

## 1.6. 設計用荷重

### (1) 荷重諸元

建築基準法施行令第 83 条に従い設定する。

なお、各荷重の後の符号は建築基準法施行令第 82 条に従っている。

#### 1) 固定荷重(G)

柱、梁、床、屋根、壁、その他建物部材の自重とする。

鉄筋コンクリート部材の場合には、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 表 7.1」により単位体積重量を  $24\text{kN/m}^3$  とする。

柱、大梁、スラブ、壁の重量は、一貫構造計算ソフト内での自動計算により算出され、二次部材や各建具等については、個別に重量を積算する。

#### 2) 積載荷重(P)

各階の積載荷重を、添説建 2-Ⅱ.1.6-1 表に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.6-1 表 積載荷重一覧

階	用途	設計対象			
		床用 ( $\text{N/m}^2$ )	小梁用 ( $\text{N/m}^2$ )	架構用 ( $\text{N/m}^2$ )	地震用 ( $\text{N/m}^2$ )
R	屋根 ※1				
1	発電機室 ※2				
	発電装置架台 ※2				
	ラジエータ置場 ※2				

※1：非歩行屋根として、建築基準法施行令第 85 条における住宅居室の積載荷重の 1/2 とした。

※2：実際の設備機器重量をその重量の作用面積で割った値を保守的に丸めた荷重とした。

ラジエータ置場の積載荷重及び二次部材であるラジエータ置場の構造スラブ、それを支持する片持ち基礎梁の固定荷重については、これら荷重が伝達される主構造部材である直接基礎間をつなぐ基礎梁への荷重として、耐震解析モデルへ反映する。

#### 3) 積雪荷重(S)

建築基準法施行令第 86 条に従い、積雪荷重を計算する。積雪荷重は、建築基準法施行令第 82 条により、短期に生じる力とする。

#### 4) 風荷重(W)

建築基準法施行令第 87 条に従い、風圧力を計算する。風圧力は建築基準法施行令第 82 条により、短期に生じる力とする。

5) 地震荷重(K)

建築基準法施行令第 88 条に従い、地震力を計算する。

昭和 55 年建設省告示第 1793 号第 1～第 3 より

- 地震地域係数 :  $Z = 1.0$
- 地盤種別 : 第 2 種地盤  $T_c = 0.6$
- 建築物の設計用一次固有周期 :  $T = 0.02h = 0.02 \times 5.85 = 0.117(\text{sec})$
- 振動特性係数 :  $R_t = 1.0$  ( $T < T_c$  の場合)
- せん断力分布係数 :  $A_i = 1 + (1 / \sqrt{\alpha_i - \alpha_i}) \times 2T / (1 + 3T)$   
 $\alpha_i = \sum W_i / W$

建築基準法施行令第 88 条より

- 地震層せん断力係数 :  $C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_o$
- 標準せん断力係数 :  $C_o = 0.2$  (一次設計)  
 $C_o = 1.0$  (二次設計)
- 地震層せん断力 :  $Q_i = n \times C_i \times \sum W_i$

- 耐震重要度に応じた割増係数 :  $n = 1.25$
  - 重量 :  $\sum W_i =$  当該階より上の固定荷重と積載荷重との和
  - 地上部分の全重量 :  $W$
  - 建築物の高さ :  $h = 5.85(\text{m})$
- ここで  $i$  は、当該階を示す。

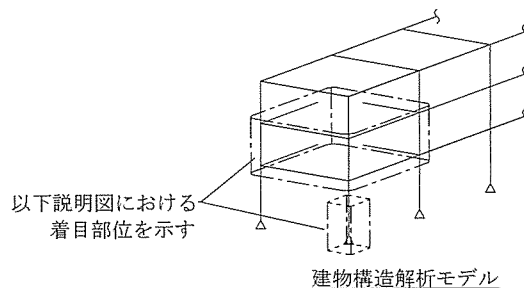
地震時の水平力を添説建 2-Ⅱ.1.6-2 表に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.6-2 表 地震時水平力

階	共通パラメータ				一次設計用		二次設計用	
	$W_i$ (kN)	$\sum W_i$ (kN)	$A_i$	$n$	$C_{i1}$	$Q_{i1}$ (kN) = $n \times C_{i1} \times \sum W_i$	$C_{i2}$	$Q_{i2}$ (kN) = $n \times C_{i2} \times \sum W_i$
1								

## (2) 解析モデルの荷重設定

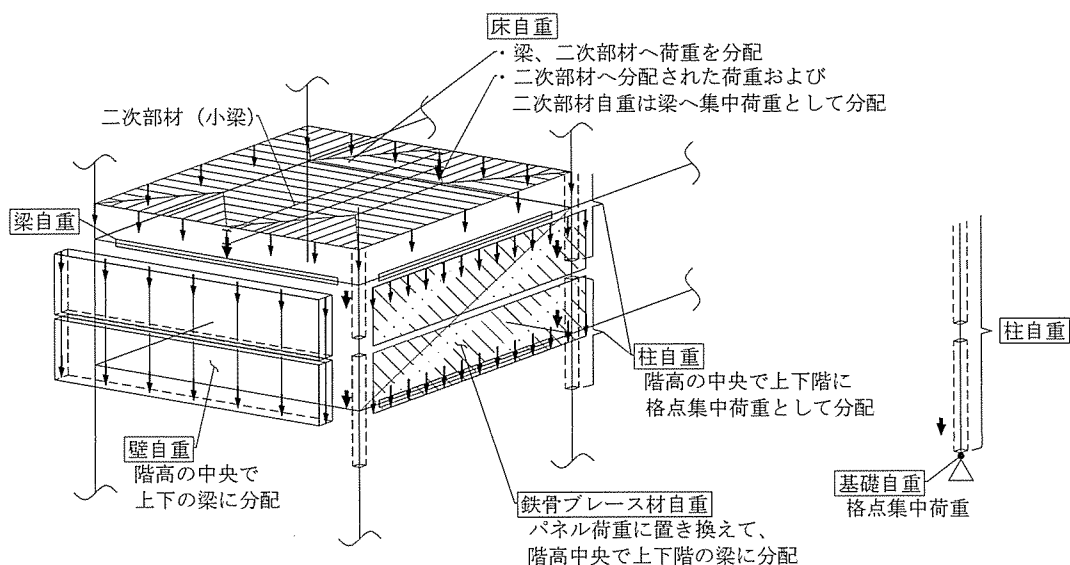
解析モデルへの長期荷重、短期荷重の設定方法概要を以下の説明図にて示す。



### 1) 長期荷重

#### a) 固定荷重

柱、梁、床、壁、基礎及びその他建物部材の自重は、以下の方法にて解析モデルに設定される。



#### b) 積載荷重

単位面積当りの積載荷重については、床自重の設定方法と同様とする。

### 2) 短期荷重

短期荷重のうち地震荷重については、以下の方法にて解析モデルに設定される。

#### a) 一次設計用地震荷重

各階に分配された長期荷重（固定荷重、積載荷重）それぞれに、一次設計用地震層せん断力係数 ( $C_{i1}$ ) を乗じた地震荷重を X 方向、Y 方向の正負加力として設定する。

#### b) 二次設計用地震荷重

各階に分配された長期荷重（固定荷重、積載荷重）それぞれに、二次設計用地震層せん断力係数 ( $C_{i2}$ ) を乗じた地震荷重を設定し、それに基づく荷重増分解析により保有水平耐力を計算する。

(3) 許容限界

一次設計においては、各評価部位に対して日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」等に準拠して定めた許容応力度を許容限界として断面検定を行う。

二次設計においては、保有水平耐力 ( $Q_u$ ) が必要保有水平耐力 ( $Q_{un}$ ) 以上であることを確認する。

1.7. 使用材料の許容応力度

コンクリート、鉄筋の基準強度、許容応力度を添説建 2-Ⅱ.1.7-1 表～添説建 2-Ⅱ.1.7-4 表に示す。

(1) コンクリート

添説建 2-Ⅱ.1.7-1 表 コンクリートの設計基準強度  $F_c$

コンクリート種別	設計基準強度 ( $N/mm^2$ )	使用箇所

添説建 2-Ⅱ.1.7-2 表 コンクリートの許容応力度

材料	長期		短期	
	圧縮 ( $N/mm^2$ )	せん断 ( $N/mm^2$ )	圧縮 ( $N/mm^2$ )	せん断 ( $N/mm^2$ )

建築基準法・同施行令・告示等

日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)

鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会) による

(2) 鉄筋

添説建 2-Ⅱ.1.7-3 表 鉄筋の基準強度  $F_s$

鉄筋の種類	基準強度 ( $N/mm^2$ )	鉄筋径

添説建 2-Ⅱ.1.7-4 表 鉄筋の許容応力度

種別	長期			短期		
	圧縮 ( $N/mm^2$ )	引張 ( $N/mm^2$ )	せん断 ( $N/mm^2$ )	圧縮 ( $N/mm^2$ )	引張 ( $N/mm^2$ )	せん断 ( $N/mm^2$ )

建築基準法施行令第 90 条

建築基準法・同施行令・告示等

日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)

鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会) による

## 1.8. 評価結果

部材評価にあたっては、建築基準法施行令第 82 条に基づき、長期または短期荷重時に各部材に生じる応力度が、それぞれの材料の許容応力度を超えないこと、もしくは各部材に生じる応力が許容応力度をもとに定める部材の許容耐力を超えないことを確認する。

確認は、各部材に生じる応力度に対する許容応力度の比、もしくは各部材に生じる応力に対する許容耐力の比を検定比とし、それが 1.0 以下になることにより行う。

なお、各部材の許容応力度、許容耐力の値は、鉄筋コンクリート部材については「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）」に基づき算定する。

### (1) 一次設計

いずれの部材についても最も厳しい箇所の検定比が 1.0 以下であることを確認する。

評価結果として、構造部位種別ごとの検定比最大箇所の計算結果を添説建 2-Ⅱ.1.8-1 表～添説建 2-Ⅱ.1.8-13 表に示す。

なお、主構造部材以外の二次部材については、別途検討のうえ健全であることを確認している。

#### 1) RC 柱の断面検定

添説建 2-Ⅱ.1.8-1 表 長期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
X1 通り/Y2 通り (柱頭) C1			X1 通り/Y2 通り C1		
応力 ML (kN・m)	耐力 MAL (kN・m)	検定比	応力 QL (kN)	耐力 QAL (kN)	検定比

添説建 2-Ⅱ.1.8-2 表 短期荷重による断面検定

方向	曲げ			せん断		
	X2 通り/Y2 通り (柱脚) C1			X2 通り/Y2 通り C1		
	X 方向地震時			X 方向地震時		
	応力 MS (kN・m)	耐力 MAS (kN・m)	検定比	応力 QS (kN)	耐力 QAS (kN)	検定比
X						
Y						

※1：耐震壁もしくはそれに相当する壁付柱については、壁面内方向の地震時水平力に対し壁が抵抗し、柱には応力が発生しないため記載を省略する。

2) RC 大梁の断面検定

添説建 2-Ⅱ.1.8-3 表 長期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
Y2 通り/X1-X2 通り間(X2 側) G1			Y2 通り/X1-X2 通り間(X2 側) G1		
応力 ML (kN・m)	耐力 MAL (kN・m)	検定比	応力 QL (kN)	耐力 QAL (kN)	検定比

添説建 2-Ⅱ.1.8-4 表 短期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
Y2 通り/X1-X2 通り間(X2 側) G1			Y2 通り/X1-X2 通り間(X2 側) G1		
応力 MS (kN・m)	耐力 MAS (kN・m)	検定比	応力 QS (kN)	耐力 QAS (kN)	検定比

3) 耐震壁の断面検定

添説建 2-Ⅱ.1.8-5 表 断面検定 (短期荷重のみ)

せん断 <sup>※2</sup>		
Y1 通り/X1-X2 通り間 SW25		
応力 QS (kN)	耐力 QAS (kN)	検定比

※2：耐震壁部材は曲げ剛性が非常に大きく、強度評価はせん断耐力にて決定されるため、曲げの断面検定は省略する。

4) 基礎梁の断面検定

添説建 2-Ⅱ.1.8-6 表 長期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
Y2 通り / X1-X2 通り間 (X2 側) FG1			Y2 通り / X1-X2 通り間 (X2 側) FG1		
応力 ML (kN・m)	耐力 MAL (kN・m)	検定比	応力 QL (kN)	耐力 QAL (kN)	検定比

添説建 2-Ⅱ.1.8-7 表 短期荷重による断面検定

曲げ			せん断		
Y2 通り / X1-X2 通り間 (X2 側) FG1			Y2 通り / X1-X2 通り間 (X2 側) FG1		
応力 MS (kN・m)	耐力 MAS (kN・m)	検定比	応力 QS (kN)	耐力 QAS (kN)	検定比

ここで、改良コラム杭頭曲げモーメントを基礎梁への付加曲げモーメントとして断面検定に考慮する。

F1 基礎の改良コラムの杭頭曲げモーメント  $M_0$  (kN・m/本) :

F1 基礎の改良コラムに作用する水平力  $Q_p$  (kN/本) :

基礎梁 FG1 の梁高さ  $D$  (m) :

捨てコンクリート厚さ  $t_c$  (m) :

F1 基礎 1 箇所当りの改良コラム本数  $n$  (本) :

※3 : 添付説明書-建 2-Ⅱ 付録 1 より

基礎梁に作用する付加曲げモーメント  $M_0'$

$$M_0' = \{M_0 + Q_p \times (t_c + D / 2)\} \times n$$

$$= \text{$$

$$= \text{$$

付加曲げモーメントを考慮した設計曲げ応力  $MS'$

$$MS' = MS + M_0' = \text{$$

検定比

$$MS' / MAS = \text{$$
 < 1.0 OK

## 5) 基礎

### a) 概要

基礎は直接基礎とする。建物の自重、地震力に対して十分な耐力を確保するため、基礎下部にセメント系固化材を用いた深層混合処理地盤改良工法による地盤改良（以下「改良コラム」と略記）を行う。改良コラムを介して、これらの荷重を安全に支持地盤に伝える設計とする。

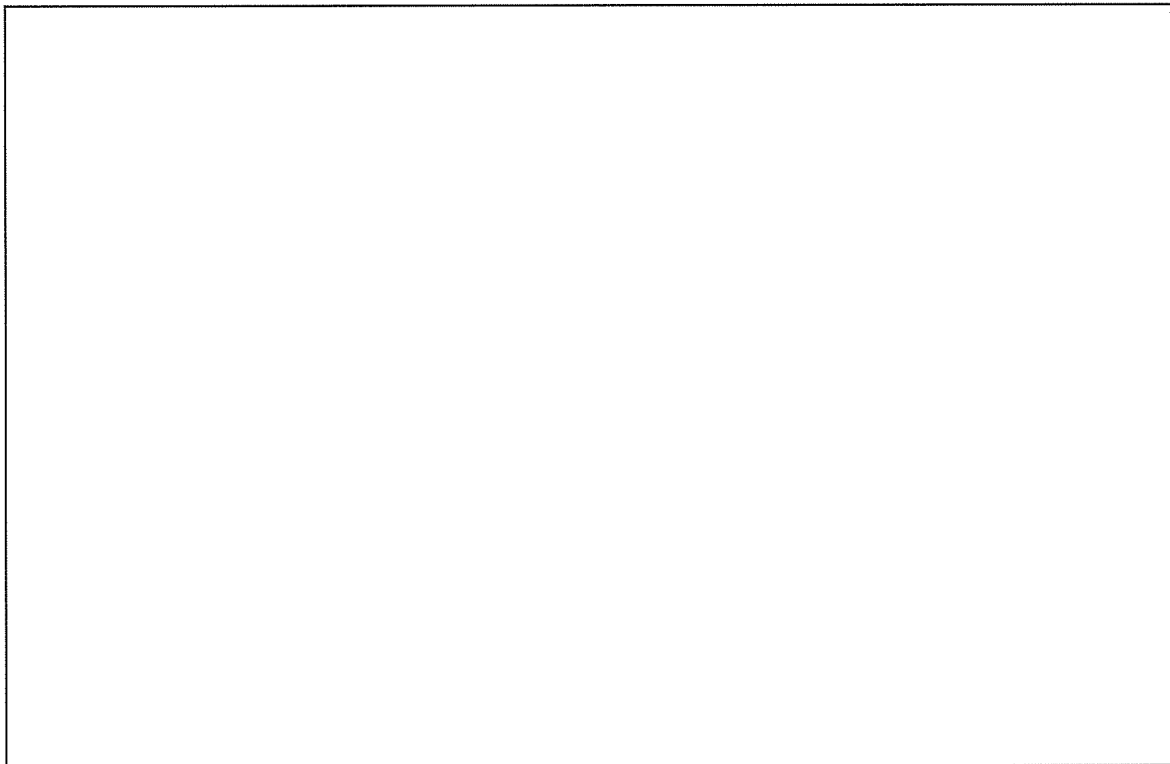
支持地盤は、GL-7.5m 以深の N 値 30 以上の砂礫層とし、計画地における柱状図を用いて、基礎の設計を行う。

### b) 改良地盤の鉛直支持力度

日本建築センター「改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に準拠して設計する。

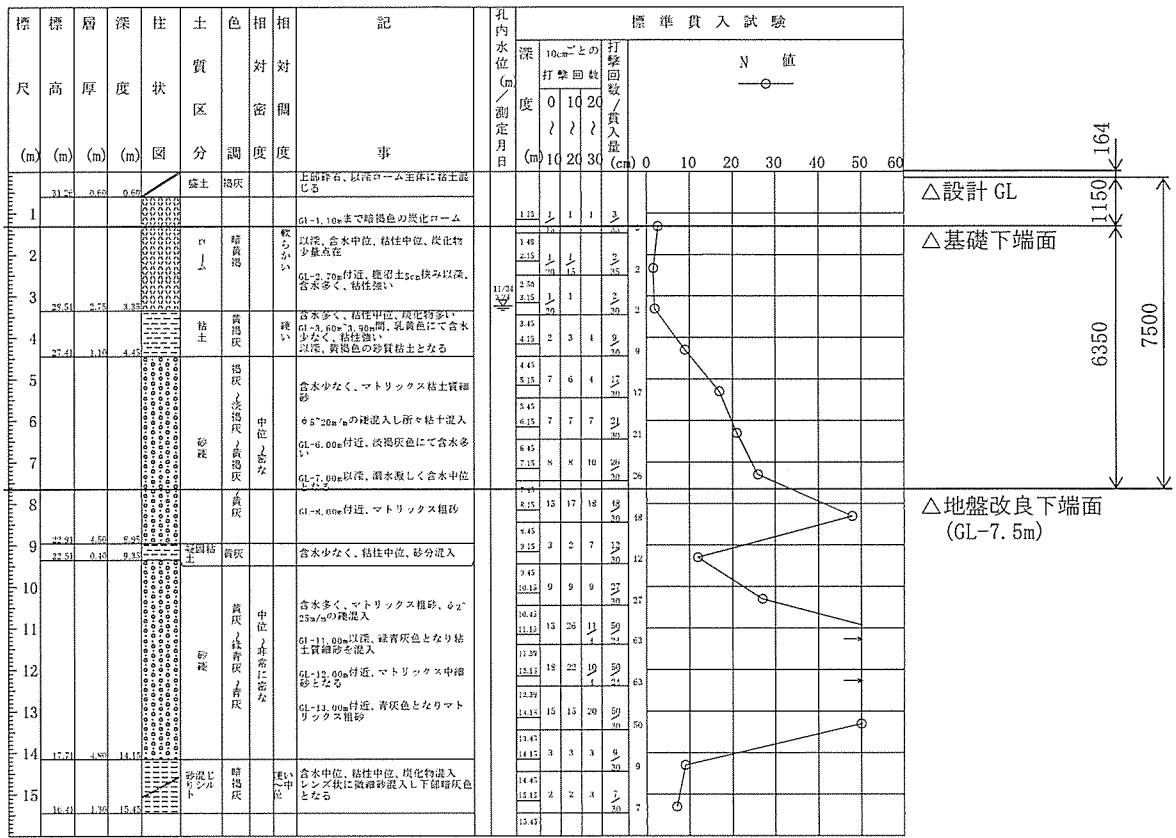
該当箇所の位置と柱状図を添説建 2-Ⅱ. 1. 8-1 図～添説建 2-Ⅱ. 1. 8-3 図に示す。事業許可に記載の通り、本加工施設を設置する敷地の土層は液状化の恐れがない洪積層の上にあることから、液状化の判定は不要としているが、念のため建設予定地の地質調査を実施した際に液状化危険度を調査し、いずれの土層についても液状化の危険度が低いと判定されており、問題がないことを確認している。

また、不等沈下については、建物の基礎は十分な支持性能を有する N 値が 30 以上ある砂礫層の上部を地盤改良し、直接支持させることとしており、不等沈下は起こらない。

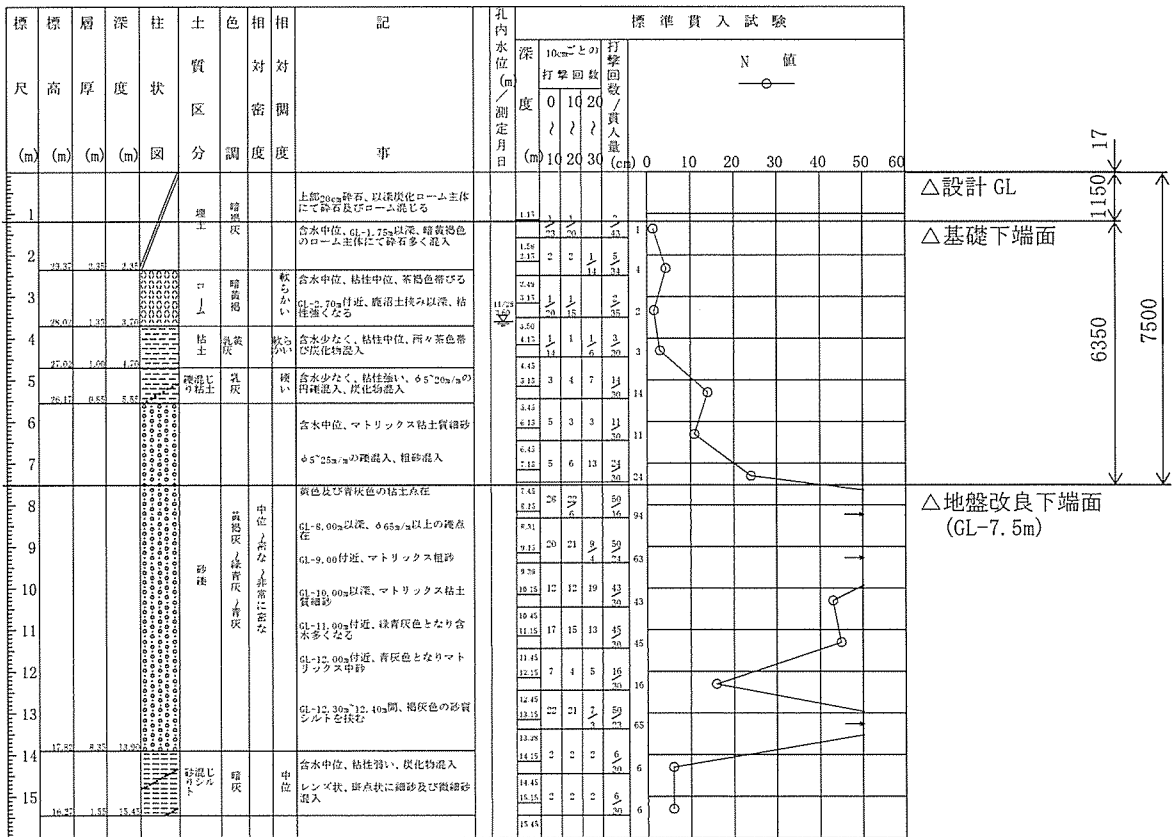


添説建 2-Ⅱ. 1. 8-1 図 ボーリング採取位置図





添説建 2-Ⅱ.1.8-2 図 ボーリング柱状図 (①地点)



添説建 2-Ⅱ.1.8-3 図 ボーリング柱状図 (②地点)

c) 基礎の検定

基礎に作用する接地圧、曲げ、せん断それぞれに対する基礎耐力の最大検定比が 1.0 以下であることを確認する。評価結果を添説建 2-Ⅱ.1.8-8 表～添説建 2-Ⅱ.1.8-10 表に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.8-8 表 接地圧評価結果

部位	荷重	接地圧の検討				
		軸力 N (kN)	基礎自重 NF (kN)	接地圧 $\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )	地耐力 fe (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期					
	短期					

添説建 2-Ⅱ.1.8-9 表 曲げ評価結果

部位	荷重	曲げ (X 方向)			曲げ (Y 方向)		
		応力 M (kN・m)	耐力 MA (kN・m)	検定比	応力 M (kN・m)	耐力 MA (kN・m)	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期						
	短期						

添説建 2-Ⅱ.1.8-10 表 せん断評価結果

部位	荷重	せん断 (X 方向)			せん断 (Y 方向)		
		応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 fs (N/mm <sup>2</sup> )	検定比	応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 fs (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期						
	短期						

d) 改良コラムの検定

改良コラムの評価結果を添説建 2-Ⅱ.1.8-11 表、添説建 2-Ⅱ.1.8-12 表に示す。評価内容の詳細については、「添付説明書ー建 2-Ⅱ付録 1」に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.8-11 表 圧縮応力度に対する評価結果

部位	荷重	圧縮応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	曲げ応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	重ね合わせ応力度 q <sub>p</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	許容圧縮応力度 f <sub>c</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期					
F1 (X2/Y2 通り)	短期					

添説建 2-Ⅱ.1.8-12 表 せん断応力度に対する評価結果

部位	荷重	最大せん断応力度 τ <sub>max</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	許容せん断応力度 f <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
F1 (X2/Y2 通り)				

e) 支持地盤の検定

支持地盤の評価結果を添説建 2-Ⅱ.1.8-13 表に示す。評価内容の詳細については、「添付説明書ー建 2-Ⅱ付録 1」に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.8-13 表 支持地盤の評価結果

部位	荷重	接地圧 σ <sub>e</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	許容鉛直支持力度 q <sub>a</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
F1 (X2/Y2 通り)	長期			
F1 (X2/Y2 通り)	短期			

(2) 二次設計

保有水平耐力 ( $Q_u$ ) は、X方向、Y方向のいずれの加力に対しても必要保有水平耐力 ( $Q_{un}$ ) 以上であることを確認する。

形状係数 ( $F_{es}$ ) の算出結果及び保有水平耐力の評価結果を添説建 2-Ⅱ.1.8-14 表～添説建 2-Ⅱ.1.8-17 表及び添説建 2-Ⅱ.1.8-18 表～添説建 2-Ⅱ.1.8-21 表に示す。

$$Q_u \geq Q_{un} \quad (Q_u / Q_{un} \geq 1.0 \text{ であること})$$

$$Q_{un} = D_s \times F_{es} \times Q_{ud}$$

ここに

$D_s$  : 構造特性係数

$F_{es}$  : 形状係数 ( $=F_e \times F_s$ )

$Q_{ud}$  : 地震力によって生じる水平力

(ここで耐震重要度に応じた割増し係数を考慮)

1) 形状係数 ( $F_{es}$ ) の計算

各階の形状係数 ( $F_{es}$ ) は、建築基準法施行令82条の6の規定による剛性率に応じた値 ( $F_s$ )、偏心率に応じた値 ( $F_e$ ) を用い、両者を乗じて算出する。なお、 $F_s$ 、 $F_e$ の値は、昭和55年建設省告示第1792号第7より、剛性率 ( $R_s$ ) が0.6以上の場合は $F_s=1.0$ となる。また、偏心率 ( $R_e$ ) が0.15以下の場合は $F_e=1.0$ となる。各記号の詳細については、1. 2. (2) 3) 二次設計 (保有水平耐力設計) に示す。

添説建 2-Ⅱ.1.8-14 表 形状係数 ( $F_{es}$ ) の算出結果 (X 方向正加力時)

階	$R_s$	$F_s$	$R_e$	$F_e$	$F_{es}$
1					

添説建 2-Ⅱ.1.8-15 表 形状係数 ( $F_{es}$ ) の算出結果 (X 方向負加力時)

階	$R_s$	$F_s$	$R_e$	$F_e$	$F_{es}$
1					

添説建 2-Ⅱ.1.8-16 表 形状係数 ( $F_{es}$ ) の算出結果 (Y 方向正加力時)

階	$R_s$	$F_s$	$R_e$	$F_e$	$F_{es}$
1					

添説建 2-Ⅱ.1.8-17 表 形状係数 ( $F_{es}$ ) の算出結果 (Y 方向負加力時)

階	$R_s$	$F_s$	$R_e$	$F_e$	$F_{es}$
1					

2) 保有水平耐力の評価結果

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-18 表 保有水平耐力の評価結果 (X 方向正加力)

階	$Q_u$ (kN)	$D_s$	$F_{es}$	$Q_{ud}$ (kN)	$Q_{un}$ (kN)	$Q_u/Q_{un}$
1						

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-19 表 保有水平耐力の評価結果 (X 方向負加力)

階	$Q_u$ (kN)	$D_s$	$F_{es}$	$Q_{ud}$ (kN)	$Q_{un}$ (kN)	$Q_u/Q_{un}$
1						

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-20 表 保有水平耐力の評価結果 (Y 方向正加力)

階	$Q_u$ (kN)	$D_s$	$F_{es}$	$Q_{ud}$ (kN)	$Q_{un}$ (kN)	$Q_u/Q_{un}$
1						

添説建 2-Ⅱ. 1. 8-21 表 保有水平耐力の評価結果 (Y 方向負加力)

階	$Q_u$ (kN)	$D_s$	$F_{es}$	$Q_{ud}$ (kN)	$Q_{un}$ (kN)	$Q_u/Q_{un}$
1						

地盤改良（深層混合処理工法）の強度評価に関する説明書

1. 概要

付属建物 発電機室は直接基礎を介して深層混合処理工法により改良された地盤（以下「改良コラム」と略記）で支持する構造としている。

この支持地盤の評価は、「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（日本建築センター）」（以下「指針」と略記）に基づき、長期、短期の改良コラムの支持力の評価を行い、何れも許容値を満足していることを計算により確認する。

2. 支持力の評価内容

以下の2項についての評価を行う。

(1) 改良コラムの応力度

改良地盤の強度、即ち改良コラムの応力度についての評価を行う。直接基礎から伝達された荷重に対して改良コラムの耐力が安全であることを確認する。

(2) 改良コラム支持地盤の支持力度

改良コラムからその下にある支持地盤に伝達された荷重に対して支持地盤の耐力が安全であることを確認する。

3. 改良コラムと支持地盤の許容値

3.1 改良コラムの形状

直接基礎、改良コラム寸法諸元を添説建 2-Ⅱ. 付 1-1 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-1 表 直接基礎、改良コラムの寸法諸元（1ヶ所当り）

		単位	F1	F2
直接基礎	底面寸法 (B×W)	m		
	底面積 (A <sub>f</sub> )	m <sup>2</sup>		
改良コラム	直径 (d)	m		
	断面積 (A <sub>p</sub> )	m <sup>2</sup>		
	設計長さ (L)	m		
	本数 (n)	本		

※1：捨てコンクリート含む







(2) 改良コラム支持地盤の許容鉛直支持力度  $q_a$

指針 (第1編) 5.1.4 式より

$$q_a = 1 / F_s \times (n \times R_u) / A_f$$

$q_a$  : 改良コラム支持地盤の許容鉛直支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$F_s$  : 安全率 (長期 = 3、短期 = 1.5)

$n$  : 直接基礎を支える改良コラム本数

$A_f$  : 直接基礎の底面積 (m<sup>2</sup>)

F1 基礎 改良コラム支持地盤の許容鉛直支持力度

$q_a$  (長期) =  =  kN/m<sup>2</sup>

$q_a$  (短期) =  =  kN/m<sup>2</sup>

F2 基礎 改良コラム支持地盤の許容鉛直支持力度

$q_a$  (長期) =  =  kN/m<sup>2</sup>

$q_a$  (短期) =  =  kN/m<sup>2</sup>

4. 改良コラムの評価

全ての基礎の改良コラムに関して長期荷重、短期荷重時に発生する応力度について評価する。  
改良コラムには、長期は鉛直荷重のみ、短期は地震時における鉛直荷重＋水平荷重が作用する。

4.1 評価方法

(1) 鉛直荷重についての評価方法

改良コラムに加わる鉛直荷重は、建物上部構造の固定荷重、積載荷重に加え、直接基礎の固定荷重である。

基礎の改良コラム配置を添説建 2-Ⅱ. 付 1-1 図に示す。直接基礎から伝達される鉛直荷重は、改良コラムと改良コラムの無い部分の両方で支持されるが、直接基礎底面積より改良コラムの断面積が小さいため、保守的に考えて改良コラムの応力評価時には改良コラムだけで支持される状態を想定する。



添説建 2-Ⅱ. 付 1-1 図 基礎の改良コラム配置

判定基準：  $q_p / f_c \leq 1$

$$q_p = \mu_p \times \sigma_e$$

$$\mu_p = 1 / a_p$$

$$a_p = n \times A_p / A_f$$

$q_p$  : 改良コラムの設計圧縮応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$f_c$  : 許容圧縮応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$\mu_p$  : 応力集中係数

$\sigma_e$  : 基礎底面に作用する接地圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$a_p$  : 改良率

$n$  : 改良コラム 1ヶ所当り本数 (本)

$A_p$  : 改良コラム 1本当り断面積 (m<sup>2</sup>)

$A_f$  : 基礎底面積 (m<sup>2</sup>)

## (2) 水平荷重についての評価方法

風荷重は地震荷重に包絡されるため、水平荷重は地震時のケースを対象とする。即ち地震時水平力を改良コラムの設計水平荷重とする。

改良コラムに載荷される地震時水平力 (Q) は上部構造物の地震時せん断力 (Q<sub>1</sub>) と地中部分の構造物の地震時せん断力 (Q<sub>2</sub>) の和となる。

改良コラムは地中に設置されるため、水平震度は建築基準法施行令第 88 条 4 項に基づくものとし、最も大きな水平力となる地盤面の水平震度 (k) は 0.1 を採用する。

なお、地域係数 (Z) は上部構造物と同一の 1.0 を採用する。

### 1) 地震時水平力

上部構造地中部重量  $W_{SP}$  (kN)

:

(固定荷重、積載荷重、(特殊荷重含む))

直接基礎自重  $\Sigma W_f$  (kN)

:

地中部分の構造体の重量  $W$  (kN)

:  $W_{SP} + \Sigma W_f =$

耐震重要度に応じた割増係数  $n$

:

地中部分の水平震度  $k$

:

地域係数  $Z$

:

上部構造 1 階の地震時せん断力  $Q_1$  (kN)

:  (添付説明書一建 2 より)

地中部分の構造物の地震時せん断力  $Q_2$  (kN)

:  $n \times W \times k \times Z =$

=  →

地震時水平力  $Q$  (kN)

:  $Q_1 + Q_2 =$   =

→ 保守的に考えて  kN とする。

(改良コラムの設計水平荷重)

## 2) 地震時水平力の分担

地震時水平力を地震時鉛直荷重比により各基礎改良コラムに分担させるものとする。

$$Q_p = Q_{p1} / n$$

$$Q_{p1} = Q \times (NS / \Sigma NL)$$

$Q_p$  : 改良コラム 1 本当り水平荷重

$Q_{p1}$  : 改良コラム 1 ヶ所当り水平荷重

$n$  : 改良コラム 1 ヶ所当りの本数

$Q$  : 地震時水平力 (改良コラムの設計水平荷重)

$NS$  : 各基礎に作用する地震時鉛直荷重の最大値

$\Sigma NL$  : 上部構造総鉛直荷重

各基礎改良コラムの地震時最大鉛直荷重発生箇所に着目した水平力は以下の通り。

F1 基礎 (Y2-X2) 改良コラムに作用する水平荷重

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

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

$$Q_{p1} = Q \times (NS / \Sigma NL) = \boxed{\phantom{000000}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

$$Q_p = Q_{p1} / n = \boxed{\phantom{00000}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

F2 基礎 (Y1-X3) 改良コラムに作用する水平荷重

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

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

$$Q_{p1} = Q \times (NS / \Sigma NL) = \boxed{\phantom{000000}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

$$Q_p = Q_{p1} / n = \boxed{\phantom{00000}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

### 3) 最大曲げモーメント

地震時水平力が改良コラム上端に作用した時に発生する最大曲げモーメント ( $M_d$ ) を算出する。

F1 基礎、F2 基礎における改良コラムの最大曲げモーメント ( $M_d$ ) の算出は、両基礎共に X 方向及び Y 方向に基礎梁が取り付け、構造スラブも設置している架構形式であるため、固定度  $\alpha_y$  を 0.25 (半固定) として指針に従い線形弾性地盤反力法によって行い、結果を添説建 2-II. 付 1-2 表に示す。なお、算出した改良コラム杭頭曲げモーメントは、発電機室基礎梁への付加曲げモーメントとして基礎梁断面検定に考慮する。

添説建 2-II. 付 1-2 表 改良コラムの曲げモーメント算出

項目	単位	算出式	基礎タイプ	
			F1	F2
設計基準強度	$F_c$	kN/m <sup>2</sup>		
改良コラムの変形係数	$E_p$	kN/m <sup>2</sup>	= 180 × $F_c$	
N 値 (ボーリング No. 2 の基礎下端)	N			
地盤の変形係数	$E_0$	kN/m <sup>2</sup>	= 7 × N × 100	
加力直角方向幅	$b_1$	cm		
係数	$\alpha$			
原地盤の水平方向地盤反力係数	$k_h$	kN/m <sup>3</sup>	= (1 / 30) × $\alpha$ × $E_0$ × ( $b_1 / 30$ ) <sup>-3/4</sup> × 10 <sup>2</sup>	
群杭効果に関する係数	$\mu_{12}$			
群杭効果を考慮した水平方向地盤反力係数	$k_h'$	kN/m <sup>3</sup>	= $\mu_{12}$ × $k_h$	
改良コラムの直径	$\phi$	m		
改良コラムの断面 2 次モーメント	$I_p$	m <sup>4</sup>	= $\pi \times \phi^4 / 64$	
杭の特性を示す係数	$\beta$	m <sup>-1</sup>	= $\sqrt[4]{\{(k_h' \times b_1 / 100) / (4 \times E_p \times I_p)\}}$	
改良コラム長	L	m		
指針表 6.1.2 の係数	Z		= $\beta \times L$	
地中部最大曲げモーメントに関する係数	$R_{0max}$		指針の表 6.1.2 より	
改良コラム杭頭曲げモーメントに関する係数	$R_{00}$		指針の表 6.1.2 より	
改良コラム 1 本当りの水平力	$Q_p$	kN		
改良コラム地中部最大曲げモーメント	$M_{max}$	kN・m	= ( $Q_p / (2 \times \beta)$ ) × $R_{0max}$	
改良コラム杭頭曲げモーメント	$M_0$	kN・m	= ( $Q_p / (2 \times \beta)$ ) × $R_{00}$	
改良コラム最大曲げモーメント	$M_d$	kN・m	= max( $M_{max}$ , $M_0$ )	
改良コラムの断面係数	$Z_p$	m <sup>3</sup>	= $2 \times I_p / \phi$	

### 4) 判定基準

地震時水平力が作用した時の水平荷重と最大曲げモーメントにより改良コラムに発生する圧縮応力度とせん断応力度が改良コラムの許容応力度以下であるものとする。

圧縮応力度の評価に当たっては、最大曲げモーメント ( $M_d$ ) により発生する応力度と鉛直荷重により発生する応力度との重ね合わせ応力度により行う。

#### 4.2. 評価結果

##### (1) 長期の評価結果

改良コラムに作用する長期荷重により発生する圧縮応力度が、許容圧縮応力度以下であることを確認する。検定比が最大となる基礎について添説建 2-Ⅱ. 付 1-3 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-3 表 圧縮応力度の評価結果（長期）

基礎 タイプ	基礎 位置	上部構造 鉛直荷重 NL (kN)	基礎 自重 $W_f$ (kN)	設計 鉛直荷重 $NL+W_f$ (kN)	改良コラム 面積 $n \times A_p$ ( $m^2$ )	基礎 底面積 $A_f$ ( $m^2$ )	底面 接地圧 $\sigma_e$ $= (NL+W_f) / A_f$ ( $kN/m^2$ )	応力集中 係数 $\mu_p$ ※1	圧縮 応力度 $q_p$ ※1 ( $kN/m^2$ )	改良コラム 許容圧縮 応力度 $f_c$ ※2 ( $kN/m^2$ )	検定比 $q_p / f_c$
F1	Y2-X2										
F2	Y1-X3										

※1：4.1.(1)項 参照

※2：3.2.(1)項 参照

##### (2) 短期の評価結果

##### 1) 圧縮応力度の評価

改良コラムに作用する短期荷重により発生する圧縮応力度が、許容圧縮応力度以下であることを確認する。検定比が最大となる基礎について添説建 2-Ⅱ. 付 1-4 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-4 表 圧縮応力度の評価結果（短期）

基礎 タイプ	基礎 位置	上部構造 鉛直荷重 NS (kN)	基礎 自重 $W_f$ (kN)	設計 鉛直荷重 $NS+W_f$ (kN)	改良コラム 面積 $n \times A_p$ ( $m^2$ )	基礎 底面積 $A_f$ ( $m^2$ )	底面 接地圧 $\sigma_e$ $= (NS+W_f) / A_f$ ( $kN/m^2$ )	応力集中 係数 $\mu_p$ ※1	圧縮 応力度 $q_p$ ※1 ( $kN/m^2$ )	改良コラム 許容圧縮 応力度 $f_c$ ※2 ( $kN/m^2$ )	検定比 $q_p / f_c$
F1	Y2-X2										
F2	Y1-X3										

※1：4.1.(1)項 参照

※2：3.2.(1)項 参照

2) 曲げ応力度の評価

改良コラムに作用する最大曲げモーメントによる曲げ応力度と鉛直荷重による圧縮応力度との重ね合わせ応力度が、許容圧縮応力度以下であることを確認する。検定比が最大となる基礎について添説建 2-Ⅱ. 付 1-5 表に示す。

添説建 2-Ⅱ. 付 1-5 表 曲げ応力度の評価結果 (短期)

基礎タイプ	基礎位置	評価位置	最大曲げモーメント $M_d$ ※1 (kN・m)	断面係数 $Z_p$ ※1 (m <sup>3</sup> )	改良コラム曲げ応力度 $\sigma_b$ = $M_d/Z_p$ (kN/m <sup>2</sup> )	改良コラム圧縮応力度 $q_p$ ※2 (kN/m <sup>2</sup> )	重ね合わせ応力度 $\sigma$ = $\sigma_b+q_p$ (kN/m <sup>2</sup> )	許容圧縮応力度 $f_c$ ※3 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比 $\sigma / f_c$
								許容引張応力度 $f_t$ ※4 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比 $\sigma / f_t$
F1	Y2-X2	圧縮側							
		引張側							
F2	Y1-X3	圧縮側							
		引張側							

- ※1: 4. 1. (2) 3) 項 参照
- ※2: 4. 2. (2) 1) 項 参照
- ※3: 3. 2. (1) 項 参照
- ※4: 3. 2. (2) 項 参照
- ※5: 改良コラムに引張応力は発生しない。

3) せん断応力度の評価

改良コラムに作用する地震時水平力による最大せん断応力度が、許容せん断応力度以下であることを確認する。検定比が最大となる基礎について添説建 2-Ⅱ. 付 1-6 表に示す。

指針 (第 1 編) 6. 1. 7 式より

$$\tau_{max} = \kappa \times (Q_p / A_p)$$

$\tau_{max}$  : 形状を考慮した断面内の最大せん断応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$A_p$  : 改良コラム 1 本当り断面積 (m<sup>2</sup>)

$\kappa$  : 形状係数 (円形、非ラップ配置の場合 4/3)

$Q_p$  : 設計水平力 (kN)

添説建 2-Ⅱ. 付 1-6 表 せん断応力度の評価結果 (短期)

基礎タイプ	基礎位置	形状係数 $\kappa$	設計水平力 $Q_p$ ※1 (kN)	改良コラム断面積 $A_p$ (m <sup>2</sup> )	最大せん断応力度 $\tau_{max}$ (kN/m <sup>2</sup> )	許容せん断応力度 $f_\tau$ ※2 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比 $\tau_{max}/f_\tau$
F1	Y2-X2						
F2	Y1-X3						

- ※1: 4. 1. (2) 2) 項 参照
- ※2: 3. 2. (3) 項 参照

## 5. 改良コラム支持地盤の評価

全ての改良コラムの下部地盤が改良コラムの伝達する荷重に対して安全であることを指針に基づいて確認する。

支持地盤の評価は長期、短期について行うものとし、支持地盤には長期、短期ともに鉛直荷重のみが作用する。

### 5.1 評価方法

指針より、「支持地盤面の抵抗力から改良地盤の有効重量を減じないで良い」とされていることから、直接基礎の底面接地圧が改良コラムを介してそのまま支持地盤へ伝達されるものとし、改良コラム底面の接地圧 = 直接基礎の底面接地圧 ( $\sigma_e$ ) として評価する。

### 5.2 評価結果

長期、短期の評価を行い、いずれの位置においても許容値以内であることを確認する。検定比が最大となる場合の評価結果を添説建2-II.付1-7表に示す。

添説建2-II.付1-7表 支持地盤の評価結果

荷重 ケース	基礎タイプ	基礎位置	改良コラム 底面接地圧 $\sigma_e$ (kN/m <sup>2</sup> )	支持地盤の 許容支持力度 $q_a$ ※3 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
長 期	F1	Y2-X2			
	F2	Y1-X3			
短 期	F1	Y2-X2			
	F2	Y1-X3			

※1：4.2.(1)項 参照

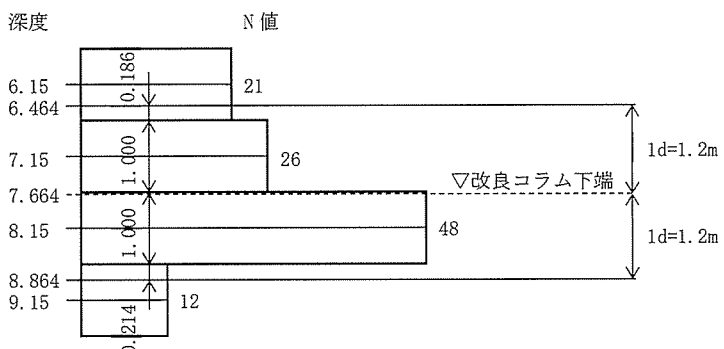
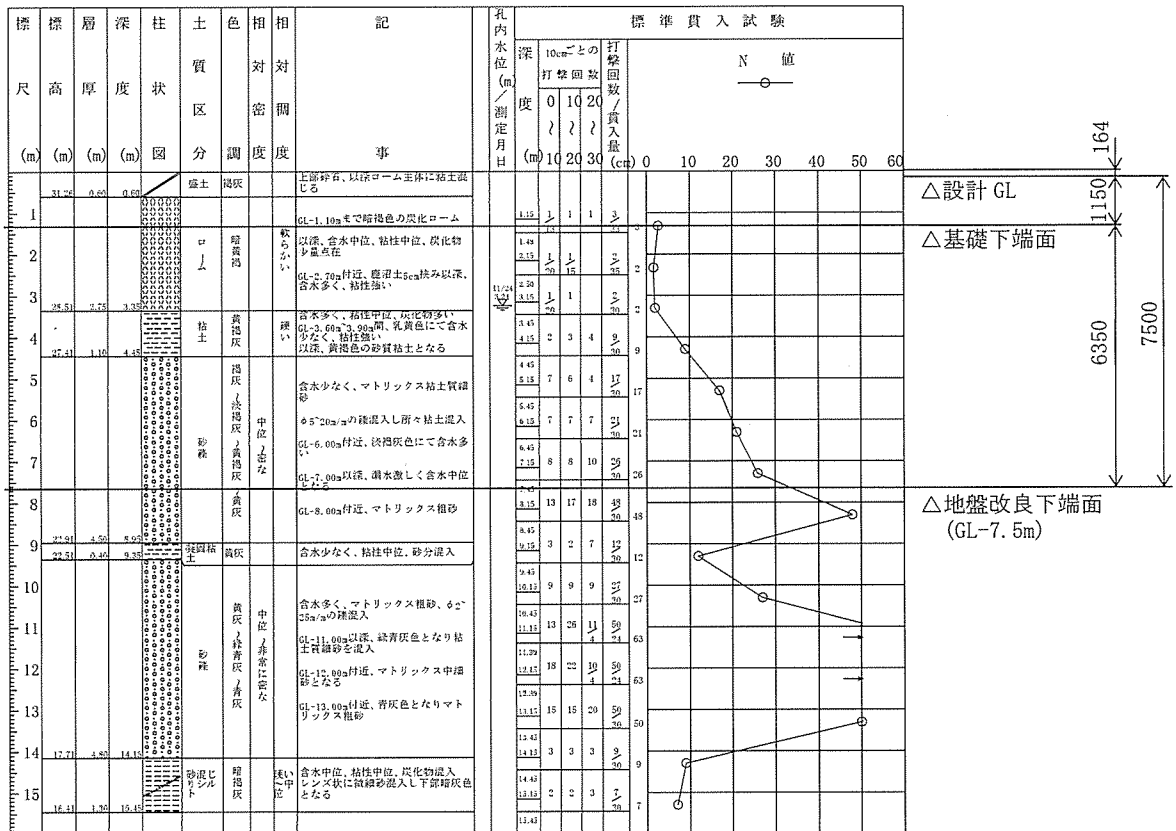
※2：4.2.(2)項 参照

※3：3.3.(2)項 参照

発電機室 改良コラム先端付近の平均N値の検討

改良コラム先端付近の平均N値の算定にあたっては、先端地盤から下に1d、上に1dの範囲のN値の平均値（d：改良コラム直径）とし、dは保守的にF1改良コラムの1.2mを適用する。（建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—（日本建築センター））

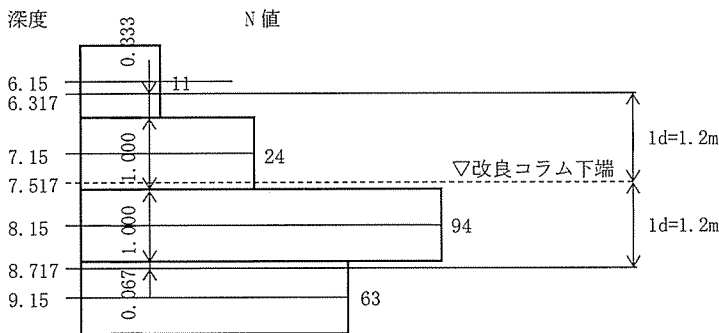
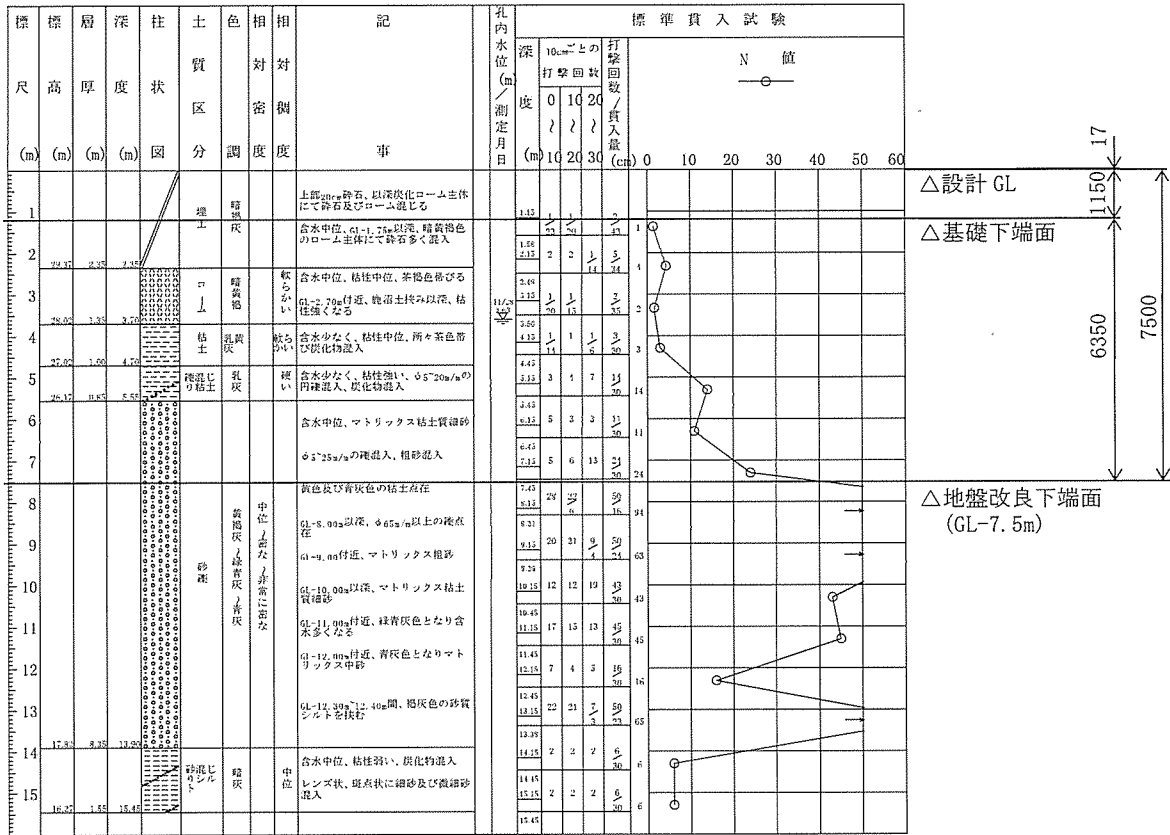
ボーリング柱状図 No. 1 による平均N値



$$\bar{N} = (0.186 \times 21 + 1.000 \times 26 + 1.000 \times 48 + 0.214 \times 12) / 2.4 = 33.53 \rightarrow 33 > 30 \text{ OK}$$



ボーリング柱状図 No.2 による平均N値



$$\bar{N} = (0.333 \times 11 + 1.000 \times 24 + 1.000 \times 94 + 0.067 \times 63) / 2.4$$

$$= 52.45 \rightarrow 52 > 30 \text{ OK}$$

### Ⅲ. 工場棟 転換工場の原料倉庫地下ピット 耐震計算書

#### 1. 転換工場原料倉庫地下ピットの概要

##### 1.1. 位置

転換工場の原料倉庫地下ピットの設置位置を添説建 2-Ⅲ. 1. 1-1 図に示す。



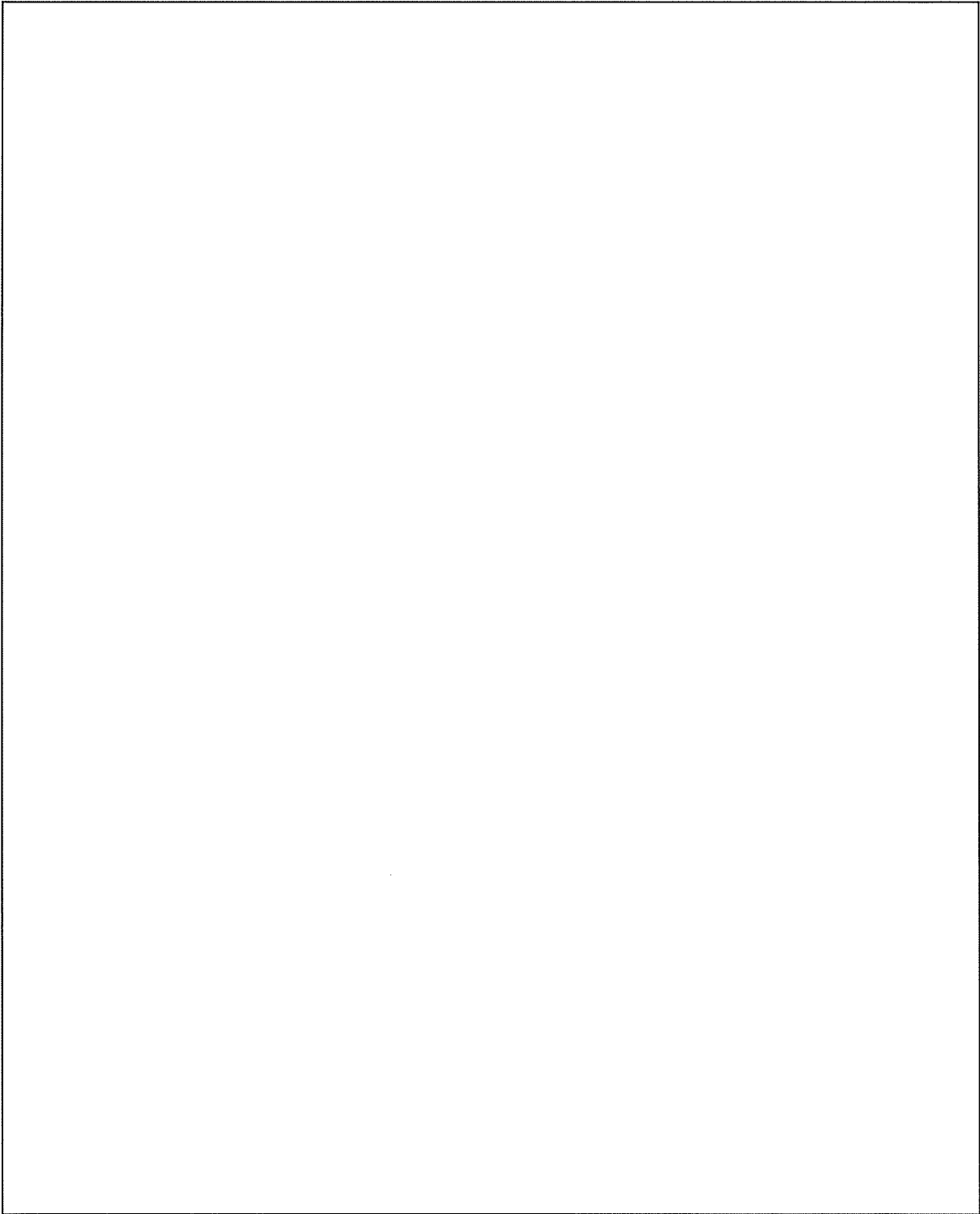
添説建 2-Ⅲ. 1. 1-1 図 配置図

##### 1.2. 構造概要

原料倉庫地下ピットは、平面形状が主要部分で  $\square$  m $\times$  $\square$  m、深さ  $\square$  m の鉄筋コンクリート造であり、上部構造は無い。

原料倉庫地下ピットの平面図及び断面図を添説建 2-Ⅲ. 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 2-Ⅲ. 1. 2-1 図 平面図及び断面図

## 2. 評価方法

### 2.1. 検討方針

検討は建築基準法及び施行令で規定された地震力により耐震性の評価を行い、建物の耐震安全性を確認するものとする。

なお、地下部分の地震力に対しては、短期の許容応力度を超えないことを確認する。(2015年版建築物の構造関係技術基準解説書)

### 2.2. 適用基準

検討は原則として、下記の関係基準に準拠する。

- 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) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会)
- 4) 鉄筋コンクリート構造計算用資料集 (日本建築学会)
- 5) 建築基礎構造設計指針 (日本建築学会)
- 6) 2015年版建築物の構造関係技術基準解説書 (建築研究所)
- 7) 建築物荷重指針・同解説 (日本建築学会)
- 8) 構造力学公式集 (土木学会)

## 3. 使用材料

原料倉庫地下ピットに使用されている材料及び許容応力度を添説建 2-III.3-1 表、添説建 2-III.3-2 表に示す。

添説建 2-III.3-1 表 コンクリートの許容応力度 (単位: N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断

添説建 2-III.3-2 表 鉄筋の許容応力度 (単位: N/mm<sup>2</sup>)

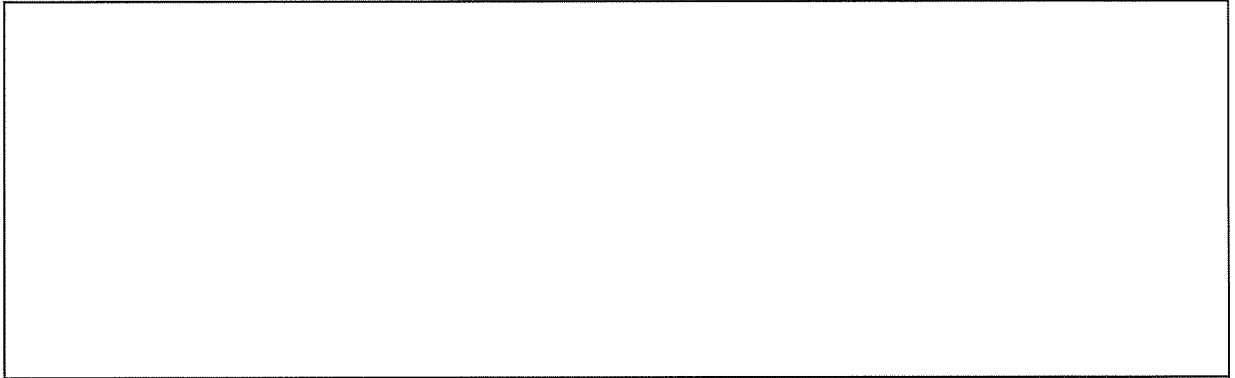
種別	使用範囲	長期		短期	
		引張・圧縮	せん断	引張・圧縮	せん断
SR24	壁、底版				

#### 4. 原料倉庫地下ピットの耐震検討

##### 4.1 検討方法

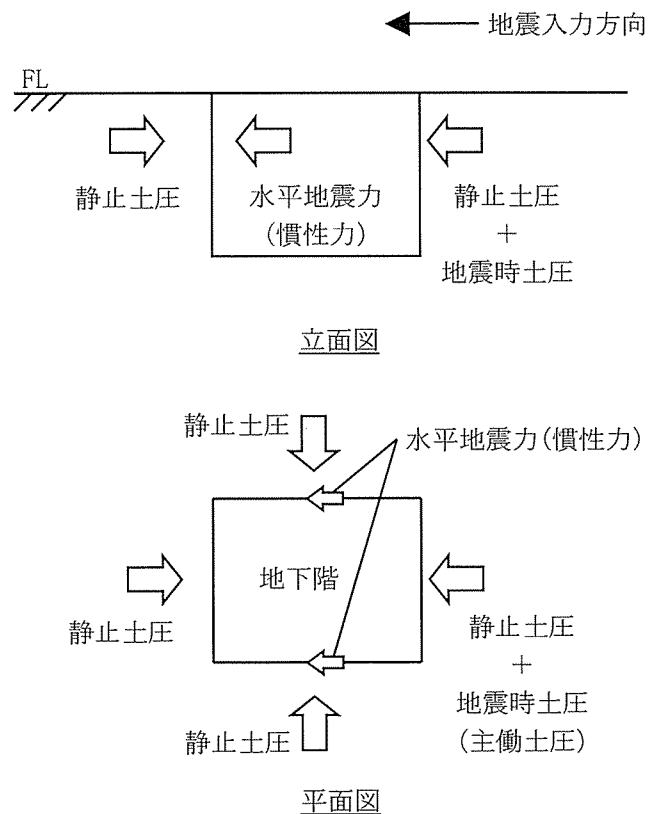
原料倉庫地下ピットの地震時の耐力評価は日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（以下「RC規準」と略記）に準拠する。

原料倉庫地下ピットの主要寸法を添説建 2-III. 4.1-1 図に示す。



添説建 2-III. 4.1-1 図 主要寸法と壁名称

地下部分にかかる水平地震力（慣性力）と土圧荷重の概念を添説建 2-III. 4.1-2 図に示す。



添説建 2-III. 4.1-2 図 荷重概念図

常時土圧（静止土圧）は周囲から中央に向けて作用するが、地震時土圧（主働土圧）は地震入力方向に対して直交する壁に作用する。また、原料倉庫地下ピット壁部に作用する水平地震力（慣性力）及び地震入力方向直交壁に作用する地震時土圧は全て地震力方向に対して平行な壁より地下ピット底版へ伝達されるものとする。ここでは、「静止土圧 + 地震時土圧」を受ける地震入力方向直交壁と「水平地震力（慣性力） + 地震時土圧」を底版へ伝達する地震入力方向平行壁に分けて検討する。

地下水については、発電機室の地盤ボーリング調査（添付説明書一建 2 II. 付属建物 発電機室 耐震計算書 参照）より、地下水位は地表面から深さ 3.2m～3.6m にあり、原料倉庫地下ピットの深さ約 2.0m に対して深く、また、降水により地下水位が FL まで上昇した場合であっても、外壁面に作用する地下水の水圧は地震時土圧より小さいことから、本検討においては水圧を考慮していない。

地下ピット底版に伝達された壁部の水平地震力、地震時土圧、底版部自体の重量に作用する水平地震力は、底版下面より地盤へ直接伝達されるものとする。

なお、壁 C については、直近の転換工場建物 15 通りに基礎梁及び基礎が平行に存在するため、静止土圧及び地震時土圧の作用が小さいことを考慮し、評価を省略する。

#### 4.2. 水平地震力の算定

地下部分にある鉄筋コンクリート製ピットに作用する水平地震力  $Q_2$  は次式の水平震度により算定する。

$$Q_2 = n \times k \times W_{D2}$$

$$k \geq 0.1 \times (1 - H / 40) \times Z \quad (\text{建築基準法施行令第 88 条})$$

ここで

- $n$  : 耐震重要度に応じた割増係数 (=1.5)
- $k$  : 水平震度
- $W_{D2}$  : 鉄筋コンクリート製ピット壁部重量 (kN)
- $H$  : 地盤面からの深さ (20 を超えれば 20 とする。) (m)
- $Z$  : 地震地域係数 (1.0)

$$k = 0.1 \times (1 - H / 40) \times Z = 0.1 \times (1 - 0 / 40) \times 1.0 = 0.1$$

なお、水平震度  $k$  は保守的に  $H=0$  として算出する。

地下部分の地震時水平力は

$$Q_2 = n \times k \times W_{D2} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}$$

原料倉庫地下ピット壁部重量 ( $W_{D2}$ ) による水平地震力を添説建 2-III. 4.2-1 表に示す。

添説建 2-III. 4.2-1 表 水平地震力

対象	壁部重量 $W_{D2}$ (kN)	水平地震力 $Q_2$ (kN)
原料倉庫地下ピット		

#### 4.3.土圧荷重

静止土圧荷重は基礎指針により以下となる。ピットに作用する静止土圧荷重を添説建 2-III.4.3-1 図に、地震時土圧荷重を添説建 2-III.4.3-2 図に示す。

$$P_0 = K_0 \times \gamma \times Z$$

ここで

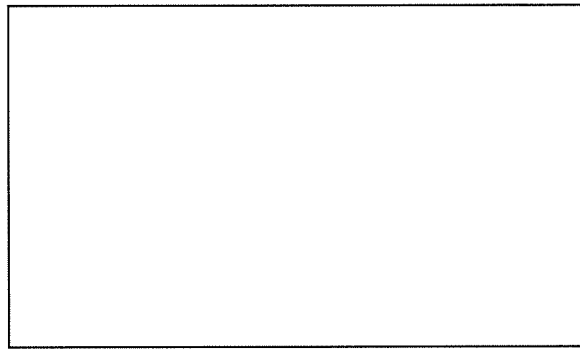
$P_0$  : 深さ  $Z$  における静止土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$K_0$  : 静止土圧係数 (= )

$\gamma$  : 土の単位体積重量 ( kN/m<sup>3</sup>) (建築物荷重指針・同解説 (日本建築学会))

$Z$  : 地表面からの深さ (m)

$$P_{02} = \text{} \text{ kN/m}^2$$



添説建 2-III.4.3-1 図 ピットに作用する静止土圧荷重

地震時土圧荷重は基礎指針に記載の物部の式を用いる。

地盤関連定数は転換工場のボーリング柱状図 (添付説明書一建 2-III付録 1) を用いる。

ボーリング試験から抜粋した内容を添説建 2-III.4.3-1 表に示す。

添説建 2-III.4.3-1 表 ボーリング柱状図

深さ (m)	層厚 (m)	地質	標準貫入試験回数 N 値	重み付層厚 (m)	ピット深さ (m)

N 値と重み付層厚から等価 N 値 (Ne) を算定する。

$$Ne = \text{}$$

土圧算定に用いる内部摩擦角は N 値を用いて基礎指針の大崎の式により算定する。

$$\phi = \text{}$$

土圧公式（物部式）による地震時土圧の算出

$$P_{EA} = \frac{1}{2} \times K_{EA} \times \gamma \times H^2$$

$$K_{EA} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \theta_k)}{\cos \theta_k \times \cos^2 \theta \times \cos(\delta + \theta + \theta_k) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \times \sin(\phi - \alpha - \theta_k)}{\cos(\theta - \alpha) \times \cos(\delta + \theta + \theta_k)}} \right\}^2}$$

$P_{EA}$  : 地震時の主働土圧合力 (kN/m)

$\phi$  : 土の内部摩擦角 (  度)

$\gamma$  : 土の単位体積重量 (  kN/m<sup>3</sup>)

$H$  : 地下壁高さ (  m)

$\theta$  : 地下壁と鉛直面のなす角 (度) (壁面が垂直⇒0)

$\delta$  : 壁面の摩擦角 (度) (保守的に考えて壁面摩擦を考慮しない⇒0)

$\alpha$  : 地表面傾斜角 (度) (地表が水平⇒0)

$n$  : 耐震重要度に応じた割増係数 (=1.5)

$k_h$  : 設計水平震度 (=0.1)

$\theta_k$  : 地震合成角 (度)  $\theta_k = \tan^{-1}(n \times k_h) = \tan^{-1}(1.5 \times 0.1) = 8.54$

$$K_{EA2} = \boxed{\hspace{15em}}$$

$$= \boxed{\hspace{2em}}$$

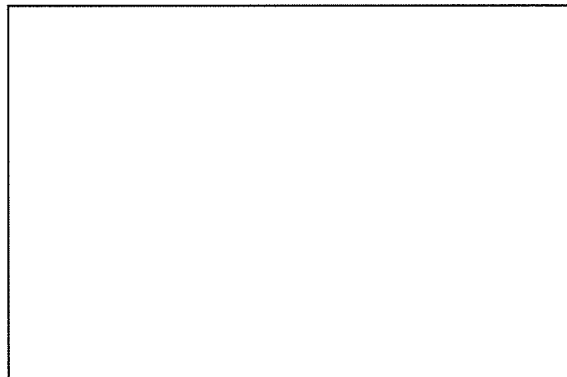
$$P_{EA2} = \boxed{\hspace{10em}} \text{ kN/m}$$

地震時の土圧合力を通常の三角形分布と仮定する。

$$P_{EA2} = \frac{1}{2} \times W_{02} \times H_2$$

深さ  $H_2$  における単位面積当たりの地震時土圧  $W_{02}$  は

$$W_{02} = \frac{2 \times P_{EA2}}{H_2} = \boxed{\hspace{4em}} \text{ kN/m}^2$$



添説建 2-Ⅲ. 4. 3-2 図 ピットに作用する地震時土圧荷重



#### 4.4.コンクリート壁発生応力

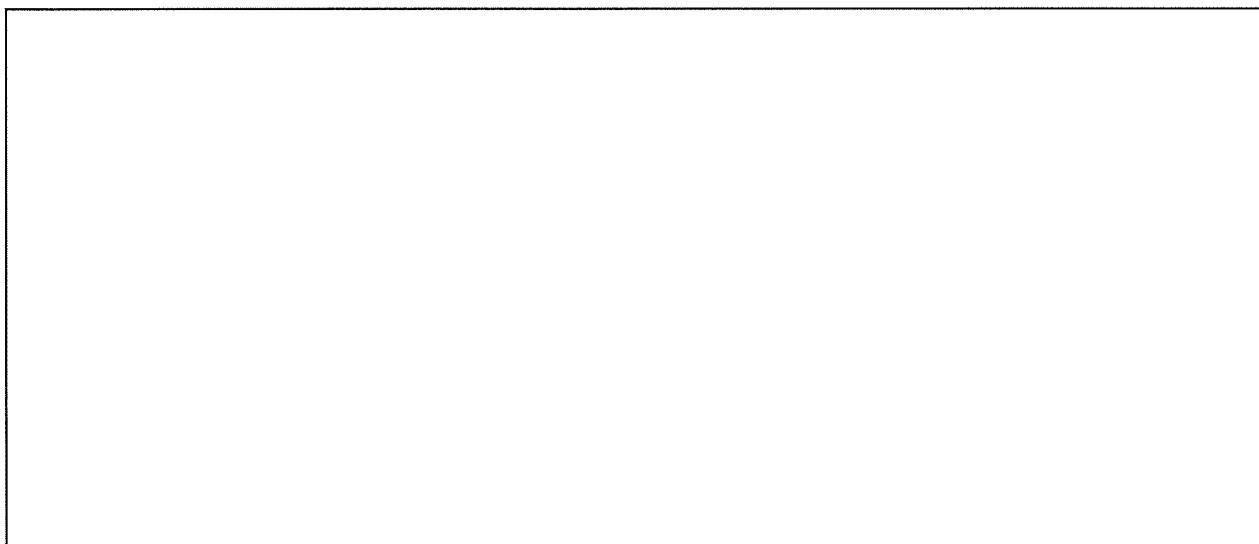
##### (1) Y方向地震時

##### 1) 地震力方向直交壁 (壁 B、壁 D)

コンクリート壁に発生する応力は、ピット FL 高さに存在する溝形鋼床フレームの効果を保守的に考えて無視し、ピット上縁は自由辺として鉄筋コンクリート構造計算用資料集 (日本建築学会) の「等変分布荷重時 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力算定図表」を用いる。(添付説明書一建 2-III 付録 2)

Y 方向地震時における地震力方向直交壁の土圧荷重による応力概念図を添説建 2-III. 4. 4-1 図に示す。

応力は全て単位幅 (1.0m) に対して算定する。



添説建 2-III. 4. 4-1 図 Y 方向地震時における地震力方向直交壁の土圧荷重による応力概念図

地震力方向直交壁には、静止土圧と地震時土圧が作用する。

$$w_2 = P_{02} + W_{02} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN/m}^2$$

$$L_{x2} / H_2 = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$M_{y1} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

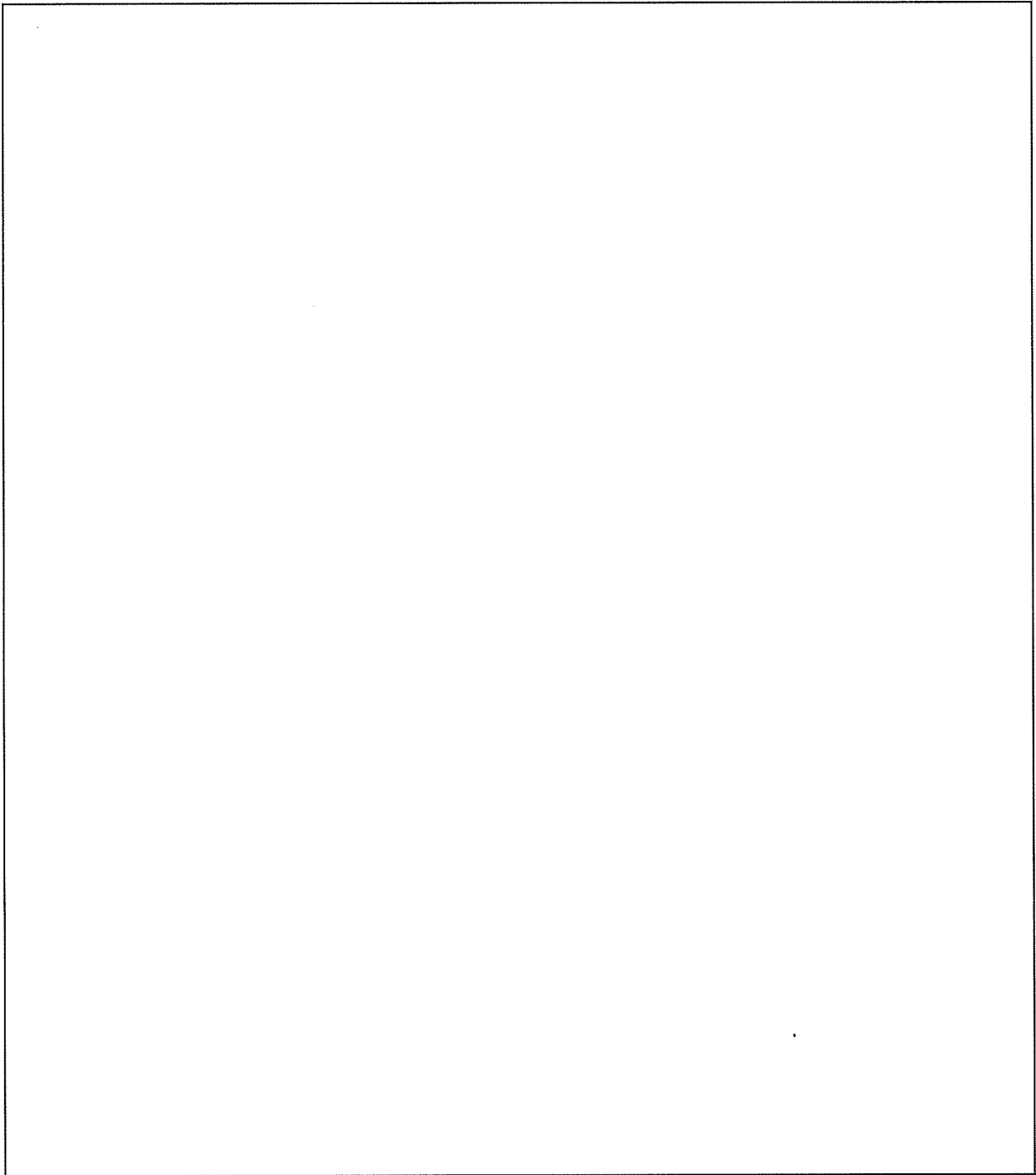
$$M_{y2 \text{ max}} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{x1} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{x2 \text{ max}} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$M_{y1} > M_{y2 \text{ max}}$  より  $M_{y2 \text{ max}}$  の評価は省略する。

上式の  $\beta$  の値は次頁の添説建 2-III. 4. 4-2 図より求める。



添説建 2-Ⅲ. 4. 4-2 図 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力算定図表

2) 地震力方向平行壁 (壁 A)

水平地震力 (慣性力) と地震時土圧は、2 対の平行壁が均等に全て負担するものとし、静止土圧によるせん断力も保守的に考えて単純加算して算定する。

水平地震力 (慣性力) + 地震時土圧 + 静止土圧 =  $S_{21}$

$$S_{21} = \frac{1}{2} \times Q_2 + \frac{1}{2} \times P_{EA2} \times L_{X2} + \frac{1}{2} \times P_{O2} \times L_{Y2} \times H_2$$

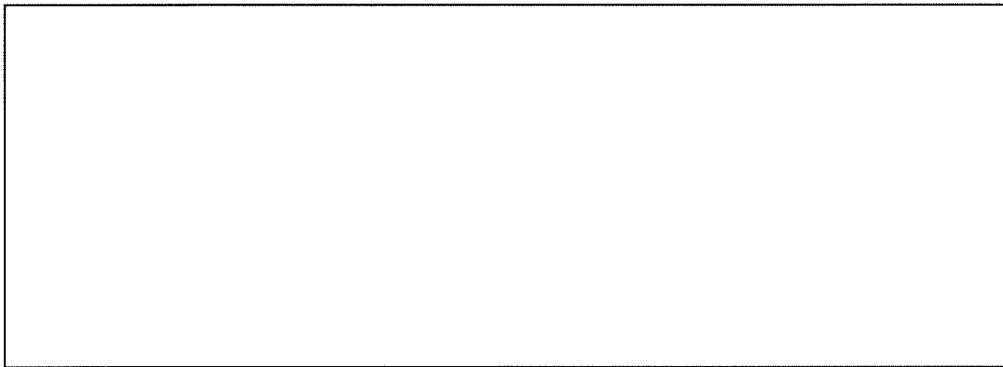
=  kN

(2) X 方向地震時

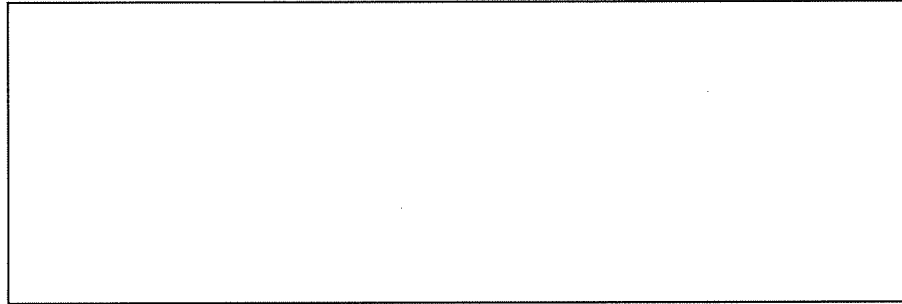
1) 地震力方向直交壁 (壁 A)

コンクリート壁に発生する応力は、ピット FL 高さに存在する溝形鋼床フレームの効果を考慮し、構造力学公式集 (土木学会) の「等変分布荷重を受ける相対 2 辺単純支持、他の 2 辺固定板の応力算定表」と「等変分布荷重を受ける 3 辺単純支持、1 辺固定板の応力算定表」を用いる。(添付説明書一建 2-III 付録 3)

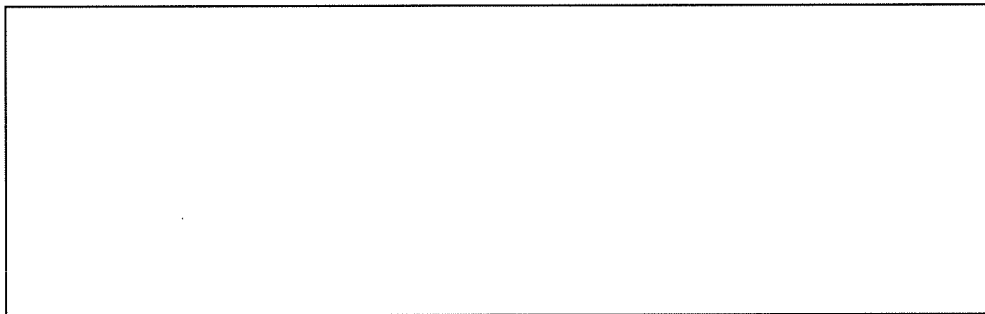
溝形鋼床フレームは、原料倉庫床レベルに合わせて地下ピット壁頂部に設置された床で、縞鋼板  $t=$   mm を  の格子で補剛した構造である。この格子構造の床フレームは、中央スラブとともに壁 A 頂部を支持し、壁 A 高さ上半分に作用する水平力を床フレーム両端部の壁 B、中央部壁、壁 D より底版へ伝達するため、壁 A 頂部は単純支持とした板モデルの応力算定表を適用する。



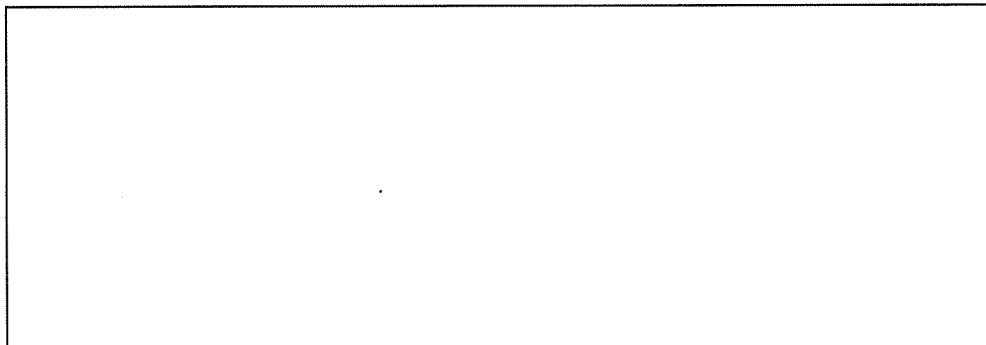
壁 A は、深さ 2.0m に対して、幅 11.2m 幅深さ比が大きいため、壁一般部左右端及び壁中央部の発生曲げモーメントの算出には、「相対 2 辺単純支持、他の 2 辺固定板の応力算定表」を用い、底部下端の発生曲げモーメントの算出には「3 辺単純支持、1 辺固定板の応力算定表」を用いるものとする。X 方向地震時における地震力方向直交壁の土圧荷重による応力概念図を添説建 2-III. 4. 4-3 図に示す。応力は全て単位幅 (1.0m) に対して算定する。



「相対 2 辺単純支持、他の 2 辺固定板」



「3 辺単純支持、1 辺固定板」



添説建 2-III. 4. 4-3 図 X 方向地震時における地震力方向直交壁の土圧荷重による応力概念図

地震力方向直交壁には、静止土圧と地震時土圧が作用する。

$$w_2 = P_{02} + W_{02} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN/m}^2$$

$$L_{y2} / H_2 = \boxed{\phantom{00}} = \boxed{\phantom{0}} \rightarrow \text{保守的に考えて}\infty\text{として算定する。}$$

$$M_{y1} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{\phantom{00000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{y2} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{\phantom{00000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{x3} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{\phantom{00000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{x2} = \beta \times w_2 \times H_2^2 = \boxed{\phantom{00000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

