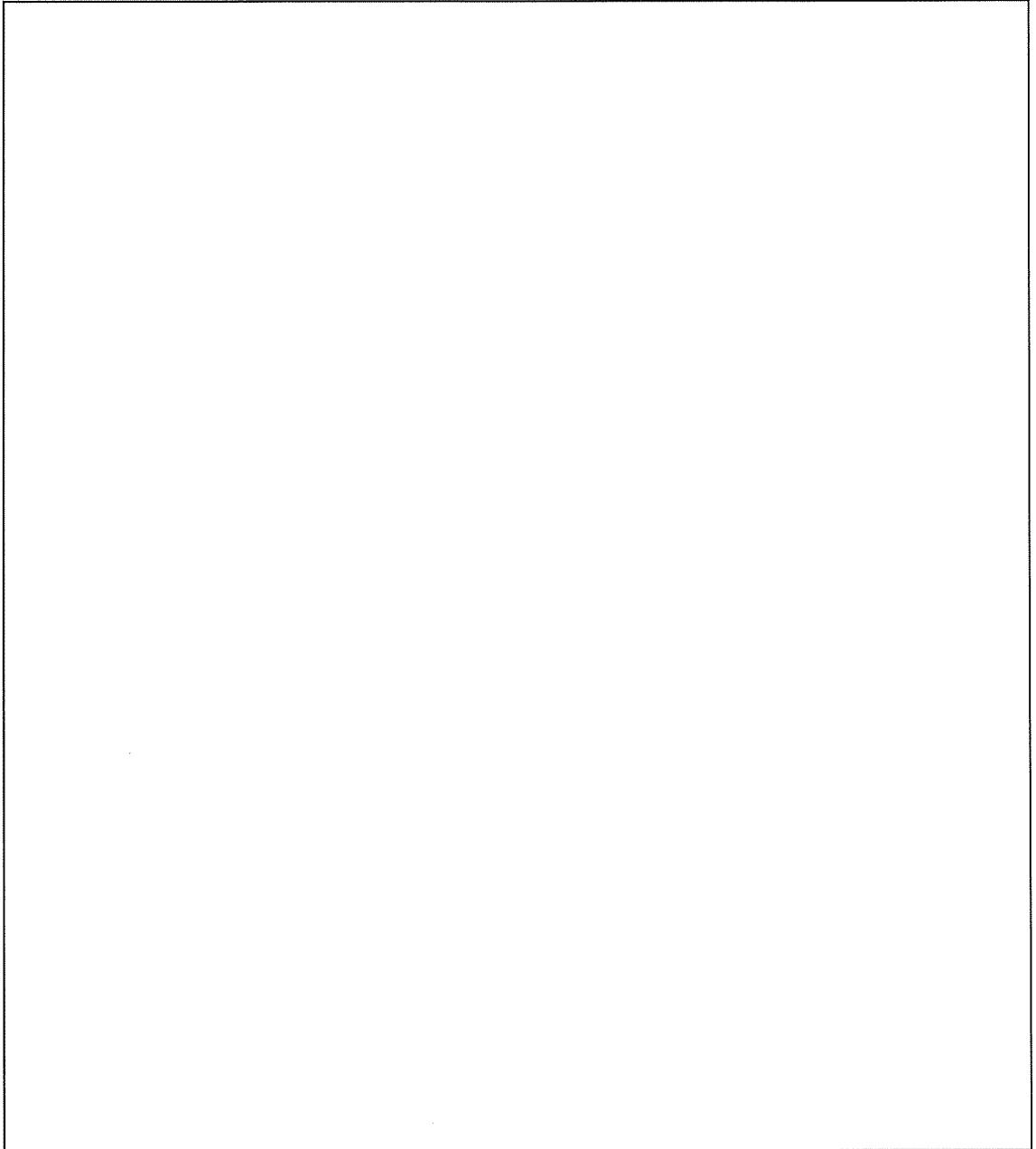
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転10-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転10-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転10-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転10-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 10-3-1 図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 10-3-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 10-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] $\times 10^4$		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] $\times 10^3$		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G4317
柱										JIS G4317
はり										JIS G4317
柱										JIS G4317

添説設 3-1-転 10-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 10-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 3. 1. 2. 設計用地震力

#### 3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

## 3. 2. 応力評価

### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 10-3-4 表及び添説設 3-1-転 10-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 10-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	02_05								
圧縮応力度	—	03_10								
せん断応力度	—	03_09								
曲げ応力度	—	06_12								
組合せ応力度	—	06_12								
組合せ応力	—	06_12								

添説設 3-1-転 10-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 正	02_01								
圧縮応力度	X 正	01_03								
せん断応力度	Y 正	03_09								
曲げ応力度	X 正	03_04								
組合せ応力度	X 正	03_04								
組合せ応力	X 正	03_04								

### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 10-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 10-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	00_01						
せん断応力度	X 正	00_03						
引抜力	-	-						



#### 4. 充填装置架台の耐震計算

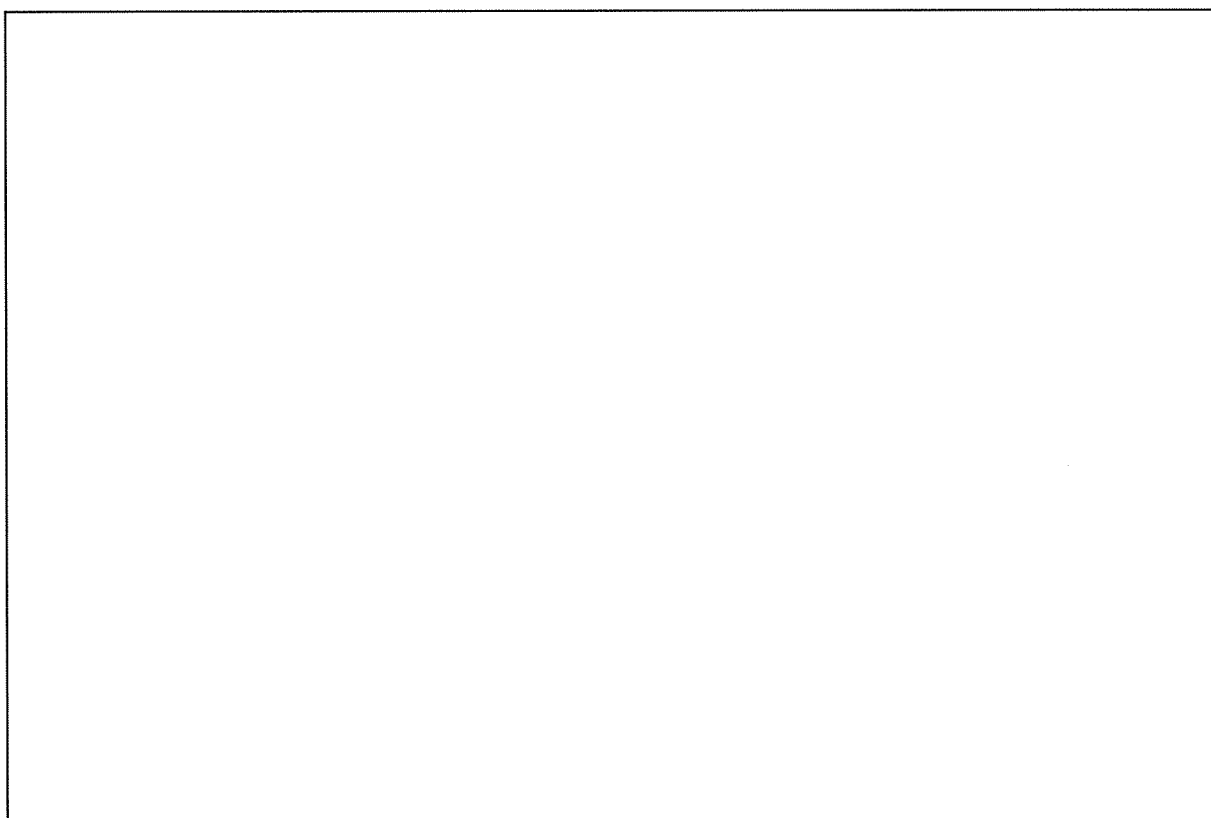
##### 4. 1. 評価方法

充填装置架台の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

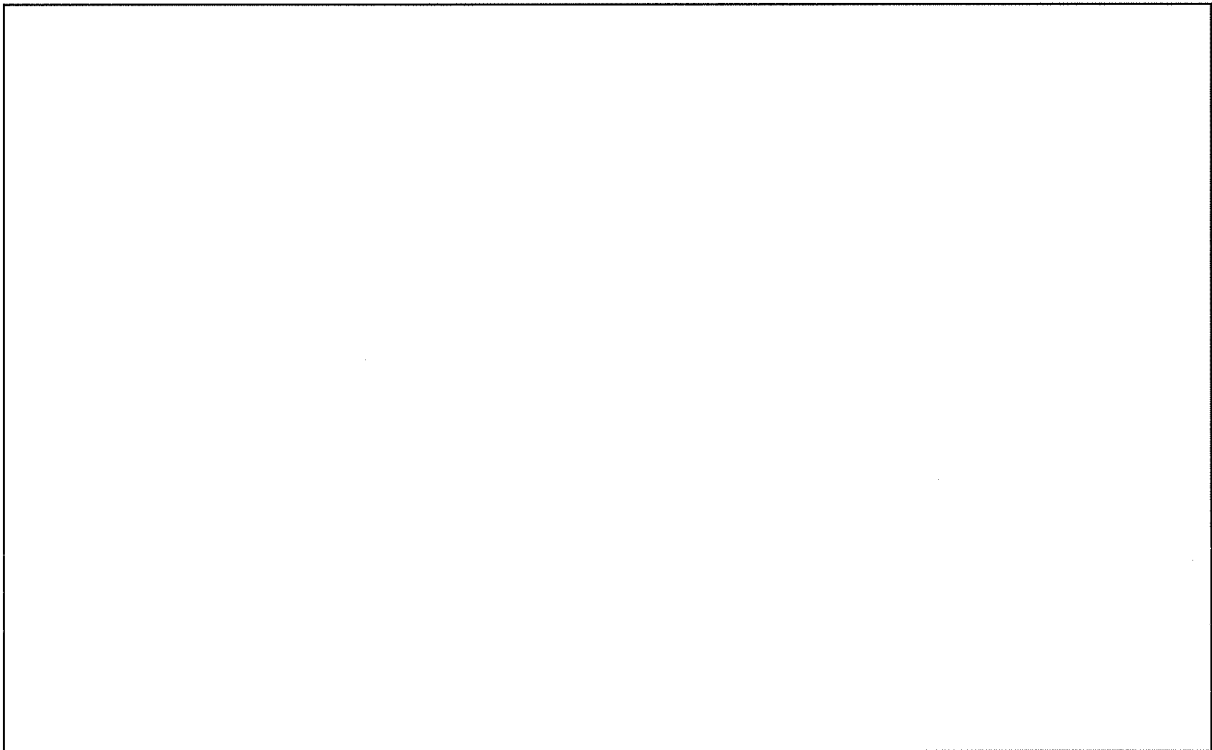
##### 4. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転10-4-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転10-4-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転10-4-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転10-4-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-転10-4-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 10-4-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 10-4-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次 モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二 次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G3192
柱										JIS G3192

添説設 3-1-転 10-4-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 10-4-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

#### 4. 1. 2. 設計用地震力

##### 4. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \cong \boxed{\phantom{00}} \cdot \cdot \cdot \cong \boxed{\phantom{00}} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\boxed{\phantom{00}}$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

##### 4. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

#### 4. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

##### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

##### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

#### 4. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

#### 4. 2. 応力評価

##### 4. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 10-4-4 表及び添説設 3-1-転 10-4-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 10-4-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	00_01								
圧縮応力度	—	00_05								
せん断応力度	—	00_04								
曲げ応力度	—	00_04								
組合せ応力度	—	00_04								
組合せ応力	—	00_04								

添説設 3-1-転 10-4-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	01_03								
圧縮応力度	Y 正	00_10								
せん断応力度	Y 正	00_09								
曲げ応力度	Y 正	00_09								
組合せ応力度	Y 正	00_09								
組合せ応力	Y 正	00_09								

#### 4. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-転 10-4-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-転 10-4-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	00_04						
せん断応力度	Y 正	00_09						
引抜力	—	—						

スクラバの耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第2類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-気1-1-1表に示す。

添説設3-1-気1-1-1表 対象設備 設置位置

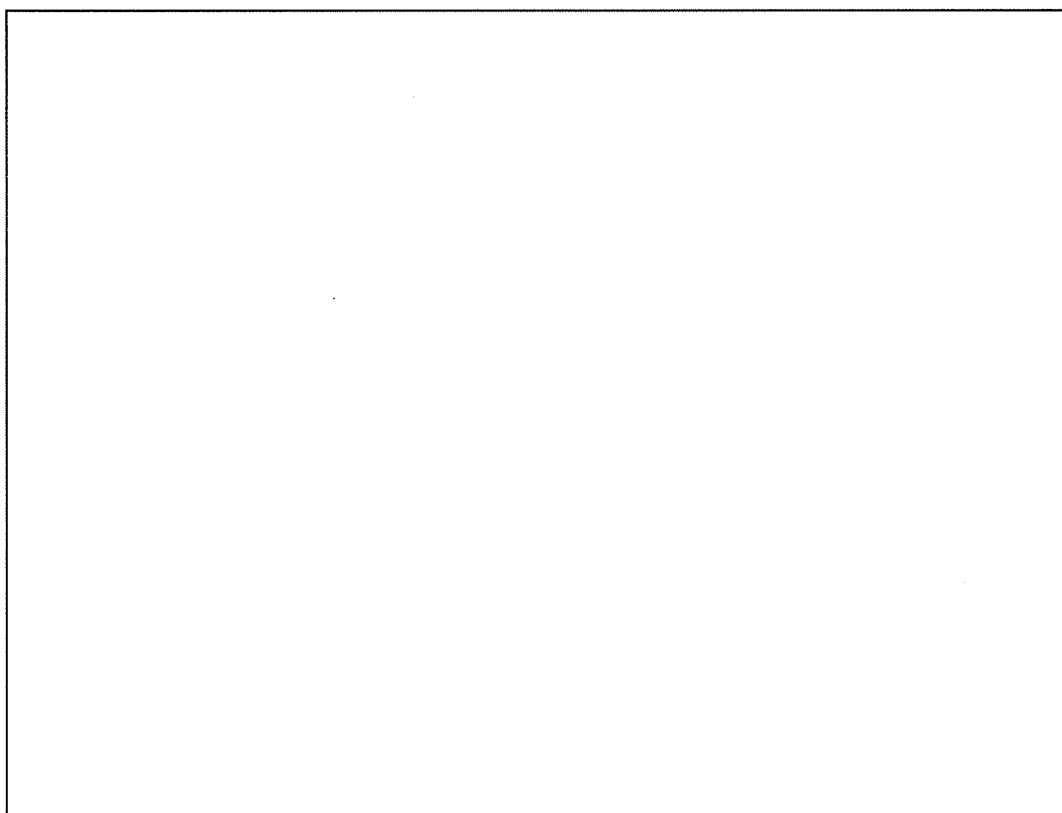
機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
スクラバ (原料倉庫局所排気系統)	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図ト配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-気1-1-2表に示す。スクラバは安全機能を有する設備としてスクラバ、スクラバ架台(1)及びスクラバ架台(2)を有する。添説設3-1-気1-1-1図に示すように、スクラバ及びスクラバ架台(1)は一体でモデル化する。なお、スクラバとスクラバ架台(1)は剛ばねで接続している。

添説設3-1-気1-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
スクラバ (原料倉庫局所排気系統)	添付図 図ト設-1



添説設3-1-気1-1-1図 スクラバ、スクラバ架台(1) 構造解析モデル

## スクラバの耐震計算

### 1. 4. 評価方法

スクラバの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素、シェル要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する（添付説明書—設3-1-気1-付1参照）。
- (2) 解析コードはNASTRAN Ver. 2018. 2. 1<sup>\*1</sup>を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

\*1 NASTRANはNASAの「有限要素法プログラム作成プロジェクト」により、航空機の機体強度解析用として開発された有限要素法による汎用構造解析用計算機コードである。1971年にThe MacNeal-SchwendlerからMSC NASTRANとして一般商業用にリリースされた。現在ではPWR原子力発電施設の応力解析をはじめ、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築など様々な分野の使用実績を有している。

#### 1. 4. 1. 構造解析モデル

3次元構造解析モデルを添説設3-1-気1-2-1図に示す。スクラバ、リングサポート及び押え板はシェル要素、それ以外のフレームははり要素でモデル化している。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。シェル要素の材料と寸法を添説設3-1-気1-2-1表に示し、はり要素の部材の断面性能を添説設3-1-気1-2-2表に示す。また、材料定数を添説設3-1-気1-2-3表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-気1-2-4表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。

添説設3-1-気1-2-1図 構造解析モデル

添説設 3-1-気 1-2-1 表 シェル要素 材料、寸法

材料	寸法

添説設 3-1-気 1-2-2 表 はり要素 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり									JIS G3192	
柱									JIS G3192	

添説設 3-1-気 1-2-3 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				FRP 構造設計便覧
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-気 1-2-4 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所

\*補強枠で囲われているスクラバ部に水が満水の荷重で評価

1. 4. 2. 設計用地震力

1. 4. 2. 1. 剛構造判定

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の最大変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \div \square \cdots \div \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\square$ [Hz]となり、20[Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。



#### 1. 4. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 2 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 0.6G とする。

#### 1. 4. 3. 荷重及び荷重の組合せ

##### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

##### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

#### 1. 4. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

#### 1. 5. 応力評価

##### 1. 5. 1. 部材

部材の評価については、シェル要素では組合せ応力度であるミーゼス応力及びトレスカ応力をそれぞれ求め、厳しい値を用いる。評価値算出方法を以下に示す。

##### <シェル要素>

応力の種類	単位	応力計算式
ミーゼス応力	N/mm <sup>2</sup>	$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \times \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$
トレスカ応力	N/mm <sup>2</sup>	Max(  $\sigma_1$  ,   $\sigma_2$  ,   $\sigma_1 - \sigma_2$  )

##### 記号説明

$\sigma_x$  : シェル要素 X 方向応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : シェル要素 Y 方向応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_{xy}$  : シェル要素せん断 XY 方向応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_1$  : シェル要素主応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_2$  : シェル要素主応力 (N/mm<sup>2</sup>)

はり要素では引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。

各々最大発生点の評価結果をシェル要素について添説設 3-1-気 1-2-5 表及び添説設 3-1-気 1-2-6 表、はり要素について添説設 3-1-気 1-2-7 表及び添説設 3-1-気 1-2-8 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-気 1-2-5 表 シェル要素の評価結果 (長期)

評価対象	位置*	地震 方向	評価値	許容限界	検定比 [-]
組合せ応力度					

\* : 添説設 3-1-気 1-2-2 図参照

添説設 3-1-気 1-2-6 表 シェル要素の評価結果 (短期)

評価対象	位置*	地震 方向	評価値	許容限界	検定比 [-]
組合せ応力度					

\* : 添説設 3-1-気 1-2-2 図参照

添説設 3-1-気 1-2-7 表 はり要素の評価結果 (長期)

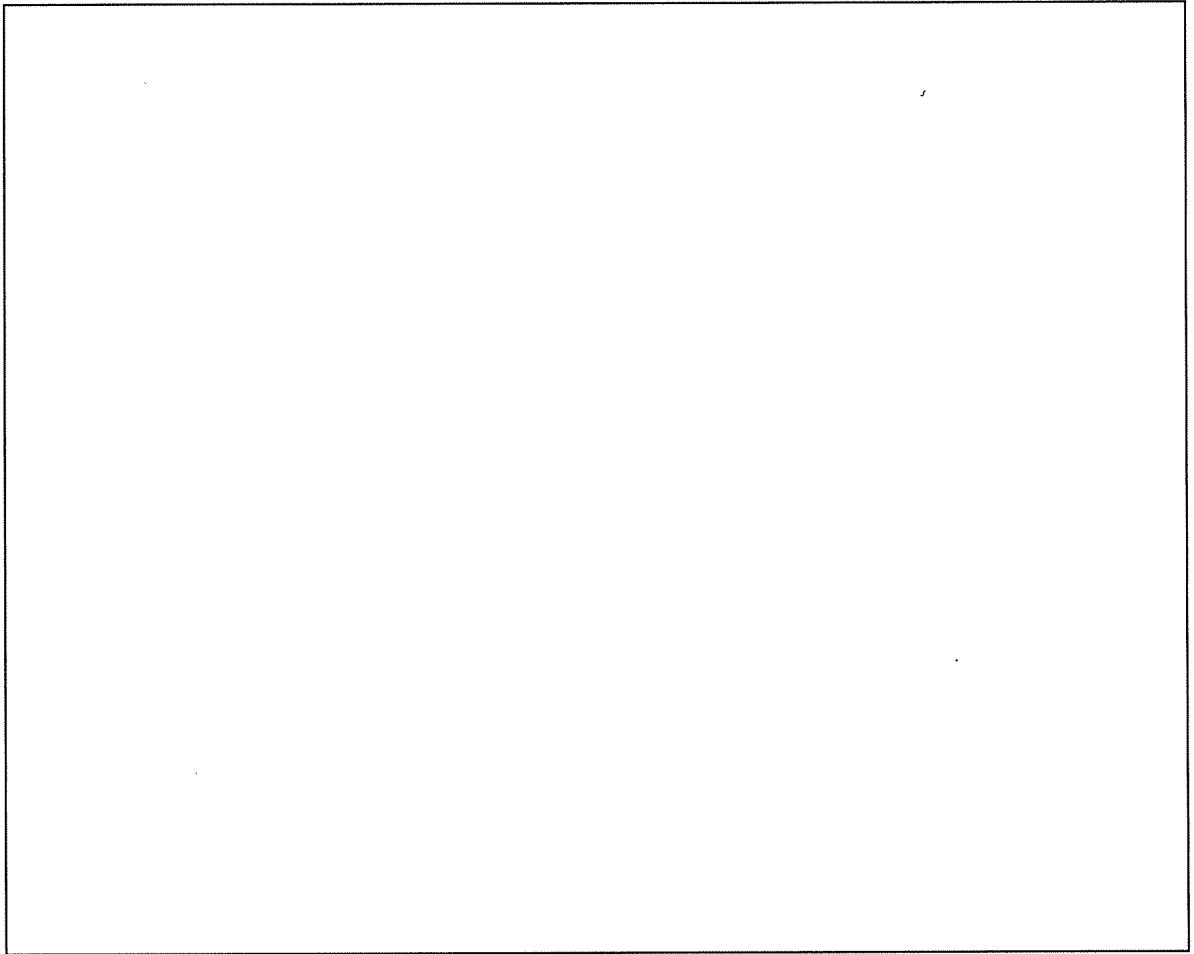
評価対象	位置*	地震 方向	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	—			
圧縮応力度	b	—			
せん断応力度	c	—			
曲げ応力度	d	—			
組合せ応力度	e	—			
組合せ応力	d	—			

\* : 添説設 3-1-気 1-2-3 図参照

添説設 3-1-気 1-2-8 表 はり要素の評価結果 (短期)

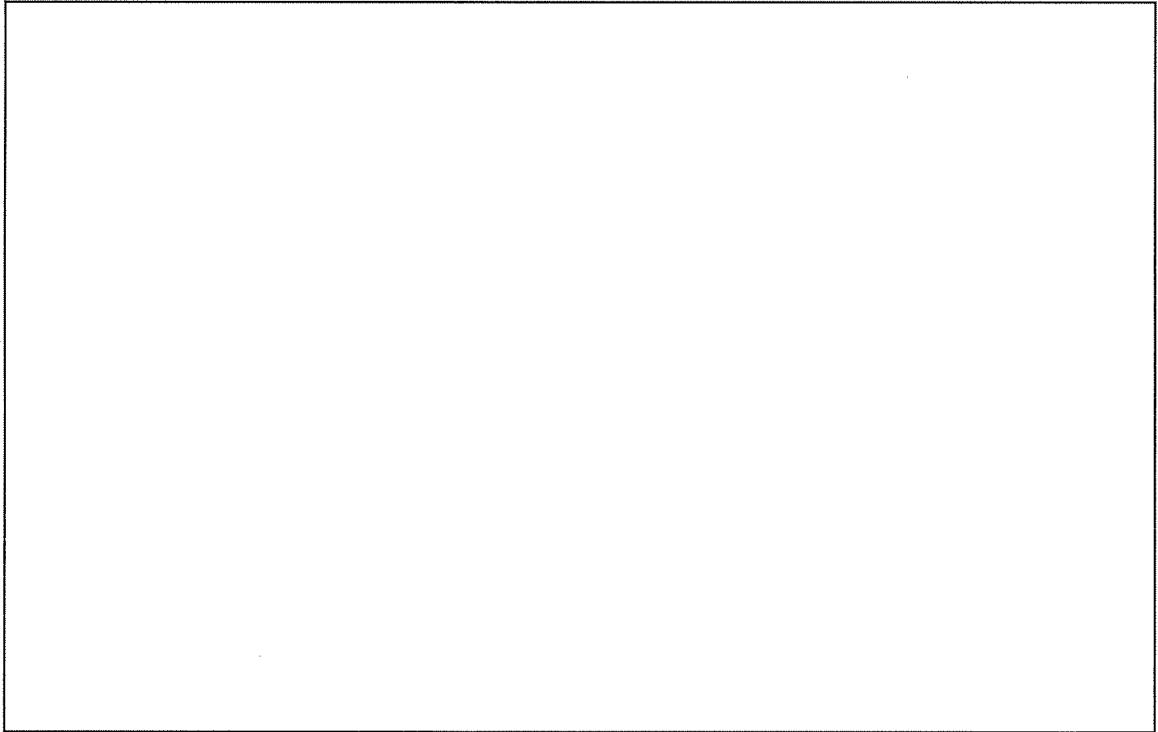
評価対象	位置*	地震 方向	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	B	Y 負			
圧縮応力度	C	Y 負			
せん断応力度	D	Y 負			
曲げ応力度	E	Y 負			
組合せ応力度	D	Y 負			
組合せ応力	E	Y 負			

\* : 添説設 3-1-気 1-2-3 図参照



鳥瞰図

添説設 3-1-気 1-2-2 図 スクラバ 最大検定比発生位置



添説設 3-1-気 1-2-3 図 補強枠、据付ボルト 最大検定比発生位置

1. 5. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-気 1-2-9 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-気 1-2-9 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	位置*	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負	$\alpha$			
せん断応力度	X 正	$\beta$			
引抜力	Y 負	$\alpha$			

\*：添説設 3-1-気 1-2-3 図参照

## 2. スクラバ架台(1)の耐震計算

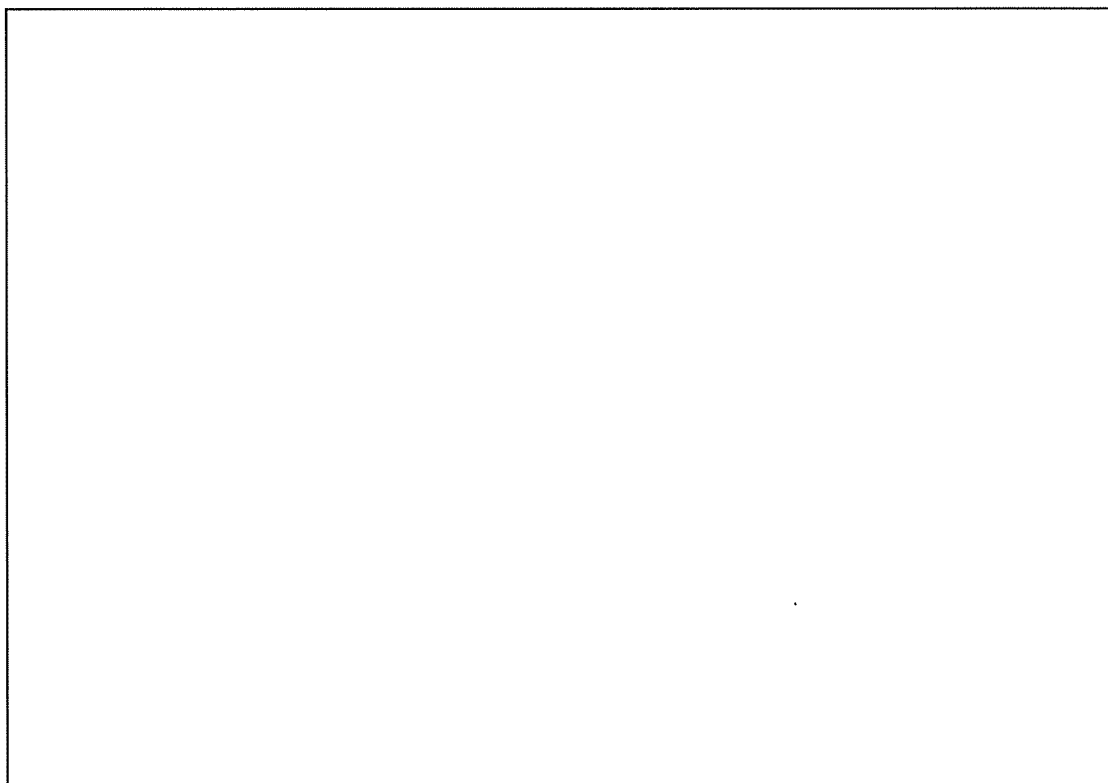
### 2. 1. 評価方法

スクラバ架台(1)の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは NASTRAN Ver. 2018. 2. 1 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

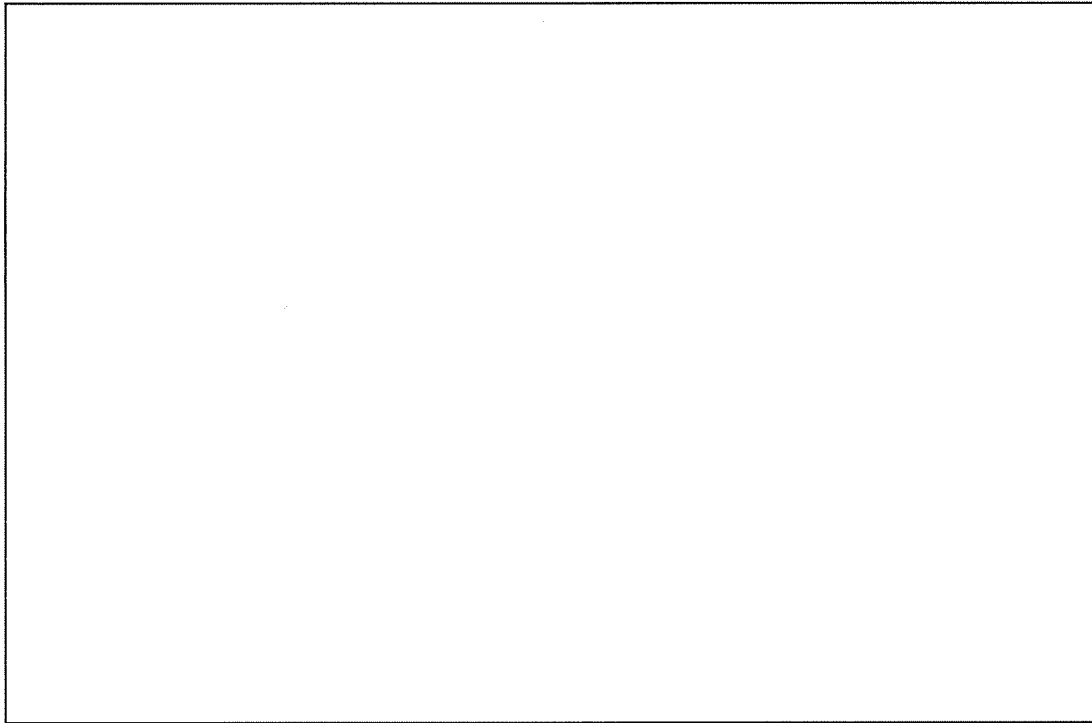
#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-気1-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-気1-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-気1-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-気1-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 外形図

添説設3-1-気1-3-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-気 1-3-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-気 1-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
柱										JIS G3192
はり										JIS G3192
はり										JIS G3192
はり										JIS G3192
はり										計算値
はり										JIS G3192
その他										JIS G3192

添説設 3-1-気 1-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-気 1-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所

2. 1. 2. 設計用地震力

2. 1. 2. 1. 剛構造判定

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の最大変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 2 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 0.6G とする。

2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

## 2. 2. 応力評価

### 2. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-気 1-3-4 表及び添説設 3-1-気 1-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-気 1-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	位置*	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	a			
圧縮応力度	—	b			
せん断応力度	—	c			
曲げ応力度	—	d			
組合せ応力度	—	d			
組合せ応力	—	d			