上式の  $\beta$  の値は添説建 2-Ⅲ. 4. 4-1 表、添説建 2-Ⅲ. 4. 4-2 表より求める。  
コンクリートのポアソン比  $\nu_2=0.2$  ※1 として補正する。 (※1 RC 規準より)

壁 A 一般部の左右端の曲げモーメント

$$M'_{y1} = \frac{(\nu_2 - \nu_1) \times M_{x1} + (1 - \nu_1 \nu_2) \times M_{y1}}{1 - \nu_1^2}$$

$$= \boxed{\phantom{000000000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

ここに

$$M_{x1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{y1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\nu_1 = \boxed{\phantom{000}}$$

壁 A 中央部の曲げモーメント

$$M'_{x2} = \frac{(1 - \nu_1 \nu_2) \times M_{x2} + (\nu_2 - \nu_1) \times M_{y2}}{1 - \nu_1^2}$$

$$= \boxed{\phantom{000000000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M'_{y2} = \frac{(\nu_2 - \nu_1) \times M_{x2} + (1 - \nu_1 \nu_2) \times M_{y2}}{1 - \nu_1^2}$$

$$= \boxed{\phantom{000000000000}}$$

$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

ここに

$$M_{x2} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{y2} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\nu_1 = \boxed{\phantom{000}}$$

壁 A 底部下端の曲げモーメント

$$M'_{x3} = \frac{(1 - \nu_1 \nu_2) \times M_{x3} + (\nu_2 - \nu_1) \times M_{y3}}{1 - \nu_1^2}$$

$$= \boxed{\phantom{\text{ }}} \\ = \boxed{\phantom{\text{ }}} \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

ここに

$$M_{x3} = \boxed{\phantom{\text{ }}} \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

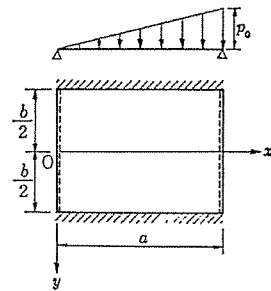
$$M_{y3} = \boxed{\phantom{\text{ }}} \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\nu_1 = \boxed{\phantom{\text{}}}$$

$M'_{y1} > M'_{y2}$  より  $M'_{y2}$  の評価は省略する。

添説建 2-III. 4. 4-1 表

等変分布荷重を受ける相対 2 辺単純支持、他の 2 辺固定板のモーメント ( $\nu_1=0.3$ )



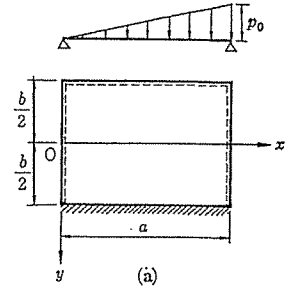
$\frac{b}{a}$	$x=a/2, y=0$		$x=3a/4, y=0$		$x=a/2, \nu=\pm b/2$	$x=3a/4, \nu=\pm b/2$	係 数
	$M_x$	$M_y$	$M_x$	$M_y$	$M_y$	$M_y$	
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>							$p_0 b^2$
							$p_0 b^2$
							$p_0 a^2$
							$p_0 a^2$
							$p_0 a^2$
							$p_0 a^2$
							$p_0 a^2$

添説建 2-III. 4. 4-2 表

等変分布荷重を受ける 3 辺単純支持、1 辺固定板のたわみ及びモーメント ( $\nu_1=0.3$ )

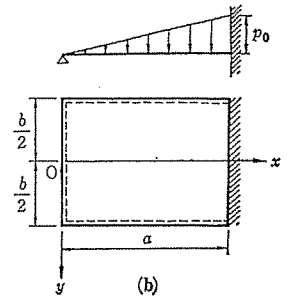
荷重状態 (a) の場合

$\frac{b}{a}$	$(M_y)_{y=b/2}$			係 数
	$x=a/4$	$x=a/2$	$x=3/4 a$	
$\infty$	-0.039	-0.062	-0.055	$p_0 a^2$
2	-0.038	-0.061	-0.053	$p_0 a^2$
3/2	-0.034	-0.056	-0.050	$p_0 a^2$
1	-0.025	-0.042	-0.040	$p_0 a^2$
2/3	-0.030	-0.056	-0.060	$p_0 b^2$
1/2	-0.031	-0.061	-0.073	$p_0 b^2$
0	-0.031	-0.062	-0.094	$p_0 b^2$



荷重状態 (b) の場合

$b/a$	$(w)_{x=a/2, y=0}$	係 数	$(M_x)_{x=a/2, y=0}$	$(M_y)_{x=a/2, y=0}$	$(M_x)_{x=a, y=0}$	係 数
						$p_0 a^2$
						$p_0 a^2$
						$p_0 a^2$
						$p_0 a^2$
						$p_0 b^2$
						$p_0 b^2$
						$p_0 b^2$



2) 地震力方向平行壁 (壁 B、壁 D)

水平地震力 (慣性力) と地震時土圧は、保守的に考えて 2 対の平行壁が均等に全て負担するものとし、静止土圧によるせん断力も保守的に考えて単純加算して算定する。

$$\text{水平地震力 (慣性力) + 地震時土圧 + 静止土圧} = S_{22}$$

$$S_{22} = \frac{1}{2} \times Q_2 + \frac{1}{2} \times P_{E2} \times L_{V2} + \frac{1}{2} \times P_{02} \times L_{X2} \times H_2$$

$$= \boxed{\hspace{10em}} \text{ kN}$$

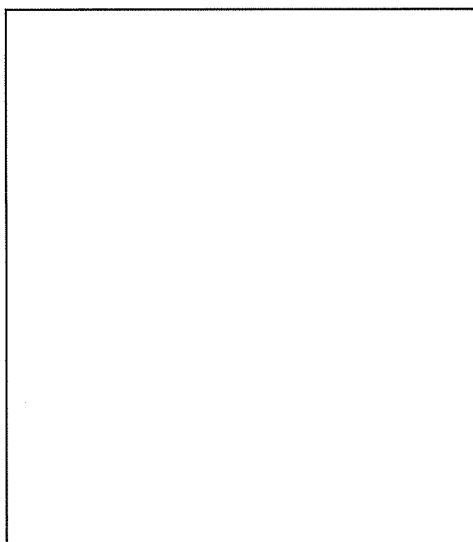
#### 4.5.コンクリート壁検討条件

##### (1) コンクリート壁の配筋

ピットの各コンクリート壁の配筋は添説建 2-III. 4.5-1 表の通り。

添説建 2-III. 4.5-1 表 コンクリート壁の配筋位置による引張鉄筋断面積

地震力方向	地震力方向直交壁位置	配筋位置		引張鉄筋 配筋 鉄筋径 $\phi$ (mm) - @ピッチ (mm)	単位幅当たり 引張鉄筋断面積 ( $\text{mm}^2$ )
X 方向	壁 A	縦筋	一般部		
			底部		
		横筋	一般部		
			底部		
	壁 C	縦筋	一般部		
			底部		
横筋		一般部			
		底部			
Y 方向	壁 B 壁 D	縦筋	一般部		
			底部		
		横筋	一般部		
			底部		

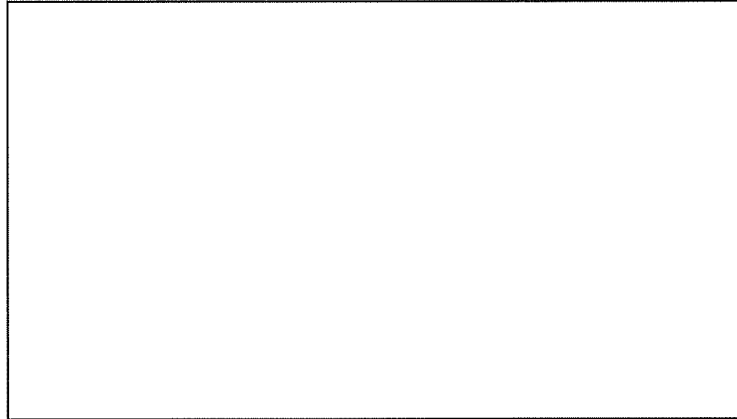


15 通り基礎、基礎梁が直近に存在するため、静止土圧及び地震時土圧の作用が小さい壁 C については、評価を省略する。



(2) コンクリート壁厚

コンクリート壁厚さは、 mmとして評価する。コンクリート壁厚と位置名称を添説建 2-Ⅲ.4.5-1 図に示す。



添説建 2-Ⅲ.4.5-1 図 コンクリート壁厚と位置

#### 4.6 検討結果

地震時に各コンクリート壁に発生する単位幅当たりの応力に対して、許容応力との検定比にて評価する。

##### (1) Y方向地震時の検討

##### 1) 地震力方向直交壁

「静止土圧 + 地震時土圧」による発生曲げモーメントに対して評価を行う。

コンクリート壁の短期許容曲げモーメントは、RC規準(13.1)式より算定する。

コンクリート壁断面と応力関係図を添説建 2-III. 4.6-1 図に、「静止土圧 + 地震時土圧」による曲げモーメント評価を添説建 2-III. 4.6-1 表に示す。

$$M_a = a_t \times f_t \times j$$

$M_a$  : 短期許容曲げモーメント (kN・m)

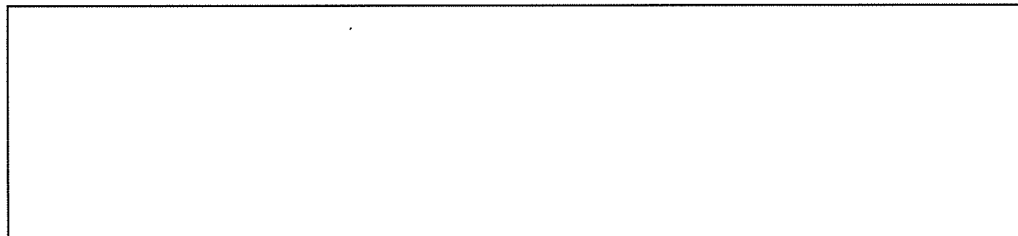
$a_t$  : 引張鉄筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$f_t$  : 引張鉄筋の短期許容応力度 (=235 N/mm<sup>2</sup>)

$j$  : 応力中心距離 (mm) (= (7/8) × d)

$d$  : 有効せい (mm)

$d_t$  : かぶり厚 (mm)



添説建 2-III. 4.6-1 図 コンクリート壁断面と応力関係図

添説建 2-III. 4.6-1 表

「静止土圧 + 地震時土圧」による曲げモーメント評価 (単位幅当たり) (Y方向地震力)

地震力方向 直交壁位置	発生曲げ モーメント M (kN・m/m)	引張鉄筋		コンク リート 壁厚 t (mm)	有効 せい d (mm)	応力 中心 距離 j (mm)	短期許容 曲げ モーメント M <sub>a</sub> (kN・m/m)	検定比 M/M <sub>a</sub>	判定
		断面積 a <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 f <sub>t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )						
壁 B 壁 D	一般部 左右端								OK
	一般部 中央								OK
	底部 下端								OK

2) 地震力方向平行壁

「水平地震力（慣性力）＋ 地震時土圧 ＋ 静止土圧」により、地震力方向平行壁に発生するせん断力に対して評価を行う。

コンクリート壁の短期許容せん断力は、以下にて算定する。

「水平地震力（慣性力）＋ 地震時土圧 ＋ 静止土圧」によるせん断評価を添説建 2-III. 4. 6-2 表に示す。

$$S_a = f_s \times t \times L_{V2}$$

$S_a$  : 短期許容せん断力 (kN)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度 (=1.02 N/mm<sup>2</sup>)

$t$  : コンクリート壁厚 (mm)

$L_{V2}$  : ピットの地震力方向長さ (mm)

添説建 2-III. 4. 6-2 表

「水平地震力（慣性力）＋ 地震時土圧 ＋ 静止土圧」によるせん断評価（Y方向地震力）

地震力方向平行壁位置	発生せん断力	短期許容せん断応力度	コンクリート壁厚	ピットの地震力方向長さ	短期許容せん断力	検定比	判定
	$S_{21}$ (kN)	$f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$t$ (mm)	$L_{V2}$ (mm)	$S_a$ (kN)	$S_{21}/S_a$	
壁 A 底部下端							OK

以上より、原料倉庫地下ピットは、Y方向地震力に対して安全である。

(2) X方向地震時の検討

1) 地震力方向直交壁

(1)と同様の検討結果を添説建 2-III. 4. 6-3 表に示す。

添説建 2-III. 4. 6-3 表

「静止土圧 ＋ 地震時土圧」による曲げモーメント評価（単位幅当たり）（X方向地震力）

地震力方向直交壁位置	発生曲げモーメント $M$ (kN・m/m)	引張鉄筋		コンクリート壁厚 $t$ (mm)	有効せい $d$ (mm)	応力中心距離 $j$ (mm)	短期許容曲げモーメント $M_a$ (kN・m/m)	検定比 $M/M_a$	判定
		断面積 $a_t$ (mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )						
壁 A	一般部左右端								OK
	一般部中央								OK
	底部下端								OK

※1：横筋ピッチ変化のため、一般部と底部の平均値とした。

2) 地震力方向平行壁

(1)と同様の検討結果を添説建 2-III. 4. 6-4 表に示す。

添説建 2-III. 4. 6-4 表

「水平地震力（慣性力）+ 地震時土圧 + 静止土圧」によるせん断評価（X方向地震力）

地震力 方向平行 壁位置		発生 せん断力 $S_{22}$ (kN)	短期許容 せん断応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	コンクリート 壁厚 $t$ (mm)	ピットの 地震力方向長さ $L_{x2}$ (mm)	短期許容 せん断力 $S_a$ (kN)	検定比 $S_{22}/S_a$	判定
壁 B 壁 D	底部 下端							OK

以上より、原料倉庫地下ピットは、X方向地震力に対して安全である。

## 5. 地下ピット底版の強度検討

### 5.1. 強度検討の対象設備機器

地下ピット底版の強度評価対象となる設備機器及び耐震解析により算出した底版に作用する設計反力は以下の通り。

設備機器名 : 蒸発器(1)-A

設計用水平震度  $k_H$  : 1.0 (耐震重要度分類第1類)



## 5.2.長期荷重による評価

### (1) 地下ピット底版の支持性能評価

蒸発器(1)-A のベースプレート設置面に作用する長期荷重と底版コンクリート許容圧縮荷重の比較を以下に示す。

長期支点反力 $V_s$ (kN)	:	<input type="text"/>
ベースプレート面積 $A$ (mm <sup>2</sup> )	:	$a \times b =$ <input type="text"/>
底版コンクリート設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	<input type="text"/>
底版コンクリートの長期許容圧縮応力度 $f_{c1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	:	$F_c / 3 =$ <input type="text"/>
グラウト厚さ $t_M$ (mm)	:	<input type="text"/>
グラウト単位体積重量 $\gamma_M$ (kN/m <sup>3</sup> )	:	<input type="text"/> (保守的にコンクリート相当とした)
グラウト重量 $W_M$ (kN)	:	$A \times t_M \times \gamma_M$
	=	<input type="text"/>
	=	<input type="text"/>

底版コンクリート上面作用荷重

$$V_s' = V_s + W_M = \text{} \text{ kN}$$

底版コンクリートの長期許容圧縮荷重

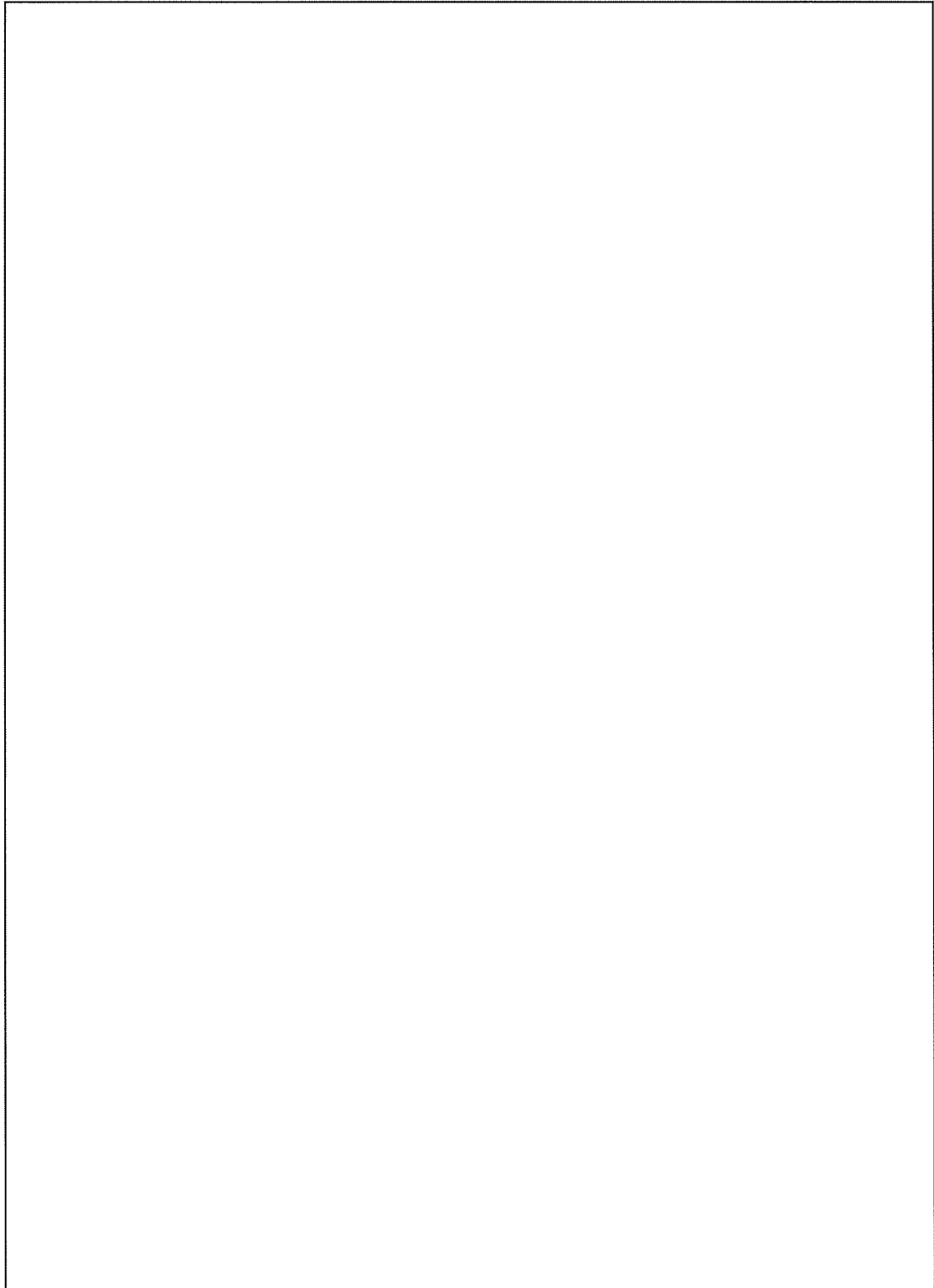
$$Q_{s1} = f_{c1} \times A = \text{} \text{ kN}$$

$$V_s' / Q_{s1} = \text{}$$

以上より、底版コンクリートの長期許容圧縮荷重は、設備機器支点反力を上回っていることを確認した。

(2) ローム層の支持性能評価

蒸発器(1)-A の長期支点反力が底版コンクリート、砕石層を介して直下のローム層に伝達されるものとする。



底版コンクリート荷重分散図

長期荷重時ローム層評価対象面積  $S_\ell$  (m<sup>2</sup>) :

コンクリート単位体積重量  $\gamma_c$  (kN/m<sup>3</sup>) :

底版コンクリート厚さ  $t_c$  (mm) :

底版コンクリート単位面積重量  $\gamma_{ca}$  (kN/m<sup>2</sup>) :  $\gamma_c \times t_c =$   =

底版コンクリート重量  $W_c$  (kN) :  $S_\ell \times \gamma_{ca} =$   =

砕石単位体積重量  $\gamma_s$  (kN/m<sup>3</sup>) :  (建築物荷重指針・同解説 日本建築学会)

砕石厚さ  $t_s$  (mm) :

砕石単位面積重量  $\gamma_{sa}$  (kN/m<sup>2</sup>) :  $\gamma_s \times t_s =$   =

砕石重量  $W_s$  (kN) :  $S_\ell \times \gamma_{sa} =$   =

評価対象面積に作用する

設備ベースプレート個数  $n_\theta$  (個) :

評価対象面積に作用する設備重量  $W'$  (kN) :  $V_s' \times n_\theta =$   =

ローム層の長期に生じる力に

対する許容応力度  $\sigma_{c1}$  (kN/m<sup>2</sup>) :  (建築基準法施行令第93条)

ローム層の評価対象面積に作用する長期荷重

$V_{\theta S} = W_c + W_s + W' =$   kN

ローム層の長期荷重による圧縮応力度

$\sigma_s = V_{\theta S} / S_\ell =$   kN/m<sup>2</sup>

ローム層の長期に生じる力に対する許容荷重

$Q_{s2} = \sigma_{c1} \times S_\ell =$   kN

$V_{\theta S} / Q_{s2} =$

以上より、ローム層の長期に生じる力に対する許容荷重は、設備機器支点反力を上回っていることを確認した。



### 5.3.短期荷重による評価

#### (1) 地下ピット底版の支持性能評価

前項で用いた蒸発器(1)-A のベースプレート設置面に作用する短期荷重と底版コンクリート許容圧縮荷重の比較を以下に示す。

ベースプレート 1 箇所当りの支点反力  $V_E$  (kN) :

底版コンクリート短期許容圧縮応力度  $f_{c2}$  (N/mm<sup>2</sup>) :  $f_{c1} \times 2.0 =$

底版コンクリート上面作用荷重

$V_E' = V_E + W_M =$   kN

底版コンクリート短期許容圧縮荷重

$Q_{E1} = f_{c2} \times A =$   kN

$V_E' / Q_{E1} =$

以上より、底版コンクリート短期許容圧縮荷重は、設備に耐震重要度分類第 1 類の地震力 (1.0G) が作用した場合の支点反力を上回っていることを確認した。

#### (2) ローム層の支持性能評価

蒸発器(1)-A の短期支点反力が底版コンクリート、砕石層を介して直下のローム層に伝達されるものとする。支点反力の伝達に対しては、長期荷重の検討時と同等の荷重分散効果を考慮する。

短期荷重時ローム層評価対象面積  $S_\theta$  (m<sup>2</sup>) :

ローム層の短期に生じる力に

対する許容応力度  $\sigma_{c2}$  (kN/m<sup>2</sup>) :  (建築基準法施行令第 93 条)

評価対象面積に作用する地震時荷重

$V_E'' = V_E - V_S =$   kN

ローム層の短期荷重による圧縮応力度

$\sigma_E = V_E'' / S_\theta =$   kN/m<sup>2</sup>

ローム層の評価対象面積に作用する短期荷重

$V_{\theta E} = (\sigma_E + \sigma_s) \times S_\theta =$   kN

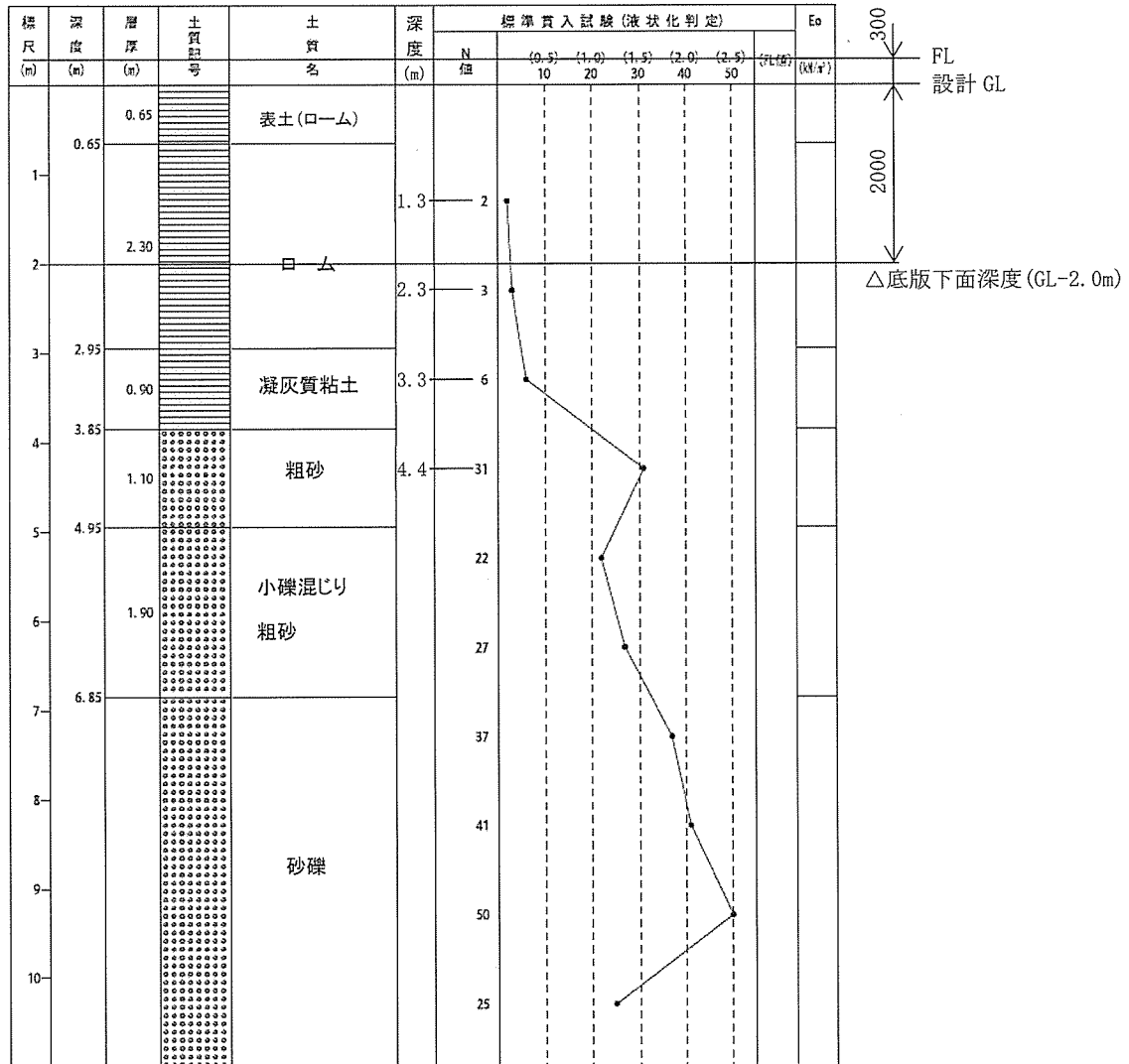
ローム層の短期に生じる力に対する許容荷重

$Q_{E2} = \sigma_{c2} \times S_\theta =$   kN

$V_{\theta E} / Q_{E2} =$

以上より、ローム層の短期に生じる力に対する許容荷重は、設備に耐震重要度分類第 1 類の地震力 (1.0G) が作用した場合の支点反力を上回っていることを確認した。

ボーリング柱状図



鉄筋コンクリート構造計算用資料集（日本建築学会）

等変分布荷重時3辺固定1辺自由スラブの応力算定図表

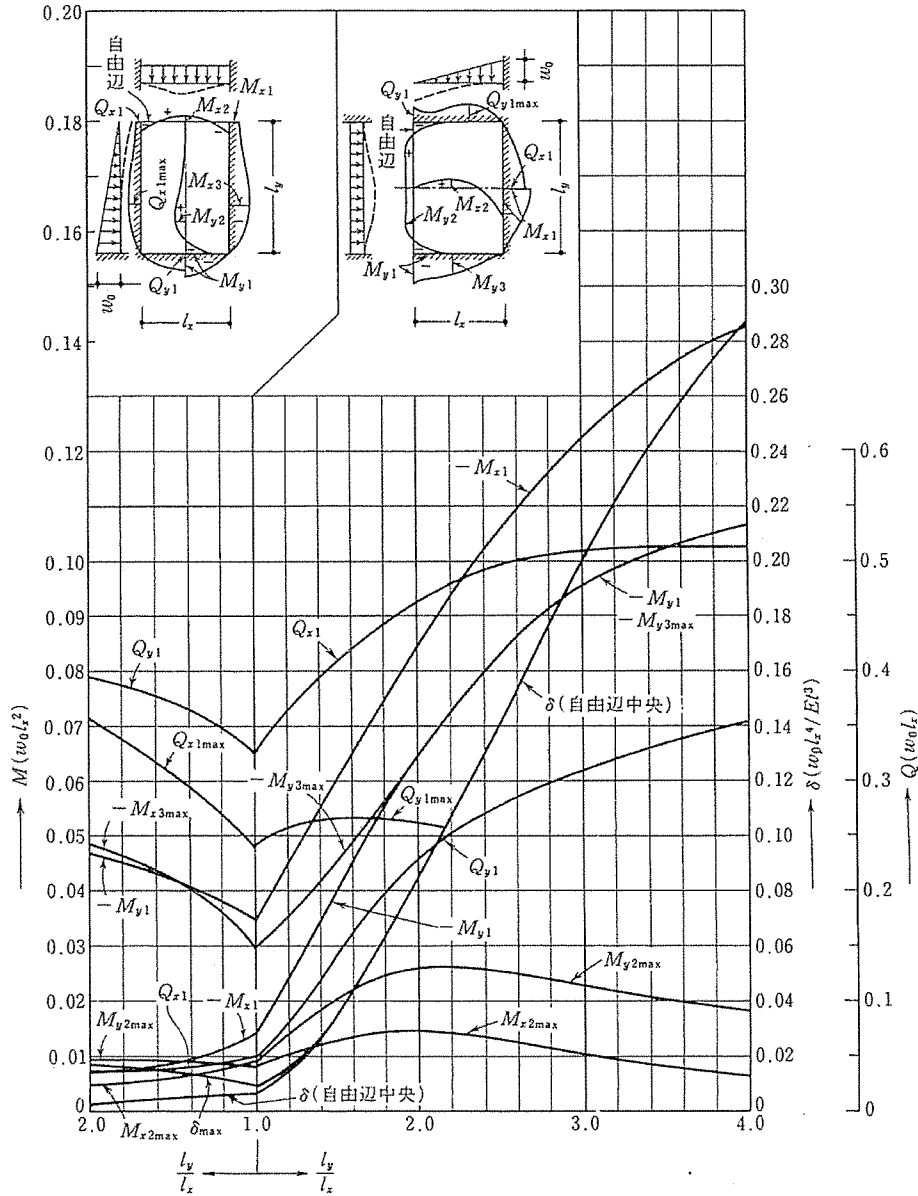


図 6.4 等変分布荷重時3辺固定1辺自由スラブの応力図と自由辺中央のたわみ<sup>1)</sup> ( $\nu=0$ )

上算定図表は、鉄筋コンクリート構造計算用資料集（日本建築学会）からの出典であり、ポアソン比  $\nu=0$  として計算されたものである。上記資料集に記載されている本図表の参考文献では、鉄筋コンクリートのポアソン比とした場合、正方形板中心の曲げモーメントで危険側に 15%程度の誤差が生じるとの記載とともに、工学的に扱うときは一般的に鉄筋コンクリートのポアソン比を 0 と仮定しても差し支えない場合が多いとも記載されている。本書の検討においては、ポアソン比の影響を受ける一般部中央の発生曲げモーメントは小さく、危険側誤差を考慮したとしても鉄筋コンクリート壁の強度は十分な裕度を持っているため、ポアソン比  $\nu=0$  の算定図表をそのまま適用するものとした。

構造力学公式集（土木学会）

相対 2 辺単純支持、他の 2 辺が固定である応力算定表

3 辺単純支持、1 辺が固定である応力算定表

等分布荷重，等変分布荷重，集中荷重などを受ける各種の形状および支持条件をもつ長方形板のたわみ，モーメントの値を 表 10.6 に示す<sup>1),2)</sup>。

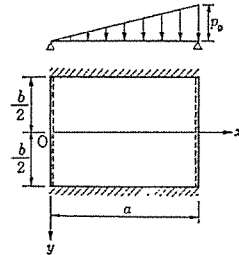
これらの表を利用するときに，もし求めようとする平板の辺長比 ( $b/a$ ) が表にない場合は，隣接する辺長比に対する値を求め，線形補間によって計算することで実用的には十分である。またこの表では，ポアソン比 ( $\nu$ ) を 0.3, 1/6 または 0 と仮定した計算値が示されているが，これらの値以外のポアソン比に対しては，次式を用いて修正すれば実用的には十分である。

$$M_{x2} = \frac{(1-\nu_1\nu_2)M_{x1} + (\nu_2-\nu_1)M_{y1}}{1-\nu_1^2} \dots\dots\dots(10.112)$$

$$M_{y2} = \frac{(\nu_2-\nu_1)M_{x1} + (1-\nu_1\nu_2)M_{y1}}{1-\nu_1^2} \dots\dots\dots(10.113)$$

ここに， $\nu_1, M_{x1}, M_{y1}$  は表に示されたポアソン比およびモーメントであり， $\nu_2, M_{x2}, M_{y2}$  は求めようとする平板のポアソン比およびモーメントである。

表 10.6 (e) 等変分布荷重を受ける相対 2 辺単純支持，他の 2 辺固定板のモーメント ( $\nu=0.3$ )<sup>1)</sup>

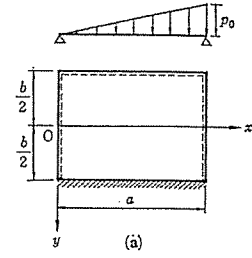


$\frac{b}{a}$	$x=a/2, y=0$		$x=3a/4, y=0$		$x=a/2, y=\pm b/2$	$x=3a/4, y=\pm b/2$	係 数
	$M_x$	$M_y$	$M_x$	$M_y$	$M_y$	$M_y$	
0.50	0.007	0.021	0.018	0.029	-0.042	-0.062	$p_0 b^2$
0.75	0.011	0.020	0.018	0.021	-0.040	-0.045	$p_0 b^2$
1.00	0.013	0.017	0.017	0.015	-0.035	-0.035	$p_0 a^2$
1.25	0.021	0.021	0.024	0.019	-0.045	-0.043	$p_0 a^2$
1.50	0.030	0.023	0.031	0.020	-0.051	-0.048	$p_0 a^2$
2.00	0.043	0.024	0.042	0.020	-0.060	-0.053	$p_0 a^2$
$\infty$	0.033	0.019	0.055	0.017	-0.063	-0.055	$p_0 a^2$

表 10.6 (g) 等変分布荷重を受ける3辺単純支持, 1辺固定板のたわみおよびモーメント ( $\nu=0.3$ )<sup>1)</sup>

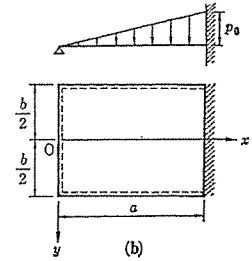
荷重状態 (a) の場合

$\frac{b}{a}$	$(M_y)_{y=b/2}$			係 数
	$x=a/4$	$x=a/2$	$x=3/4 a$	
$\infty$	-0.039	-0.062	-0.055	$p_0 a^2$
2	-0.038	-0.061	-0.053	$p_0 a^2$
3/2	-0.034	-0.056	-0.050	$p_0 a^2$
1	-0.025	-0.042	-0.040	$p_0 a^2$
2/3	-0.030	-0.056	-0.060	$p_0 b^2$
1/2	-0.031	-0.061	-0.073	$p_0 b^2$
0	-0.031	-0.062	-0.094	$p_0 b^2$



荷重状態 (b) の場合

$b/a$	$(w)_{x=a/2, y=0}$	係 数	$(M_x)_{x=a/2, y=0}$	$(M_y)_{x=a/2, y=0}$	$(M_x)_{x=a, y=0}$	係 数
$\infty$	0.0024	$p_0 a^4/D$	0.029	0.009	-0.067	$p_0 a^2$
2	0.0023	$p_0 a^4/D$	0.029	0.011	-0.063	$p_0 a^2$
3/2	0.0019	$p_0 a^4/D$	0.026	0.013	-0.061	$p_0 a^2$
1	0.0013	$p_0 a^4/D$	0.019	0.016	-0.048	$p_0 a^2$
2/3	0.0030	$p_0 b^4/D$	0.028	0.034	-0.071	$p_0 b^2$
1/2	0.0045	$p_0 b^4/D$	0.024	0.046	-0.084	$p_0 b^2$
0	0.0065	$p_0 b^4/D$	0.019	0.062	-0.125	$p_0 b^2$



#### IV. 工場棟及び付属建物 飛散防止用防護ネット耐震計算書

##### 1. 概要

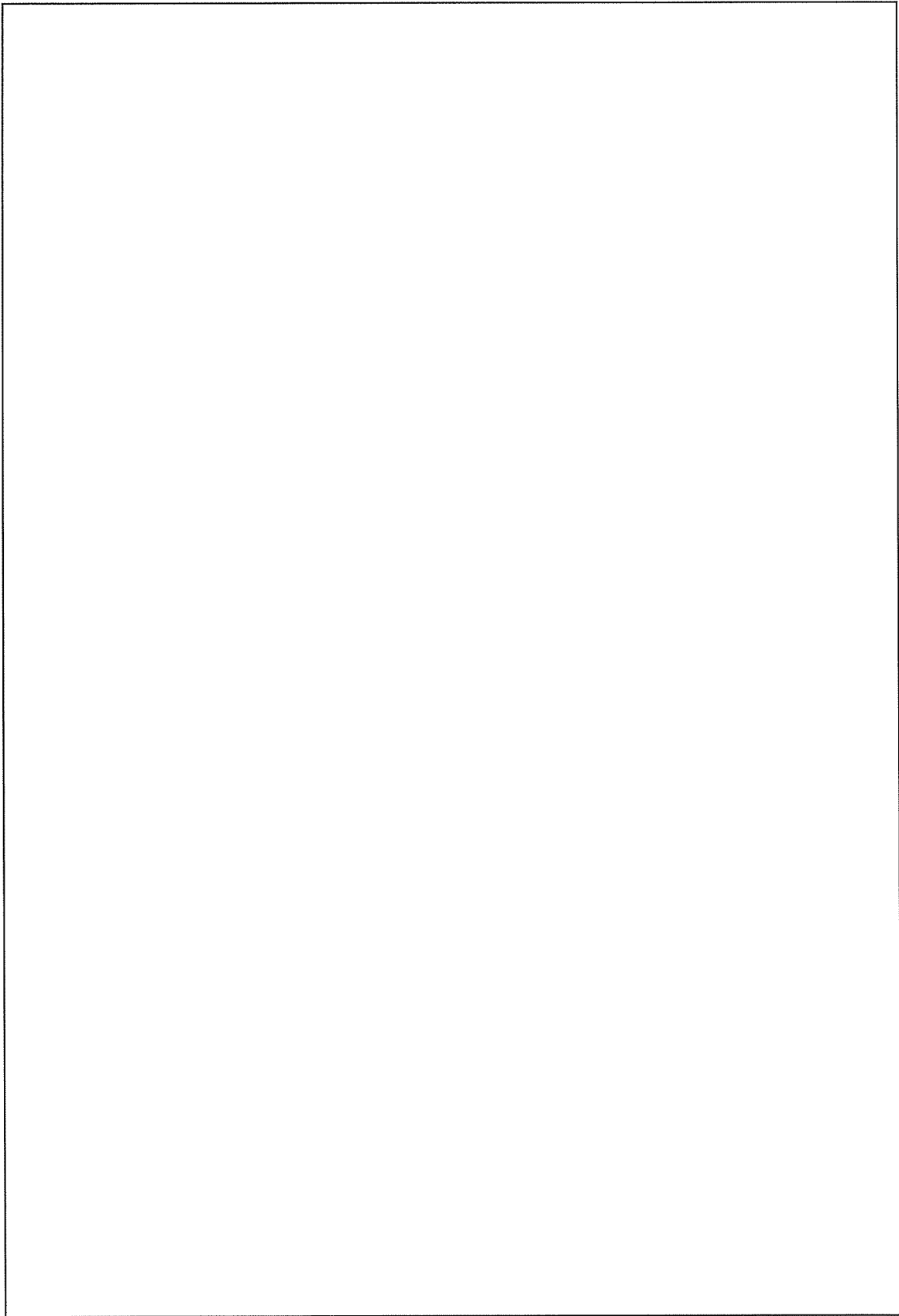
工場棟（転換工場、成型工場、組立工場）及び隣接する付属建物（除染室・分析室、第2核燃料倉庫前室）、放射線管理棟（一部）は、折板屋根もしくはALC屋根である。折板屋根及びALC屋根は、竜巻防護設計の竜巻である藤田スケールのF1の最大風速49m/sに対しては、安全機能を損なうことがないように、竜巻荷重を上回る強度を有する設計であるが、更なる安全裕度の向上策の確認として用いる藤田スケールのF3の最大風速92m/sに対しては、同建物の屋根が損傷することから、建物内に設置される設備・機器等の建物外部への飛散を防止するため、建物の屋根の下に飛散防止用防護ネット（以下、防護ネットという。）を設置する。

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。

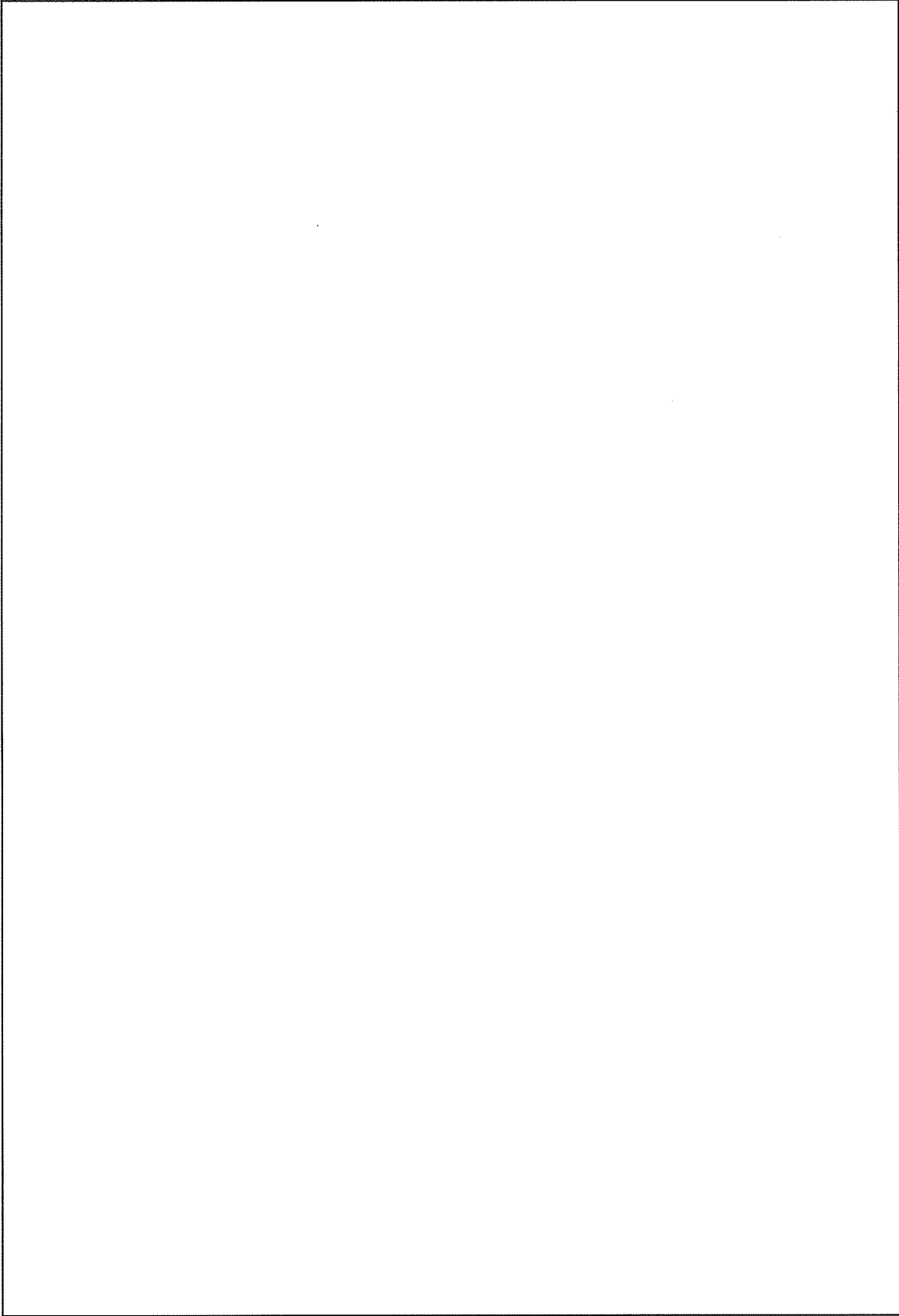
本説明書では、設置された防護ネットに対し、耐震強度検討を実施し、防護ネットが地震時に健全であることを確認する。

##### 2. 防護ネットの設置位置

添説建2-IV.2-1図～添説建2-IV.2-3図に防護ネット設置範囲平面図を示す。

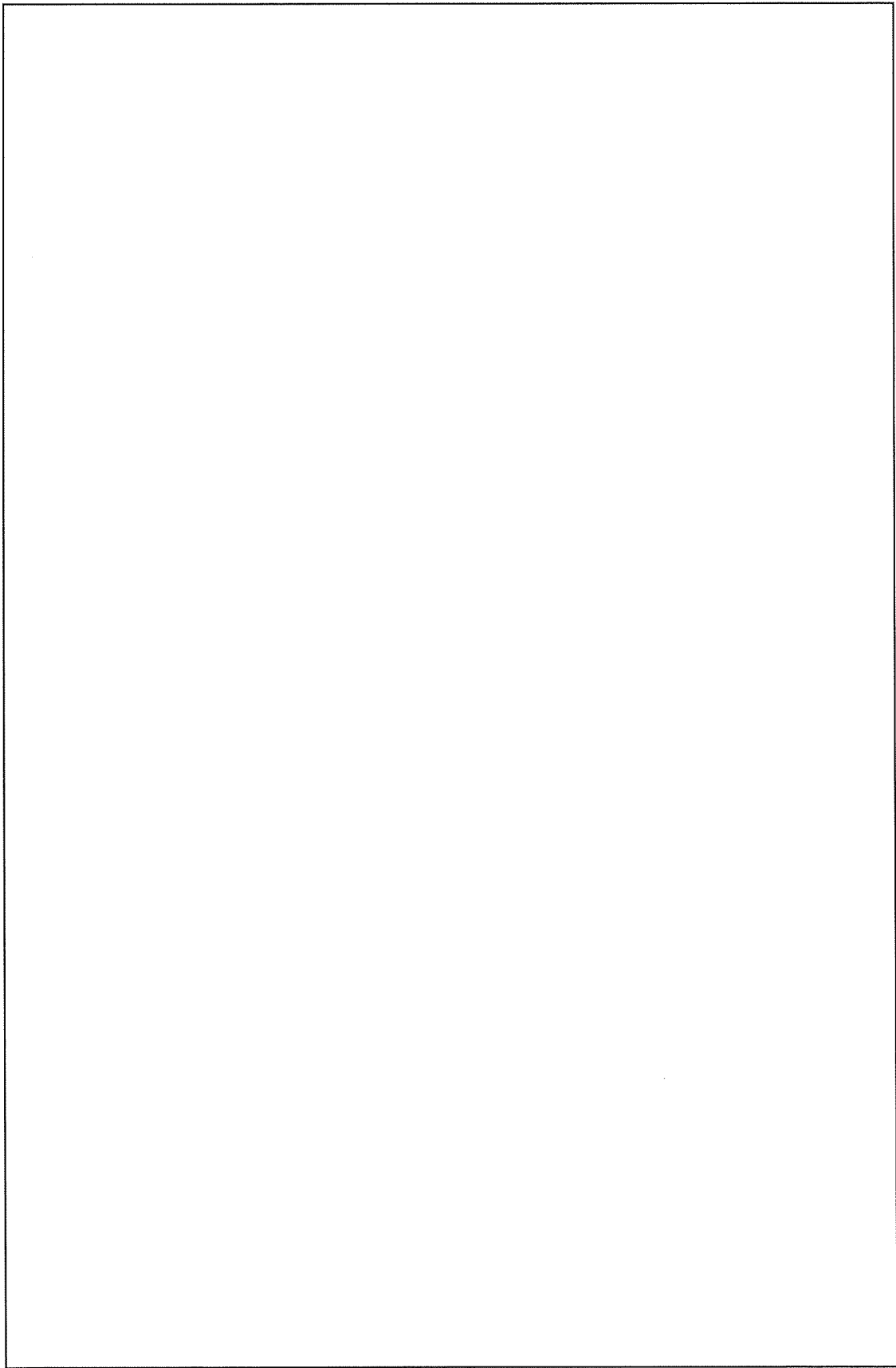


添説建 2-IV.2-1 図 防護ネット設置範囲平面図 (成型工場・組立工場・転換工場・上面)



添説建2-IV.2-2 図 防護ネット設置範囲平面図（転換工場：下面）





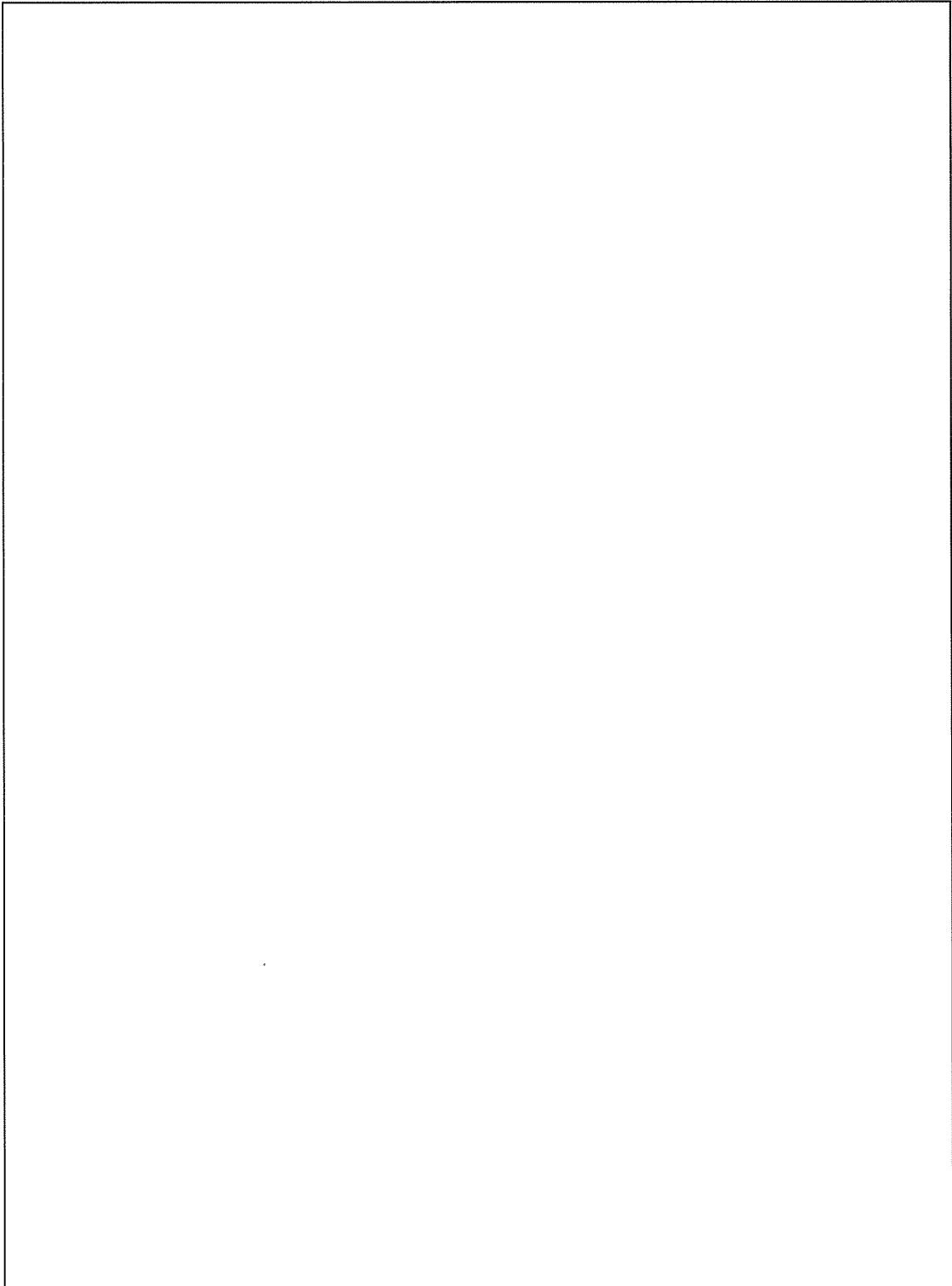
添説建 2-IV.2-3 図 防護ネット設置範囲平面図 (除染室・分析室、放射線管理棟 (一部)、第 2 核燃料倉庫 (前室)、転換工場 (東側))

### 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 2-IV.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 2-IV.3.1-1 図 防護ネット標準図 (組立工場)

3.2. 防護ネット各部の標準仕様

防護ネット各部の仕様を添説建 2-IV.3.2-1 表、添説建 2-IV.3.2-2 表、添説建 2-IV.3.2-1 図、添説建 2-IV.3.2-2 図に示す。

添説建 2-IV.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）

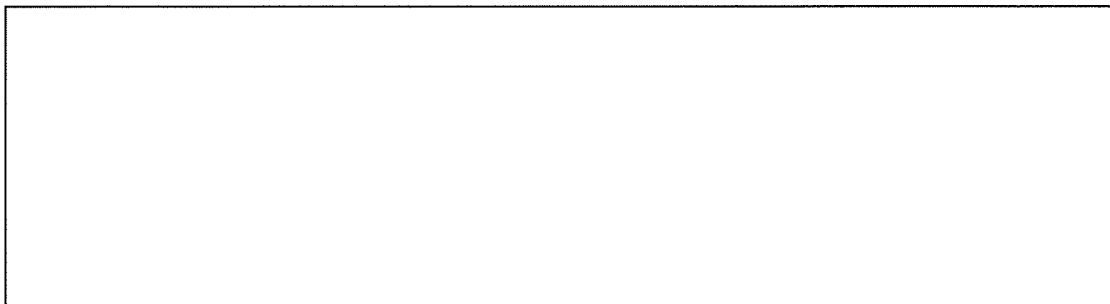


金網の線径を  $d$   
金網の網目の目合い寸法を  $S$  とする。

添説建 2-IV.3.2-1 図 金網線径と目合い寸法

添説建2-IV.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)
ワイヤロープ	素線材質				
	縦弾性係数				
	径、断面積、破断強度				
クランプ	規格、材質				
	定着効率				
ターンバックル	規格、材質				
	破断荷重、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2-IV.3.2-2 図 付属物取り付け図

#### 4. 評価方法

##### (1) 設計方針

耐震重要度分類第1類の設備である防護ネットの建物構造への取付点である固定部の設計にあたっては、I. 耐震設計の基本方針に従い、局部震度法による水平地震力と常時作用している固定荷重の組み合わせに対し、弾性範囲にとどまる設計を行うものとする。

##### (2) 設計用荷重

固定部のシャックル取合孔部に作用する設計用荷重は以下の通り。

##### 1) 固定荷重（鉛直方向荷重）

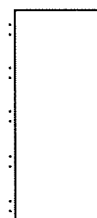
防護ネットの単位重量  $w$  (kN/m<sup>2</sup>)<sup>※1</sup>

防護ネットの展開長さ  $L_x$  (m)

防護ネットの展開直角長さ  $L_y$  (m)

固定部の個数  $N$  (箇所)

固定部の孔数  $n$  (箇所)



※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。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向荷重} & : F_z = w \times L_x \times L_y / N / n \\ & = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN} \end{aligned}$$

##### 2) 水平地震力（水平方向荷重）

水平震度  $k$  : 2.0<sup>※2</sup> (上層階、屋上及び塔屋)

1.5<sup>※2</sup> (中間層)

※2：添付説明書一建2 I. 耐震設計の基本方針 3.2.より

水平方向荷重分担固定部の個数  $N'$  (箇所) :

$$\begin{aligned} \text{水平方向荷重 上層階、屋上} & : F_{xy} = w \times L_x \times L_y \times k / N' / n \\ & = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{中間層} & : F_{xy} = w \times L_x \times L_y \times k / N' / n \\ & = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN} \end{aligned}$$

3) 設計用荷重

固定荷重と水平地震力を組み合わせた設計荷重を設定する。

上層階、屋上 :  $F_e = \sqrt{F_z^2 + F_{xy}^2} = \boxed{\phantom{000}} = \boxed{\phantom{00}} \text{ kN}$

中間層 :  $F_e = \sqrt{F_z^2 + F_{xy}^2} = \boxed{\phantom{000}} = \boxed{\phantom{00}} \text{ kN}$

(3) 使用材料の仕様

使用材料の仕様は以下の通り。(日本建築学会「鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 —」による)

1) 固定部

鋼板 :   
 材質 :   
 基準強度  $f$  (N/mm<sup>2</sup>) :   
 短期許容せん断応力度  $f/\sqrt{3}$  (N/mm<sup>2</sup>) :

山形鋼 :   
 材質 :   
 基準強度  $f$  (N/mm<sup>2</sup>) :   
 短期許容せん断応力度  $f/\sqrt{3}$  (N/mm<sup>2</sup>) :

2) 高力ボルト

種類 :   
 サイズ :   
 軸断面積  $A_b$  (mm<sup>2</sup>) :   
 高力ボルトの設計ボルト張力  $T_o$  (kN) :   
 長期許容引張り応力度  $\sigma_{ta}$  (N/mm<sup>2</sup>) :   
 長期許容せん断応力度  $f_{s0}$  (N/mm<sup>2</sup>) :   
 一面摩擦短期許容せん断力  $Q_{sa}$  (kN/本) :

(4) 適用基準

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)
- ・ 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 — (日本建築学会)

5. 防護ネット固定部の耐震強度検討

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。また、防護ネット設置のために建物との取合が必要な箇所（除染室・分析室）には、防護ネット設置用鋼材を設置し、防護ネット固定部に必要な耐震強度、飛散物及び飛来物が防護ネットに衝突した際の強度を確保する。

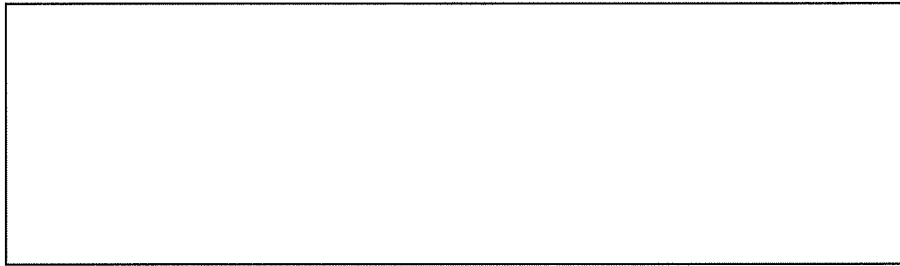
なお、防護ネットの固定部の耐震強度検討は、成型工場、組立工場、転換工場、それぞれについて行うものとする。

以下に各工場の検討結果を示す。

(1) 成型工場

1) 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

設計用荷重  $F_e$  (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。

2) 梁部の検討

固定部の梁部の検討を行う。

(a) 梁部の仕様

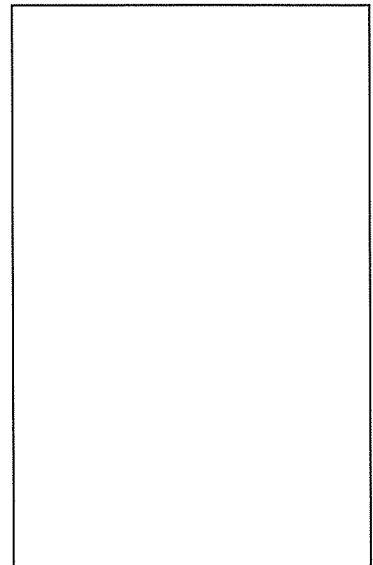
梁スパン  $L$  (mm) :

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>) :

※1 : シャックル取合孔の欠損を考慮する

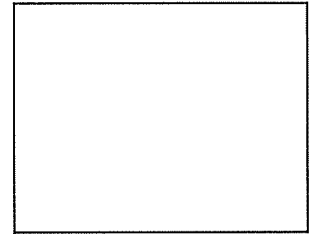


(b) 梁部に作用する荷重の集約 梁部に作用する地震時荷重の集約

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地震時荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

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

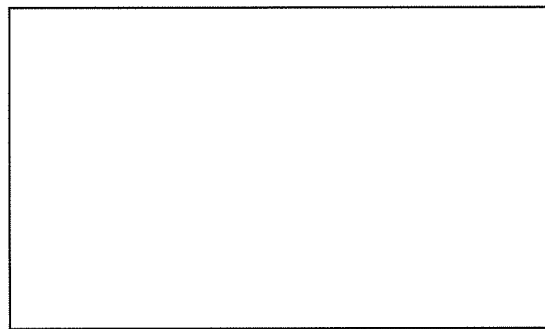
鉛直方向荷重  $F_{ev} = w \times L_x \times L_y / N$   
 $=$   kN



梁に作用する水平力

(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

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

$M_{eh} = \frac{1}{4} \times F_{eh} \times L =$    
 $=$   N·mm

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

$M_{ev} = \frac{1}{4} \times F_{ev} \times L =$    
 $=$   N·mm

梁に発生する曲げ応力度  $\sigma_{be}$

$\sigma_{be} = \frac{M_{eh}}{Z_h} + \frac{M_{ev}}{Z_v} =$    
 $=$   N/mm<sup>2</sup>

地震時曲げ応力度検定比  $R_{e2}$

$R_{e2} = \frac{\sigma_{be}}{f} =$

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  $A_{fh}$

$A_{fh} =$   mm<sup>2</sup>



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

$$\tau_{eh} = \frac{F_{eh}}{A_{fh}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

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

鉛直方向荷重  $F_{ev}$  により梁に発生するせん断応力度

$$\tau_{ev} = \frac{F_{ev}}{A_{fv}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

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

地震時せん断応力度検定比  $R_{e3}$

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

梁のせん断力負担フランジ

### 3) 高力ボルトの検討

固定部の高力ボルトの検討をおこなう。

高力ボルト本数  $n_b$  (本) :  $\boxed{\phantom{000000}}$

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

$$\sigma_{est} = \frac{F_{eh}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{\phantom{000000}}$$

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

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

$$\tau_{est} = \frac{F_{ev}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{\phantom{000000}}$$

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

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  $f_{est}$

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

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

地震時高力ボルト検定比  $R_{e4}$

$$R_{e4} = \frac{\tau_{est}}{f_{est}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

### 4) 固定部の最大検定比

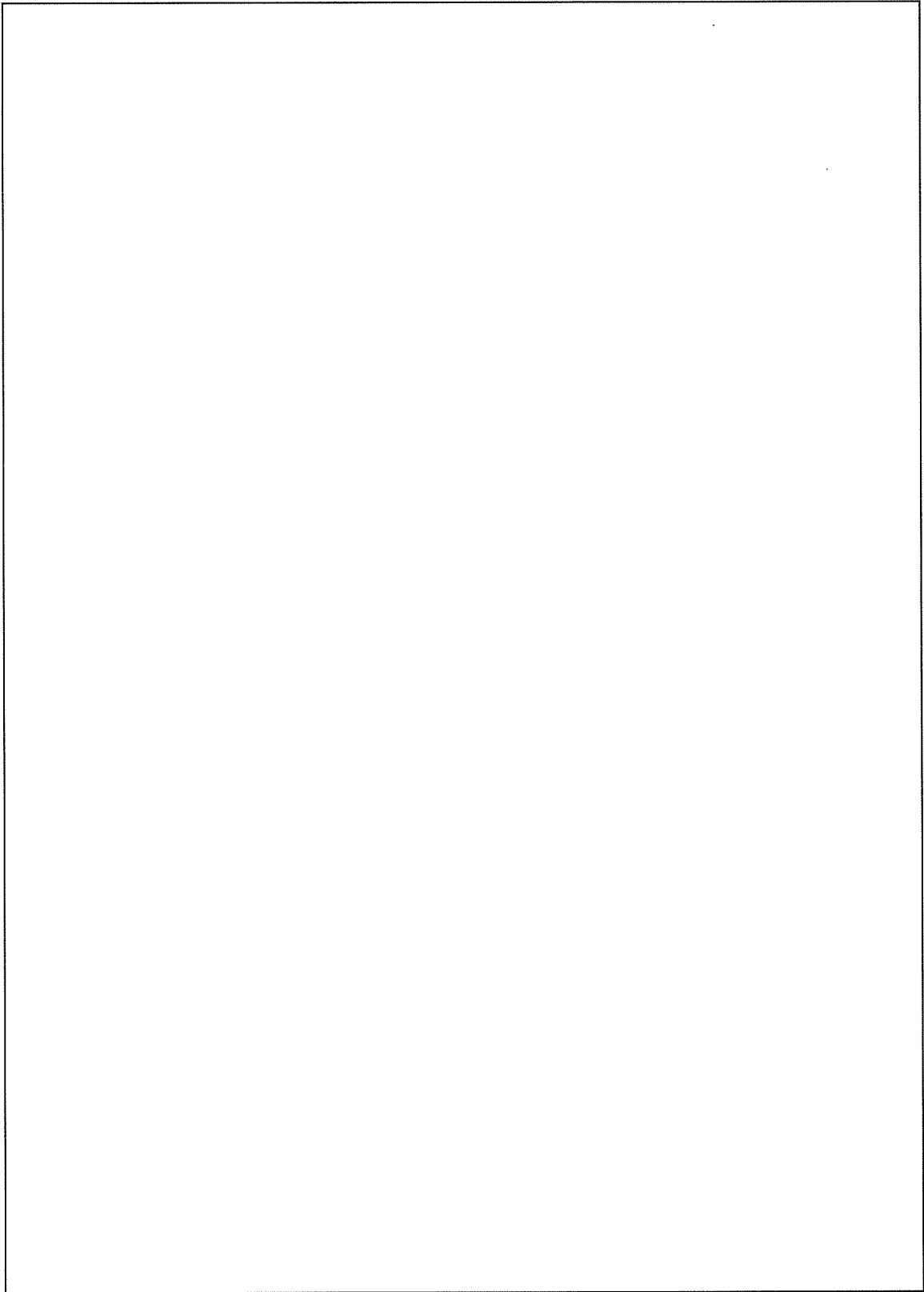
防護ネット固定部の最大検定比  $K$

$$K = \max(R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4})$$

$$= \max(\boxed{\phantom{000000}})$$

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

防護ネット固定部詳細図を添説建 2-IV.5-1 図に示す。

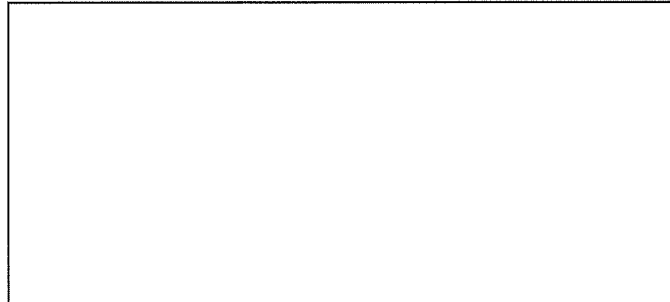


添説建 2-IV.5-1 図 防護ネット固定部詳細図 (成型工場)

(2) 組立工場

1) 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

設計用荷重  $F_e$  (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。

2) 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

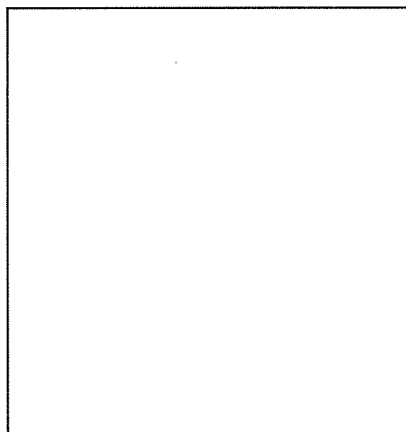


ガセットプレート平面図

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

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  $R_{e2}$

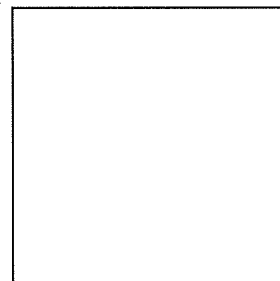
$$R_{e2} = \frac{M_{e2}}{M_{ea}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(c) ガセット部に作用する地震時荷重の集約

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。

水平方向荷重  $F_{eh} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}$

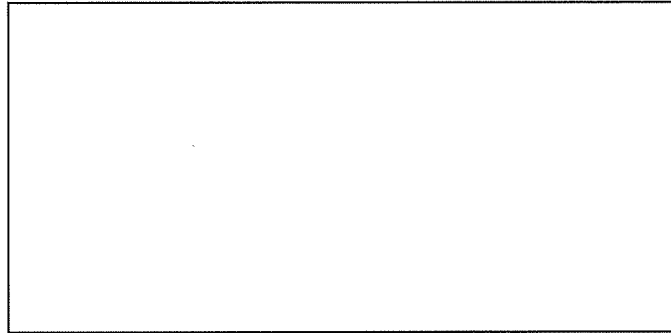
鉛直方向荷重  $F_{ev} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN}$



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  $Q_{ea}$

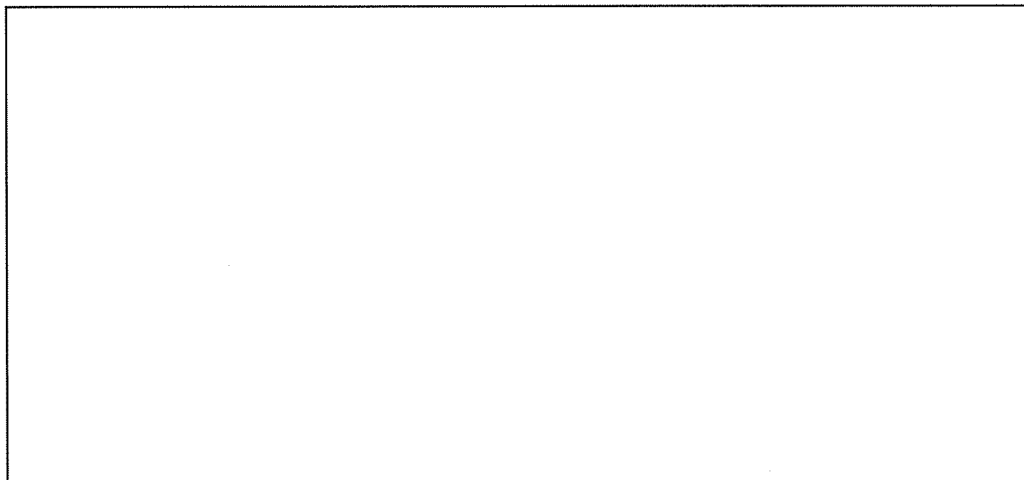
$$Q_{ea} = A_g \times f / \sqrt{3} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000}} \text{ N}$$

ガセットプレートの水平荷重に対する検定比  $R_{e3}$

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

(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

片持ち梁の固定端モーメント  $M_{e4}$

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

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

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  $M_{ea}$

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

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

片持ち梁の固定端モーメントに対する検定比  $R_{e4}$

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

(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

片持ち梁固定端モーメントによる偶力  $H_e$

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

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

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  $Z_5$

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

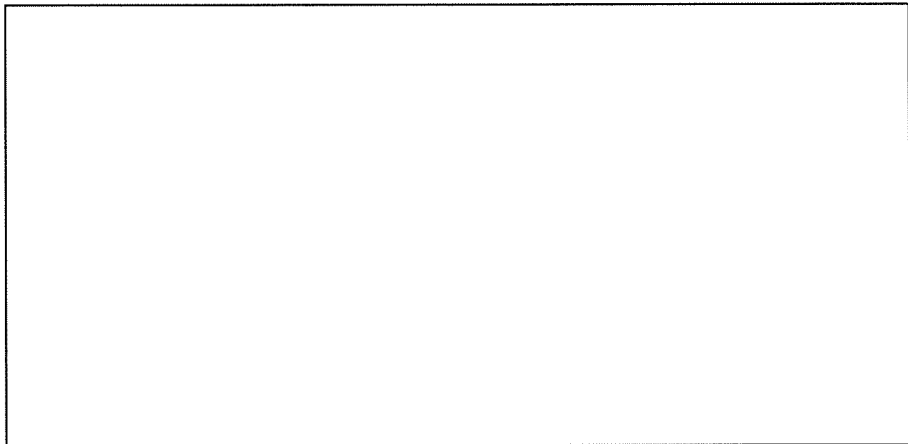
フランジリブプレートの短期許容曲げモーメント  $M_{ea}$

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

片持ち梁固定端モーメントによる偶力に対する検定比  $R_{e5}'$

$$R_{e5}' = \frac{M_{e5}}{M_{ea}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

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  $M_{e5}'$

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

梁の断面係数  $Z_5'$

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

梁の短期許容曲げモーメント  $M_{ea}'$

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

梁作用による曲げモーメントに対する検定比  $R_{e5}''$

$$R_{e5}'' = \frac{M_{e5}'}{M_{ea}'} = \boxed{\phantom{000}}$$

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  $R_{e5}$

$$R_{e5} = R_{e5}' + R_{e5}'' = \boxed{\phantom{000}}$$

### 3) 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。

高力ボルト本数  $n_b$  (本) :

水平方向荷重により接合面に作用するせん断力  $F_{ehs}$

$$F_{ehs} = \frac{F_{eh}}{\sqrt{2}} = \boxed{\phantom{000}}$$

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

鉛直方向荷重により接合面に作用するせん断力  $F_{evs}$

$$F_{evs} = \frac{F_{ev}}{2} = \boxed{\phantom{000}}$$

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

高力ボルト接合面に作用するせん断力  $F_{es}$

$$F_{es} = \sqrt{F_{ehs}^2 + F_{evs}^2} = \boxed{\phantom{000}}$$

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

高力ボルト接合面の短期許容せん断力  $F_{esa}$

$$F_{esa} = Q_{sa} \times n_b = \boxed{\phantom{000}}$$

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

高力ボルト接合面に作用するせん断力に対する検定比  $R_{e6}$

$$R_{e6} = \frac{F_{es}}{F_{esa}} = \boxed{\phantom{000}}$$

### 4) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比  $K$

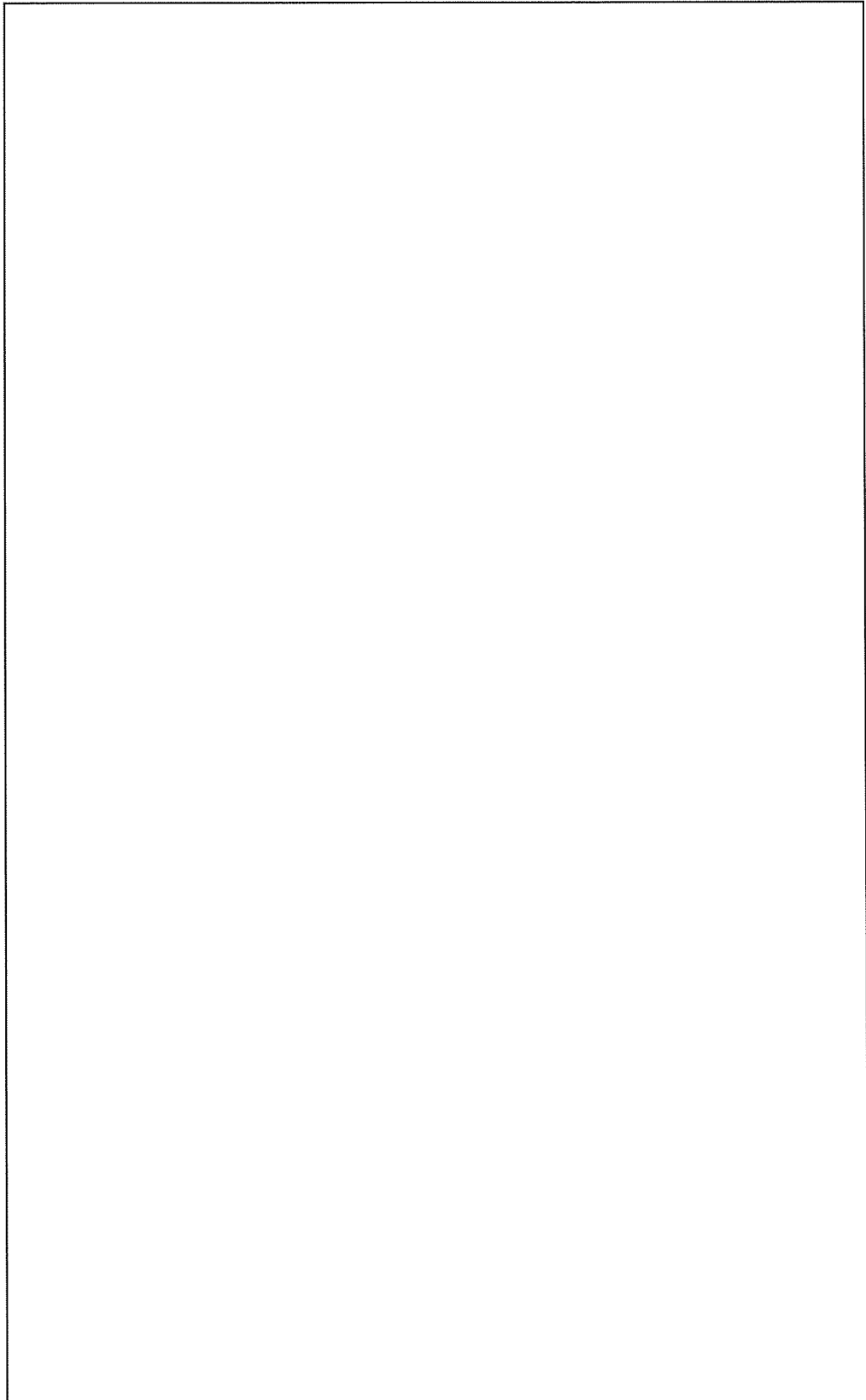
$$K = \max(R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}, R_{e5}, R_{e6})$$

$$= \max(\boxed{\phantom{000}})$$

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



防護ネット固定部詳細図を添説建 2-IV.5-2 図に示す。

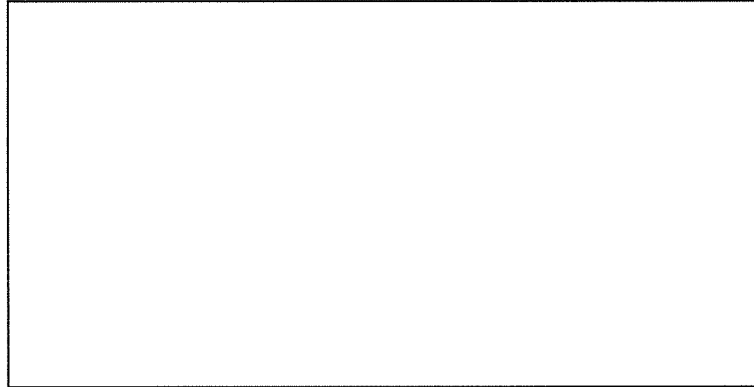


添説建 2-IV.5-2 図 防護ネット固定部詳細図 (組立工場)

(3) 転換工場(上面)

1) 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

設計用荷重  $F_e$  (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  $Q_s$

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

$$= \boxed{\phantom{000000000000}} \text{ kN}$$

地震時端抜け検定比  $R_{e1}$

$$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} = \boxed{\phantom{000000000000}}$$

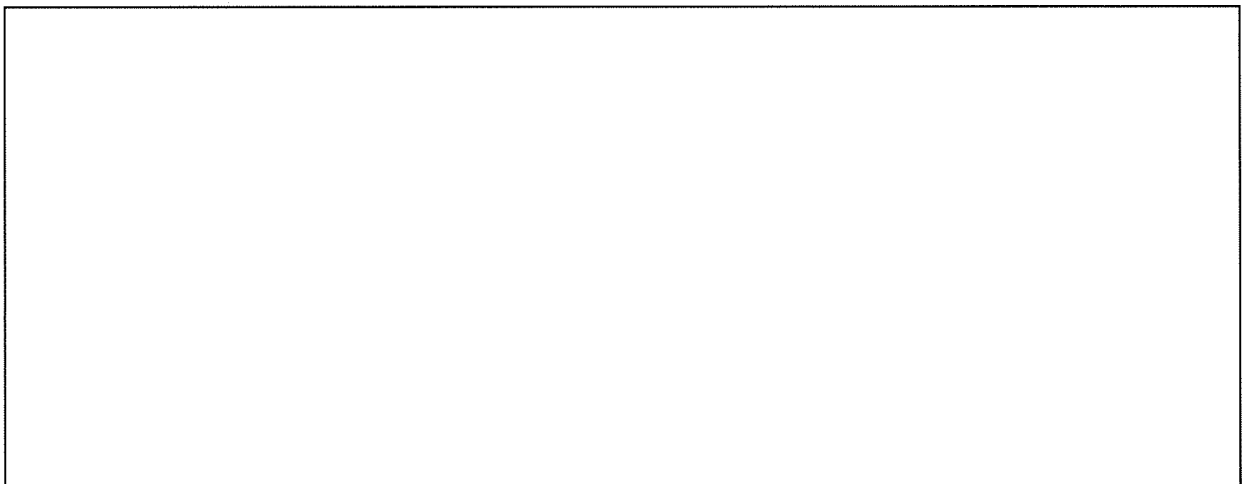
検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

2) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

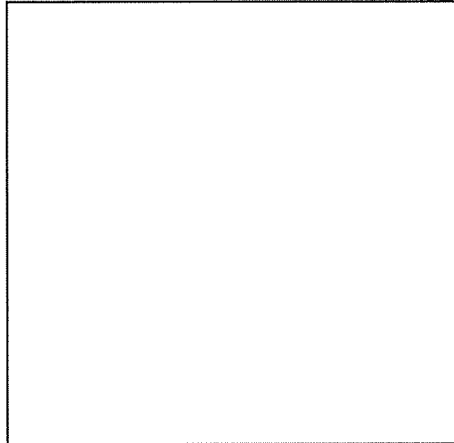
(a) ガセット部の仕様

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

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  $M_{ea}$

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

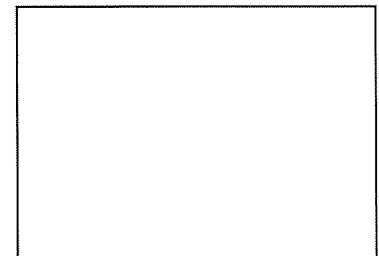
板曲げモーメントに対する検定比  $R_{e2}$

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

(c) ガセット部に作用する地震時荷重の集約

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。

$$\begin{aligned} \text{水平方向荷重 } F_{eh} &= \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN} \\ \text{鉛直方向荷重 } F_{ev} &= \boxed{\phantom{000000}} \text{ kN} \end{aligned}$$

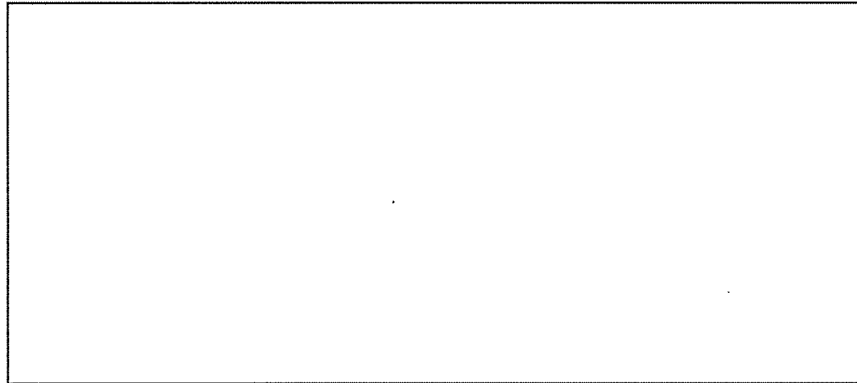


ガセット部に作用する水平力

(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

張り出しスパン  $L_1$  (mm)

断面積  $A_1$  (mm<sup>2</sup>)

断面係数  $Z_1$  (mm<sup>3</sup>)

:	
:	
:	

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  $T_{e1}$

$$T_{e1} = F_{eh} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

片持ち梁断面の短期許容引張力  $T_{ea1}$

$$T_{ea1} = f \times A_1 = \boxed{\phantom{00000}}$$
$$= \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

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  $M_{e1}$

$$M_{e1} = F_{ev} \times L_1 = \boxed{\phantom{00000}}$$
$$= \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁断面の短期許容曲げモーメント  $M_{ea1}$

$$M_{ea1} = f \times Z_1 = \boxed{\phantom{00000}}$$
$$= \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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  $R_{e3}$

$$R_{e3} = \frac{T_{e1}}{T_{ea1}} + \frac{M_{e1}}{M_{ea1}} = \boxed{\phantom{00000}}$$