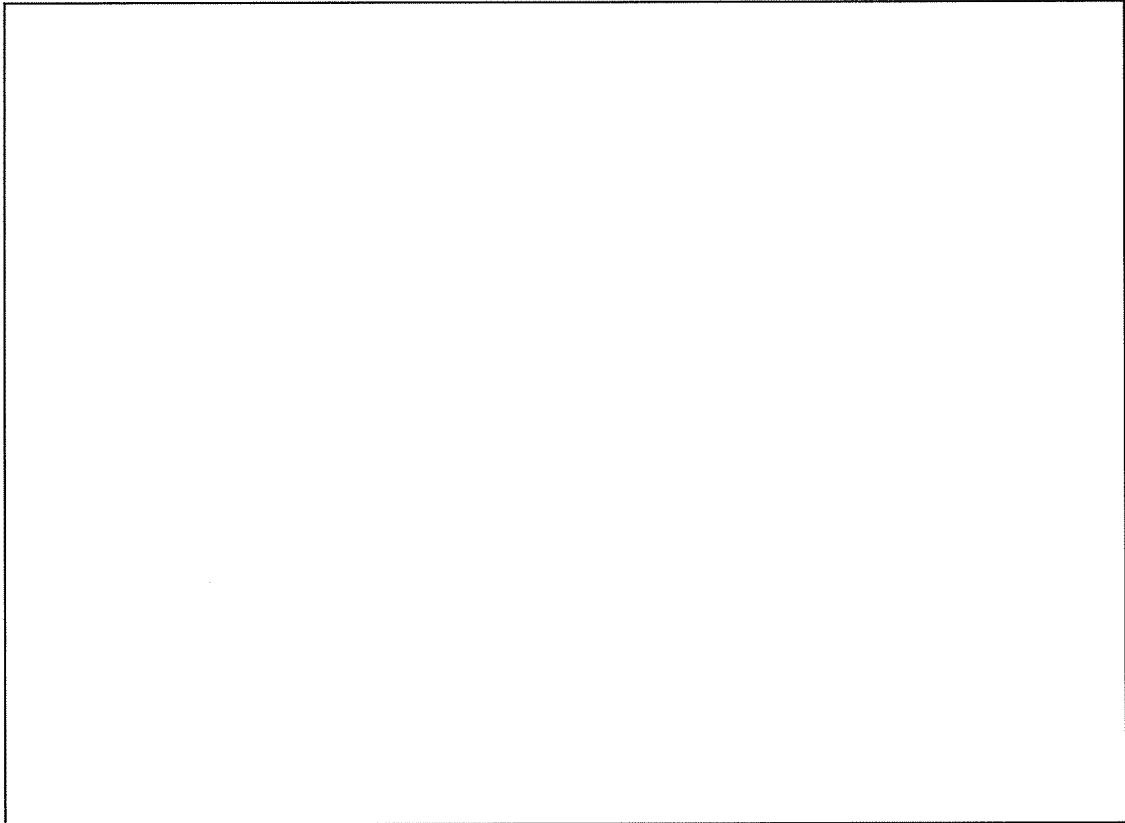
\*：添説設 3-1-気 1-3-2 図参照

添説設 3-1-気 1-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	位置*	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	A			
圧縮応力度	X 正	B			
せん断応力度	Y 正	C			
曲げ応力度	Y 正	D			
組合せ応力度	Y 正	D			
組合せ応力	Y 正	D			

\*：添説設 3-1-気 1-3-2 図参照





添説設 3-1-気 1-3-2 図 最大検定比発生位置

2. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。評価結果を添説設 3-1-気 1-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-気 1-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	位置*	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負	$\alpha$			
せん断応力度	Y 負	$\beta$			
引抜力	Y 負	$\alpha$			

\*: 添説設 3-1-気 1-3-2 図参照

### 3. スクラバ架台(2)の耐震計算

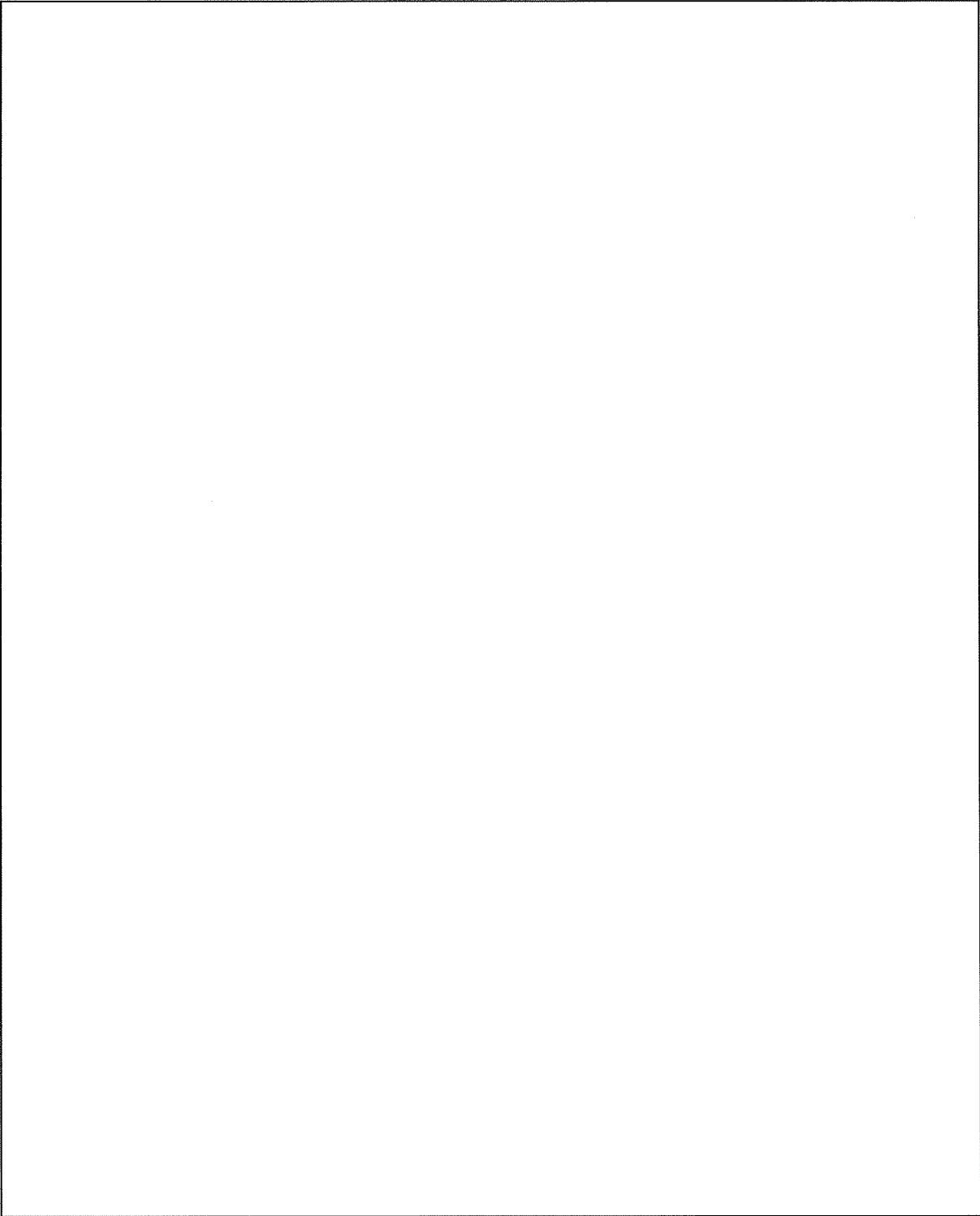
#### 3. 1. 評価方法

スクラバ架台(2)の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

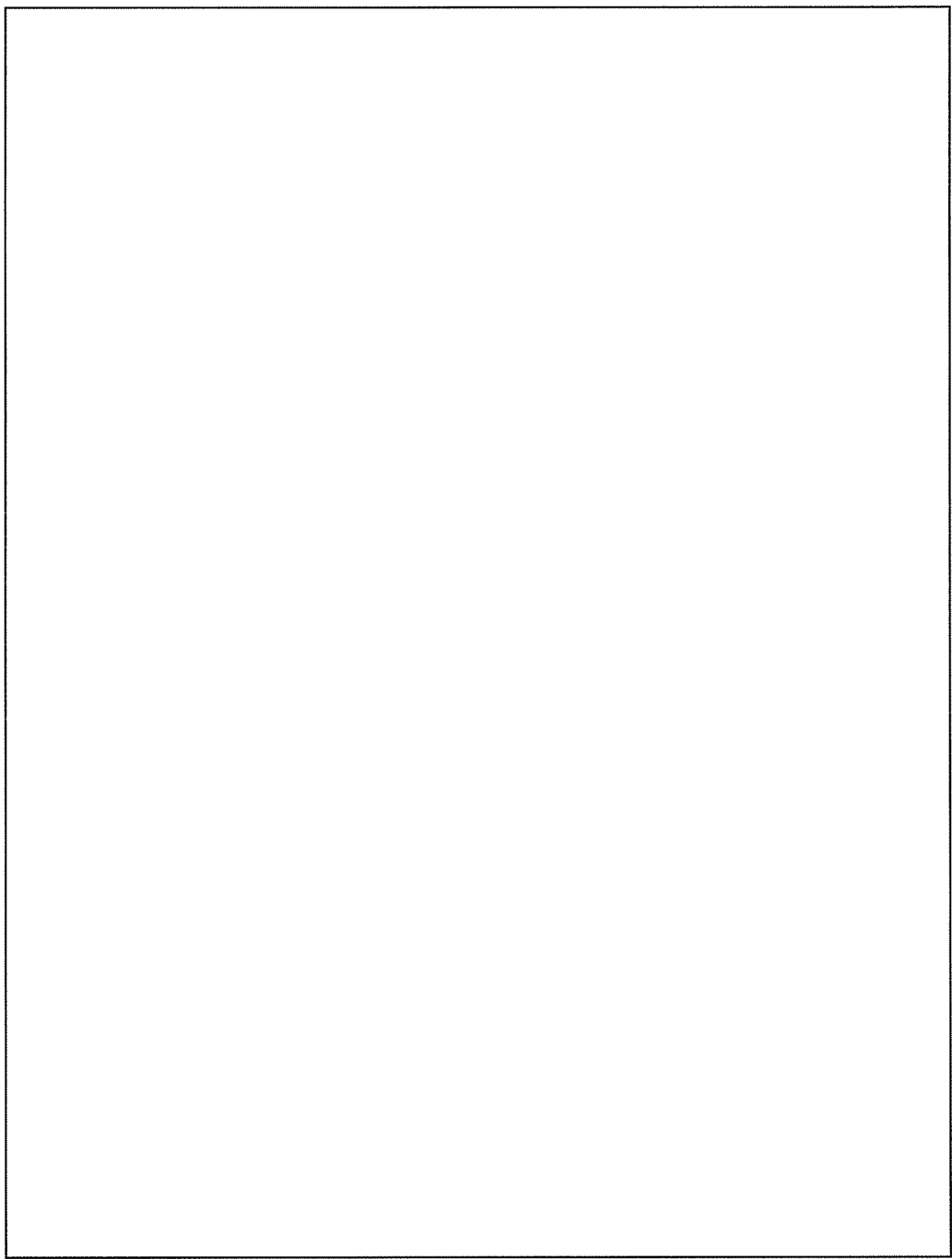
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-気1-4-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-気1-4-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-気1-4-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-気1-4-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-気 1-4-1 図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-気 1-4-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-気 1-4-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次 モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二 次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
柱										JIS G3466
はり										JIS G3192
柱										JIS G3192
はり										JIS G3192
はり										JIS G3192
はり										JIS G3192

添説設 3-1-気 1-4-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-気 1-4-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

3. 1. 2. 設計用地震力

3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \boxed{\phantom{0000}}$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{0000}}}} \asymp \boxed{\phantom{000}} \cdot \cdot \cdot \asymp \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\boxed{\phantom{000}}$  [Hz]となり、20 [Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 2 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 0.6G とする。

3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

3. 2. 応力評価

3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書-設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-気 1-4-4 表及び添説設 3-1-気 1-4-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-気 1-4-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	02_089								
圧縮応力度	—	01_005								
せん断応力度	—	02_081								
曲げ応力度	—	02_055								
組合せ応力度	—	02_055								
組合せ応力	—	02_055								

添説設 3-1-気 1-4-5 表 部材の評価結果 (短期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 負	02_042								
圧縮応力度	Y 負	01_001								
せん断応力度	X 負	02_087								
曲げ応力度	X 正	02_052								
組合せ応力度	Y 負	01_001								
組合せ応力	Y 負	01_001								

3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-気 1-4-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-気 1-4-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	00_001						
せん断応力度	X 負	00_005						
引抜力	Y 正	00_001						



シェルモデルによるスクラバの計算について

## 1. はじめに

スクラバ{626}は、耐震解析に用いる有限要素の種類としてシェル要素を用いた評価と  
している。

設工認申請における耐震解析では、はり要素を用いるが、ここでは、シェル要素を用い  
た理由とスクラバ解析で考慮した注意事項をまとめた。

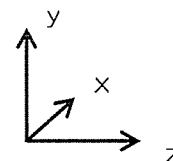
## 2. はり要素とシェル要素の違い

有限要素法のはり要素とシェル要素の違いを以下に示す。

### (1) はり要素（3次元）

はり要素とは図1に示すような棒（柱）梁など、両端に力がかかる線として扱うこ  
とができる要素をいう。

材料や断面としての特性は、線状の要素内部で考慮される。



自由度

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_\theta \\ M_\phi \\ M_\psi \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ \theta \\ \phi \\ \psi \end{pmatrix}$$

x : x 軸方向のたわみ（曲げたわみ）

y : y 軸方向のたわみ（曲げたわみ）

z : z 軸方向のたわみ（引張、圧縮たわみ）

$\theta$  : x 軸まわりのたわみ角

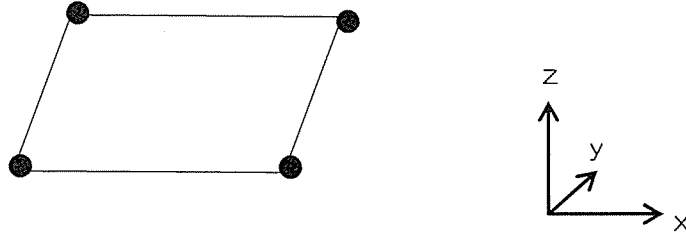
$\phi$  : y 軸回りのたわみ角

$\psi$  : z 軸回りのねじり角

図1 はり要素の模式図

(2) シェル要素

シェル要素とは図2に示すような板厚が薄い面として扱うことができる要素をいう。



自由度

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_\theta \\ M_\phi \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ \theta \\ \phi \end{pmatrix}$$

x : x 軸方向のたわみ (シェル方向の引張・圧縮たわみ)

y : y 軸方向のたわみ (シェル方向の引張・圧縮たわみ)

z : z 軸方向のたわみ (シェルの面外たわみ)

$\theta$  : x 軸まわりのたわみ角 (シェルのたわみ角)

$\phi$  : y 軸まわりのたわみ角 (シェルのたわみ角)

※シェルは面に直交する軸の回転自由度はない。

図2 シェル要素の模式図

### 3. スクラバのモデル化

#### 3.1 モデルの選定

塔槽類であるスクラバは、耐フッ酸性の観点から [ ] 製（鉄鋼に比べてヤング率が約 1/30）であり、断面の変形が比較的しじやういと考えられるため、スクラバの変形による剛性の変化を模擬できるように、シェル要素を用いて評価する。

主として耐震解析に適用している FAP-3 では、シェル要素を備えていないため、同モデル解析で一般的に使用されている NASTRAN を使用した。シェル要素によるスクラバの解析モデル図を図 3 に示す。

\* 1 [ ]

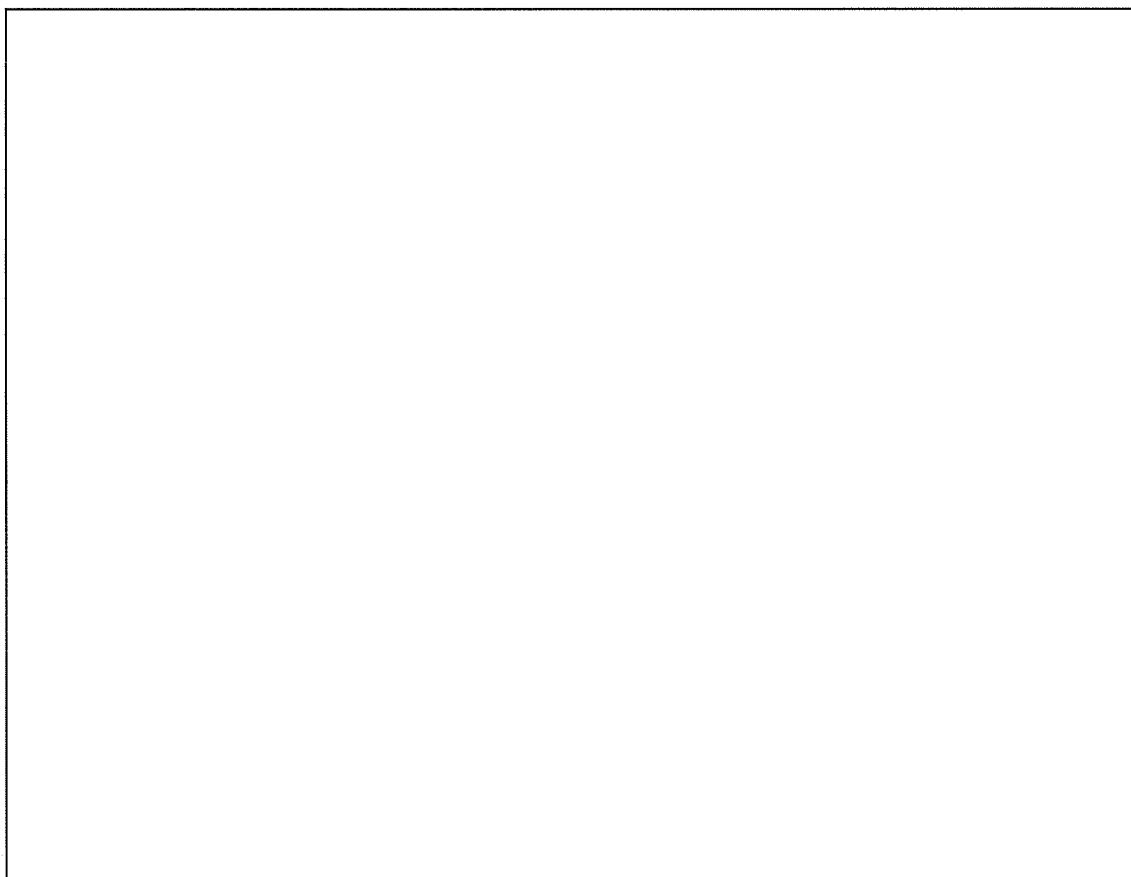
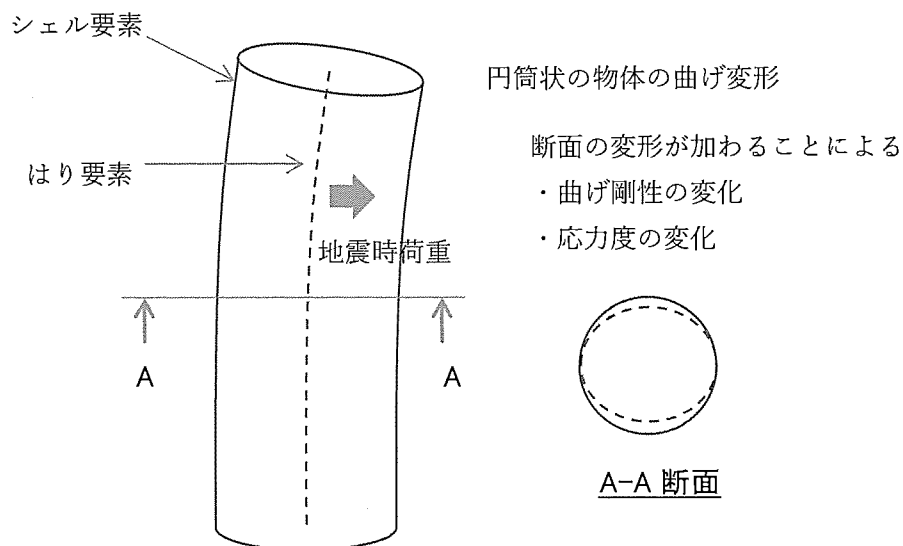


図 3 シェル要素によるスクラバの解析モデル図

### 3.2 モデル化の考え方

スクラバは円筒形の形状のものである。地震時の横方向の荷重によって曲げによる変形が生じる。評価結果は添付説明書一設 3-1-気 1 に記載しているが、ここでは、モデル化の考え方を模式的に図 4 に表す。



この断面の変形ははり要素では評価不可

図 4 円筒形構造物の曲げ変形説明図

通常、円筒状の物体であっても、この断面変形は無視しうるほど小さいため、はり要素でモデル化するが、ヤング率の低い  の場合変形の影響を確認することを兼ねて、念のためシェル要素でモデル化している。

#### 4. その他の考慮事項

##### (1) 金属カバー

スクラバは[ ]製であり、火災荷重が大きいため、火災発生源とならないように金属カバーで覆う設計としている。

この金属カバーは耐震強度上期待しないが、保守的に、質量のみをスクラバ本体に均質荷重として考慮し評価している。

##### (2) NASTRAN の過去の事例の確認

汎用解析コード NASTRAN を使用するにあたっては、原子力安全推進協会発行の「原子力施設における許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドライン」に準じ、手計算結果と比較するなどして検証を行った上で使用している。また、この手順は、当社の保安品質保証計画書に準拠したものである。

なお、2018 年の発電用原子炉施設において、NASTRAN を用いた評価の中で誤りが認められた事例がある。当該事例は「解析プログラムの注意すべき計算式」を入力する必要のある「応答スペクトル解析」だが\*1、本申請では NASTRAN を静的解析に用いており、当該事例の誤りの原因を含むものではない。

\* 1 東京電力ホールディングス株式会社 HP (2018. 12. 3)

非常用ディーゼル発電機の耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第2類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-他1-1-1表に示す。

添説設3-1-他1-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
非常用ディーゼル発電機	付属建物	発電機室	発電機室 1,2	添付図 図り配-1

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-他1-1-2表に示す。非常用ディーゼル発電機は安全機能を有する設備として、非常用ディーゼル発電機、潤滑油タンク及び燃料油タンク、ラジエータを有する。

添説設3-1-他1-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
非常用ディーゼル発電機	添付図 図り設-1



## 2. 非常用ディーゼル発電機の耐震計算

### 2. 1. 評価方法

非常用ディーゼル発電機の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として評価する。

### 2. 2. 本体の評価方法

一次固有振動数を算出する。本体の上端に自重相当の水平地震力 $P(=W)$ が作用した際の上端における変形量を算出する。ここで総重量 $W=[\quad][N]$ である。

$$P=W=[\quad][N]$$

本体上端に発生する最大たわみは下式より算出される。

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_y}$$

ここで、

- P : 水平方向作用荷重
- L : 評価長さ
- E : ヤング係数
- $I_y$  : 断面二次モーメント

評価長さは重心高さから $L=[\quad][mm]$ 、ヤング率は使用部材である鋳鉄から $E=[\quad][MPa]$ 、断面二次モーメントは最小断面積となる断面から $I_y=[\quad][mm^4]$ を用いると、たわみ量は以下の通りとなる。

$$\delta = [\quad][mm] = [\quad][cm]$$

算出したその変位量を下記の式に用いて一次固有振動数  $f$  を算出する。

$$f = \frac{5}{\sqrt{\delta}}$$

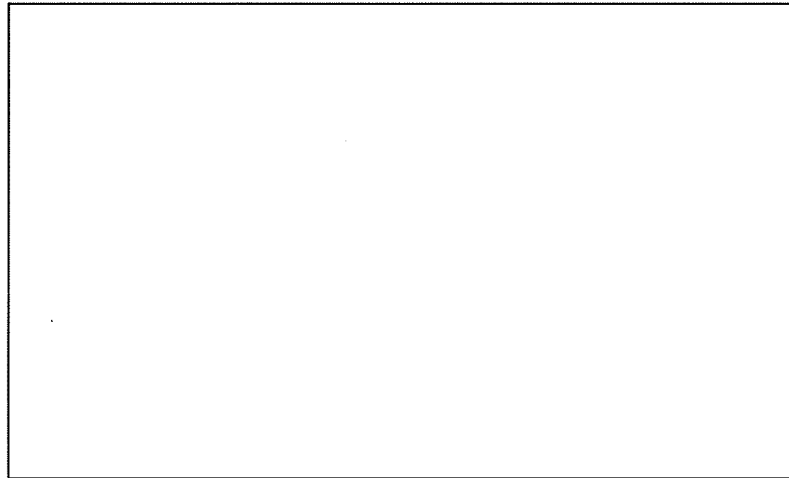
$$f = \frac{5}{\sqrt{[\quad]}} = [\quad] = [\quad][Hz]$$

よって、一次固有振動数は $[\quad][Hz]$ となり、 $20[Hz]$ 以上であるので、剛構造となる。また、一次固有振動数が十分に大きいことから、本体は剛であると判断でき、据付ボルトの評価で代表する。

## 2. 3. 据付ボルトの評価方法

### 2. 3. 1. 構造解析モデル

据付ボルトの評価モデルは添説設 3-1-他 1-2-1 図に示すとおりであり、本体を質点としてモデル化し、重心位置に水平地震力 P が作用した際の転倒モーメント、安定モーメントを算出し、それらをもとにボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認する。許容限界は添付説明書一設 3-1-付 1 参照。



添説設 3-1-他 1-2-1 図 モデル図

### 2. 3. 2. 評価結果

非常用ディーゼル発電機は剛構造のため、重心位置に自重相当の水平地震力  $P (=W \cdot K_H)$  が作用した際の転倒モーメント M1、安定モーメント M2 を下式より算出する。ここで総重量  $W = \square$  [N]、設計用水平震度  $K_H = \square$ 、重心高さ  $h = \square$  [mm]、ボルト支点間距離  $l_0 = \square$  [mm]、回転中心までの長さ  $l_1 = \square$  [mm] を用いる。

$$M1 = P \cdot h = \square \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

$$M2 = W \cdot l_1 = \square \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

よって、ボルト本数  $nt = \square$ 、引抜力に作用するボルト本数  $nt' = \square$  より、引抜力  $R_b$ 、引張応力度  $\sigma_t$ 、せん断応力度  $\tau$  は以下の通りであり、添説設 3-1-他 1-2-1 表にまとめる。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

$$R_b = \frac{M1 - M2}{l_0 \cdot nt'} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [N]}$$

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau = \frac{P}{A \cdot nt} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$A = \boxed{\phantom{000000}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

添説設 3-1-他 1-2-1 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度			
せん断応力度			
引抜力			

### 3. 潤滑油タンクの耐震計算

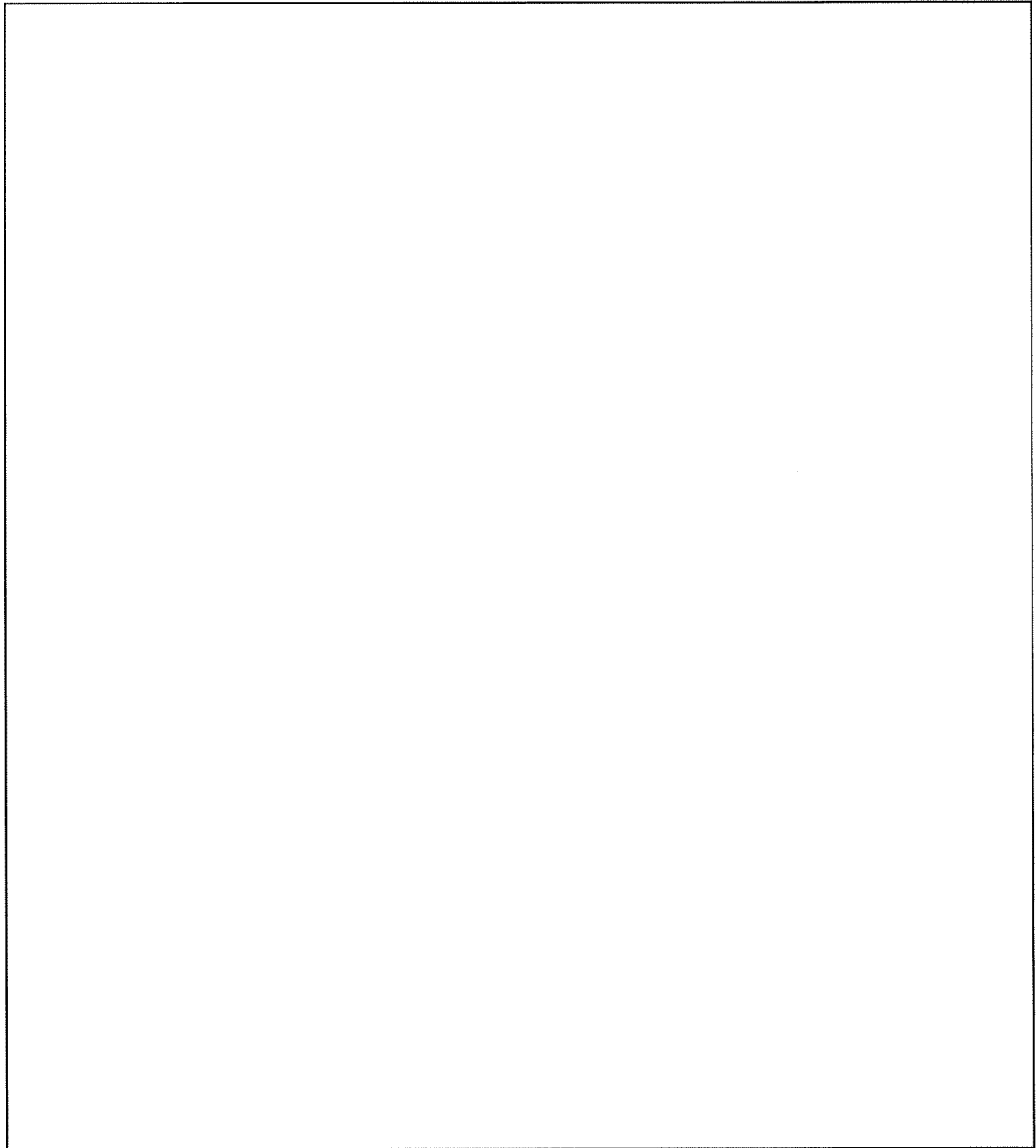
#### 3. 1. 評価方法

潤滑油タンクの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として評価する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

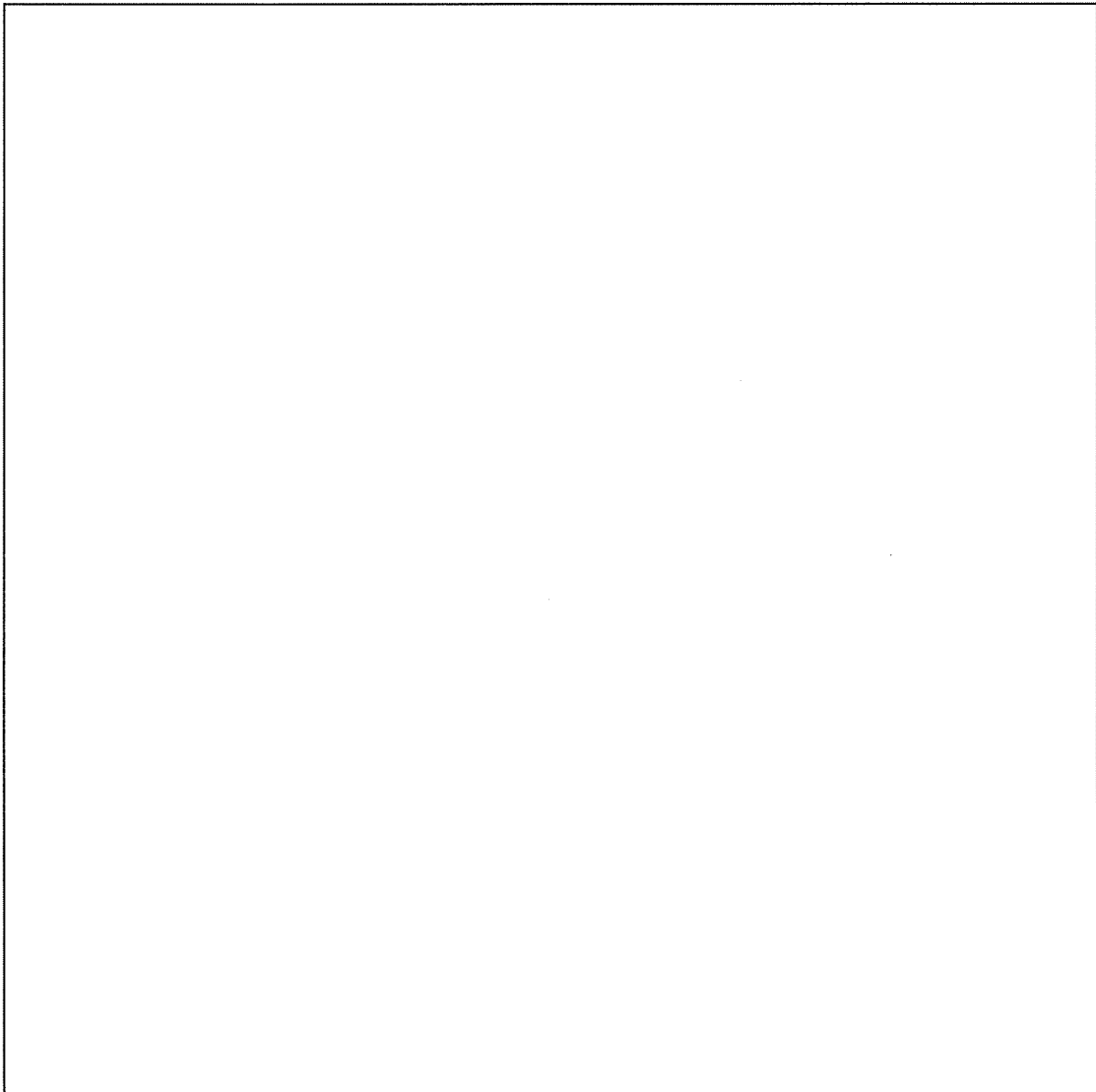
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-他 1-3-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-他 1-3-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-他 1-3-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-他 1-3-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-他 1-3-1 図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-他 1-3-1 図 (2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-他 1-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり									JIS G3192	
柱									JIS G3192	
その他									JIS G3192	