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  $T_2$

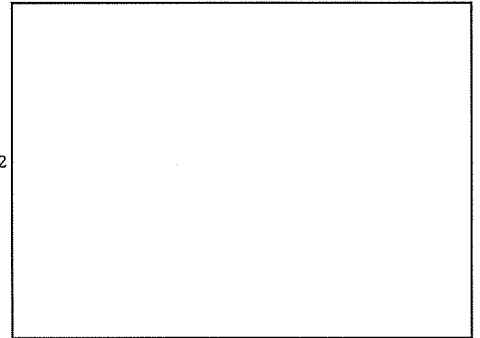
$$T_2 = F_{ev}$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント  $M_2$

$$M_2 = F_{eh} \times L_2 - F_{ev} \times L_1$$

リブプレート固定部に発生するせん断力  $Q_2$

$$Q_2 = F_{eh}$$



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>)

:

:

リブプレート固定部に発生する引張力  $T_{e2}$

$$T_{e2} = F_{ev} = \text{} \text{ N}$$

リブプレート固定部の短期許容引張力  $T_{ea2}$

$$T_{ea2} = f \times A_2 = \text{}$$

$$= \text{} \text{ N}$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント  $M_{e2}$

$$M_{e2} = F_{eh} \times L_2 - F_{ev} \times L_1 = \text{}$$

$$= \text{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

リブプレート固定部の短期許容曲げモーメント  $M_{ea2}$

$$M_{ea2} = f \times Z_2 = \text{}$$

$$= \text{} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

引張力と曲げモーメントに対する検定比  $R_{e4}$

$$R_{e4} = \frac{T_{e2}}{T_{ea2}} + \frac{M_{e2}}{M_{ea2}} = \text{}$$

リブプレート固定部に発生するせん断力  $Q_{e2}$

$$Q_{e2} = F_{eh} = \text{} \text{ N}$$

リブプレート固定部の短期許容せん断力  $Q_{ea2}$

$$Q_{ea2} = f/\sqrt{3} \times A_2 = \text{}$$

$$= \text{} \text{ N}$$

せん断力に対する検定比  $R_{e4}'$

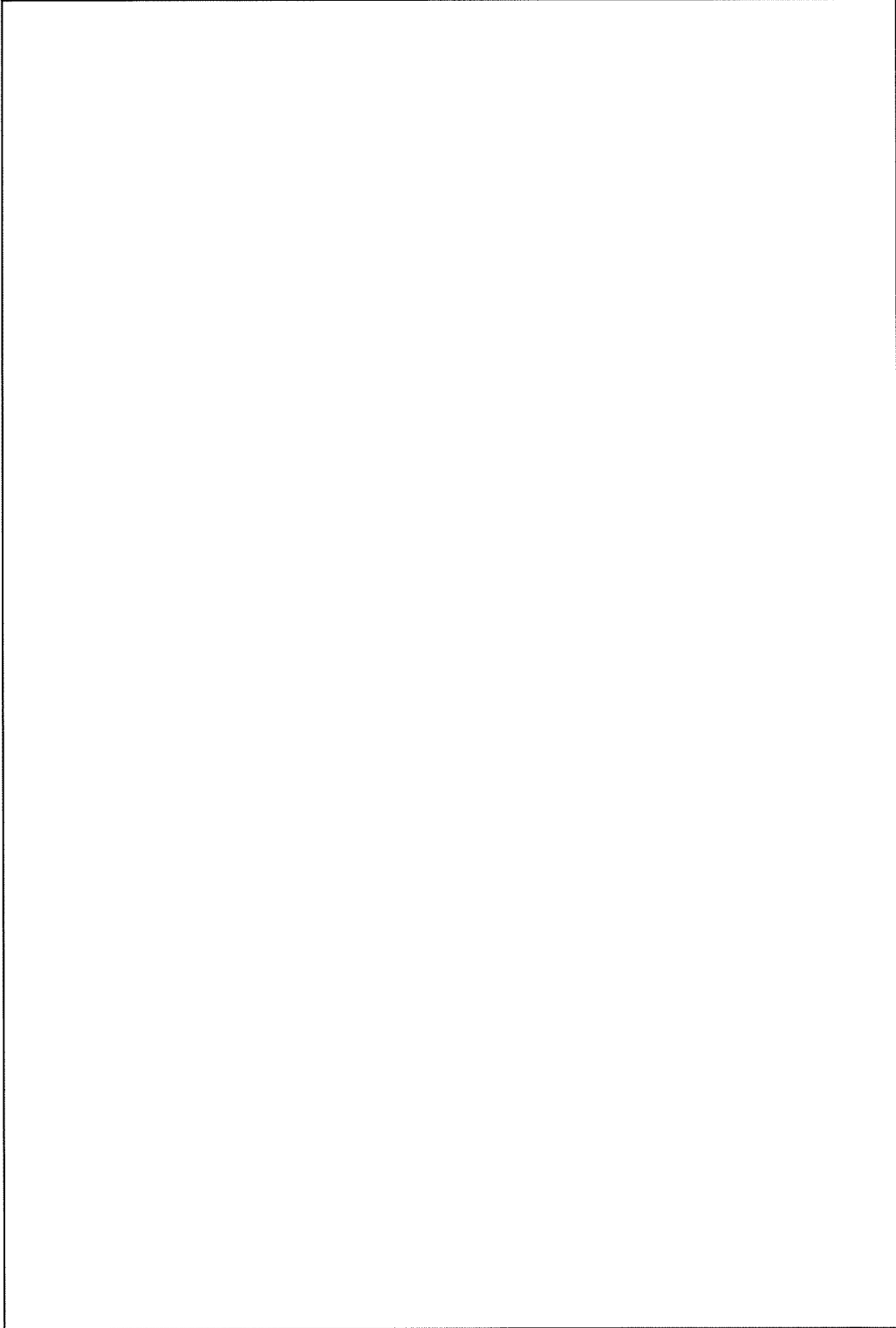
$$R_{e4}' = \frac{Q_{e2}}{Q_{ea2}} = \text{}$$

3) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比  $K$

$$\begin{aligned} K &= \max(R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}, R'_{e4}) \\ &= \max(\boxed{\phantom{R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}, R'_{e4}}}) \\ &= \boxed{\phantom{R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}, R'_{e4}}} \end{aligned}$$

防護ネット固定部詳細図を添説建 2-IV.5-3 図に示す。

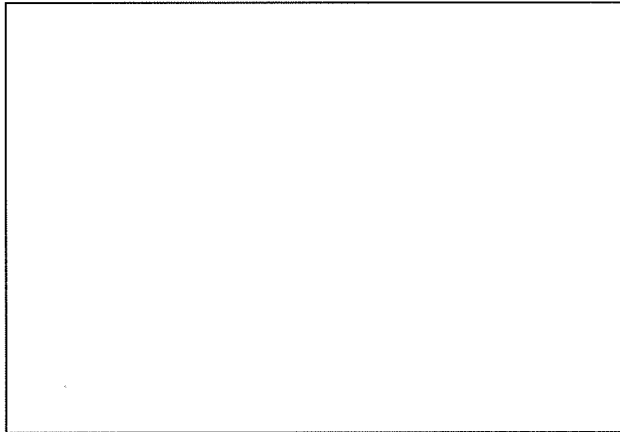


添説建 2-IV.5-3 図 防護ネット固定部詳細図 (転換工場：上面)

(4) 転換工場(下面)

1) 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。



設計用荷重  $F_e$  (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  $Q_s$

$$Q_s = L_s \times t \times f / \sqrt{3} = \boxed{\phantom{00000}}$$

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

地震時端抜け検定比  $R_{e1}$

$$R_{e1} = \frac{F_e}{Q_s} = \boxed{\phantom{000}}$$

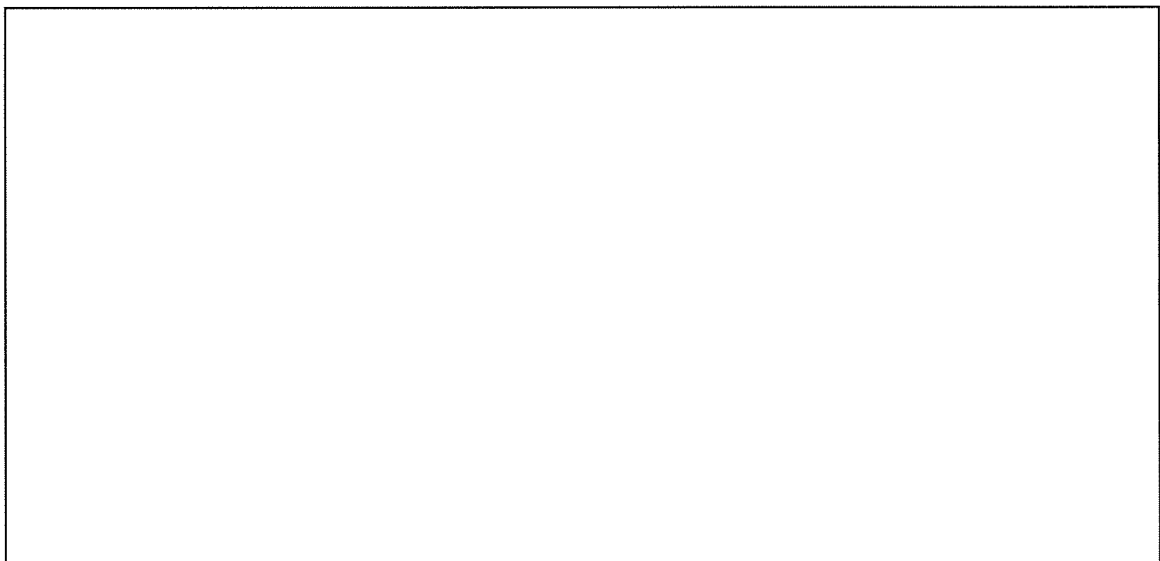
検定比より、実力は弾性範囲内であることが確認できた。

2) 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

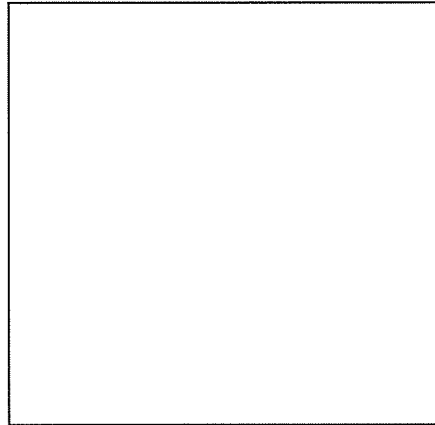
ガセット部の諸寸法は下図の通り。





(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

板曲げモーメント  $M_{e2}$

$$M_{e2} = F_z \times \ell_2 = \boxed{\phantom{0000}} \\ = \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の断面係数  $Z_2$

$$Z_2 = \frac{1}{6} \times a \times t^2 = \boxed{\phantom{0000}} \\ = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の短期許容曲げモーメント  $M_{ea}$

$$M_{ea} = Z_2 \times f = \boxed{\phantom{0000}} \\ = \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比  $R_{e2}$

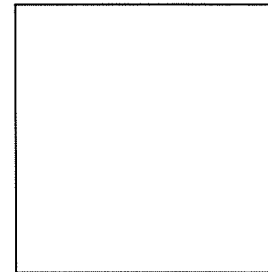
$$R_{e2} = \frac{M_{e2}}{M_{ea}} = \boxed{\phantom{0000}} = \boxed{\phantom{0000}}$$

(c) ガセット部に作用する地震時荷重の集約

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。

$$\text{水平方向荷重 } F_{eh} = w \times L_x \times L_y \times k / N' \\ = \boxed{\phantom{0000000}} \text{ kN}$$

$$\text{鉛直方向荷重 } F_{ev} = w \times L_x \times L_y / N \\ = \boxed{\phantom{0000000}} \text{ kN}$$



ガセット部に作用する水平力

(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。

リブプレートの断面積  $A_1$

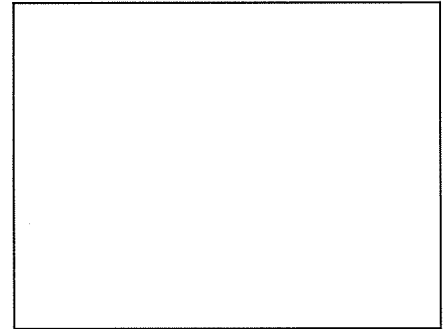
$$A_1 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^2$$

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  $R_{e3}$

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



(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。

リブプレートの引張断面積  $A_2$

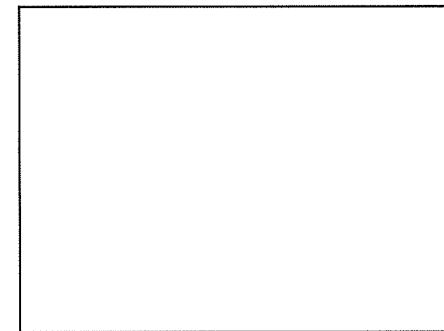
$$A_2 = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^2$$

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  $R_{e4}$

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

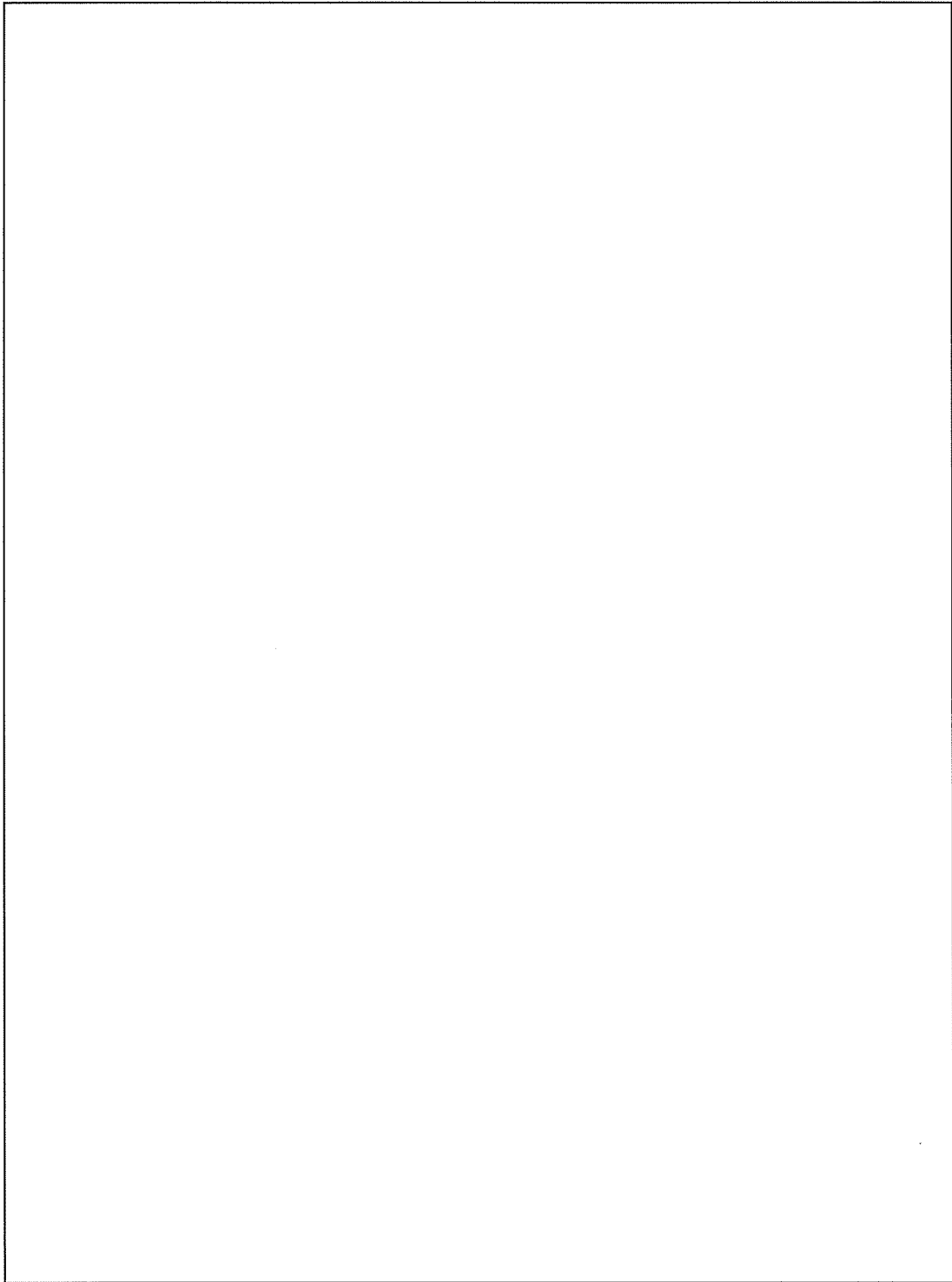


3) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比  $K$

$$K = \max(R_{e1}, R_{e2}, R_{e3}, R_{e4}) \\ = \max(\boxed{\phantom{000000}}) \\ = \boxed{\phantom{000000}}$$

防護ネット固定部詳細図を添説建 2-IV.5-4 図に示す。



添説建 2-IV.5-4 図 防護ネット固定部詳細図（転換工場：下面）

## 6. 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取付金物の耐震強度評価結果（検定比）を添説建 2-IV.6-1 表に総括する。

添説建 2-IV.6-1 表 取付金物の耐震強度評価結果（検定比）一覧

各部検定比	成型工場	組立工場	転換工場 （上面）	転換工場 （下面）
取付金物				

以上より、水平地震力作用時に固定金物は健全であり、弾性範囲内にあることが確認できた。

## 竜巻による損傷防止に関する説明書

## I. 竜巻防護設計の基本方針

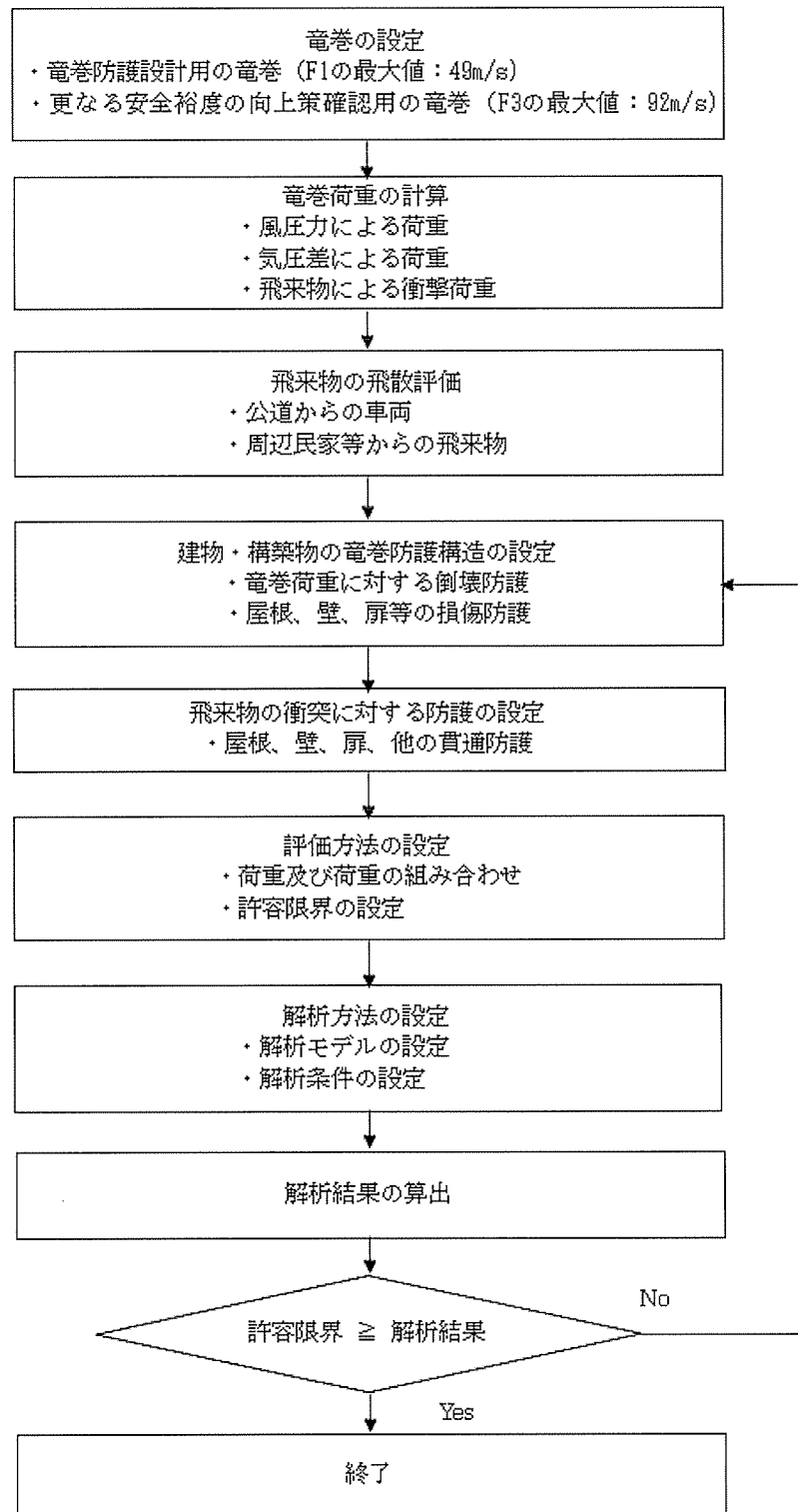
## 1. 竜巻防護設計の方針

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（以下「竜巻ガイド」と略記）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。

以上より、加工施設の建物、構築物の竜巻防護設計において想定する風速はF1の最大風速の49m/sとし、安全機能を有する施設の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とする。具体的には、建物に作用する竜巻荷重に対して、保有水平耐力との比較と局部評価として屋根、壁、扉、シャッタの強度との比較を実施する。飛来物については、敷地内の飛来物は予め防護対策を行うことから、敷地外からの飛来物に対して防護設計を実施する。

また、更なる安全裕度の向上策の確認として、藤田スケールのF3の最大風速（92m/s）で、同様の評価を実施する。

建物、構築物の竜巻防護設計フローの概要を添説建3-I.1-1図に示す。



添説建 3-I.1-1 図 建物、構築物の竜巻防護設計フロー概要

## 2. 竜巻荷重の算定

建物、構築物の竜巻防護の構造設計に用いる竜巻荷重は、竜巻ガイドを参考に以下のとおり算出する。

### 2.1. 気圧低下による荷重

- ・ 竜巻の移動速度 :  $V_T = 0.15 \times V_D$  (m/s)
- ・ 竜巻の最大接線風速 :  $V_m = V_D - V_T$  (m/s)
- ・ 竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径 :  $R_m = 30$  (m)
- ・ 竜巻の最大気圧低下量 :  $\Delta P_{max} = \rho \times V_m^2$  (Pa)

ここで、 $\rho$  は空気密度 (=1.22kg/m<sup>3</sup>) である。

F1 竜巻及び F3 竜巻の特性値は、以下に示すとおりである。

#### 設計評価用 F1 竜巻の特性値

$$\begin{aligned}V_D &= 49 \text{ (m/s)} \\V_T &= 7 \text{ (m/s)} \\V_m &= 42 \text{ (m/s)} \\ \Delta P_{max} &= 2152 \text{ (Pa)}\end{aligned}$$

#### 更なる安全裕度の向上策の確認用 F3 竜巻の特性値

$$\begin{aligned}V_D &= 92 \text{ (m/s)} \\V_T &= 14 \text{ (m/s)} \\V_m &= 78 \text{ (m/s)} \\ \Delta P_{max} &= 7422 \text{ (Pa)}\end{aligned}$$

これら特性値を用いて、竜巻荷重を算出する。

### 2.2. 風圧力による荷重

竜巻の最大風速 ( $V_D$ ) における風圧力 ( $P_D$ ) は、竜巻ガイドを参考に次式で算出する。

$$P_D = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、 $q$  は設計用速度圧、 $G$  はガスト影響係数、 $C$  は風力係数、 $A$  は施設の受圧面積を表し、 $q$  は次式による。

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

なお、本評価では  $G = 1.0$  とする。

また、風力係数  $C$  値については、建物を上面からみた場合の風向方向の建物寸法を  $D$ 、風向に垂直な方向の建物寸法を  $B$  とした場合の壁の風力係数を添説建3-I.2.2-1表、風上側からの屋根根端部からの距離を  $R_b$  とした場合の屋根の風力係数を添説建3-I.2.2-2表に示す。(各係数の値は事業許可と同じ)

添説建 3- I. 2. 2-1 表 風力係数  $C_W$  (正が圧縮、負が引張) (壁)

		風力係数
風上側 $C_{WU}$		0.80
風下側 $C_{WL}$	D/B 比 $\leq 1$	-0.50
	D/B 比 $> 1$	-0.35

D : 風向方向の建物寸法

B : 風向に直交する方向の建物寸法

添説建 3- I. 2. 2-2 表 風力係数  $C_R$  (正が圧縮、負が引張) (屋根)

風上側からの屋根端部からの距離 Rb	風力係数 (外圧係数)
$Rb \leq 0.50B$	-1.20
$0.50B < Rb \leq 1.50B$	-0.60
$Rb > 1.50B$	-0.20

### 2. 3. 竜巻防護設計の組合わせ荷重

建物、構築物に負荷される竜巻荷重としては、竜巻の最大風速における風圧力による荷重 ( $W_W$ )、建物内外の気圧差による荷重 ( $W_P$ ) 及び設計飛来物による衝撃荷重 ( $W_M$ ) がある。竜巻ガイドを参考に、これらの荷重を以下のとおり組み合わせて算出する。なお、加工施設においては飛来物衝撃は発生しないため、 $W_M$  は考慮しない。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 1/2 W_P + W_M$$

ここで

$W_W$  : 竜巻の風圧力による荷重

$W_P$  : 竜巻による気圧差による荷重

$W_M$  : 飛来物による衝撃荷重

なお、荷重は評価対象部分の面積の取り方によって変化することから便宜上圧力の単位で検討する場合がある。圧力の単位で表記する場合、 $W$  を小文字 ( $w$ ) で表す。荷重の単位で表す場合は  $W$  を大文字 ( $W$ ) で表す。



(1) 建物、構築物に作用する水平方向の竜巻荷重

建物、構築物の構造設計に用いる水平方向（x ないし y 方向）の竜巻荷重は以下の方法で算定する。なお、建物には気圧差が作用しても建物の水平方向の両側で打ち消しあうが、ここでは、保守的に建物の風下側の面にのみ気圧差が作用するものとする。

$$W_{T1} = w_p \cdot A_L$$

$$W_{T2} = (C_{wU} \cdot q \cdot A_U - C_{wL} \cdot q \cdot A_L) + \frac{1}{2} \cdot w_p \cdot A_L$$

$A_U$  : 風上側面積

$A_L$  : 風下側面積

$C_{wU}$  : 風上側風力係数

$C_{wL}$  : 風下側風力係数

(2) 屋根、壁、扉、シャッタ等に作用する竜巻荷重

建物の屋根、壁、扉、シャッタ等の局部強度設計に用いる竜巻荷重は、以下の方法で算定する。

【屋根に作用する竜巻荷重】

屋根については、風圧力と気圧差が作用する方向は常に上向きである。

なお、 $W_{T2}$ については、局部強度に対する設計荷重であることを添え字の  $r$  で示す。

$$W_{T1} = W_p$$

$$W_{T2\_r} = C_R \cdot q + \frac{1}{2} W_p$$

【壁、扉、シャッタ等に作用する竜巻荷重】

壁、扉、シャッタ等に作用する荷重は、気圧差の大きさによって、風上側と風下側のいずれか厳しい結果を選択する。気圧差単独の荷重  $W_{T1} = W_p$  も含めて、評価すべき荷重は次のとおり算出される。なお、 $W_{T2}$ については、局部評価荷重であることを添え字の  $w$  で示す。

$$W_{T1} = W_p$$

$$W_{T2\_w} = \begin{cases} C_{wU} \cdot q + \frac{1}{2} W_p & \text{if } (C_{wU} + C_{wL}) \cdot q \geq -W_p \\ C_{wL} \cdot q + \frac{1}{2} W_p & \text{if } (C_{wU} + C_{wL}) \cdot q < -W_p \end{cases}$$

### 3. 飛来物の飛散評価

竜巻ガイドを参考に、防護対象施設に影響を与える可能性がある飛来物を抽出し、飛散評価を実施する。飛来物の選定に際しては、大きな運動エネルギーをもつ飛来物（自動車、プレハブ物置等）、貫通力が大きな飛来物（鉄骨部材等）を考慮する。

飛散評価は、F1竜巻（風速49m/s）の条件下で実施し、飛散評価には電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いる。また、TONBOSで解析する際の竜巻風速場にはフジタモデル（DBT-77モデル）を適用する。

なお、F1竜巻（風速49m/s）で、敷地内で防護対象施設に影響を与える飛来物となり得るプレハブ物置については固縛措置等を講じることから、対象とする飛来物は敷地外にある自動車、プレハブ物置、鉄骨部材（竜巻ガイドに記載の鋼材等）とする。

### 4. 建物、構築物の竜巻防護設計の方法

#### 4.1. 建物、構築物の構造強度評価

建物、構築物の保有水平耐力と建物、構築物に作用する水平方向（xないしy方向）の竜巻荷重の比較を行い、保有水平耐力が竜巻荷重を上回る設計とする。

#### 4.2. 屋根、壁、扉、シャッタの局部評価

竜巻荷重に対して、屋根、壁、扉、シャッタ等の局部的な強度評価を行い、弾性範囲に留める設計とする。

一般に建築、土木に関する技術計算においては以下の定義による用語を用いており、本資料もこれに準拠することとする。

応力：部材に作用する内力を意味し、せん断力、軸力等の荷重の次元を持つ場合あるいは曲げモーメント、トルク等の荷重×距離の次元を持つ場合がある。

応力度：内力による単位面積当りの荷重を意味し、荷重を面積で除した次元を持つ。

耐力：骨組や部材が破壊せずに耐えられる限界の応力を意味する。

#### 4.3. 飛来物の衝突に対する評価

##### (1) 鉄筋コンクリート壁の貫通評価

鉄筋コンクリートの屋根や外壁等の貫通限界厚さは、下記の修正 NDRC 式(1)及び Degen 式(2)により求める。

$$x_c = \alpha_c \sqrt{4KWND \left( \frac{V}{1000D} \right)^{1.8}} \quad (1)$$

$x_c$  : 貫入深さ (in)

$$K = 180 / \sqrt{F_c}$$

$W$  : 重量 (lbs)

$F_c$  : コンクリート強度 20.6N/mm<sup>2</sup>=2987.8 (psi)

$D$  : 飛来物直径 (飛来物面積と等しくなる直径) (in)

$V$  : 衝突速度 (ft/s)

$N$  : 形状係数 (自動車の場合、0.72)

$\alpha_c$  : 飛来物低減係数 (1)

$$t_p = \alpha_p D \left\{ 2.2 \left( \frac{x_c}{\alpha_c D} \right) - 0.3 \left( \frac{x_c}{\alpha_c D} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

$t_p$  : 貫通限界厚さ (in)

$\alpha_p$  : 飛来物低減係数 (自動車の場合、0.65)

##### (2) 鋼板の貫通評価

鋼板で防護する壁や鉄扉等の貫通限界厚さは、下記に示す BRL 式 (3) により求める。

$$T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{17400 K^2 D^{3/2}} \quad (3)$$

$T$  : 鋼板の貫通限界厚さ (in)

$M$  : 飛来物質量 (lbf · s<sup>2</sup>/ft)

$V$  : 飛来物速度 (ft/s)

$D$  : 飛来物直径 (飛来物面積と等しくなる直径) (in)

$K$  : 鋼板の材質に関する係数 (≒1)

#### 4.4. 許容限界

- ・ 建物、構築物に対する防護設計竜巻 F1 (49m/s) の水平荷重に対する許容限界は、建物、構築物の保有水平耐力とする。
- ・ 建物の屋根、壁、扉等の局部評価の許容限界は、単位面積当りの許容短期荷重を原則とする。
- ・ 鉄筋コンクリート屋根、壁、鋼板に対する飛来物貫通の許容限界は、4.3.項に示す貫通評価式で算出した厚さとする。

## 5. 更なる安全裕度の向上策の確認

竜巻ガイドを参考に、加工施設が立地する地域及び日本全国の類似の気象条件の地域において、過去に発生した最大規模の竜巻による風速及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速を求め、その結果、当該地域において発生するおそれがある最大の竜巻の規模は、藤田スケールで F3 規模となると推定した。また、日本全土で過去に発生した最大級の竜巻の規模は F3 である。

以上より、更なる安全裕度の向上策の確認は、竜巻 F3 の最大風速の 92m/s に対して、壁や屋根、扉等に部分的に塑性変形が仮に生じたとしても破断することが無いこと、また、建物が倒壊することが無いことを評価し、加工施設に大きな影響を及ぼすおそれが無いことを確認する。

### 5.1. 建物、構築物の構造強度評価

- ・ 建物、構築物の保有水平耐力と建物、構築物に作用する水平方向（ $x$  ないし  $y$  方向）の竜巻荷重の比較を行い、保有水平耐力が竜巻荷重を上回ることを確認する。
- ・ 屋根が折板等の建物で F3 竜巻では屋根が損傷する場合は、屋根内外の気圧差は解消されるものとして竜巻荷重を算定する。

### 5.2. 屋根、壁、扉等の局部評価

- ・ 竜巻荷重による、屋根、壁、扉等の局部的な荷重と終局耐力荷重との比較評価により、部分的に塑性変形することはあるが、破断することが無いことを確認する。
- ・ 屋根が折板等の建物で F3 竜巻で屋根が損傷する場合は、屋根内外の気圧差は解消されるものとして竜巻荷重を算定する。
- ・ 屋根が損傷して屋内の設備、機器に竜巻が影響する場合は、設備、機器に 92m/s の風が作用した場合の竜巻荷重を上回る強度を有する設計とする。（アンカー補強、固縛等による防護）

### 5.3. 飛来物の衝突に対する評価

- ・ 4.3. 項と同様の方法で評価する。
- ・ 屋根が損傷する建物で、建物上部まで飛来物が到達する場合は、屋根の下に設置する屋内の設備、機器等の飛散防止用防護ネットでそれらを飛来物からも防護する設計とする。
- ・ 飛散防止用防護ネットを通過して飛来物（プレハブ物置のプレス）が到達する場合は、屋内の設備、機器に対する飛来物の影響を評価する。

### 5.4. 許容限界

- ・ 建物、構築物に対する F3 竜巻（92m/s）の水平荷重に対する許容限界は、建物、構築物の保有水平耐力とする。
- ・ 建物の屋根、壁、扉等の強度評価の許容限界は、単位面積当りの終局耐力荷重を原則とする。
- ・ 鉄筋コンクリート屋根、壁、鋼板に対する飛来物貫通の許容限界は、4.3. 項に示す貫通評価式で算出した厚さとする。

## 6. 適用規格

設計は原則として、次の関係規準に準拠する。

- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（原子力規制委員会）
- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(案)及び解説（原子力安全基盤機構）
- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格（JIS）（日本規格協会）
- ・ 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- ・ 鋼構造設計規準 — 許容応力度設計法 —（日本建築学会）
- ・ 建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
- ・ 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書（建築研究所）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会）
- ・ 建築工事標準仕様書・同解説（日本建築学会）

## II. 付属建物 発電機室 竜巻防護設計計算書

### 1. 発電機室の概要

#### 1.1. 位置

発電機室の設置位置を図イ建一「敷地内建物配置図」に示す。

設置場所は敷地内中央の南側に位置し、最も近い民家や公道から 240m 以上離れている。

#### 1.2. 建物の概要

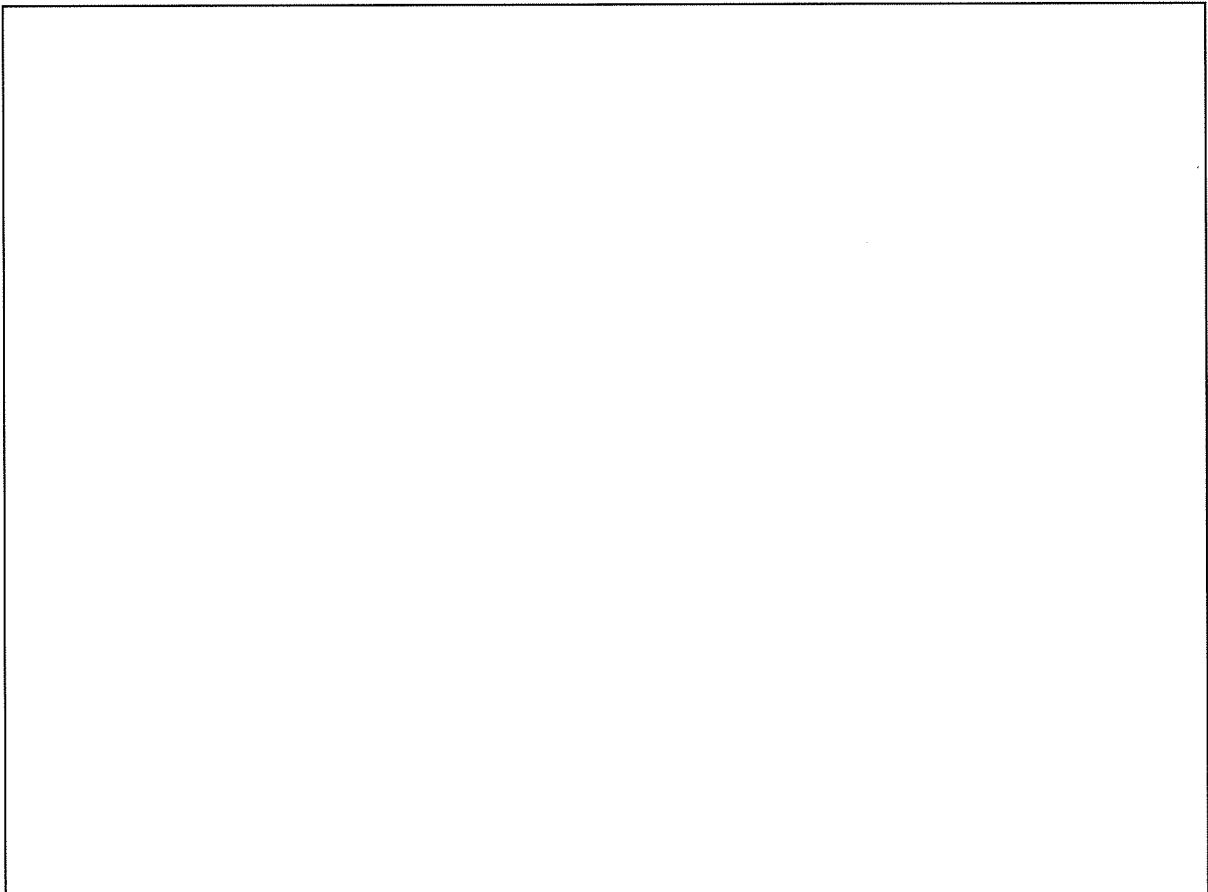
発電機室は平屋建ての鉄筋コンクリート造（RC 造）であり、平面形状は、約 、  
高さ約  の整形な新設建物である。

屋根はスラブと RC 梁で構成されている。

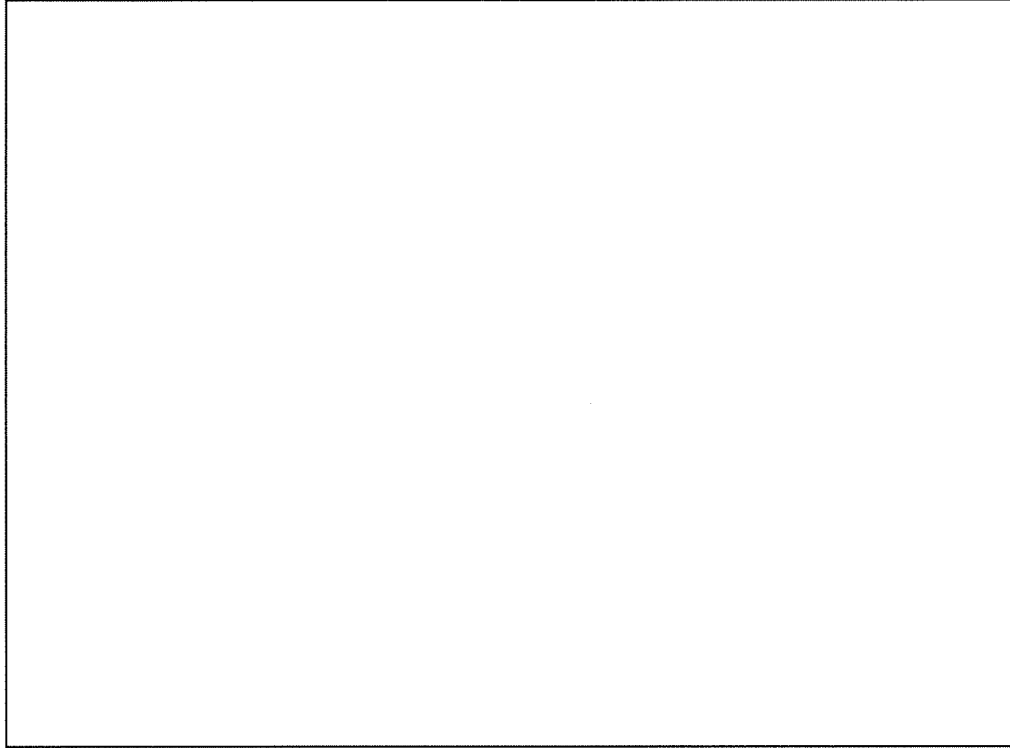
開口部としては、鉄扉、空調用開口を設置している。

本建物の屋根伏図、断面図を添説建 3-Ⅱ.1.2-1 図、添説建 3-Ⅱ.1.2-2 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 3-Ⅱ.1.2-1 図 屋根伏図

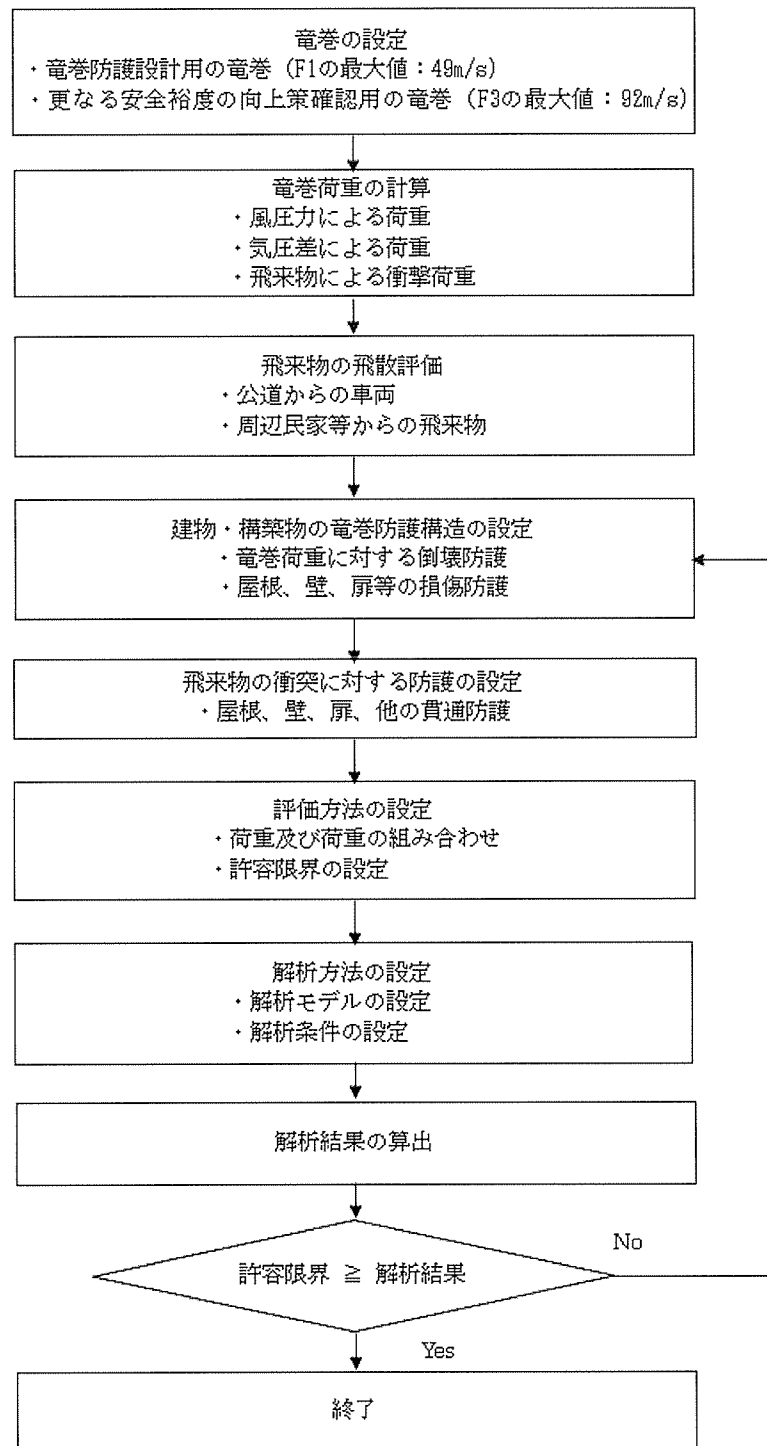


添説建 3-Ⅱ. 1. 2-2 図 A-A 断面図

### 1. 3. 設計方針

竜巻防護設計の方針に従い、竜巻は風速を藤田スケール F1 の最大風速 49m/s とし、構造強度評価「建物に作用する竜巻荷重と保有水平耐力との比較」、局部評価「屋根、壁、鉄扉等に作用する荷重と強度との比較」を実施する。なお、敷地内の飛来物は、加工施設に影響の無い距離まで離すことや固縛等を行うので対象外とし、評価対象は敷地外から想定される飛来物とする。

また、更なる安全裕度の向上策の確認として、F3 の最大風速 92m/s で同様の評価を実施する。建物、構築物の竜巻防護設計フローの概要を添説建 3-Ⅱ. 1. 3-1 図に示す。



添説建 3-Ⅱ.1.3-1 図 建物、構築物の竜巻防護設計フロー概要



## 2. 竜巻荷重の計算

### 2.1 建物の構造強度評価に用いる竜巻荷重の計算

構造強度評価は、「建物の保有水平耐力と同建物に作用する気圧差による荷重」と「気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重」との比較で行う。この評価により、発電機室が竜巻により倒壊することが無いことを確認する。

#### (1) 竜巻荷重の計算

気圧差による荷重  $W_{T1}$ 、気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重  $W_{T2}$  は以下の式で計算し、荷重の大きい方を採用する。また、F3 竜巻荷重についても同様に計算する。

$$W_{T1} = w_p \times A_L$$

$$W_{T2} = (C_{WU} \times q \times A_U - C_{WL} \times q \times A_L) + 1 / 2 \times w_p \times A_L$$

ここで

$A_U$  : 風上側面積

$A_L$  : 風下側面積

$w_p$  : 竜巻による気圧差による荷重

$C_{WU}$  : 風上側風力係数

$C_{WL}$  : 風下側風力係数

$q$  : 設計用速度圧

速度圧、気圧差による荷重の計算式と各パラメータを下記に示す。

$$q = 1 / 2 \times \rho \times V_D^2$$

$$w_p = \rho \times V_m^2$$

ここで

$\rho$  : 空気密度 = 1.22 kg/m<sup>3</sup>

$V_D$  : F1 竜巻最大風速 = 49 m/s、F3 竜巻最大風速 = 92 m/s

$V_m$  : F1 竜巻の最大接線風速 = 42 m/s、F3 竜巻の最大接線風速 = 78 m/s

#### (2) 風力係数

壁、鉄扉の風力係数を添説建 3-Ⅱ. 2. 1-1 表（原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説（独立行政法人 原子力安全基盤機構）より）に示す。風下側の風力係数  $C_{WL}$  は、風向方向の建物寸法  $D$  と風向に直交する方向の建物寸法  $B$  の比で整理されるが、保守的に絶対値が大きい -0.50 を用いて評価する。

添説建 3-Ⅱ. 2. 1-1 表 壁等の風力係数  $C_w$ （正が圧縮、負が引張）

		風力係数
風上側 $C_{WU}$		0.80
風下側 $C_{WL}$	D/B 比 ≤ 1	-0.50
	D/B 比 > 1	-0.35

D : 風向方向の建物寸法

B : 風向に直交する方向の建物寸法

## 2.2. 局部評価に用いる竜巻荷重の計算

### (1) 荷重計算方法

荷重計算方法を以下に示す。局部評価用の F1 竜巻荷重は、壁、鉄扉については  $w_{T1}$  と  $w_{T2_w}$  の大きい方、屋根については  $w_{T1}$  と  $w_{T2_r}$  の大きい方とする。

#### 1) 壁、鉄扉

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_w} = \begin{cases} C_{wu} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{wu} + C_{wl}) \times q \geq -w_p \text{ の場合} \\ C_{wl} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{wu} + C_{wl}) \times q < -w_p \text{ の場合} \end{cases}$$

#### 2) 屋根

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_r} = C_R \times q + 1 / 2 \times w_p$$

### (2) 風力係数

壁、鉄扉の風力係数は添説建 3-Ⅱ.2.1-1 表に示す通りである。なお、風下側は、保守的に絶対値が大きい-0.5 を用いて評価する。

屋根の風力係数を添説建 3-Ⅱ.2.2-1 表（原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説（独立行政法人 原子力安全基盤機構）より）に示す。屋根に作用する荷重は、風上側の屋根端部からの距離  $R_b$  で整理されるが、保守的に絶対値が大きい-1.20 を用いて評価する。

添説建 3-Ⅱ.2.2-1 表 屋根の風力係数  $C_R$ （屋根健全時 正が圧縮、負が引張）

	風力係数
$R_b \leq 0.50B$	-1.20
$0.50B < R_b \leq 1.50B$	-0.60
$R_b > 1.50B$	-0.20

$R_b$  : 風上側の屋根端部からの距離

$B$  : 風向に直交する方向の建物寸法

### 3. 建物健全性の評価結果

#### 3.1. 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書ー建 2 II. 附属建物 発電機室耐震計算書」1.8. 評価結果(2)二次設計の保有水平耐力の評価のうちの X 方向、Y 方向それぞれについて正負加力 2 ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建 3ーII. 3.1ー1 表に示す。評価の結果、保有水平耐力は F1 竜巻荷重を上回っており、F1 竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建 3ーII. 3.1ー1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価

	保有水平耐力 (kN)	F1 竜巻荷重 (kN) ※1	検定比	評価
X 方向 (東西方向)				○
Y 方向 (南北方向)				○

※1：添付説明書ー建 3ーII 付録 2 参照

#### 3.2. 屋根、壁、鉄扉の局部評価

短期許容荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建 3ーII. 3.2ー1 表に示す。評価の結果、各部の強度は F1 竜巻荷重を上回っており、F1 竜巻荷重に対して健全である。

添説建 3ーII. 3.2ー1 表 局部評価

	単位面積当りの 短期許容荷重 (Pa)	単位面積当りの F1 竜巻荷重 (Pa)	検定比	評価
屋根				○
壁				○
鉄扉				○

※1：添付説明書ー建 3ーII 付録 5 参照

(ただし、屋根については、F1 竜巻荷重が屋根固定荷重 (6200 N/m<sup>2</sup>) 以下であり、浮き上がり力は生じないことから検討を省略)

※2：添付説明書ー建 3ーIII. 発電機室新設標準鉄扉説明書 参照

※3：添付説明書ー建 3ーII 付録 4 参照

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部における F1 竜巻荷重に対する短期許容荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比が F1 竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、短期許容荷重は載荷されている F1 竜巻荷重を検定比で割り戻す (短期許容荷重=F1 竜巻荷重/検定比) ことで算出する。

### 3.3 飛来物の飛散による壁、屋根の貫通評価結果

電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いて飛来物の飛散評価を行う。TONBOS で解析する際の竜巻風速場にはフジタモデル (DBT-77 モデル) を適用する。F1 竜巻での評価結果を添説建 3-Ⅱ. 3. 3-1 表に示す。

評価の結果、最大飛散距離はプレハブ物置 (大) が 55m であるが、最も近い民家や公道から発電機室までは 240m 以上離れており、同建物まで到達する飛来物は無いことから、建物の壁、屋根の貫通評価は不要である。

添説建 3-Ⅱ. 3. 3-1 表 F1 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F1)

最大風速	49	(m/s)
最大接線風速	42	(m/s)
移動速度	7	(m/s)

品名	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	設置高さ (m)	重量 (kgf)	空力パラメータ (m <sup>2</sup> /kg)	最大水平速度 (m/s)	最大鉛直速度 (m/s)	運動エネルギー (水平) (kJ)	運動エネルギー (鉛直) (kJ)	最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)
鋼製材	4.2	0.2	0.3	0	135	0.0065	0.0	0.0	0	0	0	0.0
鋼製パイプ	0.05	2	0.05	0	8.4	0.0057	0.0	0.0	0	0	0	0.0
乗用車 (ワゴン)	5.2	1.9	2.3	0	1890	0.0073	0.0	0.0	0	0	0	0.0
軽自動車 1	3.4	1.5	1.6	0	840	0.0102	0.0	0.0	0	0	0	0.0
軽自動車 2	3.4	1.5	1.5	0	710	0.0116	4.2	0.2	6	0	1	0.0
軽トラック	3.4	1.5	1.8	0	740	0.0122	8.5	0.7	26	0	4	0.1
4 t トラック	8.1	2.2	2.5	0	3900	0.0059	0.0	0.0	0	0	0	0.0
15t トラック	12.0	2.5	3.3	0	9420	0.0045	0.0	0.0	0	0	0	0.0
バス (路線バスタイプ)	10.3	2.5	3.1	0	9920	0.0035	0.0	0.0	0	0	0	0.0
バス (観光バスタイプ)	12.0	2.5	3.5	0	13080	0.0034	0.0	0.0	0	0	0	0.0
プレハブ物置 (小)	0.75	1.10	1.305	0.18	60	0.0356	24.8	5.2	18	1	31	1.9
プレハブ物置 (中)	1.37	2.21	2.075	0.1	223	0.0309	27.0	6.0	81	4	45	3.1
プレハブ物置 (大)	2.22	5.14	2.35	0.1	599	0.0316	28.7	6.3	246	12	55	3.7

#### 4. 更なる安全裕度の向上策の確認

##### 4.1 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書ー建 2 II. 附属建物 発電機室耐震計算書」1.8. 評価結果(2)二次設計の保有水平耐力の評価のうちの X 方向、Y 方向それぞれについて正負加力 2 ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建 3ーII. 4. 1ー1 表に示す。評価の結果、保有水平耐力は F3 竜巻荷重を上回っており、F3 竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建 3ーII. 4. 1ー1 表 保有水平耐力と F3 竜巻荷重の比較評価

	保有水平耐力(kN)	F3 竜巻荷重(kN) ※1	検定比	評価
X 方向 (東西方向)				○
Y 方向 (南北方向)				○

※1：添付説明書ー建 3ーII 付録 3 参照

#### 4.2.屋根、壁、鉄扉の局部評価

終局耐力荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建 3-Ⅱ.4.2-1 表に示す。評価の結果、各部の強度は F3 竜巻荷重を上回っており、F3 竜巻荷重に対して、部分的に塑性変形が発生する可能性はあるが、終局耐力内であり、健全である。

F3 竜巻荷重については、発電機室の壁に空調用開口があるため、気圧差は発生しないものとして竜巻荷重を算出する。

添説建 3-Ⅱ.4.2-1 表 局部評価

	単位面積当りの 終局耐力荷重 (Pa)	単位面積当りの F3 竜巻荷重 (Pa)	検定比	評価
屋根				○
壁				○
鉄扉				○

※1：添付説明書一建 3-Ⅱ付録 5 参照

(ただし、屋根については、F3 竜巻荷重が屋根固定荷重 (6200 N/m<sup>2</sup>) 以下であり、浮き上がり力は生じないことから検討を省略)

※2：添付説明書一建 3-Ⅲ. 発電機室新設標準鉄扉説明書 参照

※3：添付説明書一建 3-Ⅱ付録 4 参照

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部における F3 竜巻荷重に対する終局耐力荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比が F3 竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、終局耐力荷重は載荷されている F3 竜巻荷重を検定比で割り戻す (終局耐力荷重=F3 竜巻荷重/検定比) ことで算出する。

#### 4.3. 飛来物の飛散による壁、屋根の貫通評価結果

F1 竜巻と同様に F3 竜巻での飛来物評価を実施する。F3 竜巻での評価結果を添説建 3-Ⅱ. 4. 3-1 表に示す。また、その内でプレハブ物置 (大)、軽トラックの F3 竜巻時における飛散距離を添説建 3-Ⅱ. 4. 3-1 図に示す。

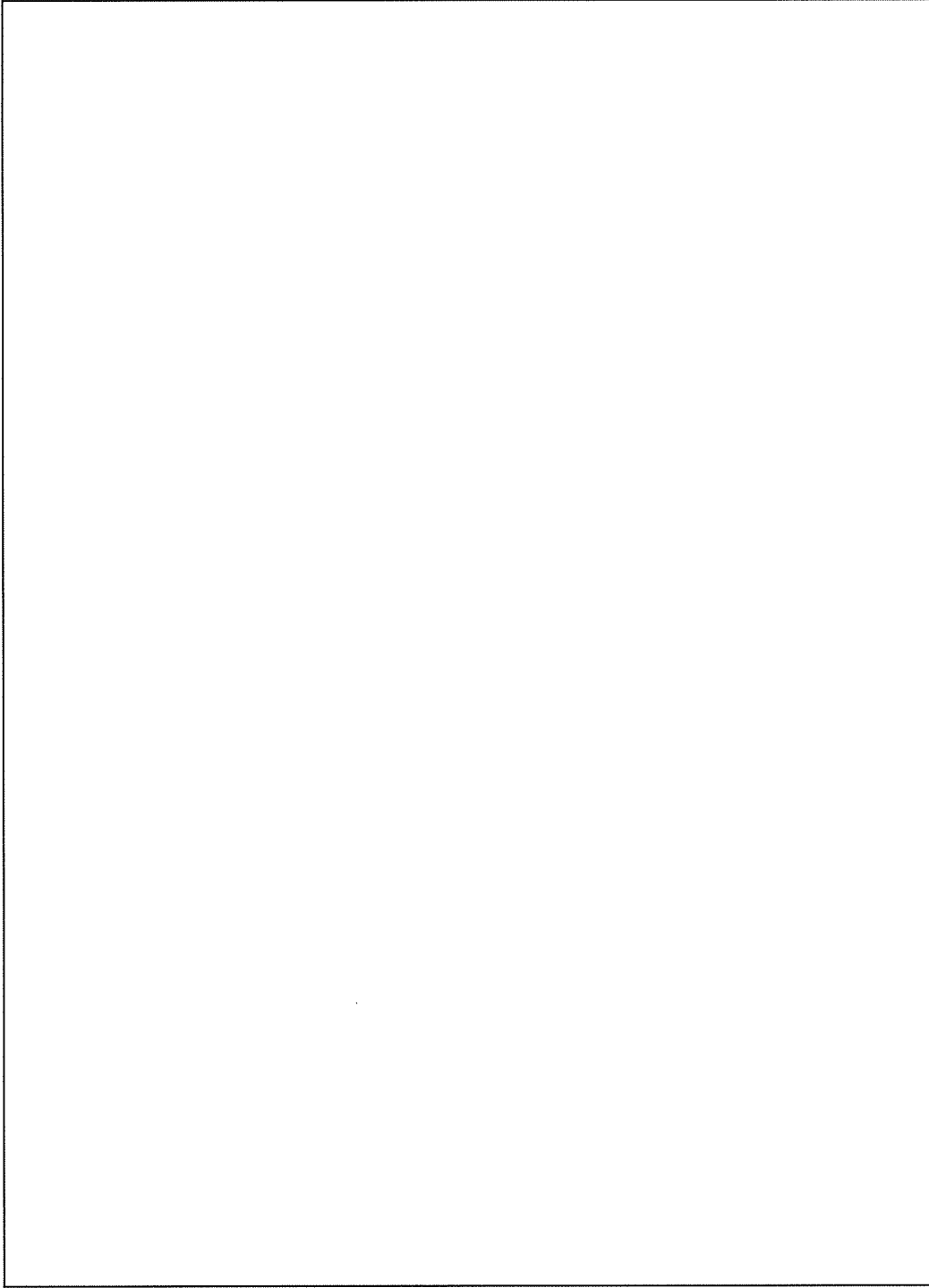
評価の結果、上記の飛散距離図に示す通り、最大飛散距離はプレハブ物置 (大) が 211m であるが、最も近い民家や公道から発電機室までは 240m 以上離れており、同建物まで到達する飛来物は無いことから、建物の壁、屋根の貫通評価は不要である。

添説建 3-Ⅱ. 4. 3-1 表 F3 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F3)

最大風速	92	(m/s)
最大接線風速	78	(m/s)
移動速度	14	(m/s)

品名	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	設置高さ (m)	重量 (kgf)	空力パラメータ (m <sup>2</sup> /kg)	最大水平速度 (m/s)	最大鉛直速度 (m/s)	運動エネルギー (水平) (kJ)	運動エネルギー (鉛直) (kJ)	最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)
鋼製材	4.2	0.2	0.3	0	135	0.0065	11.1	0.9	8	0	6	0.2
鋼製パイプ	0.05	2	0.05	0	8.4	0.0057	0.0	0.0	0	0	0	0.0
乗用車 (ワゴン)	5.2	1.9	2.3	0	1890	0.0073	42.5	7.8	1710	58	95	4.9
軽自動車 1	3.4	1.5	1.6	0	840	0.0102	46.2	7.7	896	25	99	4.9
軽自動車 2	3.4	1.5	1.5	0	710	0.0116	48.6	7.6	839	21	136	5.3
軽トラック	3.4	1.5	1.8	0	740	0.0122	50.5	9.3	944	32	160	8.2
4 t トラック	8.1	2.2	2.5	0	3900	0.0059	38.4	7.2	2880	101	71	3.9
15t トラック	12.0	2.5	3.3	0	9420	0.0045	32.8	6.7	5074	211	59	3.4
バス (路線バスタイプ)	10.3	2.5	3.1	0	9920	0.0035	22.9	3.0	2612	45	30	1.1
バス (観光バスタイプ)	12.0	2.5	3.5	0	13080	0.0034	23.9	3.4	3740	74	33	1.3
プレハブ物置 (小)	0.75	1.1	1.305	0.18	60	0.0356	63.6	12.4	121	5	191	20.3
プレハブ物置 (中)	1.37	2.21	2.075	0.1	223	0.0309	63.2	14.0	445	22	208	25.4
プレハブ物置 (大)	2.22	5.14	2.35	0.1	599	0.0316	63.7	14.4	1217	62	211	27.8



添説建3ーⅡ.4.3ー1 図 プレハブ物置 (大)、軽トラックの飛散距離図 (F3 竜巻時)

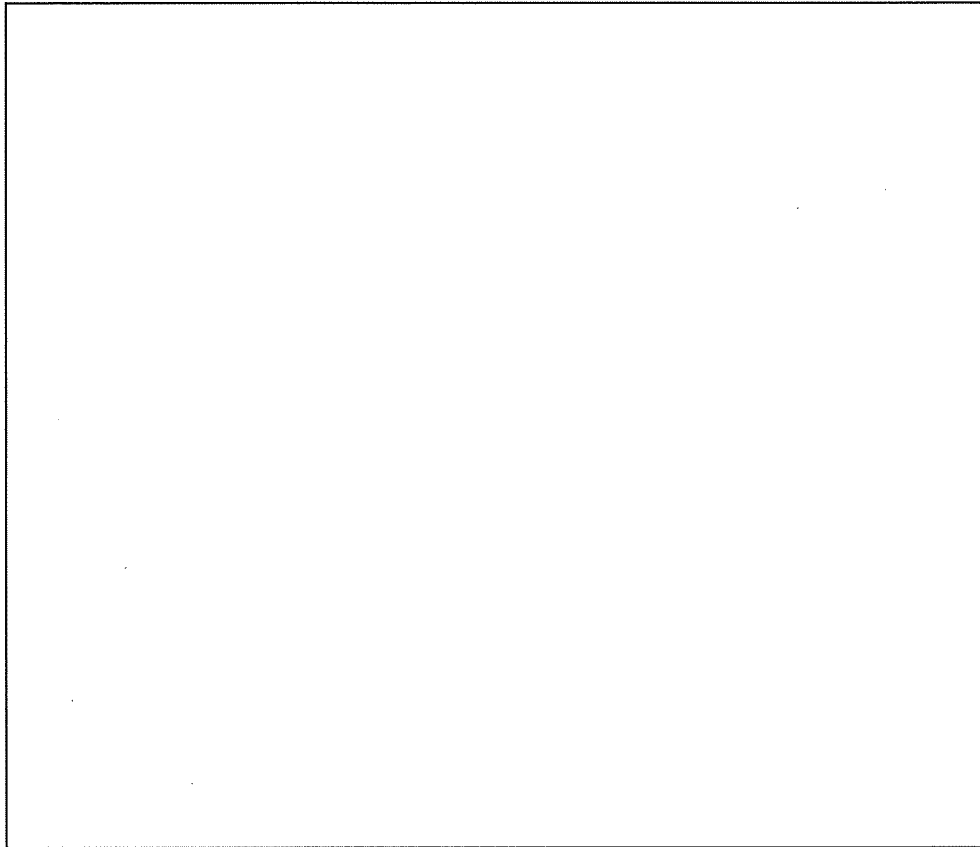


見付面積の算出方法について

見付面積 ( $A_p, A_{IF}$ ) の算出にあたり、高さ方向の寸法はパラペットなどの上端部から一律 200mm を加算して裕度を確保する。また、X 方向、Y 方向の寸法は、通り芯から両側に一律 1500mm を加算して裕度を確保する。

X 方向 (東西方向) の見付面積

見付面積の算出範囲を添説建 3—Ⅱ. 付 1—1 図に示す。



添説建 3—Ⅱ. 付 1—1 図 X 方向見付面積

$a =$  壁幅 + 両側幅裕度

$=$   m

$b =$  パラペット高さ + 高さ裕度

$=$   m

$c =$  (1 階壁高さ + 150) / 2

$=$   m

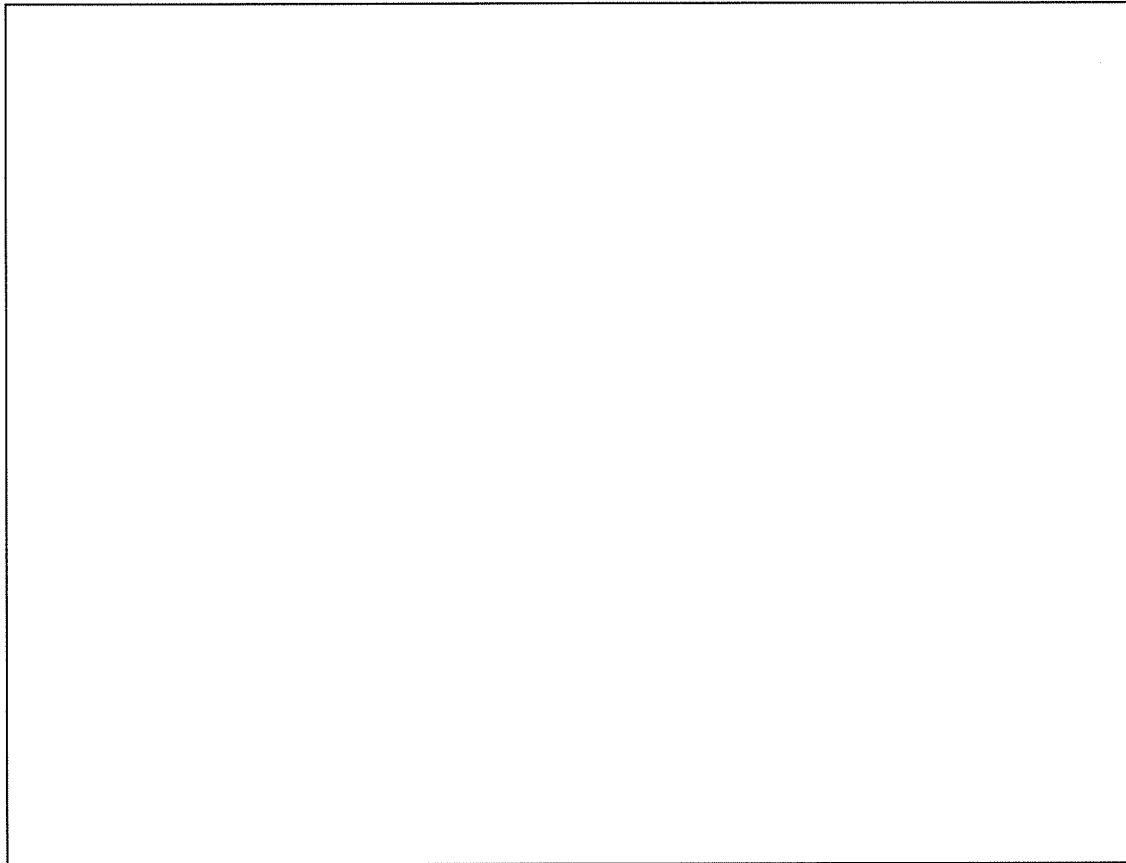
各階見付面積

1F : パラペット  $A_p = a \times b =$    $m^2$

壁  $A_{IF} = a \times c =$    $m^2$

Y方向（南北方向）の見付面積

見付面積の算出範囲を添説建3-II.付1-2図に示す。



添説建3-II.付1-2図 Y方向見付面積

a = 壁幅 + 両側幅裕度

=  m

b = パラペット高さ + 高さ裕度

=  m

c = (1階壁高さ + 150) / 2

=  m

各階見付面積

1F : パラペット  $A_p = a \times b =$    $m^2$

壁  $A_{1F} = a \times c =$    $m^2$

「添説建 3-Ⅱ. 3. 1-1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重（層せん断力）の算出方法について

添説建 3-Ⅱ. 付 2-1 表 X 方向（東西方向）の水平方向の竜巻荷重

階	算定位置	見付面積	風力係数	風圧力による荷重	風圧力による層せん断力	気圧差による荷重	気圧差による層せん断力	層せん断力の 組合わせ荷重	
		A ※1 (m <sup>2</sup> )	C (-)	q×A×C (kN)	Ww (kN)	ΔP×A (kN)	Wp (kN)	W <sub>T1</sub> =Wp (kN)	W <sub>T2</sub> =Ww+ 0.5×Wp (kN)
1	パラペット								
	風上								
	風下								

※1：見付面積は、添付説明書一建 3-Ⅱ 付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値。

添説建 3-Ⅱ. 付 2-2 表 Y 方向（南北方向）の水平方向の竜巻荷重

階	算定位置	見付面積	風力係数	風圧力による荷重	風圧力による層せん断力	気圧差による荷重	気圧差による層せん断力	層せん断力の 組合わせ荷重	
		A ※1 (m <sup>2</sup> )	C (-)	q×A×C (kN)	Ww (kN)	ΔP×A (kN)	Wp (kN)	W <sub>T1</sub> =Wp (kN)	W <sub>T2</sub> =Ww+ 0.5×Wp (kN)
1	パラペット								
	風上								
	風下								

※1：見付面積は、添付説明書一建 3-Ⅱ 付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値。

発電機室の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とする。

「Ⅰ. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重：ΔP =  (Pa) →  (Pa) として計算に使用
- ・風圧力による荷重：q =  (Pa) →  (Pa) として計算に使用

「添説建 3—II. 4. 1—1 表 保有水平耐力と F3 竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重（層せん断力）の算出方法について

添説建 3—II. 付 3—1 表 X 方向（東西方向）の水平方向の竜巻荷重

階	算定位置	見付面積	風力係数	風圧力による荷重	風圧力による層せん断力	気圧差による荷重	気圧差による層せん断力	層せん断力の 組合わせ荷重	
		A ※1 (m <sup>2</sup> )	C (—)	q×A×C (kN)	Ww (kN)	ΔP×A (kN)	Wp (kN)	W <sub>T1</sub> =Wp (kN)	W <sub>T2</sub> =Ww+ 0.5×Wp (kN)
1	パラペット								
	風上								
	風下								

※1：見付面積は、添付説明書—建 3—II 付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値。

添説建 3—II. 付 3—2 表 Y 方向（南北方向）の水平方向の竜巻荷重

階	算定位置	見付面積	風力係数	風圧力による荷重	風圧力による層せん断力	気圧差による荷重	気圧差による層せん断力	層せん断力の 組合わせ荷重	
		A ※1 (m <sup>2</sup> )	C (—)	q×A×C (kN)	Ww (kN)	ΔP×A (kN)	Wp (kN)	W <sub>T1</sub> =Wp (kN)	W <sub>T2</sub> =Ww+ 0.5×Wp (kN)
1	パラペット								
	風上								
	風下								

※1：見付面積は、添付説明書—建 3—II 付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値。

発電機室の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とする。

「I. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重：ΔP = □(Pa) (気圧差荷重□)
- ・風圧力による荷重：q = □(Pa) → □(Pa) として計算に使用

## 1. 「添説建 3—II. 3. 2—1 表 局部評価」の F1 竜巻荷重の算出方法について

添説建 3—II. 付 4—1 表 F1 竜巻の特性値

空気密度	$\rho$	(kg/m <sup>3</sup> )	1. 22
竜巻最大風速	$V_D$	(m/s)	49
竜巻接線風速	$V_m$	(m/s)	42
速度圧	$q$	(Pa)	1465
気圧低下による荷重	$\Delta P_{max}$	(Pa)	-2152

添説建 3—II. 付 4—2 表 F1 竜巻の局部評価用荷重の算定

風の方向		風上	風下
風力係数 (壁・鉄扉等)	$C_w$	—	0. 8
風力係数 (屋根)	$C_R$	—	-1. 2
気圧差荷重	$W_p$	(Pa)	-2152
壁・鉄扉等への荷重	$W_{T1}$	(Pa)	
	$W_{T2}$	(Pa)	—
屋根への荷重	$W_{T1}$	(Pa)	-2152
	$W_{T2}$	(Pa)	

注) ・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負

・※印の値が評価で使用した荷重

## 2. 「添説建 3—II. 4. 2—1 表 局部評価」の F3 竜巻荷重の算出方法について

添説建 3—II. 付 4—3 表 F3 竜巻の特性値

空気密度	$\rho$	(kg/m <sup>3</sup> )	1. 22
竜巻最大風速	$V_D$	(m/s)	92
竜巻接線風速	$V_m$	(m/s)	78
速度圧	$q$	(Pa)	5163
気圧低下による荷重	$\Delta P_{max}$	(Pa)	0

添説建 3—II. 付 4—4 表 F3 竜巻の局部評価用荷重の算定

風の方向		風上	風下
風力係数 (壁・鉄扉等)	$C_w$	—	0. 8
風力係数 (屋根)	$C_R$	—	-1. 2
気圧差荷重	$W_p$	(Pa)	0
壁・鉄扉等への荷重	$W_{T1}$	(Pa)	0
	$W_{T2}$	(Pa)	
屋根への荷重	$W_{T1}$	(Pa)	0
	$W_{T2}$	(Pa)	

注) ・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負

・※印の値が評価で使用した荷重

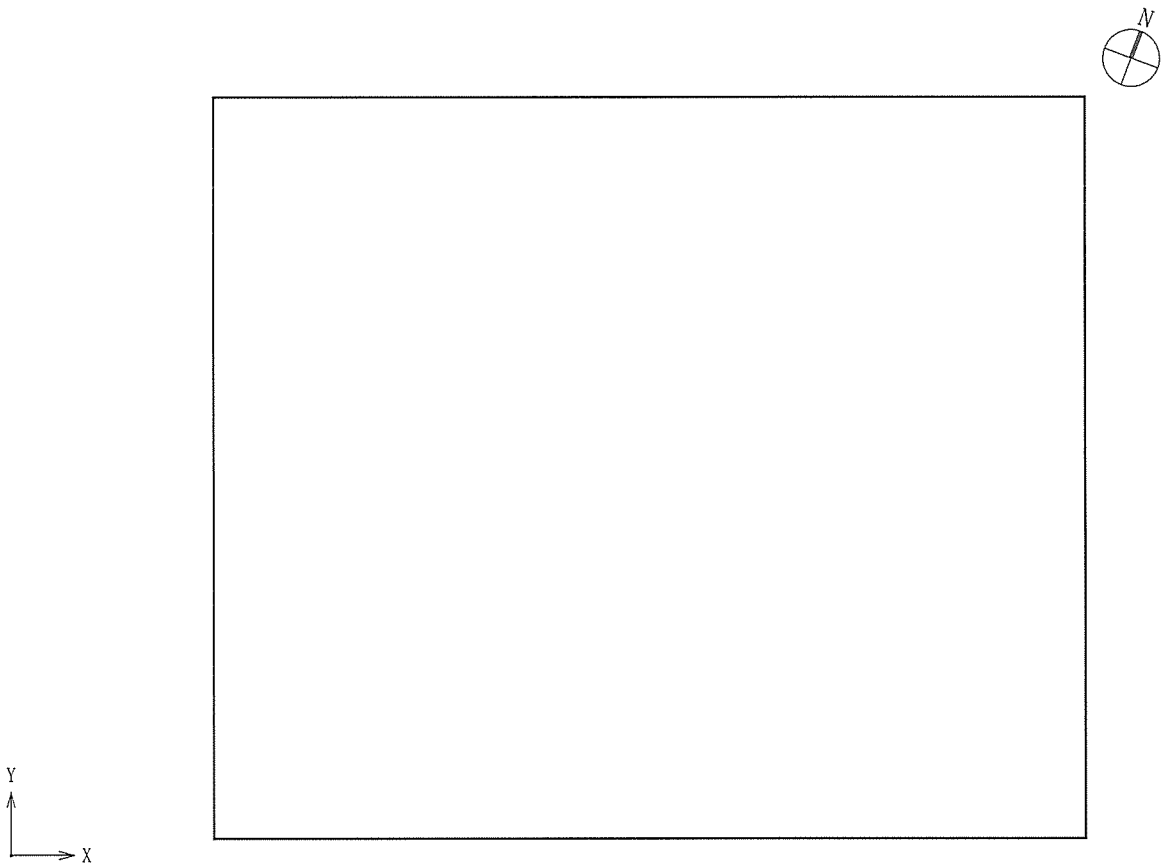
竜巻に対する局所評価用の竜巻許容荷重の計算に関する説明書

建物の損傷防護の観点から、局部評価として建物の屋根、壁とそれらを支持する構造二次部材について評価を行う。

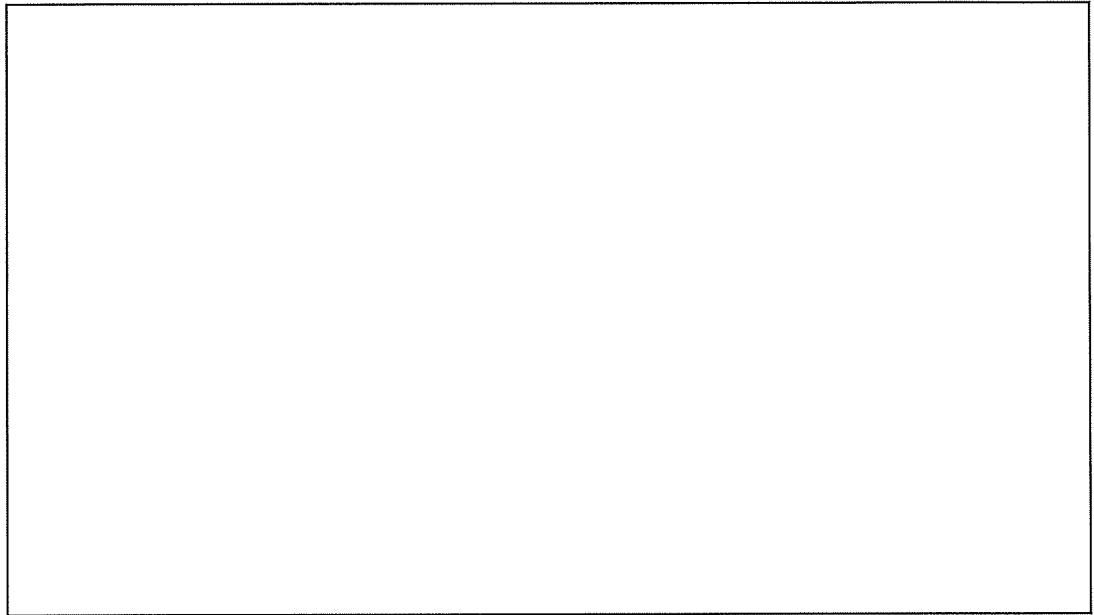
1. 屋根、壁の評価位置と評価モデルについて

発電機室の屋根、壁は鉄筋コンクリート構造であり、屋根スラブ、RC 小梁、壁スラブについて検討を行う。

検討対象を添説建 3-Ⅱ. 付 5-1 図、添説建 3-Ⅱ. 付 5-2 図に示す。スラブは内法寸法で評価する。



添説建 3-Ⅱ. 付 5-1 図 屋根検討対象（見上げ図）



添説建 3-Ⅱ. 付 5-2 図 壁検討対象

## 2. 竜巻許容荷重の考え方

屋根スラブ、RC 小梁、壁スラブは F1 竜巻時に作用する最大曲げモーメントが短期曲げ耐力以下、F3 竜巻時は終局曲げ耐力以下であることを確認する。確認にあたり、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。

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。

### 3. 竜巻許容荷重の算出

#### 3.1. 荷重

竜巻荷重は負圧で評価するため、固定荷重の値は切り捨てとする。

##### (1) 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  $t_{RC}$  (m) :   
 単位面積重量  $w_{RC1}$  (N/m<sup>2</sup>) :  $\gamma_{RC} \times t_{RC} =$    
 仕上げ荷重  $w_{RC2}$  (N/m<sup>2</sup>) :   
 検討用固定荷重  $w_{RC}$  (N/m<sup>2</sup>) :  $w_{RC1} + w_{RC2} =$

##### (2) 竜巻荷重

添説建 3-Ⅱ. 付 5-1 表に示す。(添付説明書一建 3-Ⅱ 付録 4 参照)

添説建 3-Ⅱ. 付 5-1 表 竜巻荷重

竜巻荷重	屋根	壁
F1 竜巻荷重 (短期) $w_{F1}$ (N/m <sup>2</sup> )		
F3 竜巻荷重 (終局) $w_{F3}$ (N/m <sup>2</sup> )		

#### 3.2. 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 : 設計図書より

短期許容引張応力度  $f_t =$   N/mm<sup>2</sup>

降伏応力度  $\sigma_y =$   N/mm<sup>2</sup>



### 3.3. 屋根の検討

添説建 3-Ⅱ. 付 5-2 表に竜巻荷重と屋根固定荷重の比較を示す。F1 竜巻荷重、F3 竜巻荷重は屋根固定荷重以下であり、浮き上がり力は生じないため、屋根スラブ、RC 小梁の検討を省略する。

添説建 3-Ⅱ. 付 5-2 表 竜巻荷重と固定荷重の比較

F1 竜巻荷重 (N/m <sup>2</sup> )	F3 竜巻荷重 (N/m <sup>2</sup> )		屋根固定荷重 (N/m <sup>2</sup> )

### 3.4. 壁の検討

#### (1) 壁スラブ (SW25)

##### 1) 寸法諸元、パネル支持条件

水平スパン長 (パネル長) L(m) :

鉛直スパン長 (パネル幅) B(m) :

単位面積当り F1 竜巻荷重  $w_{F1}$  (kN/m<sup>2</sup>) :

単位面積当り F3 竜巻荷重  $w_{F3}$  (kN/m<sup>2</sup>) :

##### 壁スラブ諸元

厚さ t(mm) :

##### 配筋

縦筋 :

横筋 :

1 本当り断面積 (D13)  $A_{D13}$  (mm<sup>2</sup>) :

##### 鉄筋 ()

短期許容引張応力度  $f_t$  (N/mm<sup>2</sup>) :

降伏応力度  $\sigma_y$  (N/mm<sup>2</sup>) :

支持条件 :

2) 検討結果

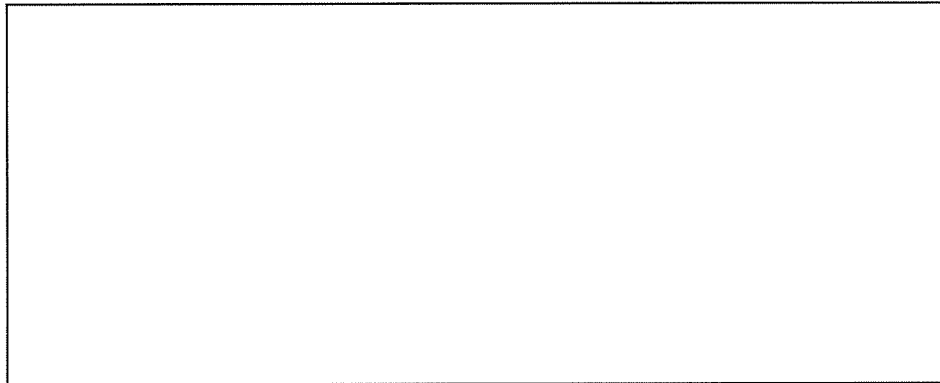
曲げモーメントが最大となる端部にて検討を行う。

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 (1m 幅当り)  $a_t$  (mm<sup>2</sup>/m) :  $1000 / 200 \times A_{D13}$   
 =



a) F1 竜巻

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

$$M = 1 / 12 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w_{F1} \times B^2$$

$$=$$
  kN・m/m

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

$$M_a = a_t \times f_t \times j =$$
  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

$$R_1 = M / M_a =$$
  OK

b) F3 竜巻 ( $d=193$  となるが保守的に 189 として検討)