添説設 3-1-他 1-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-他 1-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

3. 1. 2. 設計用地震力

3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、発電機室 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 2 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 0.6G とする。

3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

### 3. 2. 応力評価

#### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-他 1-3-4 表及び添説設 3-1-他 1-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-他 1-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	02_02								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	00_02								
曲げ応力度	—	00_02								
組合せ応力度	—	00_02								
組合せ応力	—	00_02								

添説設 3-1-他 1-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	02_01								
圧縮応力度	Y 正	00_07								
せん断応力度	Y 正	00_08								
曲げ応力度	X 正	02_01								
組合せ応力度	X 正	02_01								
組合せ応力	X 正	02_01								

#### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-他 1-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-他 1-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	00_02						
せん断応力度	Y 正	00_08						
引抜力	Y 正	00_02						



#### 4. 燃料油タンクの耐震計算

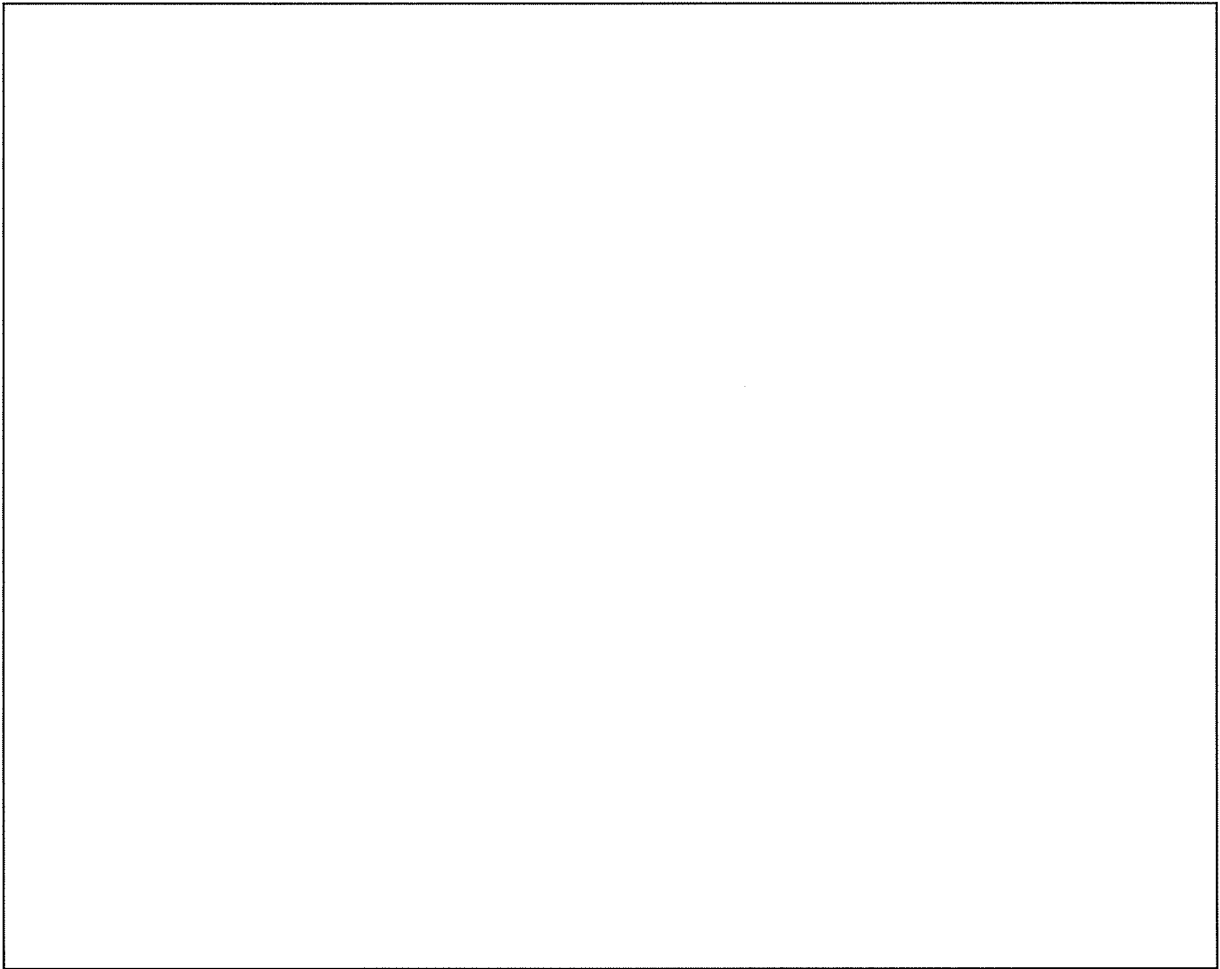
##### 4. 1. 評価方法

燃料油タンクの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

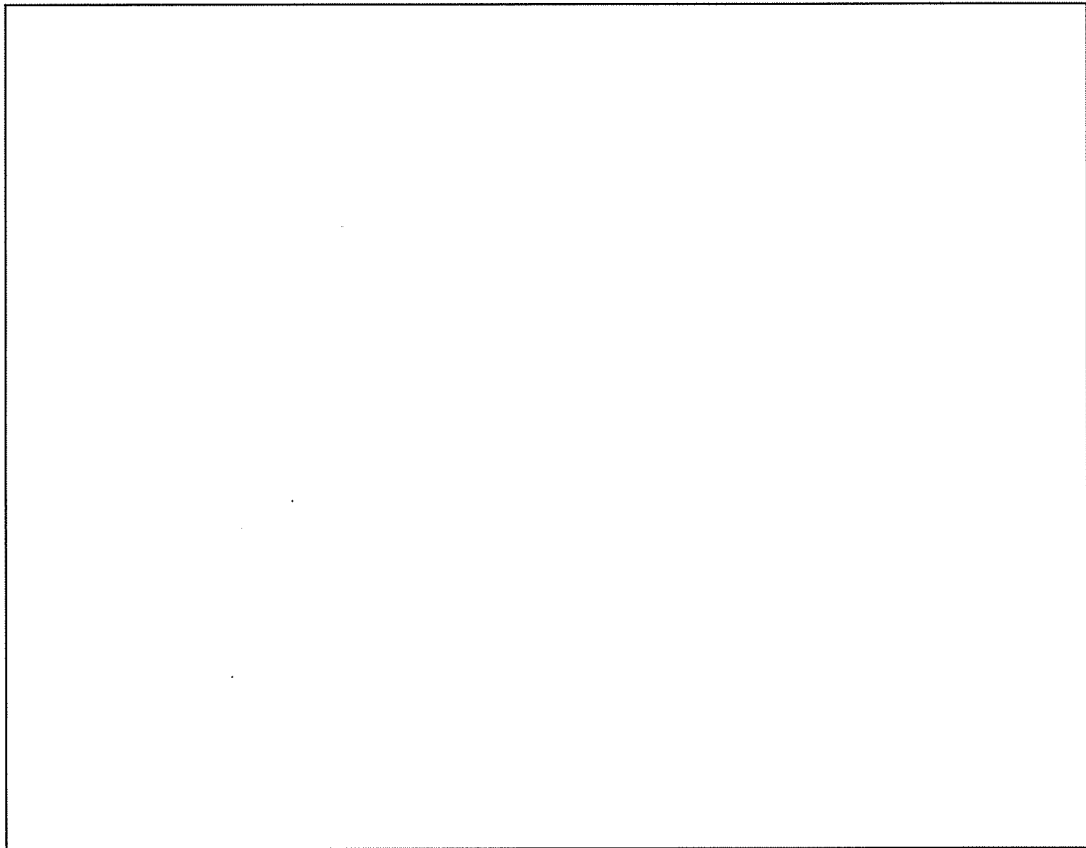
##### 4. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-他 1-4-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-他 1-4-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-他 1-4-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-他 1-4-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-他 1-4-1 図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-他 1-4-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-他 1-4-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり									JIS G3192	
柱									JIS G3192	
その他									JIS G3192	

添説設 3-1-他 1-4-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-他 1-4-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

4. 1. 2. 設計用地震力

4. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \doteq \boxed{\phantom{00}} \cdot \dots \doteq \boxed{\phantom{00}} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\boxed{\phantom{00}} \text{ [Hz]}$  となり、20[Hz]未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

4. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、発電機室1階に設置しており、耐震重要度分類第2類であることから、設計用地震力は静的地震力の0.6Gとする。

4. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

4. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

#### 4. 2. 応力評価

##### 4. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-他 1-4-4 表及び添説設 3-1-他 1-4-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-他 1-4-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	00_01								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	00_02								
曲げ応力度	—	02_07								
組合せ応力度	—	02_01								
組合せ応力	—	02_07								

添説設 3-1-他 1-4-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	02_01								
圧縮応力度	Y 正	00_09								
せん断応力度	Y 正	00_10								
曲げ応力度	X 正	02_01								
組合せ応力度	X 正	02_01								
組合せ応力	X 正	02_01								

##### 4. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-他 1-4-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-他 1-4-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	00_02						
せん断応力度	Y 正	00_10						
引抜力	Y 正	00_02						

## 5. ラジエータの耐震計算

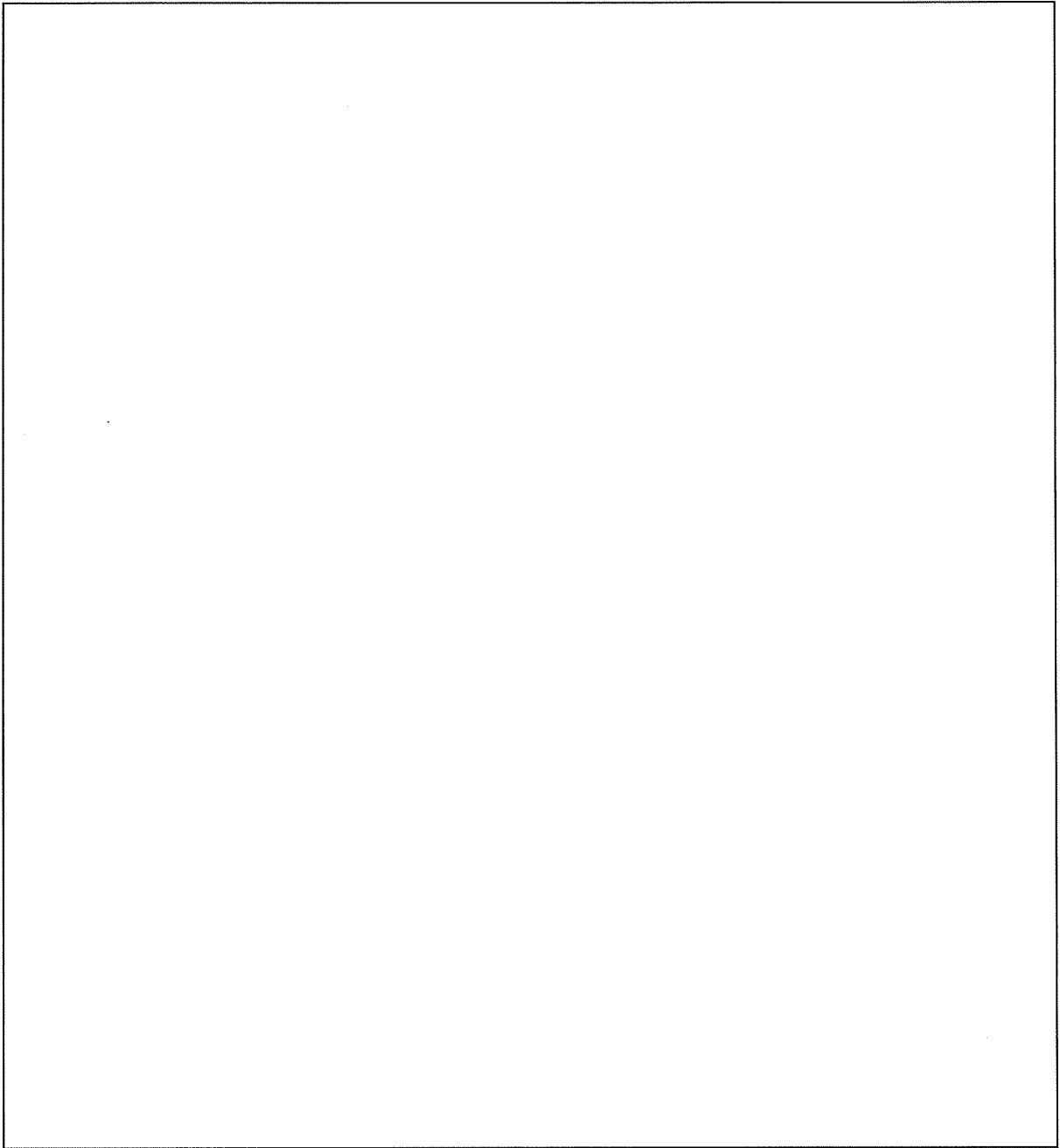
### 5. 1. 評価方法

ラジエータの地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

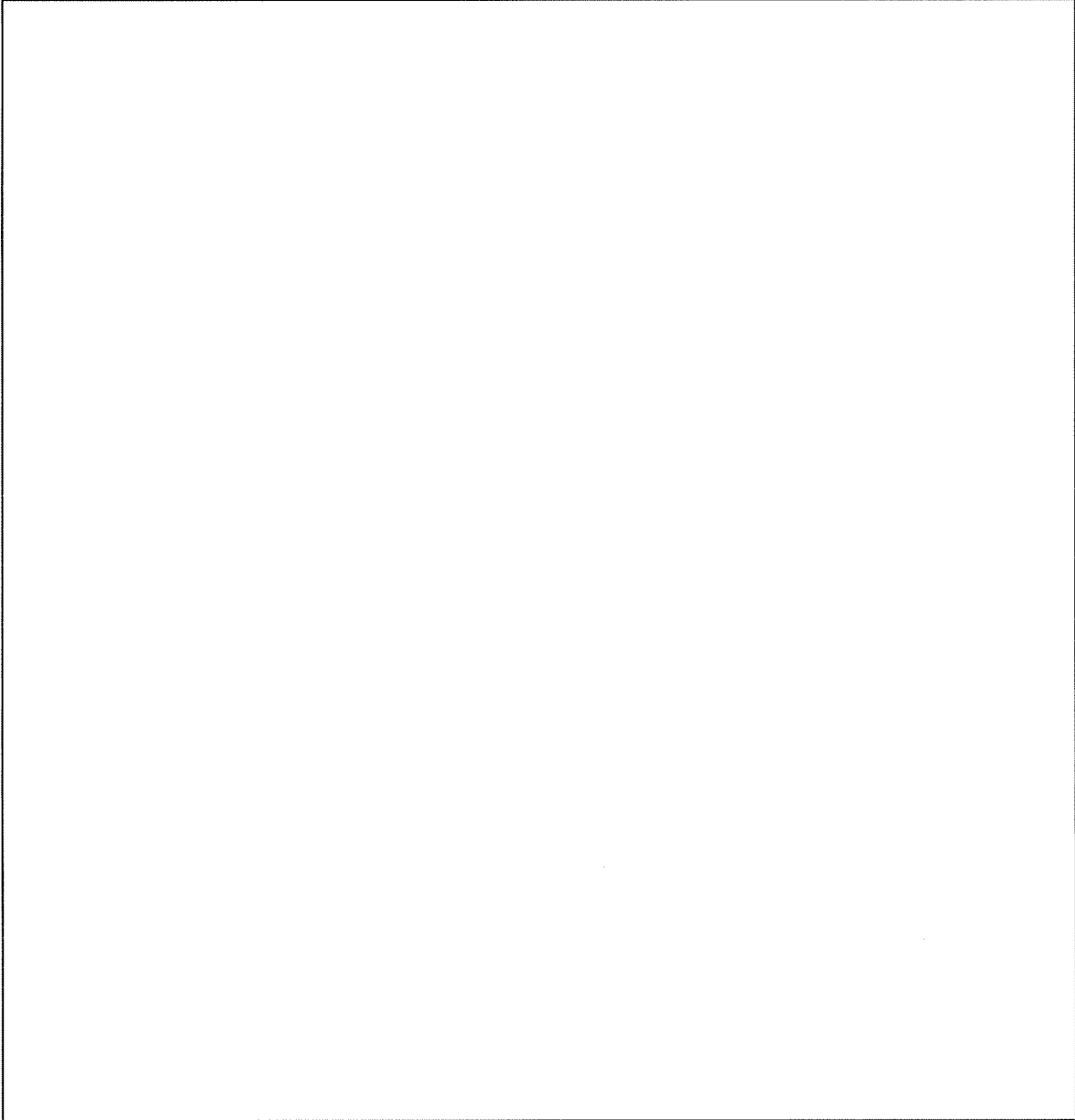
#### 5. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-他 1-5-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-他 1-5-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-他 1-5-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-他 1-5-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-他 1-5-1 図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-他 1-5-1 図(2/2) 構造解析モデル



添説設 3-1-他 1-5-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次 モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二 次半径 [mm]	出典
				A	Iy	Iz	Zy	Zz	I	
柱									JIS G3192	
その他									JIS G3192	

添説設 3-1-他 1-5-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-他 1-5-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\*：節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 5. 1. 2. 設計用地震力

#### 5. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変形量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

$$\text{解析結果より、} \delta = \text{[ ] [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\text{[ ]}}} \div \text{[ ]} \cdot \cdot \cdot \div \text{[ ] [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は [ ] [Hz] となり、20 [Hz] 未満であるので、剛構造としない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 5. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造としない設備であり、発電機室 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 2 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 0.6G とする。

5. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

5. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

5. 2. 応力評価

5. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-他 1-5-4 表及び添説設 3-1-他 1-5-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-他 1-5-4 表 部材の評価結果 (長期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	—								
圧縮応力度	—	1								
せん断応力度	—	5								
曲げ応力度	—	5								
組合せ応力度	—	5								
組合せ応力	—	5								

添説設 3-1-他 1-5-5 表 部材の評価結果 (短期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正	5								
圧縮応力度	Y 正	7								
せん断応力度	X 正	2								
曲げ応力度	Y 正	9								
組合せ応力度	Y 正	9								
組合せ応力	Y 正	9								

5. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-他 1-5-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-他 1-5-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	X 正							
せん断応力度	Y 正							
引抜力	X 正							

地震インターロックの耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-制1-1-1表に示す。

添説設3-1-制1-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
地震インターロック	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図イ設-2

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-制1-1-2表に示す。地震インターロックは安全機能を有する設備として地震計及び制御盤を有する。

添説設3-1-制1-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
地震計	添付図 図イ設-2
制御盤	添付図 図イ制-盤1

## 2. 地震計の耐震計算

地震計の地震力に対する安全機能の維持は、地震計本体及び据付ボルト対象として、据付ボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。

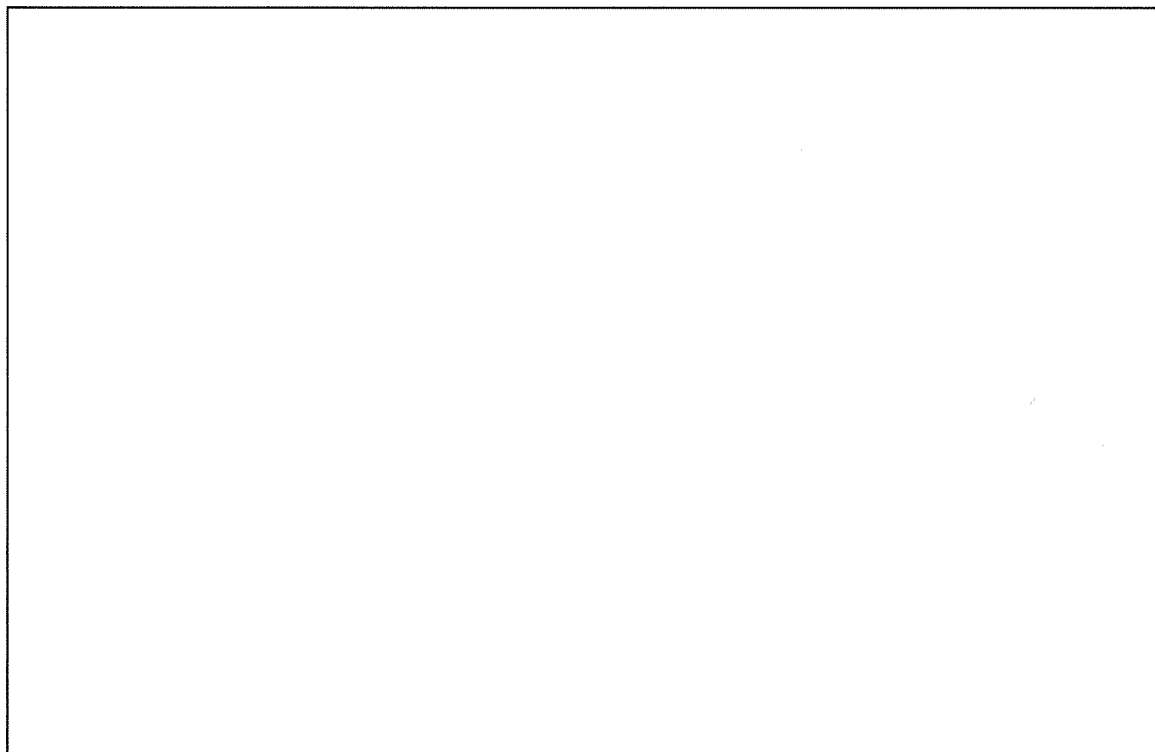
### 2. 1. 地震計の耐震計算

地震計の地震力に対する安全機能の維持は、地震計本体及び据付ボルトを対象として、据付ボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。

- (1) 据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の確認結果をふまえた設計用地震力を用いて、据付ボルトの転倒による引抜及びせん断について手計算で実施する。
- (2) 拘束条件として、据付ボルト部を固定する。

#### 2. 1. 1. 評価モデル

添説設 3-1-制 1-2-1 図に示す。地震計本体については、メーカーカタログ値より一次固有振動数が 300Hz 以上であることから地震計の取り付けボルト及び据付ボルトの評価を行う。なお、長期荷重の固定荷重（自重）がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重（FH）とする。



添説設3-1-制1-2-1図 地震計評価モデル図

2. 1. 2. 設計用地震力

2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の確認

一次固有振動数については、地震計メーカーカタログ値より 300Hz 以上であることから剛構造として取り扱うこととする。

2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書—設 3-1-付 1 に示す。

2. 1. 5. 取り付ボルト（地震計本体の取り付ボルト）の評価

取り付ボルトには、せん断力 FH、モーメント M が作用する。

ボルト本数  $nt = \square$ 、引き抜き力に作用するボルト本数  $nt' = \square$  (Y 軸廻り)、 $nt' = \square$  (X 軸廻り) 地震計本体ベースからボルト位置までの間距離  $l = \square$  [mm] (Y 軸廻り)、取り付ボルト間距離  $\ell = \square$  [mm] (X 軸廻り) より、引抜き力  $R_b$ 、引張応力度  $\sigma_t$ 、せん断応力度  $\tau$  は下式にて算出し、添設設 3-1-制 1-2-1 表にまとめる。

$$FH = W1 \times KH = \square = \square [N] \quad W1: \text{地震計本体重量} \square [N]$$

$$My = FH \times 120 [mm] - W1 \times \square [mm] = \square [N \cdot mm] \dots (Y \text{ 方向})$$

$$Mx = FH \times 120 [mm] - W1 \times \square [mm] = \square [N \cdot mm] \dots (X \text{ 方向})$$

$$R_{by} = My / \ell \cdot nt' = \square [N] \dots (Y \text{ 軸廻り})$$

$$R_{bx} = Mx / \ell \cdot nt' = \square [N] \dots (X \text{ 軸廻り})$$

$$\sigma_t = R_b / A_b = \square / \square = \square [N/mm^2] \dots (Y \text{ 方向})$$

$$\sigma_t = R_b / A_b = \square / \square = \square [N/mm^2] \dots (X \text{ 方向})$$

せん断は Y 方向が厳しいので  $nt' = 1$  本で評価することとし、

$$\tau = FH / A_b = \square / \square = \square [N/mm^2] \dots (Y \text{ 方向})$$

$$(\text{ボルト断面積} - A_b = \square [mm^2])$$

評価結果より、取付ボルトは設計用地震力に対して、十分な構造強度を有していることを確認した。

添説設3-1-制1-2-1表 取付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y			
	X			
せん断応力度	Y			

2. 1. 6. 据付ボルトの（地震計用ベースプレート）評価

据付ボルトには、せん断力FH、モーメントMが作用する。

ボルト本数 $nt = \square$ 、引き抜き力に作用するボルト本数 $nt' = \square$ ボルト間距離 $\ell = \square$  [mm]より、引抜き $R_b$ 、引張応力度 $\sigma_t$ 、せん断応力度 $\tau$ は下式にて算出し、添説設3-1-制1-2-2表にまとめる。

$$FH = W \times KH = \square = \square \text{ [N]}$$

W：地震計本体重量W1+地震計用ベースプレート重量W2 55[N]

$$My = FH \times \square \text{ [mm]} - W \times \square \text{ [mm]} = \square \text{ [N} \cdot \text{mm]} \dots (Y \text{ 軸廻り})$$

$$R_{by} = My / \ell \cdot nt' = \square \text{ [N]} \dots (Y \text{ 軸廻り})$$

$$\sigma_t = R_b / A_b = \square = \square \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau = FH / (A_b \cdot nt) = \square = \square \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$(ボルト断面積 - A_b = \square \text{ [mm}^2\text{)})$$

評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、十分な構造強度を有していることを確認した。

添説設3-1-制1-2-2表 据付ボルトの評価結果

評価対象	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度			
せん断応力度			
引抜き力			



### 3. 制御盤の耐震計算

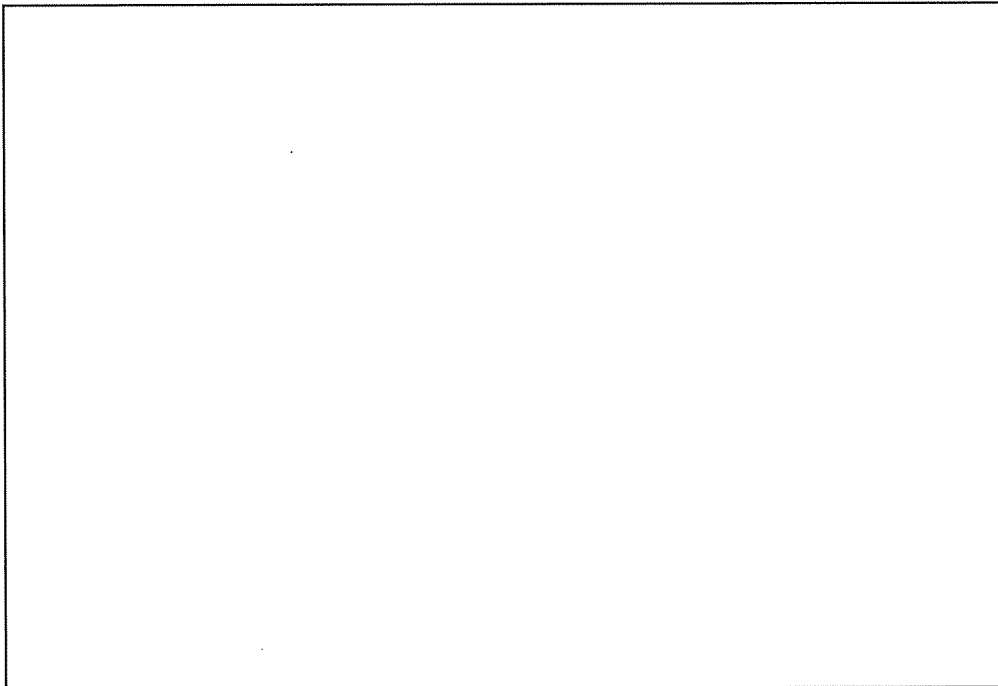
#### 3. 1. 評価方法

制御盤の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

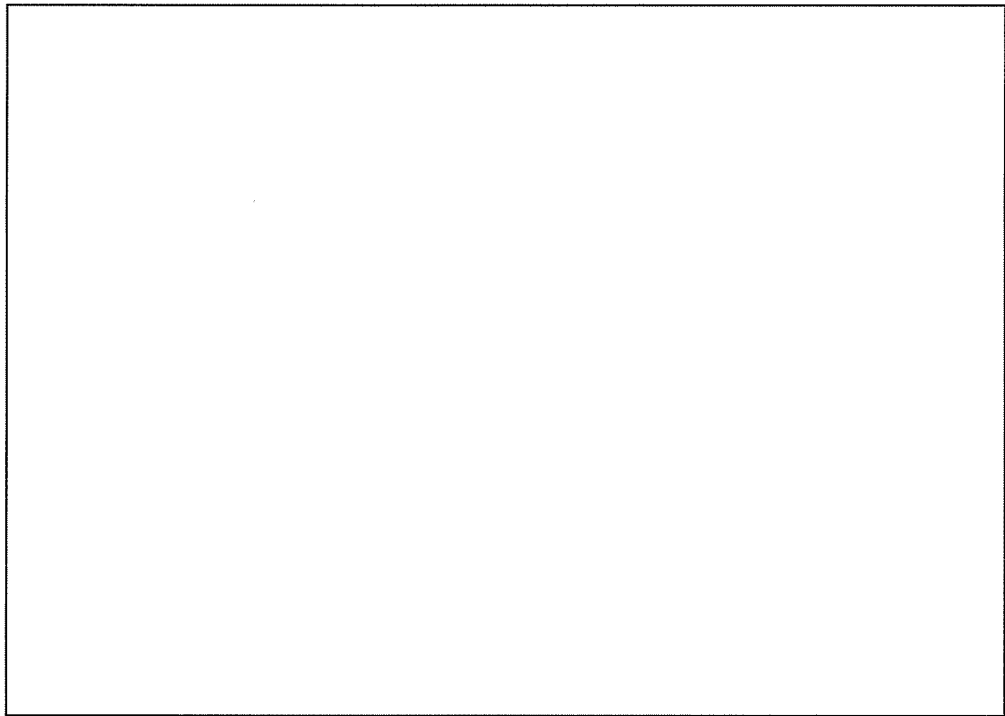
##### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-制1-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-制1-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-制1-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-制1-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-制1-3-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-1 制 1-3-1 図 (2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-1 制 1-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ] × 10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] × 10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり									JIS G3192	
柱									JIS G3192	

添説設 3-1-1 制 1-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-1 制 1-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 3. 1. 2. 設計用地震力

#### 3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\square$  [Hz]となり、20 [Hz]未満であるので、剛構造とならない設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造とならない設備であり、転換工場1階に設置しており、耐震重要度分類第1類であることから、設計用地震力は静的地震力の1.0 Gとする。

### 3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設3-1-付1に示す。

## 3. 2. 応力評価

### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設3-1-付2に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設3-1-制1-3-4表及び添説設3-1-制1-3-5表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-制 1-3-4 表 部材の評価結果 (長期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	2								
圧縮応力度	—	8								
せん断応力度	—	14								
曲げ応力度	—	9								
組合せ応力度	—	9								
組合せ応力	—	9								

添説設 3-1-制 1-3-5 表 部材の評価結果 (短期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 正	2								
圧縮応力度	Y 正	8								
せん断応力度	Y 正	14								
曲げ応力度	X 正	11								
組合せ応力度	X 正	11								
組合せ応力	Y 正	8								

### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-制 1-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-制 1-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	Y 正	13						
せん断応力度	X 正	16						
引抜力	Y 正	13						

UF<sub>6</sub>漏えい警報設備の耐震計算書

## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第1類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-制2-1-1表に示す。

添説設3-1-制2-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
UF <sub>6</sub> 漏えい警報設備	工場棟	転換工場	転換加工室	添付図 図イ設-2

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-制2-1-2表に示す。UF<sub>6</sub>漏えい警報設備は安全機能を有する設備としてHF検出器(検出端、作動端)(屋内)、HF検出器(作動端)(屋外)を有する。

添説設3-1-制2-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
HF検出器(検出端、作動端)(屋内)	添付図 図イ設-2
HF検出器(作動端)(屋外)	添付図 図イ設-2

## 2. HF 検出器(検出端、作動端)(屋内)耐震計算

HF 検出器(検出端、作動端)(屋内)の地震力に対する安全機能の維持は、支柱本体及び据付ボルト対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。

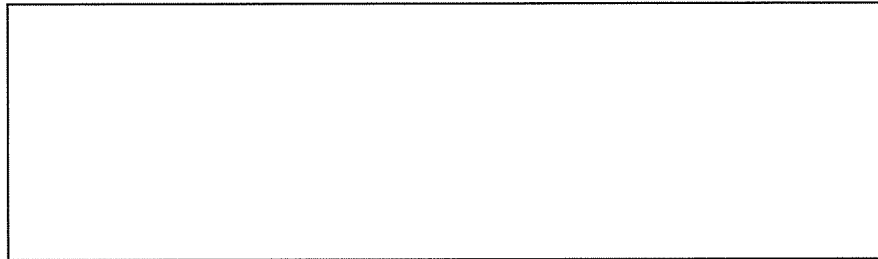
### 2. 1. 支柱の耐震計算

支柱の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、1本のはり要素による手計算で実施する。
- (2) 拘束条件として、据付ボルト部を固定する。

#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

添説設 3-1-制 2-2-1 図に示す。モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-制 2-2-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-制 2-2-2 表に示す。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重(H)とする。