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

$$M = 1 / 12 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w_{F3} \times B^2$$

$$=$$
  kN・m/m

終局曲げ耐力  $M_u$  (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (解 8.21) 式より

$$M_u = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d =$$
  =  kN・m/m

最大曲げモーメント  $M$  と終局曲げ耐力  $M_u$  の検定比

$$R_2 = M / M_u =$$
  OK

(2) 壁の単位面積当りの短期許容荷重、終局耐力荷重

短期許容荷重  $w_a = w_{F1} / R_1 =$   N/m<sup>2</sup>

終局耐力荷重  $w_u = w_{F3} / R_2 =$   N/m<sup>2</sup>

以上より、対象 F1 竜巻荷重 (短期)、F3 竜巻荷重 (終局) に対して、壁は健全である。

## Ⅲ. 附属建物 発電機室 鉄扉説明書

## 1. 概要

附属建物 発電機室の F3 竜巻荷重に対する新設鉄扉 4 箇所について検討を行う。

本説明書では、扉面積が最大となる鉄扉を代表例に強度検討の詳細を示し、それ以外の検討結果を一覧表の形式にて記載する。

検討の結果、全ての鉄扉は、竜巻荷重に対して健全である。

## 2. 評価対象鉄扉の検定比及び鉄扉配置図

## 2. 1. 検定比最大鉄扉

竜巻荷重に対する鉄扉の強度評価において、検定比が最大となる鉄扉を添説建 3—Ⅲ. 2. 1—1 表に示す。

添説建 3—Ⅲ. 2. 1—1 表 附属建物 発電機室 検定比最大鉄扉

	鉄扉部位	項目	記号	単位	SD-202
					両開
鉄扉仕様	竜巻荷重	F1	$q_1$	N/m <sup>2</sup>	
		F3	$q_3$	N/m <sup>2</sup>	
	扉	幅	$W$	mm	
		高さ	$H$	mm	
		厚み	$T$	mm	
		表面板厚	$t$	mm	
評価	許容荷重 ( $q_{1a}, q_{3u}$ )	F1	$q_{1a}$	N/m <sup>2</sup>	
			$K_1$	—	
		判定		OK	
	検定比 ( $K_1, K_3$ )	F3	$q_{3u}$	N/m <sup>2</sup>	
			$K_3$	—	
		判定		OK	

## 2. 2. 鉄扉配置図

鉄扉の配置については、本文図り建-2 及び図り建-4 に示す。

### 3. 鉄扉の強度評価

#### 3.1. 鉄扉概要

各鉄扉の概要を添説建 3-III.3.1-1 表に示す。なお、計算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 3-III.3.1-1 表 竜巻対応鉄扉一覧

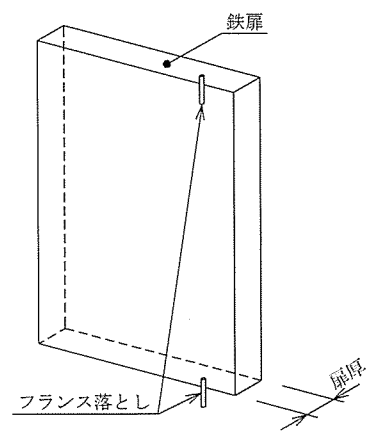
扉番号	場所	型式		枚数	扉幅 W (mm)	扉高さ H (mm)	竜巻荷重	
							スケール	強度 (N/m <sup>2</sup> )
SD-200		両開		2			F3	
SD-201		両開		2			F3	
SD-202		両開	親扉	1			F3	
			子扉	1				
SD-203		両開	親扉	1			F3	
			子扉	1				

各鉄扉の概要図を添説建 3-III.3.1-2 表に示す。

添説建 3-III. 3. 1-2 表 鉄扉の概要図

鉄扉番号	SD-200	SD-201
竜巻荷重	F3	F3
概要図		
扉厚		

鉄扉番号	SD-202	SD-203
竜巻荷重	F3	F3
概要図		
扉厚		



### 3.2. 使用材料

鋼材の基準強度を添説建 3-III.3.2-1 表に示す。

添説建 3-III.3.2-1 表 鋼材の設計基準強度[F]

鋼材の種別	基準強度

$t \leq 40^* \text{mm}$  (鉄扉の部材は厚さ  $\square$  mm 以下)

※鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (日本建築学会)

### 3.3. 鉄扉の強度評価方法

#### (1) 評価方針

竜巻対応鉄扉の評価に当たっては、竜巻荷重が作用する以下の構成要素について、作用応力が耐力より小さいことを確認する。

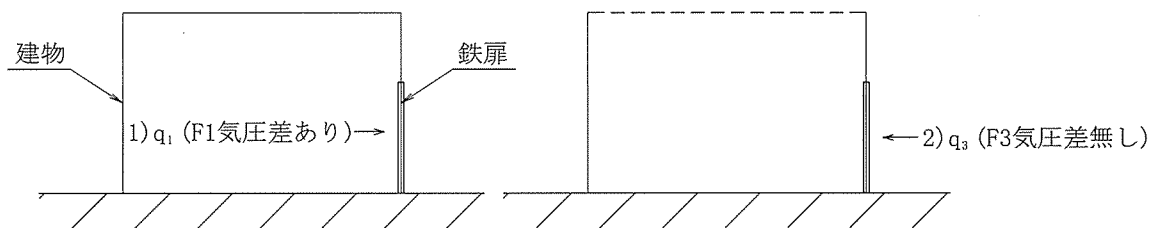
- ・鉄扉表面板
- ・鉄扉内部構造材
- ・鉄扉扉枠
- ・フランス落とし

#### (2) 設計荷重

鉄扉の強度評価に使用する竜巻荷重 (局部評価用荷重のうち鉄扉への荷重) を添説建 3-III.3.3-1 図に示す。

1) F1 竜巻荷重 気圧差ありの場合 :  $q_1 = 2152 \text{ N/m}^2$

2) F3 竜巻荷重 気圧差無しの場合 :  $q_3 = 4130 \text{ N/m}^2$



添説建 3-III.3.3-1 図 鉄扉の竜巻荷重

(3) 許容耐力

短期許容曲げモーメント (F1 の場合)

$$F(\text{基準強度}) = \boxed{\phantom{000}} (\text{N/mm}^2)$$

$Z$  : 弾性断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

$$M_{1a} = F \times Z = \boxed{\phantom{00000}} (\text{N}\cdot\text{mm})$$

終局曲げ耐力 (F3 の場合)

$$F_y = F(\text{基準強度}) \times \boxed{\phantom{00000}} (\text{N/mm}^2)$$

$Z_p$  : 塑性断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

$$M_{3u} = F_y \times Z_p = \boxed{\phantom{00000}} \times Z_p (\text{N}\cdot\text{mm})$$

短期許容せん断力 (F1 の場合)

$A$  : せん断応力抵抗断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$$S_{1a} = \frac{F}{\sqrt{3}} \times A = \boxed{\phantom{00000}} (\text{N})$$

終局せん断耐力 (F3 の場合)

$A$  : せん断応力抵抗断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$$S_{3u} = \frac{F_y}{\sqrt{3}} \times A = \boxed{\phantom{0000000}} (\text{N})$$

(4) 適用基準

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (日本建築学会)
- ・ 鋼構造塑性設計指針 (日本建築学会)
- ・ 日本産業規格 (JIS) (日本規格協会)

### 3.4. 鉄扉の強度検討

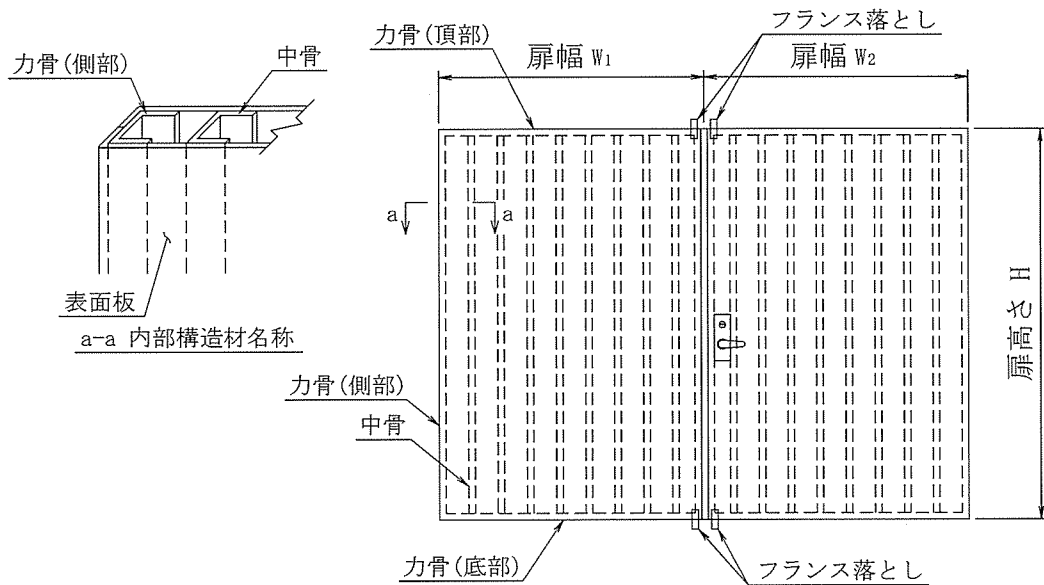
鉄扉の竜巻に対する強度検討に当たっては、扉面積が最大となる SD-200 に着目し、検討詳細を示す。SD-200 の寸法諸元を添説建 3-III. 3.4-1 表に、構造概要を添説建 3-III. 3.4-1 図に示す。

また、SD-200 以外の鉄扉については、同様方法による検討結果を添説建 3-III. 3.5-1 表に記載する。

#### (1) 鉄扉 SD-200 の寸法諸元

添説建 3-III. 3.4-1 表 鉄扉 SD-200 の寸法諸元

大項目	小項目	名称	記号	数値	単位	
荷重	短期荷重	竜巻荷重 F1	$q_1$	2152	N/m <sup>2</sup>	
	終局荷重	竜巻荷重 F3	$q_3$	4130	N/m <sup>2</sup>	
寸法諸元	扉	幅	$W_1, W_2$		mm	
		高さ	$H$		mm	
		厚さ	$T$		mm	
		表面板厚	$t$		mm	
		内部補強材	力骨(側部)	$t_1$		mm
			力骨(頂部、底部)	$t_2$		mm
			中骨(縦部)	$t_3$		mm
	内部補強材(中骨)ピッチ	$L$		mm		
フランス落とし	ピン径	$D_f$		mm		

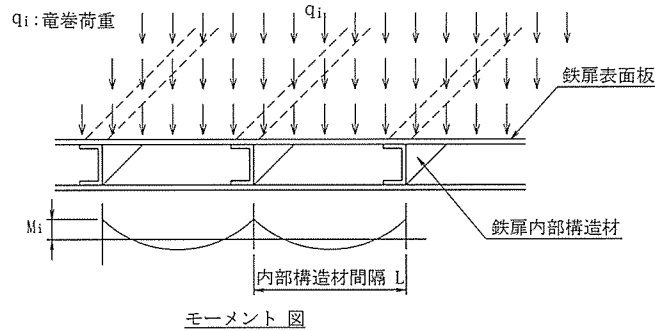


添説建 3-III. 3.4-1 図 鉄扉 SD-200 の構造概要



(2) 鉄扉表面板の曲げ強度

鉄扉内部構造材で支持された鉄扉表面板が竜巻荷重を受けた場合に発生する曲げ応力に対して検討する。鉄扉表面には添説建 3-III. 3. 4-2 図に示す荷重が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-2 図 鉄扉表面板の荷重負担

竜巻荷重  $q_i$

F1 竜巻荷重 :  $q_1$

F3 竜巻荷重 :  $q_3$

表面板の曲げ応力  $M_i$

$$M_i = \frac{1}{12} \times q_i \times L^2 \quad (\text{両端固定条件、単位幅 1mm 当り}) \quad (i=1, 3)$$

弾性断面係数  $Z$

$$Z = \frac{t^2}{6} \quad (\text{単位幅 1mm 当り})$$

塑性断面係数  $Z_p$

$$Z_p = \frac{t^2}{4} \quad (\text{単位幅 1mm 当り})$$

曲げ耐力  $M_{1a}, M_{3u}$

短期許容曲げモーメント  $M_{1a} = F \times Z$  (単位幅 1mm 当り)

終局曲げ耐力  $M_{3u} = F_y \times Z_p$  (単位幅 1mm 当り)

検定比  $K_i$

$$K_1 = \frac{M_1}{M_{1a}}, \quad K_3 = \frac{M_3}{M_{3u}}$$

許容荷重  $q_{1a}, q_{3u}$  (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

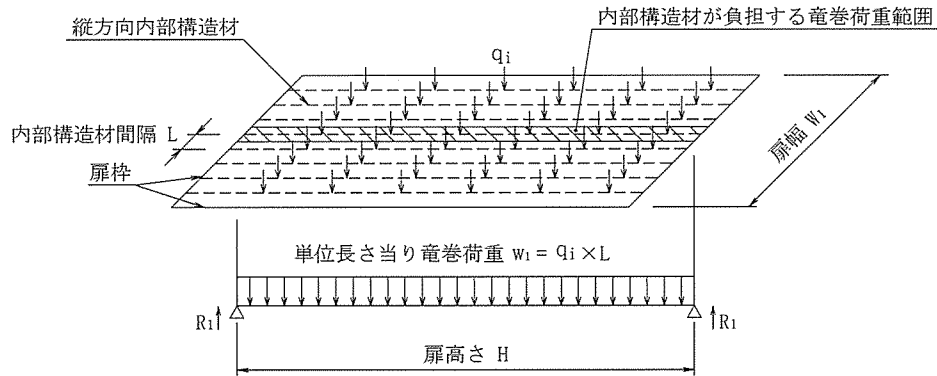
計算結果を添説建 3-III. 3. 4-2 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-2 表 鉄扉表面板の強度検討

ケース	$q_1, q_3$ (N/m <sup>2</sup> )	$L$ (mm)	$t$ (mm)	$M_1, M_3$ (N·mm/mm)	$F, F_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$Z, Z_p$ (mm <sup>3</sup> /mm)	$M_{1a}, M_{3u}$ (N·mm/mm)	検定比 $K_1, K_3$	許容荷重 $q_{1a}, q_{3u}$ (N/m <sup>2</sup> )
F1									
F3									

(3) 鉄扉の内部構造材強度

鉄扉表面板を支持する内部構造材は、扉枠に支持された梁として検討する。  
鉄扉内部構造材には添説建 3-III. 3. 4-3 図に示す荷重が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-3 図 鉄扉内部構造材の荷重負担範囲

内部構造材の曲げ応力  $M_i$

$$M_i = \frac{1}{8} \times w_1 \times H^2 = \frac{q_i \times L \times H^2}{8} \quad (i = 1, 3)$$

曲げ耐力  $M_{1a}, M_{3u}$

短期許容曲げモーメント  $M_{1a} = F \times Z_{DS1}$

終局曲げ耐力  $M_{3u} = F_y \times Z_{DS1}$

検定比  $K_i$

$$K_1 = \frac{M_1}{M_{1a}}, \quad K_3 = \frac{M_3}{M_{3u}}$$

許容荷重  $q_{1a}, q_{3u}$  (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-3 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-3 表 鉄扉内部構造材の強度検討

ケース	$q_1, q_3$ ( $\text{N}/\text{m}^2$ )	$L$ (mm)	$H$ (mm)	$M_1, M_3$ ( $\text{N} \cdot \text{m}$ )	$F, F_y$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	$Z_{DS1}$ ( $\text{mm}^3$ )	$M_{1a}, M_{3u}$ ( $\text{N} \cdot \text{m}$ )	検定比 $K_1, K_3$	許容荷重 $q_{1a}, q_{3u}$ ( $\text{N}/\text{m}^2$ )
F1									
F3									

$Z_{DS1}$  : 縦方向内部構造材の弾性断面係数

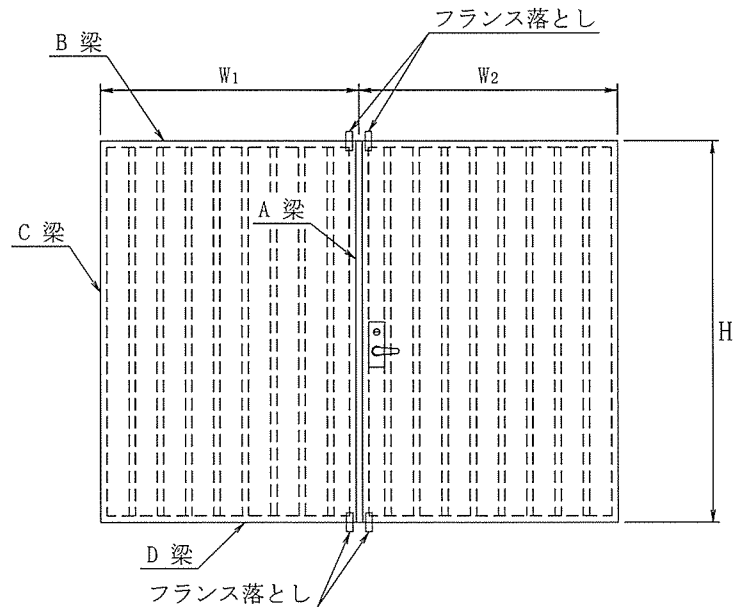
(4) 鉄扉の扉枠強度

鉄扉の側部扉枠 A 梁及び頂部扉枠 B 梁について検討する。

側部扉枠 C 梁及び底部扉枠 D 梁については上記扉枠と同様につき、検討を省略する。

各扉枠は、フランス落としを支点とした単純梁モデルとして検討する。

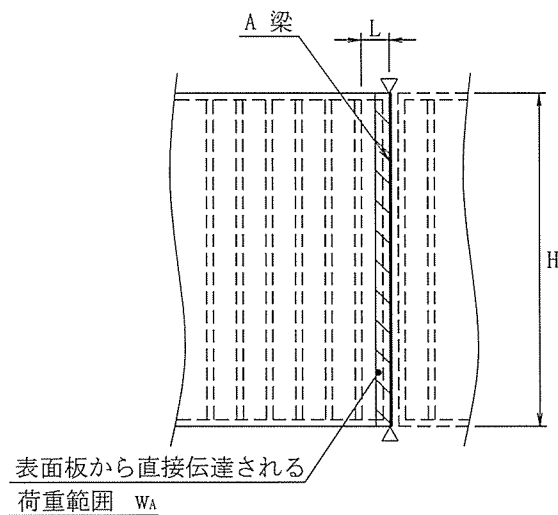
鉄扉の扉枠梁材の名称を添説建 3-III. 3. 4-4 図に示す。



添説建 3-III. 3. 4-4 図 鉄扉の扉枠梁材の名称

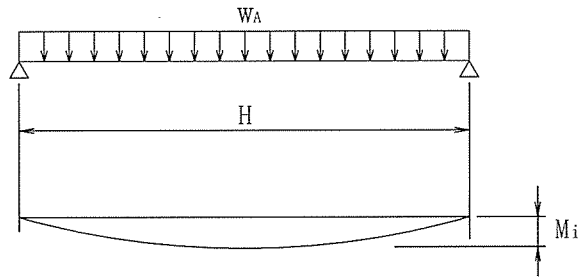
1) 側部 (召し合わせ側) 扉枠 A 梁

扉枠 A 梁には、添説建 3-III. 3. 4-5 図に示す荷重が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-5 図 側部扉枠 A 梁の荷重負担範囲

添説建 3-III. 3. 4-6 図に示す梁モデルとして検討する。



添説建 3-III. 3. 4-6 図 側部扉枠 A 梁の梁モデル

表面板から直接伝達される荷重  $w_A$

$$w_A = q_i \times \frac{L}{2}$$

扉枠 A 梁の曲げ応力  $M_i$

$$M_i = \frac{w_A \times H^2}{8} = \frac{q_i \times L \times H^2}{16} \quad (i = 1, 3)$$

曲げ耐力  $M_{1a}, M_{3u}$

$$\text{短期許容曲げモーメント } M_{1a} = F \times Z_{DA}$$

$$\text{終局曲げ耐力 } M_{3u} = F_y \times Z_{PDA}$$

検定比  $K_i$

$$K_1 = \frac{M_1}{M_{1a}}, \quad K_3 = \frac{M_3}{M_{3u}}$$

許容荷重  $q_{1a}, q_{3u}$  (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-4 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-4 表 側部扉枠 A 梁の強度検討

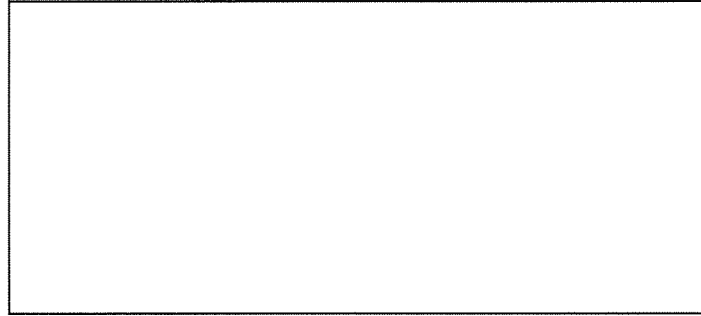
ケース	$q_1, q_3$ ( $\text{N}/\text{m}^2$ )	$L$ (mm)	$H$ (mm)	$M_1, M_3$ ( $\text{N}\cdot\text{m}$ )	$F, F_y$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	$Z_{DA}, Z_{PDA}$ ( $\text{mm}^3$ )	$M_{1a}, M_{3u}$ ( $\text{N}\cdot\text{m}$ )	検定比 $K_1, K_3$	許容荷重 $q_{1a}, q_{3u}$ ( $\text{N}/\text{m}^2$ )
F1									
F3									

$Z_{DA}$  : 扉枠 A 梁の弾性断面係数

$Z_{PDA}$  : 扉枠 A 梁の塑性断面係数

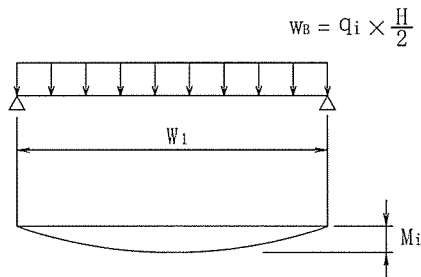
2) 頂部扉枠 B 梁

扉枠 B 梁には添説建 3-III. 3. 4-7 図に示す縦方向内部構造材の反力として伝達される荷重  $R_1$  が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-7 図 頂部扉枠 B 梁の荷重負担範囲

添説建 3-III. 3. 4-8 図に示す梁モデルとし、曲げ応力については安全側に梁全長の等分布荷重として検討する。



添説建 3-III. 3. 4-8 図 頂部扉枠 B 梁の梁モデル

内部構造材から伝達される荷重  $w_B$

$$w_B = q_i \times \frac{H}{2}$$

扉枠 B 梁の曲げ応力  $M_i$

$$M_i = \frac{1}{8} \times w_B \times W_1^2 = \frac{q_i \times H \times W_1^2}{16} \quad (i = 1, 3)$$

曲げ耐力  $M_{1a}, M_{3u}$

$$\text{短期許容曲げモーメント } M_{1a} = F \times Z_{DC}$$

$$\text{終局曲げ耐力 } M_{3u} = F_y \times Z_{PDC}$$

検定比  $K_i$

$$K_1 = \frac{M_1}{M_{1a}}, \quad K_3 = \frac{M_3}{M_{3u}}$$

許容荷重  $q_{1a}, q_{3u}$  (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-5 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-5 表 頂部扉枠 B 梁の強度検討

ケース	$q_1, q_3$ (N/m <sup>2</sup> )	H (mm)	$W_1$ (mm)	$M_1, M_3$ (N・m)	$F, F_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$Z_{DB}, Z_{PDB}$ (mm <sup>3</sup> )	$M_{1a}, M_{3u}$ (N・m)	検定比 $K_1, K_3$	許容荷重 $q_{1a}, q_{3u}$ (N/m <sup>2</sup> )
F1									
F3									

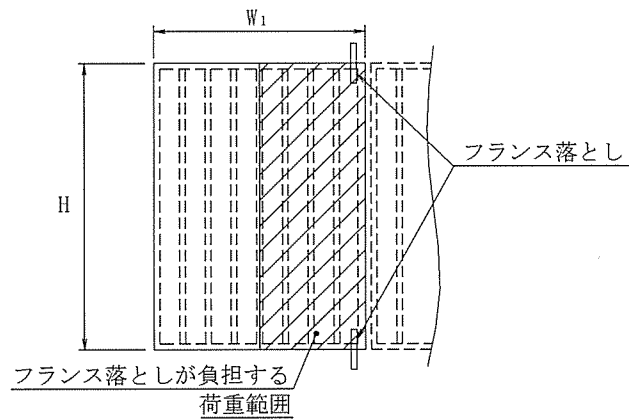
$Z_{DB}$  : 扉枠 B 梁の弾性断面係数

$Z_{PDB}$  : 扉枠 B 梁の塑性断面係数

(5) フランス落としの検討

扉に作用する荷重の 1/2 については、扉上下の新設フランス落としが全て負担するものとし、ピンの必要最小寸法を確認する。

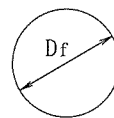
フランス落としには添説建 3-III. 3. 4-9 図に示す荷重が作用する。



添説建 3-III. 3. 4-9 図 フランス落としの荷重負担範囲

フランス落としピンの断面積  $A_f$

$$A_f = \frac{\pi}{4} \times D_f^2$$



フランス落とし断面

ピンの形状係数  $\kappa$  : 4/3 (円形断面) “構造力学公式集, 土木学会” より  
扉のフランス落としに作用する荷重  $R_{fi}$

$$R_{fi} = \kappa \times \frac{q_i \times H \times W_1}{4} \quad (i = 1, 3)$$

せん断耐力  $S_{1a}, S_{3u}$

短期許容せん断力  $S_{1a} = \square \times A_f$  (N)

終局せん断耐力  $S_{3u} = \square \times A_f$  (N)

検定比  $K_i$

$$K_1 = \frac{R_{f1}}{S_{1a}}, K_3 = \frac{R_{f3}}{S_{3u}}$$

許容荷重  $q_{1a}, q_{3u}$  (検定比 1.0 相当の F1, F3 の竜巻荷重)

$$\text{短期許容荷重 } q_{1a} = \frac{q_1}{K_1} \quad \text{終局許容荷重 } q_{3u} = \frac{q_3}{K_3}$$

計算結果を添説建 3-III. 3. 4-6 表に示す。

添説建 3-III. 3. 4-6 表 フランス落としの強度検討

ケース	$q_1, q_3$ (N/m <sup>2</sup> )	$H$ (mm)	$W_1$ (mm)	$D_f$ (mm)	$A_f$ (mm <sup>2</sup> )	$R_{f1}, R_{f3}$ (N)	$F/\sqrt{3},$ $F_y/\sqrt{3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$S_{1a}, S_{3u}$ (N)	検定比 $K_1, K_3$	許容荷重 $q_{1a}, q_{3u}$ (N/m <sup>2</sup> )
F1										
F3										

3.5. 付属建物 発電機室 鉄扉最大検定比一覧

竜巻荷重に対する鉄扉の強度評価において、各鉄扉の最大検定比を添説建 3-III.3.5-1 表に示す。全ての竜巻対応鉄扉は、竜巻荷重に対して健全である。

添説建 3-III.3.5-1 表 各鉄扉の最大検定比一覧

	鉄扉部位	項目	記号	単位	SD-200	SD-201
					新設	新設
					両開	両開
鉄扉仕様	竜巻荷重	F1	$q_1$	N/m <sup>2</sup>		
		F3	$q_3$	N/m <sup>2</sup>		
	扉	幅	$W$	mm		
		高さ	$H$	mm		
		厚み	$T$	mm		
	フランス落とし	ピンサイズ	RB <sup>※1</sup>	mm		
評価	許容荷重 ( $q_{1a}, q_{3u}$ )	F1	$q_{1a}$	N/m <sup>2</sup>		
			$K_1$	—		
		判定				
	検定比 ( $K_1, K_3$ )	F3	$q_{3u}$	N/m <sup>2</sup>		
			$K_3$	—		
		判定				

	鉄扉部位	項目	記号	単位	SD-202	SD-203
					新設	新設
					両開	両開
鉄扉仕様	竜巻荷重	F1	$q_1$	N/m <sup>2</sup>		
		F3	$q_3$	N/m <sup>2</sup>		
	扉	幅	$W$	mm		
		高さ	$H$	mm		
		厚み	$T$	mm		
	フランス落とし	ピンサイズ	RB <sup>※1</sup>	mm		
評価	許容荷重 ( $q_{1a}, q_{3u}$ )	F1	$q_{1a}$	N/m <sup>2</sup>		
			$K_1$	—		
		判定				
	検定比 ( $K_1, K_3$ )	F3	$q_{3u}$	N/m <sup>2</sup>		
			$K_3$	—		
		判定				

※1 RB：丸鋼(ROUND BAR)



## 積雪及び降下火砕物による損傷防止に関する説明書

## I. 積雪及び降下火砕物による損傷防止に関する方針

## 1. 基本方針

加工施設の安全機能に影響を及ぼし得る自然現象のうち、積雪及び降下火砕物による損傷防止に関する基本方針は以下のとおりとする。

- ・ 敷地及び敷地周辺の自然環境を基に想定される積雪及び降下火砕物に対し、安全機能を有する施設が安全機能を損なわない設計とする。具体的には、加工施設の建物の主な屋根構造である鉄骨下地構造屋根（以下「折板屋根」及び「ALC 板屋根」と略記）及び鉄筋コンクリート屋根（以下「RC 屋根」と略記）の実耐荷重がそれぞれ降下火砕物（湿潤密度  $1.2\text{g/cm}^3$ ）で約 10cm（約 60cm の積雪に相当）及び約 28cm（約 168cm の積雪に相当）に耐える実力を有する設計とする。
- ・ 降下火砕物が加工施設で観測された場合、気中の降下火砕物の状態を踏まえて、除去作業等の措置を講じることとする。
- ・ 積雪及び降下火砕物の重畳を踏まえ、安全機能を損なうことがないよう、余裕をもって堆積物を取り除く方針とする。

## 2. 設計方針

## 2.1. 荷重

## (1) 積雪荷重

積雪単位荷重  $m_s$  ( $\text{N/cm/m}^2$ ) : 20 (建築基準法施行令第 86 条第 2 項による)

## 1) 折板屋根

検討用積雪深度  $d_s$  (cm) : 60

検討用積雪荷重  $w_s$  ( $\text{N/m}^2$ ) :  $m_s \times d_s = 20 \times 60 = 1200$

## 2) ALC 板屋根

検討用積雪深度  $d_{ALCS}$  (cm) : 60

検討用積雪荷重  $w_{ALCS}$  ( $\text{N/m}^2$ ) :  $m_s \times d_{ALCS} = 20 \times 60 = 1200$

## 3) RC 屋根

検討用積雪深度  $d_{RCS}$  (cm) : 168

検討用積雪荷重  $w_{RCS}$  ( $\text{N/m}^2$ ) :  $m_s \times d_{RCS} = 20 \times 168 = 3360$

## (2) 固定荷重

検討対象物に応じて設定する。

### (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

検討対象物に応じて設定する。

## 2. 3. 評価方法

### (1) 折板屋根

屋根の支持スパンがメーカー資料による許容スパン以下となっていることを確認する。折板を支える小梁は鉄骨構造であるため、日本建築学会「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一」に基づき、梁に作用する最大曲げ応力度が短期許容曲げ応力度以下であることを確認する。

### (2) ALC 板屋根

屋根の支持スパンがメーカー資料による許容スパン以下となっていることを確認する。ALC 板を支える小梁は鉄骨構造であるため、日本建築学会「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一」に基づき、梁に作用する最大曲げ応力度が短期許容曲げ応力度以下であることを確認する。

### (3) RC 屋根

日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づき、スラブ及び小梁に作用する最大曲げモーメントが終局曲げ耐力以下であることを確認する。

これらの確認により安全機能を損なわないことを確認する。

一般に建築、土木に関する技術計算においては以下の定義による用語を用いており、本資料もこれに準拠することとする。

応力：部材に作用する内力を意味し、せん断力、軸力等の荷重の次元を持つ場合あるいは曲げモーメント、トルク等の荷重×距離の次元を持つ場合がある。

応力度：内力による単位面積あたりの荷重を意味し、荷重を面積で除した次元を持つ。

耐力：骨組や部材が破壊せずに耐えられる限界の応力を意味する。

## 3. 適用規格

設計は原則として、次の関係規準に準拠する。

- ・ 建築基準法・同施行令・告示等
- ・ 日本産業規格（JIS）（日本規格協会）
- ・ 鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一（日本建築学会）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- ・ ALC パネル構造設計指針・同解説（ALC 協会）

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イ建-1「敷地内建物配置図」に示す。

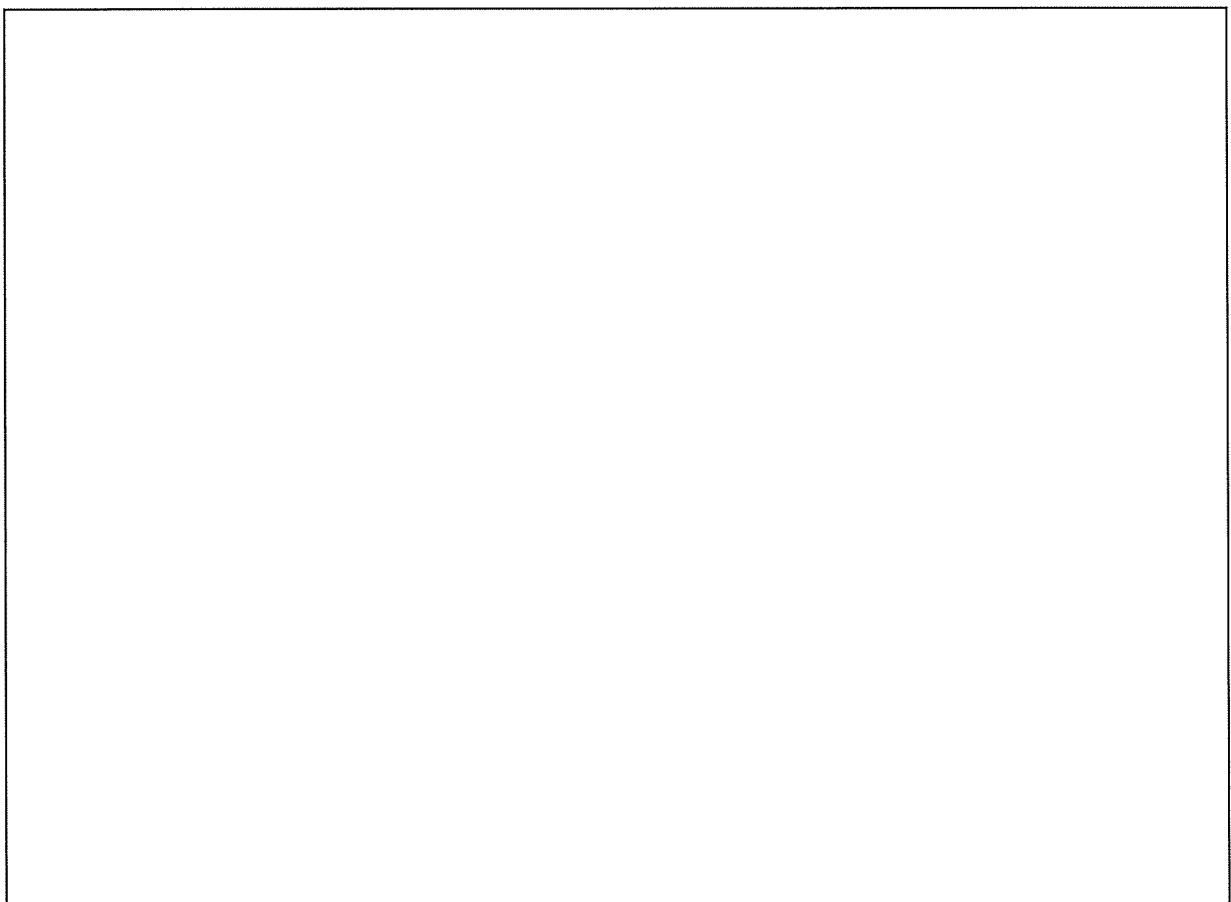
1.2. 建物の概要

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  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 : 設計図書より

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

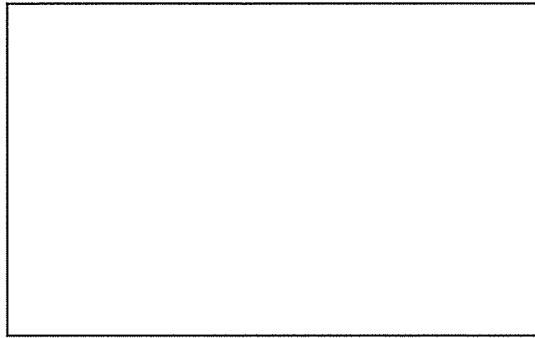
この位置での計算条件は以下の通り。

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

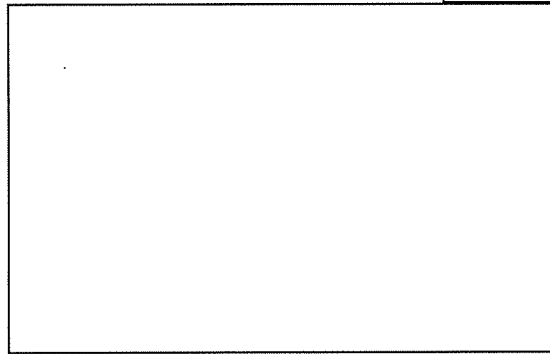
この位置での計算条件は以下の通り。

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) :  $(7 / 8) \times d =$

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 1 m 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) :  $w_{RC} \times B_b =$

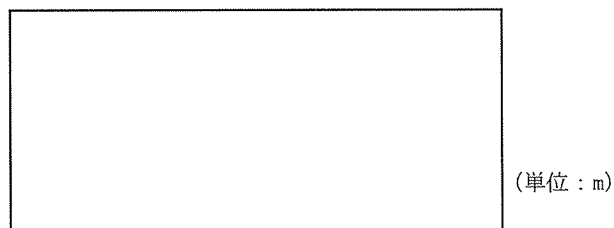
積雪荷重  $W_{RCS}$  (kN/m) :  $w_{RCS} \times B_b =$

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) :

チェーンブロックの載荷位置を以下に示す。



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<sup>※1</sup>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。

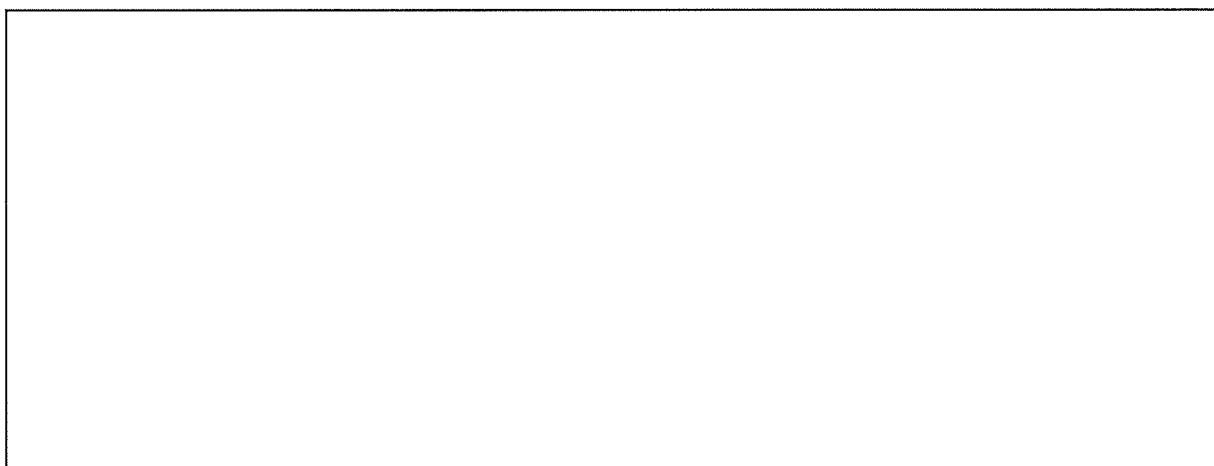
引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離  $d_t$  (mm) :

有効せい  $d$  (mm) :  $h - d_t =$

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

引張鉄筋断面積  $a_t$  (mm<sup>2</sup>) :  $A_{D19} \times 3^{\text{※1}} =$

※1 : 端部上端筋は 4 本であるが、保守的に 3 本と考える。



端部断面

中央部断面

分布荷重による曲げモーメント  $M_W$

$M_W = 1 / 12 \times W \times L^2 =$   kN・m

集中荷重による最大曲げモーメント  $M_p$

$M_p = P_c \times a_p \times b_p^2 / L^2 =$   kN・m

最大曲げモーメント  $M$

$M = M_W + M_p =$   kN・m

短期曲げ耐力  $M_a$  は、RC 規準 (13.1) 式より

$M_a = a_t \times f_{t2} \times j =$   kN・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、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)が設置されている附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、評価の要否を示す。

○：評価が必要 ×：評価が不要

建物	部位	材料	寸法 (厚さ)	評価要否
附属建物発電機室 (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：給気/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附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 に附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：発生した火災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。

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

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

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

(「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、事業許可のとおり第1廃棄物処理所（次回以降申請）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以上であることから、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、高圧ガス貯蔵所（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。

附属建物発電機室：

附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、附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	火災	灯油	火災
油種等	—				
影響モード	—				
L	m	15		193	
S	m <sup>2</sup>	80		4.12	
R	m	5.1		1.2	
t	s	25,880		3,530	
φ	—	0.1547		0.0001	
R <sub>r</sub>	kW/m <sup>2</sup>	23		50	
E	W/m <sup>2</sup>	3558.4		3.8	
T <sub>0</sub>	°C	40		40	
h	W/m <sup>2</sup> /K	17		17	
—	評価対象外壁種類				
X	m				
ρ	kg/m <sup>3</sup>	2,400 <sup>3)</sup>	7,830 <sup>3)</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>2</sup> /K	432,000	5,820	432,000	5,820
T	°C	174	250	41	41
—	許容温度 <sup>4)</sup>	200	450	200	450
—	影響	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 高圧ガス製造所、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	高圧ガス製造所	A重油タンクローリー
— 油種等	—	液化アンモニア	A重油
— 影響モード	—	火災	火災
L 離隔距離	m	30	7
S 燃焼面積	m <sup>2</sup>	27.36	23.78
R 燃焼半径	m	3.0	2.8
t 燃焼継続時間	s	84,480	13,930
φ 形態係数	—	0.0194	0.1897
R <sub>f</sub> 輻射発散度 <sup>1)</sup>	kW/m <sup>2</sup>	134	23
E 輻射強度	W/m <sup>2</sup>	2603.2	4362.6
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	432,000
T 外壁評価温度	°C	188	194
— 許容温度 <sup>4)</sup>	°C	200	200
— 影響	—	無し	無し
L <sub>0</sub> 危険距離	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
— 油種等	—				
— 影響モード	—		火災		火災
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>r</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>p</sub> 建物の比熱	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 ガスローリの附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>f</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>3)</sup>
C <sub>p</sub>	建物壁材の比熱	J/kg/K	900 <sup>3)</sup>	465 <sup>3)</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

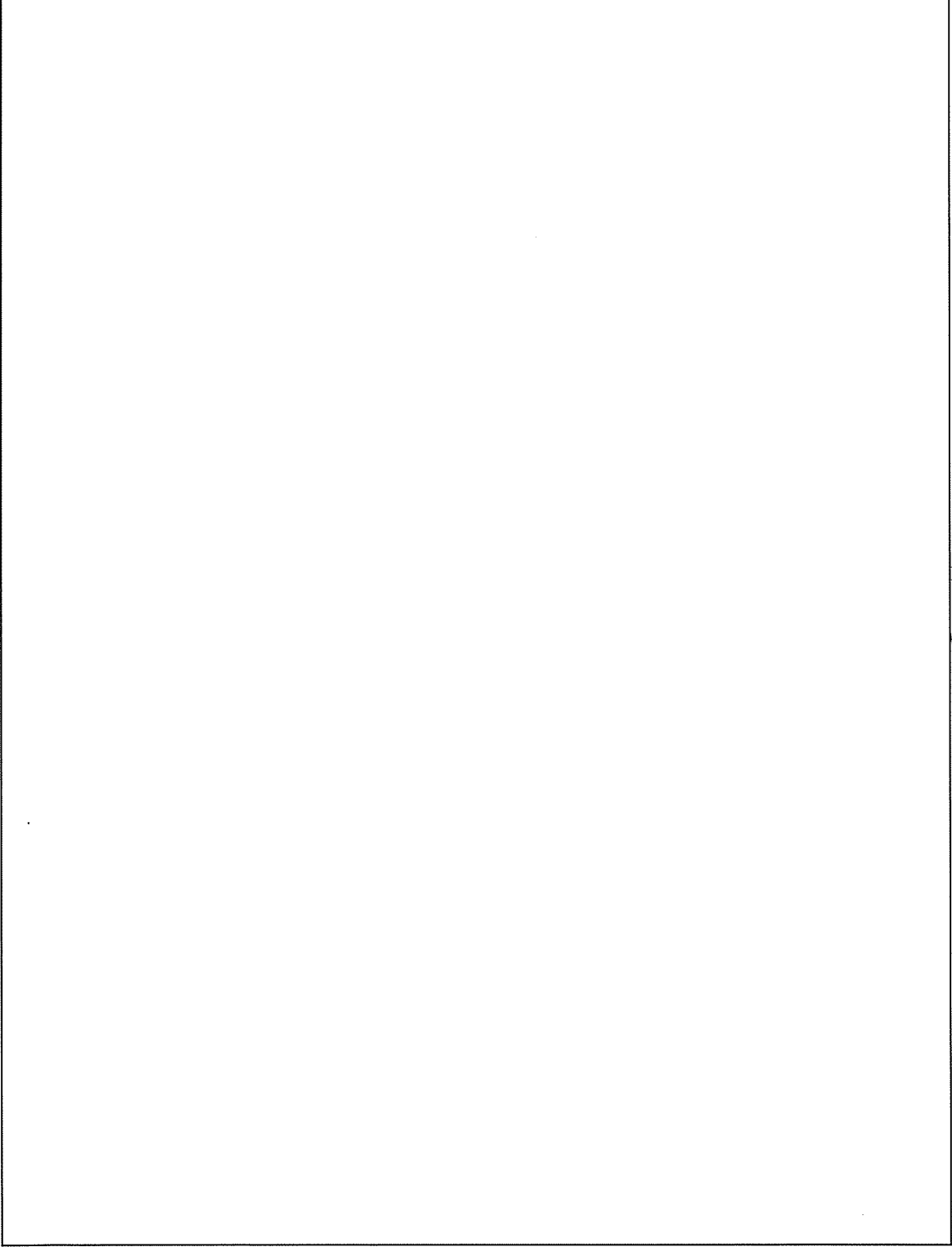
添説建 5-6 表 敷地外危険物屋外タンク貯蔵所の付属建物発電機室に対する危険距離

項目	単位	付属建物発電機室の壁、屋根、給気/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	m <sup>2</sup>	20.8
R	燃焼半径	m	2.6
t	燃焼継続時間	s	13,460
φ	形態係数	—	0.2863      0.3002
R <sub>f</sub>	輻射発散度 <sup>1)</sup>	kW/m <sup>2</sup>	23
E	輻射強度	W/m <sup>2</sup>	6583.9      6905.6
T <sub>0</sub>	初期温度	℃	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
—	許容温度 <sup>4)</sup>	℃	200      450
L <sub>0</sub>	危険距離	m	4.5      4.3

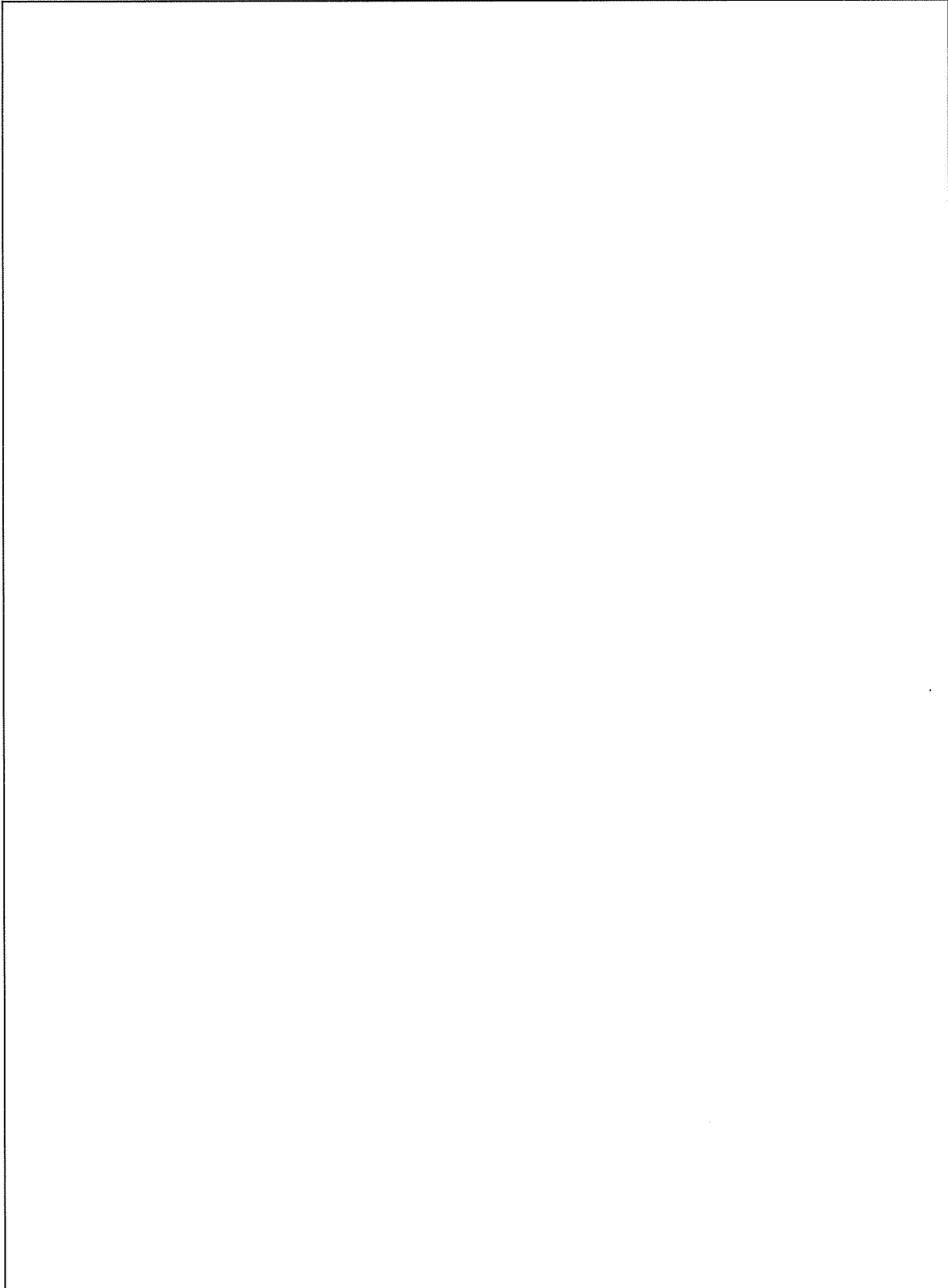
- 1) 原子力規制委員会. 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド. 2013, B-8.
- 2) 社団法人 空気調和・衛生工学会. 空気調和・衛生工学便覧 1. 基礎編. 第14版, 2010, p. 402.
- 3) 社団法人 日本機械学会. 伝熱工学資料. 改訂第4版, 2005, p. 322.
- 4) 原田和典. 建築火災のメカニズムと火災安全設計. 財団法人 日本建築センター, 2007.
- 5) 社団法人 日本機械学会. 機械工学便覧. 1990, A6-176

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 別添リ-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				

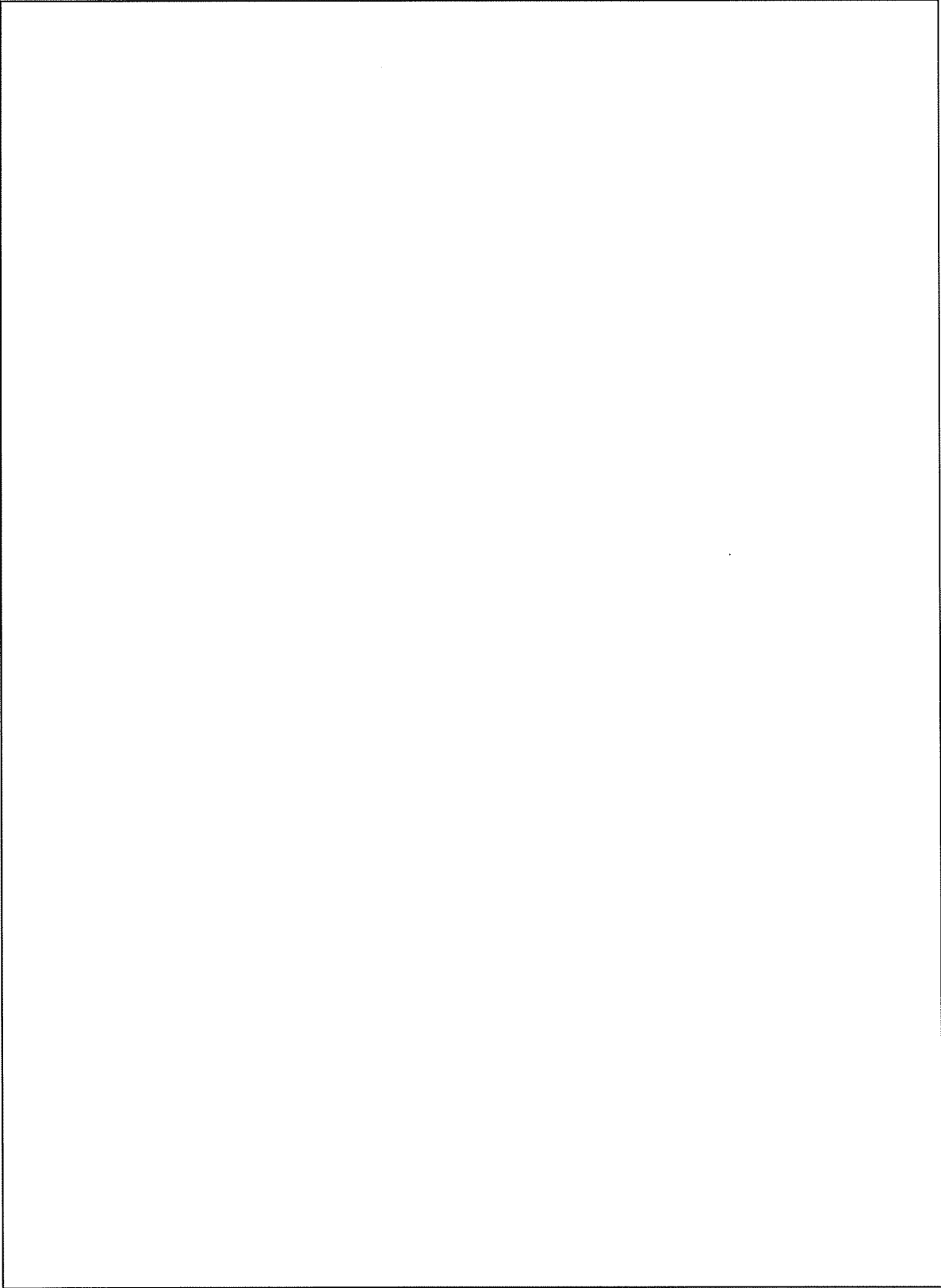


添説建5-1図 危険物(施設・車両)と付属建物発電機室との離隔距離・位置関係説明図

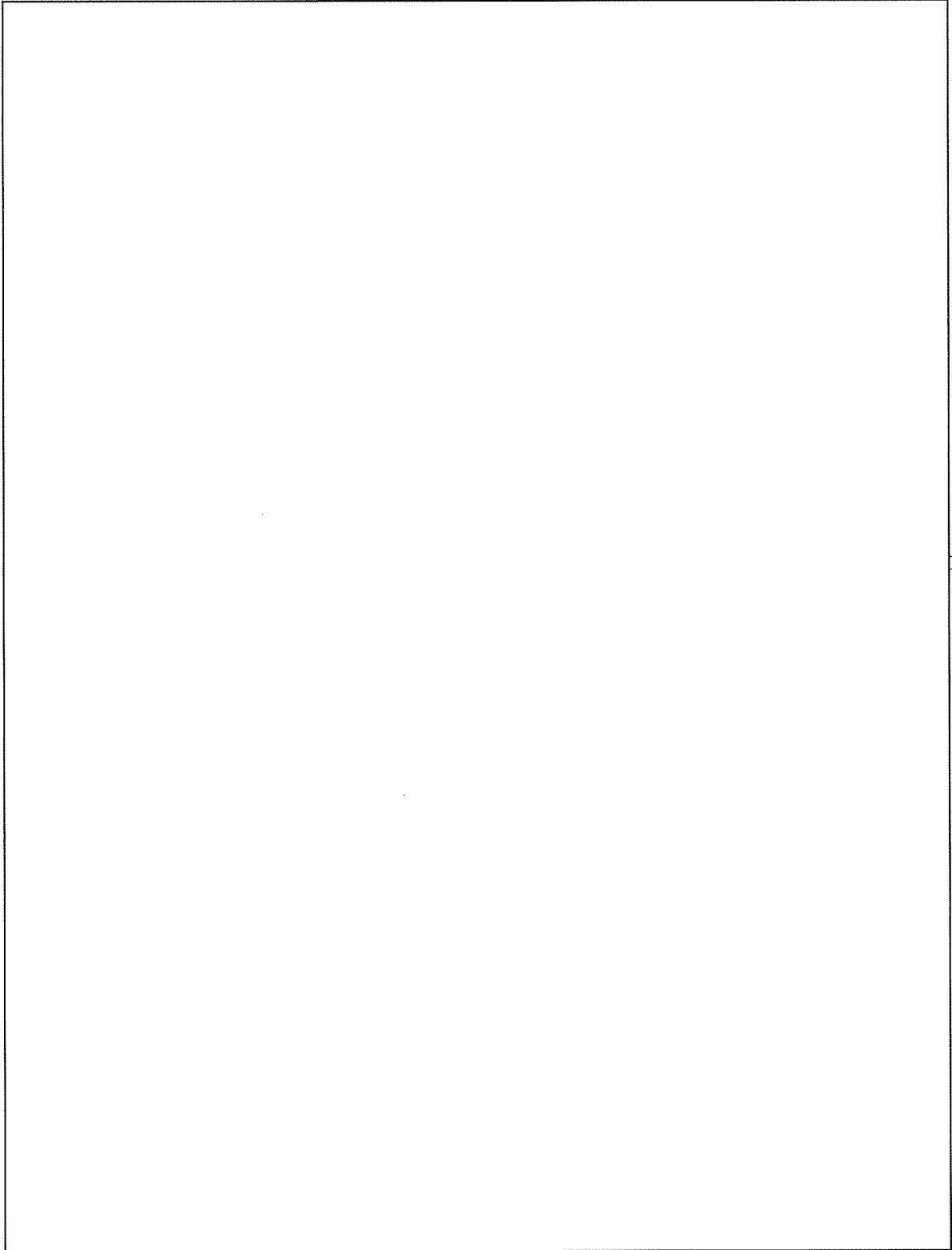


添説建5-2図 A重油用タンクローリ、灯油用タンクローリの移動経路と付属建物発電機室との位置関係説明図





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。

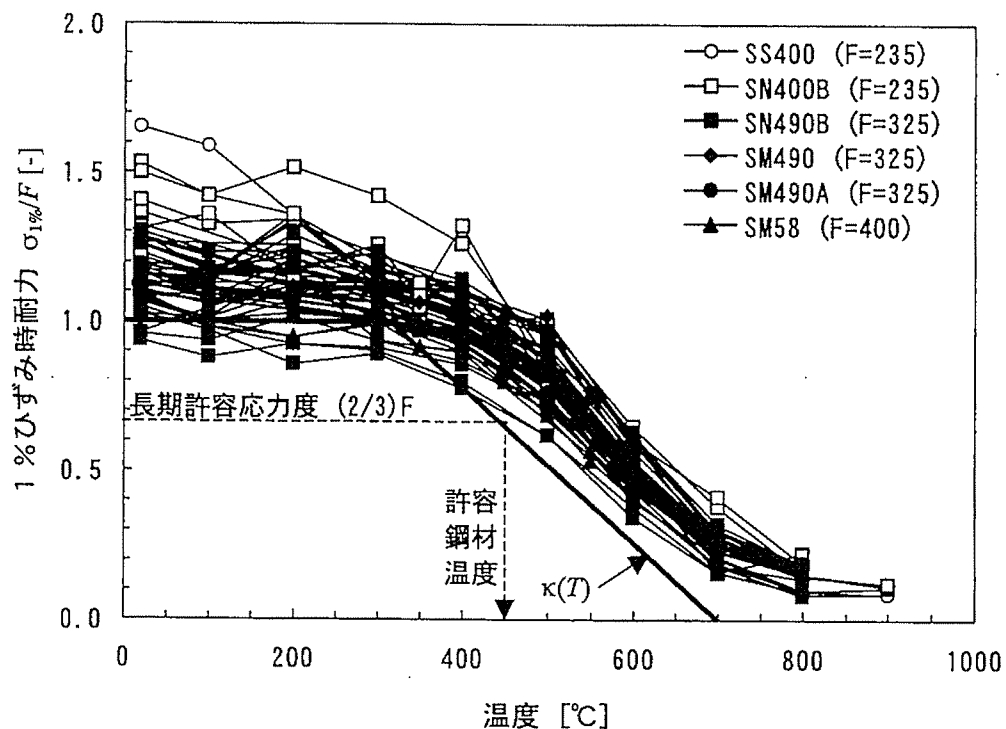


図1 各種鋼材の高温時の1%歪時耐力

## 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 μSv/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。

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

（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  $7 \times 10^{-2}$  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、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、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、防護ネットが飛散物衝突時に健全であることを確認する。

なお、竜巻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（プレハブ物置（大）（以下、プレハブという。）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。

F3竜巻時に、屋内からの飛散物を防護すると共に、外部飛来物の防護も必要な箇所は、重要な設備・機器がある場所とする。ここで重要な設備・機器とは、核燃料物質を取扱う設備、核燃料物質を貯蔵する設備を示す。また、重要な設備・機器ではないが、液体廃棄物貯蔵設備も損傷時の影響を考慮し、外部飛来物からの防護対象とする。

なお、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。

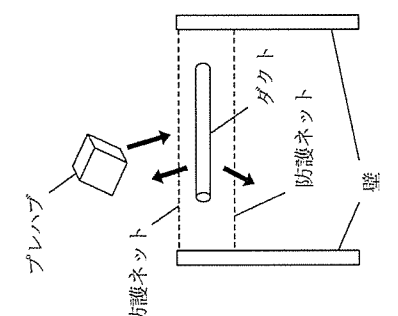
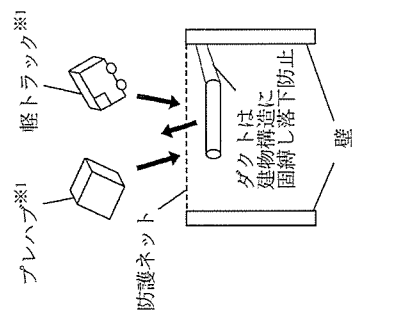
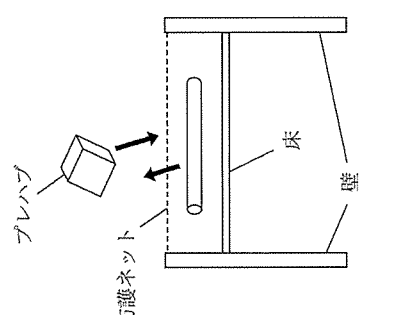
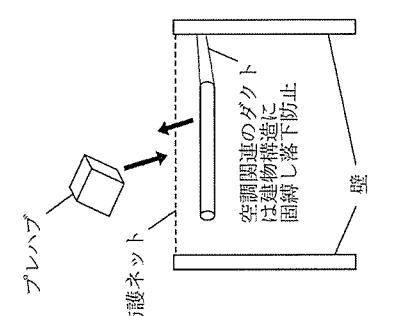
## 2. 防護ネットの機能と設置位置

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。

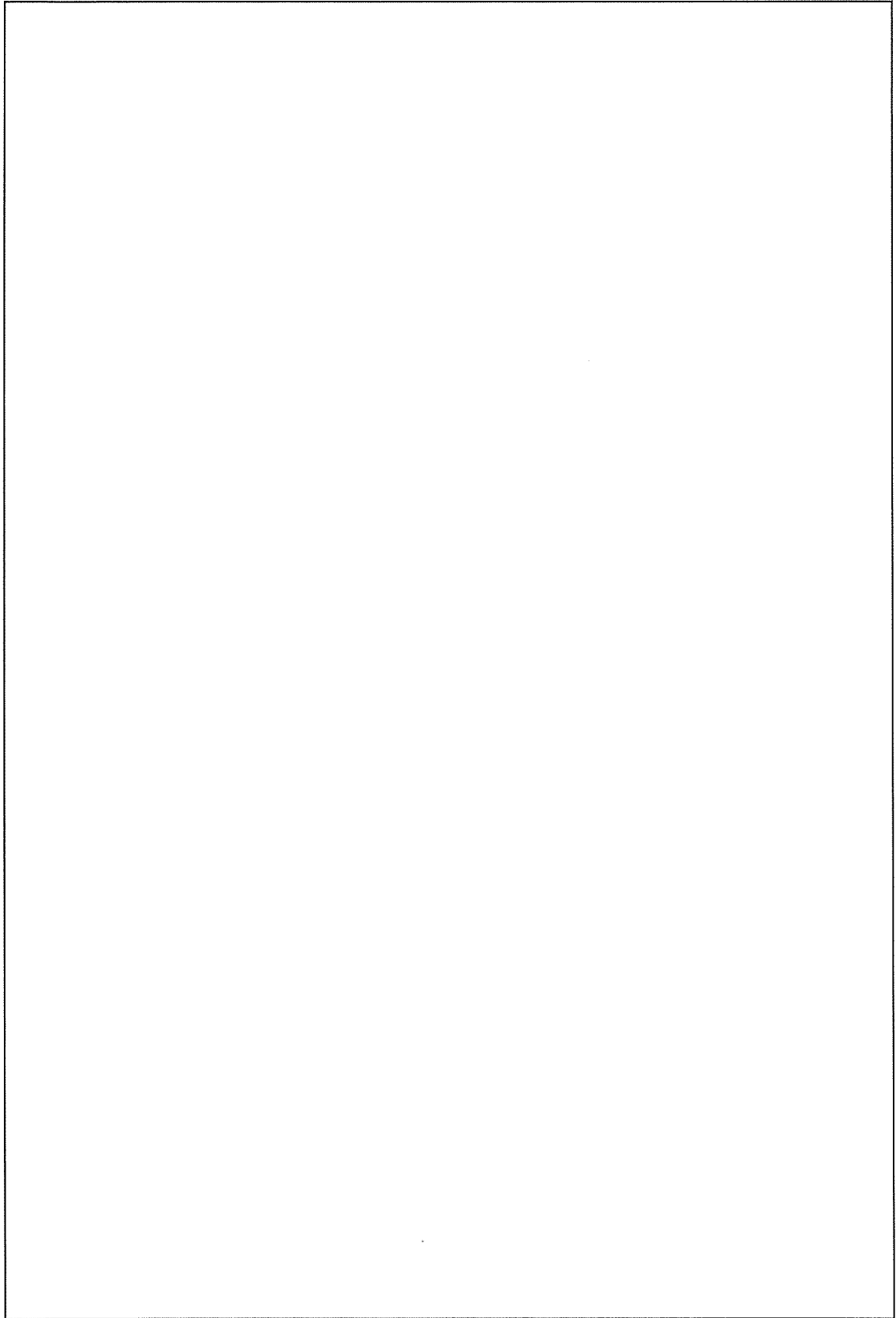
なお、同表には軽トラックも対象物となる建物もあるが、鉛直方向の運動エネルギーは軽トラック(32kJ)に対しプレハブ(62kJ)の方が大きいことから、対象飛来物はプレハブとして検討する。(添説建3-II.4.3-1表 F3竜巻での敷地外からの飛来物評価結果 参照)

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

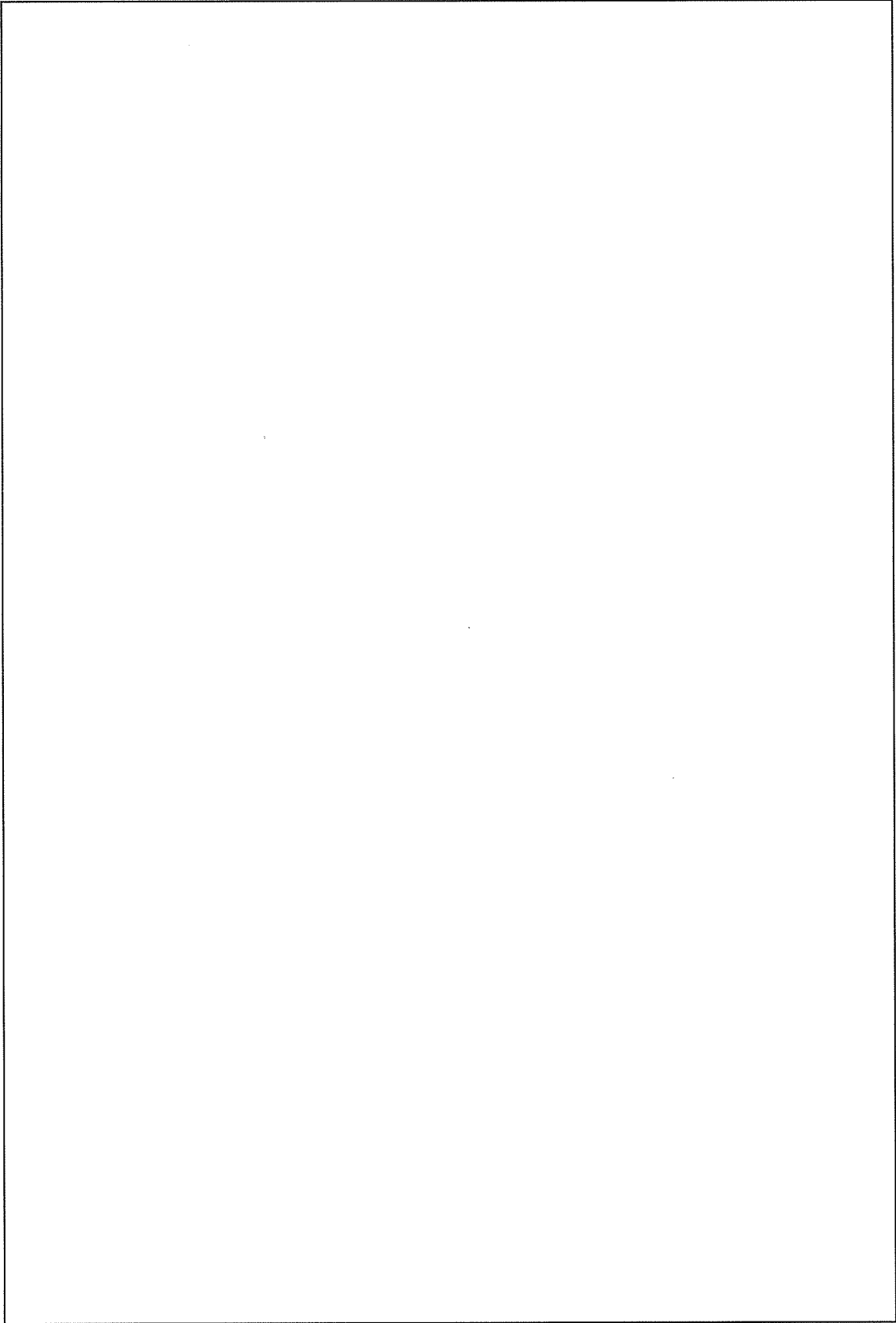
建物 機能	転換工場	転換工場 (東側) 除染室・分析室 ※1 放射線管理棟 (一部) 第2核燃料倉庫 (前室)	成型工場	組立工場
飛散防止機能	ダクト	ダクト	ダクト	ダクト
落下防止機能	ダクト	不要 (固縛による落下防止)	不要 (上層階の床あり)	不要 (固縛による落下防止)
飛来物防護機能	プレハブ	プレハブ 軽トララック	プレハブ	プレハブ
建物高さ	約 12m	約 5m	約 12m	約 12m
防護ネット 設置模式図				

※1：飛来物に対し防護が必要な箇所は放射線管理棟廃棄物一時貯蔵所のみ

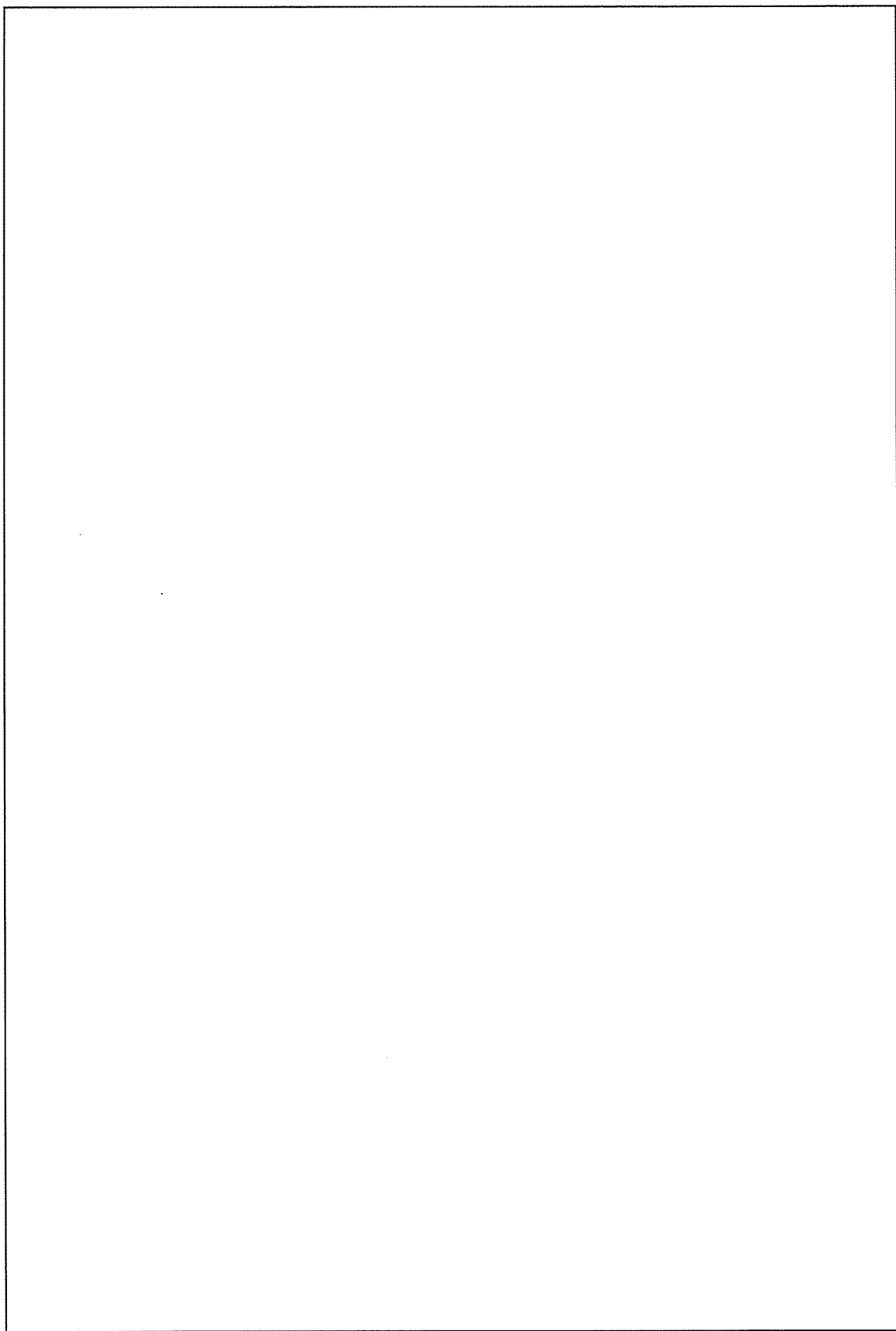


添説建7.2-1-1 図 防護ネット設置範囲平面図（成型工場・組立工場・転換工場：上面）





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）



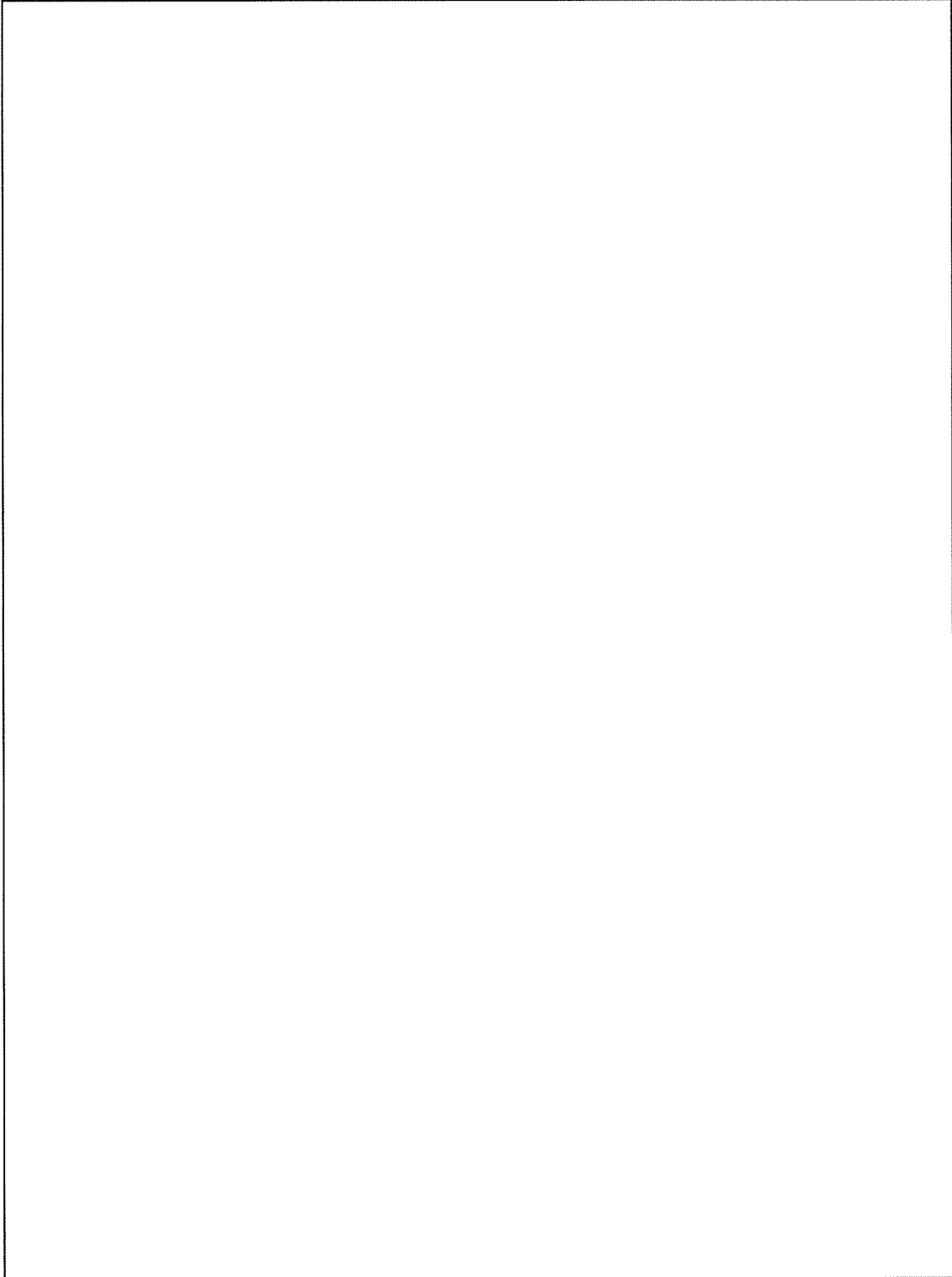
添説建 7.2-3 図 防護ネット設置範囲平面図 (除染室・分析室、放射線管理棟 (一部)、第 2 核燃料倉庫 (前室)、転換工場 (東側))

### 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. 防護ネット各部の標準仕様

防護ネット各部の標準仕様の設定にあたっては、防護ネット各辺寸法を示す全体サイズを設定した。全体サイズは、最も標準的な建物区画寸法である本工場（成型工場、組立工場、転換工場）の建物通り芯間距離(6.7m×6.7m)を基本寸法とし、それに防護ネット固定部のシャックル取付孔位置、防護ネット施工性確保のために必要な建物主構造大梁、壁とワイヤーロープとの離隔距離を考慮して設定した防護ネットの標準サイズである。

防護ネット各部の標準仕様は、上記の全体サイズを前提に最大吸収エネルギー量が飛来物のエネルギー量を上回る金網仕様を決め、金網の吸収エネルギー量評価から定まる各部荷重に対し強度検討を実施して設定したものである。

各部の強度検討については6章に、検討の評価結果一覧を7章に示す。

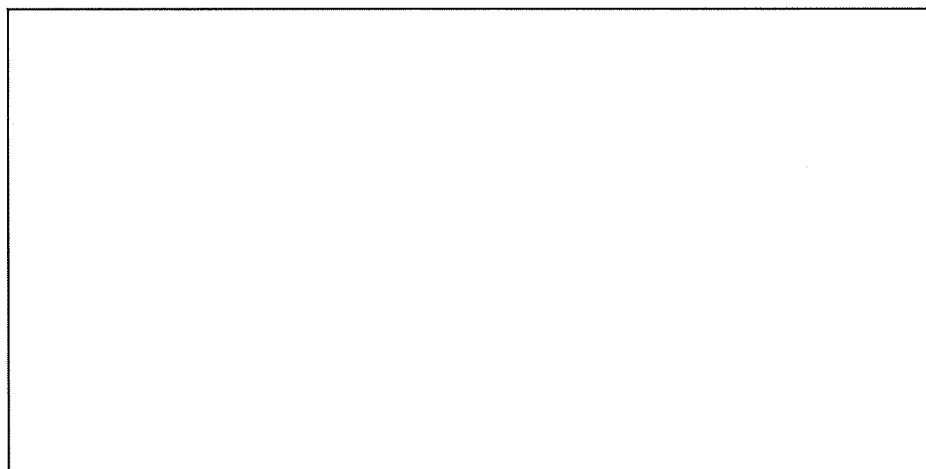
なお、防護ネットを設置する本工場、付属建物、放射線管理棟の各防護ネット設計における各部強度評価の検定比は、標準仕様の全体サイズにおいて最も厳しい金網の検定比を閾値としてこれを必ず下回るものとし、標準仕様が各建物の防護ネットの仕様を包絡するものとなっている。

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				

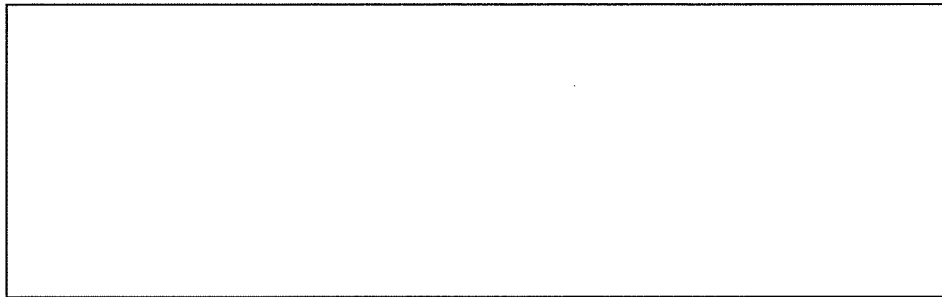
※1：転換工場（東側）、除染室・分析室、放射線管理棟一部、第2核燃料倉庫前室含む（以下、転換工場（上面）と総称する）