添説設3-1-制2-2-1図 支柱 モデル図

添説設 3-1-1 制 2-2-1 表 使用部材 断面性能

使用部材 材料	鋼材	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次 モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>	断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>	断面二次半径 [mm]	出典
		A	I	Z	I	
支柱						JIS G3192

添説設 3-1-1 制 2-2-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				鋼構造設計基準

## 2. 1. 2. 設計用地震力

### 2. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出をするために、はり先端に水平方向の荷重が付与された場合の変形量を算出する。はり先端に作用させた荷重Pは、支柱重量P<sub>A</sub>=9[N]、HF 検出器(検出端、作動端)(屋内)本体重量P<sub>W</sub>=98[N]を合わせた重量とする。

$$P = P_A + P_W = \square \text{ [N]}$$

柱に発生する最大たわみδは下式より算出される。

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

ここで、

P : 水平方向作用荷重

L : 支柱長さ

E : ヤング係数

I : 断面二次モーメント

使用部材の断面特性、材料定数は添説設 3-1-1 制 2-2-1 表及び添説設 3-1-1 制 2-2-2 表に示すとおりであるので、たわみ量は以下の通りとなる。



$$\delta = \square \text{ [mm]} = \square \text{ [cm]}$$

算出したその変位量を下記の式に用いて一次固有振動数  $f$  を算出する。

$$f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} = \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 以上であるので、剛構造の設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 2. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

#### 2. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

長期状態

固定荷重を鉛直方向へ与える。

短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

#### 2. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書—設 3-1-付 1 に示す。

#### 2. 1. 5. 部材の評価

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。

長期状態での支柱に作用する荷重は、構造上支柱の自重のみであるため短期状態での評価とする。

短期状態での応力を手計算にて算出した結果を添説設 3-1-制 2-2-3 表に示す。短期状態での支柱に作用する荷重は、以下のとおりであり、下式にて応力度を算出した。

$$\text{水平荷重: } N = (P_A + P_W) \times K_h = \square \text{ [N]}$$

$$\text{モーメント: } M = N \times L = \square \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

せん断応力度：  $\tau = \frac{P}{A}$

曲げ応力度：  $\sigma_b = \frac{M}{Z}$

組合せ応力度：  $\sigma_{vm} = \sqrt{(\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2}$

組合せ応力：  $\sigma_m = \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$

添説設 3-1-制 2-2-3 表 部材の評価結果 (短期)

評価対象	評価値 (柱)	許容限界	検定比[-]
引張応力度			
圧縮応力度			
せん断応力度			
曲げ応力度			
組合せ応力度			
組合せ応力			

2. 1. 6. 据付ボルトの評価

部材の評価より、ボルトには柱部に作用する、せん断力 P、モーメント M が作用する。

ボルト本数  $nt = \square$ 、引き抜き力に作用するボルト本数  $nt' = \square$ 、ベースプレートからボルト位置までの間距離  $l = \square$  [mm] より、引抜力  $R_b$ 、引張応力度  $\sigma_t$ 、せん断応力度  $\tau$  は下式にて算出し、添説設 3-1-制 2-2-4 表にまとめる。

$$R_b = \frac{M}{l \cdot nt'}$$

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A_b}$$

$$\tau = \frac{P}{A_b \cdot nt}$$

(ボルト断面積  $A_b = \square$  [mm<sup>2</sup>])

評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、十分な構造強度を有していることを確認した。

添説設 3-1-制 2-2-4 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	評価値	許容限界	検定比[-]
引張応力度			
せん断応力度			
引抜力			

### 3. HF 検出器（作動端）（屋外）の耐震計算

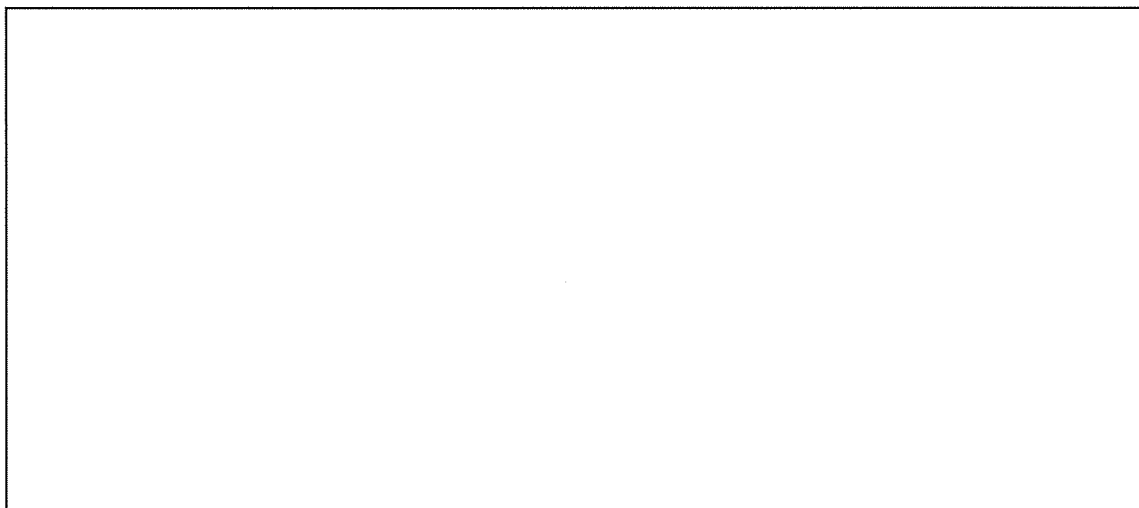
#### 3. 1. 評価方法

HF 検出器（作動端）（屋外）の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

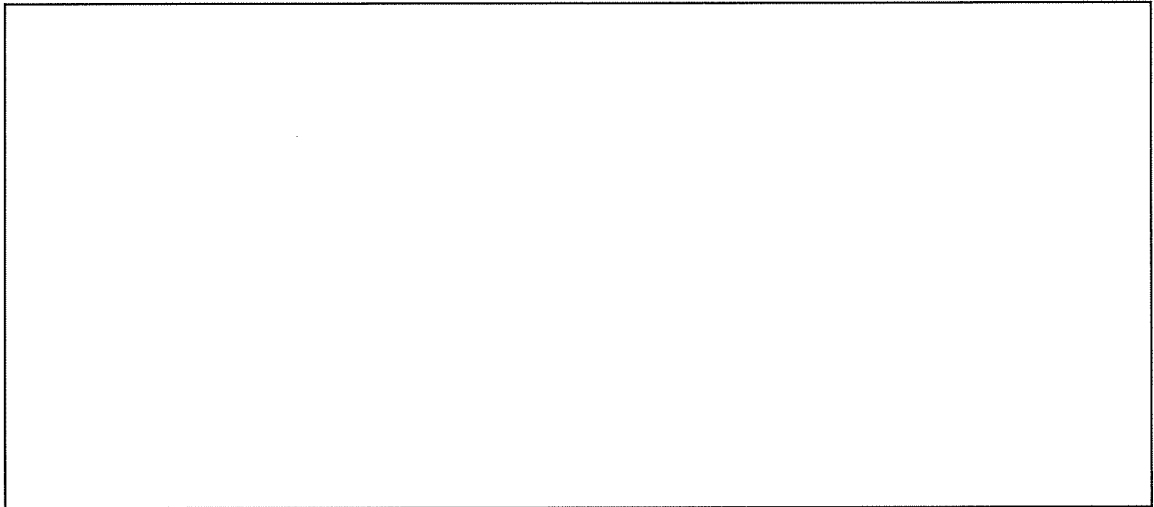
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-制2-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-制2-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-制2-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-制2-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設3-1-制2-3-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-1 制 2-3-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-1 制 2-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										JIS G4317
柱										JIS G4317
その他										JIS G4317

添説設 3-1-1 制 2-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-1 制 2-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。要素のコロン(:)の後に示す数字は、要素の始点の節点からの距離を示す。

### 3. 1. 2. 設計用地震力

#### 3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \approx \square \cdots \approx \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\square$  [Hz] となり、20 [Hz] 以上であるので、剛構造の設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、転換工場 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 1 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 1.0G とする。

### 3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

## 3. 2. 応力評価

### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-制 2-3-4 表及び添説設 3-1-制 2-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-1 制 2-3-4 表 部材の評価結果（長期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	9								
圧縮応力度	—	1								
せん断応力度	—	1								
曲げ応力度	—	3								
組合せ応力度	—	3								
組合せ応力	—	3								

添説設 3-1-1 制 2-3-5 表 部材の評価結果（短期）

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 負	4								
圧縮応力度	Y 正	5								
せん断応力度	X 負	3								
曲げ応力度	Y 正	3								
組合せ応力度	Y 正	3								
組合せ応力	Y 正	3								

### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-1 付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-1 制 2-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-1 制 2-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	X 負	3						
せん断応力度	Y 正	7						
引抜力	—	—						

不純物分析設備の耐震計算書



## 1. 設備・機器概要

### 1. 1. 耐震重要度分類

耐震重要度分類は第2類である。

### 1. 2. 設置位置

設置位置を添説設3-1-1分1-1-1表に示す。

添説設3-1-1分1-1-1表 対象設備 設置位置

機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
不純物分析設備	付属建物	除染室・分析室	分析室	添付図 図り配-3

### 1. 3. 構造

構造図を添説設3-1-1分1-1-2表に示す。不純物分析設備は安全機能を有する設備としてサンプル保管庫及びサンプル保管庫架台を有する。

添説設3-1-1分1-1-2表 対象設備 構造図

機器名	構造図
サンプル保管庫 サンプル保管庫架台	添付図 図り設-4

## 2. サンプル保管庫の耐震計算

### 2. 1. 評価方法

サンプル保管庫の地震力に対する安全機能の維持は、サンプル保管庫本体及び据付ボルトを対象として評価する。

### 2. 2. 本体の評価方法

一次固有振動数を算出する。本体の上端に自重相当の水平力Pが作用した際の上端における変形量を算出する。ここで総重量W=[N]である。

$$P=W=\text{}[N]$$

本体上端に発生する最大たわみは下式より算出される。

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_y}$$

ここで、

- P : 水平方向作用荷重
- L : 評価長さ
- E : ヤング係数
- $I_y$  : 断面二次モーメント

評価長さは重心高さからL=[mm]、ヤング率は使用部材である炭素鋼から $E=2.02 \times 10^5$ [MPa]、断面二次モーメントは最小断面積となる断面から $I_y=0.79 \times 10^8$ [mm<sup>4</sup>]を用いると、たわみ量は以下の通りとなる。

$$\delta = \text{}[mm] = \text{}[cm]$$

算出したその変位量を下記の式に用いて一次固有振動数 f を算出する。

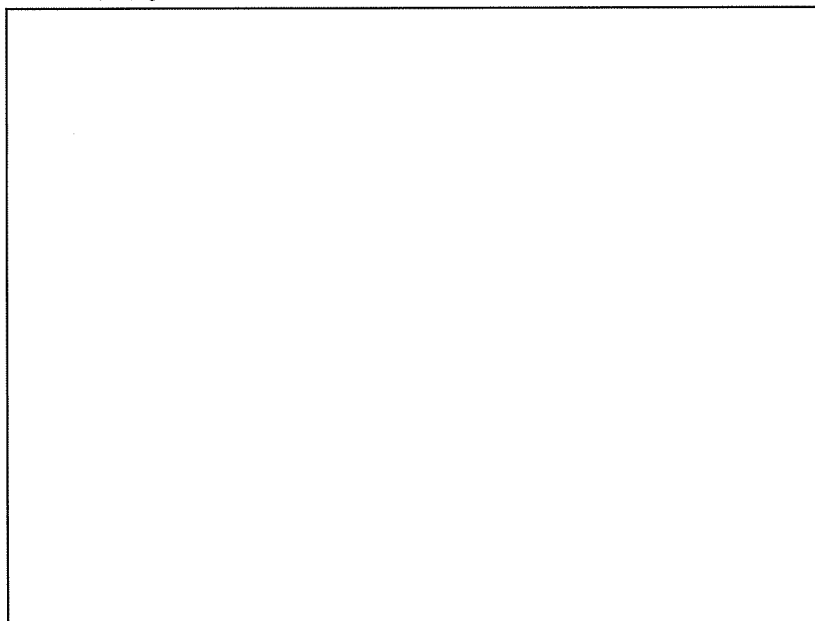
$$f = \frac{5}{\sqrt{\delta}}$$
$$f = \frac{5}{\sqrt{\text{}}} = \text{}[Hz]$$

よって、一次固有振動数は[Hz]となり、20[Hz]以上であるので、剛構造となる。また、一次固有振動数が十分に大きいことから、本体は剛であると判断でき、据付ボルトの評価で代表する。

## 2. 3. 据付ボルトの評価方法

### 2. 3. 1. 構造解析モデル

据付ボルトの評価モデルは添説設 3-1-1 分 1-2-1 図に示すとおりであり、本体を質点としてモデル化し、重心位置に水平地震力 P が作用した際の転倒モーメント、安定モーメントを算出し、それらをもとにボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。許容限界は添付説明書一設 3-1-1 付 1 参照。



添説設3-1-1分1-2-1図 サンプル保管庫 モデル図

### 2. 3. 2. 評価結果

サンプル保管庫は剛構造のため、重心位置に自重相当の水平地震力 P (=W・ $K_H$ ) が作用した際の転倒モーメント M1、安定モーメント M2 を下式より算出する。ここで総重量 W =  [N]、設計用水平震度  $K_H = 0.6$ 、重心高さ h =  [mm]、ボルト支点間距離  $l_0 =$   [mm]、回転中心までの長さ  $l_1 =$   [mm] を用いる。

$$M1 = P \cdot h = \text{} [N \cdot mm]$$

$$M2 = W \cdot l_1 = \text{} [N \cdot mm]$$

よって、ボルト本数  $nt =$  、引抜力に作用するボルト本数  $nt' =$   より、引抜力  $R_b$ 、引張応力度  $\sigma_t$ 、せん断応力度  $\tau$  は以下の通りであり、添説設 3-1-1 分 1-2-1 表にまとめる。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

$$R_b = \frac{M1 - M2}{l_0 \cdot nt'} = \text{} \rightarrow \text{} [N]$$

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A} = \frac{\boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau = \frac{P}{A \cdot nt} = \frac{\boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}} \cdot \boxed{\phantom{000}}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$A = \frac{\boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}}} \cdot \boxed{\phantom{000}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

添説設3-1-分1-2-1表 据付ボルトの評価結果

評価対象	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度			
せん断応力度			
引抜力			

### 3. サンプル保管庫架台の耐震計算

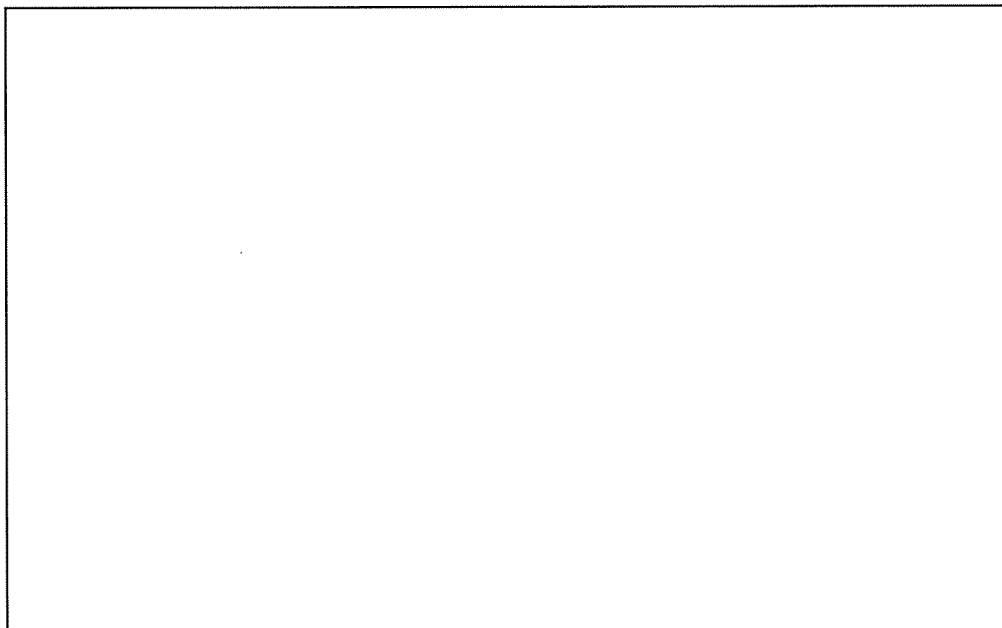
#### 3. 1. 評価方法

サンプル保管庫架台の地震力に対する安全機能の維持は、それを支持する架台及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

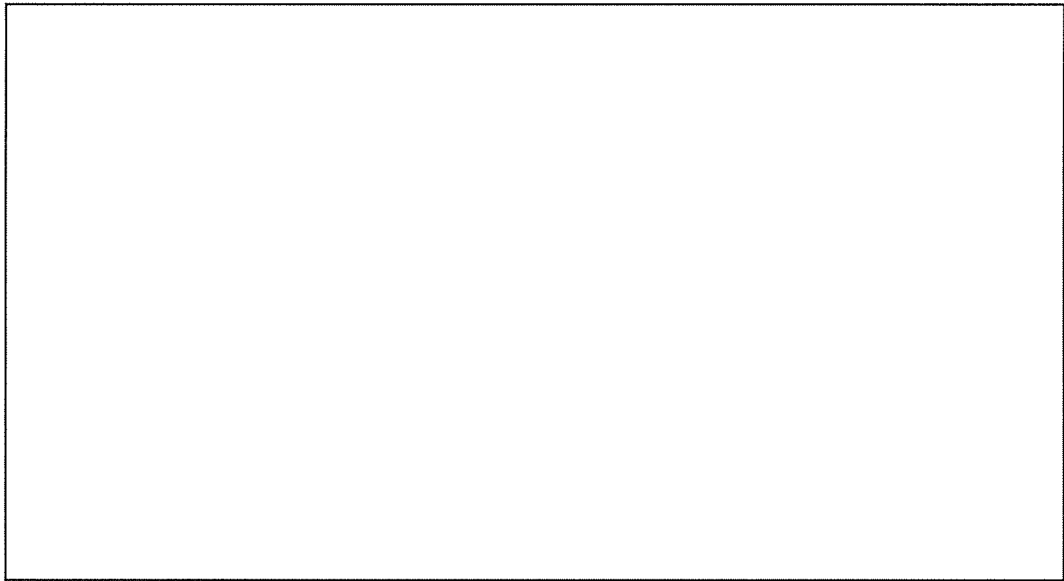
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-分1-3-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-分1-3-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-分1-3-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-分1-3-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



#### (1) 寸法及び節点

添説設3-1-分1-3-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-1 分 1-3-1 図 (2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-1 分 1-3-1 表 使用部材 断面性能

使用部材	材料	鋼材	単位重量 [kg/m]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]×10 <sup>4</sup>		断面係数 [mm <sup>3</sup> ]×10 <sup>3</sup>		断面二次半径 [mm]	出典
				A	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>z</sub>	I	
はり										
柱										

添説設 3-1-1 分 1-3-2 表 材料定数

材料	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	せん断弾性係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン比 [-]	出典
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-1 分 1-3-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

\* : 節点番号は数字または階層と番号を下線( )で結合して示し、要素は複数の節点番号をハイフン(-)でつないで示す。

### 3. 1. 2. 設計用地震力

#### 3. 1. 2. 1. 一次固有振動数の算出

一次固有振動数の算出は、構造解析モデルの重量を水平に作用させた場合の頂部の変形量[cm]を得る。その変位量を下記の式に用いて一次固有振動数を算出する。

$$\text{一次固有振動数 } f = \frac{5}{\sqrt{\delta}} \text{ [Hz]}$$

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は $\square$  [Hz]となり、20 [Hz] 以上であるので、剛構造の設備として設計用地震力、許容限界を設定する。

#### 3. 1. 2. 2. 設計地震力の設定

剛構造の設備であり、除染室・分析室 1 階に設置しており、耐震重要度分類第 2 類であることから、設計用地震力は静的地震力の 0.6 G とする。

### 3. 1. 3. 荷重及び荷重の組合せ

#### 長期状態

固定荷重及び積載荷重を鉛直方向へ与える。

#### 短期状態

長期で与えた荷重と地震荷重を組み合わせる。地震荷重とは、長期の荷重を設計用地震力に変換し水平方向に与えた荷重を言う。

### 3. 1. 4. 許容限界

耐震評価で使用する許容限界を設定する。部材及び据付ボルトの許容限界を添付説明書-設 3-1-付 1 に示す。

## 3. 2. 応力評価

### 3. 2. 1. 部材

部材の評価については、引張応力度、圧縮応力度、せん断応力度、曲げ応力度、組合せ応力度、組合せ応力が対象である。評価値算出方法は添付説明書-設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-分 1-3-4 表及び添説設 3-1-分 1-3-5 表に示す。評価結果より、部材は設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-分 1-3-4 表 部材の評価結果 (長期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	—	01_04								
圧縮応力度	—	00_04								
せん断応力度	—	01_16								
曲げ応力度	—	01_16								
組合せ応力度	—	01_16								
組合せ応力	—	01_16								

添説設 3-1-分 1-3-5 表 部材の評価結果 (短期)

評価対象	地震方向	節点番号	N [N]	My [N・m]	Mz [N・m]	Qy [N]	Qz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	01_01								
圧縮応力度	Y 正	00_04								
せん断応力度	Y 正	01_16								
曲げ応力度	Y 正	01_16								
組合せ応力度	Y 正	01_16								
組合せ応力	Y 正	01_16								

### 3. 2. 2. 据付ボルト

据付ボルトの評価については、引張応力度、せん断応力度、引抜力が対象である。評価値算出方法は添付説明書一設 3-1-付 2 に示す。各々最大発生点の評価結果を添説設 3-1-分 1-3-6 表に示す。評価結果より、据付ボルトは設計用地震力に対して、許容限界を満足することを確認した。

添説設 3-1-分 1-3-6 表 据付ボルトの評価結果

評価対象	地震方向	節点番号	Px [N]	Py [N]	Pz [N]	評価値	許容限界	検定比 [-]
引張応力度	Y 正	00_01						
せん断応力度	Y 正	00_04						
引抜力	Y 正	00_01						



## 許容限界の設定

1. 許容限界の設定

許容限界は、日本産業規格（JIS）（日本規格協会）、建築設備耐震設計・施工指針 2014年版（日本建築センター）及び鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 —（日本建築学会）等、適切な基準類にもとづき設定する。耐震計算に用いた部材及びボルトの許容限界は以下の通り設定する。

2. 据付ボルトの許容限界

建築設備耐震設計・施工指針に従い、据付ボルトの許容限界を 2.1 節の表 1 のとおり設定する。長期状態では自重により引張、せん断が発生しないことから、短期状態についてのみ設定する。なお、引抜力はアンカーボルトに対する許容限界である。

建築設備耐震設計・施工指針を適用できないアンカーボルトについては、各種合成構造設計指針・同解説に従い、据付ボルトの許容限界を設定する。その手法については 2.2 節に示す。

2.1. 引張応力度及びせん断応力度

表1 ボルトの許容限界

材料	種類	許容限界	参照
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針

材料	種類	許容限界	参照
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針

## 2.2. 各種合成構造設計指針・同解説

### 2.2.1. 金属拡張アンカーボルト

各種合成構造設計指針・同解説に従い、金属拡張アンカーボルトの許容限界として、以下に示す許容引張荷重、許容せん断荷重を設定する。

金属拡張アンカーボルトの許容引張力 $p_a$ は、下式にて算出される。

$$p_a = \min(p_{a1}, p_{a2})$$

ここで、 $p_{a1}$ はアンカーボルトの降伏により決まる許容引張力、 $p_{a2}$ はコンクリートのコーン破壊により決まる許容引張力で、それぞれ下式であらわされる。

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{pa} \cdot s_c a^2$$

$$p_{a2} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c\sigma_t \cdot A_c$$

$\alpha_c$  : 施工のバラツキを考慮した低減係数で $\alpha_c = 0.75$ とする

$\phi_1, \phi_2$  : 低減係数(表 2 参照)

$s\sigma_{pa}$  : アンカーボルトの引張強度で $s\sigma_{pa} = s\sigma_y$ とする

$s\sigma_y$  : アンカーボルトの降伏点強度

$s_c a$  : アンカーボルトの最小断面積

$c\sigma_t$  : コーン状破壊のコンクリートの割裂強度で $c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c}$ とする。軽量コンクリートの場合は、この 90%とする

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度

$A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積(図 1 参照)

$D$  : アンカーボルトの軸部の直径 (図 1 参照)

$l$  : アンカーボルトの埋め込み長さ(図 1 参照)

$l_{ce}$  : アンカーボルトの強度評価用埋め込み深さ(図 1 参照)

表 2 低減係数

	$\phi_1$	$\phi_2$
長期荷重用	2 / 3	1 / 3
短期荷重用	1.0	2 / 3

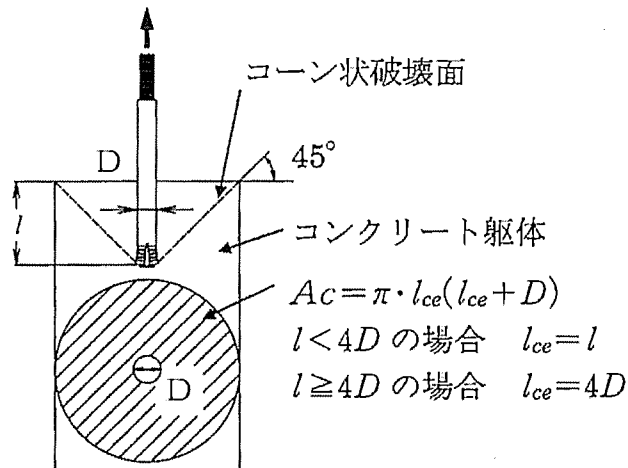


図1 引張荷重作用時のアンカーボルト模式図

次に、金属拡張アンカーボルトの許容せん断力 $q_a$ は、下式にて算出される。

$$q_a = \min(q_{a1}, q_{a2}, q_{a3})$$

ここで、 $q_{a1}$ はアンカーボルトのせん断強度により決まる許容せん断力、 $q_{a2}$ はコンクリートの支圧強度により決まる許容せん断力、 $q_{a3}$ はコンクリートのコーン状破壊により決まる許容せん断力で、それぞれ下式であらわされる。

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot s_c a$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c\sigma_{qa} \cdot s_c a$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c\sigma_t \cdot A_{qc}$$

$\alpha_c$  : 施工のバラツキを考慮した低減係数で $\alpha_c = 0.75$ とする

$\phi_1, \phi_2$  : 低減係数(表2参照)

$s\sigma_{qa}$  : アンカーボルトのせん断強度で $s\sigma_{qa} = 0.7 \cdot s\sigma_y$ とする

$s\sigma_y$  : アンカーボルトの降伏点強度

$s_c a$  : アンカーボルトの断面積

$c\sigma_{qa}$  : コンクリートの支圧強度で $c\sigma_{qa} = 0.5\sqrt{F_c \cdot E_c}$ とする

$c\sigma_t$  : コーン状破壊のコンクリートの割裂強度で $c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c}$ とする。軽量コンクリートの場合は、この90%とする

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度

$E_c$  : コンクリートのヤング係数

$A_{qc}$  : せん断力方向のコーン状破壊面の有効投影面積(図2参照)

$c$  : へりあき寸法

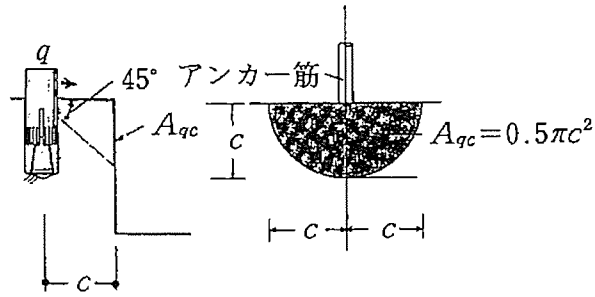


図2 せん断荷重作用時のアンカーボルト模式図

### 2.2.2. 接着系アンカーボルト

各種合成構造設計指針・同解説に従い、接着系アンカーボルトの許容限界として、以下に示す許容引張荷重、許容せん断荷重を設定する。

接着系アンカーボルトの許容引張力 $p_a$ は、下式にて算出される。

$$p_a = \min(p_{a1}, p_{a3})$$

ここで、 $p_{a1}$ はアンカーボルトの降伏により決まる許容引張力、 $p_{a3}$ はコンクリートのコーン破壊により決まる許容引張力で、それぞれ下式であらわされる。

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{pa} \cdot s_c a$$

$$p_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

$\phi_1, \phi_3$  : 低減係数(表3参照)

$s\sigma_{pa}$  : 接着系アンカーボルトの引張強度で $s\sigma_{pa} = s\sigma_y$ とする。降伏を保証する場合は、 $s\sigma_{pa} = \alpha_{yu} \cdot s\sigma_y$

$s\sigma_y$  : 接着系アンカーボルトの規格降伏点強度

$\alpha_{yu}$  : 材料強度のバラツキを考慮した割増係数で $\alpha_c = 1.25$ とする

$s_c a$  : 接着系アンカーボルトの最小断面積

$d_a$  : 接着系アンカーボルトの径

$l_{ce}$  : アンカーボルトの強度算定用埋め込み深さ(図3参照)

$l_e$  : 接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ(図3参照)

$\tau_a$  : へりあき及びアンカーボルトのピッチを考慮した接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度。 $\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{bavg}$

$\alpha_n$  : へりあき、アンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数。  
最も小さい寸法となる3面までを考慮する。

$$\alpha_n = 0.5 \cdot \frac{c_n}{l_e} + 0.5 \quad (n = 1, 2, 3)$$

$\tau_{bavg}$  : 接着系アンカーボルトの基本平均付着強度 (表4参照)

$c_n$  : へりあき寸法、または、ボルトピッチ $a$ の半分で

$c_n = \frac{a_n}{2}$  ( $n = 1, 2, 3$ )。最も小さい寸法となる3面までを考慮する。

(図4参照)

表3 低減係数

	$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$
長期荷重用	2/3	1/3	1/3
短期荷重用	1.0	2/3	2/3

表4 基本平均付着強度

	カプセル方式		注入方式
	有機系	無機系	有機系
普通コンクリート	$10\sqrt{F_c/21}$	$5\sqrt{F_c/21}$	$7\sqrt{F_c/21}$
軽量コンクリート	$8\sqrt{F_c/21}$	$4\sqrt{F_c/21}$	$5.6\sqrt{F_c/21}$

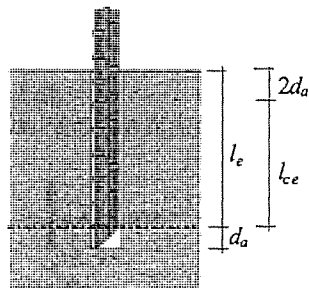


図3 引張荷重作用時のアンカーボルト模式図

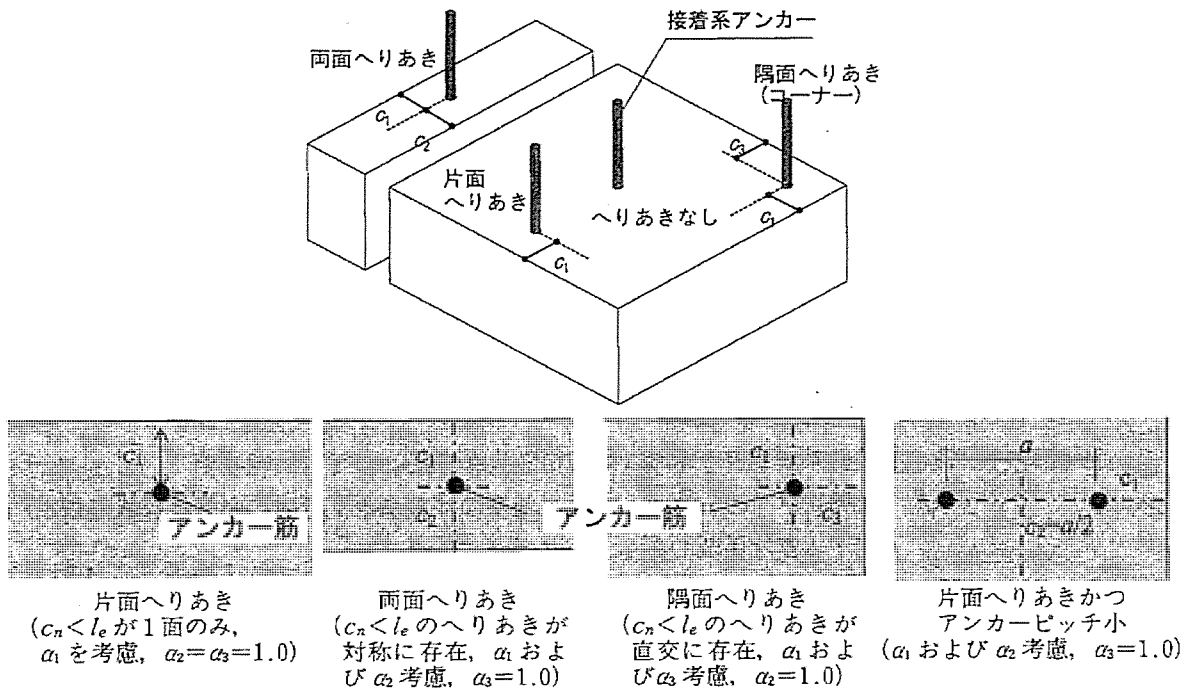


図4 へりあき面とへりあき寸法

次に、接着系アンカーボルトの許容せん断力 $q_a$ は、下式にて算出される。

$$q_a = \min(q_{a1}, q_{a2}, q_{a3})$$

ここで、 $q_{a1}$ はアンカーボルトのせん断強度により決まる許容せん断力、 $q_{a2}$ は定着した躯体の支圧強度により決まる許容せん断力、 $q_{a3}$ は定着した躯体のコーナー状破壊により決まる許容せん断力で、それぞれ下式であらわされる。