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)
ワイヤーロープ	項目			
	素線材質			
縦弾性係数				
径、断面積、破断強度				
クランプ	規格、材質			
	定着効率			
ターンバックル	規格、材質			
	破断荷重、ねじの呼び			
シヤックル	規格、材質			
	使用荷重、ピン径			
強力長シヤックル	規格、材質			
	使用荷重、ピン径			
接合コイル	線材質			
	線径、内径、コイル長さ			
結束線	線材質			
	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（9. 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。

上記の評価手法の適用範囲は、9章の文献にある電中研報告「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)」に基づき、以下項目を考慮したものとする。

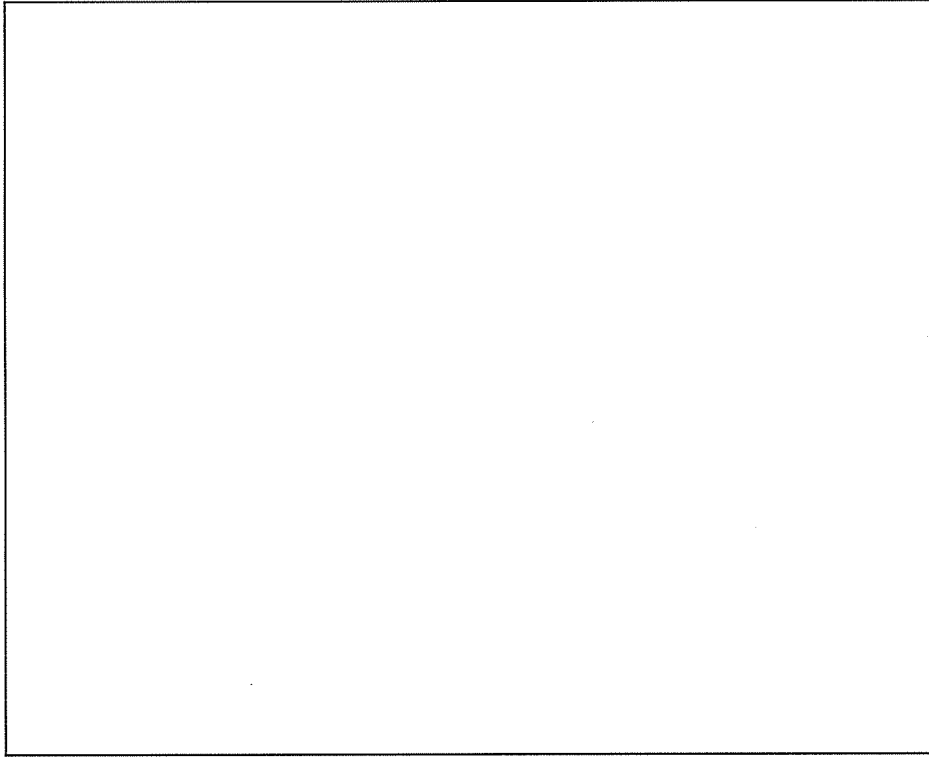
- ・金網幅寸法が展開長よりも大きい金網は、展開長を辺長とした正方形を有効範囲として吸収エネルギーを算出する。
- ・金網のアスペクト比（展開長/幅寸法）は2を上限とする。

金網寸法が上記に適合しない場合、適用範囲内に評価寸法を変更し、吸収エネルギーが保守的になるように評価する。

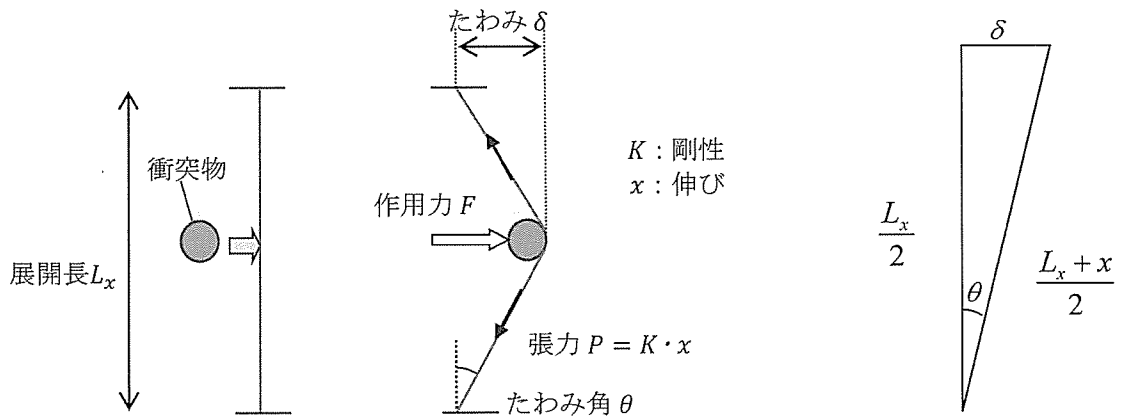
##### 4.1. 防護ネット吸収エネルギー

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9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。

$$E_i = \int_0^{\delta_i} F_i d\delta$$

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

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

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

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

$$= 4K_x \int_0^{\delta_i} \delta d\delta - \int_0^{\delta_i} \frac{4K_x L_x \delta}{\sqrt{4\delta^2 + L_x^2}} d\delta = 2K_x \delta_i^2 - \int_0^{\delta_i} \frac{4K_x L_x \delta}{\sqrt{\phi}} \frac{1}{8\delta} d\phi$$

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

したがって、

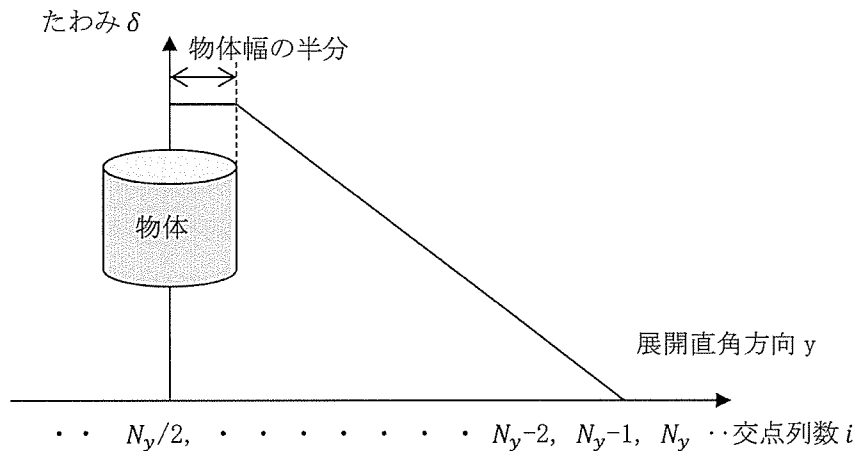
$$E_i = 2K_x \delta_i^2 - K_x L_x \left( \sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x \right) \quad (10)$$

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、

$$r = \varepsilon_u \cdot S$$

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

一方、添説建 7. 4. 1-4 図より、

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

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

となる。

金網 1 交点に作用する展開方向力  $F$  は、

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

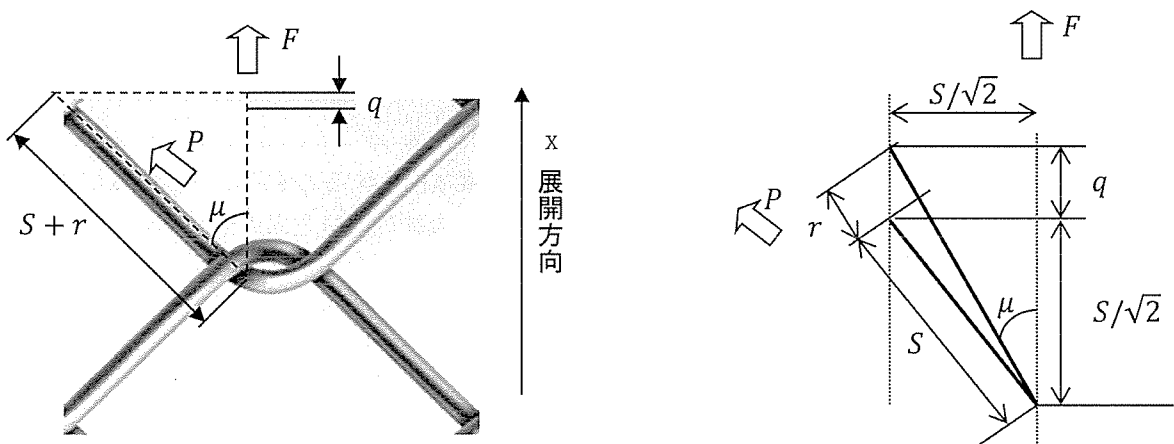
1 交点の剛性  $K$  は展開方向張力  $F$  を添説建 7. 4. 1-4 図に示した  $q$  の 2 倍のたわみ量で除し、

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

ここで、

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

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、

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

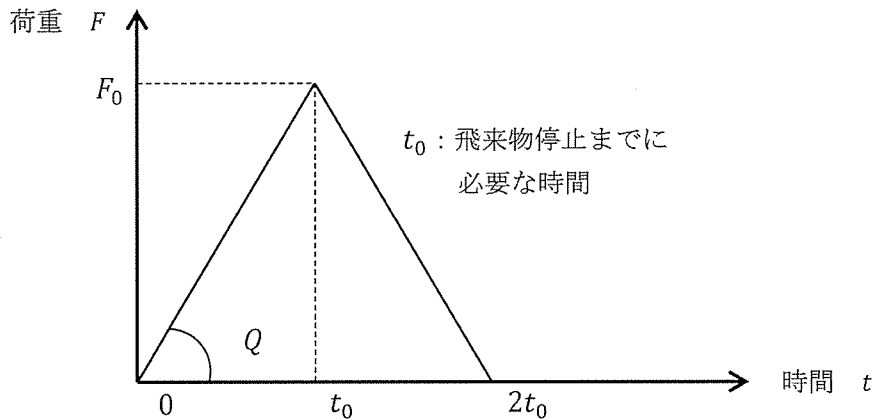
となり、破断伸びを  $\varepsilon_u$  とすると、 $x_i = L_x \varepsilon_u$

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

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

#### 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

9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。

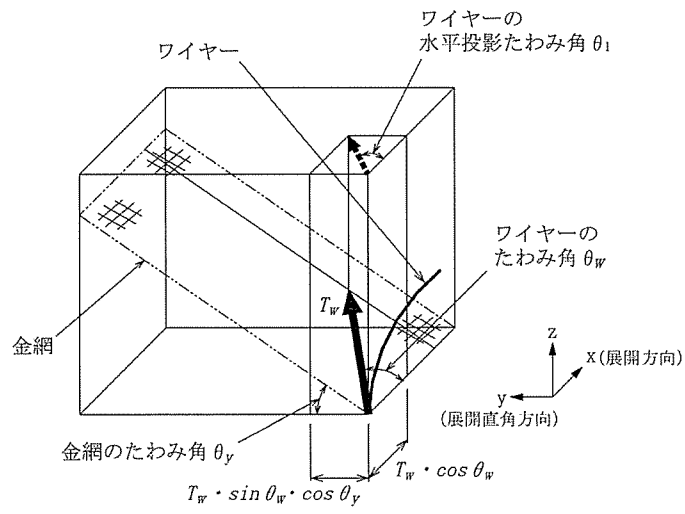
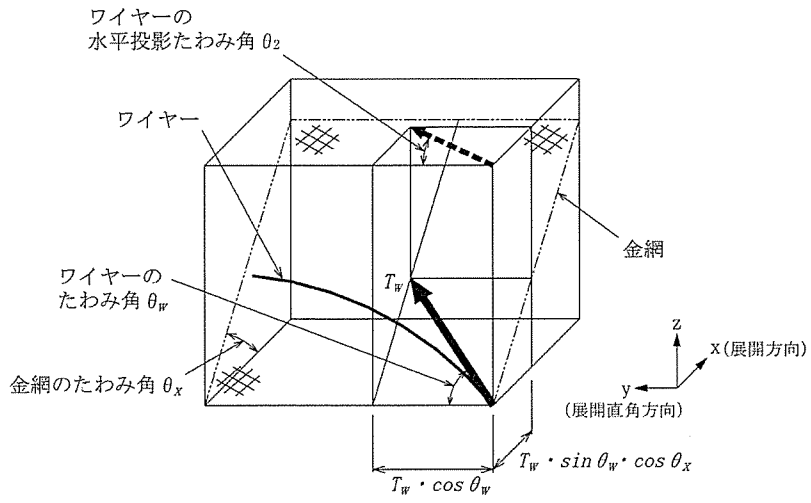
金網の一つのコーナー部についての荷重の状況を添説建 7. 4. 3-1 図に示す。

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

$y$  : ワイヤータワミ

$L$  : 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、

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

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

(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 箇所には作用す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  $F_x$

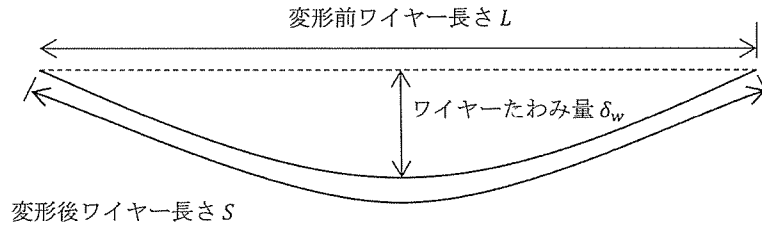
$$F_x = \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \cos\theta_1 + \sqrt{T_w^2 - F_z^2} \sin\theta_2 \quad (47)$$

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、

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

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

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

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

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

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

式(40)で  $a$  を求めているので、これを式(54)に代入し、

$$a = -\frac{4\delta_w}{L^2} \quad (55)$$

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

したがって、

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

#### (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。

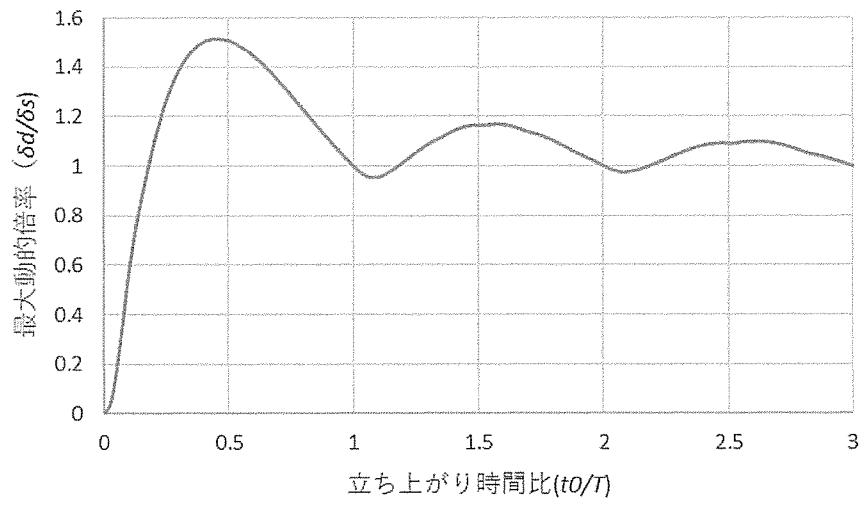
防護ネット及びその支持構造物全体の系の固有周期を  $T (= 2\pi/\omega)$  とする一質点系モデルに添説建 7.4.2-1 図に示す二等辺三角形荷重が作用する場合の動的変位の倍率（動的変位  $\delta_d$  / 静的変位  $\delta_s$ ）は、二等辺三角形荷重の立ち上がり時間を  $t_0$  とすると、時間  $t$  の区分毎に以下のとおりとなる。

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

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

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

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、9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、最大吸収可能エネルギー量、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、最大吸収可能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  $\phi 2.6\text{mm}$  の金網を使用した防護ネットを対象とした。

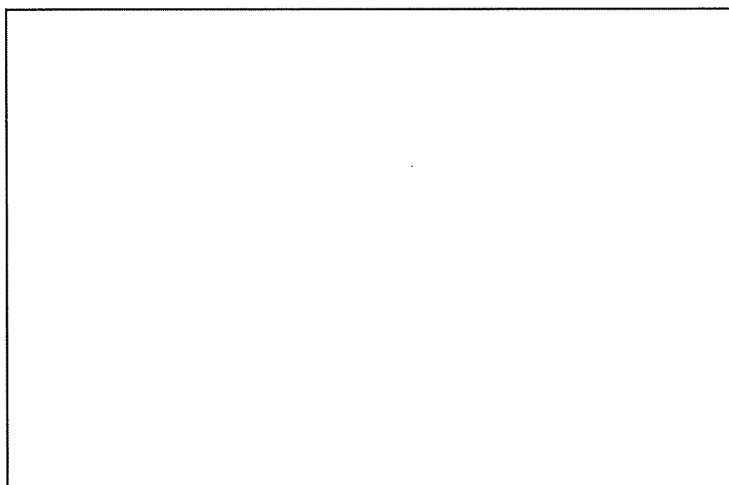
なお、評価の仮定条件として、飛来物は防護ネットの最も柔な中央部分に転がって移動し、飛来物の荷重は防護ネット中央部に作用するものとする。

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					
最大吸収可能エネルギー					
プレハブ落下時エネルギー <sup>※2</sup>					
ダクト飛散時鉛直エネルギー <sup>※2</sup>					
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 <sup>※1</sup>	展開方向 水平荷重 $F_{xx}$				
	展開直角方向 水平荷重 $F_{xy}$				
	鉛直方向 荷重 $F_{xz}$				
	展開方向 水平荷重 $F_{yx}$				
	展開直角方向 水平荷重 $F_{yy}$				
	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。



添説建 7.5-1 図 取付金物作用荷重

## 6. 防護ネット各部の強度検討

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、金網の最大吸収可能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、金網の最大吸収可能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、金網の最大吸収可能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)

金網の最大吸収可能エネルギー量 :  $E_a$  (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φ2.6mm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)				
最大吸収可能エネルギー量 $E_a$ (kJ)				
検定比 $K_1$				

なお、金網の吸収エネルギーは、金網素線が破断に至る限界から算出しているため、飛来物の運動エネルギーが金網の吸収エネルギーよりも小さい限り素線は破断しない。ただし、鋼製材のように小さい断面を持つ飛来物を想定する場合は、金網に局所的な荷重が作用するため、素線自体の破断に対する強度確認が必要となる。これに対し、本検討では、対象となる飛来物の軽トラ、プレハブが十分な大きさを持つため、金網に対する局所的な荷重影響は小さく、よって金網素線の破断強度評価の記載は省略する。

## 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、最大吸収可能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工場圧着シンコークランプもしくは現地圧着シンコークランプを使用するものとし、定着効率は、保守的に考えて現場圧着型の90%を採用し検討する。

ワイヤー	:	
使用径	:	φD (mm)
破断荷重	:	BL <sub>0</sub> (kN)
クランプ	:	
		現地圧着シンコークランプ (定着効率 90%) (NEXCO 総研 承認品)
クランプ定着効率	:	90% <sup>※1</sup>
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 $K_2 = \frac{T}{BL}$		

※1：メーカー技術資料を三菱原子燃料株式会社にて確認、保証したものである。

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 φD (mm)				
破断荷重 BL <sub>0</sub> (kN)				
評価用破断荷重 BL (kN)				
検定比 K <sub>2</sub>				

(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、棒式ターンバックル SUS304 の破断荷重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 :

破断荷重 :  $TB$  (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				
破断荷重 $TB$ (kN) ※1				
検定比 $K_3$				

※1：メーカーによる引張試験結果を三菱原子燃料株式会社にて確認、保証したものである。

(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、それを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)

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※1

	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) ※2				
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. 防護ネット固定部の強度検討

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（添付説明書－建7－付録1 参照）のうえ固定部の検討を行う。

固定部の検討にあたっては、最大吸収可能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表」の取付金物作用荷重を用いて行う。また、防護ネット設置のために建物との取合が必要な箇所（除染室・分析室）には、防護ネット設置用鋼材を設置し、防護ネット固定部に必要な耐震強度、飛散物及び飛来物が防護ネットに衝突した際の強度を確保する。

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。

#### 6.3.1. 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"/>
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飛来物衝撃時荷重を計算する。

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

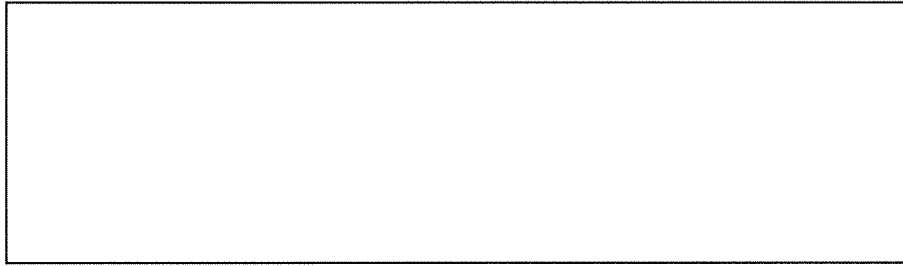
上記の  $F_{xx}, F_{xy}, F_{xz}$  の数値は、添説建7.5-1表を参照。

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



(4) 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

飛来物衝撃時作用荷重  $F_i$  (kN) :

端抜けライン長さ  $L_s$  (mm) :

固定部板厚  $t$  (mm) :

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  $R_{i1}$

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

(5) 梁部の検討

固定部の梁部の検討を行う。

1) 梁部の仕様

梁スパン  $L$  (mm) :

断面積  $A$  (mm<sup>2</sup>) :

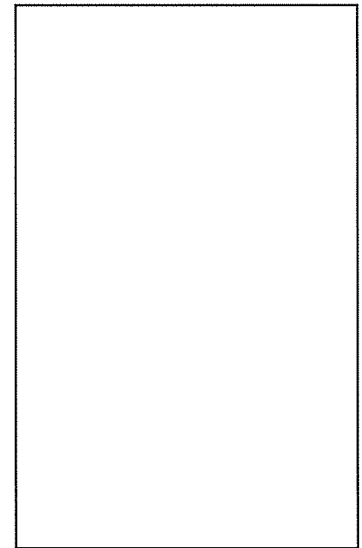
水平方向断面係数  $Z_h$  (mm<sup>3</sup>) :

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



2) 梁部に作用する荷重の集約

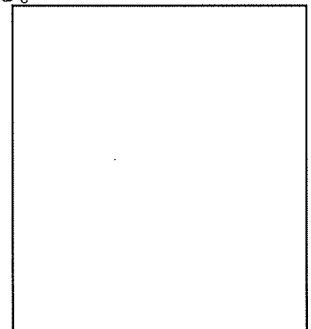
以降の梁部の検討においては、2つのシャックル取合孔に作用する飛来物衝撃時荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

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

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

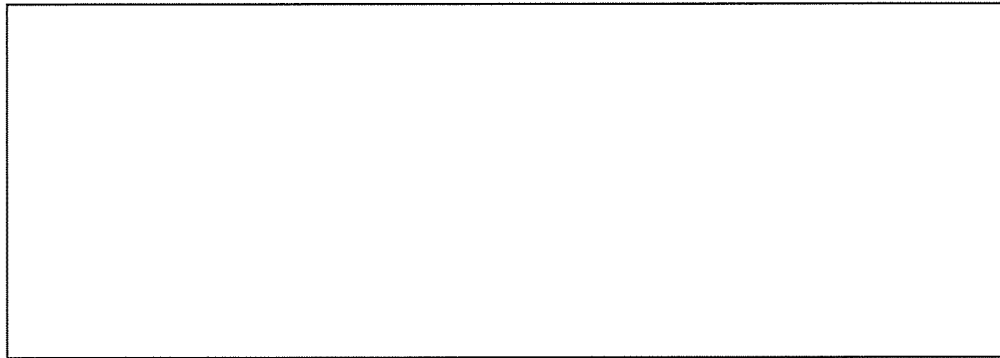
鉛直方向荷重  $F_{iv} = F_{xz} + F_{yz}$

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



3) 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

梁のせん断力負担フランジ

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  $R_{i3}$

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

(6) 高力ボルトの検討

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

$$\sigma_{ist} = \frac{F_{ih}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau_{ist} = \frac{F_{iv}}{2 \times n_b \times A} = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N/mm}^2$$

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。

$$f_{ist} = f_{so} \times \left(1 - \frac{\sigma_{ist} \times A}{T_o}\right) \times 1.5 = \boxed{\phantom{000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000}} \text{ N/mm}^2$$

飛来物衝撃時高力ボルト検定比  $R_{i4}$

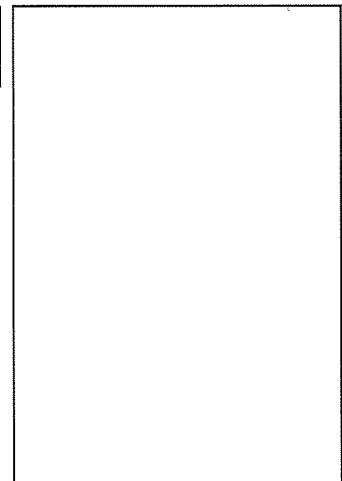
$$R_{i4} = \frac{\tau_{ist}}{f_{ist}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

(7) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比  $K$

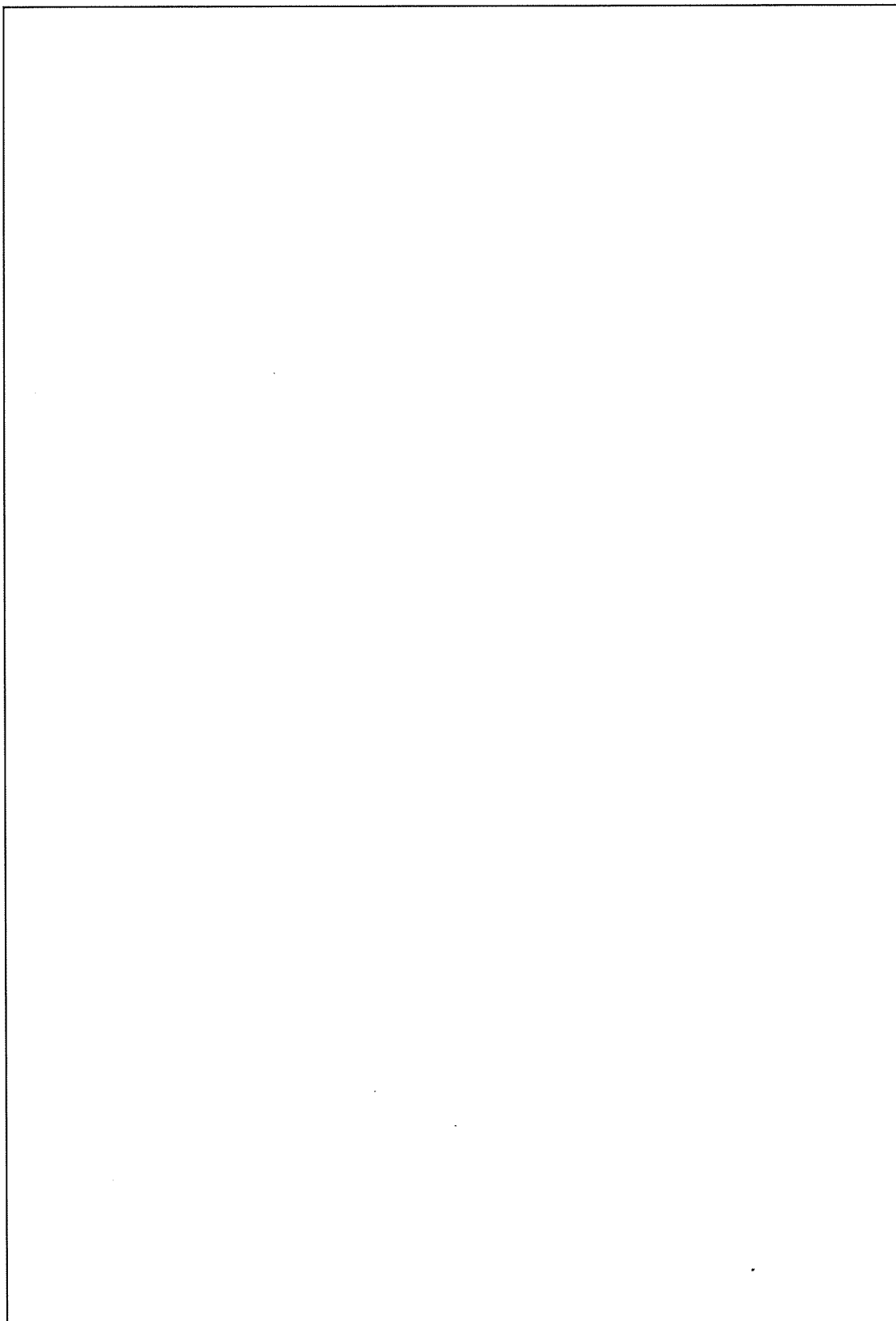
$$K = \max(R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4})$$

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



a - a

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）

6.3.2. 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飛来物衝撃時荷重を計算する。

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

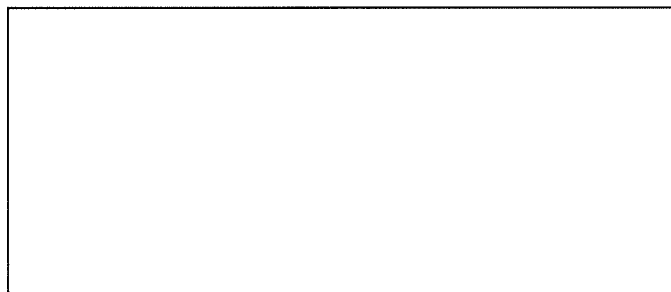
上記の  $F_{xx}, F_{xy}, F_{xz}$  の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

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

=  kN

(4) 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。



端抜き検討位置

飛来物衝撃時作用荷重  $F_i$  (kN) :   
 端抜けライン長さ  $L_s$  (mm) :   
 固定部板厚  $t$  (mm) :

終局端抜け抵抗力  $Q_p$

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

=  kN

飛来物衝撃時端抜け検定比  $R_{i1}$

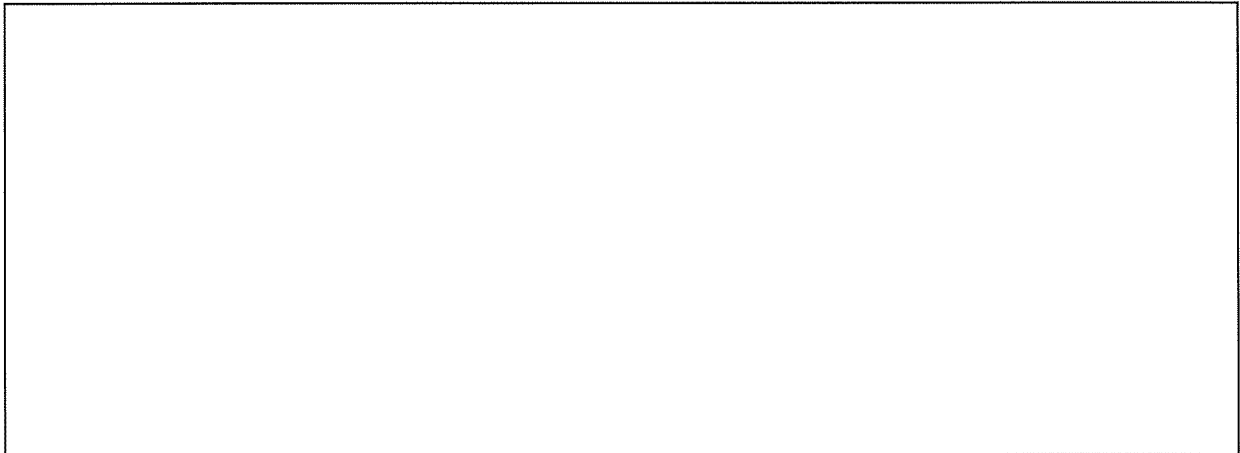
$$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} =$$

(5) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

1) ガセット部の仕様

ガセット部の諸寸法は下図の通り



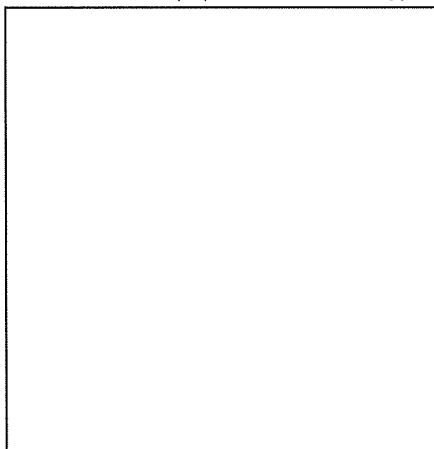
ガセットプレート平面図

A 部板組図

2) 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

板曲げモーメント  $M_{i2}$

$$M_{i2} = F_{xz} \times \ell_2 = \boxed{\phantom{00000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の塑性断面係数  $Z_{p2}$

$$Z_{p2} = \frac{1}{4} \times a \times t^2 = \boxed{\phantom{00000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000000000}} \text{ mm}^3$$

板曲げ有効幅部の終局曲げ耐力  $M_{ia}$

$$M_{ia} = Z_{p2} \times f_y = \boxed{\phantom{00000000000}} \\ = \boxed{\phantom{00000000000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

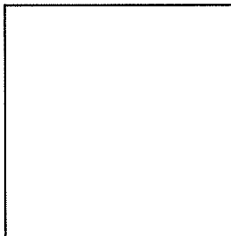
板曲げモーメントに対する検定比  $R_{i2}$

$$R_{i2} = \frac{M_{i2}}{M_{ia}} = \boxed{\phantom{00000000000}}$$

3) 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飛来物衝撃時荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

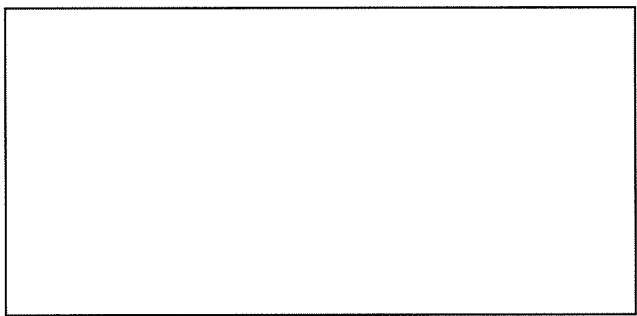
$$\begin{aligned} \text{水平方向荷重 } F_{ih} &= \sqrt{(F_{xx} + F_{yx})^2 + (F_{yy} + F_{xy})^2} \\ &= \boxed{\phantom{000000000000000}} \text{ kN} \\ \text{鉛直方向荷重 } F_{iv} &= F_{xz} + F_{yz} \\ &= \boxed{\phantom{000000000000000}} \text{ Kn} \end{aligned}$$



ガセットに作用する水平力

4) 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  $A_g$

$$A_g = \boxed{\phantom{000000000000}} \text{ mm}^2$$

飛来物衝撃時水平方向荷重によるせん断力  $Q_{i3}$

$$Q_{i3} = F_{ih} / 2 = \boxed{\phantom{000000000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000000000}} \text{ N}$$

ガセットプレートの終局せん断耐力  $Q_{ia}$

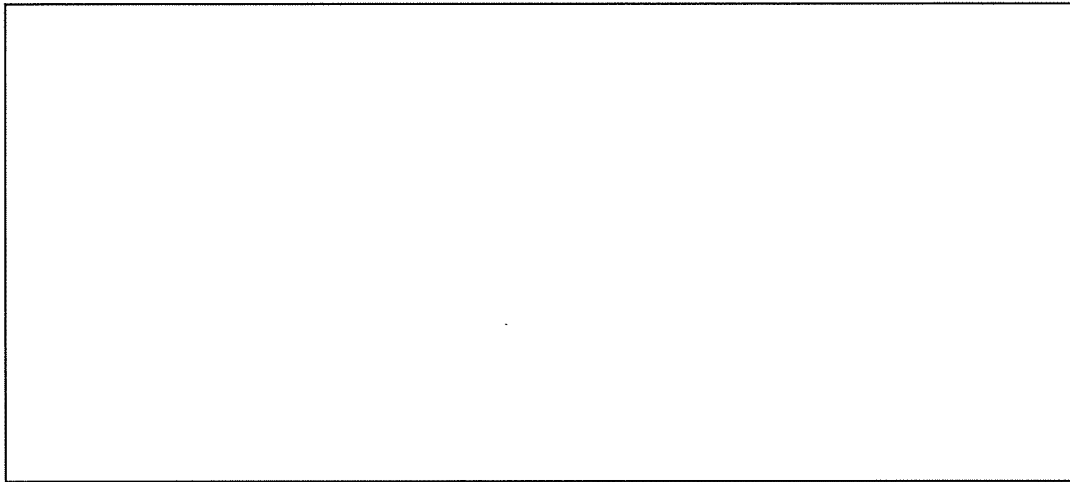
$$Q_{ia} = A_g \times f_y / \sqrt{3} = \boxed{\phantom{00000000}} \\ = \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}$$

ガセットプレートの水平荷重に対する検定比  $R_{i3}$

$$R_{i3} = \frac{Q_{i3}}{Q_{ia}} = \boxed{\phantom{00000000}}$$

5) 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

片持ち梁の固定端モーメント  $M_{i4}$

$$M_{i4} = F_{iv} \times \ell_4 = \boxed{\phantom{00000000}} \\ = \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

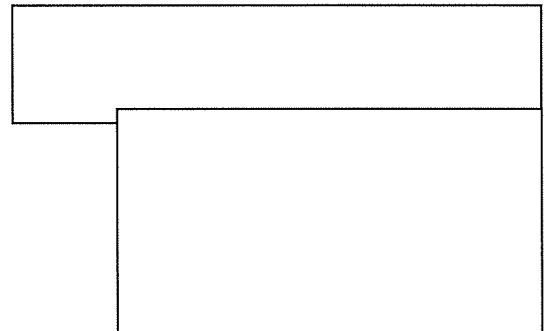
片持ち梁の塑性断面係数  $Z_{p4}$  :  $\boxed{\phantom{00000000}}$  mm<sup>3</sup>

片持ち梁の終局曲げ耐力  $M_{ia}$

$$M_{ia} = Z_{p4} \times f_y = \boxed{\phantom{00000000}} \\ = \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁の固定端モーメントに対する検定比  $R_{i4}$

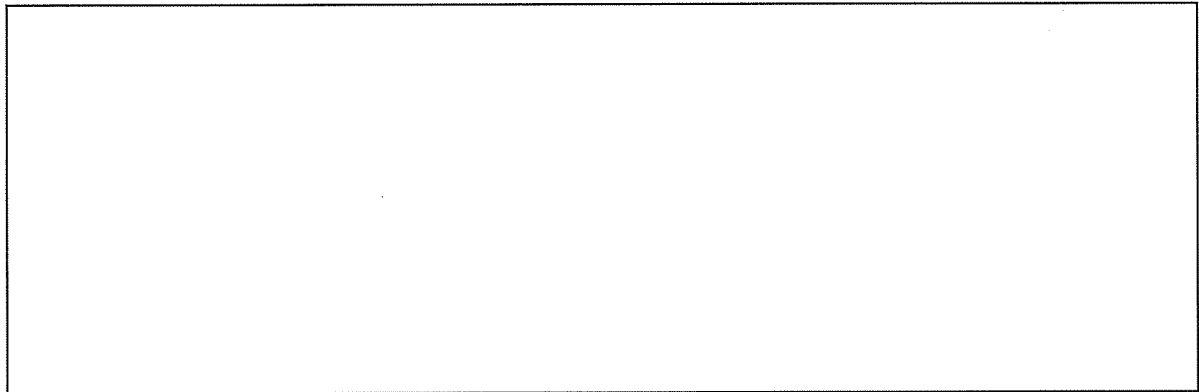
$$R_{i4} = \frac{M_{i4}}{M_{ia}} = \boxed{\phantom{00000000}}$$





6) 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。



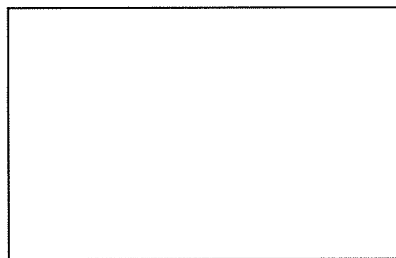
偶力モーメント図

片持ち梁固定端モーメントによる偶力  $H_i$

$$H_i = M_{i4} / \ell_5 = \boxed{\phantom{000000}}$$

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

偶力  $H_i$  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  $H_i$  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  $M_{i5}$

$$M_{i5} = \frac{1}{8} \times H_i \times \ell_5' = \boxed{\phantom{000000}}$$

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

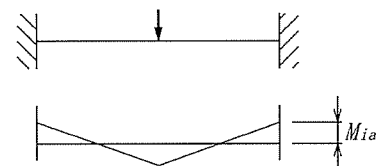
フランジリブプレートの塑性断面係数  $Z_{p5}$

$$Z_{p5} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$$

フランジリブプレートの終局曲げ耐力  $M_{ia}$

$$M_{ia} = Z_{p5} \times f_y = \boxed{\phantom{000000}}$$

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

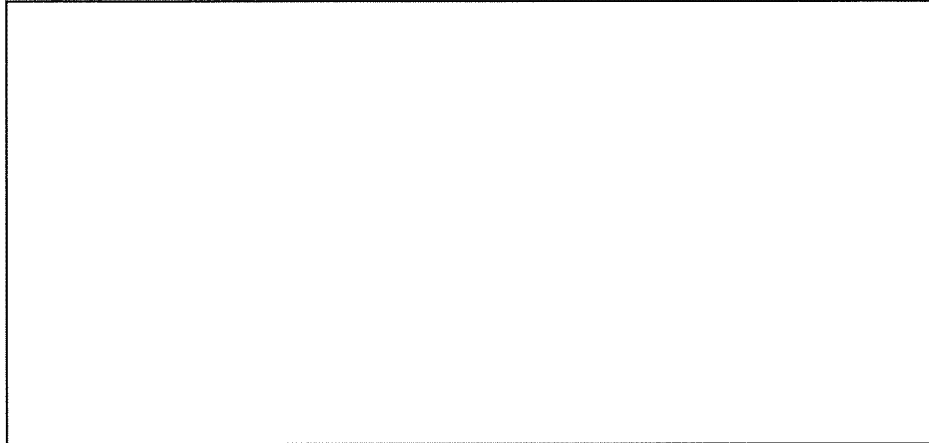


終局曲げ耐力図

片持ち梁固定端モーメントによる偶力に対する検定比  $R_{i5}'$

$$R_{i5}' = \frac{M_{i5}}{M_{ia}} = \boxed{\phantom{000}}$$

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  $F_{iv}$  が作用する。

$F_{iv}$  により梁に作用する曲げモーメント  $M_{i5}'$

$$M_{i5}' = \frac{1}{8} \times F_{iv} \times \ell_5' = \boxed{\phantom{000}}$$

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

梁の塑性断面係数  $Z_{p5}'$

$$Z_{p5}' = \boxed{\phantom{000}} \text{ mm}^3$$

梁の終局曲げ耐力  $M_{ia}'$

$$M_{ia}' = Z_{p5}' \times f_y = \boxed{\phantom{000}}$$

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

梁作用による曲げモーメントに対する検定比  $R_{i5}''$

$$R_{i5}'' = \frac{M_{i5}'}{M_{ia}'} = \boxed{\phantom{000}}$$

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  $R_{i5}$

$$R_{i5} = R_{i5}' + R_{i5}'' = \boxed{\phantom{000}}$$

(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。

水平方向荷重により接合面に作用するせん断力  $F_{ihs}$

$$F_{ihs} = \frac{F_{ih}}{\sqrt{2}} = \boxed{\phantom{0000}}$$
$$= \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}$$

鉛直方向荷重により接合面に作用するせん断力  $F_{ivs}$

$$F_{ivs} = \frac{F_{iv}}{2} = \boxed{\phantom{0000}}$$
$$= \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力  $F_{is}$

$$F_{is} = \sqrt{F_{ihs}^2 + F_{ivs}^2} = \boxed{\phantom{0000}}$$
$$= \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}$$

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。

$$F_{isa} = \boxed{\phantom{0000}} \text{ N}$$

高力ボルト接合面に作用するせん断力に対する検定比  $R_{i6}$

$$R_{i6} = \frac{F_{is}}{F_{isa}} = \boxed{\phantom{0000}}$$

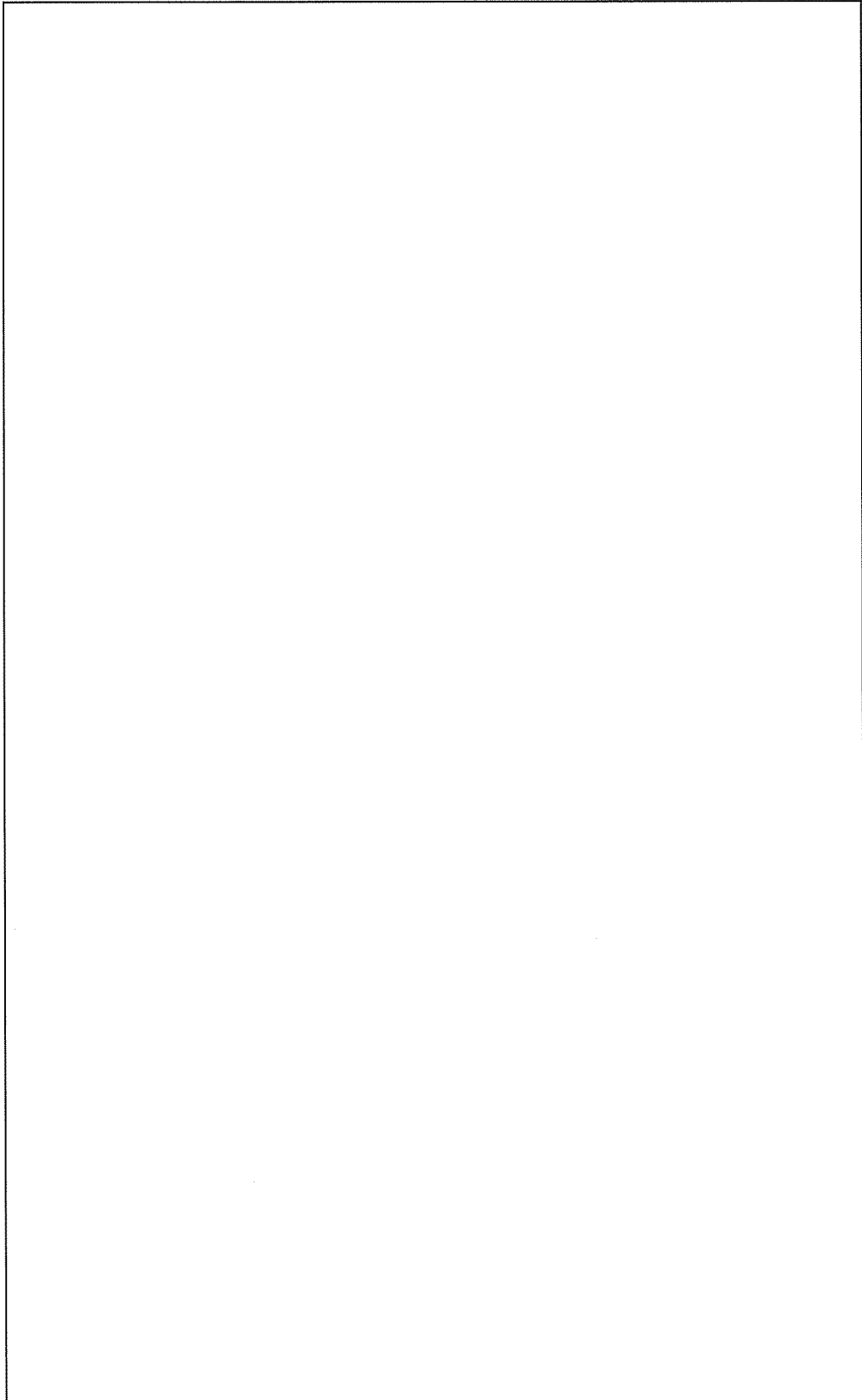
(7) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比  $K$

$$K = \max(R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4}, R_{i5}, R_{i6})$$

$$= \boxed{\phantom{0000}}$$
$$= \boxed{\phantom{0000}}$$

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)

6.3.3. 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)	:	
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飛来物衝撃時荷重を計算する。

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

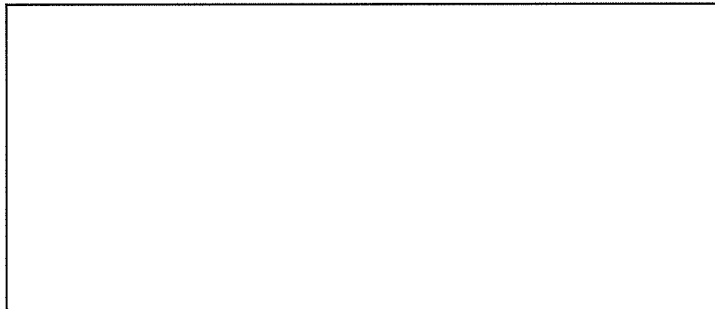
上記の  $F_{xx}, F_{xy}, F_{xz}$  の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

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

=  kN

(3) 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

飛来物衝撃時作用荷重 $F_i$ (kN)	:	<input type="text"/>
端抜けライン長さ $L_s$ (mm)	:	
固定部板厚 $t$ (mm)	:	

終局端抜け抵抗力  $Q_p$

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

=  kN

飛来物衝撃時端抜け検定比  $R_{t1}$

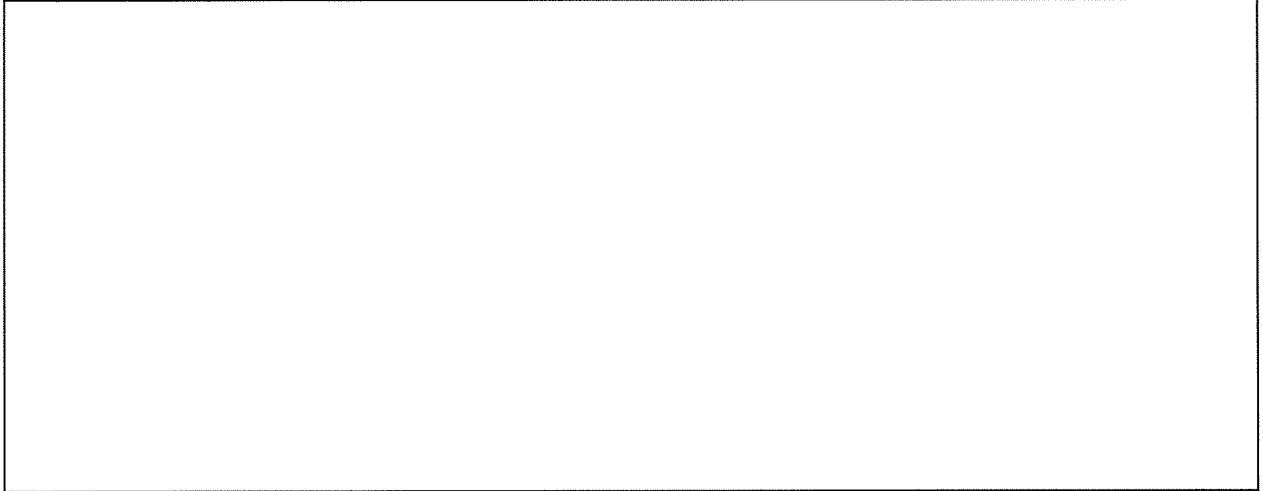
$R_{t1} = \frac{F_i}{Q_p} =$

(4) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

1) ガセット部の仕様

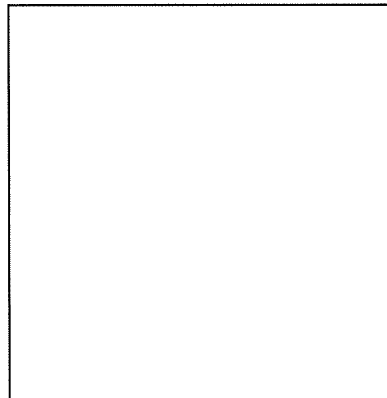
ガセット部の諸寸法は下図の通り。



2) 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

板曲げモーメント  $M_{i2}$

$$M_{i2} = F_{xz} \times \ell_2 = \text{[ ]}$$

$$= \text{[ ] N}\cdot\text{mm}$$

板曲げ有効幅部の塑性断面係数  $Z_{p2}$

$$Z_{p2} = \frac{1}{4} \times a \times t^2 = \text{[ ]}$$

$$= \text{[ ] mm}^3$$

板曲げ有効幅部の終局曲げ耐力  $M_{ia}$

$$M_{ia} = Z_{p2} \times f_y = \text{[ ]}$$

$$= \text{[ ] N}\cdot\text{mm}$$

板曲げモーメントに対する検定比  $R_{i2}$

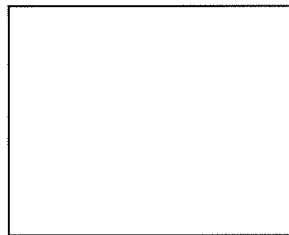
$$R_{i2} = \frac{M_{i2}}{M_{ia}} = \boxed{\phantom{000}}$$

3) 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飛来物衝撃時荷重を水平方向力、鉛直方向力のそれぞれ合力荷重にて集約して検討する。

水平方向荷重  $F_{ih} = \sqrt{(F_{xx} + F_{yx})^2 + (F_{yy} + F_{xy})^2}$   
=  $\boxed{\phantom{000}}$  kN

鉛直方向荷重  $F_{iv} = F_{xz} + F_{yz}$   
=  $\boxed{\phantom{000}}$  kN

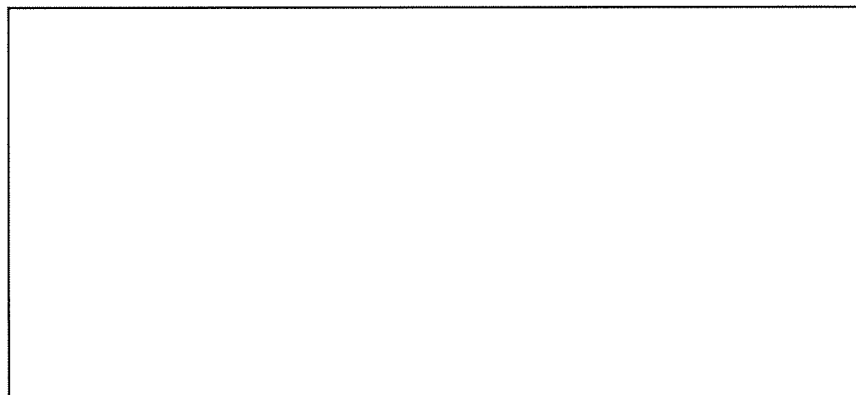


ガセット部に作用する水平力

4) リブプレートの検討

(a) 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) :   
 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>) :

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  $T_{i1}$

$$T_{i1} = F_{ih} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

片持ち梁断面の終局引張耐力  $T_{ia1}$

$$T_{ia1} = f_y \times A_1 = \boxed{\phantom{00000}}$$

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

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  $M_{i1}$

$$M_{i1} = F_{iv} \times L_1 = \boxed{\phantom{00000}}$$

$$= \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

片持ち梁断面の終局曲げ耐力  $M_{ia1}$

$$M_{ia1} = f_y \times Z_{p1} = \boxed{\phantom{00000}}$$

$$= \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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  $R_{i3}$

$$R_{i3} = \frac{T_{i1}}{T_{ia1}} + \frac{M_{i1}}{M_{ia1}} = \boxed{\phantom{00000}}$$

(b) 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  $T_2$

$$T_2 = F_{iv}$$

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント  $M_2$

$$M_2 = F_{ih} \times L_2 - F_{iv} \times L_1$$

リブプレート固定部に発生するせん断力  $Q_2$

$$Q_2 = F_{ih}$$

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>) :



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  $T_{ia2}$

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

リブプレート固定部に発生する曲げモーメント  $M_{i2}$

$$M_{i2} = F_{ih} \times L_2 - F_{iv} \times L_1 = \boxed{\phantom{000000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

リブプレート固定部の終局曲げ耐力  $M_{ia2}$

$$M_{ia2} = f_y \times Z_{p2} = \boxed{\phantom{0000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

引張力と曲げモーメントに対する検定比  $R_{i4}$

$$R_{i4} = \frac{T_{i2}}{T_{ia2}} + \frac{M_{i2}}{M_{ia2}} = \boxed{\phantom{000000000}}$$

リブプレート固定部に発生するせん断力  $Q_{i2}$

$$Q_{i2} = F_{ih} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

リブプレート固定部の終局せん断耐力  $Q_{ia2}$

$$Q_{ia2} = f_y / \sqrt{3} \times A_2 = \boxed{\phantom{0000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{00000}} \text{ N}$$

せん断力に対する検定比  $R'_{i4}$

$$R'_{i4} = \frac{Q_{i2}}{Q_{ia2}} = \boxed{\phantom{0000000}}$$

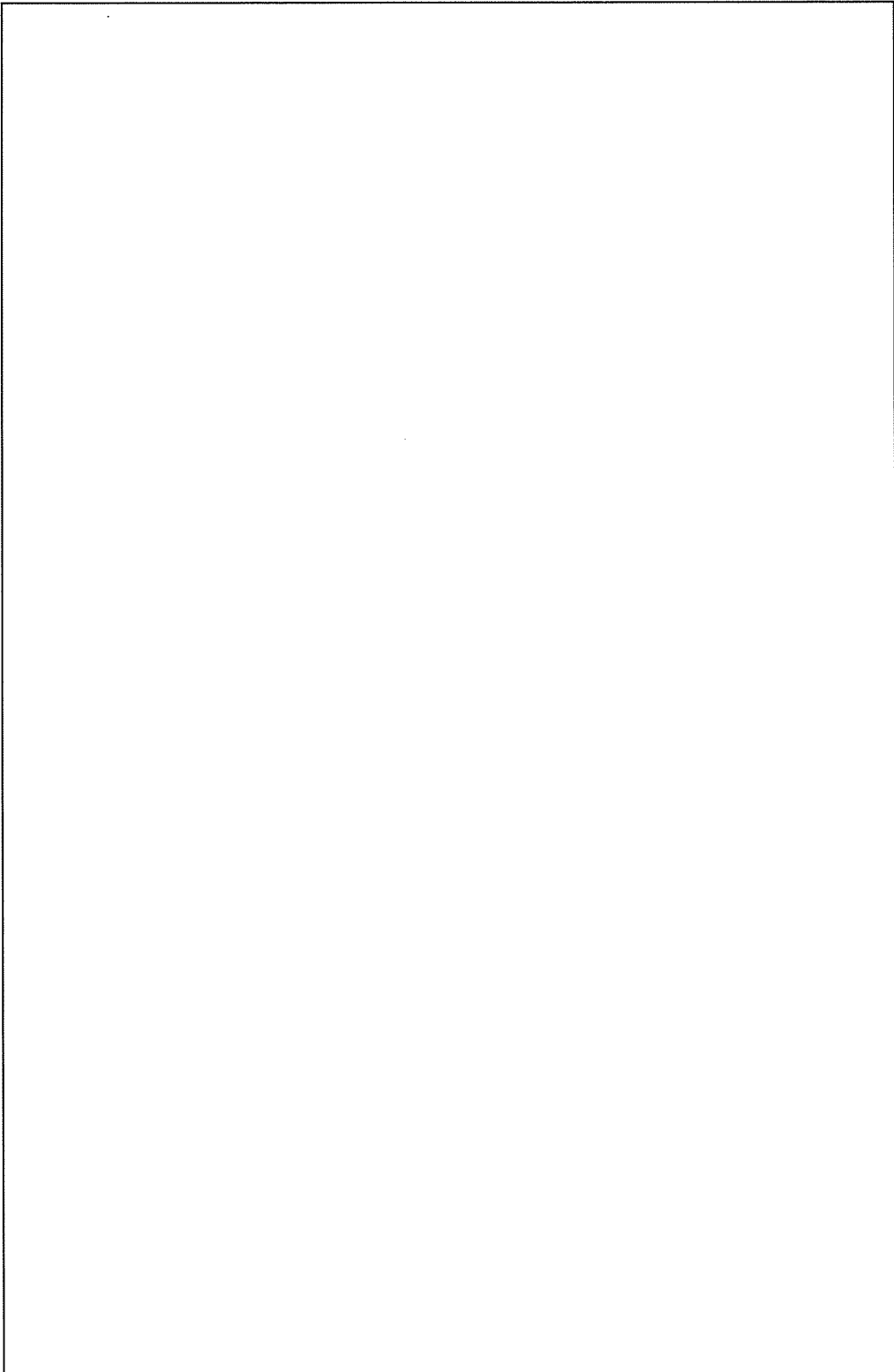
(5) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比  $K$

$$K = \max(R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4}, R'_{i4})$$

$$= \boxed{\phantom{000000000}}$$
$$= \boxed{\phantom{000000000}}$$

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）

6.3.4. 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)	:	
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> )	:	(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> )	:	(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飛来物衝撃時荷重を計算する。

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

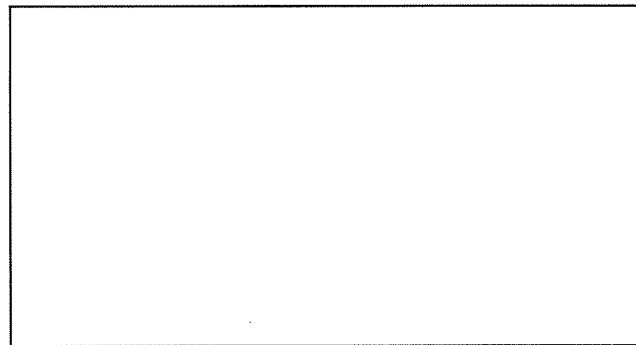
上記の  $F_{xx}, F_{xy}, F_{xz}$  の数値は、添説建 7.5-1 表を参照。

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

=  kN

(3) 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

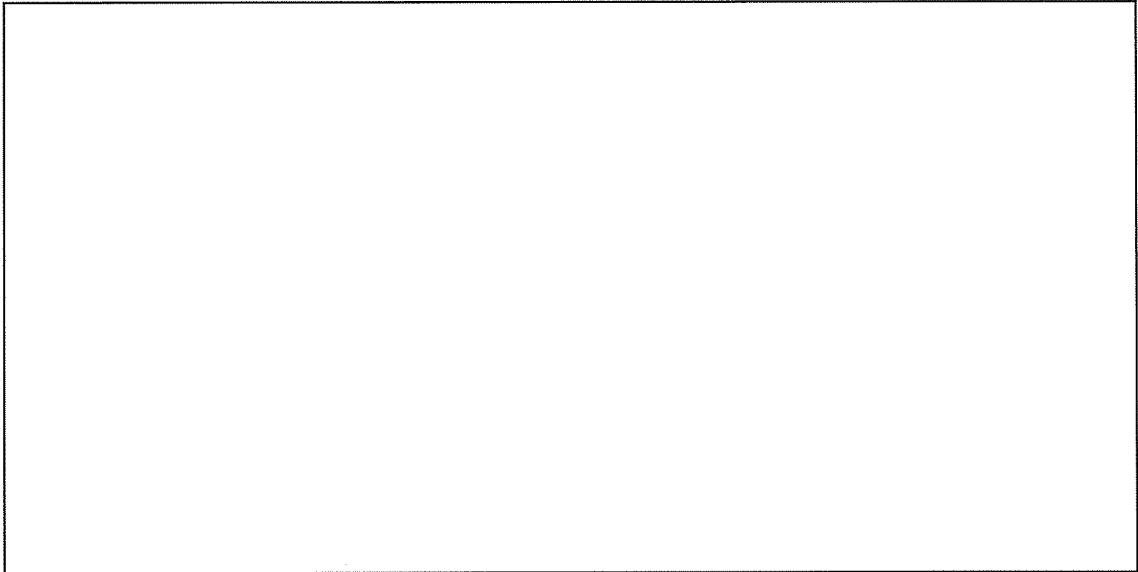
飛来物衝撃時作用荷重 $F_i$ (kN)	:	<input type="text"/>
端抜けライン長さ $L_s$ (mm)	:	<input type="text"/>
固定部板厚 $t$ (mm)	:	
終局端抜け抵抗力 $Q_p$		
$Q_p = L_s \times t \times f_y / \sqrt{3} =$	<input type="text"/>	<input type="text"/> kN
飛来物衝撃時端抜け検定比 $R_{i1}$		
$R_{i1} = \frac{F_i}{Q_p} =$	<input type="text"/>	

(4) ガセット部の検討

固定部のガセット部の検討を行う。

1) ガセット部の仕様

ガセット部の諸寸法は下図の通り。



2) 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  $Z_{p2}$

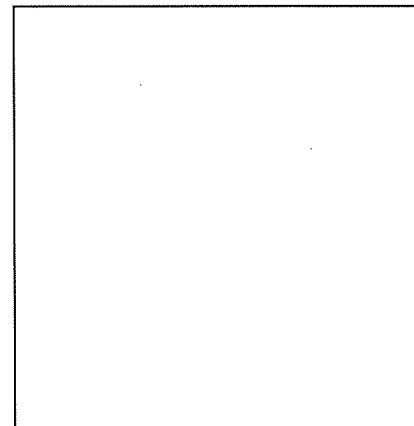
$$Z_{p2} = \frac{1}{4} \times a \times t^2 = \boxed{\phantom{000000}} \\ = \boxed{\phantom{000000}} \text{ mm}^3$$

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  $R_{i2}$

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



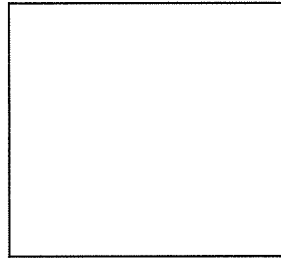
板曲げ片持ち梁モデル

3) 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。

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

鉛直方向荷重  $F_{iv} = F_{xz} + F_{yz} =$    
 $=$   kN



ガセット部に作用する水平力

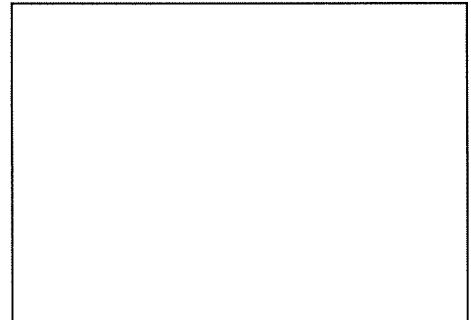
4) リブプレートの水平方向荷重に対する検討

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。

リブプレートの終局せん断耐力  $Q_{ia}$   
 $Q_{ia} = A_1 \times f_y / \sqrt{3} =$   N

リブプレートの水平方向荷重に対する検定比  $R_{i3}$

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



5) 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。

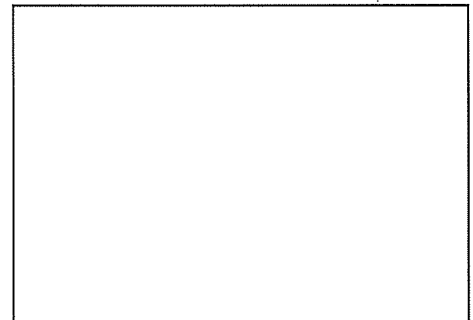
リブプレートの引張有効幅は保守的に考えて、ガセットプレート板曲げ有効幅 a と同等とする。

リブプレートの終局引張耐力  $T_{ia}$

$T_{ia} = A_2 \times f_y =$    
 $=$   N

リブプレートの鉛直方向荷重に対する検定比  $R_{i4}$

$R_{i4} = \frac{F_{iv}}{T_{ia}} =$



(5) 固定部の最大検定比

防護ネット固定部の最大検定比  $K$

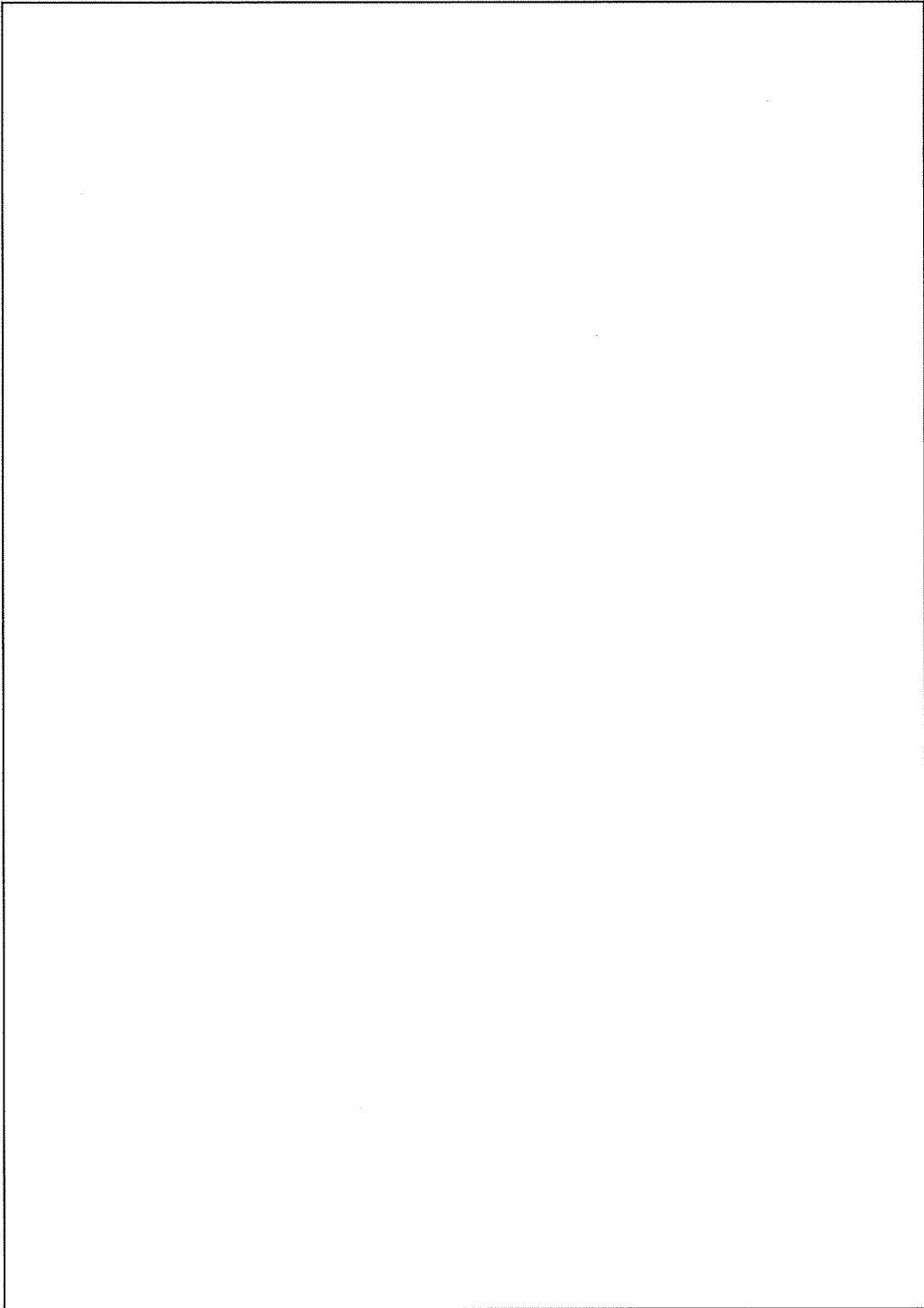
$$K = \max(R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4},)$$

$$=$$

--

$$=$$

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. 防護ネット評価結果一覧

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各部強度評価結果（検定比）を添説建 7.7-1 表に総括する。また、各建物の全ての防護ネットに対する吸収エネルギー評価結果を添付説明書-建 7-付録 2 に示す。

添説建 7.7-1 表 防護ネットの強度評価結果（検定比）一覧

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				

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. 防護ネットたわみの影響

飛来物を対象としない転換工場（下面）と下方に床がある成型工場以外の防護ネットについては、上方からの飛来物を受け止めた場合のたわみにより、内部設備との干渉影響が生じることになるが、そのうち重要な加工施設へは影響が生じないことを確認済みである。（添付説明書-建 7-付録 3 参照）

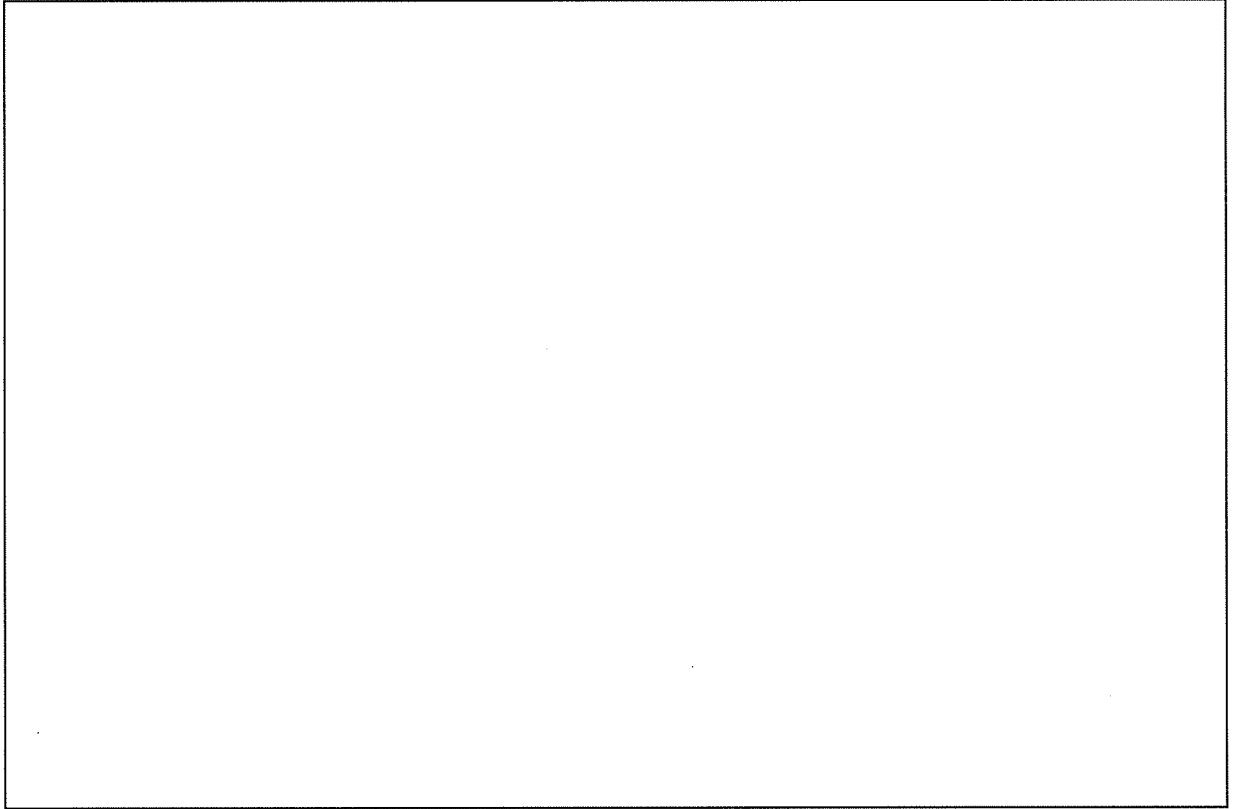
## 9. 文献

- ・ 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）



第2核燃料倉庫前室 建物内飛散物衝撃荷重によるRC片持ち梁の検討

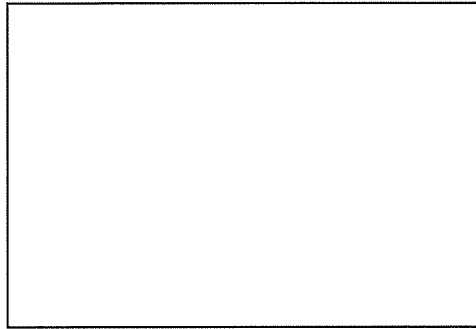
1. 防護ネット荷重作用位置



2. 計算諸条件

- RC片持ち梁スパン長  $L$ (m) :
- RC片持ち梁の屋根重量分担間隔  $B$ (m) :
- RC片持ち梁幅  $b$ (m) :
- RC片持ち梁高  $h$ (m) :
- ALC屋根単位面積当り重量(固定荷重)  $w_{ALC}$ (kN/m<sup>2</sup>) :
- 前室内飛散物(ダクト)による防護ネット衝撃荷重時における  
 定着部シャックル孔1箇所当り鉛直荷重  $f_N$ (kN) :
- 鉄筋コンクリートの単位体積重量  $\gamma$ (kN/m<sup>3</sup>) :
- RC片持ち梁1本あたりのALC屋根重量  $W_1$ (kN/m) :  $w_{ALC} \times B =$
- (屋根面竜巻荷重は負圧で評価するため安全側に切捨数值とする)
- RC片持ち梁の自重  $W_2$ (kN/m) :  $\gamma \times b \times h =$
- 定着部1箇所当り鉛直荷重  $F_N$ (kN) :  $f_N \times 2 =$
- RC片持ち梁断面: 引張側 2-D19、圧縮側 4-D19 ( $A_{D19} =$   mm<sup>2</sup>/本)
- 鉄筋 SD295A : 短期許容引張応力度  $f_t =$   N/mm<sup>2</sup>  
 降伏応力度  $\sigma_y = f_t \times 1.1 =$   N/mm<sup>2</sup>

3. RC 片持ち梁の曲げ応力度の検討結果



端部断面

RC 片持ち梁の有効高さ  $d$ (mm) :  $h - d_t = \square$

引張鉄筋断面積  $a_t$ (mm<sup>2</sup>) :  $\square = \square$

RC 片持ち梁の終局曲げ耐力

$$M_u = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d = \square \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow \square \text{ kN}\cdot\text{m}$$

RC 片持ち梁の最大曲げモーメント

$$M = F_N \times (L_1 + L_2) - 1 / 2 \times (W_1 + W_2) \times L^2$$

$$= \square \text{ kN}\cdot\text{m}$$

RC 片持ち梁に作用する最大曲げモーメントと終局曲げ耐力の検定比

$$R_3 = M / M_u = \square < 1.0 \quad \text{OK}$$

以上より、建物内飛散荷重に対して、屋根部 RC 片持ち梁は安全である。

## 工場棟及び付属建物の各区画における防護ネット設計と吸収エネルギーについて

## 1. 概要

工場棟（転換工場、成型工場、組立工場）、付属建物（第2核燃料倉庫前室、除染室・分析室）、放射線管理棟廃棄物一時貯蔵所のすべての区画における防護ネットの仕様及び吸収エネルギー評価を添説建 7-付 2-1 表の一覧表に整理した。

評価の結果、すべての防護ネットの吸収エネルギーが、防護する対象の持つエネルギーを上回ることを確認した。よって、想定される内部飛散物及び外部飛来物の運動エネルギー（内部飛散物：最大 31kJ 及び最大 10kJ（一部）、外部飛来物：最大 62kJ）を防護ネットの吸収エネルギーが上回り、F3 竜巻時に屋根損傷部から吹き込む風圧力により損傷するおそれがあるダクトが建物外部へ飛散することを防護できると共に、屋内に重要な設備・機器があり外部飛来物防護対象となる箇所の屋内への影響を防護できることを確認した。

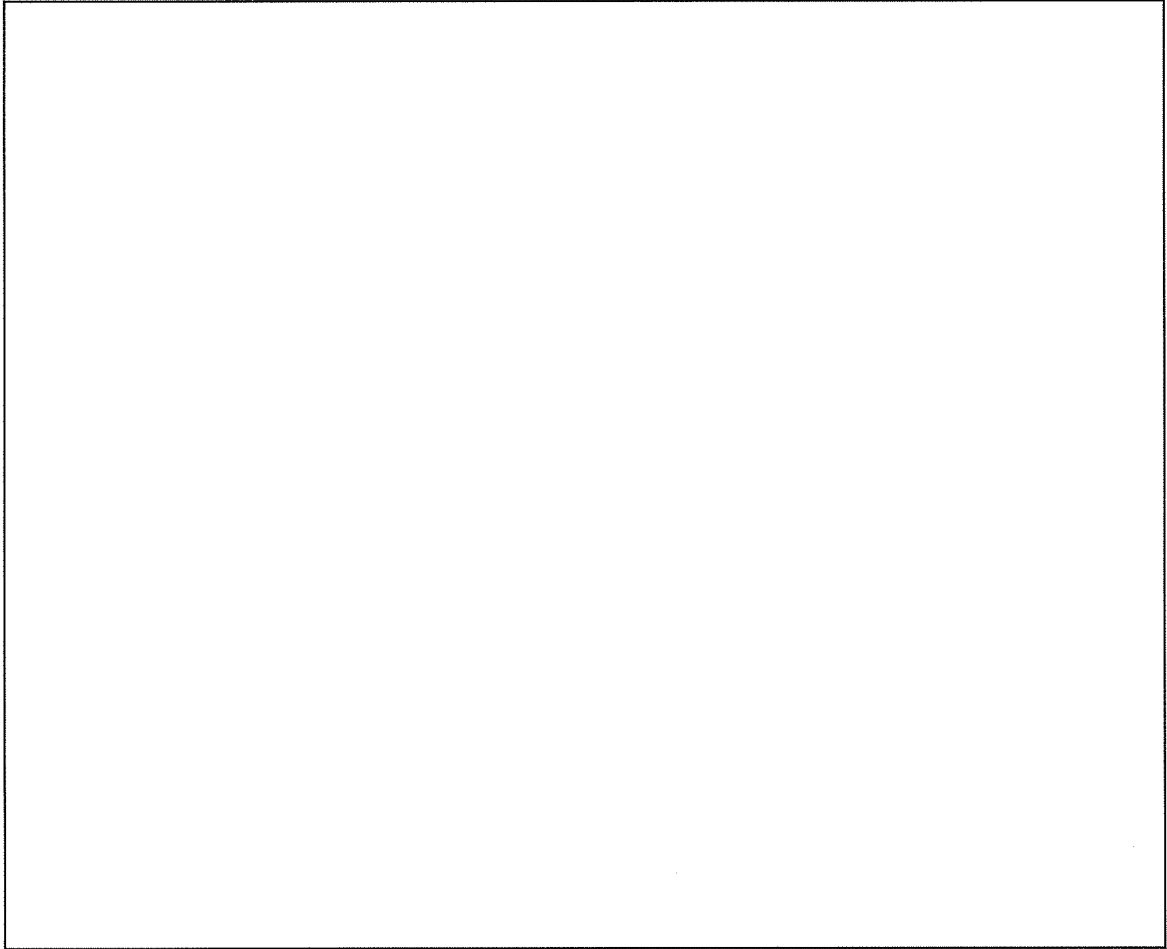
なお、評価手法の適用範囲として、電中研報告「高強度金網を用いた竜巻飛来物対策工の合理的な衝撃応答評価手法(001)」に基づき、以下項目を考慮している。

- ・金網幅寸法が展開長よりも大きい金網は、展開長を辺長とした正方形を有効範囲として吸収エネルギーを算出する。
- ・金網のアスペクト比（展開長／幅寸法）は 2 を上限とする。

ネット寸法が上記に適合しない場合、適用範囲内に評価寸法を変更し、吸収エネルギーが保守的になるようにして評価している。

## 2. 防護ネット評価寸法

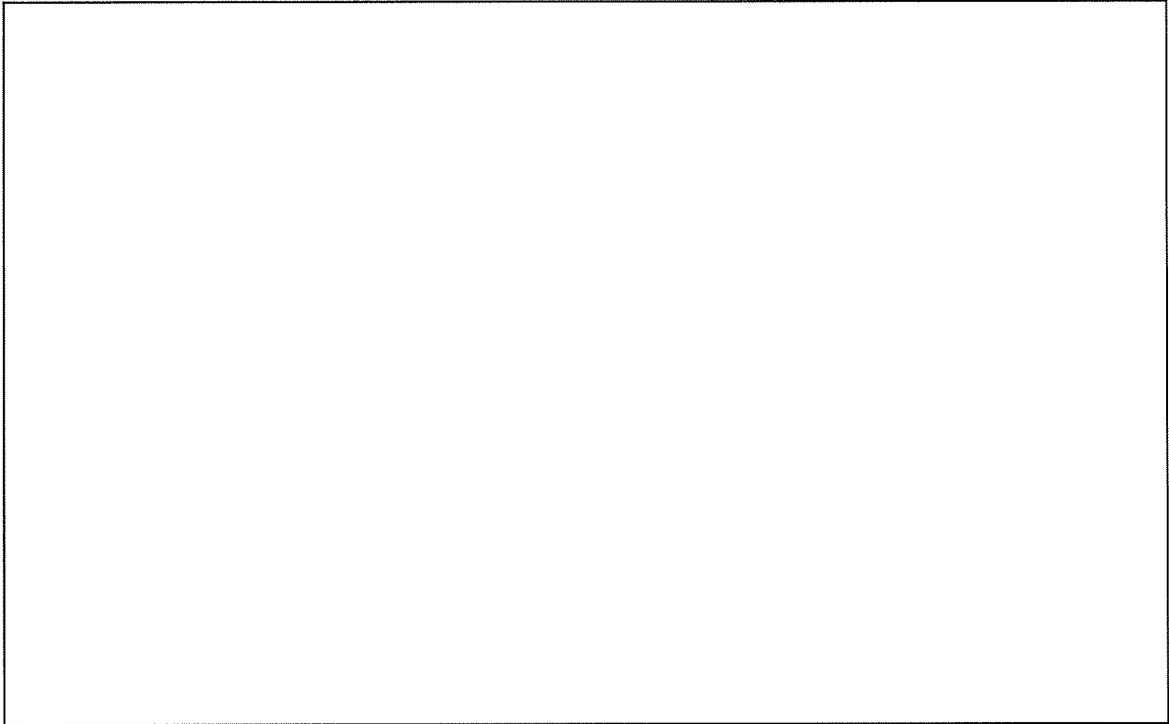
防護ネットの吸収エネルギーの算定にあたっては、各防護ネットの評価寸法を添説建 7-付 2-3 図に示す要領にて設定する。