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot sc^a$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot c\sigma_{qa} \cdot sc^a$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_{qc}$$

$\phi_1, \phi_2$  : 低減係数(表3参照)

$s\sigma_{qa}$  : 接着系アンカーボルトのせん断強度で、 $s\sigma_{qa} = 0.7 \cdot s\sigma_y$ とする

$s\sigma_y$  : 接着系アンカーボルトの規格降伏点強度

$sc^a$  : 接着系アンカーボルトの最小断面積

$c\sigma_{qa}$  : コンクリートの支圧強度で、 $c\sigma_{qa} = 0.5\sqrt{F_c \cdot E_c}$ とする

- $c\sigma_t$ : コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で、 $c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c}$ とする。軽量コンクリートの場合は、この90%とする  
 $F_c$ : コンクリートの設計基準強度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $E_c$ : コンクリートのヤング係数(N/mm<sup>2</sup>)  
 $A_{qc}$ : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積(図5参照)  
 $c$ : へりあき寸法

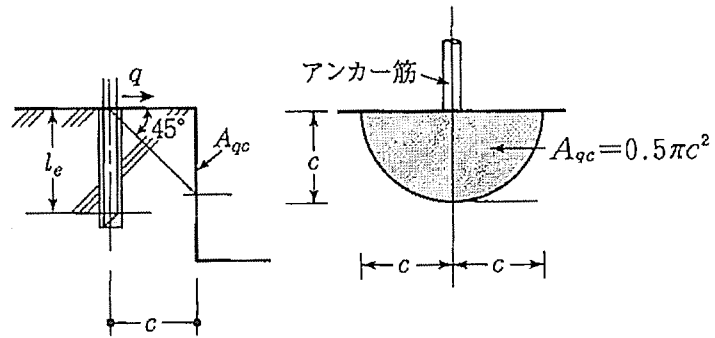


図5 せん断荷重作用時のアンカーボルト模式図



### 3. 部材の許容限界

#### 3.1. 許容限界

部材は、長期状態、短期状態のそれぞれについて、表5の通り設定する。

表5 部材の許容限界

材料	種類	許容限界			参照
		長期	短期	単位	
				[N/mm <sup>2</sup> ]	鋼構造設計規準
				[N/mm <sup>2</sup> ]	鋼構造設計規準
				[N/mm <sup>2</sup> ]	鋼構造設計規準
				[-]	鋼構造設計規準
				[N/mm <sup>2</sup> ]	JSME S NJ1-2012
				[N/mm <sup>2</sup> ]	JSME S NJ1-2012
				[N/mm <sup>2</sup> ]	JSME S NJ1-2012
				[-]	JSME S NJ1-2012
				[N/mm <sup>2</sup> ]	JSME S NJ1-2012
				[N/mm <sup>2</sup> ]	JSME S NJ1-2012
				[N/mm <sup>2</sup> ]	JSME S NJ1-2012
				[-]	JSME S NJ1-2012
				[N/mm <sup>2</sup> ]	材料証明書 FRP 構造設計便覧

なお、圧縮応力度、曲げ応力度の許容限界に関しては鋼構造設計規準に準拠して下式にて算出する。

<圧縮応力度>

鋼構造設計規準 5章 5.1.(3)により以下の方法で算出される値。

$\lambda \leq \Lambda$  のとき

$$\text{許容圧縮応力度} = \frac{\left\{ 1 - 0.4 \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} F}{\nu}$$

$\lambda > \Lambda$  のとき

$$\text{許容圧縮応力度} = \frac{0.277F}{\left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2}$$

短期状態に対する許容限界は鋼構造設計規準 5章 5.6により、上記の許容圧縮応力度に50[%]増しとする。

ここで、各記号は次の通り

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}} \quad , \quad \nu = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$$

$\lambda$  : 圧縮材の細長比、 $\Lambda$  : 限界細長比

F：許容応力度を決定する場合の基準値（降伏点）  
E：ヤング係数

<曲げ応力度>

鋼構造設計規準 5章 5.1.(4)により以下の方法で算出される値。

- a) 強軸まわりに曲げを受ける材(中空断面を除く)  
 $\lambda_b \leq p \lambda_b$  のとき

$$\text{許容曲げ応力度} = \frac{F}{\nu_b}$$

- $p \lambda_b < \lambda_b \leq e \lambda_b$  のとき

$$\text{許容曲げ応力度} = \frac{\left\{ 1 - 0.4 \left( \frac{\lambda_b - p \lambda_b}{e \lambda_b - p \lambda_b} \right)^2 \right\} F}{\nu_b}$$

- $e \lambda_b < \lambda_b$  のとき

$$\text{許容曲げ応力度} = \frac{1}{\lambda_b^2} \frac{F}{2.17}$$

ここで、各記号は次の通り

$$\lambda_b = \sqrt{\frac{M_y}{M_e}}, \quad e \lambda_b = \frac{1}{\sqrt{0.6}}, \quad p \lambda_b = 0.3, \quad \nu_b = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left( \frac{\lambda_b}{e \lambda_b} \right)^2$$

$M_y$ ：降伏モーメント、 $M_e$ ：弾性横座屈モーメント

- b) 円形鋼管、矩形中空断面材及び荷重面内に対称軸を有し、弱軸まわりに曲げを受ける材

許容曲げ応力度 = 許容引張応力度

許容圧縮応力度及び許容曲げ応力度の短期状態に対する許容限界は鋼構造設計規準 5章 5.6により、上記の許容圧縮応力度に50[%]増しとする。

3.2. 温度考慮

設計温度は原則常温とする。

設備が加熱され温度が高くなることで、設計温度を考慮する必要がある設備を表6に示す。

設計温度が常温でない場合、許容応力度及びヤング係数は設計温度における値を使用する。

表6 温度考慮をする設備

機器名	部位名称	温度 [°C]
蒸発器	蒸発器	
UO <sub>2</sub> フロータンク	UO <sub>2</sub> フロータンク(1),(2)	
UO <sub>2</sub> 受けホッパ	UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1),(2)	

## 評価値算出方法

## 1. FEM 解析の座標軸

FAP-3解析コードを用いたFEM解析により、部材に生じる荷重Q及びモーメントMを算出する。  
座標軸と荷重、モーメントの向きは図1に示す矢印の向きを正とする。

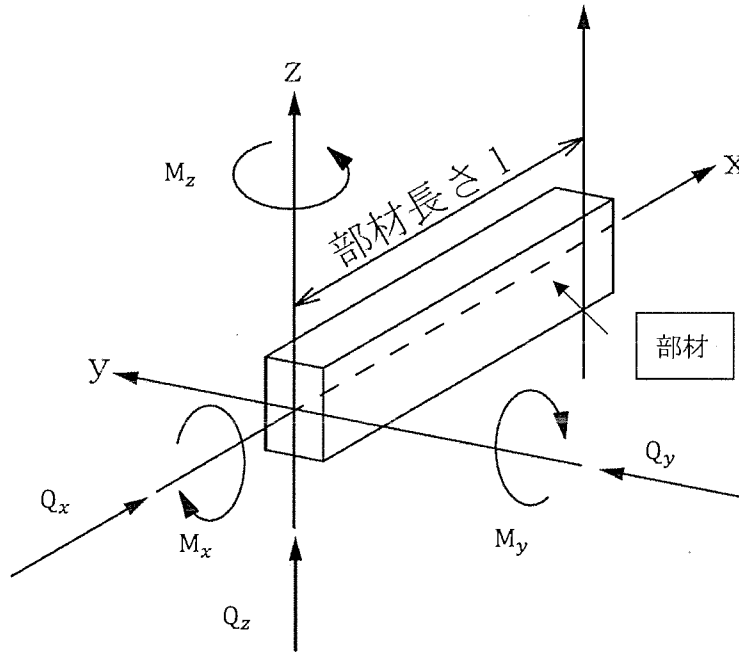


図1 部材と座標軸

## 2. 部材の評価値

部材の評価値は、FEM 解析結果を用いて以下の通り算出した。

○圧縮応力度 $\sigma_c$ 、引張応力度 $\sigma_t$

$$\sigma_c = \frac{N}{A} \quad (N \text{ が圧縮の場合})$$

$$\sigma_t = \frac{N}{A} \quad (N \text{ が引張の場合})$$

$N(= Q_x)$  : 軸力

$A$  : 断面積

○せん断応力度 $\tau$

$$\tau = \sqrt{\tau_y^2 + \tau_z^2}$$

$$\tau_y = \frac{Q_y}{A_y}$$

$$\tau_z = \frac{Q_z}{A_z}$$

- $\tau_y$  : y 軸方向せん断応力  
 $Q_y$  : y 軸方向荷重  
 $A_y$  : y 軸方向せん断変形用断面積  
 $\tau_z$  : z 軸方向せん断応力  
 $Q_z$  : z 軸方向荷重  
 $A_z$  : z 軸方向せん断変形用断面積

○曲げ応力度 $\sigma_b$

$$\sigma_b = \sigma_{by} + \sigma_{bz}$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_y}{Z_y}$$

$$\sigma_{bz} = \frac{M_z}{Z_z}$$

- $\sigma_{by}$  : y 軸回りの曲げ応力  
 $M_y$  : y 軸回りのモーメント  
 $Z_y$  : y 軸回りの断面二次モーメント  
 $\sigma_{bz}$  : z 軸回りの曲げ応力  
 $M_z$  : z 軸回りのモーメント  
 $Z_z$  : z 軸回りの断面二次モーメント

○組合せ応力度 $\sigma_{vm}$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{(\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3\tau^2} \quad (\text{圧縮応力度が生じる場合})$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3\tau^2} \quad (\text{引張応力度が生じる場合})$$

○組合せ応力 $\sigma_{cm}$

$$\sigma_{cm} = \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \quad (\text{圧縮応力度が生じる場合})$$

$$\sigma_{cm} = \frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \quad (\text{引張応力度が生じる場合})$$

- $f_c$  : 許容圧縮応力度  
 $f_b$  : 許容曲げ応力度  
 $f_t$  : 許容引張応力度

### 3. 据付ボルトの評価値

#### 3.1. 据付ボルトが並進3方向固定の場合

据付ボルトの評価値は、FEM 解析結果を用いて以下の通り算出した。尚、各作用荷重は図 2 に示す据付ボルトの据付方向に応じて表 2 に従う。

○引抜力T

$$T = \frac{P_3}{n}$$

$P_3$  : 引抜荷重、ただし値が負の場合は圧縮力となるため、評価対象外とする。

$n$  : ボルト本数

○引張応力度 $\sigma_{tb}$

$$\sigma_{tb} = \frac{T}{A_b}$$

$A_b$  : ボルト断面積

○せん断応力度 $\tau_b$

$$\tau_b = \sqrt{\tau_{b1}^2 + \tau_{b2}^2}$$

$$\tau_{b1} = \frac{P_1}{A_b \cdot n}$$

$$\tau_{b2} = \frac{P_2}{A_b \cdot n}$$

$\tau_{b1}$  : せん断応力

$P_1$  : せん断に作用する荷重

$\tau_{b2}$  :  $P_1$ の直交方向に作用するせん断応力

$P_2$  :  $P_1$ の直交方向に作用する荷重

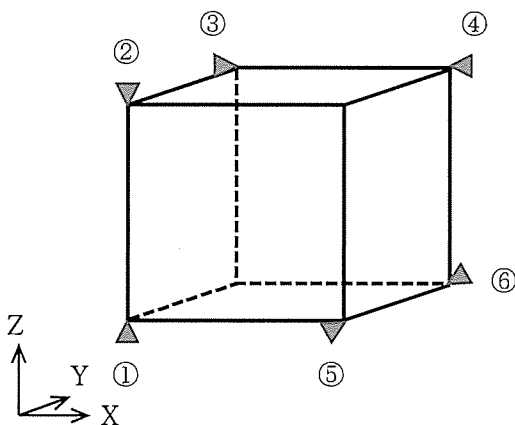


図 2 据付ボルト方向

表 2 据付方向に応じた作用荷重

据付位置	固定箇所	せん断力		引抜力
		$P_1$	$P_2$	
①	床固定	$P_x$	$P_y$	$-P_z$
②	天井固定	$P_x$	$P_z$	$P_z$
③	X-側壁固定	$P_y$	$P_z$	$-P_x$
④	X+側壁固定	$P_y$	$P_z$	$P_x$
⑤	Y-側壁固定	$P_x$	$P_z$	$-P_y$
⑥	Y+側壁固定	$P_x$	$P_z$	$P_y$

### 3.2. 据付ボルトが完全固定の場合

据付ボルトの評価値は、FEM 解析結果を用いて以下の通り算出した。引抜き力  $T$  を評価する際の記号の取り扱いは図 3 による。また、各作用荷重は図 4 に示す据付ボルトの据付方向に応じて表 3 に従う。

#### ○引抜き力 $T$

$$T = \frac{P_3}{n} + \frac{M_1}{L_2 \cdot n_1} + \frac{M_2}{L_1 \cdot n_2}$$

- $P_3$  : 引抜き荷重、ただし値が負の場合は圧縮力となるため、評価対象外とする。
- $M_1$  : 1 軸回りのモーメント
- $M_2$  : 2 軸回りのモーメント
- $L_1$  : 1 軸方向のボルト間距離
- $L_2$  : 2 軸方向のボルト間距離
- $n$  : ボルト本数
- $n_1$  : 1 軸回りのモーメントで引張を受けるボルト本数
- $n_2$  : 2 軸回りのモーメントで引張を受けるボルト本数

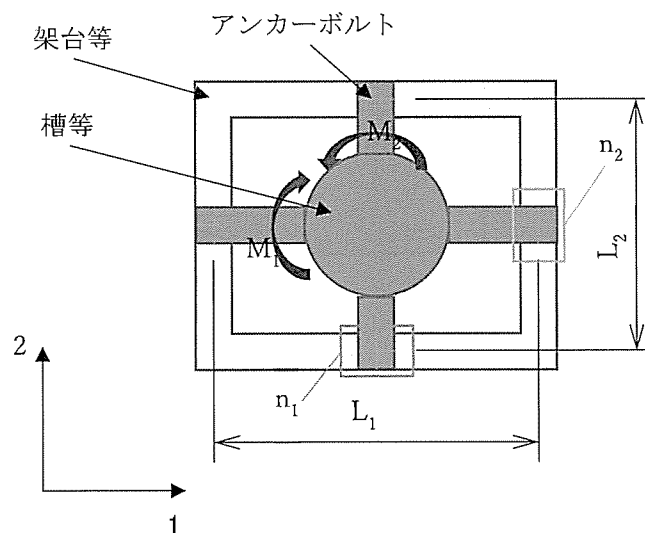


図 3 アンカーボルトに作用する曲げモーメント

○引張応力度 $\sigma_{tb}$

$$\sigma_{tb} = \frac{T}{A_b}$$

$A_b$  : ボルト断面積

○せん断応力度 $\tau_b$

$$\tau_b = \sqrt{\tau_{b1}^2 + \tau_{b2}^2}$$

$$\tau_{b1} = \frac{P_1}{A_b \cdot n}$$

$$\tau_{b2} = \frac{P_2}{A_b \cdot n}$$

$\tau_{b1}$  : せん断応力

$P_1$  : せん断に作用する荷重

$\tau_{b2}$  :  $P_1$ の直交方向に作用するせん断応力

$P_2$  :  $P_1$ の直交方向に作用する荷重

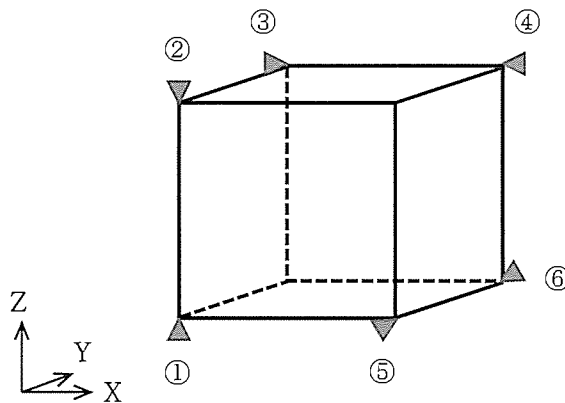


図4 据付ボルト方向

表3 据付方向に応じた作用荷重

据付位置	固定箇所	せん断力		引抜力	曲げモーメント	
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$M_1$	$M_2$
①	床固定	$P_x$	$P_y$	$-P_z$	$M_x$	$M_y$
②	天井固定	$P_x$	$P_z$	$P_z$	$M_x$	$M_y$
③	X-側壁固定	$P_y$	$P_z$	$-P_x$	$M_y$	$M_z$
④	X+側壁固定	$P_y$	$P_z$	$P_x$	$M_y$	$M_z$
⑤	Y-側壁固定	$P_x$	$P_z$	$-P_y$	$M_x$	$M_z$
⑥	Y+側壁固定	$P_x$	$P_z$	$P_y$	$M_x$	$M_z$



はり要素による 3 次元 FEM 解析モデルについて

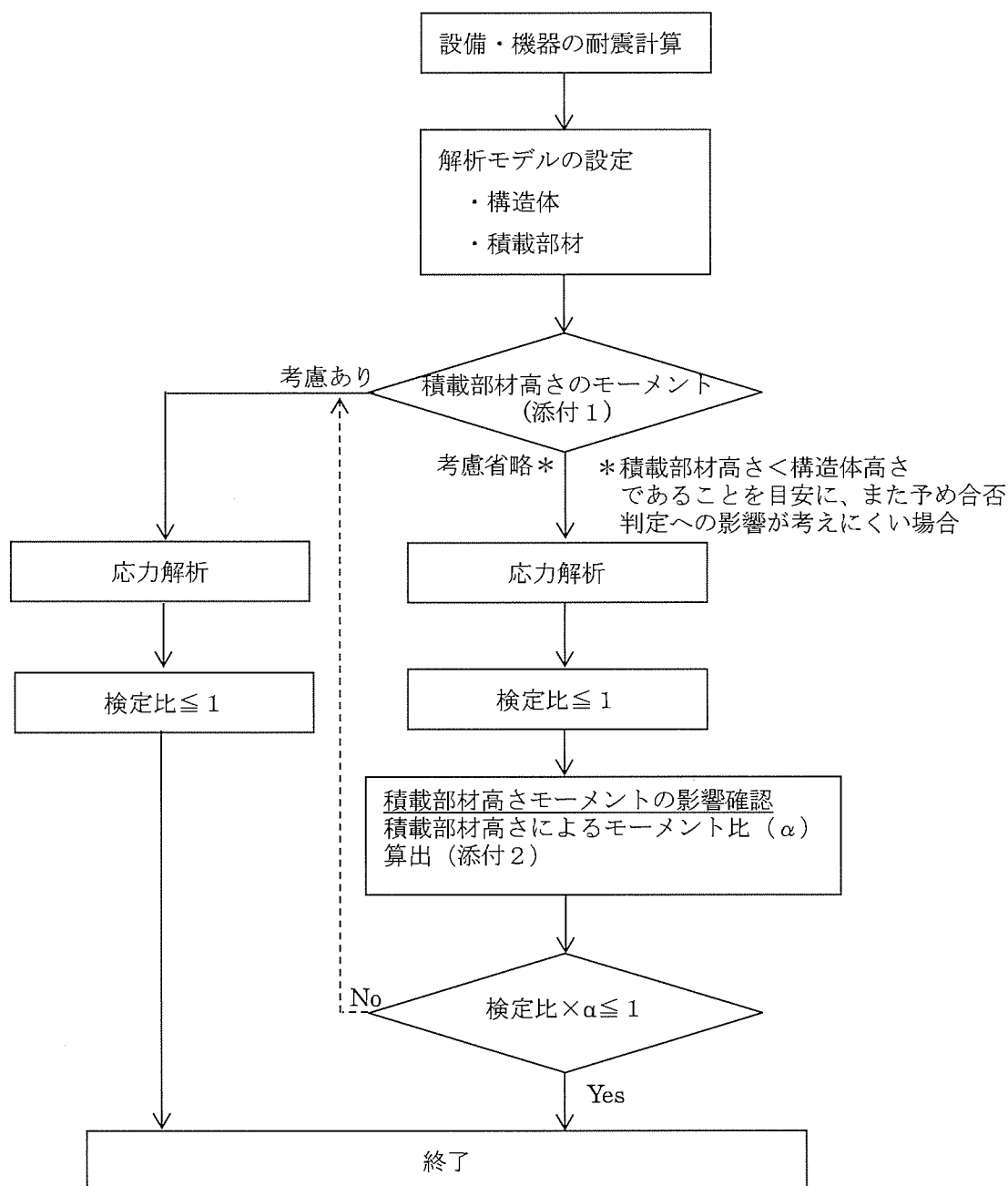
### 1. 積載部材のモデル化について

対象設備(以下、構造体と呼ぶ)の耐震計算のため、はり要素により 3 次元 FEM 解析モデルを構築するにあたり、構造強度に寄与しない部材 (以下、積載部材と呼ぶ) については、長期荷重ではその積載部材の重量を鉛直方向荷重として、短期荷重ではその荷重による地震力を水平方向荷重として入力し、モデル化している。

ここで、積載部材高さによるモーメントは、積載部材の高さが低い場合は小さいものの、積載部材の高さが高くなるにつれて大きくなる。そのため本評価では以下のフローに基づき計算を行う。

### 2. 積載部高さによるモーメントの考慮について

耐震計算を実施するにあたり、積載部高さによるモーメントの考慮要否をまとめた表を添付 3 に示す。



## 積載部材のモーメントの考慮について

### 1. 解析モデルについて

対象設備(以下、構造体と呼ぶ)の耐震計算のため、はり要素による 3 次元 FEM 解析のモデル化にあたっては、構造強度に寄与しない部材 (以下、積載部材と呼ぶ) について、長期荷重ではその積載部材の重量を鉛直方向荷重として、短期荷重ではその荷重による地震力を水平方向荷重として入力し、モデル化している。

ここで、積載部材高さによるモーメントは、積載部材の高さが低い場合は小さいものの、積載部材の高さが高くなるにつれて大きくなる。そのため、以下の通り、積載物荷重負荷点位置に、モーメントを考慮して評価する。

### 2. 説明

下図の通り構造体を簡略化して一本のはり要素として考え、その上に高さ  $h$  の積載部材がある場合 (図 1 (a))、構造体に発生するモーメントは、

$$FH+A(h+H) \cdots (1)$$

で与えられる。

F: 構造体の地震荷重、H: 構造体の高さ

A: 積載部材の地震荷重、h: 積載部材の重心高さ

これに対して、上述の通り積載部材の高さ  $h$  が十分小さい場合は構造体に対して、積載部材のモデル化を省略し、その水平方向の荷重のみを考慮する (図 1 (b))。その場合の発生モーメントは、

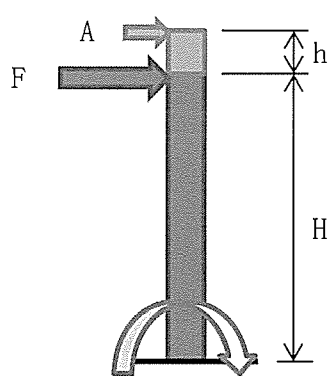
$$(F+A)H \cdots (2)$$

となるが、積載部材の高さ  $h$  が小さい場合は、 $FH$  が  $Ah$  より十分大きい ( $F$  は  $A$  より十分大きい) ため、(1) 式の結果と (2) 式の結果に有意差はない。

一方、積載部材の高さ  $h$  が大きくなると、積載部材のモーメントの影響が大きくなり (1) 式と (2) 式の結果に差が大きくなる。そのため、本評価では、部材荷重による水平荷重とそれによるモーメント ( $Ah$ ) を考慮する (図 1 (c))。この場合、発生モーメントは、

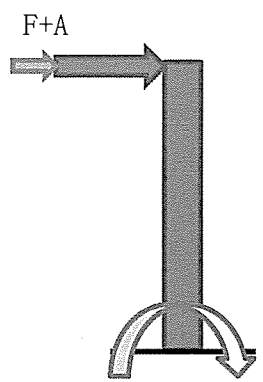
$$(F+A)H+Ah \cdots (3)$$

となり、(1) 式と同じとなる。



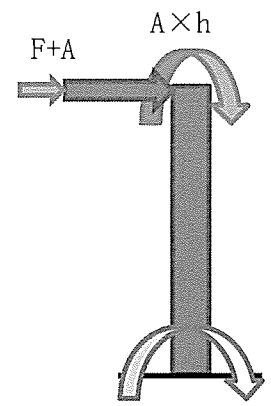
$$FH + A(h + H)$$

图 1(a)



$$(F + A)H$$

图 1(b)



$$(F + A)H + Ah$$

图 1(c)

## 積載部材によるモーメントの影響について

## 1. はじめに

積載部材のモデル化にあたっては、積載部材高さのモーメントの影響が小さいと考えられる場合はそれを省略して計算を行う。ただし、上記モーメントの考慮を省略した設備については、計算結果に積載部材高さのモーメントの影響を勘案し、以下の通り省略したことが健全性評価結果に影響しないことを確認する。

## 2. 説明

図 1 (a) に示すように、積載部材高さによるモーメントの考慮を省略した場合の発生モーメントは、下式にて与えられる。

$$(F_0 + F_1)h_0 \cdots (1)$$

$F_0$  : 構造体の地震荷重、 $F_1$  : 積載部材の地震荷重、 $h_0$  : 構造体の高さ

これに対して、積載部材高さによるモーメントを考慮した場合 (図 1 (b)) の発生モーメントは下式にて与えられる。

$$F_0h_0 + F_1(h_0 + l) \cdots (2)$$

$l$  : 積載部材の重心高さ

以上より、(1)式と(2)式の比は下式で与えられ、積載部材高さを考慮することによるモーメントの影響を示す係数 $\alpha$ とする。

$$\alpha = \frac{F_0h_0 + F_1(h_0 + l)}{(F_0 + F_1)h_0} = 1 + \frac{F_1l}{(F_0 + F_1)h_0} \cdots (3)$$

以上より求めた  $\alpha$  (発生モーメント係数) をもとに、下式を満足することを確認することで、積載部材高さによるモーメントを省略したことが健全性評価結果に影響しないことを確認する。

$$(\text{解析結果より算出される検定比}) \times \alpha \leq 1 \cdots (4)$$

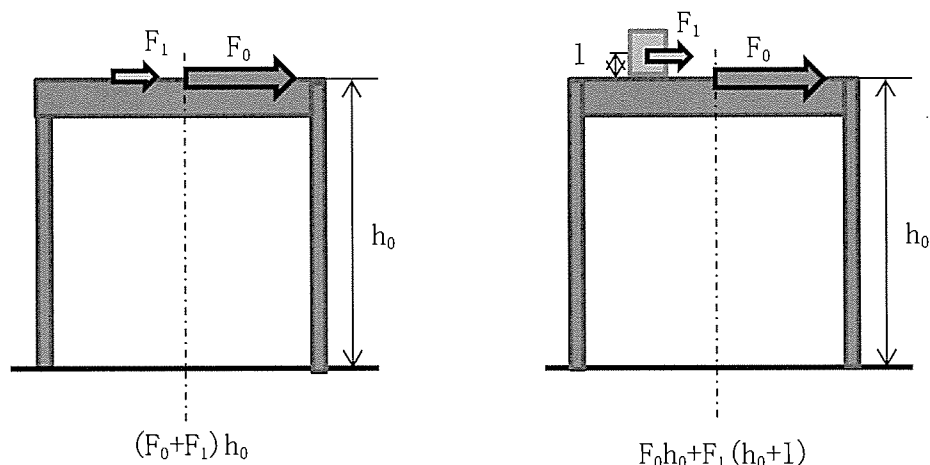


図 1 (a)

図 1 (b)

積載部材高さによるモーメントの考慮

1. 概要

積載部材高さによるモーメントの考慮について表 1~5 にまとめる。積載部材高さによるモーメントを考慮した部位は、考慮ありと記載している。

表 1 転換工場

機器名	部位名称	考慮
蒸発器	蒸発箱	なし
UF <sub>2</sub> フードボックス・環・UF <sub>2</sub> 防護カバー	UF <sub>2</sub> フードボックス及び環	なし
	ガス溜めバッファ部1	なし
	ガス溜めバッファ部2	なし
	ガス溜めバッファ部3	なし
	ガス溜めバッファ部4	なし
	蒸発器用防護カバー	なし
	蒸発器用防護カバー架台	なし
	フードボックス用防護カバー	あり
	UF <sub>2</sub> 配管用フードボックス	なし
	UF <sub>2</sub> 配管用防護カバー	なし
コールドトラップ	コールドトラップ	あり
コールドトラップ (小)	コールドトラップ (小)	なし
循環貯槽	循環貯槽	なし
	熱交換器	なし
	循環貯槽架台	あり
UO <sub>2</sub> ブロータンク	UO <sub>2</sub> ブロータンク	なし
	UO <sub>2</sub> ブロータンク架台	なし
UO <sub>2</sub> フィルタ	UO <sub>2</sub> フィルタ	あり
	フードボックス (UO <sub>2</sub> フィルタ)	なし
	UO <sub>2</sub> フィルタ架台	なし
	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ	あり
UO <sub>2</sub> 受けホッパ	UO <sub>2</sub> 受けホッパ	なし
粉碎機	フードボックス (粉碎機)	なし
充填装置	充填設備共通架台	あり
	充填装置	なし
	フードボックス (充填装置)	なし
	充填装置架台	あり

表 2 気体廃棄設備

機器名	部位名称	考慮
スクラバ	スクラバ	なし
	スクラバ架台(1)	なし
	スクラバ架台(2)	あり

表 3 その他の加工施設 (非発)

機器名	部位名称	考慮
非常用ディーゼル発電機	非常用ディーゼル発電機	なし
	潤滑油タンク	あり
	燃料油タンク	あり
	ラジエータ	なし

表 4 その他の加工施設 (インターロック)

機器名	部位名称	考慮
地震インターロック	地震計	なし
	制御盤	なし
UF <sub>2</sub> 漏えい警報設備	HF検出器 (検出室、作動室) (屋内)	なし
	HF検出器 (作動室) (屋外)	あり

表 5 その他の加工施設 (分析)

機器名	部位名称	考慮
物検測定設備	サンプル保管庫	なし
	サンプル保管庫架台	あり

配管の耐震性に関する説明書

## 目 次

1. 概要
2. 基本方針
  2. 1. 設計方針
  2. 2. 設計手順
3. 配管の支持方針
  3. 1. 第1類、第2類配管の配管支持方針
  3. 2. 設計用地震力
4. 第1類、第2類配管の標準支持間隔法
  4. 1. 解析モデル
  4. 2. 解析方法
  4. 3. 解析条件
5. 標準支持間隔
6. 曲がり部の支持間隔
  6. 1. 解析モデル
  6. 2. 解析条件及び解析方法
  6. 3. 解析結果及び支持方針
7. 集中質量部の支持間隔
  7. 1. 解析モデル
  7. 2. 解析条件及び解析方法
  7. 3. 解析結果及び支持方針
8. 分岐部の支持間隔
  8. 1. 解析モデル
  8. 2. 解析条件及び解析方法
  8. 3. 解析結果及び支持方針
9. 支持構造物
  9. 1. 概要
  9. 2. 支持構造物の選定
  9. 3. 支持構造物の種類



## 1. 概要

本資料は、配管の耐震性について計算の基本方針を説明するものである。

配管の耐震設計を行う場合には、その配管の耐震重要度分類、仕様、形状、設置場所等を考慮して配管を分類し、定められた設計用地震力に対して、必要な機能が損なわれることが無いように耐震性を確保する。

配管の耐震性を確保する手法として、標準支持間隔法がある。標準支持間隔法とは、配管を直管部、曲がり部、分岐部及び集中質量を有する直管部の標準的な要素に分け、各要素の設計用地震力による応力等が許容限界を満足するように支持間隔を定め、この支持間隔以内に支持点を設定する方法である。

弁については、配管より厚肉構造のものを使用するため発生応力が小さくなる。一方、集中質量部の支持間隔を求める際には、弁も配管と同一仕様としたうえで、弁質量を付加することで安全側の評価を行っている。このため、弁の耐震計算は、弁質量を付加した配管の耐震計算により包絡される。

耐震重要度分類第3類配管については、4次申請書「添付説明書－設2－1 配管の耐震性に関する説明書」に従い「建築設備耐震設計・施工指針」の標準支持間隔以内に支持点を設定する。

## 2. 基本方針

### 2. 1. 設計方針

- (1) 配管は、適切な支持を講じることにより地震力による応力の低減を図るものとする。
- (2) 支持構造物は、配管の地震荷重、及び自重による荷重に対して十分な強度を持たせる。
- (3) 計算に用いる寸法は公称値を用いる。

### 2. 2. 設計手順

配管の耐震設計は、建物・構築物、機器・ダクト・トレイ等配管以外の設備との関連を十分に考慮した上で、総合的な調整をする。

### 3. 配管の支持方針

配管の支持方針は、定められた設計用地震力に対して、必要な機能が損なわれることが無いように、弾性域の許容応力以下となる標準支持間隔に基づき、配管の支持点を定めるものとする。