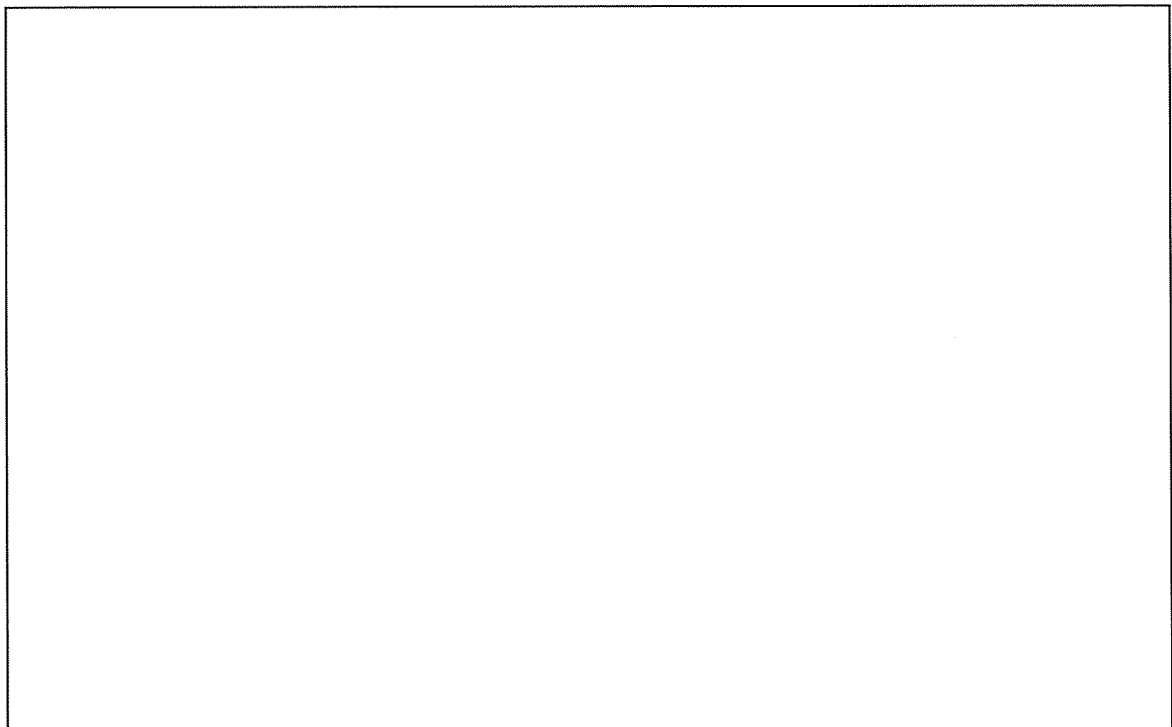
添説建 7-付 2-3 図 防護ネット評価寸法模式図

### 3. 防護ネット配置図

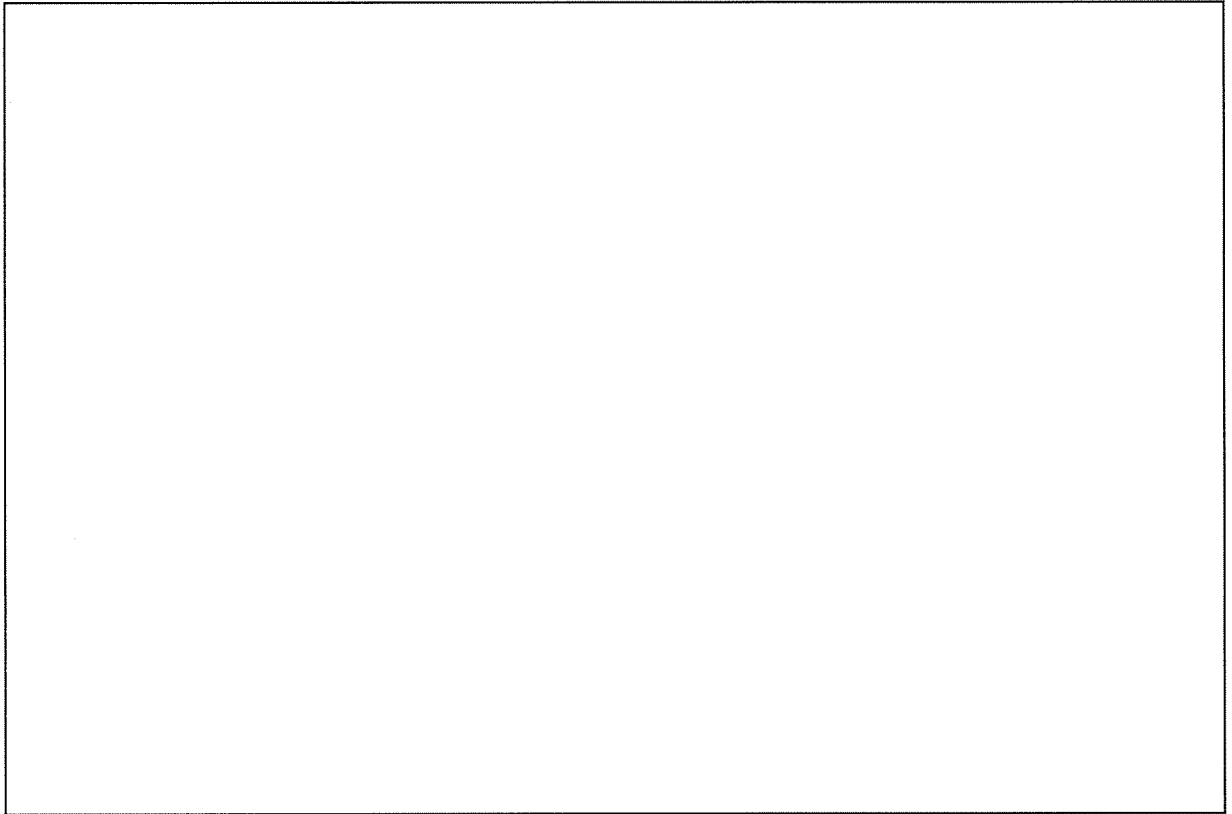
各建物の防護ネット配置図を添説建 7-付 2-4 図～添説建 7-付 2-8 図に示す。各防護ネットは評価寸法毎に付番し、各評価寸法の吸収エネルギーを算定する。



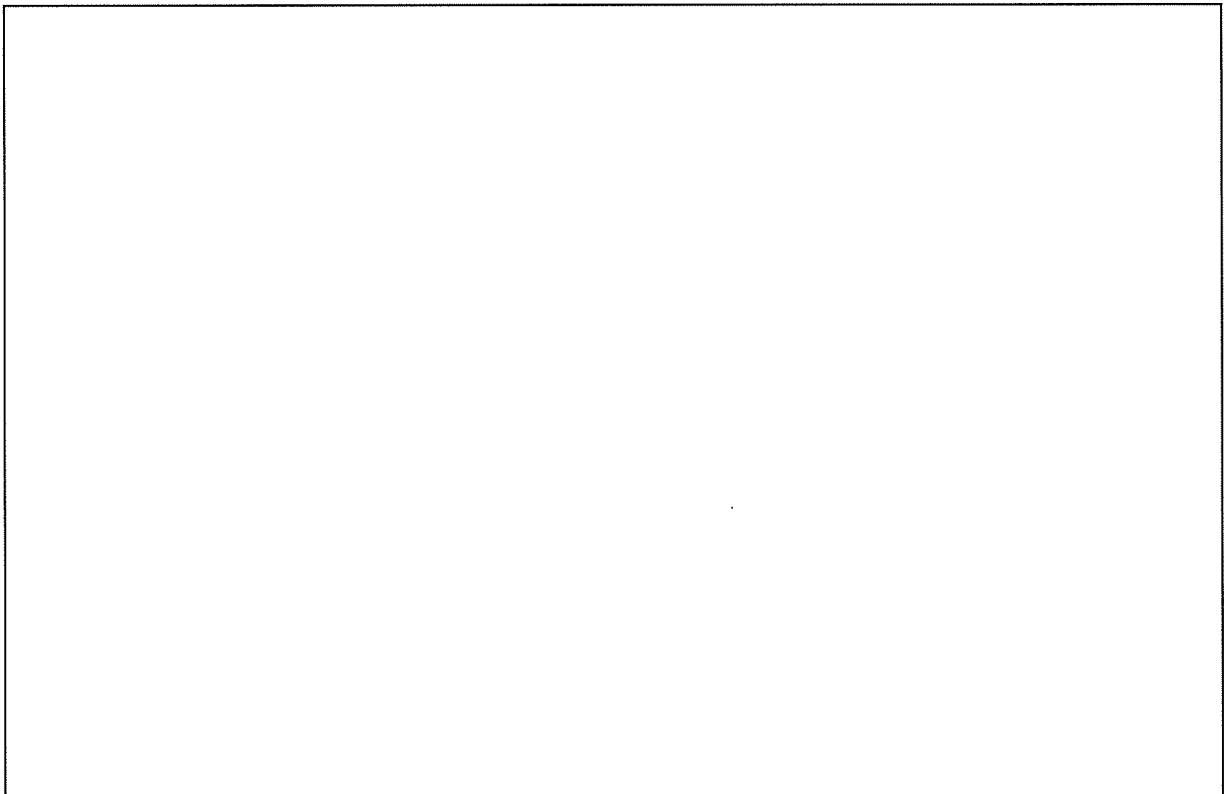
添説建 7-付 2-4 図ネット配置図 (成型工場)



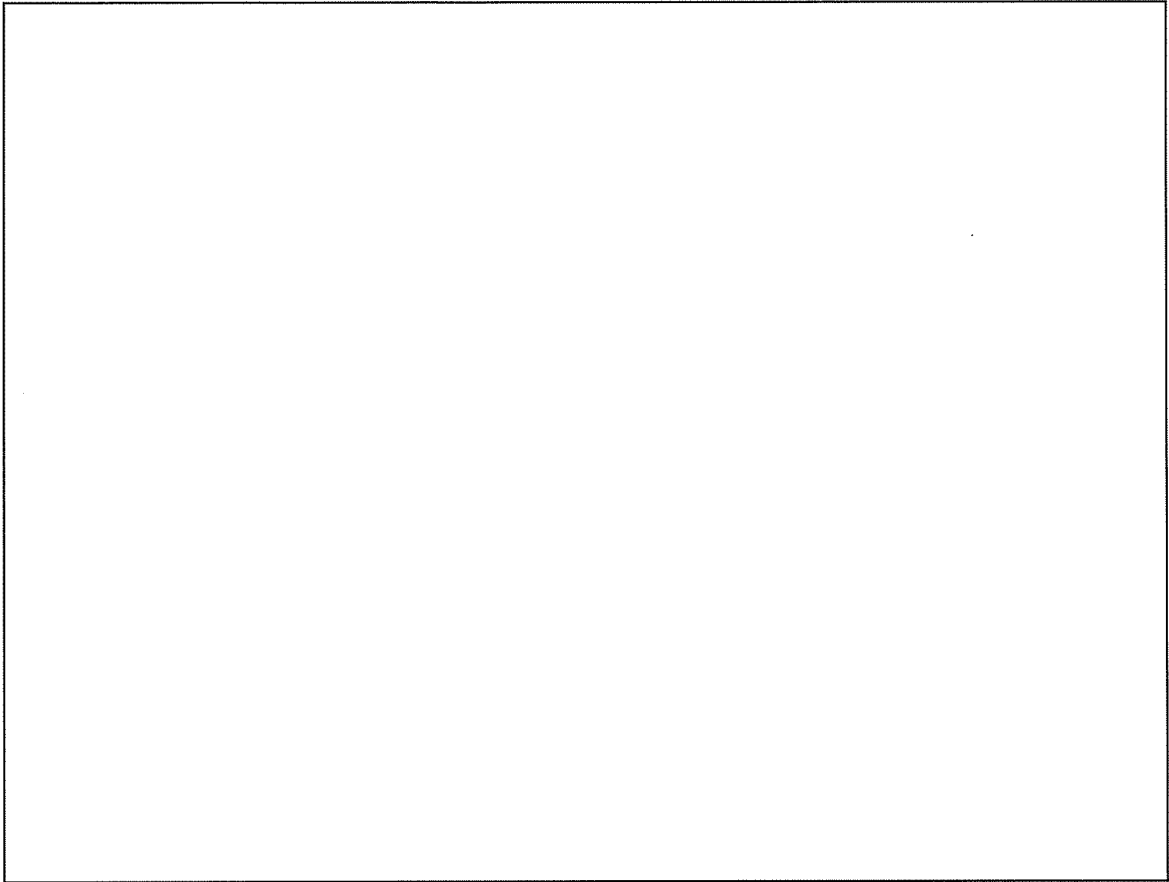
添説建 7-付 2-5 図ネット配置図 (組立工場)



添説建 7-付 2-6 図 ネット配置図 (転換工場 3F 上面)



添説建 7-付 2-7 図 ネット配置図 (転換工場 3F 下面)



添説建 7-付 2-8 図 ネット配置図（転換工場東側 1F、放射線管理棟廃棄物一時貯蔵所）

4. 防護ネットの吸収エネルギー一覧

各建物の防護ネット評価寸法毎の吸収エネルギー算定結果を添説建 7-付 2-1 表に示す。

添説建 7-付 2-1 表 各建物の防護ネット評価寸法毎の吸収エネルギー算定結果

区分 (工場)	位置 (区画番号)	防護ネット仕様			評価結果		
		評価寸法(m)		仕様(mm)	吸収エネルギー (kJ) ④	飛来物/飛散物エネルギー(kJ) ⑥	検定比 ⑥/④
		展開長×直角長	目合い	線径			
成型・組立・転換 (上面) 標準ネット	—						
転換 (下面) 標準ネット	—						
成型工場 3階	①						
	②						
	③						
	④						
組立工場 3階	①						
	②						
	③						
	④						
	⑤						
	⑥						
	⑦						
	⑧						
	⑨						
転換工場 3階上面	①						
	②						
	③						
	④						
	⑤						
	⑥						
	⑦						
	⑧						
	⑨						
	⑩						
	⑪						
	⑫						
転換工場 3階下面	①						
	②						
	③						
	④						
	⑤						
	⑥						
	⑦						
	⑧						
	⑨						
	⑩						
	⑪						
	⑫						
	⑬						
	⑭						
	⑮						
	転換工場 (東側) 1階	①					
②							
③							
④							
⑤							
除染室・分析室 1階	①						
	②						
	③						
	④						
	⑤						
	⑥						
	⑦						
	⑧						
	⑨						
廃棄物一時貯蔵所 1階	①						
	②						
第 2 核燃料倉庫前室	①						
	②						



## 防護ネットのたわみによる影響について

工場棟及び隣接する付属建物に設置する防護ネットの内、屋内に重要な設備・機器があり、外部からの飛来物に対する防護が必要な箇所について飛来物が衝突した際の防護ネットのたわみによる影響評を行う。

なお、屋内に重要な設備・機器が無く、飛散防止だけの防護とする除染室・分析室、第 2 核燃料倉庫前室のたわみによる影響評価は省略する。

### ① 転換工場の上面、成型工場、廃棄物一時貯蔵所

防護ネットに近接しているダクトが、防護ネットのたわみにより飛来物がダクトに接触し損傷することが考えられるが、防護ネットによりダクトの飛散を防護できることから外部に飛散することはない。

### ② 組立工場

貯蔵されている燃料集合体と防護ネットの距離は十分に確保されており、防護ネットのたわみによる影響はない。

### ③ 転換工場東側 1 階部分

当該箇所は大型粉末容器貯蔵場所であり飛散物及び飛来物の防護が必要である。

当該箇所の屋内からの飛散物は防護ネットで防護し、屋外からの飛来物は F3 竜巻時でも残存する折板屋根で防護することから防護ネットのたわみによる影響はない。

当該箇所の折板屋根材 ( ) の貫通限界厚さ評価結果を添付説明書一建 7-付録 4 に示す。

飛来物であるプレハブ及び軽トラの鉛直方向の鋼板貫通限界厚さ ( ) に対し、折板屋根材厚さ ( ) が十分に上回ることから貫通しないことを確認した。

## F3 竜巻飛来物による折板屋根材の貫通評価

F3 竜巻による飛来物が転換工場東側の 1 階平屋部の折板屋根に衝突した場合の貫通評価を以下に示す。なお、評価手法は事業許可の添付 19 (3) に則って評価した。

## 1. 想定される飛来物

F3 竜巻で想定される飛来物は、軽トラック（以下、「軽トラ」と略記）及びプレハブ（大）（以下、「プレハブ」と略記）とする。

これらの飛来物の諸元を添説建 7—付 2—2 表に示す。

添説建 7—付 2—2 表 想定飛来物の諸元

飛来物	質量 (kg)	飛散高さ (m)	出典
軽トラ	740	8.2	事業許可：別添ト—1 3
プレハブ	599	27.8	事業許可：別添ト—1 2

## 2. 貫通評価

ここで参考として、BRL 式 (式(1)) により折板屋根材の  の貫通評価を実施した。

$$T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{17400K^2D^{3/2}} \quad (1)$$

$T$ : 鋼板厚さ (in)

$M$ : 飛来物質量 (lbf · s<sup>2</sup>/ft)

$V$ : 飛来物速度 (ft/s)

$D$ : 飛来物直径 (飛来物面積と等しくなる直径) (in)

$K$ : 鋼板の材質に関する係数 (≒1)

飛来物の衝突速度を添説建 7—付 2—3 表に示す。

添説建 7—付 2—4 表に示す評価結果のとおり、軽トラあるいはプレハブとの衝突による貫通限界厚さは  mm となり、折板屋根材の板厚  mm より小さいことが確認できた。

なお、該当箇所は、同じ板厚の折板の 2 枚張りとすることから、合計厚さは  mm となる。

添説建 7-付 2-3 表 飛来物の衝突速度

		軽トラ	プレハブ
飛来物質量	m	740 kg	599 kg
飛来物運動エネルギー	$E_k$		
飛来物飛来速度	$V_0 = \sqrt{E_k/0.5m}$		

添説建 7-付 2-4 表 飛来物による折板屋根材の貫通限界厚さ評価

			軽トラ	
飛来物諸元	飛来物重量	W	740 kgf	1.63E+03 lbf
	飛来物高さ	h		
	飛来物幅	w		
	飛来物面積	A		
	等価直径	$D = \sqrt{4A/\pi}$		
	飛来物速度	$V_{eff}$		
	飛来物質量 (重量÷重力加速度) $M=W/g$			
	重力加速度	g	9.81 m/s <sup>2</sup>	32.17 ft/s <sup>2</sup>
貫通厚さ	鋼板の材質に関する係数	K	1.0	1.0
	鉄板貫通限界厚さ	T		

			プレハブ	
飛来物諸元	飛来物重量	W	599 kgf	1.32E+03 lbf
	飛来物高さ	h		
	飛来物幅	w		
	飛来物面積	A		
	等価直径	$D = \sqrt{4A/\pi}$		
	飛来物速度	$V_{eff}$		
	飛来物質量 (重量÷重力加速度) $M=W/g$			
	重力加速度	g	9.81 m/s <sup>2</sup>	32.17 ft/s <sup>2</sup>
貫通厚さ	鋼板の材質に関する係数	K	1.0	1.0
	鉄板貫通限界厚さ	T		

### 3. 評価のまとめ

F3 竜巻による飛来物が転換工場東側 1 階の折板屋根に衝突した場合の影響を評価した。評価の結果、飛来物が衝突しても、折板屋根が貫通しないことを確認した。

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)

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。

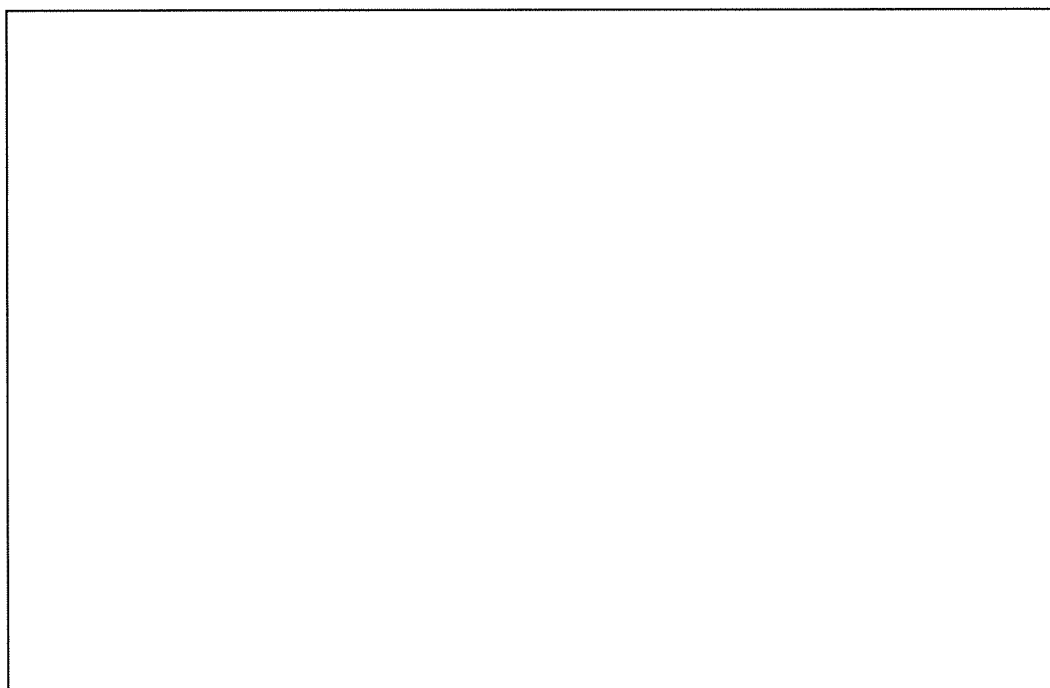
添説設 1-1 図に示す青枠のエリアで取り扱うウランの質量は 14.8kgU 以下を常に維持するように保安規定で規定する。

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
その他の 加工施設	表面電離型質量分析装置(1)	工場棟	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)	転換工場		{907}
	固体発光分光分析装置	分光分析室		
	ICP 質量分析装置	付属建物 除染室・分析室 分析室		{908}
	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	{909}		
	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	—	{1}
	蒸発器(1)-B	$\left[ \begin{array}{l} \text{UF}_6 \text{ シリンダ} \\ \text{減速度 } H/U=0.088 \text{ 以下} \end{array} \right]$	{1}
	蒸発器(2)-A		
	蒸発器(2)-B		
	UF <sub>6</sub> シリンダ		
	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)	循環貯槽本体部 (温度上昇部)	0~60℃		{22}
		循環貯槽内面部 (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) (温度上昇部)	0~114℃		{21}
	循環貯槽(2)	循環貯槽本体部 (温度上昇部)	0~60℃		{22}
		循環貯槽内面部 (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) (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)				

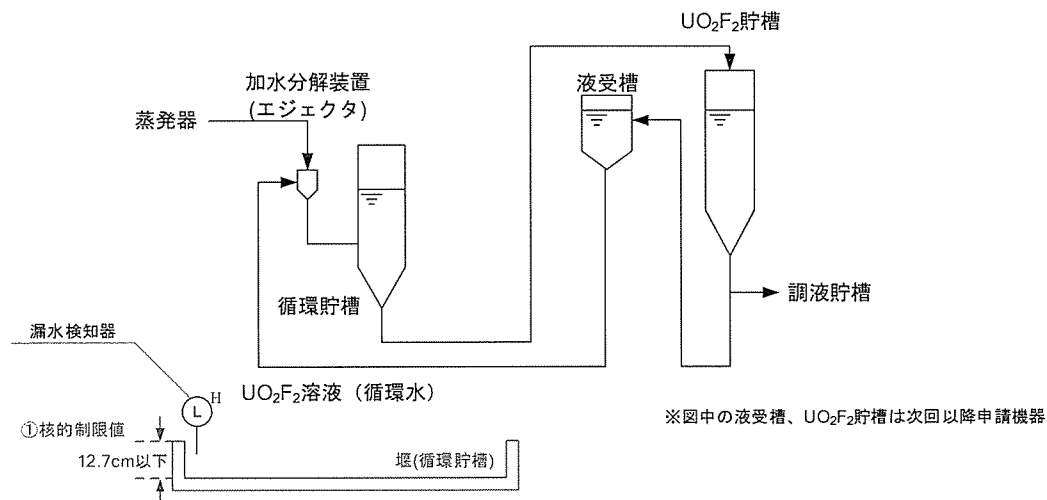
通常時に予想される設備・機器の単一故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作により、ウランが流入するおそれのある設備・機器は、臨界に達しないようあらかじめ核的制限値を設定し、その制限値を満足する設計とする。(2-6)

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。

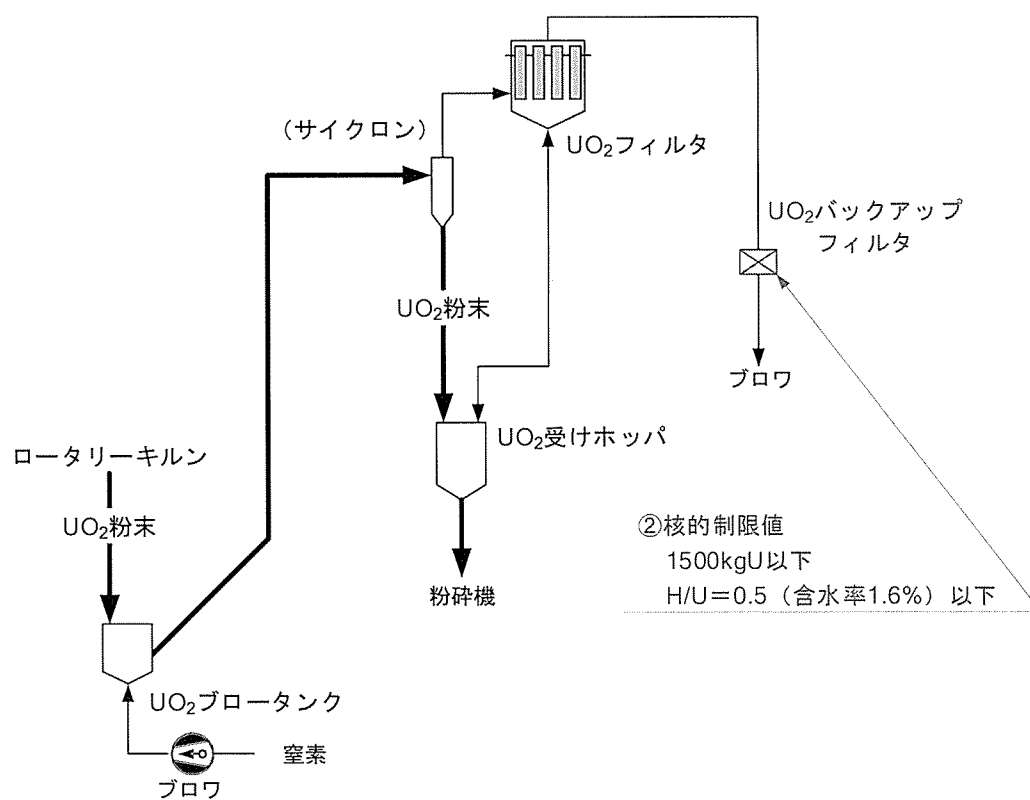
なお、貯槽からウランが漏えいすると、堰に漏えいするが、この場合には、集積されていたウランが拡散することになり、より中性子が逃げやすい形状となるため、臨界にはならない。



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

UO<sub>2</sub>フィルタからの漏えいに備えて設置するUO<sub>2</sub>バックアップフィルタ（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サイクロン及びUO<sub>2</sub>フィルタを設置して、ウランを回収する。このサイクロン及びUO<sub>2</sub>フィルタの損傷（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、サイクロン及びUO<sub>2</sub>フィルタの下流側に設置するUO<sub>2</sub>バックアップフィルタにも核的制限値を設定する。



添説設1-3図 UO<sub>2</sub>バックアップフィルタに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。

なお、黒鉛減速は水全反射に比べ安全側の条件であるため、熱交換器(循環貯槽){28}に、事業許可9ページ第3表に示す水全反射条件で求めた単一ユニットの容積の核的制限値(容積26.5L以下)を適用するのは妥当である。

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設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。

添説設 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
その他の加工施設	表面電離型質量分析装置(1)	工場棟	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)	転換工場			
	固体発光分光分析装置	分光分析室			{907}
	ICP 質量分析装置				
	ICP 発光分光分析装置	付属建物			
	自動水分分析装置	除染室・分析室 分析室			
	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	{909}			

※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。

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)

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)	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	

## 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、核的制限値において、従来は減速度制限(減速度  $H/U=0.5$ (含水率1.6%)以下)と形状制限を組合せて管理していたものを形状制限のみとした。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) UO <sub>2</sub> ブロータンク本体部	濃縮度 5%以下 直径 25.1cm 以下	{106}
	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> 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	
	充填装置(1)	濃縮度 5%以下	{115}
	充填装置(2)	直径 25.1cm 以下	
	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(2)		
	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	

<参考>

今回の申請設備において、濃縮度 5%以下のウランを取扱う設備・機器のうち核的制限値を変更しない(①及び②に該当しない)設備・機器を添説設 1-1-3 表～添説設 1-1-5 表に示す。

添説設 1-1-3 表 核的制限値を変更しない設備・機器  
(形状寸法)

施設区分	設備・機器名称		核的制限値	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}
		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}
		加水分解装置 (エジェクタ)	直 径 26.7cm 以下	{21}

添説設 1-1-4 表 核的制限値を変更しない設備・機器  
(質量制限)

施設区分	機器名	核的制限値	備考	
その他の 加工施設	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)	{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			{908}
	嵩密度測定装置			
	平均粒径測定装置			
	試料回収ボックス	{909}		

添説設 1-1-5 表 核的制限値を変更しない設備・機器  
(減速度+質量または形状寸法)

施設区分	機器名	核的制限値	備考
化学処理 施設	蒸発器(1)-A	—	{1}
	蒸発器(1)-B	〔 UF <sub>6</sub> シリンダ 減速度 H/U=0.088 以下 〕	
	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	{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		
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

付録一1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> 受けホッパ(1)(2)
化学処理施設	工場棟 転換工場 転換加工室	粉碎機(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(蒸発・加水分解系統)
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
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
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
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(部屋、設備～ 高性能エアフィルタ)(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(部屋、設備～ 高性能エアフィルタ)(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)

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	α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、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. 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れ出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材料一覧に示す。

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。

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2-1表に示す。

##### ➤ [11.3-設2]

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パ本体)は、不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。

添説設 2-1 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>
シリコンゴム	難燃性 <sup>注1</sup>
クロロプレンゴム	可燃性 <sup>注6</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。

注6：クロロプレンゴムは一般的に難燃性を示す材料であるが、上記注1に示す運用内に記載がないため、ここでは保守的に可燃性材料として取り扱う。蒸発器のノズルパッキンはであるが、ノズルパッキンは不燃性材料であるノズル内に設置されていることから、火災の発生源となることはない。

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2-2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に集約している。

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は火災源となりえるため、内包油の全量を溜め得るオイルパンを設置する設計とする。また、コールドトラップ(1)(2)及びコールドトラップ(小)(1)(2)に火炎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。コールドトラップ(1)(2)及びコールドトラップ(小)(1)(2)の温度高インターロックセット値130℃に対して昇温幅最大4℃を考慮しても昇温後のコールドトラップ及びコールドトラップ(小)の温度は温度高インターロック設定値134℃以下に維持できることから、火災時においてもコールドトラップ(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、火災時においてもUF<sub>6</sub>フードボックスの閉じ込め機能を維持できることを確認している。



添説設 2-2 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)を貯油するために十分な高さ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2-3表に示すとおり、厚さ約□mm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、火災発生時の温度上昇による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表に示す。火災発生時の温度上昇による閉じ込め機能への影響が考えられる設備・機器については、温度高インターロックを設置し、ヒータの加熱を停止する設計とするとともに、電力用ケーブル及び計測・制御用ケーブルが火災によりその機能を喪失しても、対象の設備機器が安全側に動作する(運転停止する)設計とする。なお、工場棟転換工場に設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、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 2-3 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□□□)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□□□)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□□□)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□□□)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□□□)に収納

添説設 2-4 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 2-5 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得る設計とする。

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 2-5 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 2-5 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>						
粉碎機(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	> 54 (L' (PC))	○
UO <sub>2</sub> フィルタ (1)(2)	{238} <sup>(注5)</sup>	PVC、 <input type="text"/>	ブロワ	設置	設置	— <sup>(注6)</sup>	> 2(L <sub>0</sub> (PVC))	○

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）。また、L<sub>0</sub>は遮熱板から防護対象パネルまでの離隔距離を示す（添付説明書-設 2-1 付 2）。


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。

注 5：隣接機器（次回以降申請）に対する閉じ込め機能への影響を考慮する。

注 6：防護対象までの距離は次回以降申請にて示す。

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を金属製カバー（）で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、材料一覧に示すとおり□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）の材料は、機器の導入時期や補修時の加工性の違いによって[ ]（以下、PVC と称す）と[ ]（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か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。

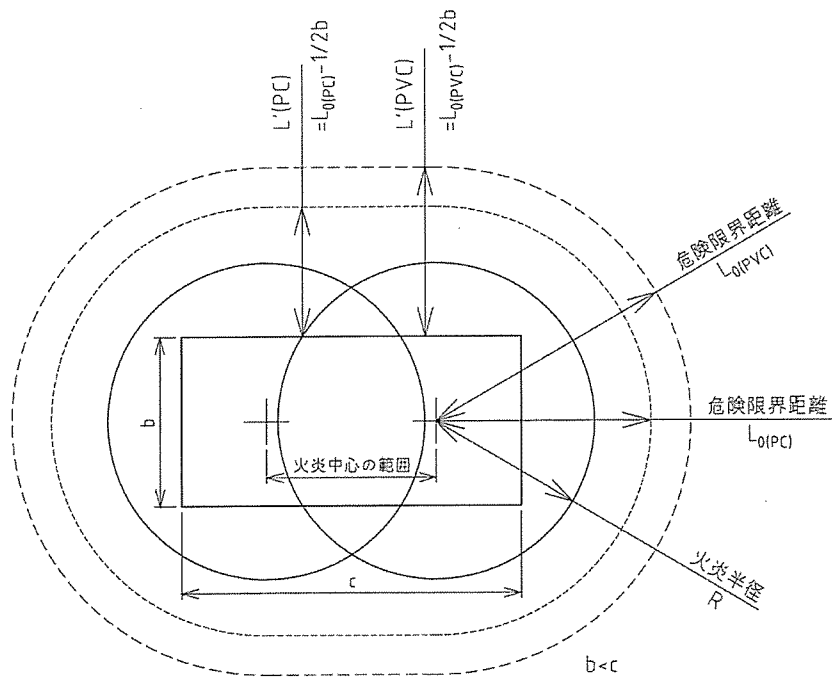
- (1) 潤滑油や作動油を内包する部品を抽出する。

- (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、PVC 及び PC それぞれに対して火災熱評価エリアを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の範囲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。

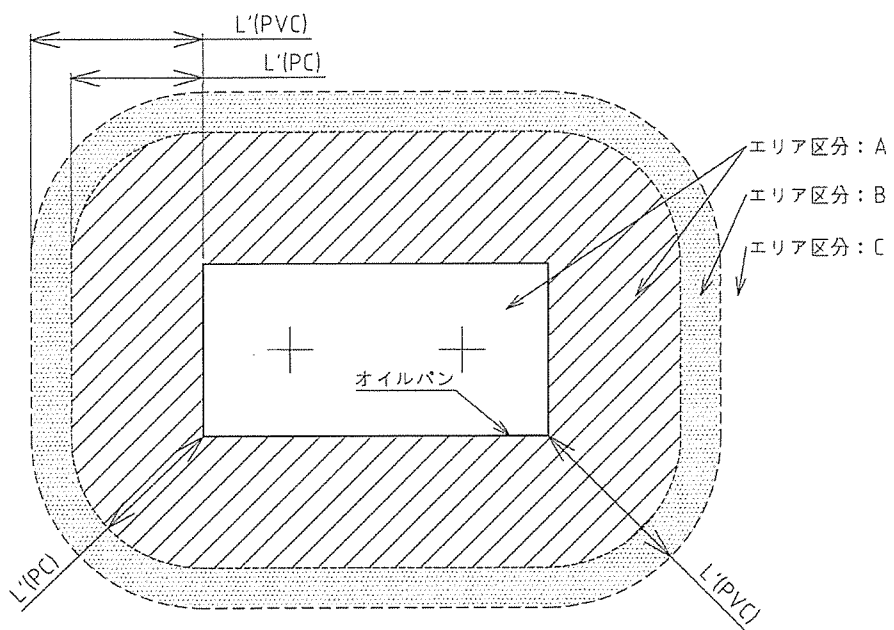
添説設 2-1-1 表 火災熱評価エリア区分に応じた影響軽減設計

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 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 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に遮熱板を設置する。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) 以上の離隔距離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。

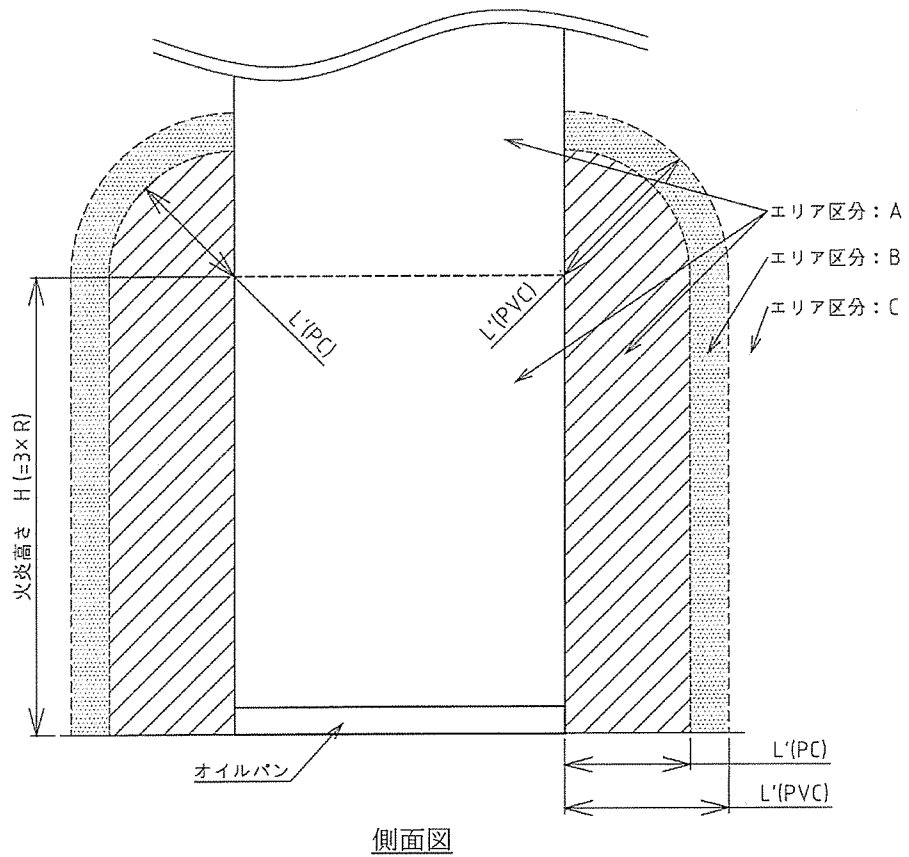


添説設 2-1-1 図 水平火災熱評価距離 ( $L'$ )



上面図

添説設 2-1-2 図 火災熱評価エリア (水平方向)



側面図

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。

以上より、遮熱板の設置により温度を低減させ、かつその影響範囲を限定させることで、火災時のウランの閉じ込め機能不全を防止する設計としている。さらには、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、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に対して、必要離隔距離（添付説明書一設2-1付2参照）を確保して設置する設計とする。

## 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

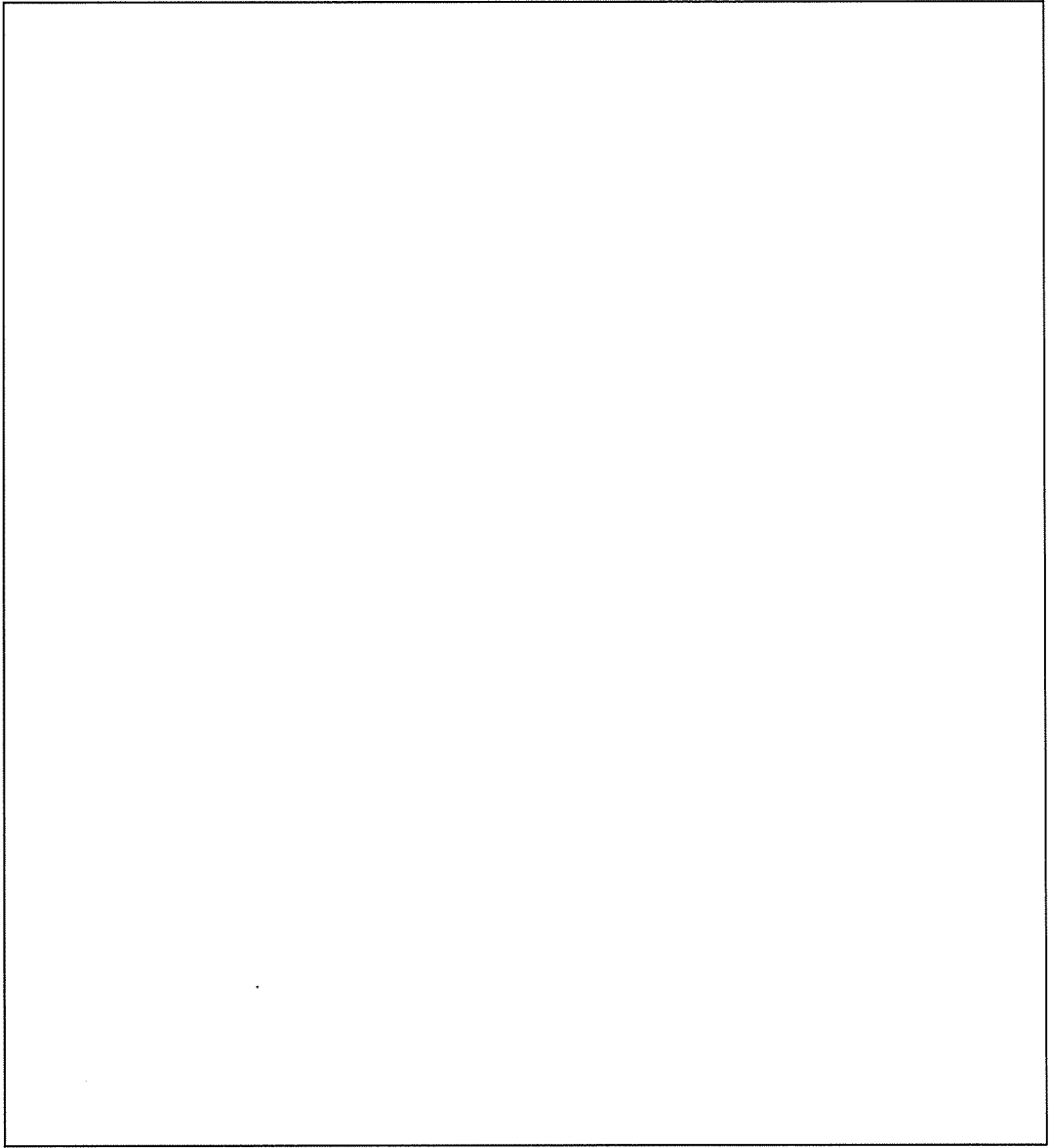
### 1. UF<sub>6</sub> 取扱機器への影響評価

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」と称す) 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は燃焼しないが、熱容量、燃焼時間の観点から保守的に灯油の物性値を用いて評価する。

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)

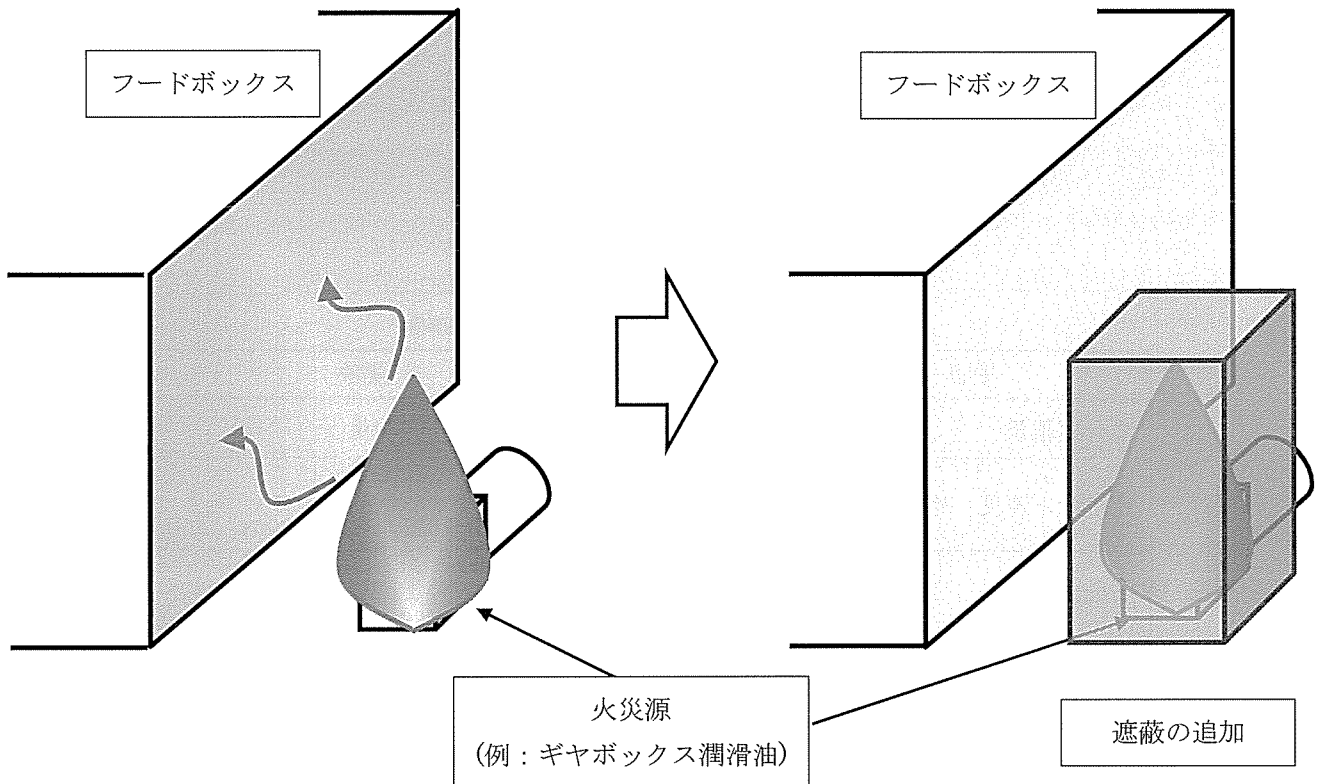
ρ : 燃料密度 (kg/m<sup>3</sup>)

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  $\square$  mm 以上の  $\square$  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）。

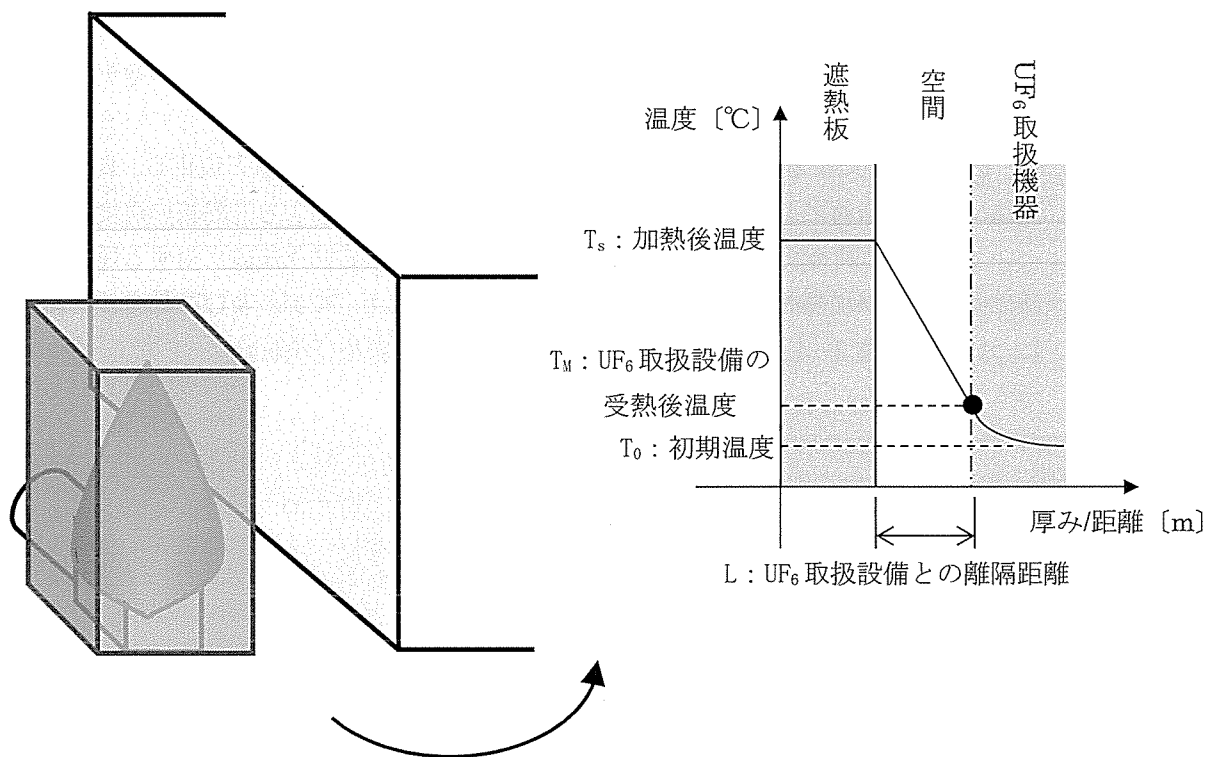


添説設 2-1 付 1-2 図 火災源対策実施例

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伴う 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)はインターロックセット値)

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)			インターロックセット値
上昇後温度 $T_M$ (°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)の温度高インターロックセット値 130°C に対し、昇温幅は最大 3.7°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で 133.7°C となり、温度高インターロックの設定値 134°C 以下を下回る。燃焼しにくい潤滑油が遮熱板で閉じられている環境で理想的に燃焼する(標準加熱曲線に基づく燃焼)ことを想定していること、コールドトラップ及びコールドトラップ(小)の温度がインターロックのセット値に達してその温度を維持している際に火災が発生することを想定した場合においても、コールドトラップ及びコールドトラップ(小)の温度を温度高インターロック設定値 134°C 以下に維持できることから、火災時においてもコールドトラップ及びコールドトラップ(小)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 <sub>M</sub> [°C]	比熱 C <sub>p</sub> [J/kg/K]	密度 ρ <sub>M</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	厚み X [mm]
①	<input type="text"/> (PVC)	フードボックス パネル・ダクト				
②	<input type="text"/> (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間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ものとする。危険限界距離内にある材質は閉じ込め機能が維持できない可能性があるものとし、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、熱容量、燃焼時間の観点から保守的に灯油の物性値を用いて評価する。
- 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 $\rho_f$ [kg/m <sup>3</sup> ]	質量低下速度※1 M [kg/m <sup>2</sup> /s]	輻射発散度※2 $R_f$ [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)。

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

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

$$n = L/R$$

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

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

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ものとする。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可能性があるものとし、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※4 [m]		燃焼 継続 時間※5 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 又はφ直径	h 高さ	R 燃焼半径	H 炎高さ		PVC	PC	ゴム※3	
UO <sub>2</sub> フィルタ (1) (2)	107	ブロワ										
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。

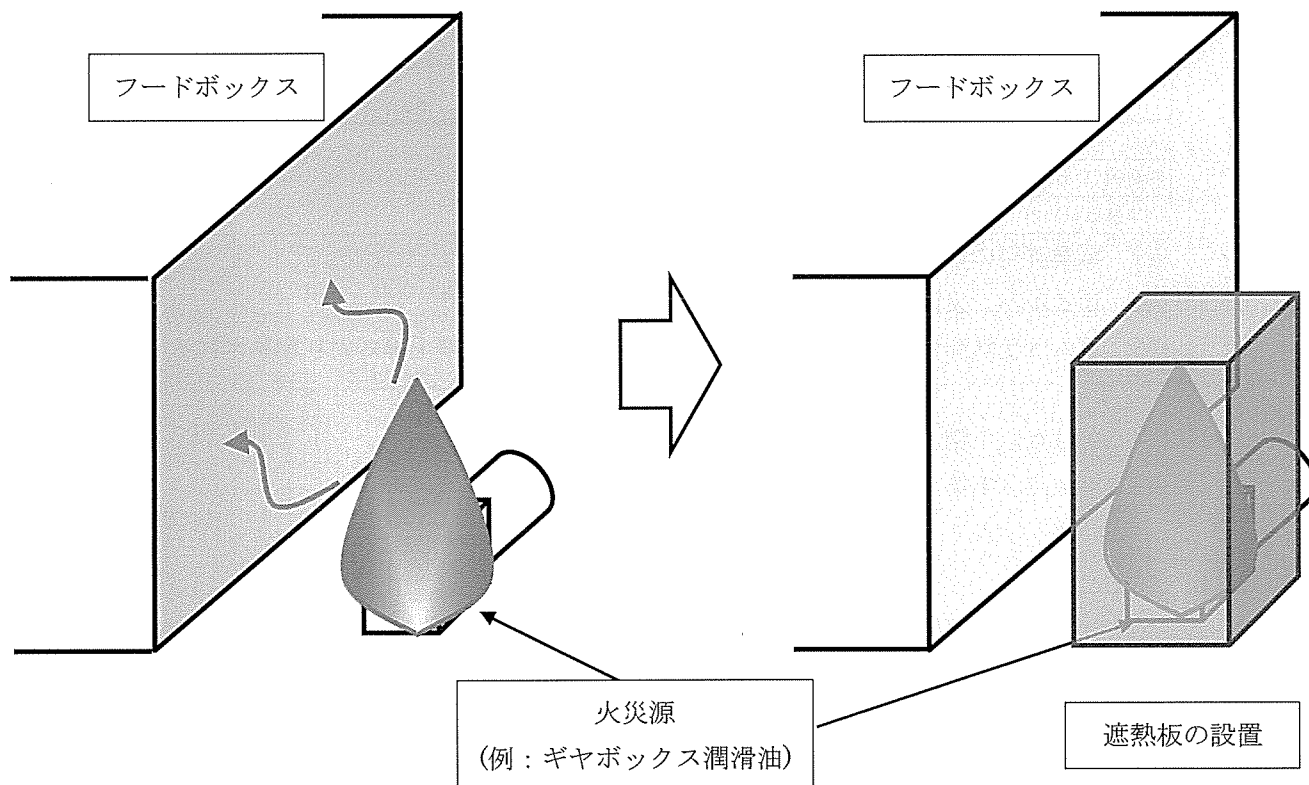
※3 ゴムは受熱面積が小さいことから、ステンレス鋼の温度上昇により加熱されると想定する。

※4 小数点以下第 3 位を四捨五入 (計算中間値も四捨五入)。

※5 小数点以下第 1 位を切り上げ (計算中間値は四捨五入)。

#### 4. 対策

閉じ込め機能に影響を与える火災源に対して、火炎を遮熱できる囲い(遮熱板)を設ける。添説設 2-1 付 2-3 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、厚み  mm 以上 (1 時間以上の耐火時間を有する板厚：添付説明書-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) の  を用いる (添説設 2-1 付 2-1 図参照)。



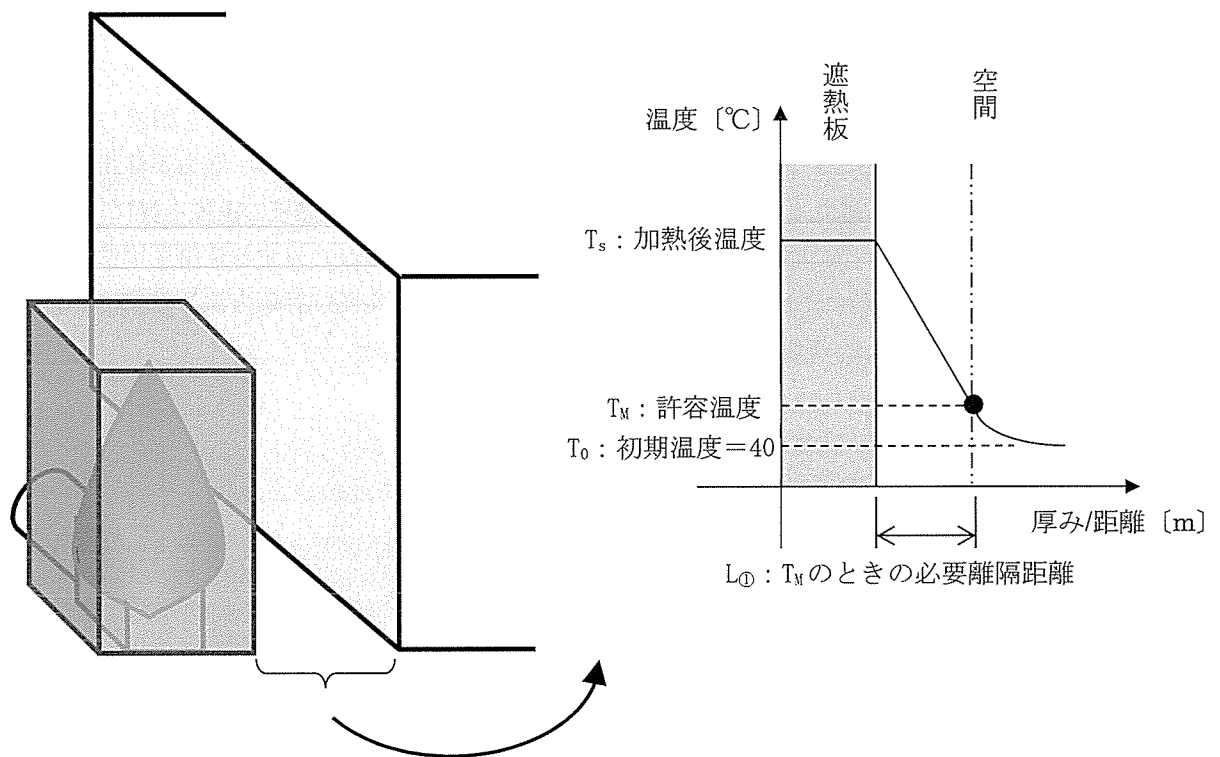
添説設 2-1 付 2-1 図 火災源対策実施例

遮熱板の設置により、輻射熱を発する火炎を遮断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閉じ込め部材の温度上昇を計算する。遮熱板の周囲には、閉じ込め機能を有する機器が複数あり得ることから、遮熱板と添説設 2-1 付 2-1 表に示す閉じ込め部材が許容温度<sup>1</sup>に至らないための最小距離 (離隔距離  $L_0$ ) を算出した (添説設 2-1 付 2-4 表)。設置する遮熱板は、対象とする部材に対して離隔距離  $L_0$  以上を離して設置することとする。

<sup>1</sup> 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)

#### ○離隔距離の計算方法

遮熱板と閉じ込め部材は空間を介して伝熱する。室内空気は室内中を循環しながら調温されていることから、伝導、対流による伝熱は効果が小さいが、空気が停止していると仮定し、伝導による伝熱を検討する。また、火災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 2-2 図及び添説設 2-1 付 2-4 表に示す。



$$T_M = T_s - q \cdot \frac{L_{\oplus}}{\lambda_{\oplus}} = T_s - \frac{(T_s - T_0)}{\frac{L_{\oplus}}{\lambda_{\oplus}} + \frac{1}{h}} \times \frac{L_{\oplus}}{\lambda_{\oplus}} \rightarrow L_{\oplus} = \frac{\lambda_{\oplus}}{(T_M - T_0)} \times \frac{(T_s - T_M)}{h}$$

$L_{\oplus}$  [m] : 閉じ込め部材が許容温度  $T_M$  [°C] になるときの必要離隔距離

$\lambda_{\oplus}$  [W/m/K] : 火炎の遮熱板と閉じ込め部材の間の空気の熱伝導率=0.0257<sup>※1</sup>

$T_s$  [°C] : 火炎による遮熱板の上昇温度<sup>※2</sup>

$T_M$  [°C] : 閉じ込め部材の許容温度

$T_0$  [°C] : 初期温度=40

$h$  [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 2-2 図 評価モデルと評価方法

添説設 2-1 付 2-4 表 遮熱板と閉じ込め部材に対する必要離隔距離

申請機器名称	機器名称 (火災源)	燃料 積載量 V [m <sup>3</sup> ]	燃焼 継続 時間 <sup>※1</sup> t [s]	遮熱板の上昇 温度 <sup>※1</sup> Ts [°C]	各材質に対する 必要離隔距離 L <sub>0</sub> [m] <sup>※2</sup>
					PVC
UO <sub>2</sub> フィルタ (1) (2)	ブロワ				

※1 小数点以下第 1 位を切り上げ (計算中間値は四捨五入)。

※2 小数点以下第 4 位を切り上げ (計算中間値は四捨五入)。

遮熱板の面からの距離が L<sub>0</sub>以上であれば、各閉じ込め機能を担保している材質は健全であることを示す。

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

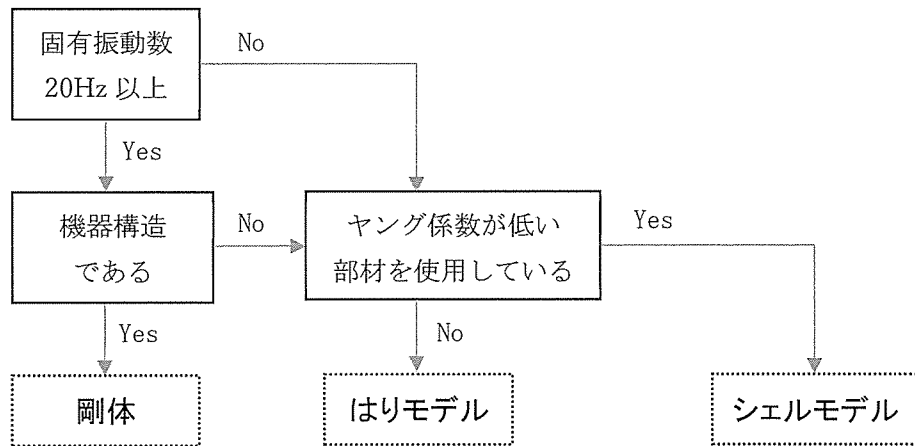
設備・機器の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。耐震重要度分類第1類、第2類の設備・機器は、はりモデル、シェルモデル及び剛体のいずれかでモデル化する。これらは、固有振動数、使用している部材、構造により選択する。モデル選択のフロー図を添説設3-1図に示す。なお、耐震重要度分類第3類の設備・機器は、据付ボルトを評価する。

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。

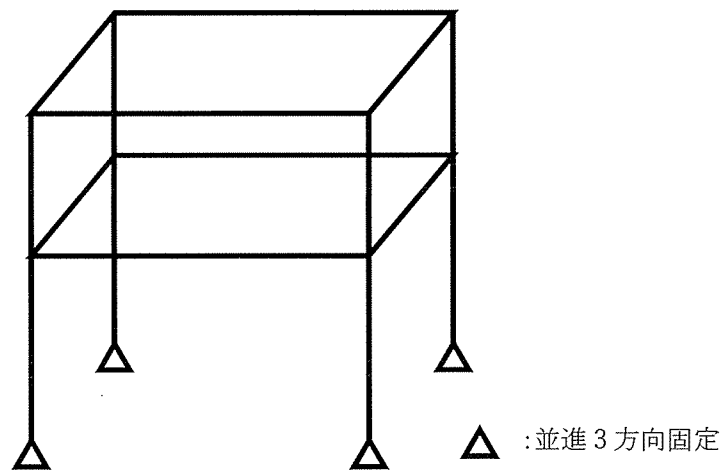
モデル化に際して、下記の通りとする。

- (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 方向固定とする。ただし、槽等の単純はりである場合は、据付ボルト部では固定とする。
- (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。機器の重量や機器内のウラン等の物質による積載荷重を作用荷重とする。
- (5) 機器本体の据付ボルトについては、以下の条件を満たす場合は、架台の据付ボルトの応力評価で代表する。
  - ・ 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で、機器本体の据付ボルトに比べ、架台の据付ボルトの本数及びボルト径が同等以下の場合。この条件を満たさない場合は、機器本体及び架台の据付ボルトを評価する。
- (6) 温度条件は原則常温とする。ただし、設備が加熱され温度が高くなる設備の本体については、温度を考慮した材料定数及び許容限界を用いる。温度を考慮する設備を添説設 3-3 表に示す。

設備の耐震計算フローの概要を添説設3-3図に示す。

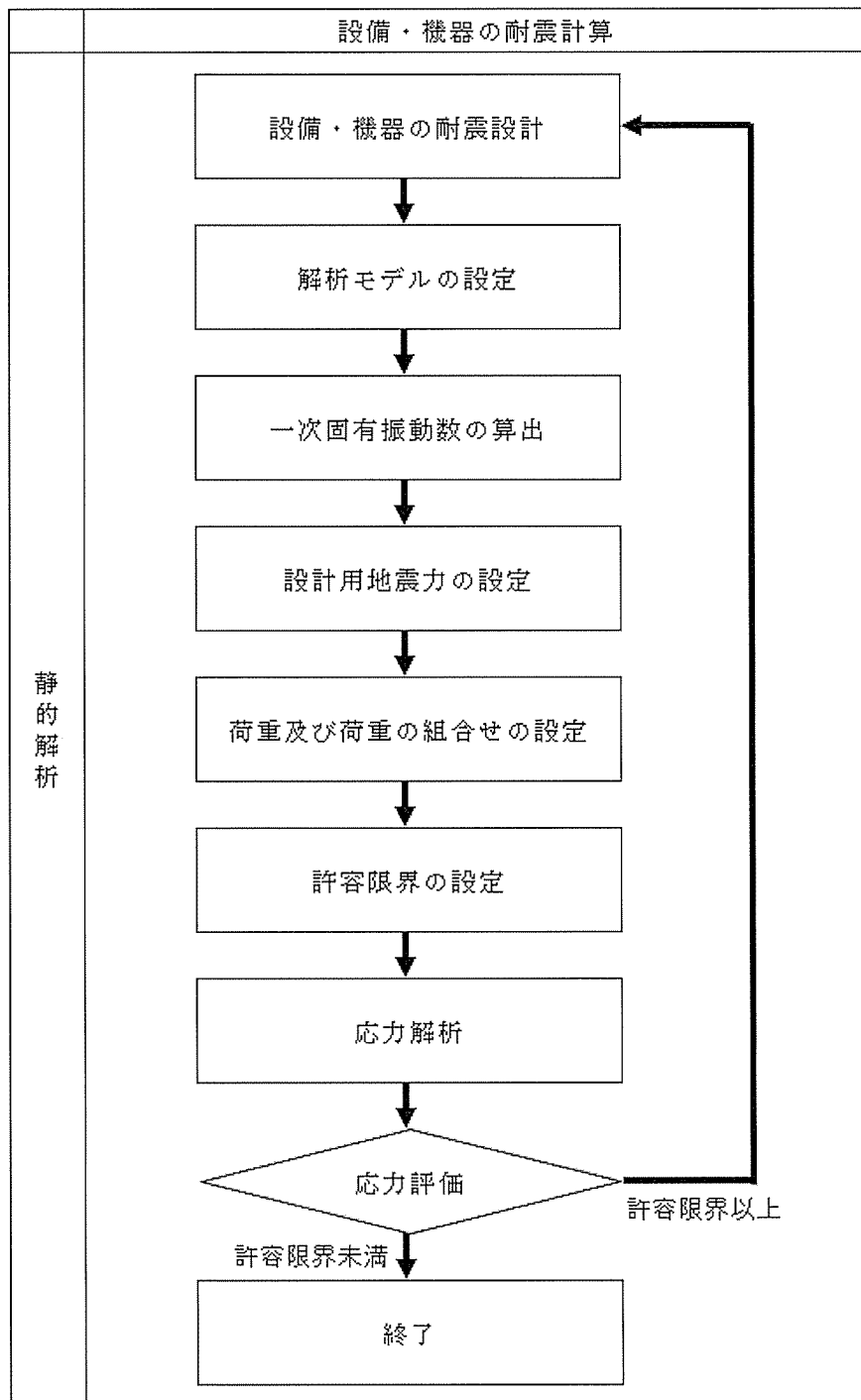


添説設3-1図 モデル選択フロー



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

添説設3-3表 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> ブロータンク	UO <sub>2</sub> ブロータンク	
UO <sub>2</sub> 受けホッパ	UO <sub>2</sub> 受けホッパ	

#### 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3-4表のとりの組合せとする。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 3-4 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	蒸発器の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 2	UF <sub>6</sub> フードボックス・堰（循環貯槽）・UF <sub>6</sub> 防護カバーの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 3	コールドトラップの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 4	コールドトラップ（小）の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 5	循環貯槽及び熱交換器（循環貯槽）の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 6	UO <sub>2</sub> ブロータンクの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 7	UO <sub>2</sub> フィルタ及び UO <sub>2</sub> バックアップフィルタの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 8	UO <sub>2</sub> 受けホッパの耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 9	粉碎機の耐震計算書
添付説明書一設 3-1-転 10	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。評価対象は部材と据付ボルトとする。

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		据付ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-1-1	蒸発器	蒸発器	1	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-1-2	UF <sub>2</sub> フードボックス・環 (添説設)・UF <sub>2</sub> 配管カバー	UF <sub>2</sub> フードボックス及び環 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 蒸発器用防護カバー 蒸発器用防護カバー フードボックス用防護カバー UF <sub>2</sub> 配管用フードボックス UF <sub>2</sub> 配管用防護カバー	8.23 8 8 8 8 11 11 11 8 11	第1類 第1類 第1類 第1類 第1類 第1類 第1類 第1類 第1類 第1類	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0							合格 合格 合格 合格 合格 合格 合格 合格 合格 合格
添付説明書-設3-1-1-3	コールドトラップ	コールドトラップ*2	14	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-1-4	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3-1-1-5	循環貯槽及び熱交換器 (循環貯槽)	循環貯槽 熱交換器*2 循環貯槽架台 UF <sub>2</sub> 配管用防護カバー (原料倉庫) UF <sub>2</sub> 配管用防護カバー (原料倉庫) 架台	22 28 22 22 22	第1類 第1類 第1類 第1類 第1類	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0							合格 合格 合格 合格 合格
添付説明書-設3-1-1-6	UF <sub>2</sub> プロータンク	UF <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3-1-1-7	UF <sub>2</sub> フィルタ及びUF <sub>2</sub> バックアップフィルタ	UF <sub>2</sub> フィルタ フードボックス (UF <sub>2</sub> フィルタ) UF <sub>2</sub> フィルタ架台 UF <sub>2</sub> バックアップフィルタ*2	107 108 107 108	第1類 第1類 第1類 第1類	1.0 1.0 1.0 1.0							合格 合格 合格 合格
添付説明書-設3-1-1-8	UF <sub>2</sub> 受けホッパ	UF <sub>2</sub> 受けホッパ	110	第1類	1.0							合格
添付説明書-設3-1-1-9	粉砕機	フードボックス (粉砕機) *3 充填設備共通架台	111.114 112	第1類 第1類	1.0 1.0							合格 合格
添付説明書-設3-1-1-10	充填装置	充填装置 フードボックス (充填装置) 充填装置架台	115 116 115	第1類 第1類 第1類	1.0 1.0 1.0							合格 合格 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		据付ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-2-1	スクラバ	スクラバ スクラバ架台(1) スクラバ架台(2)	618 618 618	第2類 第2類 第2類	0.6 0.6 0.6							合格 合格 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		据付ボルト		結果
								評価種類	検定比	評価種類	検定比	
添付説明書-設3-1-3-1	非常用ディーゼル発電機	非常用ディーゼル発電機 潤滑油タンク*2 燃料油タンク*2 ラジエータ*2 発電機冷却器	888 888 888 888 888	第2類 第2類 第2類 第2類 第2類	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5							合格 合格 合格 合格 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	耐震性能 区分	地震 加速度	固有 振動数 (Hz)	剛柔	部材		据付ボルト		結果
								評価 標準	検定比	評価 標準	検定比	
添付説明書-33-1-4J1	作業インターロック	位置計	6.621	第1類	1.0							合格
		制御盤	6.621	第1類	1.0							合格
添付説明書-33-1-4J2	UF <sub>2</sub> 漏えい検出設備	HFF検出器 (検出部、作動部) (屋内)	10.12	第1類	1.0							合格
		HFF検出器 (作動部) (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	耐震性能 区分	地震 加速度	固有 振動数 (Hz)	剛柔	部材		据付ボルト		結果
								評価 標準	検定比	評価 標準	検定比	
添付説明書-33-1-5J1	分析設備	サンプル保管標準台	907	第2類	0.6							合格
		サンプル保管標準装置	907	第2類	0.6							合格

\*1：明らかに高剛性の設備については、据付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、フードボックス（粉砕機）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	添付図 図イ設-1

## 2. 蒸発器の耐震計算

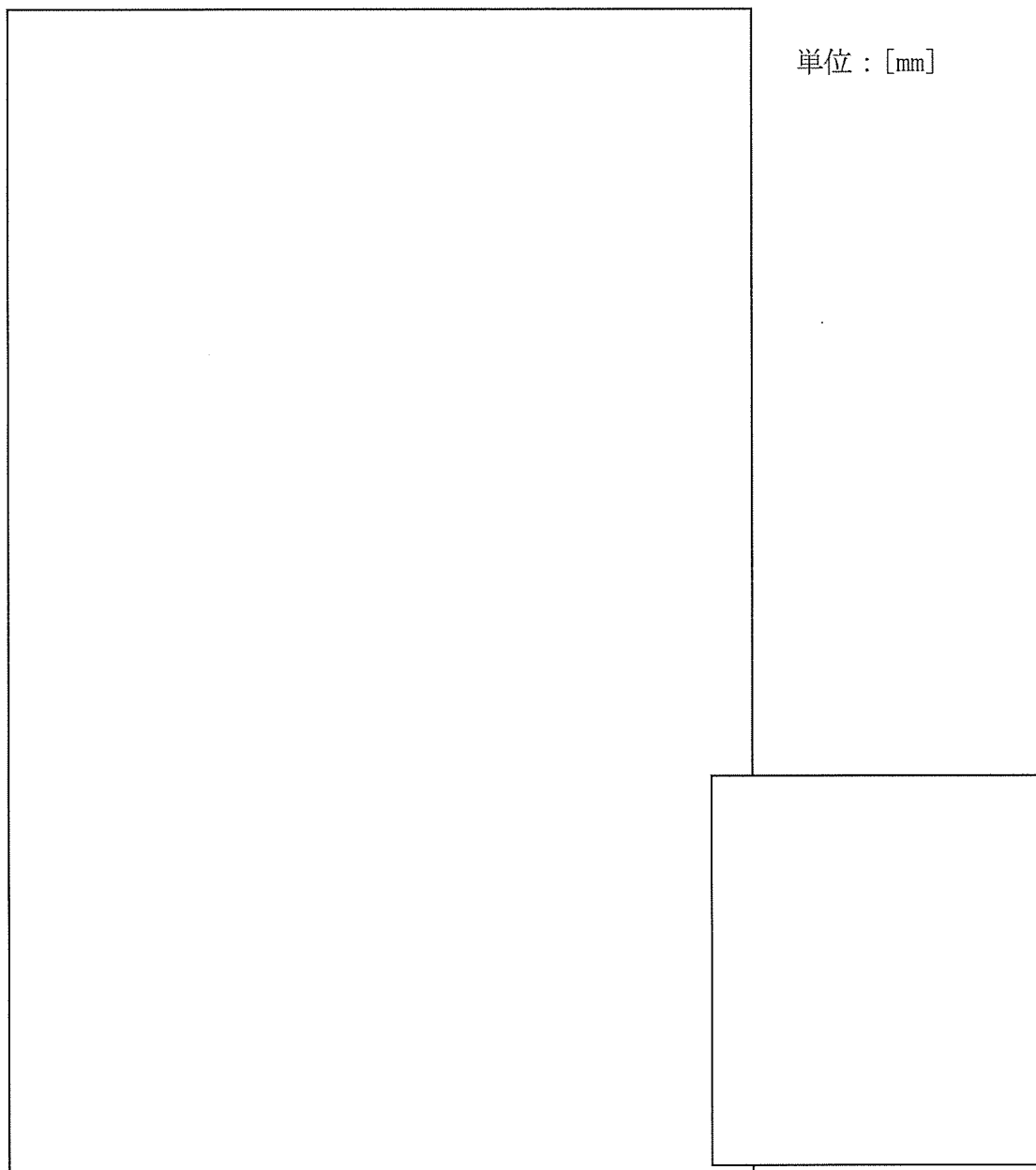
### 2. 1. 評価方法

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

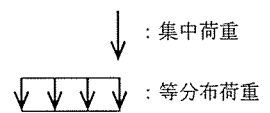
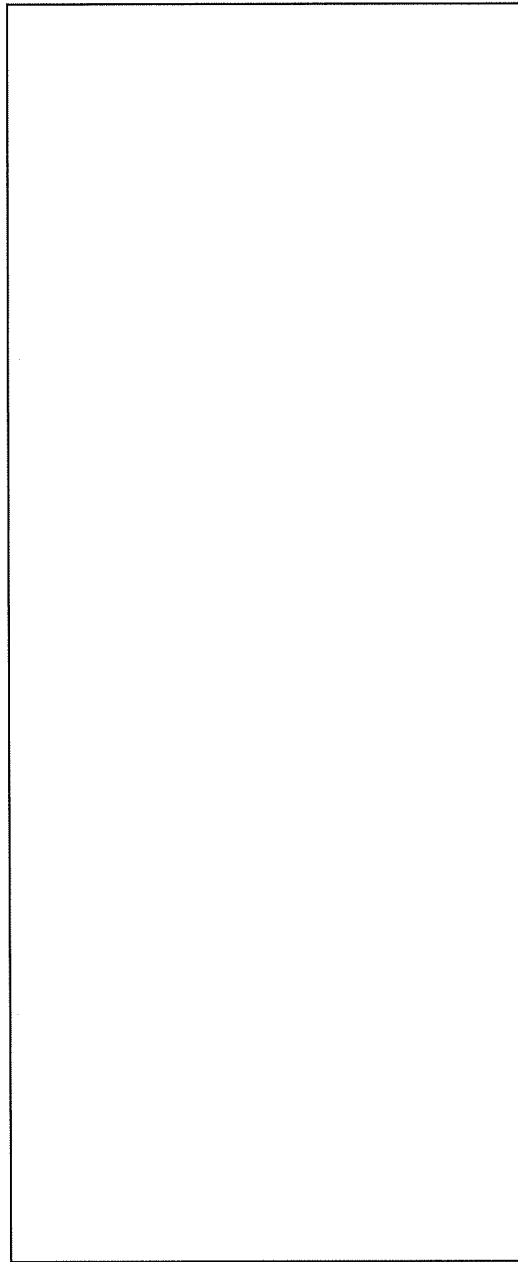
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 1-2-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 1-2-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 1-2-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 1-2-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



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
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 1-2-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*1

\*1：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：ウラン及びそれを内包する容器を含む。

## 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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\square} \approx \square \cdot \cdot \cdot \approx \square \text{ [Hz]}$$

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。

### 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 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（循環貯槽）・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、 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。UF<sub>6</sub>フードボックス・堰・UF<sub>6</sub>防護カバー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
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
UF <sub>6</sub> フードボックス及び堰	添付図 図イ設-3 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

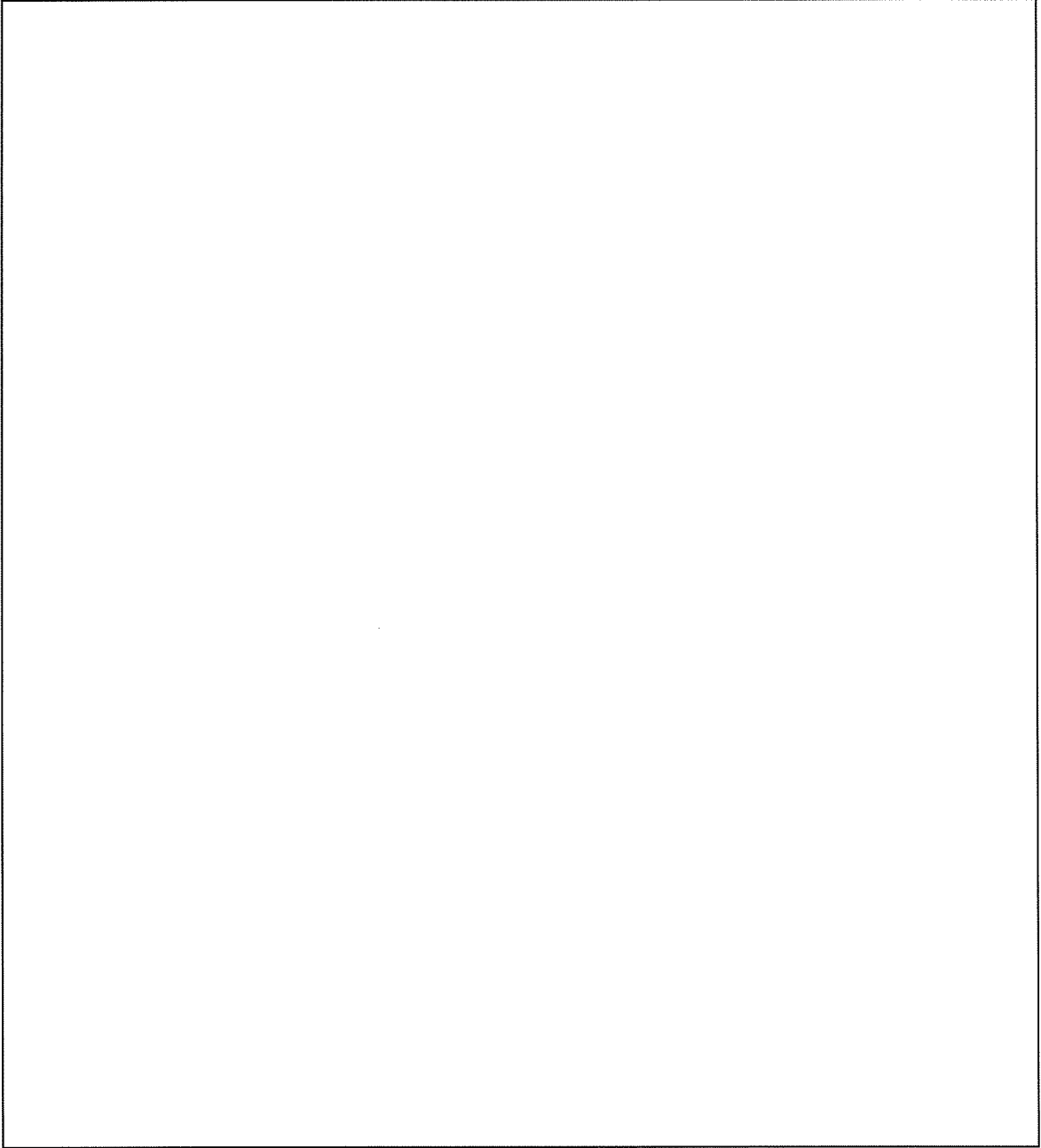
### 2. 1. 評価方法

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	Iy	Iz	Zy		
はり										JIS G3466
柱										JIS G3466
はり										JIS G3192
はり										JIS G3466
柱										JIS G3466

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。

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

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \div \boxed{\phantom{000}} \cdots \div \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

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。

### 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 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

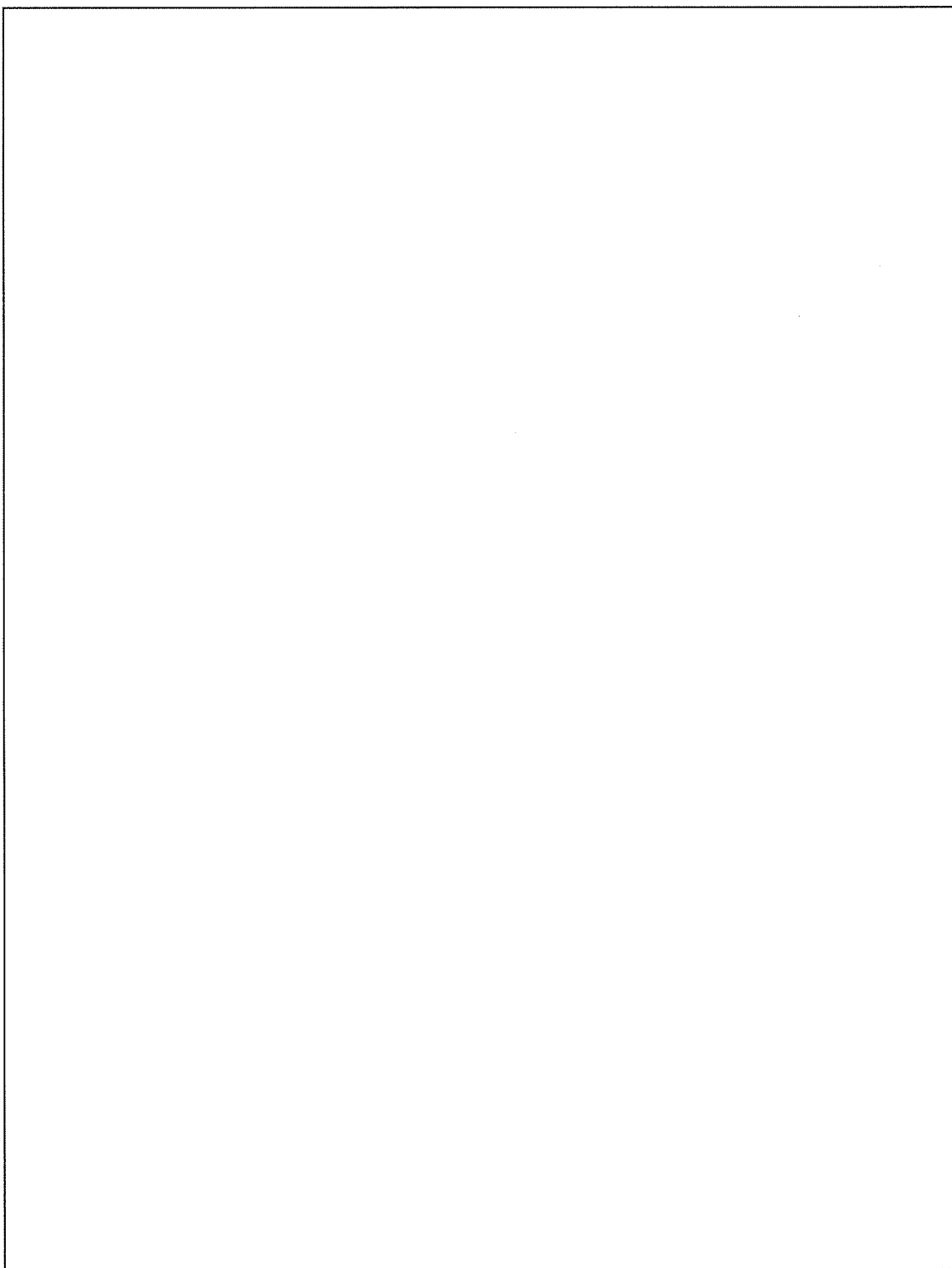
ガス溜めバッファ部 1 の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (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

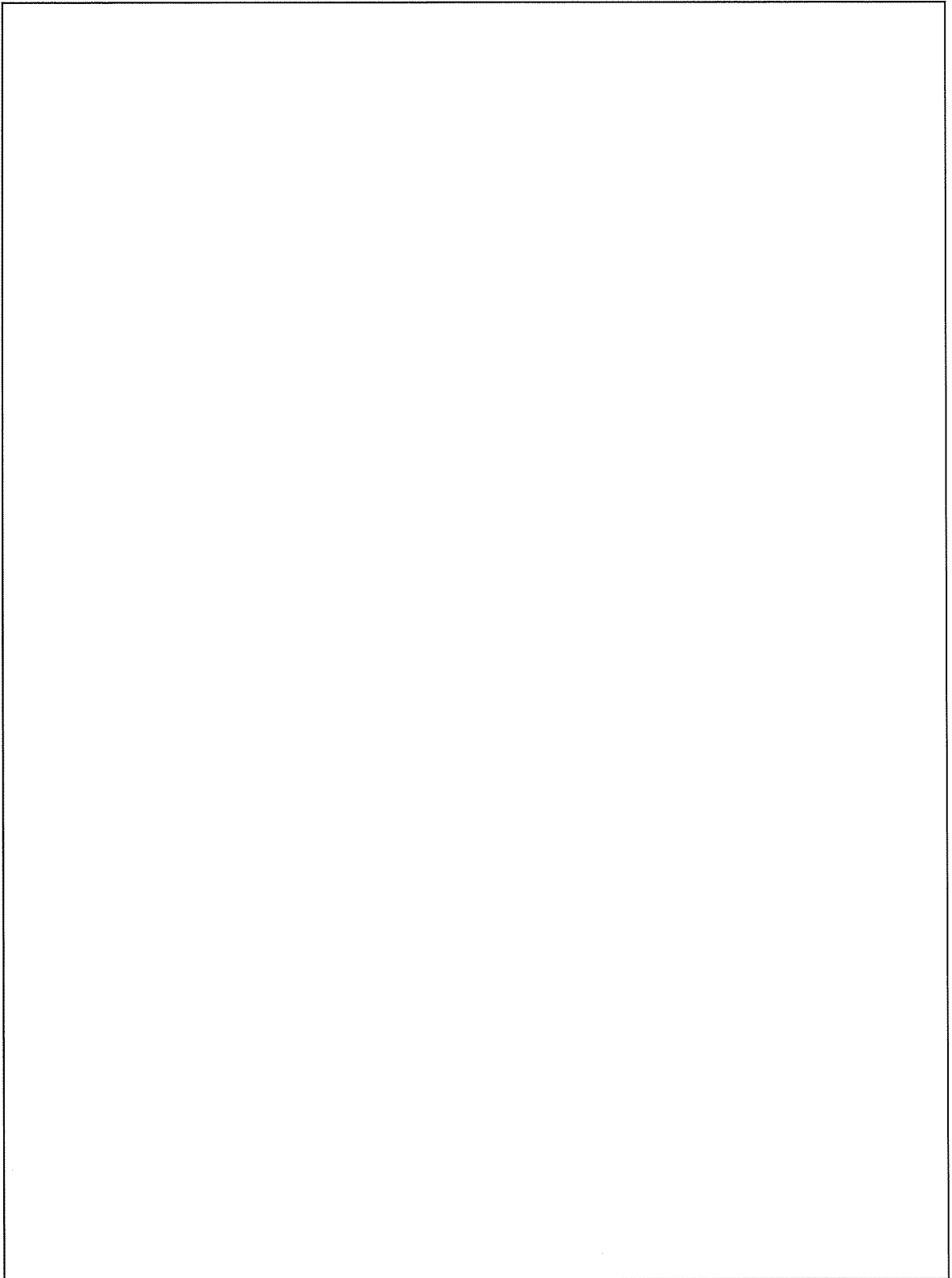
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-3-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-3-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-3-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-3-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。

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	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 2-3-2 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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \div \square \cdots \div \square \text{ [Hz]}$$

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. 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 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

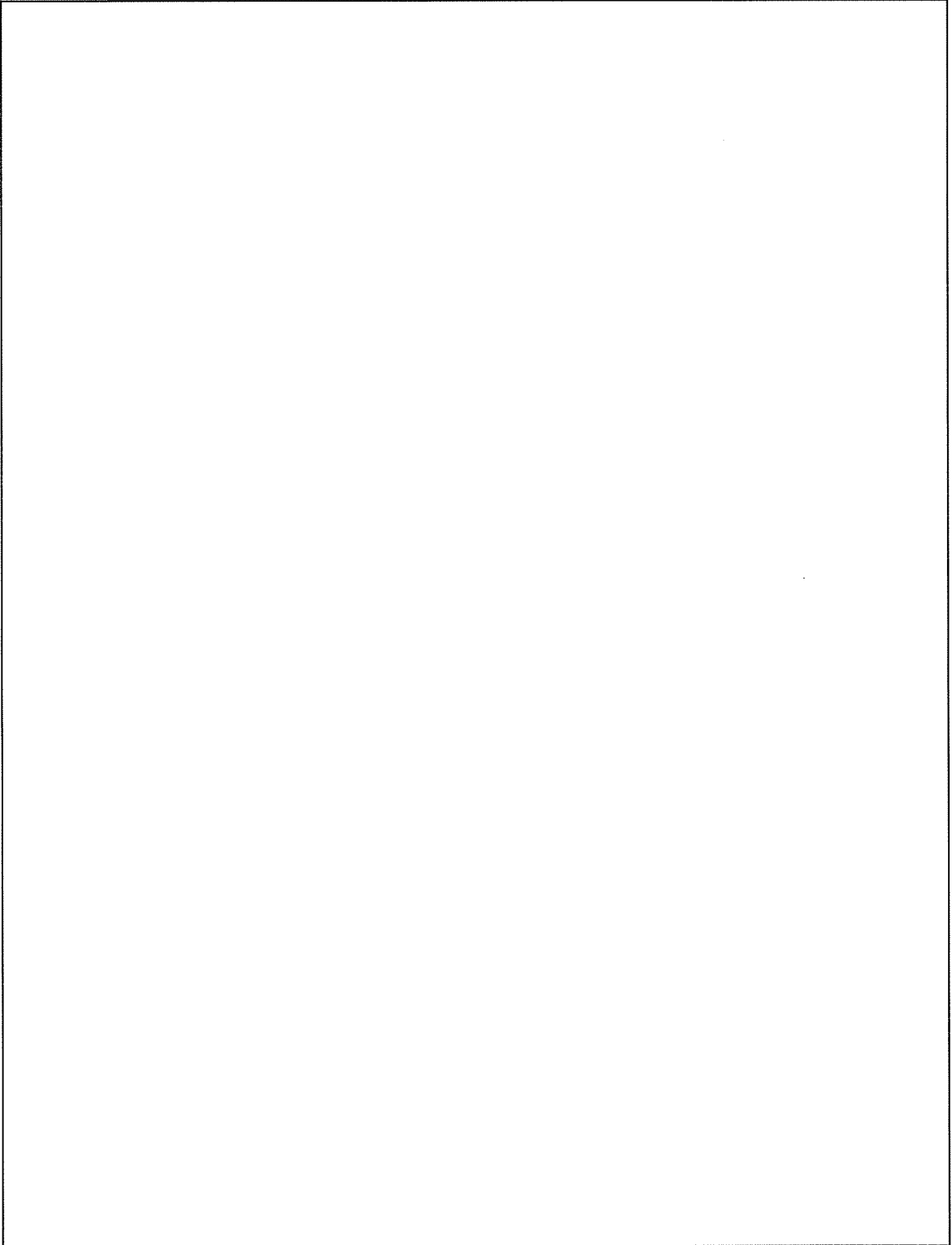
ガス溜めバッファ部 2 の地震力に対する安全機能の維持は、本体及び据付ボルトを対象として、部材及びボルトに発生する応力及び荷重が許容限界以下であることを確認することで実施する。評価に関しては下記の手法で実施する。

- (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	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 2-4-2 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。

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

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \div \boxed{\phantom{000}} \cdot \cdot \cdot \div \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

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。

##### 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 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

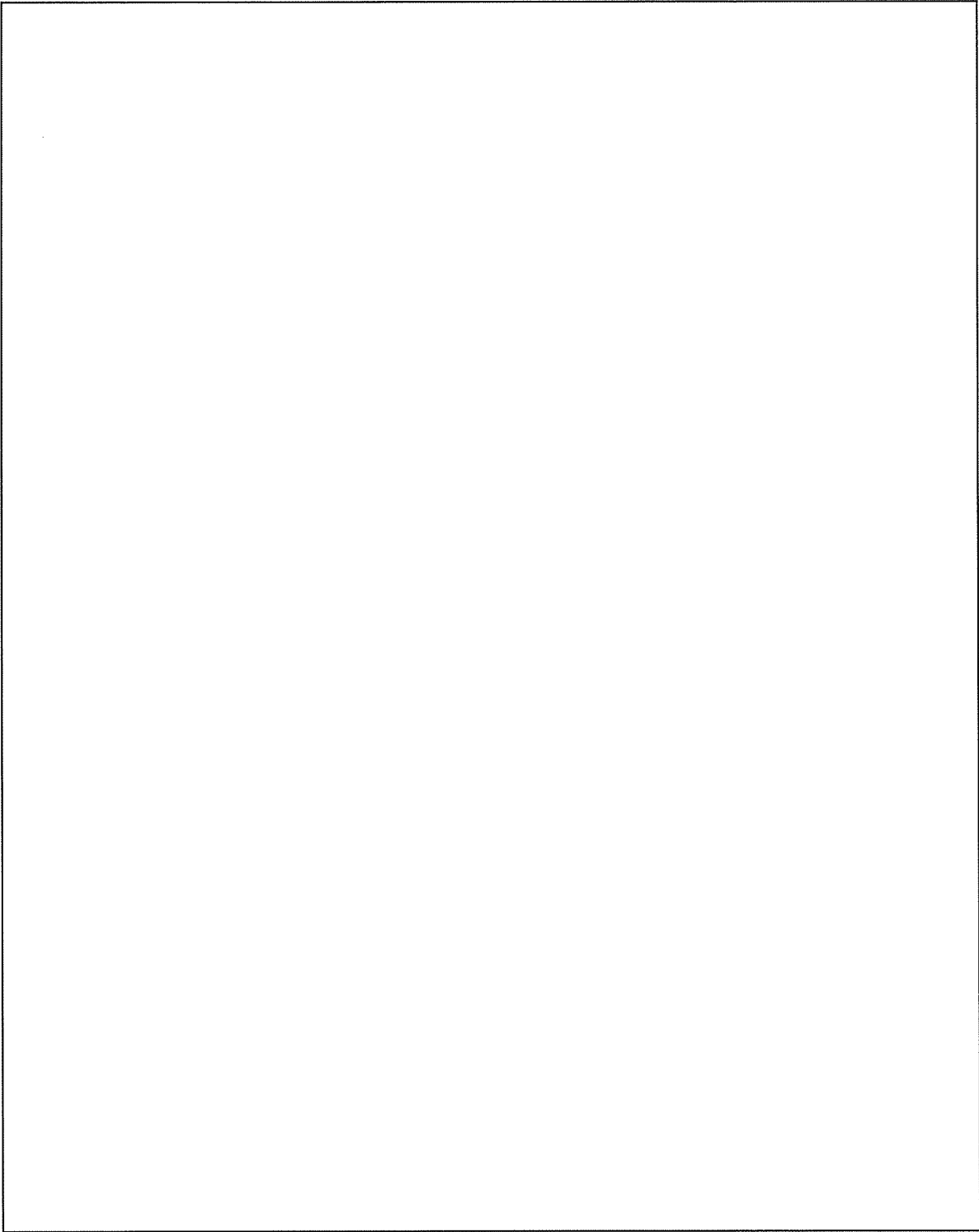
### 5. 1. 評価方法

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
				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—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—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

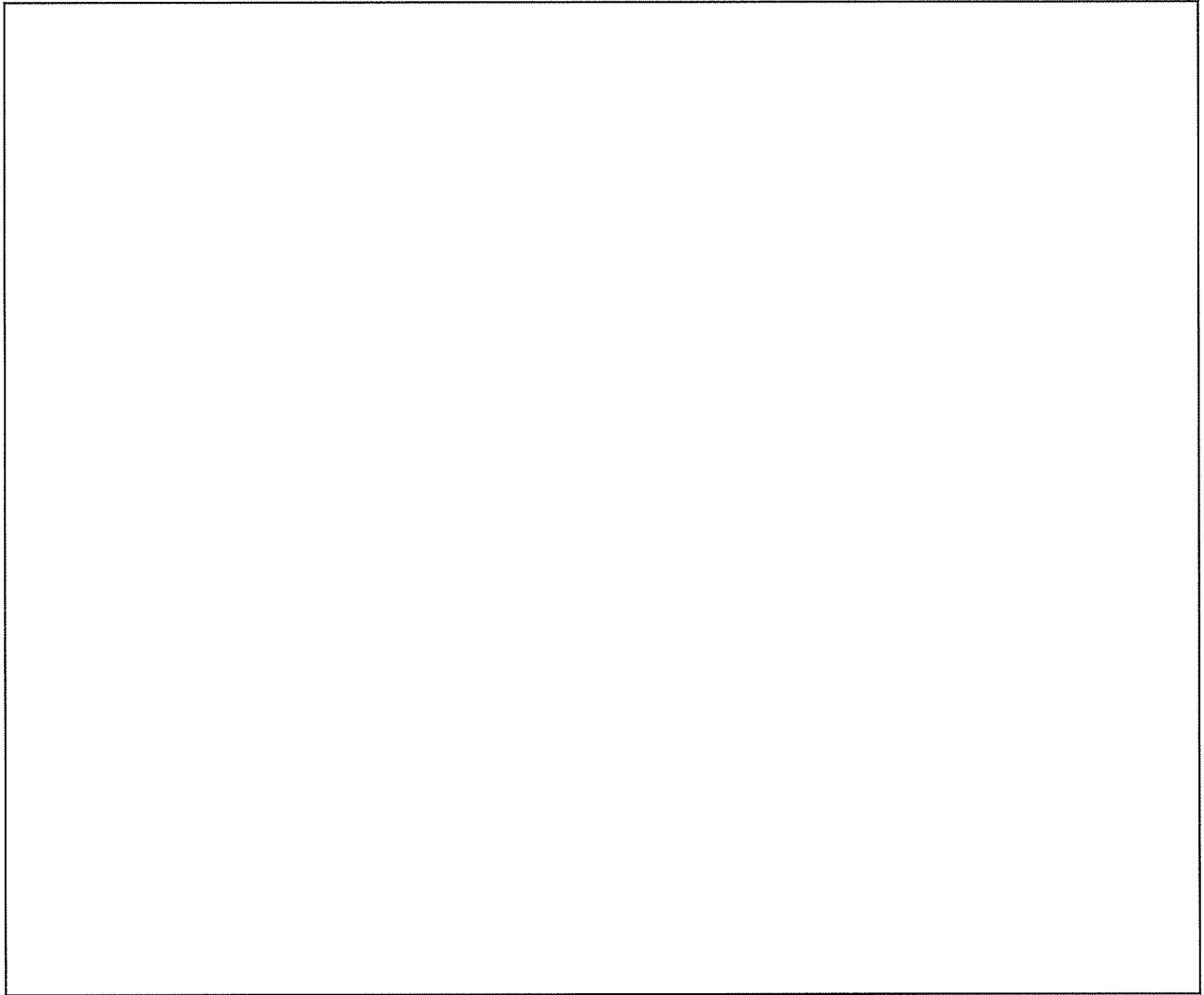
### 6. 1. 評価方法

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	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> ] A	[mm <sup>4</sup> ] Iy	[mm <sup>4</sup> ] Iz	[mm <sup>3</sup> ] Zy	[mm <sup>3</sup> ] Zz	[mm] 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 2-6-2 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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \cong \square \dots \cong \square \text{ [Hz]}$$

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―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

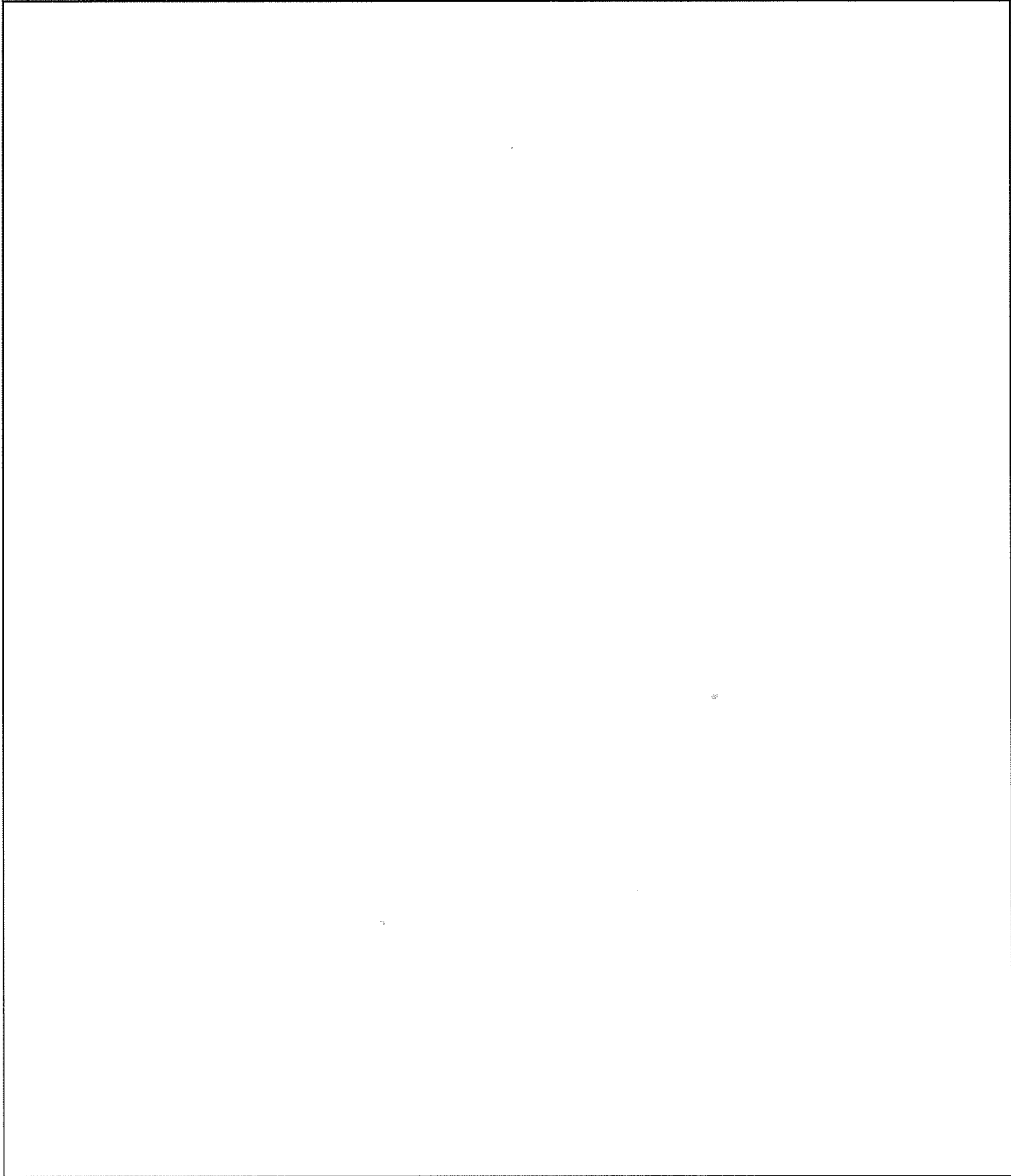
### 7. 1. 評価方法

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> ] $\times 10^4$		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] $\times 10^3$		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 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。

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

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。

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設 3-1-転 2-7-4 表及び添設 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

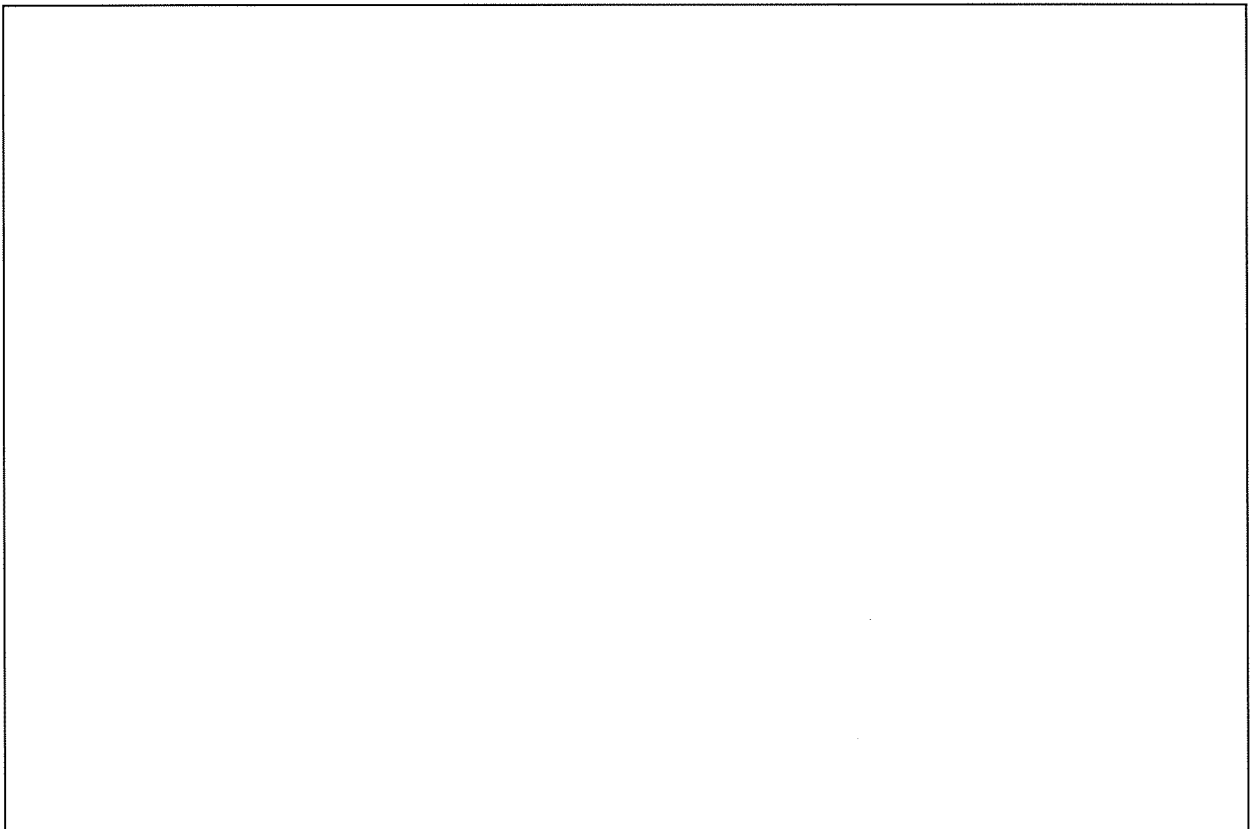
### 8. 1. 評価方法

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。

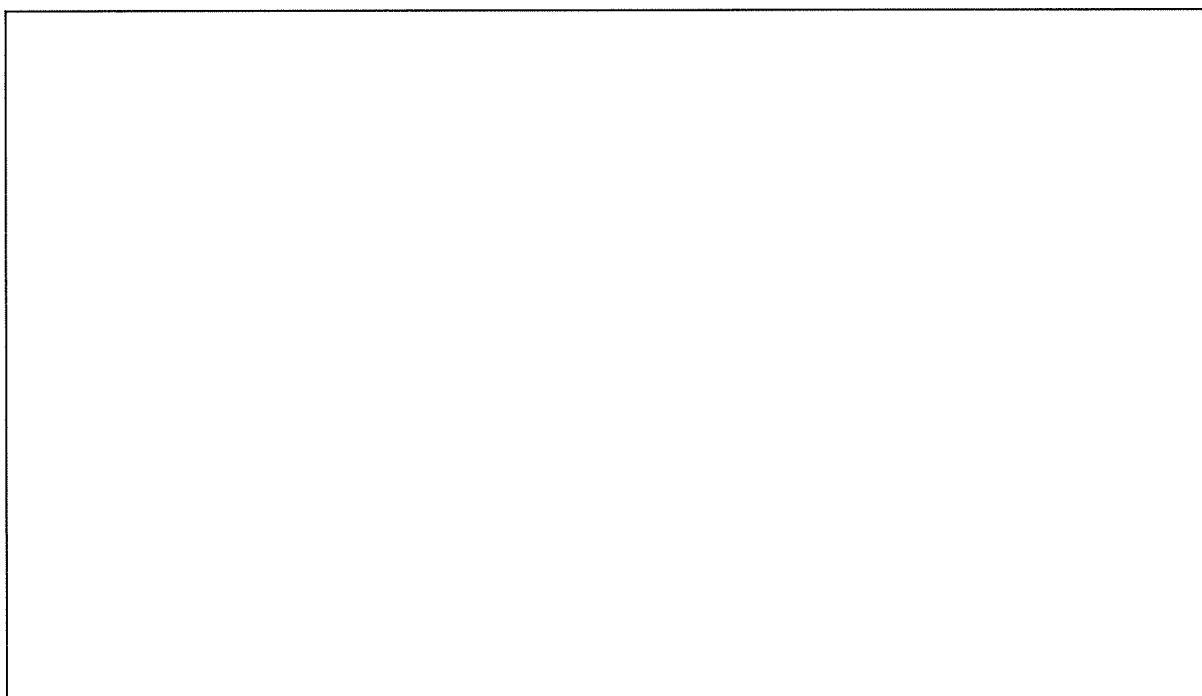
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 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	Iy	Iz	Zy	Zz	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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \div \square \cdot \cdot \cdot \div \square \text{ [Hz]}$$

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。

### 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-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

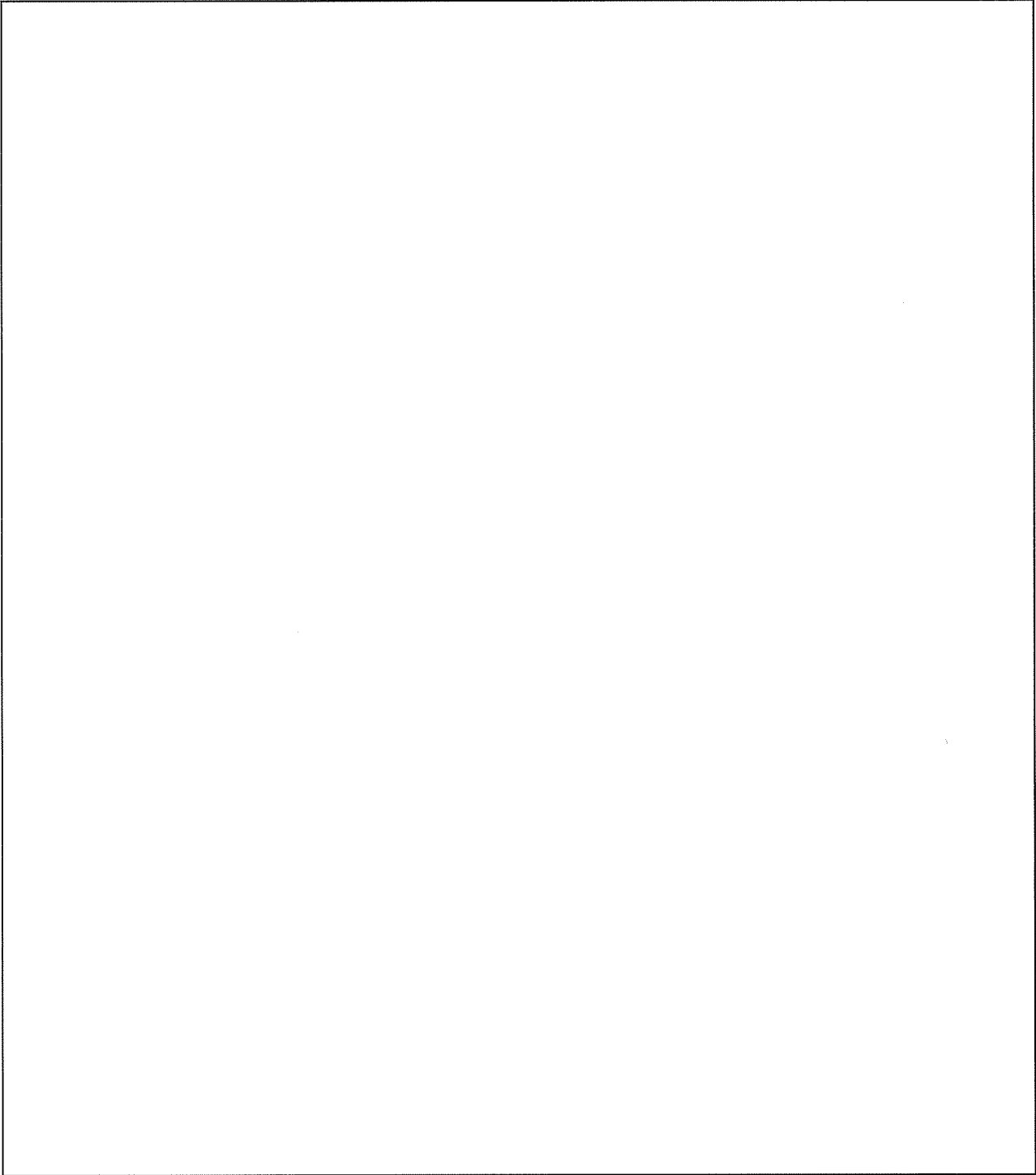
### 9. 1. 評価方法

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。

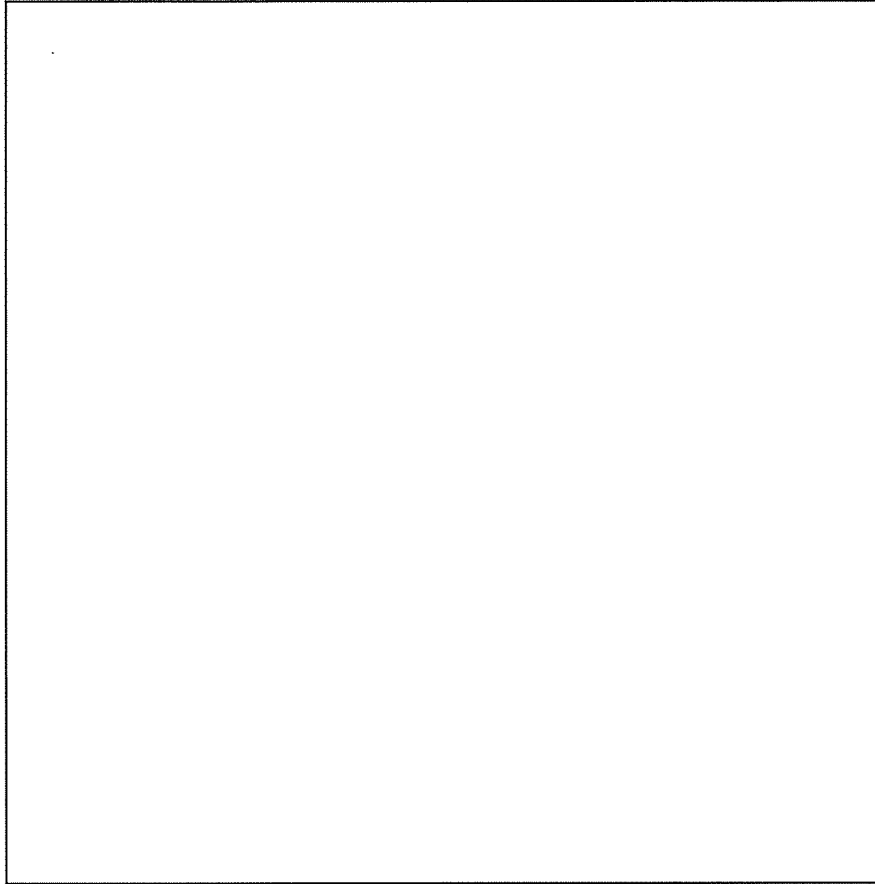
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 9. 1. 1. 構造解析モデル

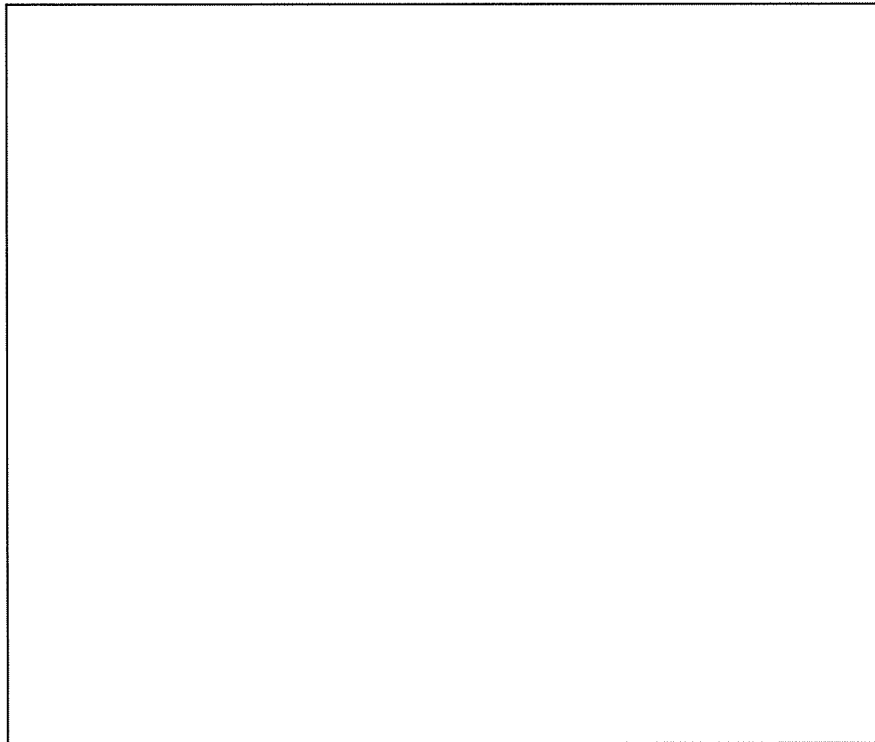
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-9-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-9-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-9-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-9-3 表の通りとする。UF<sub>6</sub> フードボックスの 1 系と 2 系の間に漏液トレイを有するが、フードボックス用防護カバーのはりからサポートをとり、支持される構造となるため、漏液トレイの重量は作用荷重として取り扱う。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、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。



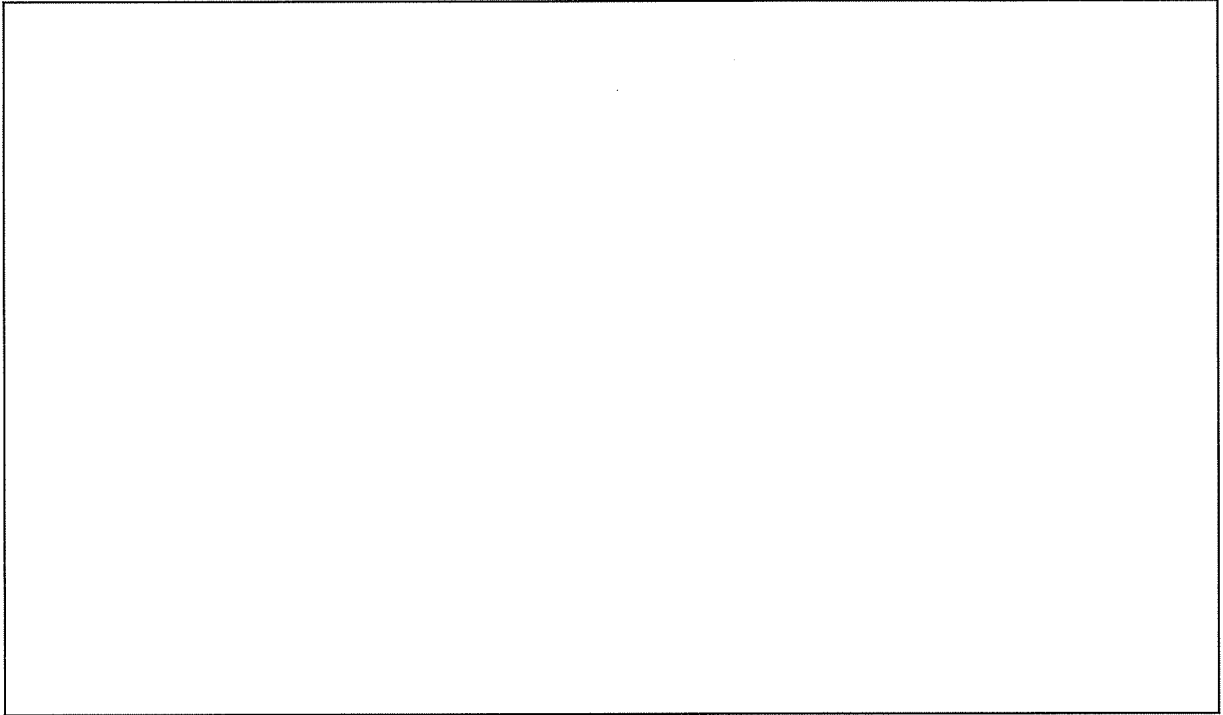
添説設 3-1-転 2-9-1 図(1/9) 構造解析モデル



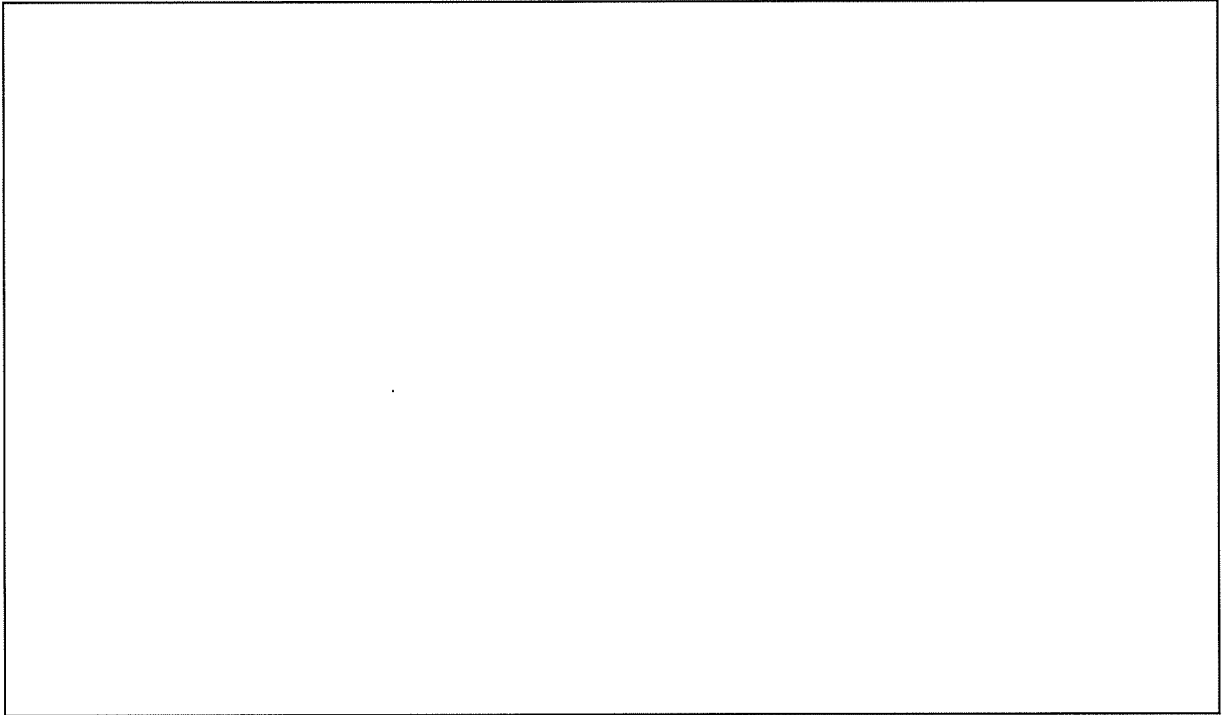
添説設 3-1-転 2-9-1 図(3/9) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-9-1 図(4/9) 構造解析モデル

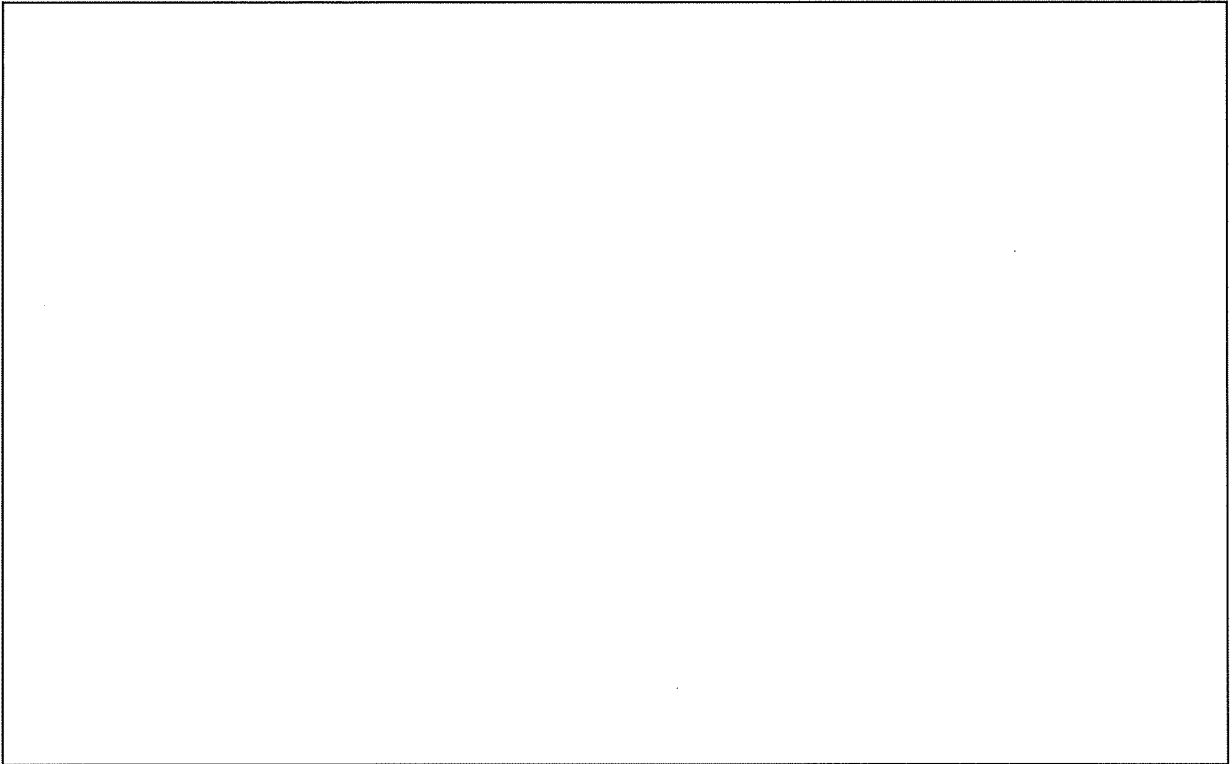


添説設 3-1-転 2-9-1 図(5/9) 構造解析モデル

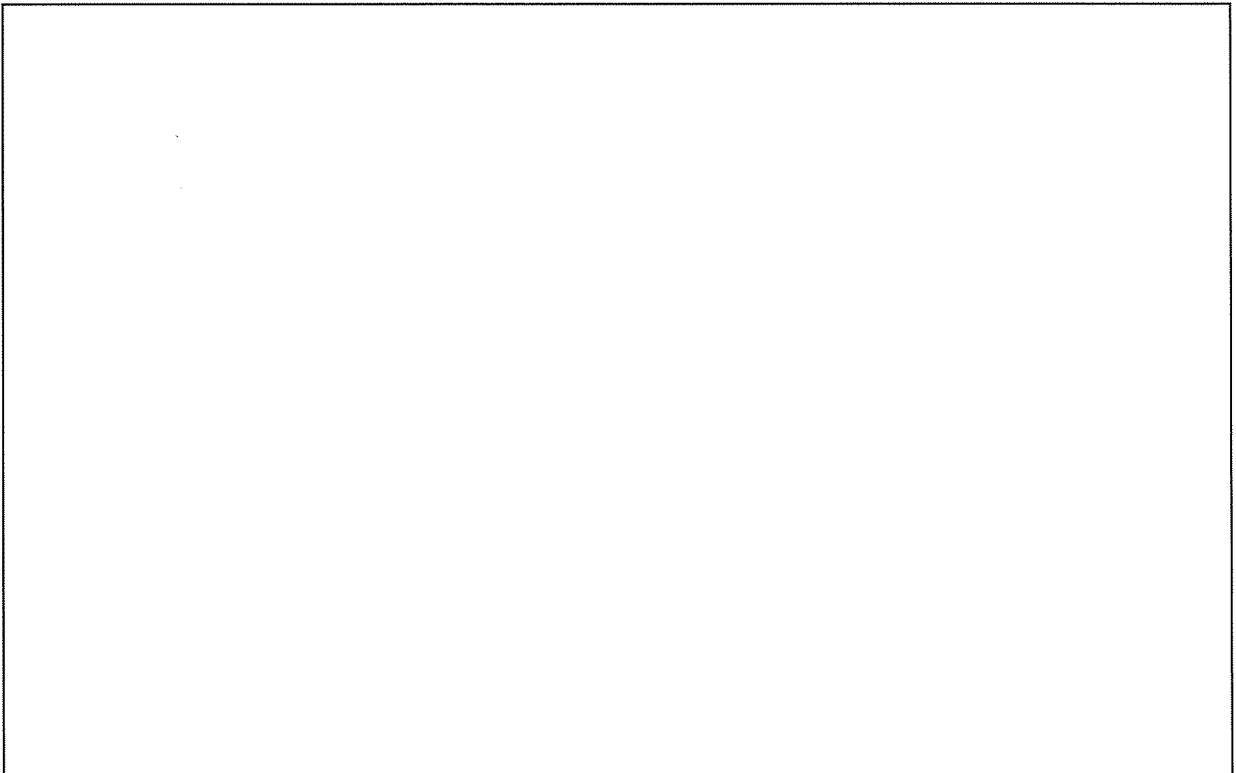


添説設 3-1-転 2-9-1 図(6/9) 構造解析モデル

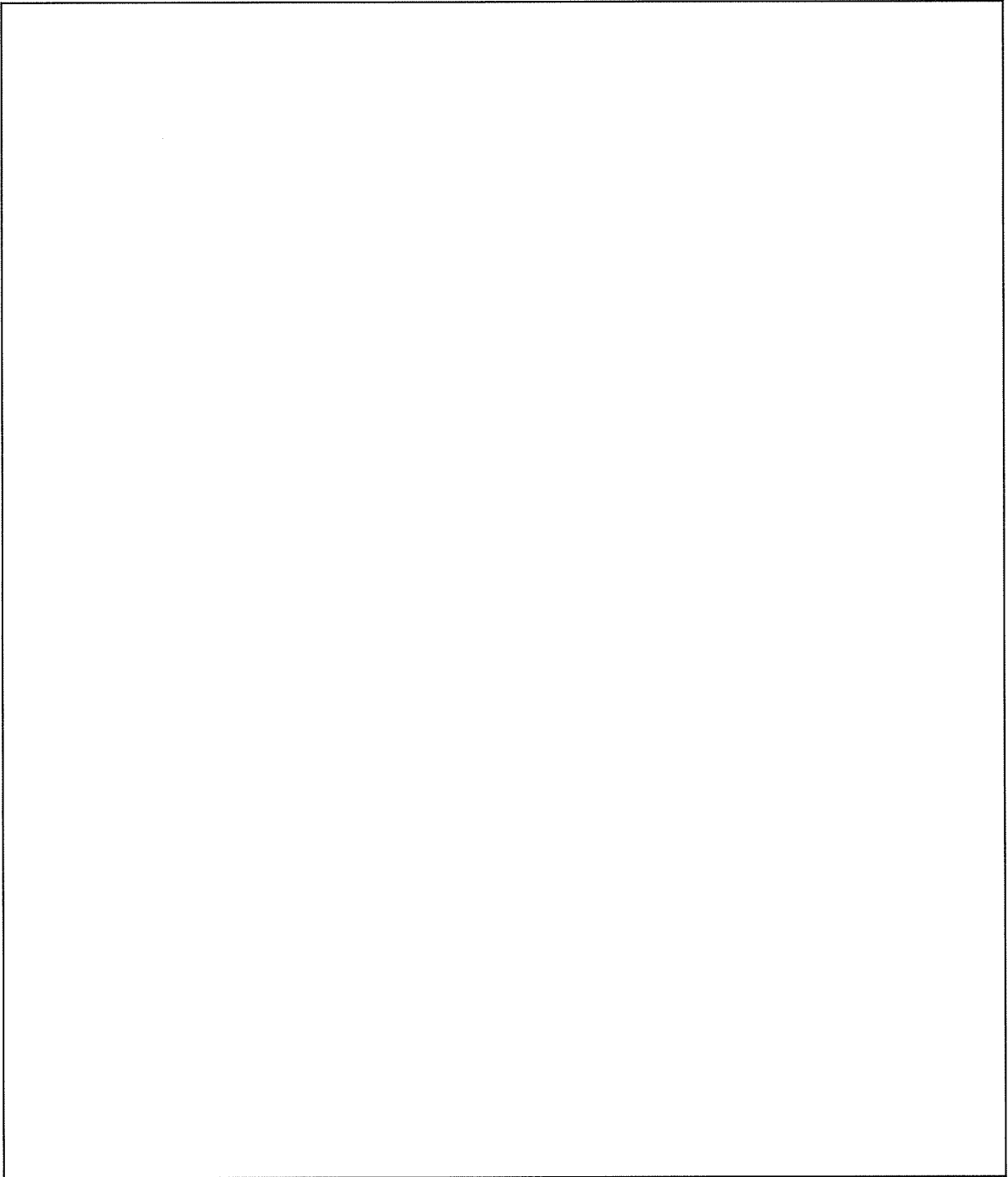




添説設 3-1-転 2-9-1 図(7/9) 構造解析モデル



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										JIS G3466
はり										JIS G3192
はり										JIS G3466
柱										JIS G3466
はり										JIS G3192
はり										JIS G3192

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
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準

添説設 3-1-転 2-9-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*1

\*1：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：漏液トレイを含む。

## 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、 $\delta = \text{[ ] [cm]}$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\text{[ ]}}} \doteq \text{[ ]} \cdot \cdot \cdot \doteq \text{[ ] [Hz]}$$

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。

### 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－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－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

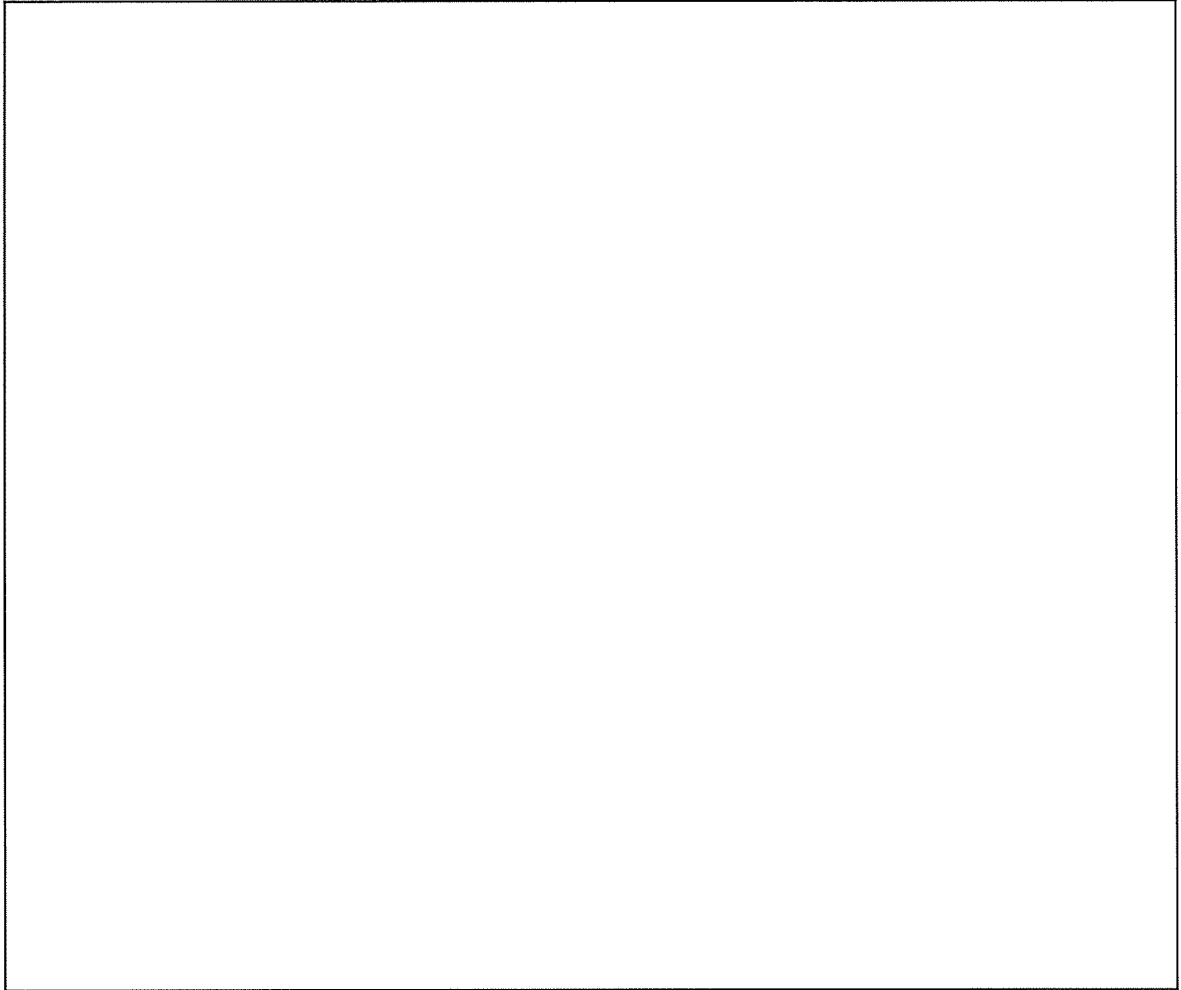
### 10. 1. 評価方法

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。

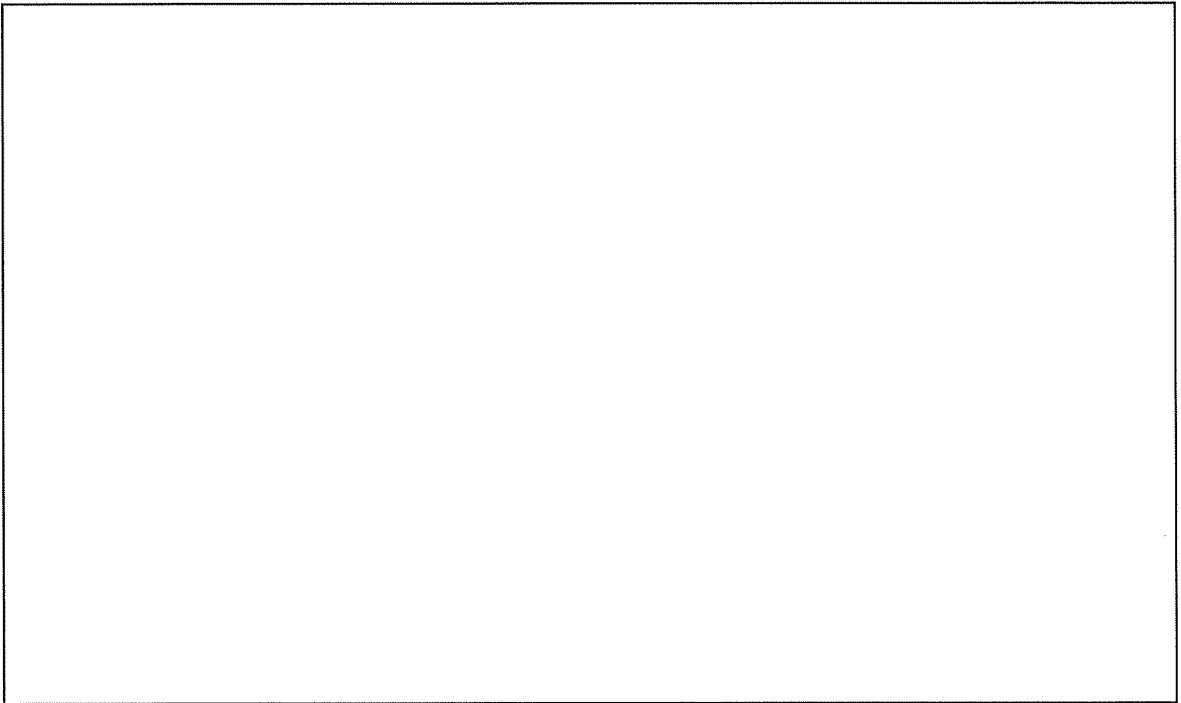
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードはFAP-3を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 10. 1. 1. 構造解析モデル

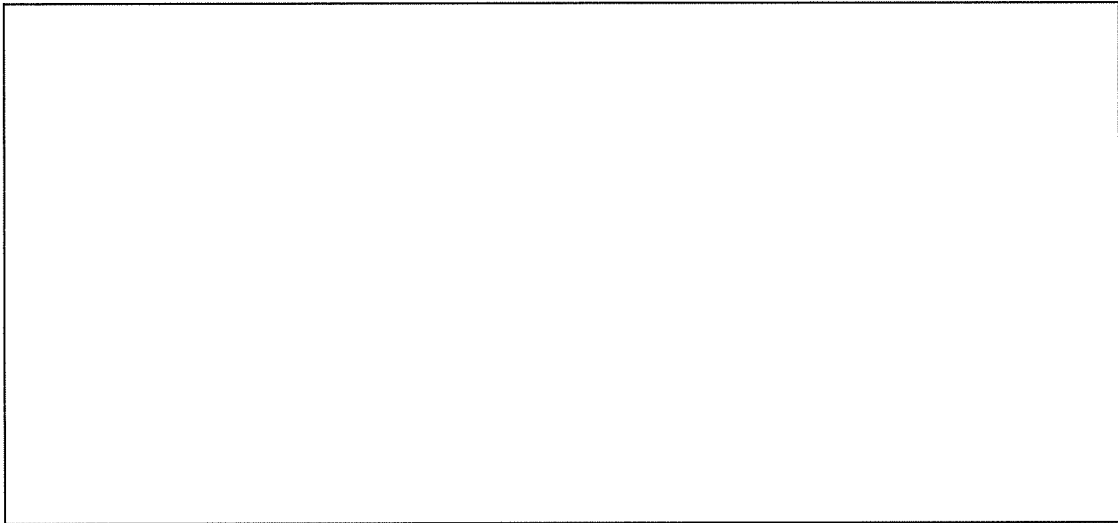
はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転2-10-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転2-10-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転2-10-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転2-10-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



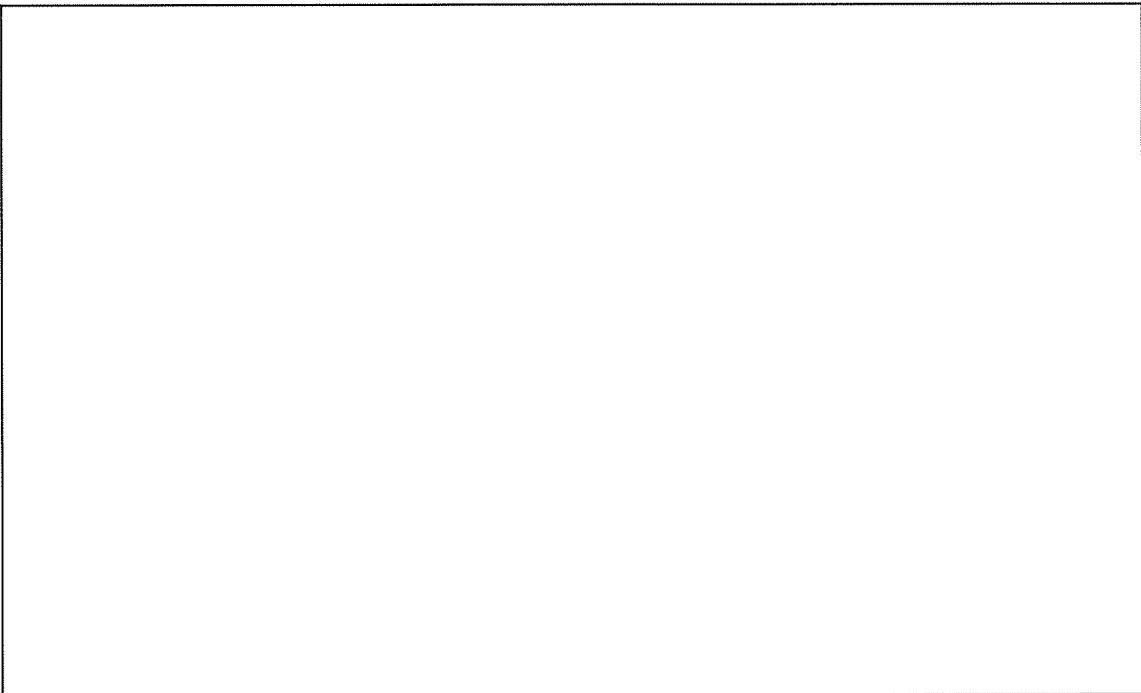
添説設 3-1-転 2-10-1 図 (1/5) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-10-1 図 (2/5) 構造解析モデル

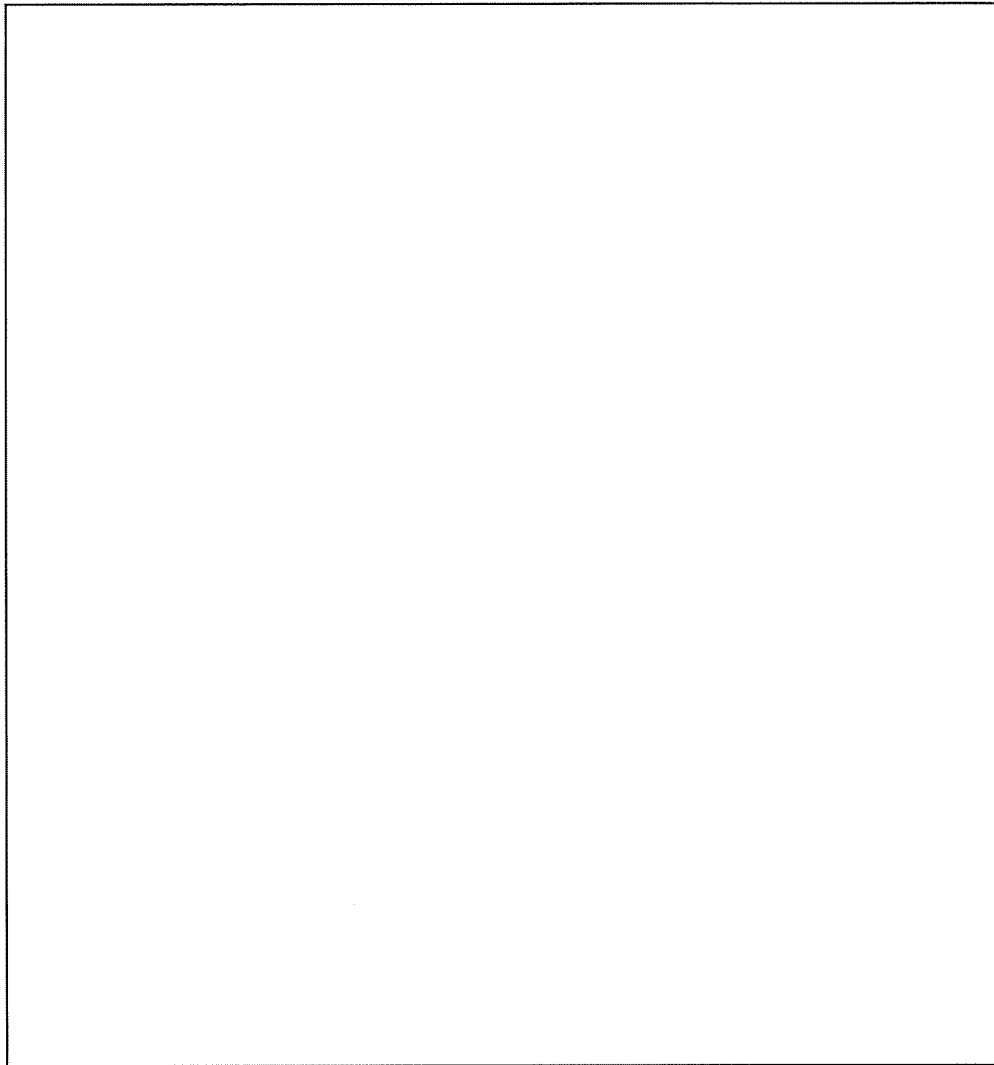


添説設 3-1-転 2-10-1 図 (3/5) 構造解析モデル



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	Iy	Iz	Zy	Zz	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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

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。

10. 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。

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一設 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

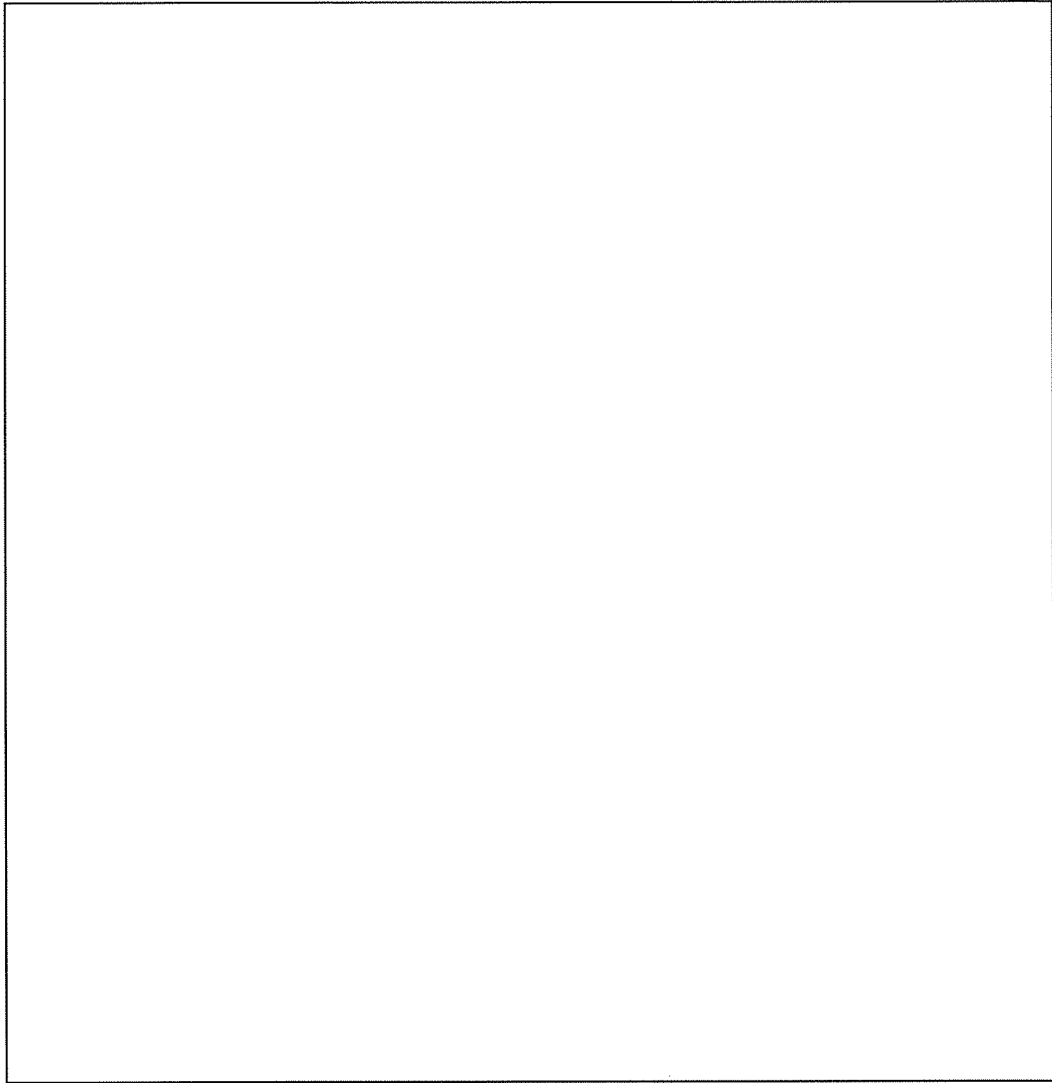
### 1 1 . 1 . 評価方法

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。

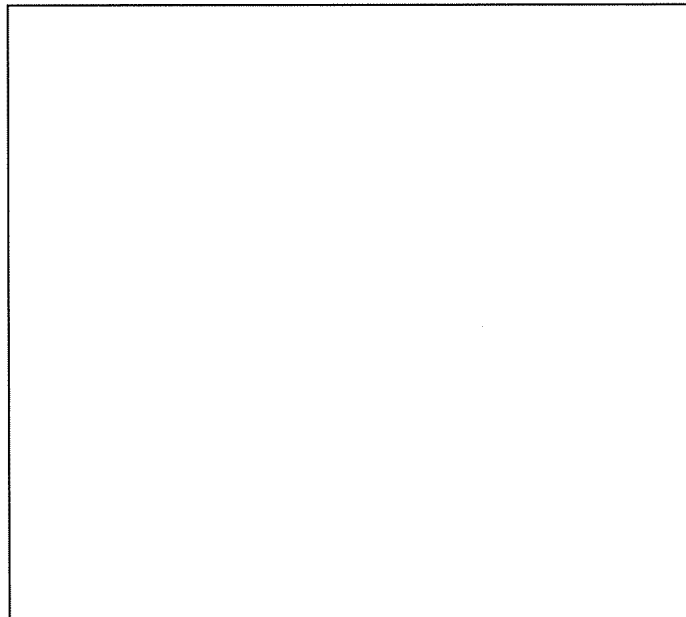
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

### 1 1 . 1 . 1 . 構造解析モデル

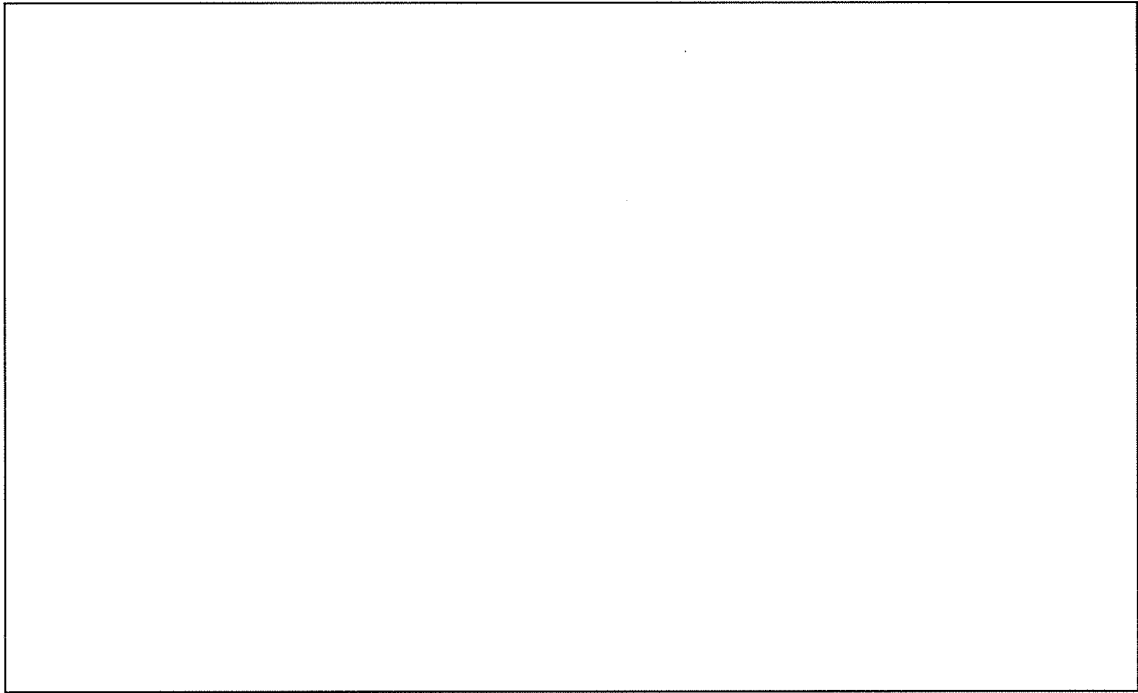
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 2-11-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 2-11-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 2-11-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 2-11-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



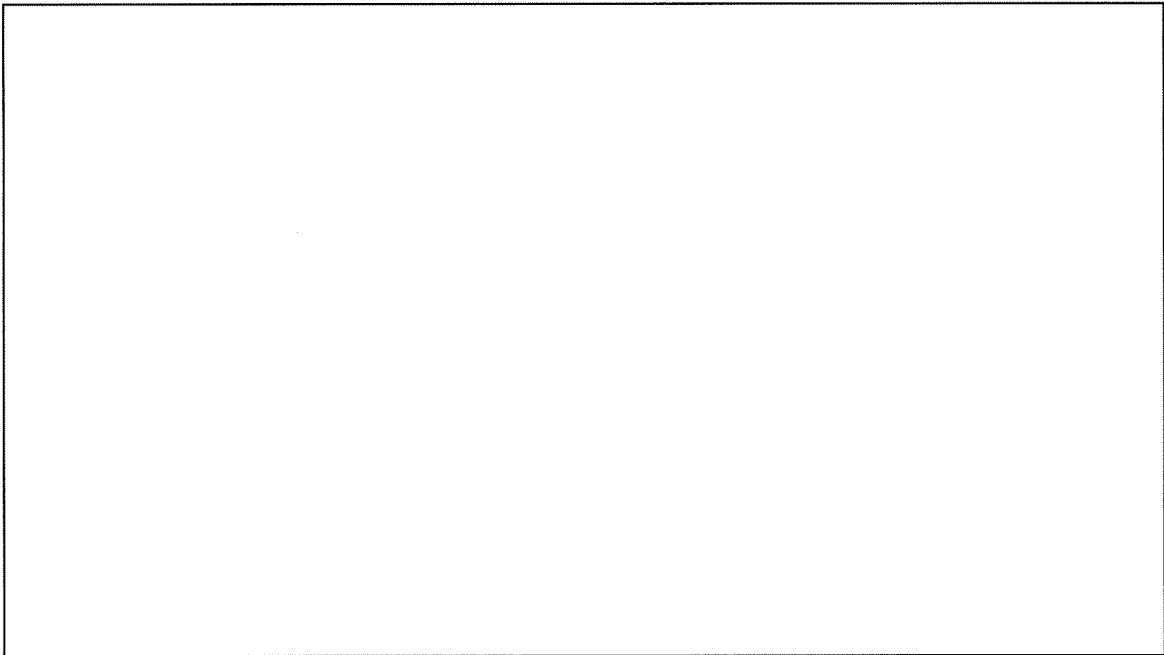
添説設 3-1-転 2-11-1 図 (1/5) 構造解析モデル



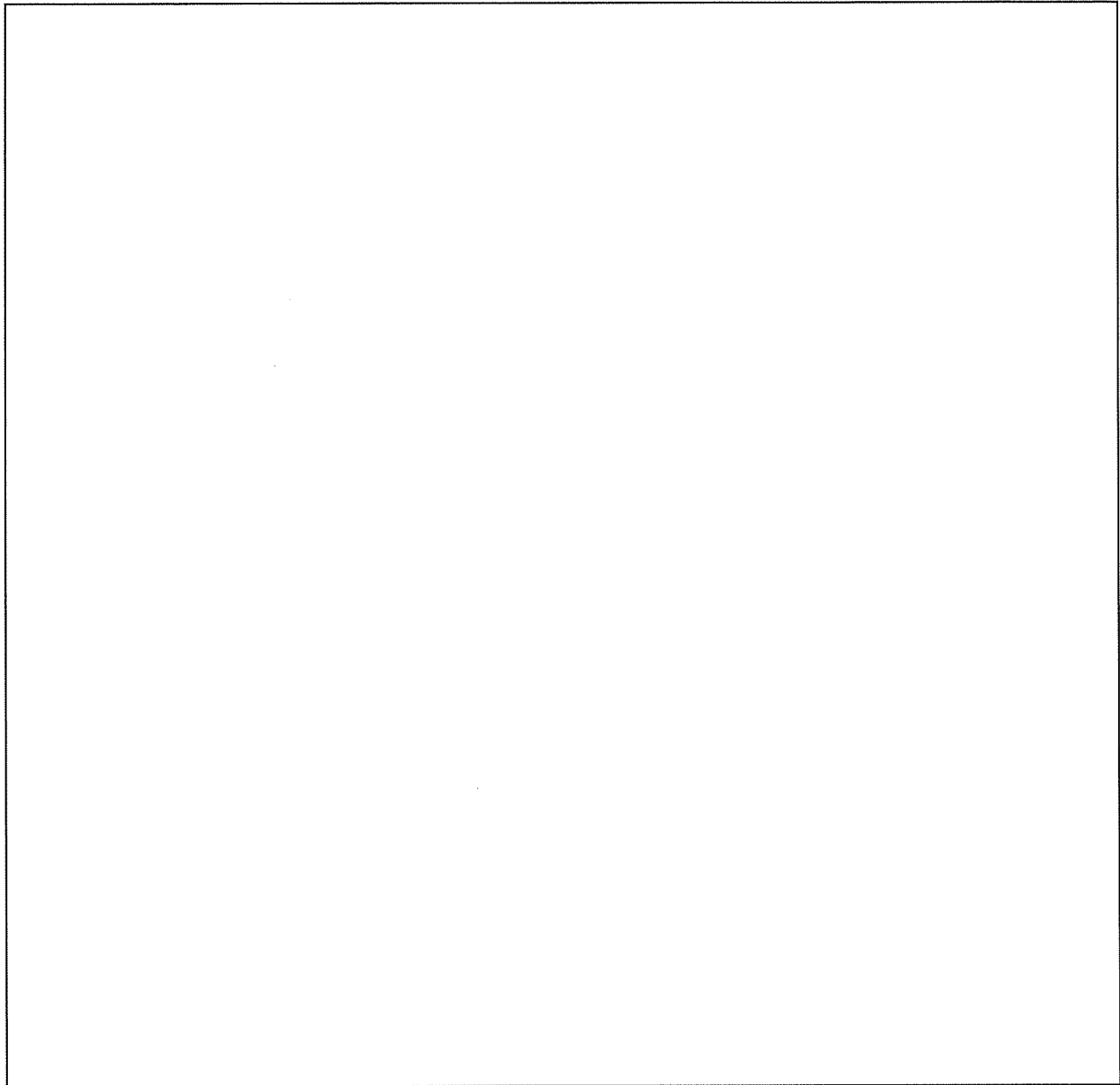
添説設 3-1-転 2-11-1 図 (2/5) 構造解析モデル



添説設 3-1-転 2-11-1 図 (3/5) 構造解析モデル



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。

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

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。

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	添付図 図イ設-4

## 2. コールドトラップの耐震計算

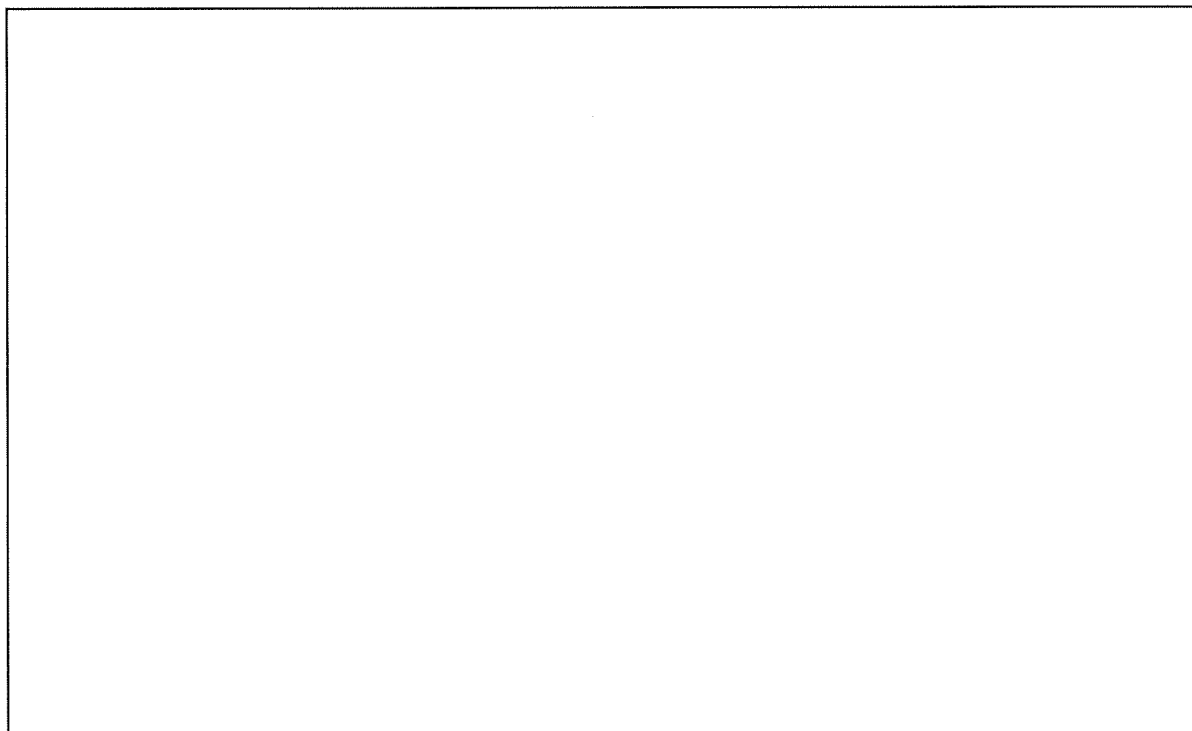
### 2. 1. 評価方法

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。

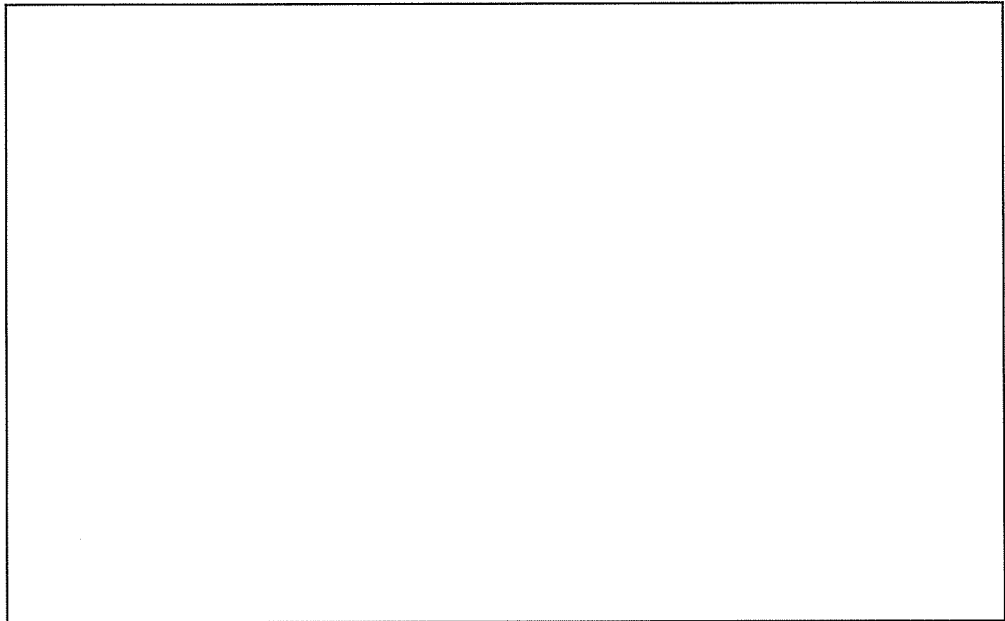
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素による 3 次元 FEM による静的解析を解析コードで実施する。
- (2) 解析コードは FAP-3 を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進 3 方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平 2 方向の荷重をそれぞれ考慮する。