#### 3. 1. 第1類、第2類配管の配管支持方針

標準支持間隔法は、配管を等分布荷重連続はりにモデル化し、配管を直管部、曲がり部、分岐部及び集中質量を有する直管部の標準的な要素に分け、各要素の設計用地震力による地震応力が添付説明書一設 3-1-付 1 に示す許容限界を満足するように支持間隔を定め、配管の支持点を設定する。

なお、標準支持間隔法に基づき設計することが困難な場合には、当該配管固有の設計条件(圧力、温度、材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体及び単位長さ当りの質量)に基づき算出した支持間隔以内に支持点を設定する。または、3次元はりモデルとして解析を行い、支持方法を定める。

配管の耐震計算は、「原子力発電所耐震設計技術指針」(日本電気協会 JEAG4601-1987)に基づく。

#### 3. 2. 設計用地震力

設計用地震力は、「建築設備耐震設計・施工指針」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を用いる(添説設 3-2-1 表)。

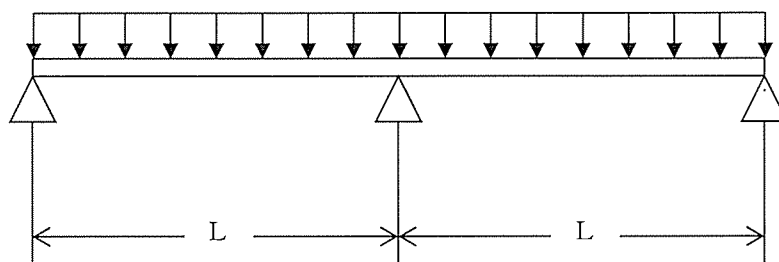
添説設 3-2-1 表 「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力

建物階層	耐震重要度分類		
	第1類	第2類	第3類
地階及び1階	1.0 G	0.6 G	0.4 G
中間層	1.5 G	1.0 G	0.6 G
上層階、屋上及び塔屋	2.0 G	1.5 G	1.0 G

#### 4. 第1類、第2類配管の標準支持間隔法

##### 4. 1. 解析モデル

各種配管を、下図のように支持間隔 $L$ で3点支持した等分布荷重連続梁にモデル化する。この場合、支持点は配管の軸直角方向のみを拘束するものとし、軸方向及び回転に対しては自由とする。



##### 4. 2. 解析方法

各種配管について、設計用地震力による応力を算定すると共に、内圧及び自重による応力を加算した合計値が許容限界以下となるように支持間隔を算出する。

##### 4. 3. 解析条件

###### (1) 配管設計条件

標準支持間隔の算定に必要な配管設計条件を添説設 3-2-2 表～添説設 3-2-3 表に示す。

配管の重量としては、内部流体がある場合は、配管自体の重量と内部流体の重量とを合計した値とする。さらに、保温材の付く配管については、その重量を考慮する。

###### (2) 許容限界

各部材の許容限界は添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

#### 5. 標準支持間隔

##### 第1類、第2類配管

添説設 3-2-2 表～添説設 3-2-3 表の各種配管の設計条件をもとに、各配管の許容限界を満足させるための直管部最大支持間隔及び応力を評価した結果を添説設 3-2-4 表～添説設 3-2-11 表に示す。最大支持間隔は、耐震重要度分類第1類、第2類それぞれに対し算定する。

なお、応力（長期）は内圧応力及び自重応力の和、応力（短期）は内圧応力、自重応力及び設計用地震力による応力の和とする

添設 3-2-2 表 配管設計条件 (オーステナイト系ステンレス鋼)

最高使用温度 (°C) : 150 最高使用圧力 (MPa) : 0.97  
 内部流体比重 : 気体 (0.0) / 液体 (1.3) / 粉体 (2.5)

番号	配管仕様		単位長さあたり重量 (kg/m)					
	口径 (A)	板厚 (sch)	保温材無し			保温材有り		
			内部気体	内部液体	内部粉体	内部気体	内部液体	内部粉体
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								

添説設 3-2-3 表 配管設計条件 (炭素鋼)

最高使用温度 (°C) : 150 最高使用圧力 (MPa) : 0.97  
 内部流体比重 : 気体 (0.0) / 液体 (1.3) / 粉体 (2.5)

番号	配管仕様		単位長さあたり重量 (kg/m)					
	口径 (A)	板厚 (sch)	保温材無し			保温材有り		
			内部気体	内部液体	内部粉体	内部気体	内部液体	内部粉体
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

添設3-2-1表 第1類直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼 保温無し) 許容限界 長期: 102 短期: 151 (単位: MPa)

配管 口径 (A) 及び板厚	地盤及び1階						中間層						上階、屋上及び塔屋											
	気体		液体		粉体		気体		液体		粉体		気体		液体		粉体							
	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)						

添設 3-2-5 表 第 1 類配管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼 保温有り) 許容限界 長期: 102 短期: 151 (単位: MPa)

配管 口径 (A) 及び板厚	地階及び 1 階												中間階												上階階、屋上及び塔屋																							
	気体				液体				粉体				気体				液体				粉体				気体				液体				粉体															
	支持間隔 (mm)		応力 (MPa)		支持間隔 (mm)		応力 (MPa)		支持間隔 (mm)		応力 (MPa)		支持間隔 (mm)		応力 (MPa)		支持間隔 (mm)		応力 (MPa)		支持間隔 (mm)		応力 (MPa)		支持間隔 (mm)		応力 (MPa)		支持間隔 (mm)		応力 (MPa)		支持間隔 (mm)		応力 (MPa)													
	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)	(長期)	(短期)																
起吊階層																																																
内部流体																																																
支持間隔																																																





添記表 3-2-7 表 第 1 類直管部最大支持間隔 (炭素鋼 保溫有り) 許容限界 長期: 78(SGP), 107(炭素鋼) 短期: 110(SGP), 161(炭素鋼) (単位: MPa)

配管 口径 (φ) 及び壁厚	地階及び1階						中間階						上階階、屋上及び塔基						
	気体		液体		粉体		気体		液体		粉体		気体		液体		粉体		
	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	
	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	

系統図 3-2-8 表 第 2 類直管部最大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼 保溫無し) 許容限界 長期: I02 短期: 154 (単位: MPa)

配管 口径 (φ) 及び壁厚	建屋階層															
	内部流体				気体				液体				粉体			
	支持間隔		応力		支持間隔		応力		支持間隔		応力		支持間隔		応力	
	(mm)	(MPa)	(長期)	(短期)	(mm)	(MPa)	(長期)	(短期)	(mm)	(MPa)	(長期)	(短期)	(mm)	(MPa)	(長期)	(短期)
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 25%;"> <p>地下階、屋上及び塔基</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>中間層</p> </div> <div style="width: 25%;"> <p>地上階、屋上及び塔基</p> </div> </div>															

施設設3-2-9表 第2類直管部成大支持間隔 (オーステナイト系ステンレス鋼 保温有り) 許容限界 応用:102 短冊:154 (単位:MPa)

配管 口径 (φ) 及び管壁厚	地階及び1階						中間層						上部階、屋上及び塔屋											
	気体		液体		粉体		気体		液体		粉体		気体		液体		粉体							
	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)						
建物階層 内部 支持 間隔																								

添附表 3-2-10 表 第 2 類直管部最大支持間隔 (炭素鋼 保溫無し) 許容限界 長期: 73 (SDP)、107 (炭素鋼) 短期: 110 (SDP)、161 (炭素鋼) (単位: MPa)

建屋構造 内管液体 支持間隔 配管口径 (A) 及び配厚	地階及び 1 階																	
	中間層						上層階、屋上及び密着層											
	気体			液体			粉体			気体			液体			粉体		
	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)
(The main body of the table is a large empty rectangular area, indicating that the specific data values are not provided in this image.)																		

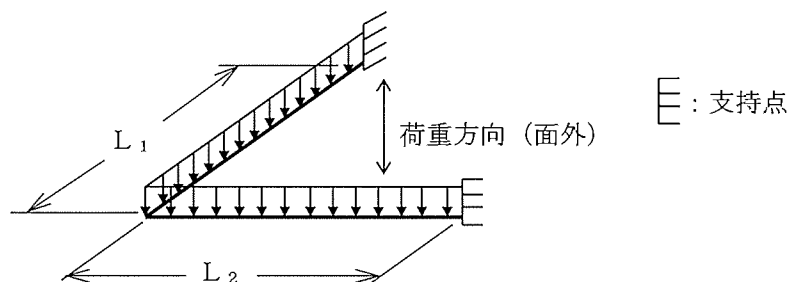
図3-2-11表 第2類直管部最大支持間隔 (炭素鋼 保溫有り) 許容限界 長期: 73(SGP)、107(炭素鋼) 短期: 110(SGP)、161(炭素鋼) (単位: MPa)

配管 口径 (φ) 及び板厚	地階及び1階						中間階						上階階、屋上及び塔屋					
	気体		液体		粉体		気体		液体		粉体		気体		液体		粉体	
	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)
	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (短期) (MPa)
建築階層 内部-液体 支持間隔																		

## 6. 曲がり部の支持間隔

### 6. 1. 解析モデル

配管の曲がり部は、下図に示すようにピン結合両端固定の等分布荷重の梁にモデル化する。



$L_1, L_2$  : 曲がり部から支持点までの長さ

$L_E$  : 曲がり部支持間隔 ( $L_E = L_1 + L_2$ )

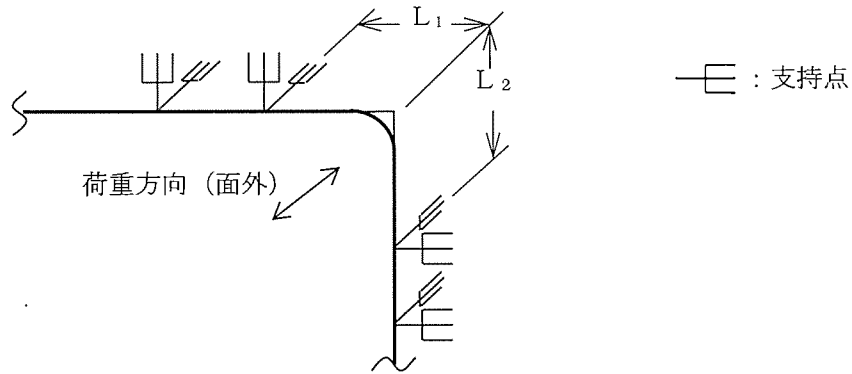
### 6. 2. 解析条件及び解析方法

- (1) 設計用地震力が作用した場合の曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の設計用地震力による曲げモーメントより小さくなること。
- (2) 自重による曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の自重による曲げモーメントより小さくなること。
- (3) (1), (2)の条件を満足する理論解を $\left(\frac{L_1}{L_E}\right)$ の関数として $\left(\frac{L_E}{L_0}\right)$ の最大値を求める。  
ただし、 $L_0$ は直管部最大支持間隔。

### 6. 3. 解析結果及び支持方針

解析結果を添説設 3-2-1 図に示す。

本グラフは、曲がり部をはさむ支持構造物距離を直管部最大支持間隔に対する比として示すものであり、“許容領域”内に配管を支持するものとする。



$$L_1 + L_2 \leq L_E$$

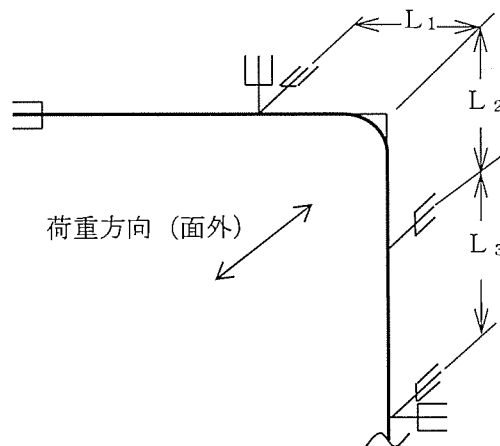
$L_E$ は $L_0$ （直管部最大支持間隔）にグラフより求まる支持間隔比を乗じた長さ。

また、配管及び支持構造物の設計上、曲がり部をはさむ支持構造物間距離を長くする必要がある場合は、面外振動を拘束する支持構造物は下式を満足するように設ける。

$$L_1 + L_2 \leq L_E$$

$$L_2 + L_3 \leq L_0$$

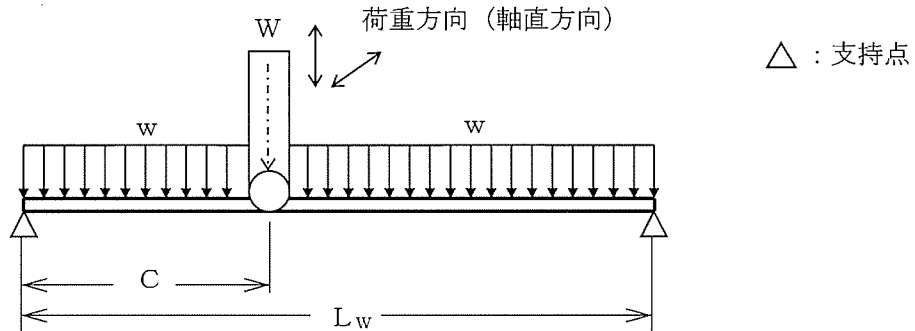
—□— : 支持点



## 7. 集中質量部の支持間隔

### 7. 1. 解析モデル

配管の弁等の重量物が付く場合については、下図のように任意の位置に集中質量を有する両端支持の連続梁にモデル化する。



- $L_w$  : 集中質量部支持間隔
- $C$  : 支持端から集中質量点までの長さ
- $w$  : 配管の単位長さ当たり質量
- $W$  : 集中質量

### 7. 2. 解析条件及び解析方法

(1) 設計用地震力が作用した場合の集中荷重及び等分布荷重の合計曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の設計用地震力による曲げモーメントより小さくなること。

(2) 自重による集中荷重及び等分布荷重の合計曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の自重による曲げモーメントより小さくなること。

(3) (1), (2) の条件を満足する理論解を  $\left(\frac{W}{w \cdot L_0}\right)$  の関数として  $\left(\frac{L_w}{L_0}\right)$  の最大値を求める。

ただし、 $L_0$  は直管部最大支持間隔。

### 7. 3. 解析結果及び支持方針

解析結果を添説設 3-2-2 図に示す。

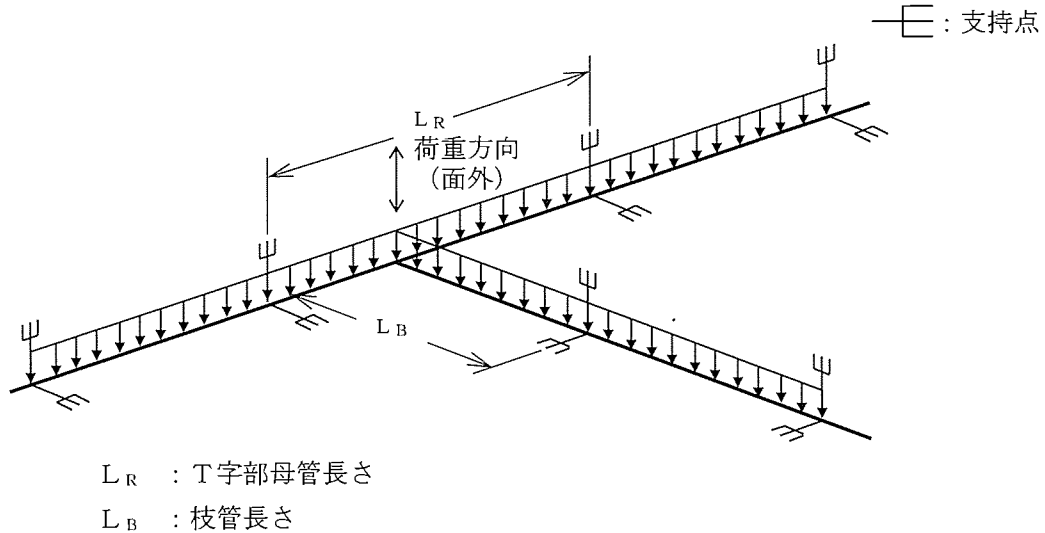
本グラフは、弁等の重量物が取り付けられた場合の配管の許容支持間隔を直管部最大支持間隔に対する比として示し、”許容領域”内に配管を支持するものとする。



## 8. 分岐部の支持間隔

### 8. 1. 解析モデル

配管の分岐部は、下図に示すようにT字部の3つの支持端を単純支持とする分布質量の連続梁にモデル化する。



### 8. 2. 解析条件及び解析方法

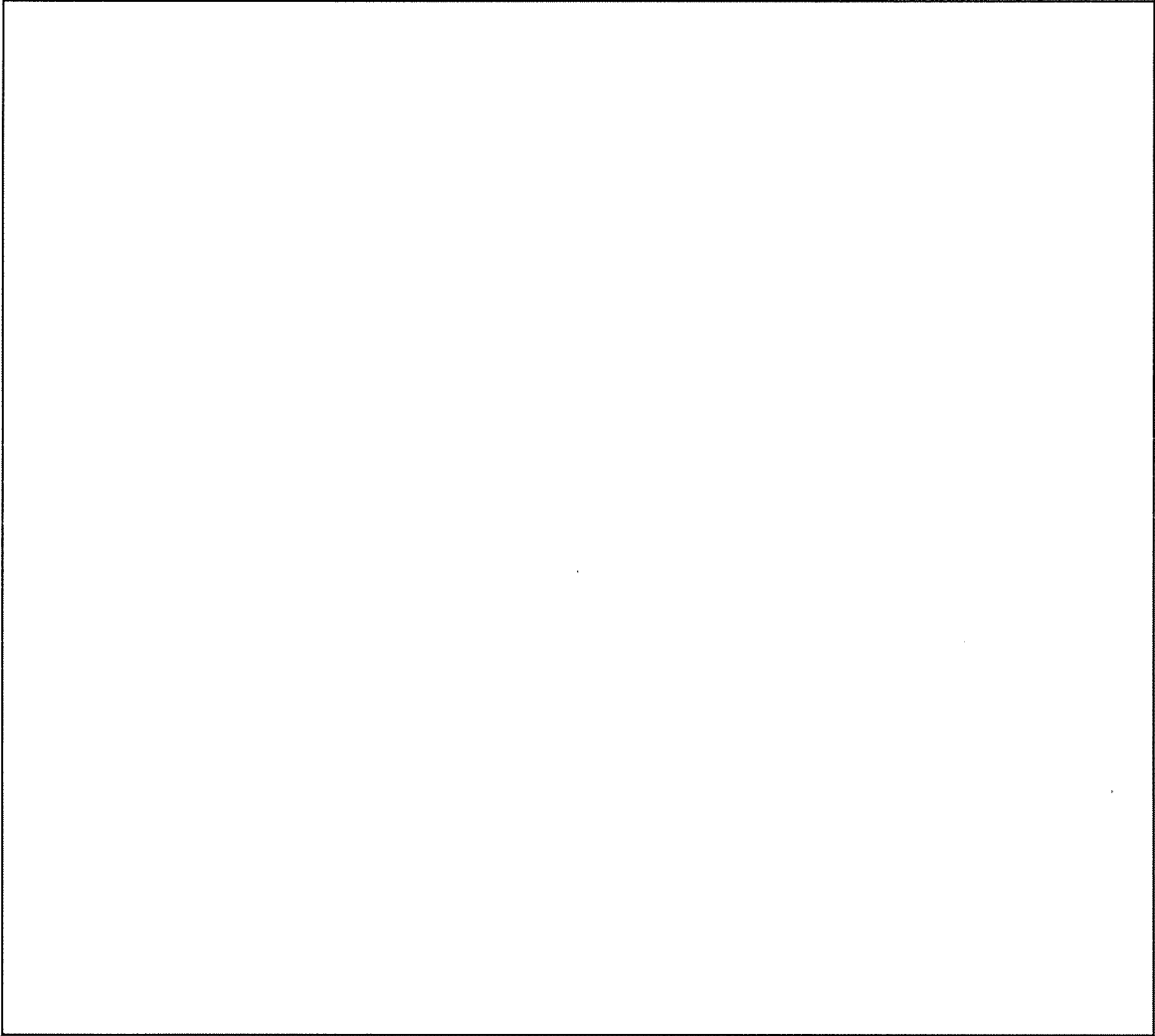
- (1) 設計用地震力が作用した場合の曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の設計用地震力による曲げモーメントより小さくなること。
- (2) 自重による曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の自重による曲げモーメントより小さくなること。
- (3) (1), (2)の条件を満足する理論解を  $\left(\frac{L_R}{L_0}\right)$  の関数として  $\left(\frac{L_B}{L_0}\right)$  の最大値を求める。

解析結果は、分岐部の代表例として母管と枝管とが同一口径のものをまとめたものである。ただし、 $L_0$ は直管部最大支持間隔。

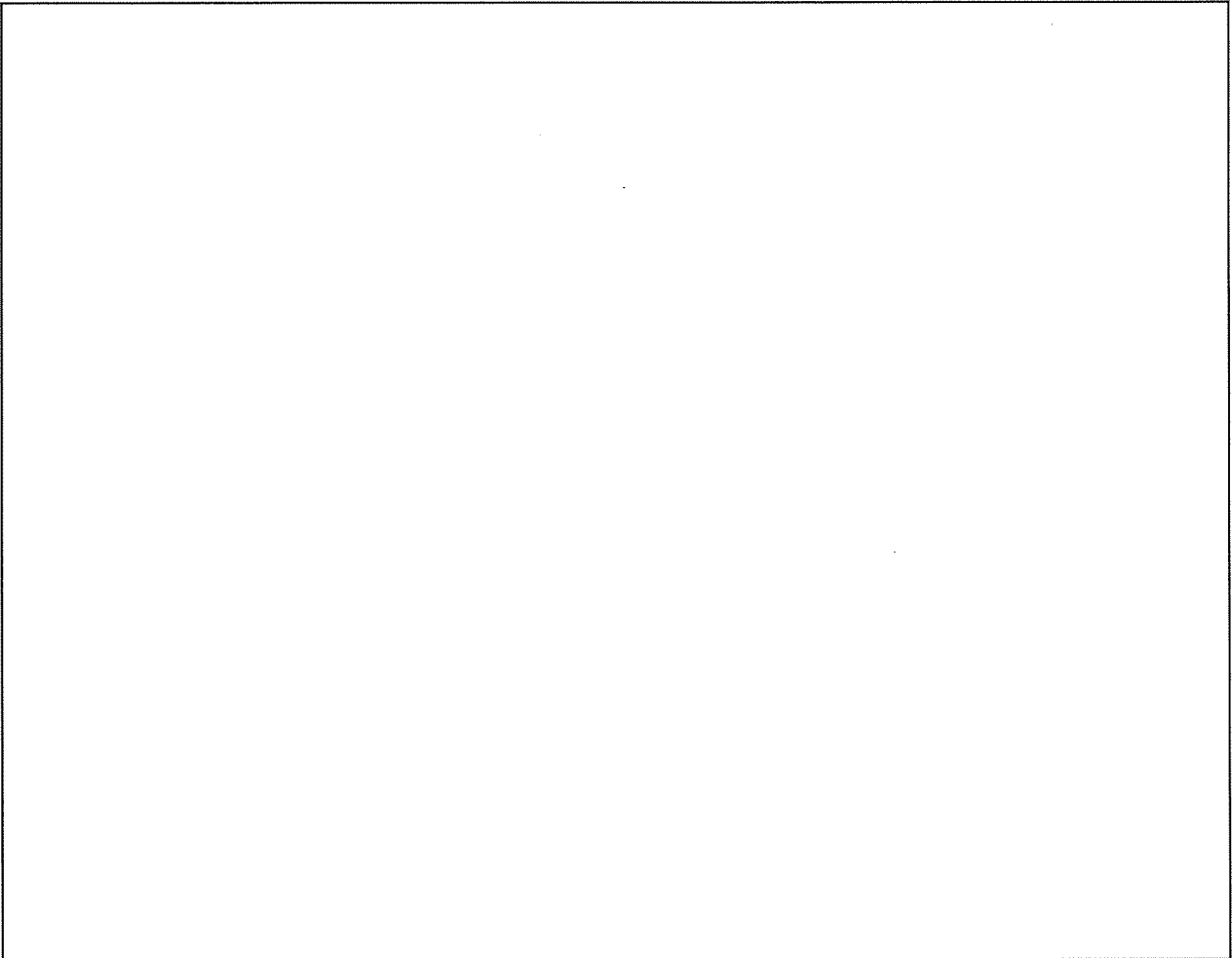
### 8. 3. 解析結果及び支持方針

解析結果を添説設 3-2-3 図に示す。

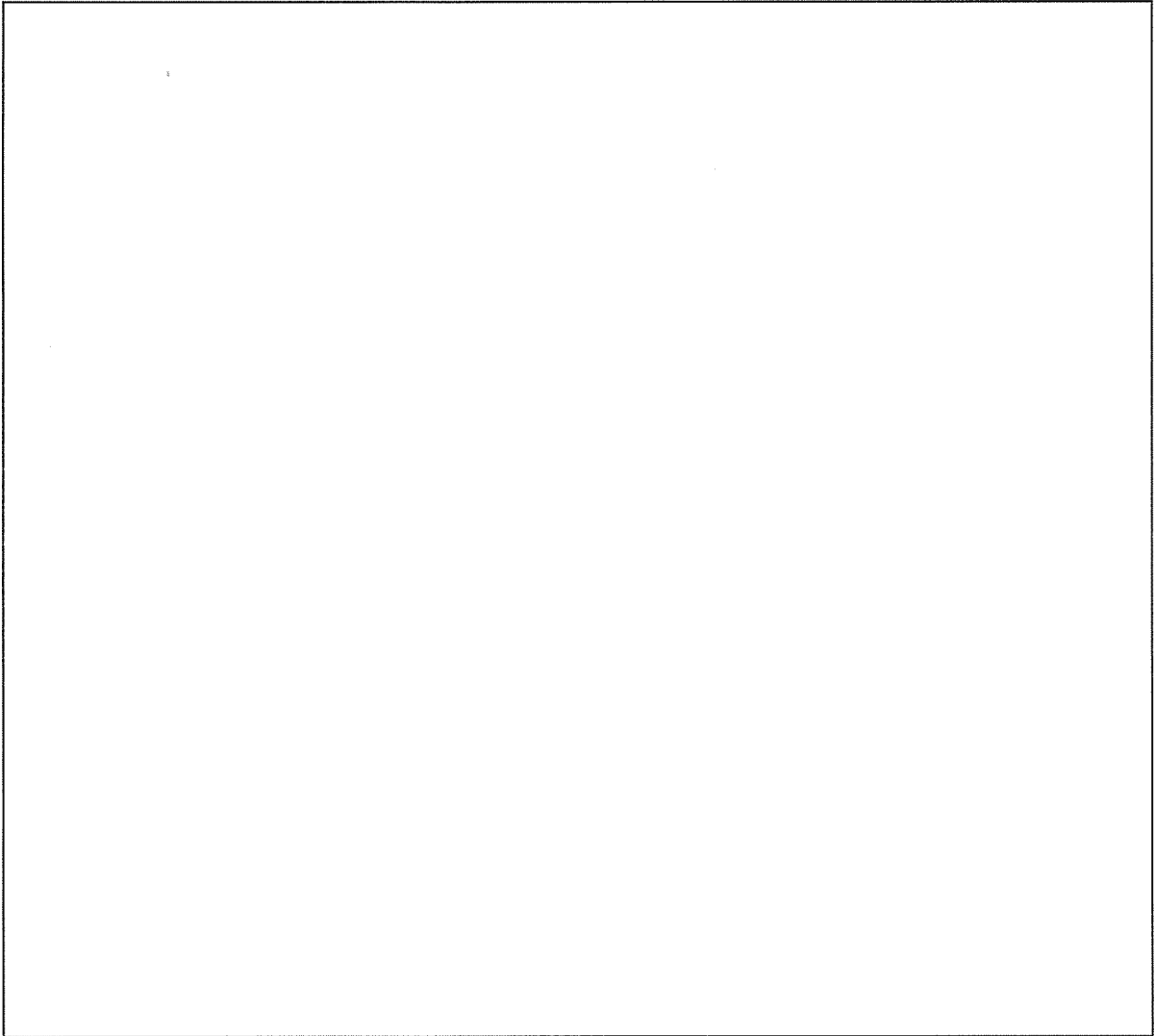
本グラフは、分岐部の許容支持間隔を直管部の最大支持間隔に対する比として示したもので、“許容領域”内に配管を支持するものとする。



添説設 3-2-1 図 曲がり部支持間隔グラフ



添説設3-2-2図 集中質量部支持間隔グラフ



添説設 3-2-3 図 分岐部支持間隔グラフ

## 9. 支持構造物

### 9. 1. 概要

配管の支持構造物は、その目的、設置場所等によって各種の形状、構造を考慮している。本章では、それらの支持構造物の選定及び支持構造物の代表的な種類について示す。

### 9. 2. 支持構造物の選定

#### (1) 支持ブラケット

支持ブラケットに際しては、ブラケット取り付け部形状及び荷重の方向等を考慮してその基本構造を決める。

ブラケット部材には原則として形鋼を用いるものとし、地震荷重、自重による荷重に対して、支持構造物に生ずる応力が弾性域の許容応力を満足するように形鋼の種類及びサイズ等を適切に選定する。

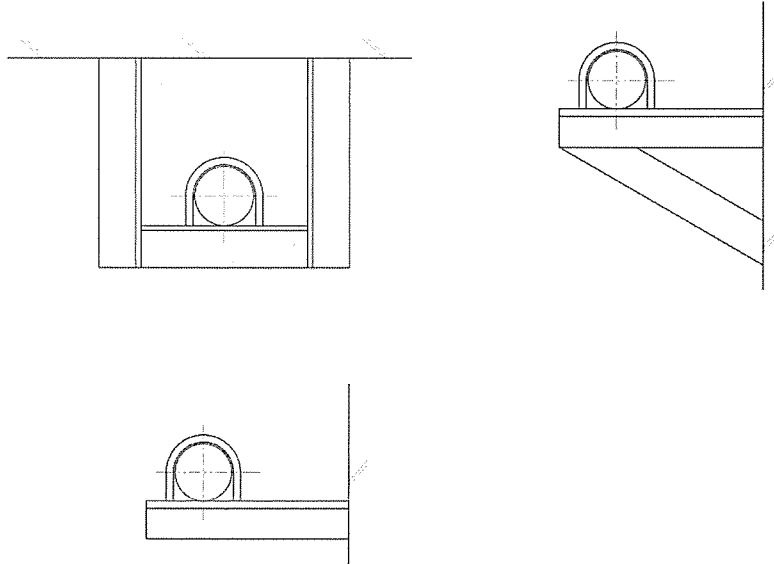
#### (2) 支持構造物部品

支持構造物に使用するUボルト等の部品は、支持点の荷重が各々の支持構造物部品の設計荷重以下になるように選定して使用する。

9. 3. 支持構造物の種類

(1) 支持ブラケット

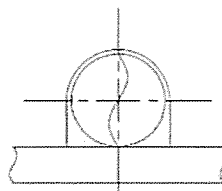
支持ブラケットの形状の代表例を添説設 3-2-4 図に示す。



添説設 3-2-4 図 支持ブラケットの代表例

(2) 支持構造物部品

支持構造物部品の形状の代表例を添説設 3-2-5 図に示す。



添説設 3-2-5 図 支持構造物部品の代表例

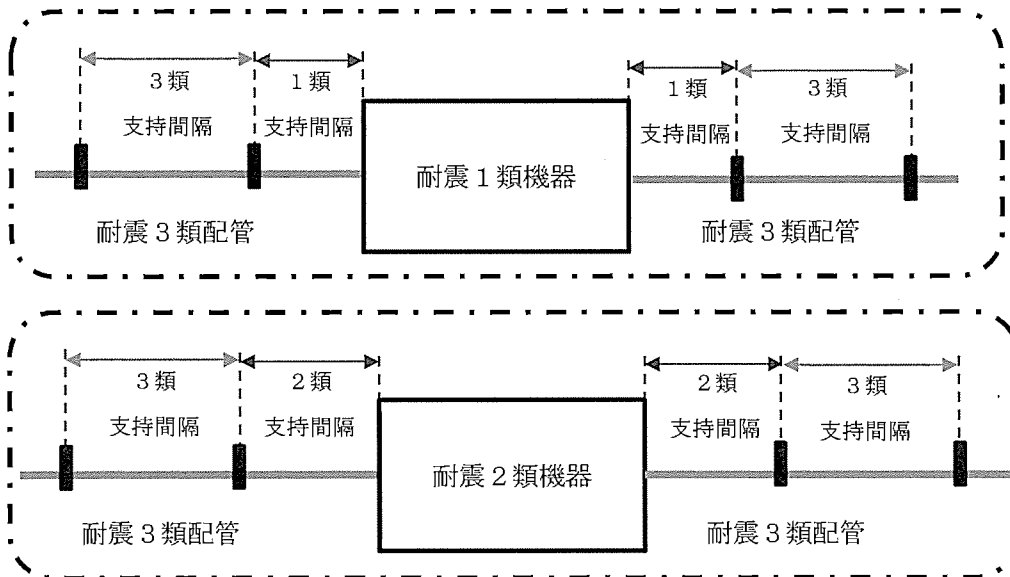
配管の波及的影響の考え方について

1. 波及的影響の考え方

耐震分類が異なる配管を接続する場合、接続部にはフレキシブルホースを設置し耐震区分を行うことを原則とする。

フレキシブルホースの設置が困難な配管については波及的影響を考慮して、耐震重要度分類が上位の機器に接続する箇所から一つ目の支持点までの間隔を、接続する機器の耐震重要度分類と同等として評価・設計をした。

耐震分類が異なる支持間隔の考え方



ダクトの耐震性に関する説明書



## 1. 概要

本資料は、ダクトの耐震性について計算の基本方針を説明するものである。

ダクトの耐震設計を行う場合には、そのダクトの耐震重要度分類、仕様、形状、設置場所等を考慮してダクトを分類し、定められた設計用地震力に対して、必要な機能が損なわれるおそれがないように耐震性を確保する。

ダクトの耐震性を確保する手法として、標準支持間隔法がある。標準支持間隔法とは、ダクトを直管部、曲がり部、分岐部及び集中質量を有する直管部の標準的な要素に分け、各要素の設計用地震力による応力等が許容限界を満足するように支持間隔を定め、この支持間隔以内に支持点を設定する方法である。

弁、ダンパ類については、ダクトより剛構造のものを使用するため発生曲げモーメントは小さくなる。一方、集中質量部の支持間隔を求める際には、弁、ダンパ類もダクトと同一仕様としたうえで、弁、ダンパ類の質量を付加することで安全側の評価を行っている。このため、弁、ダンパ類の耐震計算は、質量を付加したダクトの耐震計算により包絡される。

耐震重要度分類第3類ダクトについては「建築設備耐震設計・施工指針」の標準支持間隔以内に支持点を設定する。

## 2. 基本方針

### 2. 1. 耐震設計上の原則

- (1) ダクトは、適切な支持を講じることにより地震力による応力の低減を図るものとする。
- (2) 支持構造物は、ダクトの地震荷重、及び自重による荷重に対して十分な強度を持たせる。
- (3) 計算に用いる寸法は公称値を用いる。

### 2. 2. 設計手順

ダクトの耐震設計は、建物・構造物、機器・配管・トレイ等ダクト以外の設備との関連を十分に考慮した上で、総合的な調整をする。

### 3. ダクトの設計方針

#### 3. 1. ダクトの構造

ダクトの構造は、溶接型、スパイラル型及びハゼ折型とし、その形状は角ダクト、丸ダクトを用いるものとする。更に、保温材を施工するものと施工しないものがあるが、いずれも薄板構造である。

#### 3. 2. 解析方法

ダクトの耐震設計に関しては、薄板構造としての特殊性及びその形状を考慮して座屈評価を行い安全側に耐震計算を行う。ダクトの支持設計においては、施工方法、ダクトの周囲条件を考慮の上、標準支持間隔法により、設計地震力によりダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となる最大支持スパン以下となるように支持する。

標準支持間隔法は、ダクトを直管部、曲がり部、分岐部及び集中質量を有する直管部の標準的な要素に分け、各要素の設計用地震力による曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるように支持間隔を定める。

#### 3. 3. 設計用地震力

設計用地震力は、「建築設備耐震設計・施工指針」の局部震度法による「設備機器の設計用標準震度」に基づく水平地震力を用いる(添説設 3-3-1 表)。

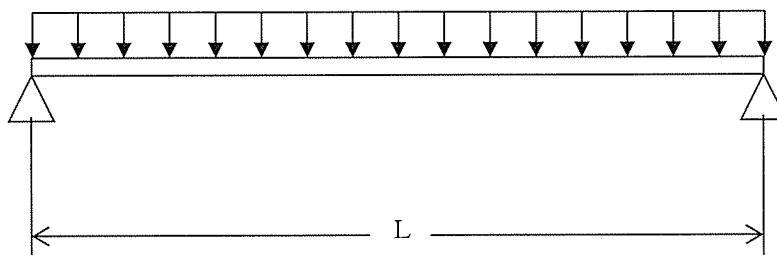
添説設 3-3-1 表 設備機器の設計用標準震度に基づく水平地震力

耐震重要度分類	第 1 類	第 2 類	第 3 類
地階及び 1 階	1.0 G	0.6 G	0.4 G
中間層	1.5 G	1.0 G	0.6 G
上層階、屋上及び塔屋	2.0 G	1.5 G	1.0 G

#### 4. 第1類、第2類ダクトの標準支持間隔法

##### 4. 1. 解析モデル

各種ダクトを、下図のように等分布荷重1スパンにモデル化する。この場合、支持点はダクトの軸直角方向のみを拘束するものとし、軸方向及び回転に対しては自由とする。



##### 4. 2. 解析方法

各種ダクトについて、設計用地震力による曲げモーメントを算定すると共に、自重による曲げモーメントを算定し、これらの合成曲げモーメントが許容限界以下となるように支持間隔を算出する。

##### 4. 3. 解析条件

###### (1) ダクト設計条件

標準支持間隔の算定に必要なダクト設計条件を添説設 3-3-2 表～添説設 3-3-5 表、添説設 3-3-14 表、添説設 3-3-15 表、添説設 3-3-20 表に示す。

ダクトの重量としては、補強材重量を含めた値とする。さらに、保温材の付くダクトについては、その重量を考慮する。

###### (2) 許容限界

各部材の許容限界は添付説明書一設 3-1-付 1 に示す。

地震及び自重による曲げモーメントの合成曲げモーメントに対する許容限界として許容座屈曲げモーメントを定める。以下に丸ダクト及び角ダクトの許容座屈曲げモーメント算出式を示す。

###### (a) 丸ダクト

$$M_R = K_R \cdot \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{D}{2} \cdot t^2$$

ここに、 $K_R = 0.36$

丸ダクト許容座屈曲げモーメント式は、円筒殻の屈服座屈の式<sup>(註1)</sup>を基に安全裕度を考慮して定めたものである。

(b) 角ダクト

$$M_s = K_s \sqrt{\frac{\pi^2 E \cdot S_y}{1 - \nu^2}} \cdot b \cdot t^2$$

ここに、 $K_s = 1/\sqrt{3}$

角ダクト許容座屈曲げモーメント式は、鵜戸口の式<sup>(注2)</sup>を基に安全裕度を考慮して定めたものである。

(注1) 「新版機械工学便覧」(1987年4月日本機械学会編) A4-7.5.3a. iv項

(注2) 「薄肉長方形および箱形はりの座屈と強度」(1963年8月日本機械学会  
Journal of the J. S. M. E., Vol. 66, No. 535)

記号

D	: 丸ダクト口径
E	: ダクト材の縦弾性係数
$S_y$	: ダクト材の設計降伏点
$K_R$ 、 $K_s$	: 許容座屈曲げモーメント係数
$M_R$ 、 $M_s$	: 許容座屈曲げモーメント
b	: 角ダクト辺長
t	: 板厚
$\nu$	: ポアソン比

なお、塩化ビニルダクトについては、設計用地震力による曲げモーメントを算定すると共に、自重による曲げモーメントを算定し、これらの合成曲げモーメントにより発生する曲げ応力が許容応力以下となるように支持間隔を算出する。

許容応力、物性値については、「水道用硬質ポリ塩化ビニル管」に基づき設定する。

## 5. 標準支持間隔

### 5. 1. 第1類、第2類ダクト

添説設 3-3-2 表～添説設 3-3-5 表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部最大支持間隔、自重及び地震により発生する曲げモーメントと許容座屈曲げモーメントの比を添説設 3-3-6 表～添説設 3-3-13 表に示す。

なお、矩形断面の角ダクトの支持間隔については、短辺長さを基準とし、添説設 3-3-6 表、添説設 3-3-8 表、添説設 3-3-10 表及び添説設 3-3-12 表における角ダクトの支持間隔に添説設 3-3-1 図に示される支持間隔比を乗じた値を支持間隔とする。添説設 3-3-1 図は、基準となる正方形断面の角ダクトに比べて曲げモーメントが小さくなるように求めた辺長比及び板厚比と支持間隔比との関係を示すものである。

また、塩化ビニルダクトに関して、添説設 3-3-14 表及び添説設 3-3-15 表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部最大支持間隔、自重応力（長期）、自重及び地震により発生する応力を添説設 3-3-16 表～添説設 3-3-19 表に示す。なお、矩形断面の角ダクトの支持間隔については、短辺長さを基準とする。

FRP に関しても、添説設 3-3-20 表の各種ダクトの設計条件をもとに計算した直管部最大支持間隔、自重応力（長期）、自重及び地震により発生する応力（短期）を添説設 3-3-21 表、添説設 3-3-22 表に示す。

### 5. 2. 第3類ダクト

「建築設備耐震設計・施工指針」の標準支持間隔である「12 m」を用いる。

添説設 3-3-2 表 ダクトの設計条件 (ステンレス鋼角ダクト)

番号	ダクト幅×板厚(mm)	単位長さあたり重量 (kg/m)	
		保温材無	保温材有
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			

添説設 3-3-3 表 ダクトの設計条件 (ステンレス鋼丸ダクト)

番号	ダクト口径×板厚 (mm)	単位長さあたり重量 (kg/m)	
		保温材無	保温材有
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

添説設 3-3-4 表 (1/2) ダクトの設計条件 (炭素鋼角ダクト)

番号	ダクト幅×板厚 (mm)	単位長さあたり重量 (kg/m)	
		保温材無	保温材有
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			

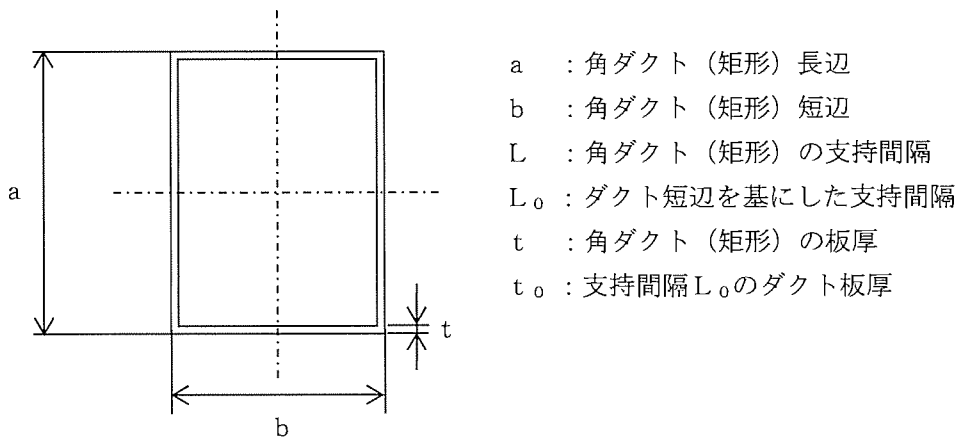
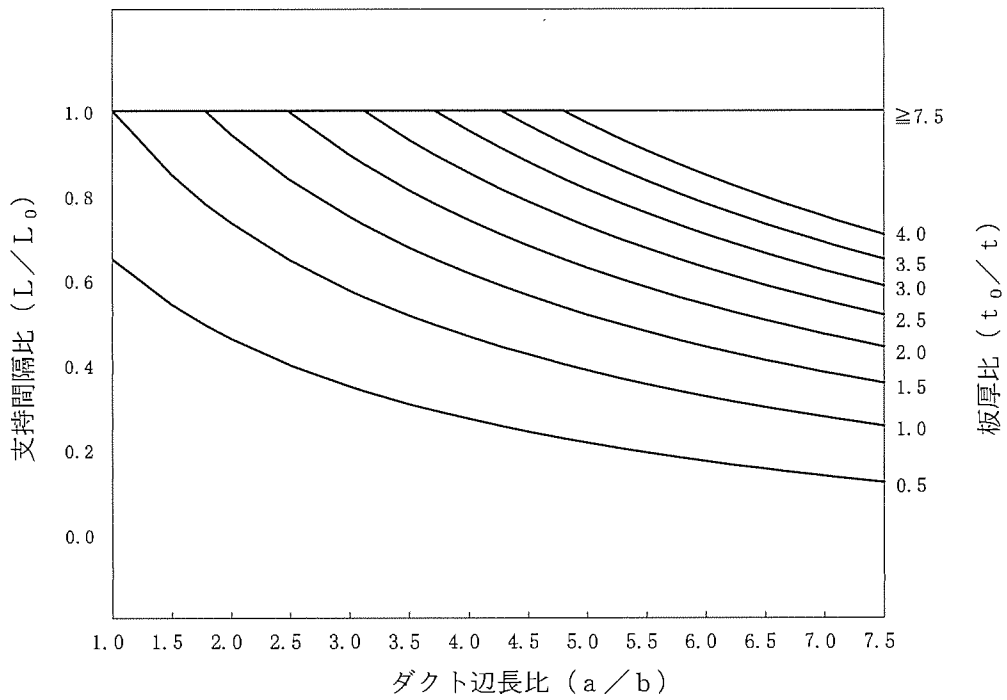


添説設 3-3-4 表 (2/2) ダクトの設計条件 (炭素鋼角ダクト)

番号	ダクト幅×板厚 (mm)	単位長さあたり重量 (kg/m)	
		保温材無	保温材有
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			

添説設 3-3-5 表 ダクトの設計条件 (炭素鋼丸ダクト)

番号	ダクト口径×板厚(mm)	単位長さあたり重量 (kg/m)	
		保温材無	保温材有
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			



添説設 3-3-1 図 矩形断面の角ダクトの支持間隔

添風機 3-3-6 表 第 1 類直管部最大支持間隔 (ステンレス鋼角ダクト)

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
ダクト幅×壁厚(mm)	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比

添設 3-3-7 表 第 1 類直管部役大支持間隔 (ステンレス鋼丸ダクト)

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
ダクト口径×壁厚(mm)	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比

添設図 3-3-8 表 (1/2) 第 1 系直管部最大支持間隔 (原案解角ダクト)

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
ダクト幅×板厚(mm)	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比

添設図 3-3-8 表 (2/2) 第 1 型直管部最大支持間隔 (鉛垂鋼角ダクト)

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
ダクト幅×板厚(mm)	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比

添設 3-3-9 表 第 1 類直管部段大支持間隔 (取巻鋼丸ダクト)

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
ダクト口径×板厚(mm)	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比



添設図 3-3-10 表 第 2 型直管部最大支持間隔 (ステンレス鋼角グケト)

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比
保風材	無		有		無		有		無		有	
グケト幅×板厚(mm)	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比

添設図 3-3-11 表 第2類直管部成丈支持間隔 (ステレス鋼丸ダクト)

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、最上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
保温材	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比
ダクト口径×板厚(mm)												

添付図 3-3-12 表 (1/2) 第 2 種直管部最大支持間隔 (浪速側角ダクト)

建物階層	地階及び1階			中間階			上階階、屋上及び塔屋			
	無	有	有	無	有	有	無	有	有	
ダクト幅×壁厚(mm)	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
保温材 ダクト幅×板厚(mm)	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比

添設設 3-3-13 表 第 2 項直管部最大支持間隔 (放熱脚丸ダクト)

建物階層	階層及び 1 階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
保温材	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比	支持間隔 (mm)	モーメント比
ダクト口径×板厚 (mm)												

添説設 3-3-14 表 ダクトの設計条件 (塩化ビニル角ダクト)

番号	ダクト幅×板厚 (mm)	単位長さあたり重量 (kg/m)	
		保温材無	保温材有
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

添説設 3-3-15 表 ダクトの設計条件 (塩化ビニル丸ダクト)

番号	ダクト口径×板厚(mm)	単位長さあたり重量 (kg/m)	
		保温材無	保温材有
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			

添設表 3-3-16 表 第1種配管部最大支持間隔(塩化ビニル角ダクト) 許容限界 長期: 30 短期: 45 (単位: MPa)

建物階層	地盤及び1階						中間階						上原階、最上及び塔屋					
	無			有			無			有			無			有		
	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)
保溫材																		
ダクト幅×板厚(mm)																		



添設 3-3-17 表 第 1 種直管部最大支材間隔 (塩化ビニル丸ダクト) 許容限界 長期: 30 短期: 45 (単位: MPa)

建物階層	地階及び 1 階						中間階						上階階、屋上及び塔屋						
	無			有			無			有			無			有			
保温材	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	
ダクト口径×板厚(mm)																			

添設設 3-3-18 表 第 2 類直管部最大支持間隔 (短化セニル角ダクト) 許容限界 長期: 30 短期: 15 (単位: MPa)

建物階層	地階及び1階						中間階						上階階、屋上及び塔屋					
	無			有			無			有			無			有		
	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)
ダクト幅×板厚 (mm)																		

添設設 3-3-19 表 第 2 相直管部最大支持間隔 (炭化ビニル系ダクト) 許容限界 長間: 30 短間: 45 (単位: MPa)

建物階層	地階及び1階				中間階				上階階、屋上及び塔屋			
	無		有		無		有		無		有	
保温材	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)
ダクト口径×板厚 (mm)												

添説設 3-3-20 表 ダクトの設計条件 (FRP)

番号	ダクト口径×板厚(mm)	単位長さあたり重量 (kg/m)	
		保温材無	保温材有
1			—
2			—
3			—
4			—
5			—

添減設 3-3-21 表 第 1 種直管部最大支持間隔 (FRP) 許容限界 長期: 36 短期: 54 (単位: MPa)

建物階層	地階及び1階						中間階						上階階、屋上及び塔屋					
	無			有			無			有			無			有		
保温材	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)
タクト口径×壁厚(mm)																		

添説書 3-3-22 表 第 2 項直管部最大支持間隔 (F R P) 許容限界 長期 : 36 短期 : 54 (単位 : MPa)

建物階層	地盤及び 1 階						中間層						上階階、屋上及び塔屋						
	無			有			無			有			無			有			
保溫材	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	支持 間隔 (mm)	応力 (長期) (MPa)	応力 (短期) (MPa)	
ダクト口径×壁厚(mm)																			

#### 6. 曲がり部の支持間隔

曲がり部の支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル、解析条件、解析方法、解析結果及び曲がり部の支持方針については、添付説明書一設 3-2「配管の耐震性に関する説明書」に示す。

#### 7. 集中質量部の支持間隔

集中質量部の支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル、解析条件、解析方法、解析結果及び曲がり部の支持方針については、添付説明書一設 3-2「配管の耐震性に関する説明書」に示す。

#### 8. 分岐部の支持間隔

分岐部の支持間隔を定めるための直管部標準支持間隔との比を求める解析モデル、解析条件、解析方法、解析結果及び曲がり部の支持方針については、添付説明書一設 3-2「配管の耐震性に関する説明書」に示す。

## 9. 個別解析モデルによる支持間隔の設定

前述の6. から8. に示した標準的な要素の支持間隔及びその組合せによってダクトの支持間隔を設定することが困難なダクト要素については、以下に示す方針によりダクト要素のモデル化及び個別解析を行い、支持間隔を設定する。

### 9. 1. 解析モデル

解析モデルは、当該ダクト要素の曲げモーメントが適切に評価できるように隣接するダクト要素の影響を考慮して、多質点系モデルにモデル化する。

### 9. 2. 解析条件及び解析方法

ダクトを多質点系モデル化し、有限要素法により曲げモーメント（自重＋設計用地震力）が許容座屈曲げモーメント以下となるように支持間隔を設定する。

## 10. 支持構造物の設計方針

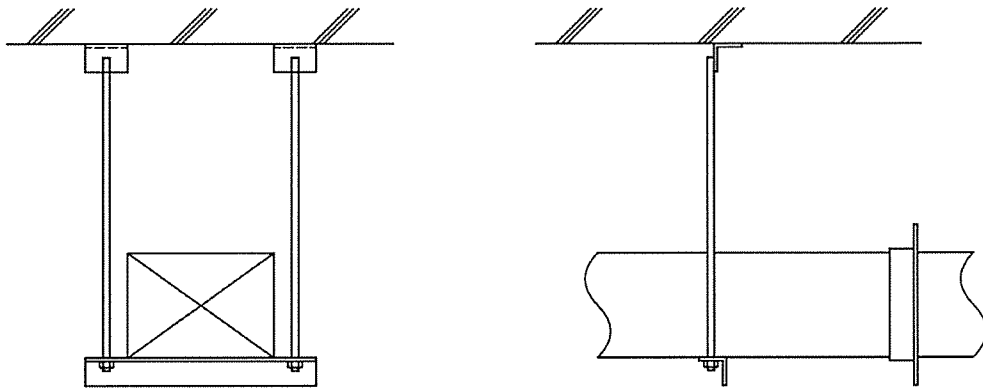
### 10. 1. 支持構造物の構造及び種類

支持構造物の代表例を添説設 3-3-2 図～添説設 3-3-4 図に示す。

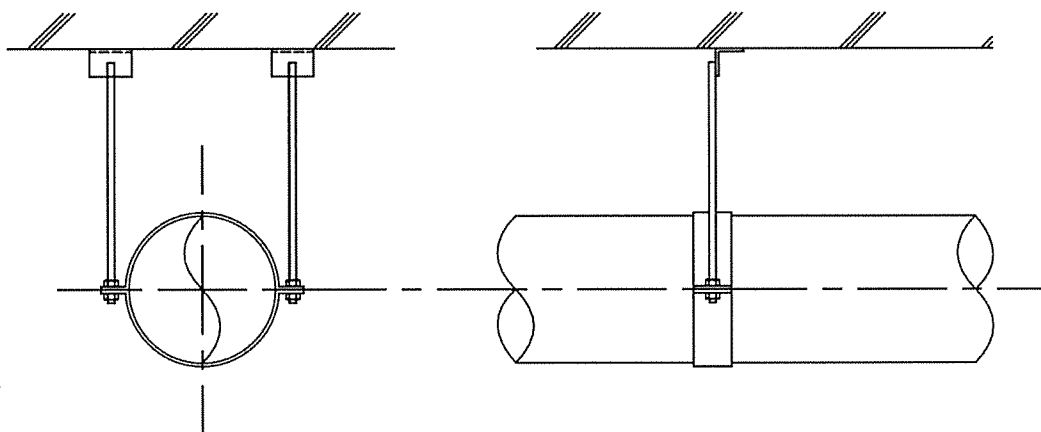
### 10. 2. 設計方針

支持構造物は地震荷重、自重による荷重に対して、支持構造物に生ずる応力が弾性域の許容限界を満足するように支持構造物を適切に選定する。

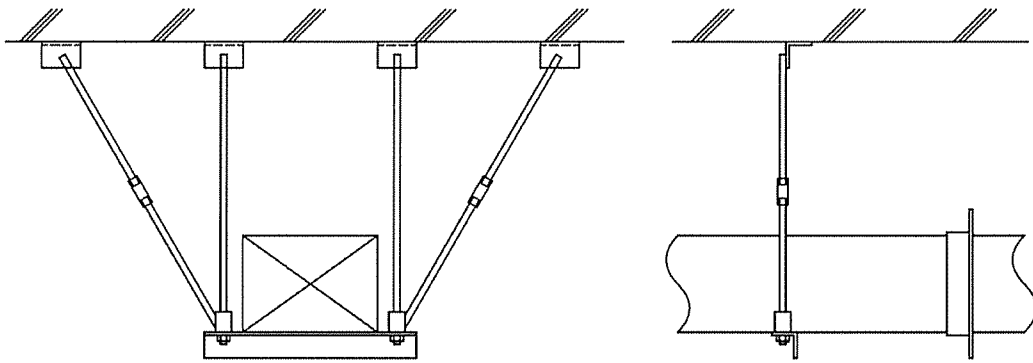




添説設 3-3-2 図 角ダクト自重サポート（ロッド）の例



添説設 3-3-3 図 丸ダクト自重サポート（ロッド）の例



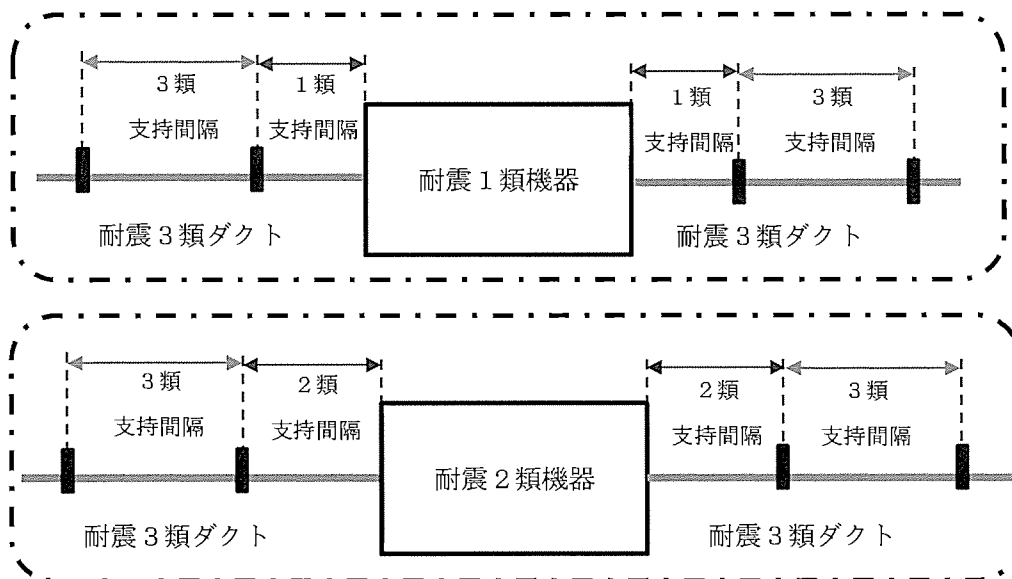
添説設 3-3-4 図 角ダクト水平方向拘束の例

気体廃棄設備の耐震重要度分類の考え方について

1. 波及的影響の考え方

気体廃棄設備において、給排気ダクト・ダンパについては波及的影響を考慮して、耐震重要度分類が上位の機器に接続する箇所から一つ目の支持点までの間隔を、接続する機器の耐震重要度分類と同等として評価・設計をした。

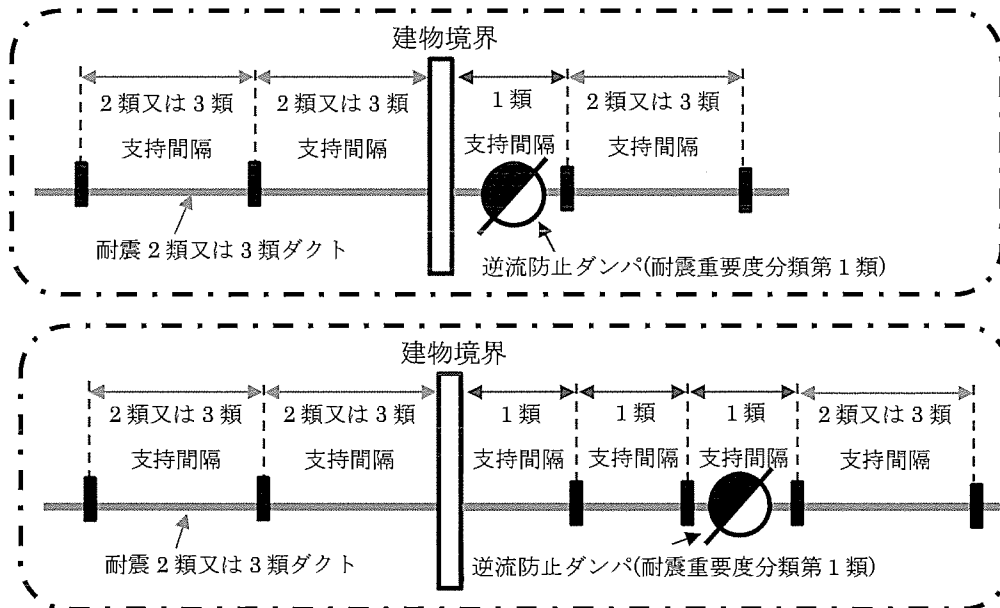
耐震分類が異なる標準支持間隔法の考え方



## 2. 建物境界部分の考え方

気体廃棄設備において、建物及び逆流防止ダンパを接続する給排気ダクト・ダンパについては、建物の耐震重要度分類と同等として評価・設計をした。

### 建物境界部の標準支持間隔法の考え方

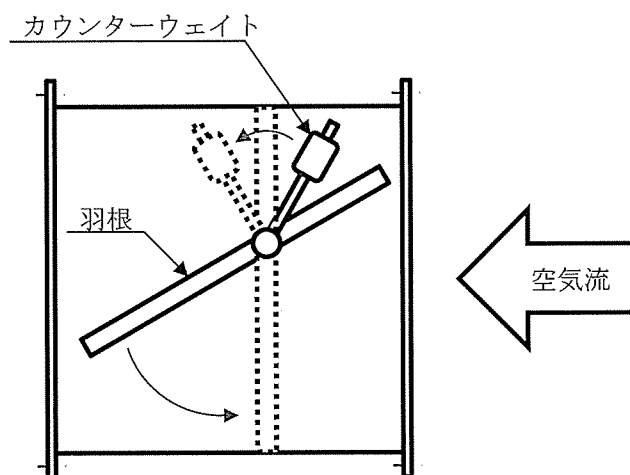


耐震評価におけるダンパ機能の健全性に関する考え方について

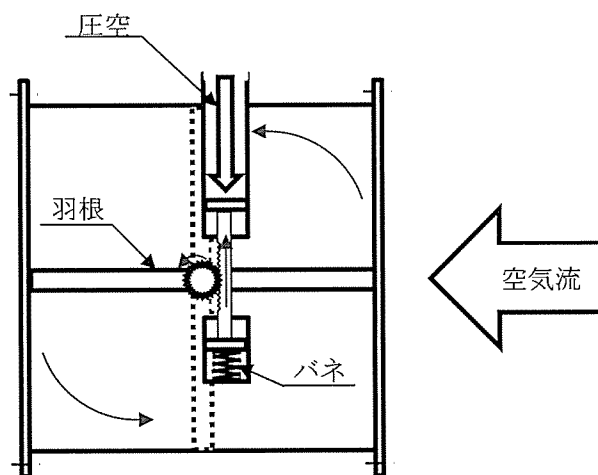
1. ダンパ機能の健全性に関する考え方

気体廃棄設備において、ダクトに接続するダンパ(耐震重要度分類が異なる逆流防止ダンパ及び地震連動ダンパ・切替ダンパを含む)はダクトより剛構造のものを使用するため発生応力が小さくなる。

したがって、ダンパの耐震計算は、質量を付加したダクトの耐震計算により包絡されるため、ダンパ機能(以下の図に示す作動)の健全性に問題はない。



給気・排気逆流防止ダンパ作動原理概略図  
(空気流停止によりカウンターウェイトで自動閉止)



地震連動ダンパ・切替ダンパ作動原理概略図  
(圧空停止によりバネで自動開放・閉止)

設備に対する竜巻防護に関する説明書

## 1. 竜巻防護設計の方針

### 1. 1. 基本方針

「原子力発電所の竜巻影響ガイド」<sup>(1)</sup>（以下「竜巻ガイド」という。）を参考に算出した本加工施設が立地する地域での竜巻規模は、稀に発生する竜巻として年超過確率  $10^{-4}$  に相当する風速は 41m/s であり、藤田スケールの F1 (33~49m/s) にあたる。このため、設計評価用竜巻は藤田スケールの F1 竜巻（風速 49m/s）と設定する。設計評価用竜巻に対し、建物の壁及び屋根は損傷しないため、建物内の設備・機器において風圧力の作用を考慮する必要はなく、設備・機器の防護設計を要しない。

また、更なる安全裕度の向上策確認用の竜巻として、藤田スケールの F3 の最大風速(92m/s)を設定する。この竜巻に対し、一部の建物の壁及び屋根は損傷するため、屋根の損傷を仮定した建物は、屋根の損傷箇所を経由する風の吹き込みに対して、建物内部の床、壁により、設備・機器を防護する設計とするか、設備・機器に直接風圧力が作用する場合は、それら設備・機器（排気ダクトは除く）の固定が失われないことを確認する。

一方、非常用設備の非常用ディーゼル発電機は発電機室の建物の壁及び屋根が損傷しないため、設備・機器の防護設計を要しないが、非常用ディーゼル発電機のラジエータが屋外に設置されることから、F1 竜巻に対して防護設計を行うとともに、F3 竜巻に対して固定が失われないことを確認する。

### 1. 2. 評価対象

更なる安全裕度向上策確認用の F3 竜巻に対し、新規制基準に基づき受けた事業許可より、RC 造及び SRC 造の建物は健全であることから、これらの建物に内包される設備・機器は、建物により竜巻から防護される。

RC 造及び SRC 造以外の建物は、更なる安全裕度向上策確認用の竜巻に対し、屋根のみもしくは屋根と壁の両方が損傷するおそれがあるため、これらの施設の設備・機器については竜巻の影響を考慮する。

また、屋外に設置された設備・機器については、F1 竜巻、F3 竜巻両方に対して、竜巻の影響を考慮する。

転換工場、除染室・分析室は F3 竜巻に対して屋根が損傷するおそれがある。そのため、施設に内包される設備・機器である化学処理施設<sup>1</sup>及び分析設備<sup>2</sup>が影響評価の対象となる。さらに、屋外に設置される非常用ディーゼル発電機のラジエータ及びUF<sub>6</sub>漏えい警報設備のHF検出器（作動端）（屋外）がF1竜巻、F3竜巻に対する影響評価の対象となる。

<sup>1</sup> UF<sub>6</sub>を正圧で取り扱う設備・機器(蒸発器、UF<sub>6</sub>フードボックス、コールドトラップ、コールドトラップ(小)、循環貯槽、堰(循環貯槽))は、F3 竜巻に耐える防護カバー内に設置するため影響評価の対象外となる。

<sup>2</sup> 分析室及び分光分析室では、竜巻警報発報時、夜間休日不在時には分析サンプルをサンプル保管庫にて保護する。この管理については保安規定に規定する。

## 2. 評価手法

### 2. 1. 評価方針

竜巻より設備・機器に作用する設計竜巻荷重に対して評価を実施する。設備と竜巻の位置関係は、竜巻中心から竜巻半径離れた風速が最も大きい位置で評価する。F1 竜巻の最大風速 49m/s、F3 竜巻の最大風速 92m/s より、竜巻の特性を竜巻ガイド<sup>(1)</sup>に従い以下のとおりとする。

#### <F1 竜巻>

$V_{Rm} = 42\text{m/s}$  : 最大接線風速

$V_T = 7\text{m/s}$  : 移動速度

$R_{Rm} = 30\text{m}$  : 最大接線風速半径

#### <F3 竜巻>

$V_{Rm} = 78\text{m/s}$  : 最大接線風速

$V_T = 14\text{m/s}$  : 移動速度

$R_{Rm} = 30\text{m}$  : 最大接線風速半径



## 2. 2. 評価用荷重

### (a) 常時作用する荷重

常時作用する荷重としては、持続的に生じる荷重である、自重及び上載荷重を考慮する。

### (b) 設計竜巻荷重

風速場のモデルは、屋根のみが損傷するおそれのある建物内でも、安全側に壁がないものとしてフジタモデルを用い、また、風圧力は飛来物と同じ手法で求めた飛行定数を用いて評価した揚力及び抗力を考慮する。風圧力評価は、飛来物評価手法 (TONBOS コード)<sup>(2)</sup>と同じ考えで評価することとする。

#### (1) 物体に作用する荷重

風圧力を受ける物体の運動方程式としては

$$\frac{d\mathbf{V}_M}{dt} = \frac{\rho C_D A}{2m} |\mathbf{V}_W - \mathbf{V}_M| (\mathbf{V}_W - \mathbf{V}_M) - (g - L)\mathbf{k} \quad (1)$$

ここで、

$\mathbf{V}_M$  : 物体の速度ベクトル

$\mathbf{V}_W$  : 風速ベクトル

$t$  : 時間

$\rho$  : 空気密度

$C_D$  : 抗力係数

$A$  : 物体代表面積

$m$  : 質量

$g$  : 重力加速度

$L$  : 揚力加速度

$\mathbf{k}$  : 鉛直上向き単位ベクトル

$\frac{C_D A}{m}$  : 飛行定数

ここで、設備は運動せず固定されているため、 $\mathbf{V}_M = \mathbf{0}$  であることから、設備への荷重（加速度）はベクトルの成分ごとに記述すると次のようになる。

$$\alpha_1 = \frac{C_D A \rho}{m} \frac{\rho}{2} \sqrt{\mathbf{V}_{W1}^2 + \mathbf{V}_{W2}^2 + \mathbf{V}_{W3}^2} \cdot \mathbf{V}_{W1} \quad (2)$$

$$\alpha_2 = \frac{C_D A \rho}{m} \frac{\rho}{2} \sqrt{\mathbf{V}_{W1}^2 + \mathbf{V}_{W2}^2 + \mathbf{V}_{W3}^2} \cdot \mathbf{V}_{W2} \quad (3)$$

$$\alpha_3 = \frac{C_D A \rho}{m} \frac{\rho}{2} \sqrt{\mathbf{V}_{W1}^2 + \mathbf{V}_{W2}^2 + \mathbf{V}_{W3}^2} \cdot \mathbf{V}_{W3} - (g - L) \quad (4)$$

（添え字の 1, 2, 3 はそれぞれ x 方向、y 方向、z 方向を示す。）

ここで、荷重方向を水平方向と軸方向に集約する。x 方向と y 方向を合成して水平方向とすると、

$$\alpha_h = \frac{C_D A \rho}{m} \frac{\rho}{2} \mathbf{V}_t \cdot \mathbf{V}_h$$

$$\text{変形して、 } F_h = \alpha_h m = C_D A \frac{\rho}{2} \mathbf{V}_t \cdot \mathbf{V}_h \quad (5)$$

軸方向については、

$$\alpha_z = \frac{C_D A \rho}{m} \frac{\rho}{2} \mathbf{V}_t \cdot \mathbf{V}_z - (g - L)$$

$$\text{変形して、 } F_z = \alpha_z m = C_D A \frac{\rho}{2} \mathbf{V}_t \cdot \mathbf{V}_z - (g - L)m \quad (6)$$

ここで、

$\alpha_h$  : 設備水平方向加速度

$F_z$  : 設備軸方向荷重

$$V_t = \sqrt{V_{W1}^2 + V_{W2}^2 + V_{W3}^2} = \sqrt{V_h^2 + V_z^2} \quad : \text{風速の大きさ}$$

$$V_h = \sqrt{V_{W1}^2 + V_{W2}^2} \quad : \text{水平方向風速}$$

$V_z$  : 軸方向風速

以上のとおり、竜巻の風圧力により設備水平方向荷重  $F_h$ 、設備軸方向荷重  $F_z$  が生じる。

(2) 物体に作用する揚力

揚力のモデルとしては、飛来物の揚力係数を抗力係数で代用した以下の式で評価する。

$$L = \frac{\rho C_{DA}}{2m} \{(V_{W1} - V_{M1})^2 + (V_{W2} - V_{M2})^2\} \cdot f\left(\frac{Z}{d}\right) = \frac{C_{DA}\rho}{m} \frac{\rho}{2} V_h^2 \cdot f\left(\frac{Z}{d}\right) \quad (7)$$

$$f\left(\frac{Z}{d}\right) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{Z}{3d}\right) & (Z < 3d) \\ 1 + \left(\frac{Z}{d}\right) & (Z \geq 3d) \\ 0 & (Z \geq 3d) \end{cases} \quad (8)$$

ここで、

$$Z = z - \frac{d}{2}$$

$d$  : 物体高さ

$z$  : 軸方向の位置

(3) 飛行定数の算出方法

飛来物評価上の飛行定数は参考文献<sup>(3)(4)</sup>の評価手法に準じて、以下の式で評価する。

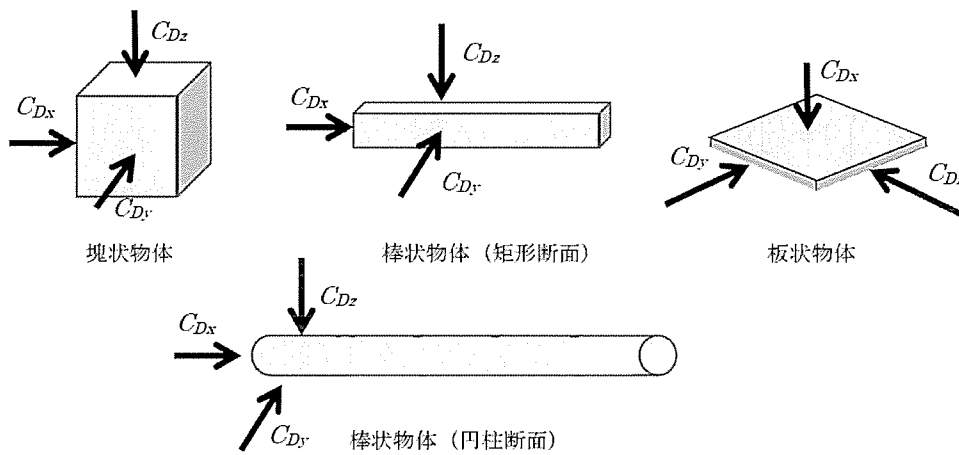
$$\frac{C_D A}{m} = \frac{c(C_{Dx} \cdot A_x + C_{Dy} \cdot A_y + C_{Dz} \cdot A_z)}{m} \quad (9)$$

ここで、

$$c = 0.33$$

$A_x, A_y, A_z$  : それぞれ添説設 4-2-1 図に示す  $C_{Dx}, C_{Dy}, C_{Dz}$  に対する面の面積  
(開口がある場合は、必要に応じて面積から開口部面積を除く。)

物体形状	$C_{Dx}$	$C_{Dy}$	$C_{Dz}$
塊状物体	2.0	2.0	2.0
板状物体			
棒状物体 (矩形断面)	2.0	1.2	1.2
棒状物体 (円形断面)	2.0	0.7	0.7



添説設 4-2-1 図 飛行定数算出パラメータ

### 2. 3. 許容限界

設計評価用の F1 竜巻の風圧力による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、弾性範囲にとどまることを許容限界とする。このため、耐力を許容限界とする。耐力は、添付説明書一設 3-1-付 1 の短期条件での許容限界となる。

更なる安全裕度向上策確認用の水平方向の設計竜巻荷重に対する評価では、設備・機器を固定しているアンカーボルトが部分的に塑性変形したとしても設備・機器の固定が失われないことを確保するため、許容限界としてアンカーボルト部材の引張強さを元に設定する。一方、軸方向の設計竜巻荷重に対しても、同様に設備・機器が固定されていればよいが、軸荷重に対しては、アンカーボルト部材の引張強さによる許容引張荷重よりも、アンカーボルトの許容引抜荷重の方が小さいため、アンカーボルトの許容引抜荷重を許容限界として設定する（添付説明書一設 4-付 1 参照）。

### 2. 4. 評価の方法

#### 2. 4. 1. 水平方向荷重に対する評価

最初に 2. 2 項に示す手法にて水平方向の設計竜巻荷重を算出する。設計竜巻荷重を算出するための飛行定数は、対象とする設備・機器の外形状の面積、質量より設定する。

水平方向の設計竜巻荷重により設備・機器を固定しているアンカーボルトに発生する応力を「横方向の設計竜巻荷重/アンカーボルトの総断面積」により求め、それが許容値以下であることを確認する。

なお、耐震計算では、耐震重要度分類に応じた入力荷重に対する発生応力を算出し、耐震計算での許容限界以下であることを確認している。よって、設計竜巻荷重が地震時の荷重より小さい場合、設計竜巻荷重による発生応力は耐震計算結果に含まれるため、発生応力を評価することなく、耐風圧設計であることを確認できる。

#### 2. 4. 2. 軸方向荷重に対する評価

2. 2 項に示す手法にて、軸方向の設計竜巻荷重を算出する。軸方向の設計竜巻荷重によりアンカーボルトに生じる引抜荷重は、「軸方向の竜巻荷重 - (自重 + 上載荷重)」となることから、これによるアンカーボルトに発生する引抜荷重が許容値以下であることを確認する。（許容値については、添付説明書一設 4-付 1 参照）。

### 3. 評価結果のまとめ

1.2 項に示した対象設備に対して、2.4 項の水平方向及び軸方向の内、検定比が大きくなる評価結果を添説設 4-3-1 表～添説設 4-3-5 表に示す。いずれの設備も許容限界<sup>3</sup>を満足しており、竜巻による設計竜巻荷重に対して設備・機器の固定が失われないことを確認した<sup>4</sup>。なお、分析設備である、ICP 質量分析装置、ICP 発光分光分析装置、自動水分分析装置、炭素・硫黄同時分析装置、比表面積測定装置、嵩密度測定装置では、架台に設置した拘束金具により設置架台と装置本体水平方向の移動を拘束しているが、軸方向は固定していない。ただし、事業許可（添五-232 ページ）に示した飛来物評価手法（TONBOS コード）<sup>(2)</sup>と同じ考えで当該装置の F3 竜巻時の飛来高さを評価すると、2mm 以下とわずかであり固定治具の高さより十分小さいため、F3 竜巻により飛散することはない<sup>5</sup>。

また、配管が F 3 竜巻荷重に耐えるよう標準支持間隔を設定する必要があるが、F 3 竜巻荷重による最大発生応力の許容限界に対する裕度は、地震荷重による裕度よりも大きい<sup>6</sup>。従って、地震荷重に対して標準支持間隔を設定しておけば、F 3 竜巻に耐えることができる。

添説設 4-3-1 表 竜巻荷重に対するアンカーボルトの評価結果(非常用設備)

名称	部位名称	竜巻荷重 [kN]		評価結果			許容限界 <sup>3</sup>
		軸方向 [kN]	水平方向 [kN]	竜巻荷重 方向	検定比 <sup>4</sup> [-]	判定	
非常用ディーゼル発電機(ラジエータ)[F1竜巻]	ラジエータ					合格	
非常用ディーゼル発電機(ラジエータ)[F3竜巻]	ラジエータ					合格	

- <sup>3</sup> 検定比を算出する際に使用した許容限界を記載している。
- <sup>4</sup> 検定比は発生応力（荷重）を許容限界で除して小数点第 3 位以下を切上げた値とする。検定比算出に用いた発生応力は小数点以下を切り上げた値、許容限界は規格値もしくは規格値より算出して小数点以下を切り捨てた値とする。
- <sup>5</sup> 当該設備の 2.4.2 項に示した軸方向荷重による評価では、下向きの荷重として装置本体の荷重は考慮しない。
- <sup>6</sup>  配管 ()、スパン長 6 m、地震加速度 1 G の場合  
 F 3 竜巻荷重による最大発生応力は  [N/mm<sup>2</sup>]、許容限界は  N/mm<sup>2</sup> (引張強さ)。地震荷重による最大発生応力は  [N/mm<sup>2</sup>]、許容限界は  N/mm<sup>2</sup> (耐力)。

添説設 4-3-2 表 竜巻荷重に対するアンカーボルトの評価結果(化学処理施設)

名称	部位名称	竜巻荷重 [kN]		評価結果		許容限界 <sup>3</sup>	
		軸方向 [kN]	水平方向 [kN]	竜巻荷重方向	検定比 <sup>4</sup> [-]		判定
UF <sub>6</sub> 防護カバー	蒸発器用防護カバー					合格	
UF <sub>6</sub> 防護カバー	フードボックス用防護カバー					合格	
UF <sub>6</sub> 防護カバー	UF <sub>6</sub> 配管用防護カバー					合格	
熱交換器 (循環貯槽)	熱交換器					合格	
UO <sub>2</sub> ブロータンク	UO <sub>2</sub> ブロータンク					合格	
UO <sub>2</sub> ブロータンク	UO <sub>2</sub> ブロータンク架台					合格	
UO <sub>2</sub> フィルタ	UO <sub>2</sub> フィルタ					合格	
UO <sub>2</sub> フィルタ	フードボックス (UO <sub>2</sub> フィルタ)					合格	
UO <sub>2</sub> フィルタ	UO <sub>2</sub> フィルタ架台					合格	
UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ	UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ					合格	
UO <sub>2</sub> 受ホッパ	UO <sub>2</sub> 受ホッパ					合格	
粉砕機	フードボックス (粉砕機)					合格	
充填装置	充填設備共通架台					合格	
充填装置	充填装置					合格	
充填装置	フードボックス (充填装置)					合格	
充填装置	充填装置架台					合格	

添説設 4-3-3 表 竜巻荷重に対するアンカーボルトの評価結果(分析設備)

名称	部位名称	竜巻荷重 [kN]		評価結果		許容限界 <sup>3</sup>	
		軸方向 [kN]	水平方向 [kN]	竜巻荷重方向	検定比 <sup>4</sup> [-]		判定
不純物分析設備(廃水タンク)	廃水タンク					合格	
物性測定設備(サンプル保管庫)	サンプル保管庫					合格	
不純物分析設備付帯設備	試料回収ボックス					合格	
同位体分析設備	表面電離型質量分析装置 (1)					合格	
同位体分析設備	表面電離型質量分析装置 (2)					合格	
不純物分析設備	固体発光分光分析装置					合格	
不純物分析設備	ICP質量分析装置					合格	
不純物分析設備	ICP発光分光分析装置					合格	
不純物分析設備	自動水分分析装置					合格	
不純物分析設備	炭素・直黄同時分析装置					合格	
不純物分析設備	自動ハロゲン分析装置					合格	
不純物分析設備	α線スペクトル分析装置					合格	
物性測定設備	比表面積測定装置					合格	
物性測定設備	高密度測定装置					合格	
物性測定設備	平均粒径測定装置					合格	
不純物分析設備	自動ハロゲン分析装置(本体)					合格	
物性測定設備	平均粒径測定装置(本体)					合格	

添説設 4-3-4 表 竜巻荷重に対するアンカーボルトの評価結果(気体廃棄設備)

名称	部位名称	竜巻荷重 [kN]		評価結果		許容限界 <sup>3</sup>	
		軸方向 [kN]	水平方向 [kN]	竜巻荷重方向	検定比 <sup>4</sup> [-]		判定
スクラバ	スクラバ					合格	
スクラバ	スクラバ架台(1)					合格	
スクラバ	スクラバ架台(2)					合格	

添説設 4-3-5 表 竜巻荷重に対するアンカーボルトの評価結果(インターロック・警報)

名称	部位名称	竜巻荷重 [kN]		評価結果		許容限界 <sup>3</sup>	
		軸方向 [kN]	水平方向 [kN]	竜巻荷重方向	検定比 <sup>4</sup> [-]		判定
地震インターロック	地震計					合格	
地震インターロック	制御盤					合格	
UF <sub>6</sub> 漏えい警報設備	HF検出器 (検出室、作動室) (屋内)					合格	
UF <sub>6</sub> 漏えい警報設備	HF検出器 (作動室) (屋外) (F1)					合格	
UF <sub>6</sub> 漏えい警報設備	HF検出器 (作動室) (屋外) (F3)					合格	

#### 4. 参考文献

- (1) 原子力規制委員会 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド 平成 25 年 6 月
- (2) 電力中央研究所報告 竜巻による物体の浮上・飛来解析コード TONBOS の開発 研究報告：N14002 平成 26 年 6 月
- (3) 東京工芸大学 平成 21～22 年度原子力安全基盤調査研究（平成 22 年度）竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究 平成 23 年 2 月
- (4) 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会 軽水型原子力発電所の竜巻影響評価における設計竜巻風速および飛来物速度の設定に関するガイドライン 平成 27 年 1 月



竜巻設計で使用する許容限界の設定

1. 竜巻設計で使用する許容限界の設定

竜巻設計で使用する許容限界は、建築設備耐震設計・施工指針 2014年版（日本建築センター）及び鋼構造設計規準 ― 許容応力度設計法 ―（日本建築学会）、JSME S NJ1-2012（日本機械学会）にもとづき設定する。

2. 据付ボルトの許容限界

水平方向及び軸方向の竜巻設計荷重に対するアンカーボルトの評価結果に対する許容限界を添説設 4-1 表及び添説設 4-2 表にそれぞれ示す。

添説設4-1表 水平方向竜巻設計荷重に対するアンカーボルトの許容限界

材料	種類	許容限界	参照
	せん断応力度		鋼構造設計規準、 建築設備耐震設計・施工指針
	せん断応力度		JSME S NJ1-2012、鋼構造設計規準、 建築設備耐震設計・施工指針

添説設 4-2 表 軸方向竜巻設計荷重に対するアンカーボルトの許容限界（許容引抜荷重）

材料	径	許容限界	参照
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針
			建築設備耐震設計・施工指針

設備の溢水による損傷の防止に関する説明書

## 1. 概要

本資料は、「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第十一条及び「加工施設の技術基準に関する規則」第十二条にて適合することが要求されている事項に対し、安全機能を有する施設が加工施設内における溢水の発生によりその安全機能を損なう恐れがある場合に、防護処置その他の適切な処置を講じることを説明するものである。

## 2. 溢水等による損傷防止の基本方針

事業許可基準規則第十一条（溢水による損傷の防止）に基づき、加工施設内部で溢水の発生を想定しても、加工施設の閉じ込め、臨界防止の安全機能を損なわないようにするとともに、溢水による火災の発生を防止するため、以下の設計とする。

### ① 閉じ込めの観点

- ・第1種管理区域の境界から外部へ溢水が流入出しない設計とする。なお、第2種管理区域では、密封したウランを取り扱うため汚染がないことから、第2種管理区域からの溢水の漏えい防止に関しては考慮しない。
- ・建物内の負圧を維持するため、被水又は没水により放射性廃棄物の廃棄施設（気体廃棄設備）の機能を喪失しない設計とする。

### ② 臨界防止の観点

- ・ウランを内包する設備・機器が、被水又は没水によって臨界とならない設計とする。

### ③ 火災の発生防止の観点

- ・被水又は没水による設備・機器における電気火災の発生を防止する設計とする。

### ④ 全般

- ・溢水源となる配管は、耐震重要度分類第1類に求められる地震力を超えない程度の地震加速度（150ガル=0.15G）を検知した時点で、送液を停止する設計とする。

### 3. 対象設備

対象設備は、工場棟転換工場に設置する化学処理施設、放射性廃棄物の廃棄施設、核燃料物質の貯蔵施設及びその他の加工施設、付属建物 発電機室に設置するその他の加工施設並びに付属建物 除染室・分析室に設置するその他の加工施設、付属建物 原料貯蔵所に設置する核燃料物質の貯蔵施設を対象とする。対象となる機器は添付説明書一設1付録1に示す。

なお、付属建物 廃棄物管理棟に設置する放射性廃棄物の廃棄施設（ドラム缶ウラン量測定装置）は、臨界管理対象外で溢水防護区画外に設置する設備のため、溢水評価対象外とする。

#### 4. 適合性の説明

本章に該当する適合性の対象は、以下となる

- ・加工施設の技術基準に関する規則第十二条

(加工施設内における溢水による損傷の防止)

第十二条 安全機能を有する施設は、加工施設内における溢水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

#### ◆ 事業許可の内容 (2-11、2-12、11-1～11-21)

3章で示した設備を対象とすることから、事業許可の内容のうち該当する以下の項目を適合性説明の対象とする。

##### 【化学処理施設、貯蔵施設、その他の加工施設の溢水による損傷防止 (4.1章)】

- ・ 核的制限値を設定する設備・機器は没水しない設計 (2-11)
- ・ 減速度で管理する設備・機器は消火水等が浸入しない対策 (2-12)
- ・ 被水又は没水によって臨界とならない設計 (11-4)
- ・ 被水又は没水による電気火災の発生を防止する設計 (11-5)
- ・ 被水による電気火災の発生を防止するため、被水防止カバー、又は配線用遮断器を設置する設計 (11-9)
- ・ ウランへの水の浸入を考慮した最適減速度状態を想定した設計と、水の侵入を想定しない減速度を管理する設計 (11-11)
- ・ ウランが被水しないような設計、及び没水による水の浸入を防止する設計 (11-12)
- ・ 制御盤には配線用遮断器を設置する設計 (11-16)

##### 【廃棄施設 (気体廃棄設備(1)) の溢水による損傷防止 (4.2章)】

- ・ 被水又は没水による電気火災の発生を防止する設計 (11-5)
- ・ 被水による電気火災の発生を防止するため、被水防止カバー、又は配線用遮断器を設置する設計 (11-9)
- ・ 制御盤には配線用遮断器を設置する設計 (11-16)

##### 【非常用ディーゼル発電機の溢水による損傷防止 (4.3章)】

- ・ 被水又は没水による電気火災の発生を防止する設計 (11-5)
- ・ 被水による電気火災の発生を防止するため、被水防止カバー、又は配線用遮断器を設置する設計 (11-9)
- ・ 制御盤には配線用遮断器を設置する設計 (11-16)

#### 4. 1. 化学処理施設、貯蔵施設、その他の加工施設の溢水による損傷防止

##### 4. 1-1 臨界の防止

溢水防護対象設備・機器の臨界防止に係わる設計について説明する。各設計番号に対応する設備の溢水防護区画、通常ウランが存在する最低部の高さ、臨界防止の処置方法を添説設 5-4. 1-1 表に示す。なお、各設備の堰については、溶液漏えい時の拡大防止設備のため、溢水による臨界防護対象外とする。

溢水防護区画、臨界評価用区域の設定及びその溢水水位の評価結果については、第 2 回設工認申請書（三原燃 第 18-0268 号）、第 4 回設工認申請書（三原燃 第 18-1174 号）の添付説明書-建 6 の II. 各建物の溢水設計に示す。なお、付帯設備室（溢水防護区画番号 2）に設置する冷媒用タンク及び配管は、転換工場チェックタンク室（溢水防護区画番号 2）の溢水評価に含む。また、冷媒は付帯設備室と原料倉庫（溢水防護区画番号 1）間を循環するが、原料倉庫内の冷媒配管は耐震 1 類とすることで、冷媒は原料倉庫内での溢水量には含んでいない。

なお、防護カバー及び作業床の外周部にコーキングを行うことで、原料倉庫内で発生した溢水の地下ピットへの流入や、防護カバー内床面に設置する HF 検出器、漏水検知器への溢水の影響を低減している。

核的制限値を設定する設備・機器は、内部溢水に対し没水しない設計とする。(2-11)

臨界防止の観点から、核燃料物質を内包する設備・機器が、被水又は没水によって臨界とならない設計とする。(11-4)

➤ ①[12.1-設1]

形状寸法を管理する設備・機器である加水分解装置、循環貯槽、UO<sub>2</sub>ブロータンクなどは、水の浸入を考慮し、最適減速度状態を想定した形状寸法を管理することで、被水又は没水による臨界の恐れがない設計とする。(11-4)

➤ ②[12.1-設2]

転換工場の分光分析室及び付属建物除染室・分析室の分析室は、水の浸入を考慮し、最適減速度状態を想定したウラン質量を部屋全体で合算管理することで、被水又は没水による臨界の恐れがない設計とする。(11-4)

➤ ③[12.1-設3]

核的制限値を設定する設備・機器は、内部溢水に対し没水しないようにウランが存在する部位を防護区画内で想定される溢水水位より高く設置するか、ウランが存在する部位への水の浸入がないよう容器やケーシング等で覆う設計とする。(2-11)(11-4)

上記設計番号の対象設備は、添説設 5-4.1-1 表の臨界防止の処置方法に示す①、②、③に対応する。なお、減速度で管理する設備・機器は、後述する臨界防止処置を講じることにより、被水又は没水による臨界の恐れはない。



減速度で管理する設備・機器については、火災時の消火水等が浸入しない対策を講じる。  
(2-12)

ウランの減速度管理を適用する設備・機器は、ウランが被水しないよう設備・機器内（フードボックス、容器を含む）で取り扱う設計とし、没水による水の浸入を防止するため、空気取入れ口等の開口を水位より高くする設計とする。(11-12)

➤ ④[12. 1-設 5]

ウランの減速度管理を適用する蒸発器、コールドトラップ、コールドトラップ（小）、UO<sub>2</sub>バックアップフィルタ、UF<sub>6</sub>シリンダは、ウランが被水しないように、設備・機器内（フードボックス、容器を含む）で取り扱う設計とする。(2-12)(11-12)

上記設計番号の対象設備は、添説設 5-4. 1-1 表の臨界防止の処置方法に示す④に対応する。  
なお、申請対象設備で空気取入れ口等の開口を有する減速度管理を適用する設備はない。

ウランを内包する設備・機器は、形状寸法又は質量を管理する設計でウランに水の浸入を考慮し最適減速状態を想定した設計とするか、ウランに水の浸入を想定しないウランの減速度を管理する設計とする。(11-11)

添付説明書一設 1 の[4. 1-設 1]に示す。

添説設 5-4.1-1 表 溢水による防護対象設備・機器及び臨界防止処置方法

設置場所	溢水防護区画番号	防護対象機器名	通常ウラン存在部高さ	臨界防止処置方法
工場棟転換工場 原料倉庫	1 溢水による水位 (100mm) *1	蒸発器(1)-A、(1)-B、(2)-A、(2)-B		③*2④
		UF <sub>6</sub> シリンダ		③*2④
		コールドトラップ(1)、(2)		③④
		コールドトラップ(小)(1)、(2)		③④
		循環貯槽(1)、(2)		①③
工場棟転換工場 転換加工室	2 溢水による水位 (160mm) *1	熱交換器(循環貯槽)(1)、(2)		①③
		UO <sub>2</sub> ブロータンク(1)、(2)		①③*2
		UO <sub>2</sub> フィルタ(1)、(2)		①③
		UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ(1)、(2)		③④
		UO <sub>2</sub> 受けホッパ(1)、(2)		①③
		粉碎機(1)、(2)		①③
		充填装置(1)、(2)		①③
工場棟転換工場 分光分析室		同位体分析設備		②③
		不純物分析設備 (廃水タンクを除く)		②③
付属建物 除染室・分析室		物性測定設備		②③
		試料回収ボックス		②③

\*1：溢水防護区画及び溢水水位の設定については4次申請の添付説明書-建6を参照。

\*2：ウランが存在する部位への水の浸入がないよう容器やケーシング等で覆う構造。

\*3：UF<sub>6</sub>防護カバー及びUF<sub>6</sub>フードボックス内に設置することで溢水の影響がない設備・機器。

\*4：複数設備のウラン存在部の最低高さ。

#### 4. 1-2 火災の防止

溢水防護対象設備・機器の溢水による電気火災防止に係わる設計について説明する。下記の設計に対応する設備の設置場所、溢水防護区画及び電気火災防止方法を添説設 5-4. 1-2 表に示す。

被水又は没水による設備・機器における電気火災の発生を防止する設計とする。(11-5)

被水による設備・機器の電気火災の発生を防止するため、配線用遮断器を設置する。  
被水による設備・機器における電気火災の発生を防止するため、被水防止カバーを設置するか、配線用遮断器を設置する設計とする。(11-9)

使用電圧が高い幹線動力用ケーブルに接続する制御盤の設備高さについては、設備高さを没水許容高さより高くする設計とし、それ以外の制御盤は配線用遮断器を設置する設計とする。(11-16)

溢水防護区画に設置する電気を使用する設備・機器は、被水又は没水による電気火災の発生を防止するため、以下の設計としている。

##### ➤ ⑤[12. 1-設 7]

水配管等の破断や消火水による被水及び没水が原因による、電気系統を有する設備・機器の短絡火災の発生を防止するため、溢水防護区画に設置する設備・機器の動作制御に使用する制御盤又は分電盤に、電気系統に異常な過電流が流れたときに電路を開放し電源供給を遮断する配線用遮断器を設置する。(11-5) (11-9) (11-16)

添説設 5-4. 1-2 表 溢水による電気火災防止対象設備・機器及び防止方法

設置場所	溢水防護 区画番号	電気火災防止対象機器名 (機器のインターロック及び警報設備を含む)		電気火災 防止方法	
工場棟転換工場 原料倉庫	1 溢水に よる水位 (100mm) *	蒸発器(1)-A、(1)-B、(2)-A、(2)-B		⑤	
		UF <sub>6</sub> フードボックス		⑤	
		UF <sub>6</sub> 防護カバー		⑤	
		コールドトラップ(1)、(2)		⑤	
		コールドトラップ(小)(1)、(2)		⑤	
		循環貯槽(1)、(2)		⑤	
		堰(循環貯槽)		⑤	
工場棟転換工場 転換加工室	2 溢水に よる水位 (160mm) *	粉砕機(1)、(2)		⑤	
		充填装置(1)、(2)		⑤	
工場棟転換工場 分光分析室		同位体分析設備	表面電離型質量分析装置(1)、(2)		⑤
			不純物分析設備	固体発光分光分析装置	
ICP 質量分析装置		⑤			
ICP 発光分光分析装置		⑤			
自動水素分析装置		⑤			
炭素・硫黄同時分析装置		⑤			
自動ハロゲン分析装置		⑤			
α線スペクトル分析装置		⑤			
付属建物 除染室・分析室 分析室	物性測定設備	廃水タンク		⑤	
		比表面積測定装置		⑤	
		嵩密度測定装置		⑤	
		平均粒径測定装置		⑤	

\* 溢水防護区画及び溢水水位の設定については4次申請の添付説明書-建6を参照

#### 4. 2 廃棄施設（気体廃棄設備(1)）の溢水による損傷防止

気体廃棄設備(1)を対象に、溢水による電気火災防止に対する設計について説明する。

被水又は没水による設備・機器における電気火災の発生を防止する設計とする。(11-5)

被水による設備・機器の電気火災の発生を防止するため、配線用遮断器を設置する。  
被水による設備・機器における電気火災の発生を防止するため、被水防止カバーを設置するか、配線用遮断器を設置する設計とする。(11-9)

使用電圧が高い幹線動力用ケーブルに接続する制御盤の設備高さについては、設備高さを没水許容高さより高くする設計とし、それ以外の制御盤は配線用遮断器を設置する設計とする。(11-16)

電気を使用して動作制御している気体廃棄設備(1)のスクラバは、被水又は没水による電気火災の発生を防止するため、以下の設計としている。

##### ➤ [12.1-設7]

溢水防護区画に設置する気体廃棄設備(1)スクラバの動作制御に使用する制御盤又は分電盤には、水配管等の破断や消火水による被水及び没水が原因による短絡火災の発生を防止するため、電気系統に異常な過電流が流れたときに電路を開放し電源供給を遮断する配線用遮断器を設置する。(11-5)(11-9)(11-16)

#### 4. 3 非常用ディーゼル発電機の溢水による損傷防止

非常用ディーゼル発電機を対象に、溢水による電気火災防止に対する設計について説明する。

被水又は没水による設備・機器における電気火災の発生を防止する設計とする。(11-5)

被水による設備・機器の電気火災の発生を防止するため、配線用遮断器を設置する。  
被水による設備・機器における電気火災の発生を防止するため、被水防止カバーを設置するか、配線用遮断器を設置する設計とする。(11-9)

使用電圧が高い幹線動力用ケーブルに接続する制御盤の設備高さについては、設備高さを没水許容高さより高くする設計とし、それ以外の制御盤は配線用遮断器を設置する設計とする。(11-16)

非常用ディーゼル発電機は、屋外（管理区域外）の発電機室に設置されており、溢水防護区画対象外である。非常用ディーゼル発電機の冷却水が漏えいした場合も、建物構造的に閉じ込め機能を持たないため、発電機室内で水が滞留しないことから溢水によって没水することはない。

被水による非常用ディーゼル発電機における電気火災の発生を防止するため、以下の設計としている。

##### ➤ [12.1-設7]

非常用ディーゼル発電機の制御盤には、水配管等の破断や消火水による被水が原因による、電気系統を有する設備・機器の短絡火災の発生を防止するため、電気系統に異常な過電流が流れたときに電路を開放し電源供給を遮断する配線用遮断器を設置する。(11-5)(11-9)(11-16)

設備の閉じ込め機能及び廃棄施設に関する説明書