#### 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。



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*1

\*1：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：ウラン及びそれを内包する設備を含む。

## 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。

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

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \div \boxed{\phantom{000}} \cdots \div \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

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。

### 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 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)	添付図 図イ設-5

## 2. コールドトラップ (小) の耐震計算

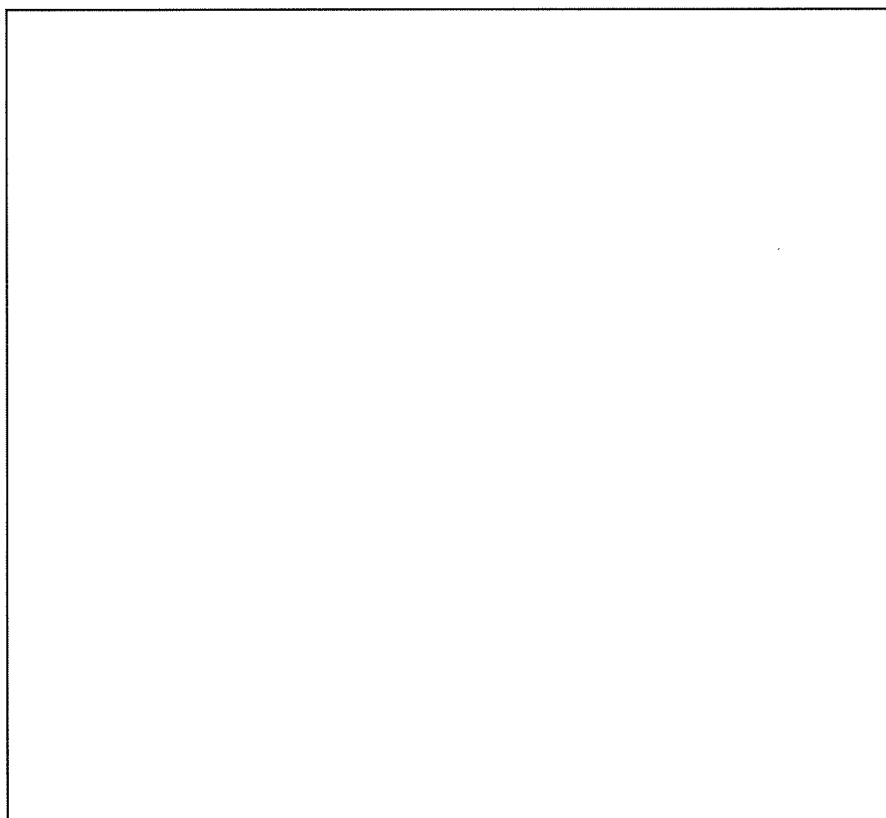
### 2. 1. 評価方法

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。

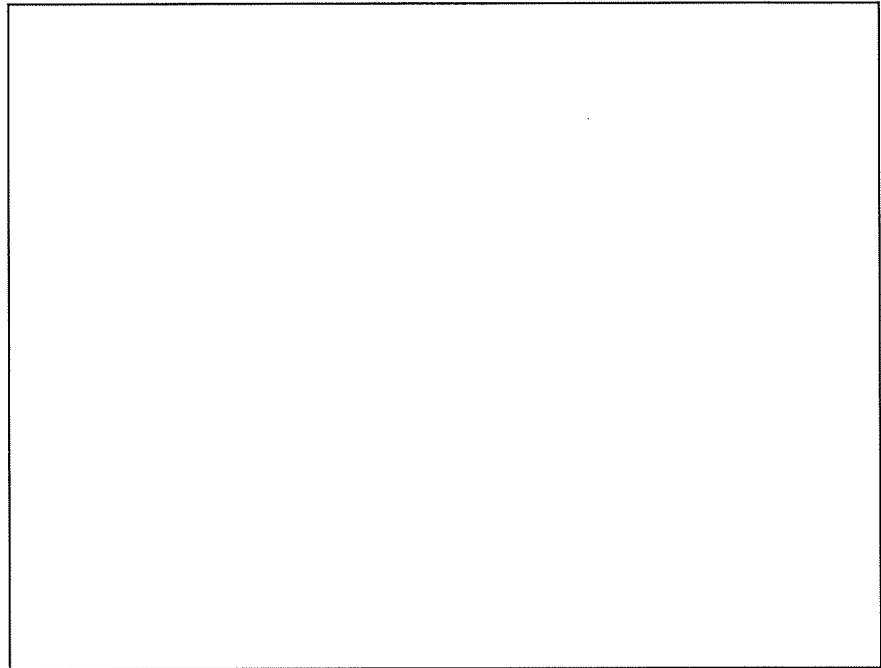
#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

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	Iy	Iz	Zy	Zz	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*1

\*1：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：ウラン及びそれを内包する設備を含む。

## 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]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						

循環貯槽及び熱交換器（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。循環貯槽及び熱交換器(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、 $UO_2F_2$ 配管用防護カバー(原料倉庫)及び $UO_2F_2$ 配管用防護カバー(原料倉庫)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、循環貯槽架台	添付図 図イ設-6
熱交換器	添付図 図イ設-8 添付図 図イ設-9
$UO_2F_2$ 配管用防護カバー(原料倉庫) $UO_2F_2$ 配管用防護カバー(原料倉庫)架台	添付図 図イ設-2

## 2. 循環貯槽の耐震計算

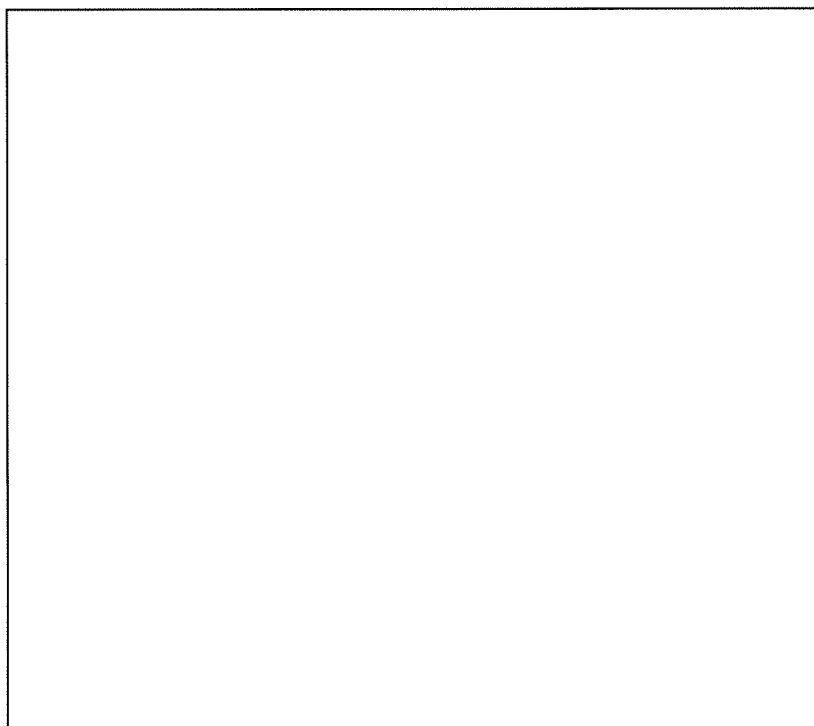
### 2. 1. 評価方法

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

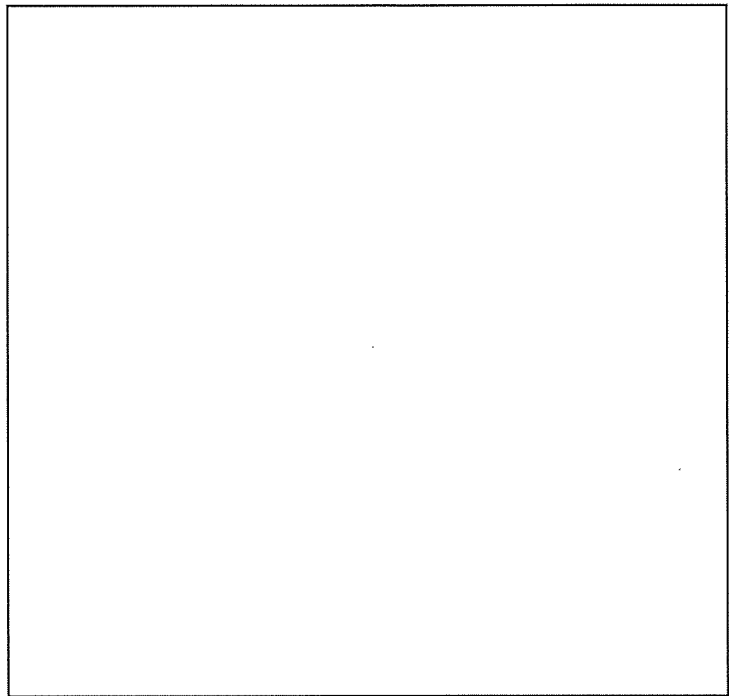
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 5-2-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 5-2-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 5-2-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 5-2-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(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	Iy	Iz	Zy	Zz	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*1

\*1: 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: ウランを含む。

## 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]	Mx [N.m]	My [N.m]	Mz [N.m]	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

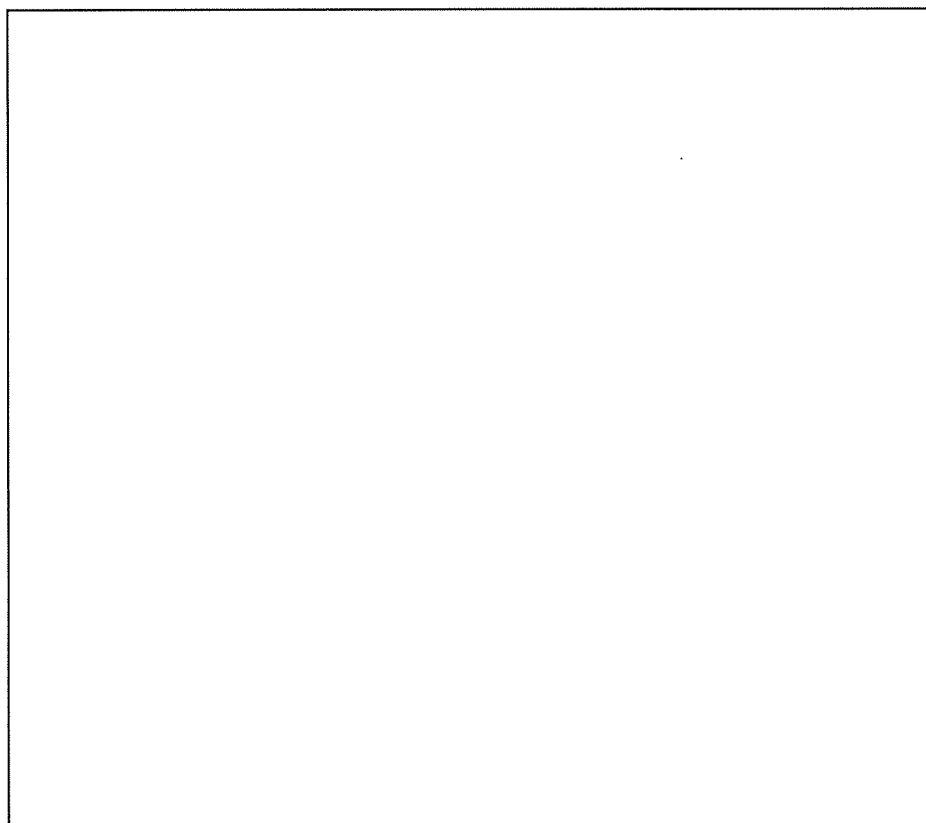
#### 3. 1. 評価方法

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。

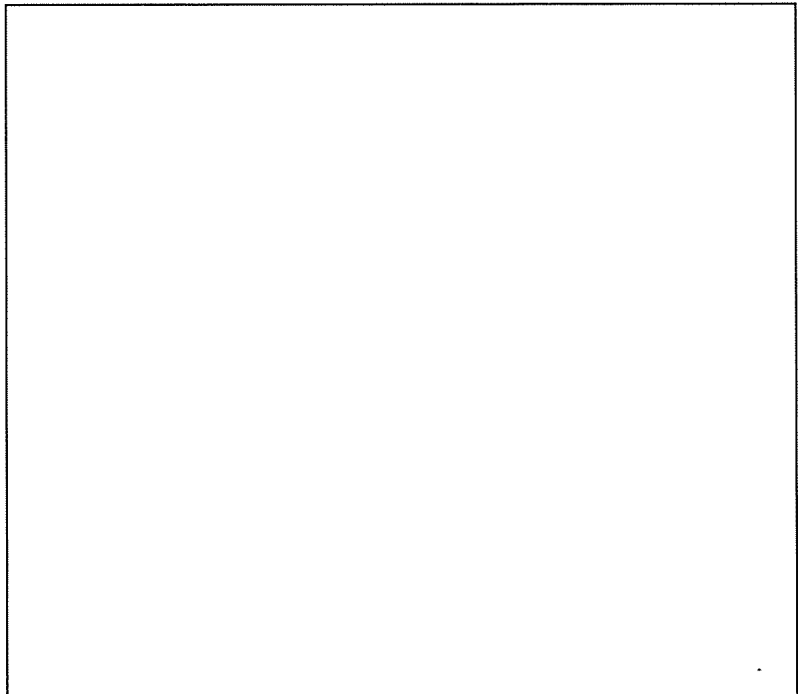
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

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> ] $\times 10^4$		断面係数 [mm <sup>3</sup> ] $\times 10^3$		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*1

\*1：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：ウラン及びそれを内包する設備を含む。

### 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	Iy	Iz	Zy	Zz	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、 $\delta = \square$  [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。

##### 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―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 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						

## 5. UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>配管用防護カバー（原料倉庫）の耐震計算

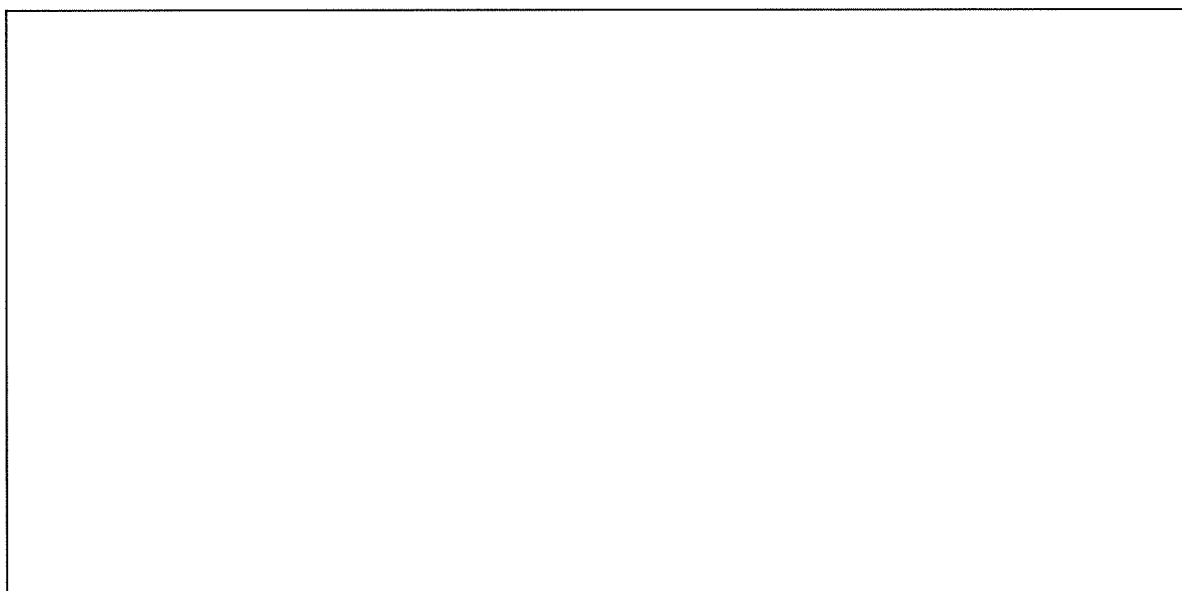
### 5. 1. 評価方法

UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>配管用防護カバー（原料倉庫）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。

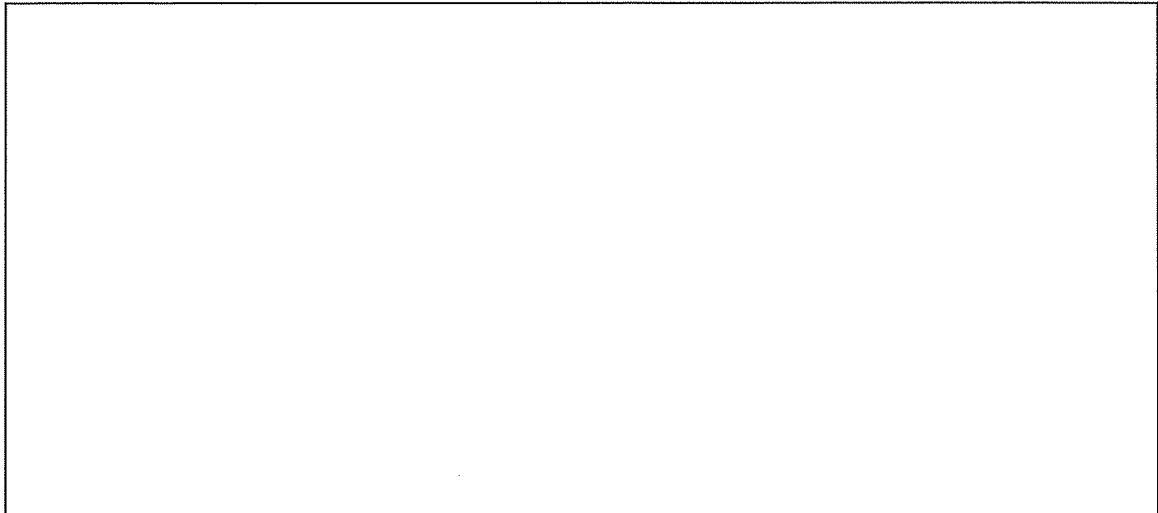
#### 5. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転5-5-1図に示す。UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>配管用防護カバー（原料倉庫）の支持脚部分及び据付ボルトに発生する応力を評価できるように支持脚部分及び据付ボルトをモデル化し、UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>配管用防護カバー本体は作用荷重として扱う。なお、支持脚に直接支持されていない上下左右に曲がっているUO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>配管用防護カバー本体部分は作用荷重として扱う。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5-5-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転5-5-2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5-5-3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5-5-1図(1/2) 構造解析モデル



(2) 作用荷重

添説設 3-1-転 5-5-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 5-5-1 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> ] $\times 10^4$		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	

添説設 3-1-転 5-5-2 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 5-5-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*1

\*1: 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: ウラン及びそれを内包する設備を含む。

\*3: 支持部から突出している UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 配管防護カバーを含む。

## 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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

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。

### 5. 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。

## 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－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 5-5-4 表及び添説設 3-1-転 5-5-5 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 5-5-4 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_03								
圧縮応力度	—	00_01								
せん断応力度	—	01_02								
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 5-5-5 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 正	01_11								
圧縮応力度	Y 正	00_16								
せん断応力度	Y 正	01_14								
曲げ応力度	Y 正	01_14								
組合せ応力度	Y 正	01_14								
組合せ応力	Y 正	01_14								

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 5-5-6 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 5-5-6 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 正							
せん断応力度	Y 正							
引抜力	—							

## 6. UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>配管用防護カバー（原料倉庫）架台の耐震計算

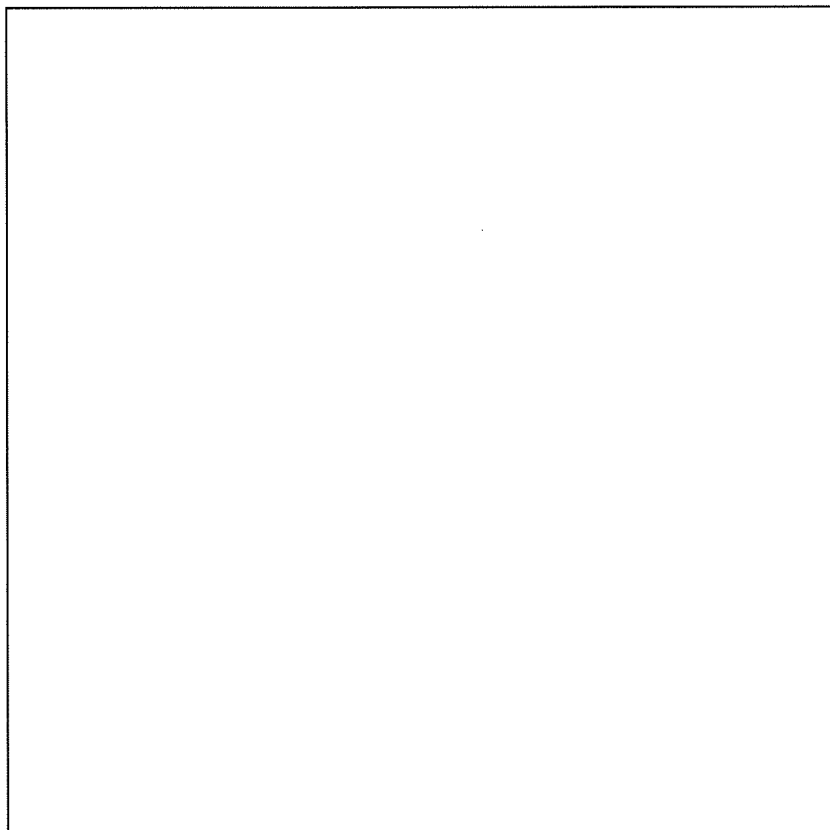
### 6. 1. 評価方法

UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 配管用防護カバー（原料倉庫）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。

#### 6. 1. 1. 構造解析モデル

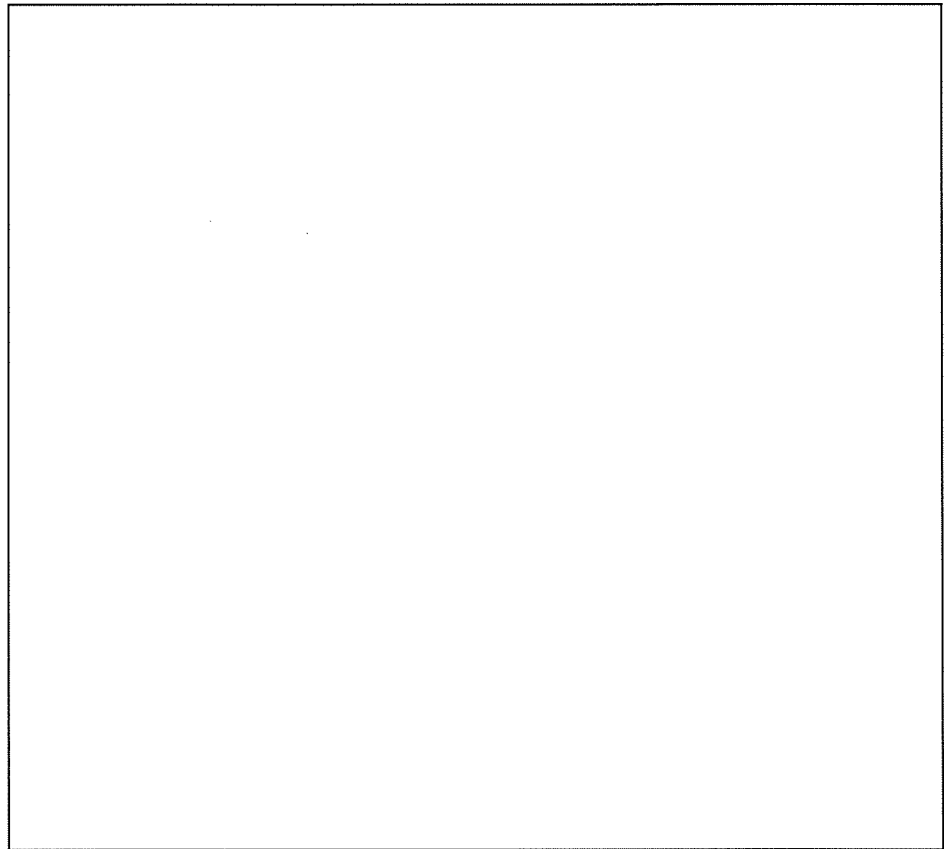
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 5-6-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-転 5-6-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-転 5-6-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-転 5-6-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 5-6-1 図(1/2) 構造解析モデル





添説設 3-1-転 5-6-1 図(2/2) 構造解析モデル

添説設 3-1-転 5-6-1 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	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 G4317
柱											JIS G4317

添説設 3-1-転 5-6-2 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
				鋼構造設計規準
				鋼構造設計規準
				JSME S NJ1-2012

添説設 3-1-転 5-6-3 表 主な作用荷重

荷重値	作用場所*

(注1) U0<sub>2</sub>F<sub>2</sub>配管用防護カバー（原料倉庫）の評価結果より設定

\*：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。

### 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。

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

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \doteq \boxed{\phantom{00}} \cdot \cdot \cdot \doteq \boxed{\phantom{00}} \text{ [Hz]}$$

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、剛構造とし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。

#### 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 5-6-4 表及び添説設 3-1-転 5-6-5 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 5-6-4 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_02								
圧縮応力度	—	00_06								
せん断応力度	—	02_25								
曲げ応力度	—	02_25								
組合せ応力度	—	02_25								
組合せ応力	—	02_25								

添説設 3-1-転 5-6-5 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	01_24								
圧縮応力度	Y 正	00_06								
せん断応力度	Y 正	01_24								
曲げ応力度	Y 正	01_24								
組合せ応力度	Y 正	01_24								
組合せ応力	Y 正	01_24								

### 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 5-6-6 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 5-6-6 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_07						
せん断応力度	Y 正	00_07						
引抜力	Y 負	00_07						

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、UO <sub>2</sub> ブロータンク架台	添付図 図イ設-10

## 2. UO<sub>2</sub>ブロータンクの耐震計算

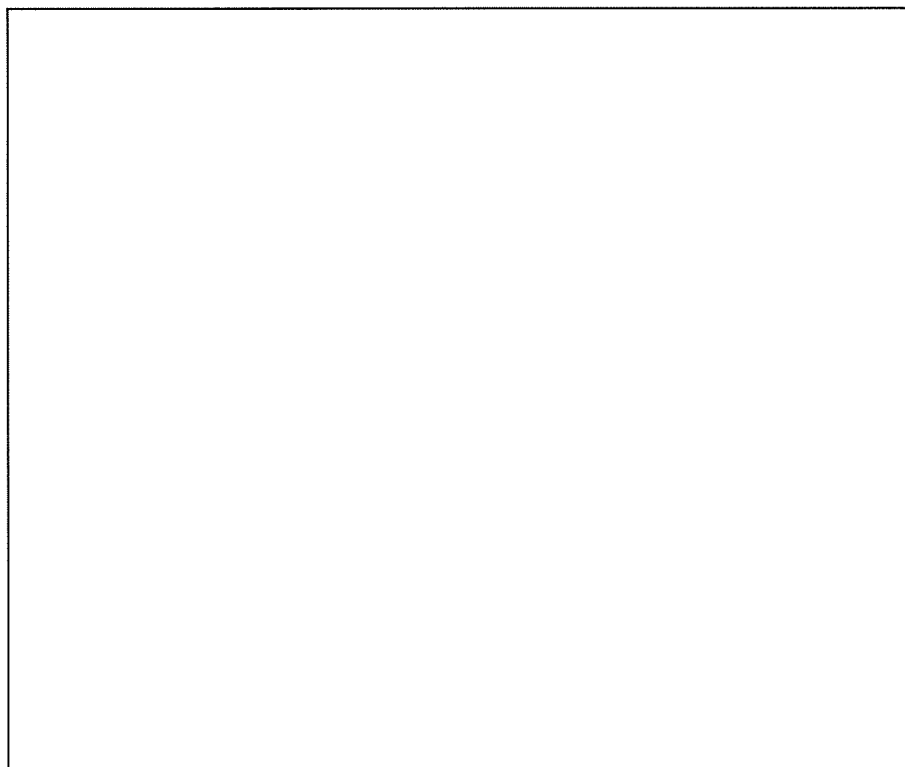
### 2. 1. 評価方法

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。

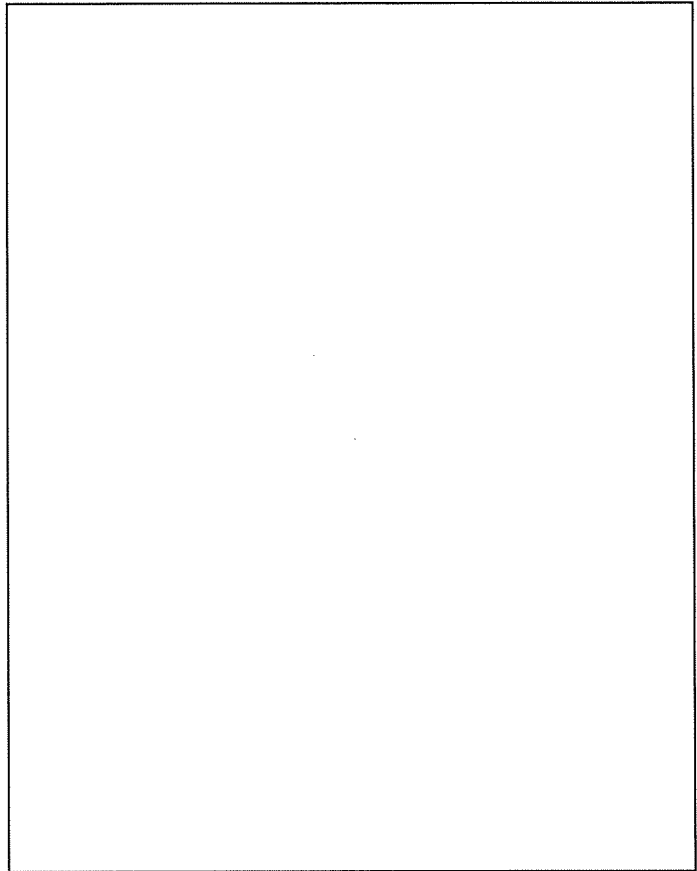
#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

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*1

\*1：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：ウランを含む。

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、 $\delta = \boxed{\phantom{00000}} \text{ [cm]}$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{00000}}}} \div \boxed{\phantom{000}} \cdots \div \boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$$

よって、一次固有振動数は  $\boxed{\phantom{000}} \text{ [Hz]}$  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]	Mx [N.m]	My [N.m]	Mz [N.m]	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

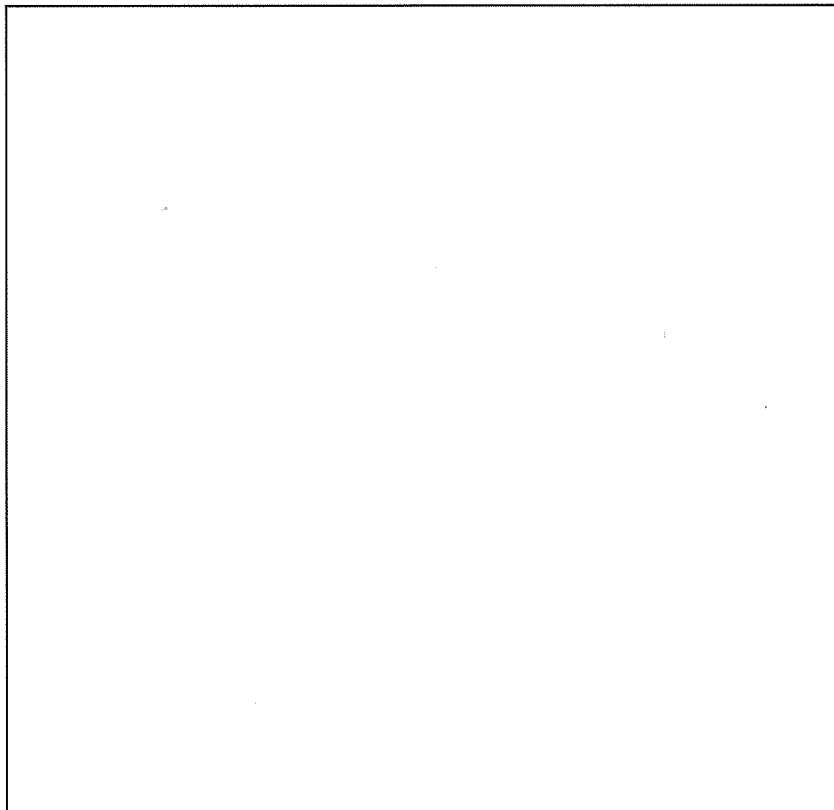
#### 3. 1. 評価方法

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。

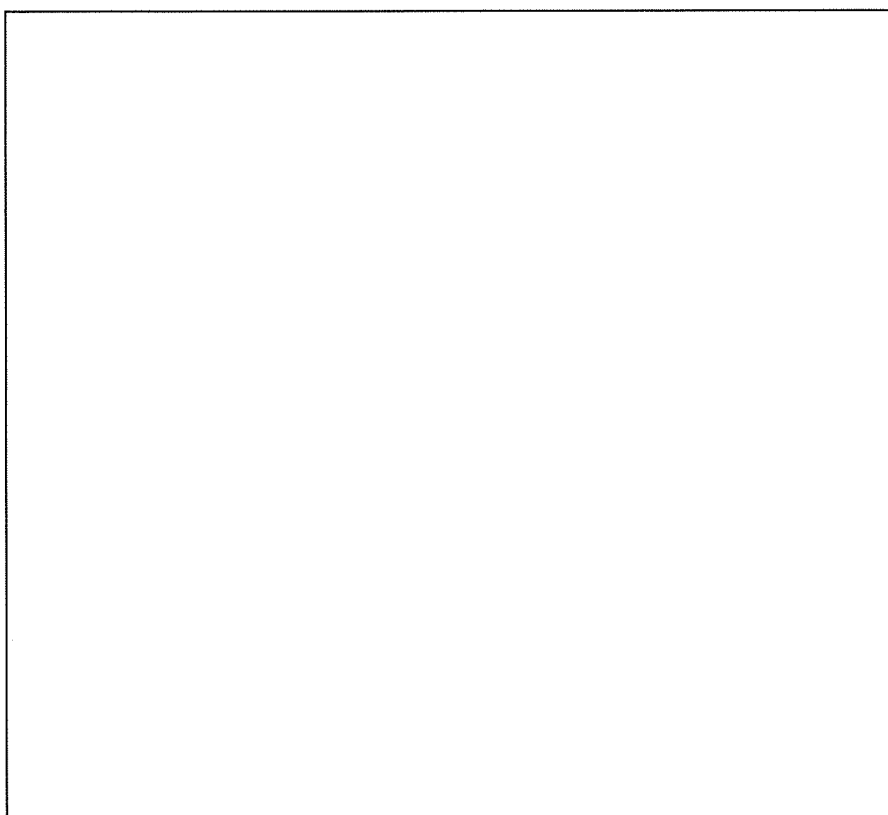
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \div \square \cdot \cdot \cdot \div \square \text{ [Hz]}$$

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。

#### 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>フィルタ及びUO<sub>2</sub>バックアップ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>フィルタ及びUO<sub>2</sub>バックアップ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、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	添付図 図イ設-11
UO <sub>2</sub> バックアップフィルタ	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。

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

解析結果より、 $\delta = \square$  [cm]

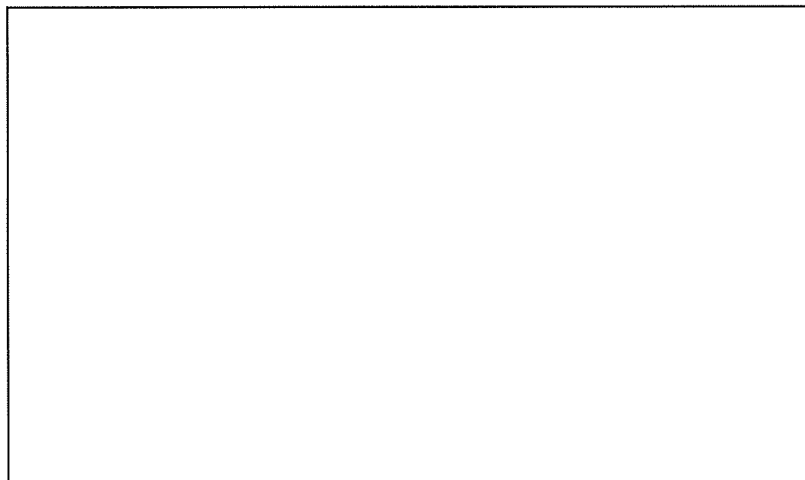
$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

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-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・K<sub>H</sub>)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<sub>H</sub>=□、高さh=□[mm]、ボルト支点間距離l<sub>0</sub>=□[mm]、回転中心までの長さl<sub>1</sub>=□[mm]を用いる。

$$M1 = P \cdot h = \square [N \cdot mm]$$

$$M2 = W \cdot l_1 = \square [N \cdot mm]$$

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<sub>b</sub>、引張応力度σ<sub>t</sub>、せん断応力度τ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。

$$R_b = \frac{M1 - M2}{l_0 \cdot nt'} = \square [N]$$

$$\sigma_t = \frac{R_b}{A} = \square [N/mm^2]$$

$$\tau = \frac{P}{A \cdot nt} = \square [N/mm^2]$$

$$A = \square = \square [mm^2]$$

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

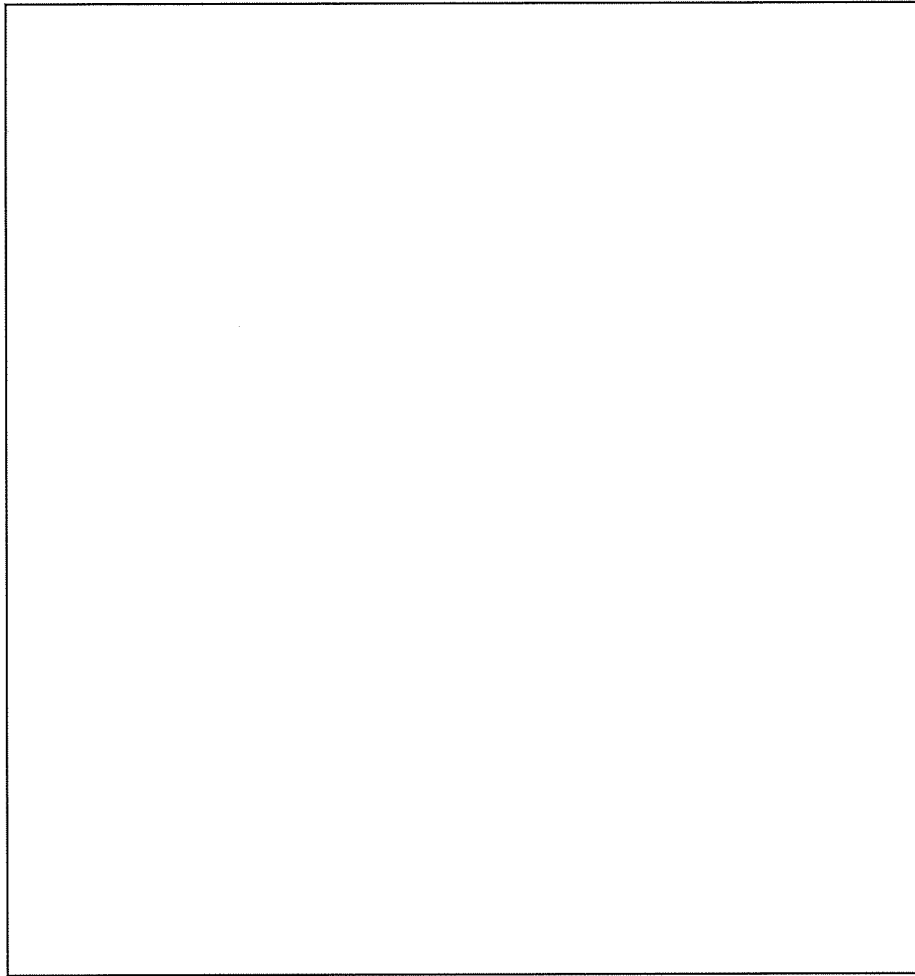
#### 3. 1. 評価方法

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—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

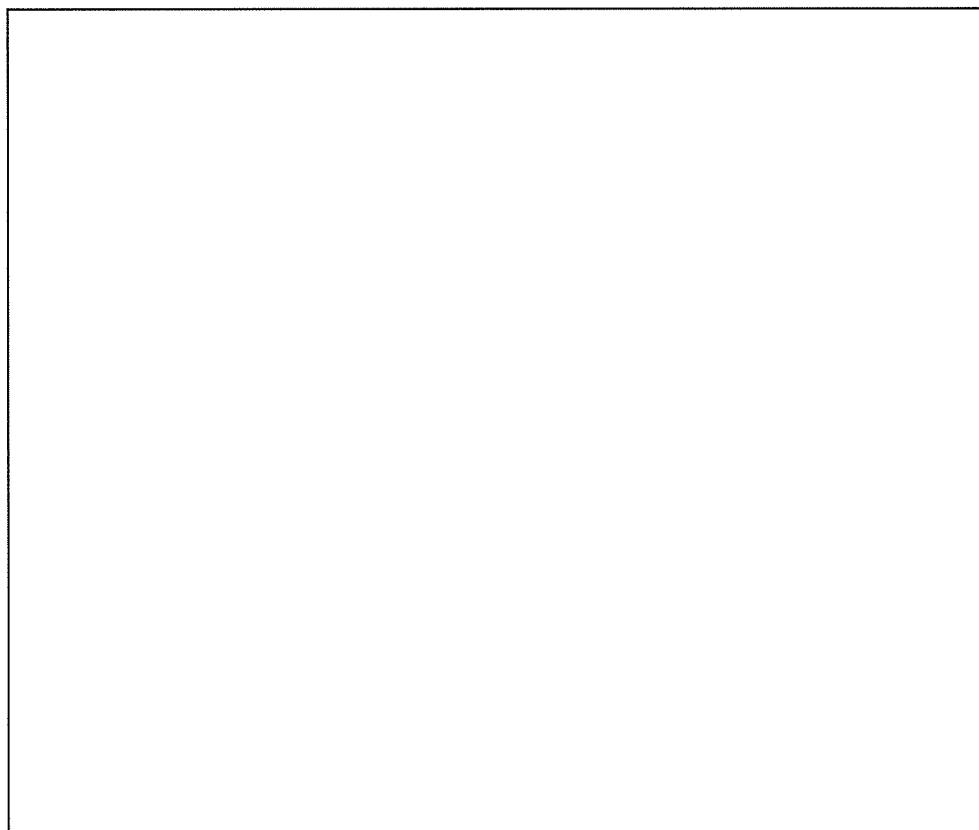
##### 4. 1. 評価方法

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。

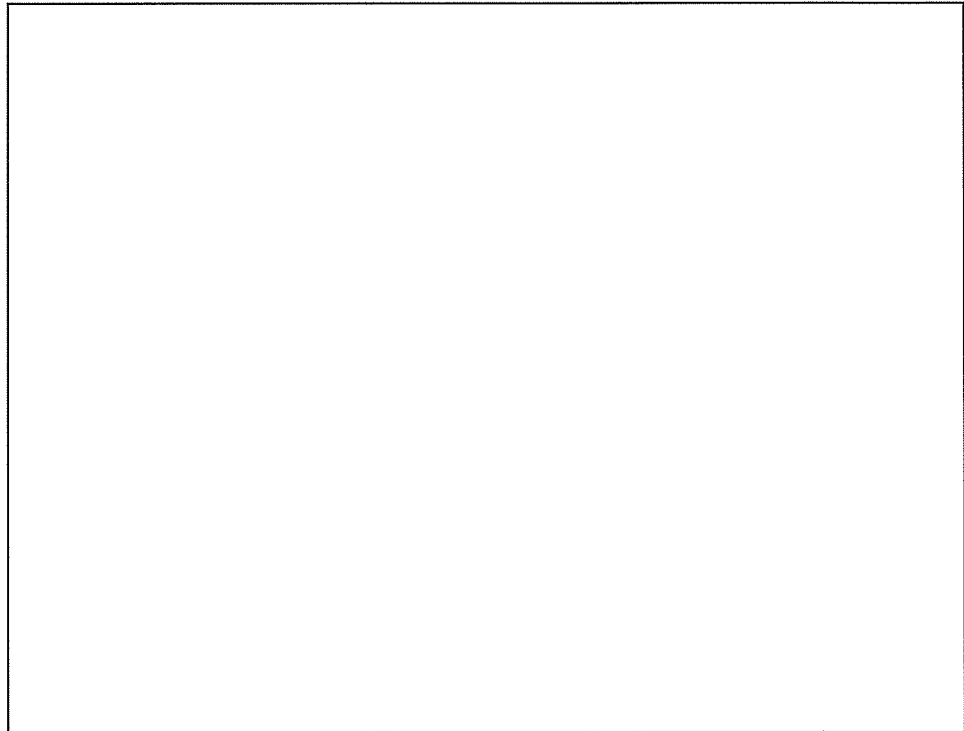
##### 4. 1. 1. 構造解析モデル

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	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	

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 <sup>*1</sup>

\*1: 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: ウラン及びそれを内包する設備を含む。

#### 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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

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。

##### 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

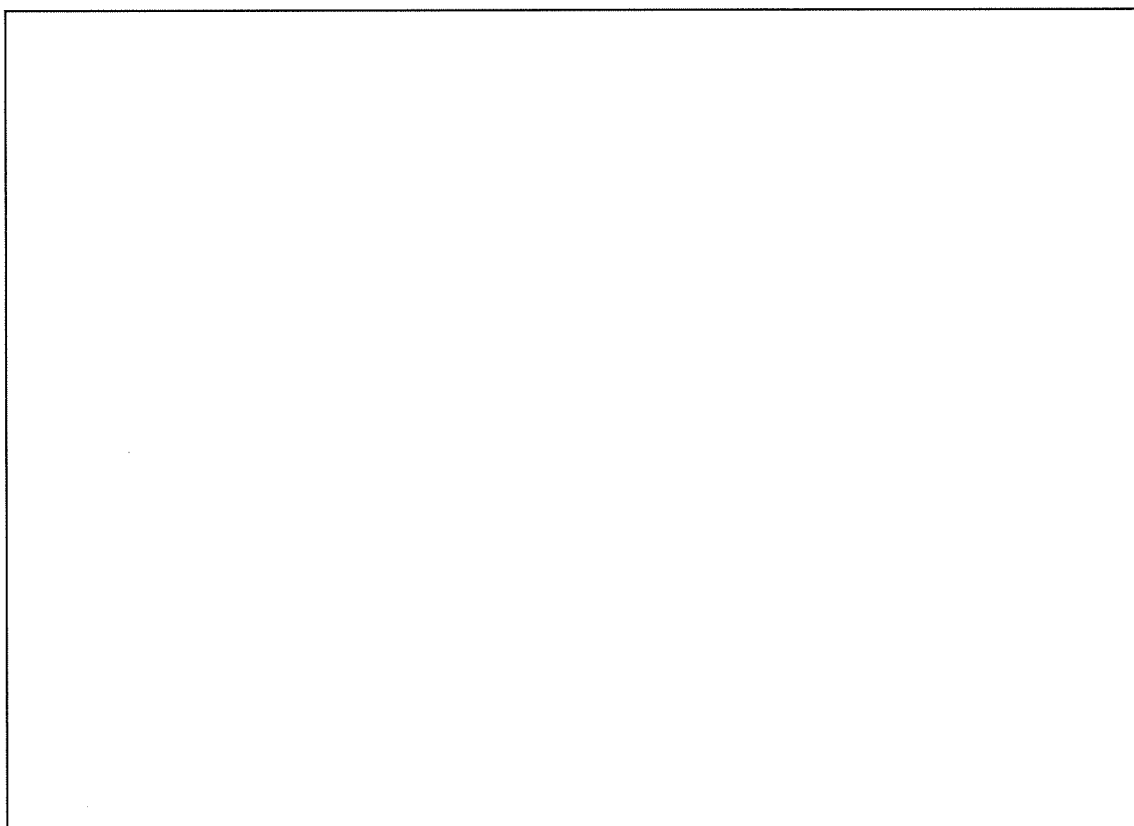
### 5. 1. 評価方法

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。

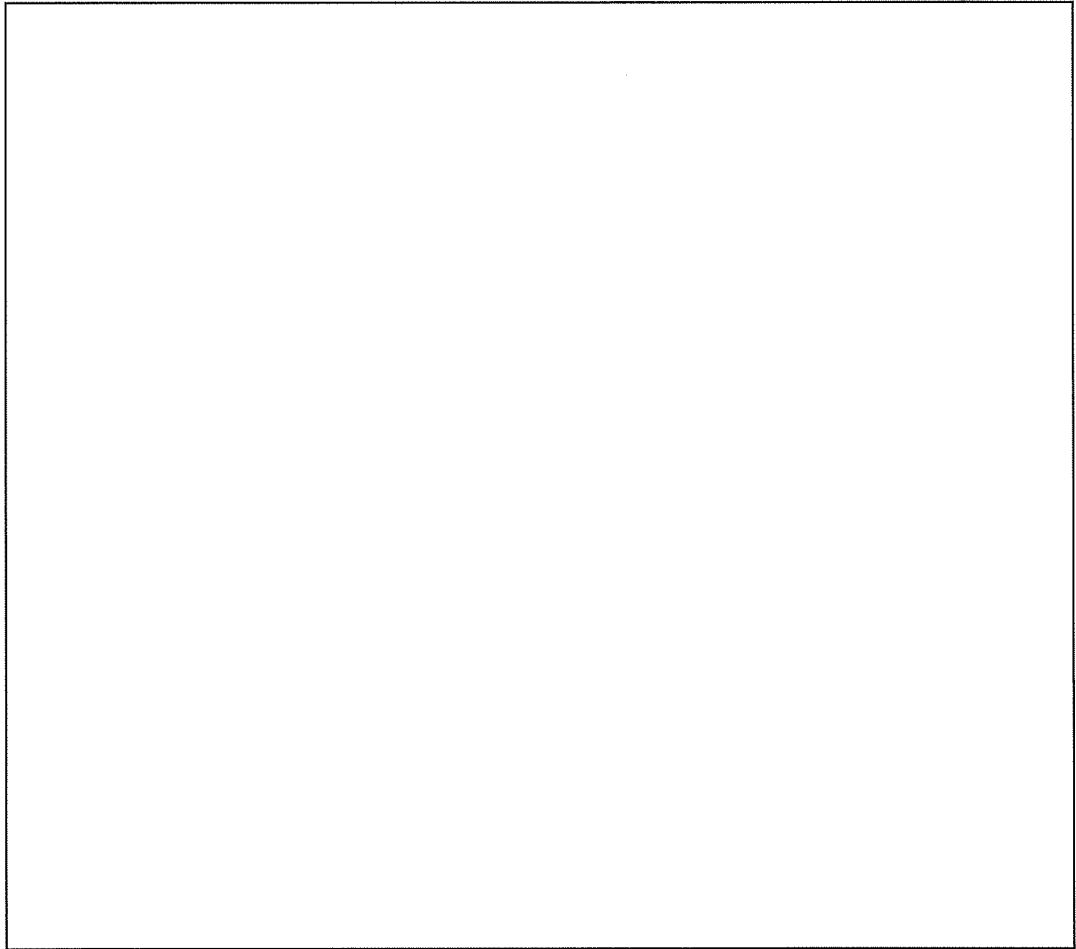
#### 5. 1. 1. 構造解析モデル

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	Iy	Iz	Zy	Zz	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*1

\*1：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：ウラン及びそれを内包する設備を含む。

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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

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。

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	添付図 図イ設-13

## 2. UO<sub>2</sub>受けホッパの耐震計算

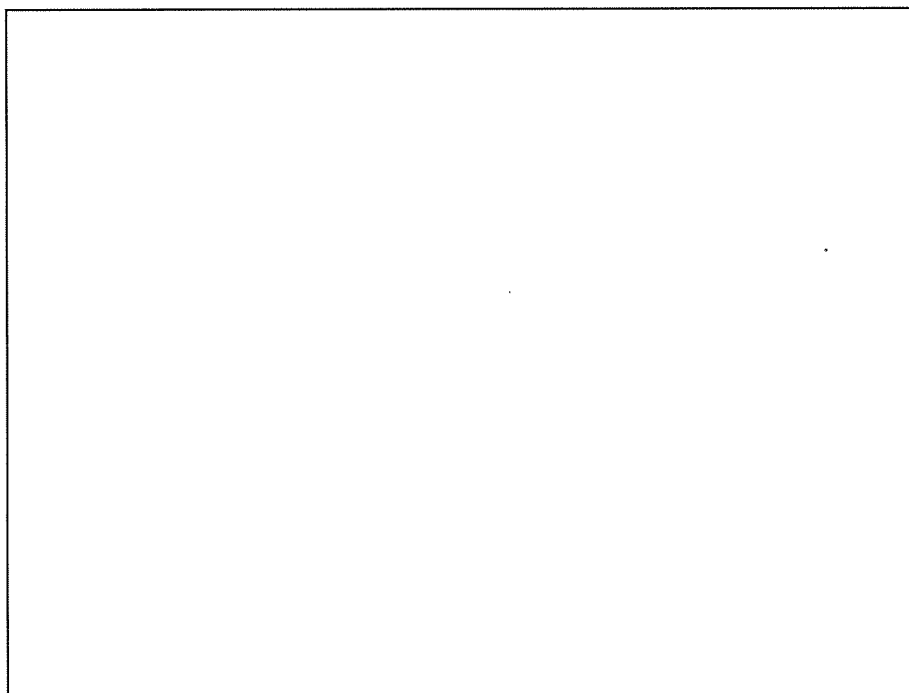
### 2. 1. 評価方法

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

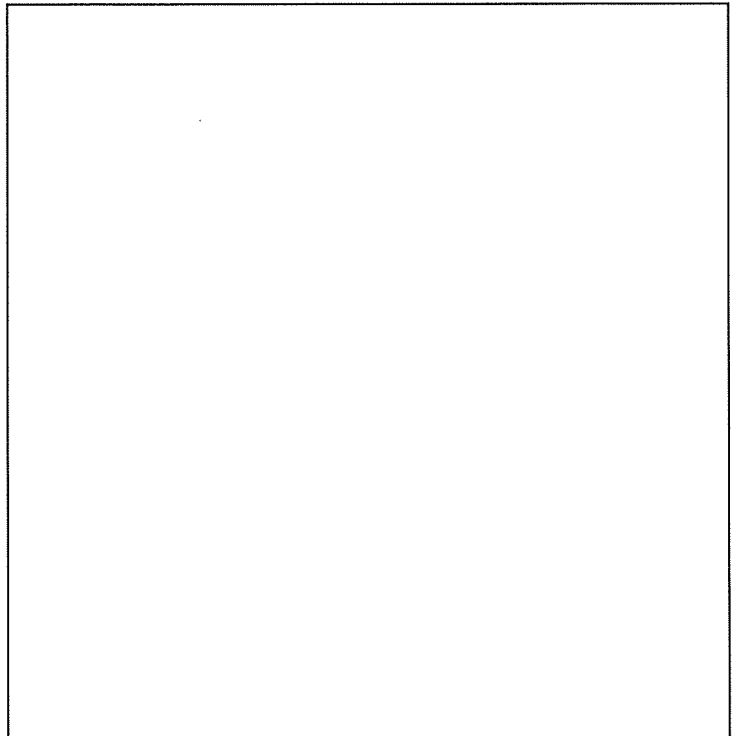
はり要素3次元構造解析モデルを添説設3-1-転8-2-1図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設3-1-転8-2-1表に示す。また、材料定数を添説設3-1-転8-2-2表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設3-1-転8-2-3表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(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*1

\*1: 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: ウランを含む。

## 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]	Mx [N・m]	My [N・m]	Mz [N・m]	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
フードボックス（粉砕機）	添付図 図イ設-13
	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

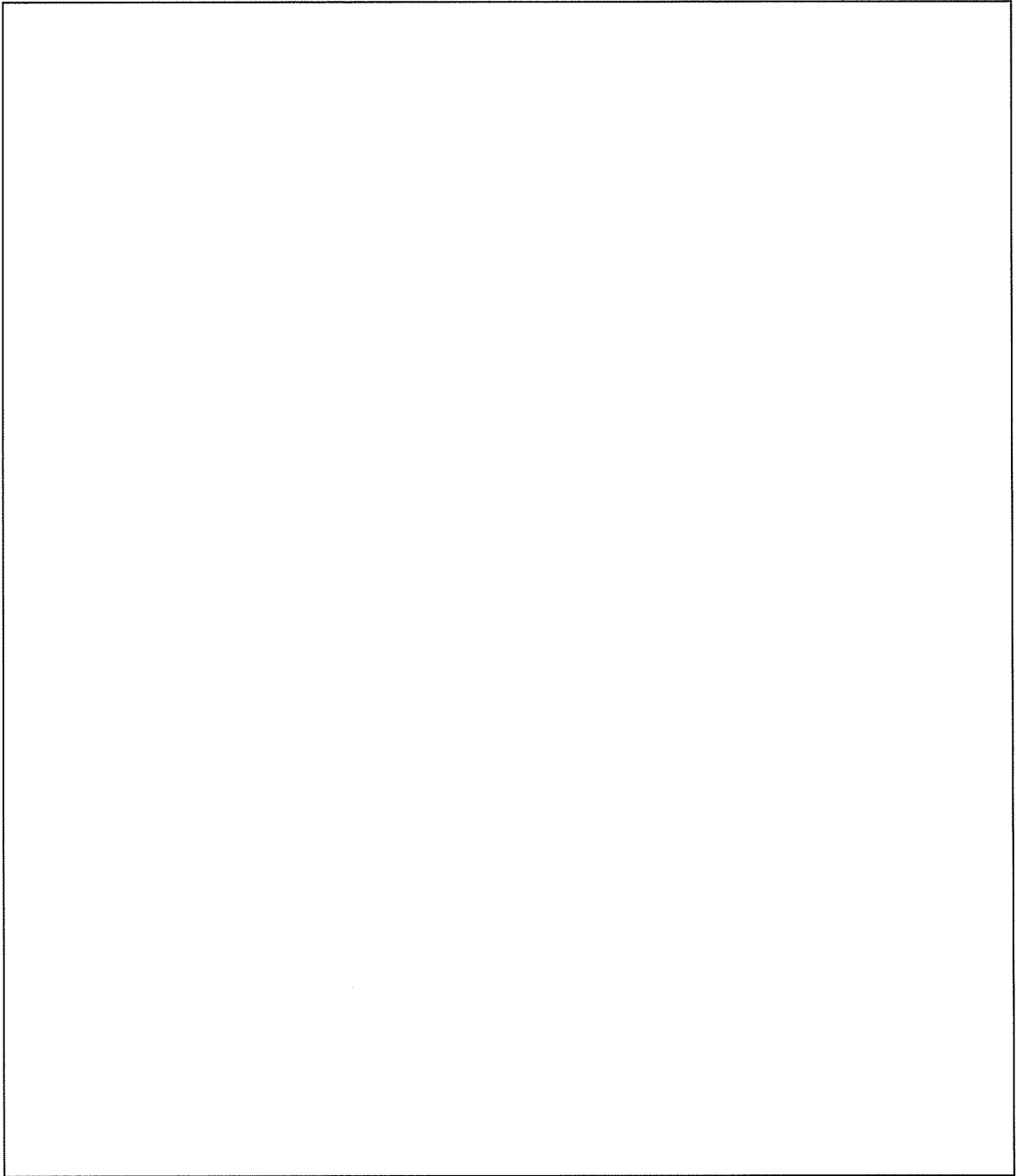
### 2. 1. 評価方法

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。

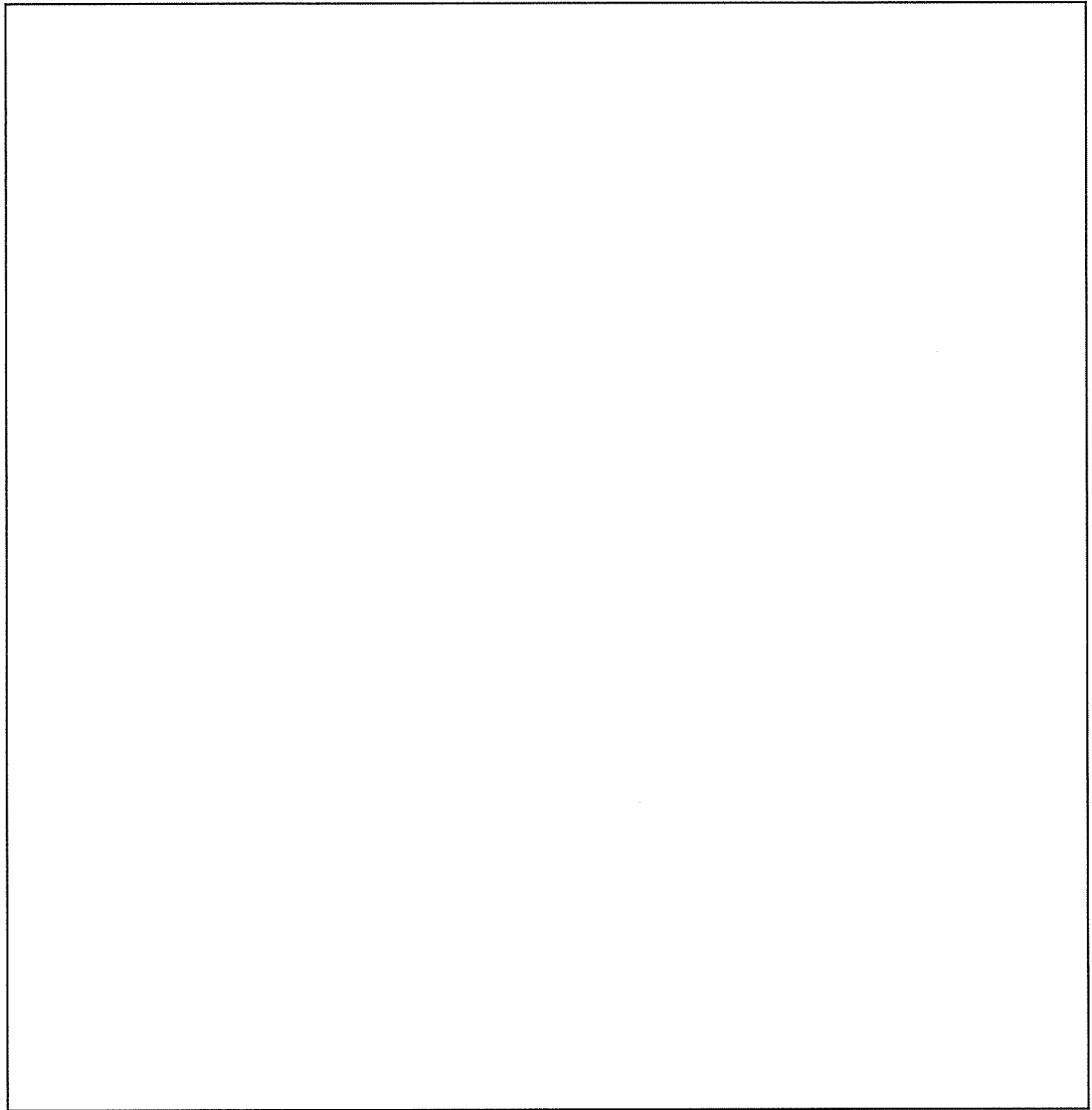
#### 2. 1. 1. 構造解析モデル

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*1

\*1：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：ウラン及びそれを内包する設備を含む。

## 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。

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

$$\text{解析結果より、} \delta = \boxed{\phantom{000}} \text{ [cm]}$$

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\boxed{\phantom{000}}}} \approx \boxed{\phantom{00}} \cdot \cdot \cdot \approx \boxed{\phantom{00}} \text{ [Hz]}$$

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 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

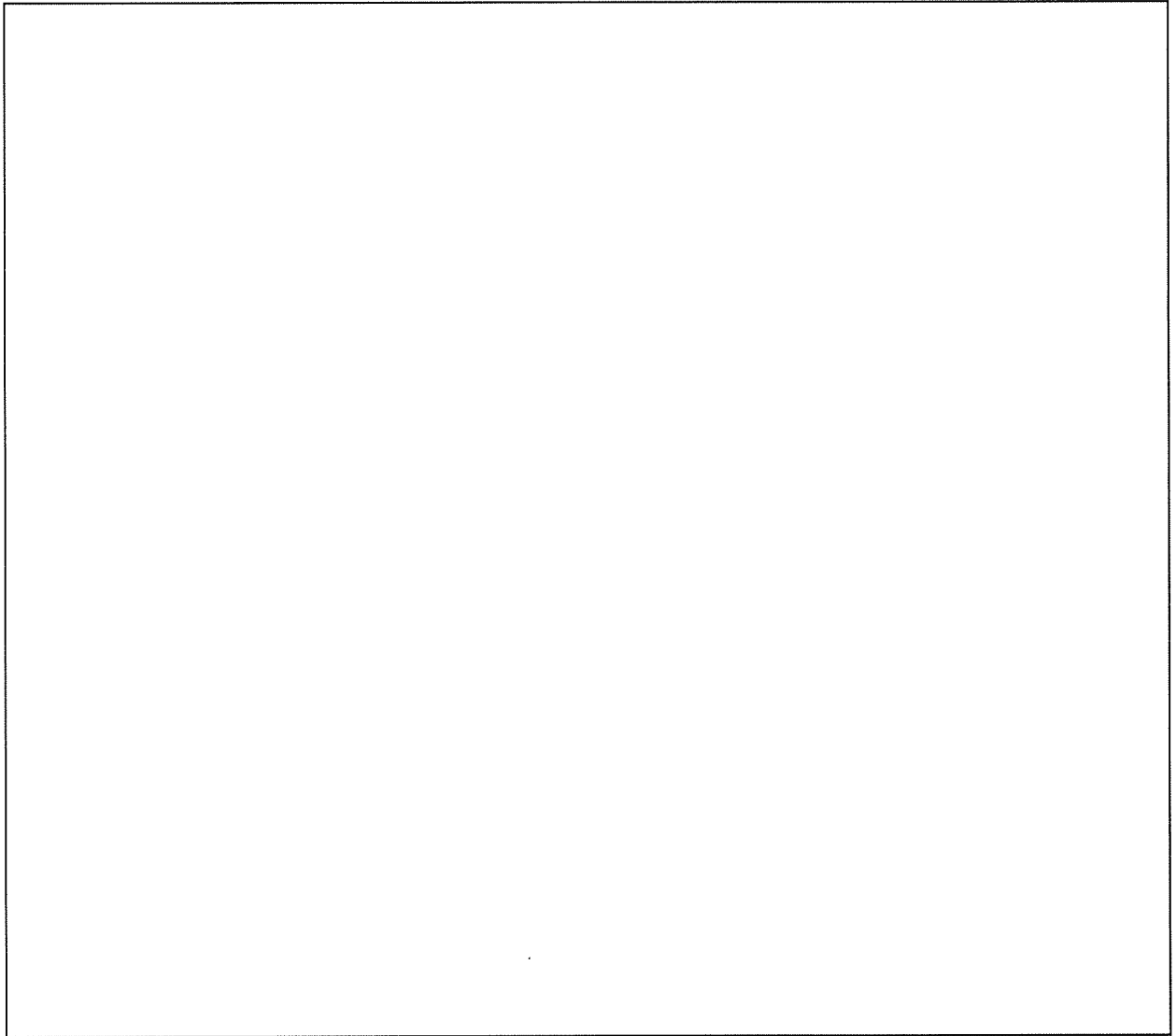
#### 3. 1. 評価方法

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。

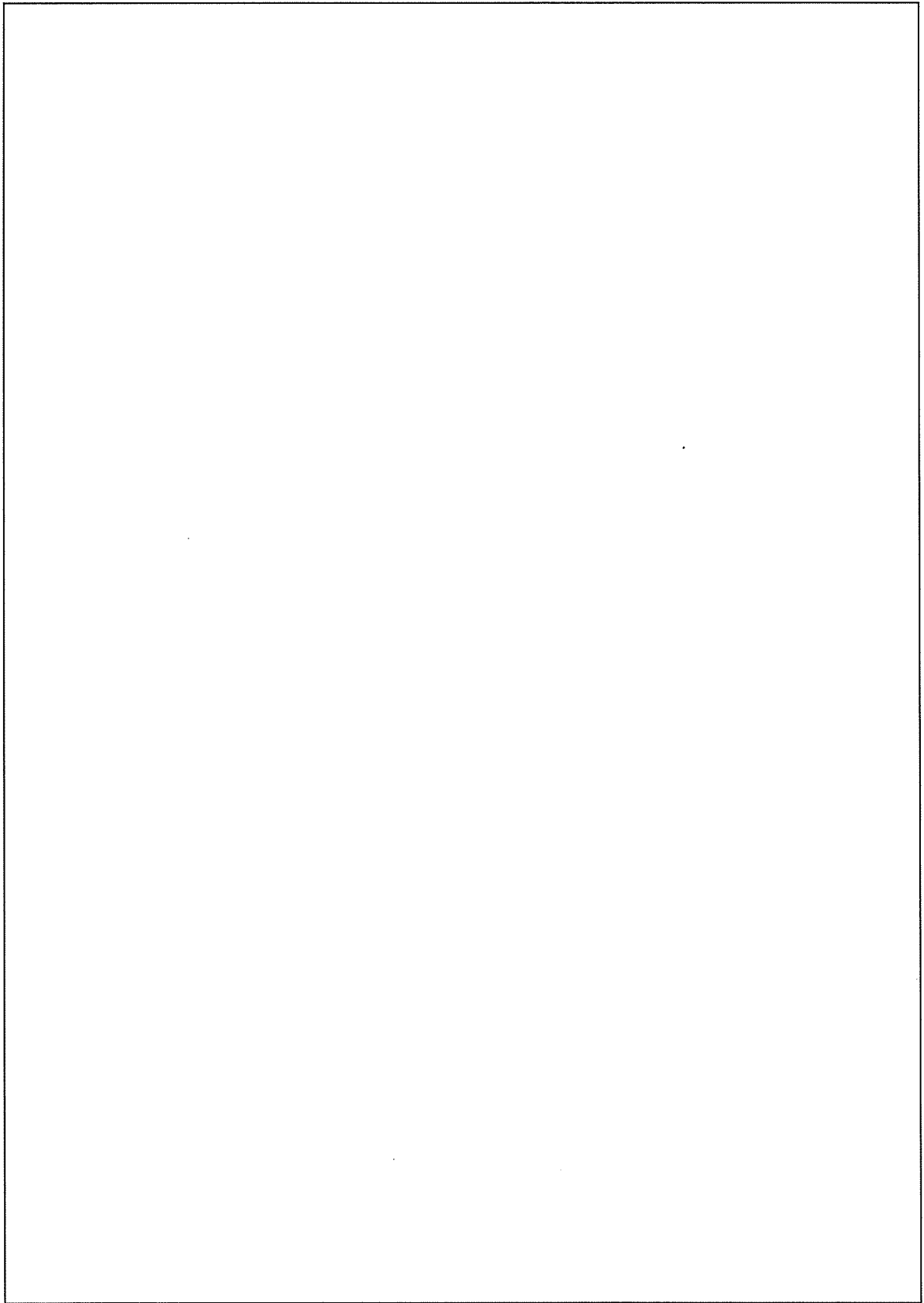
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-転 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。



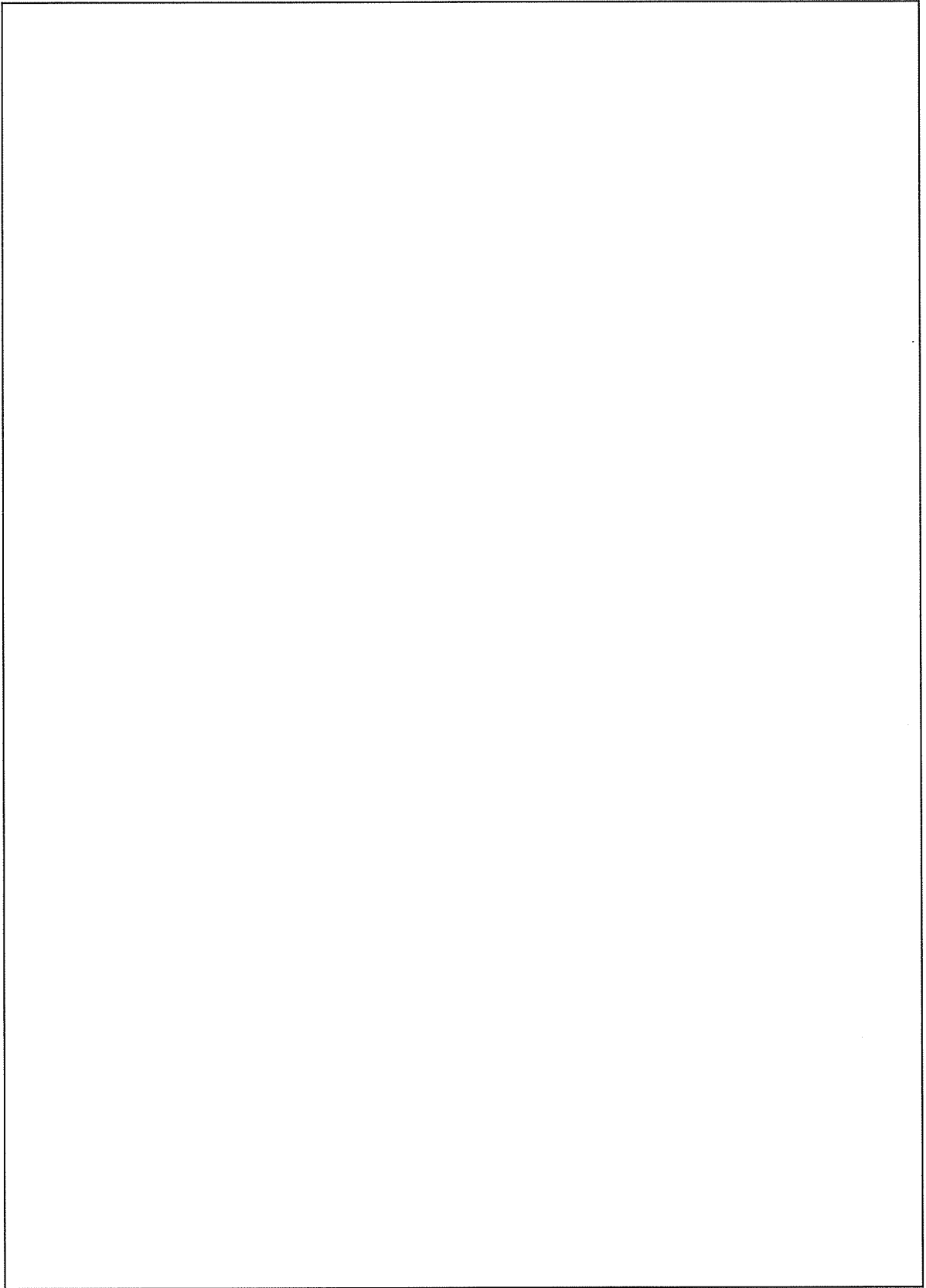
(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 9-3-1 図(1/7) 構造解析モデル



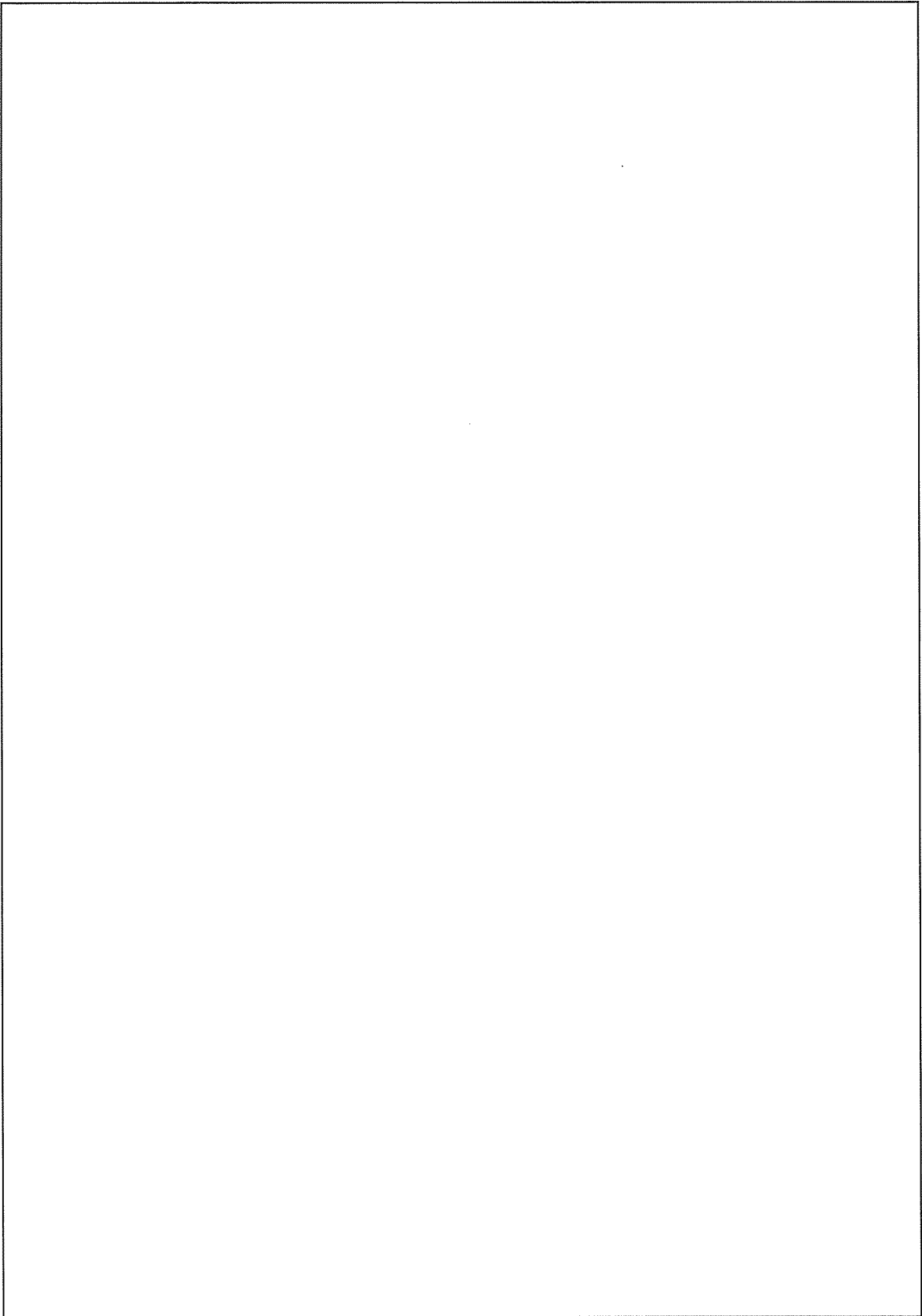
(1) 寸法及び節点

添説設 3-1-転 9-3-1 図(2/7) 構造解析モデル



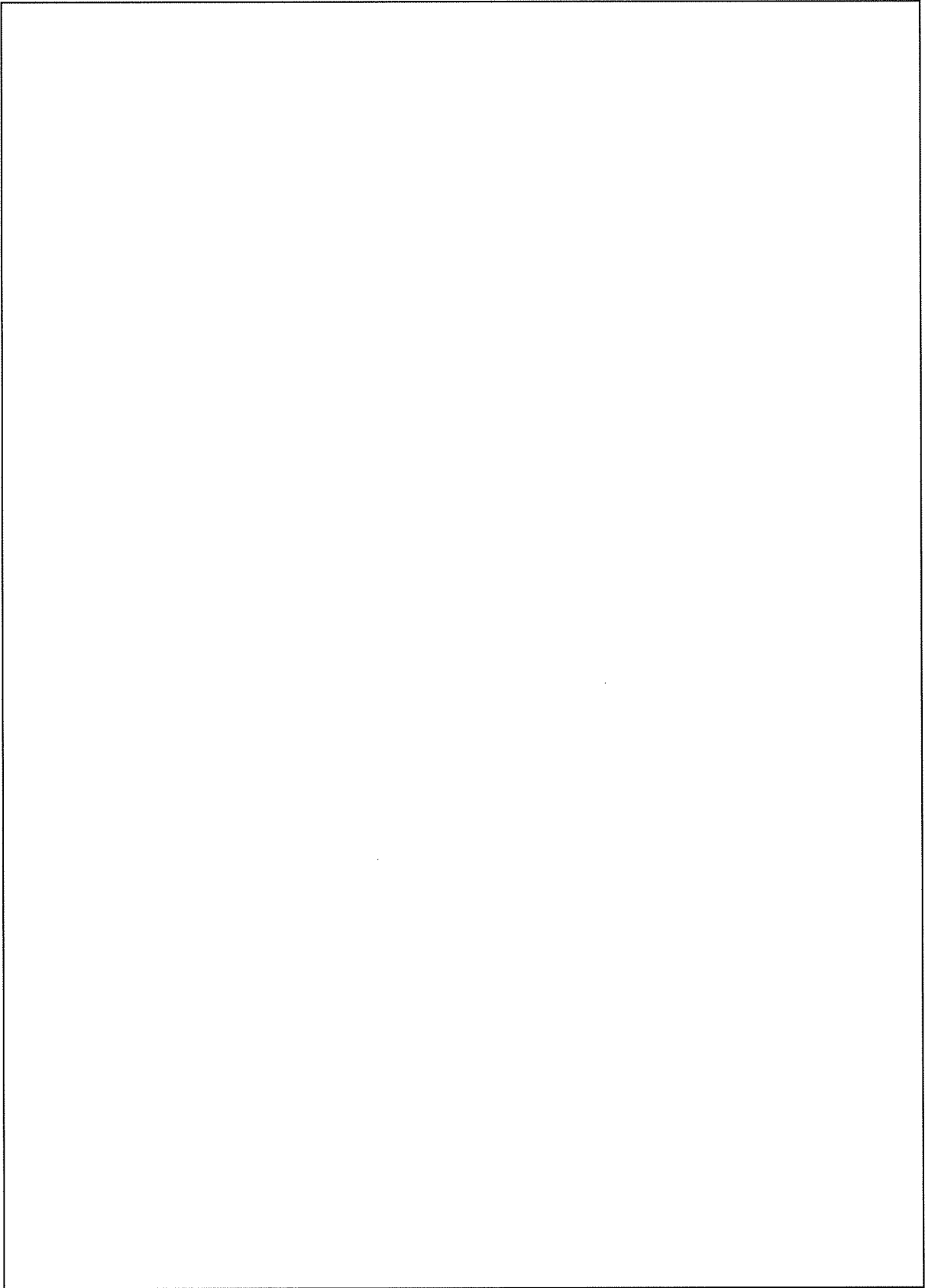
(1) 寸法及び節点

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

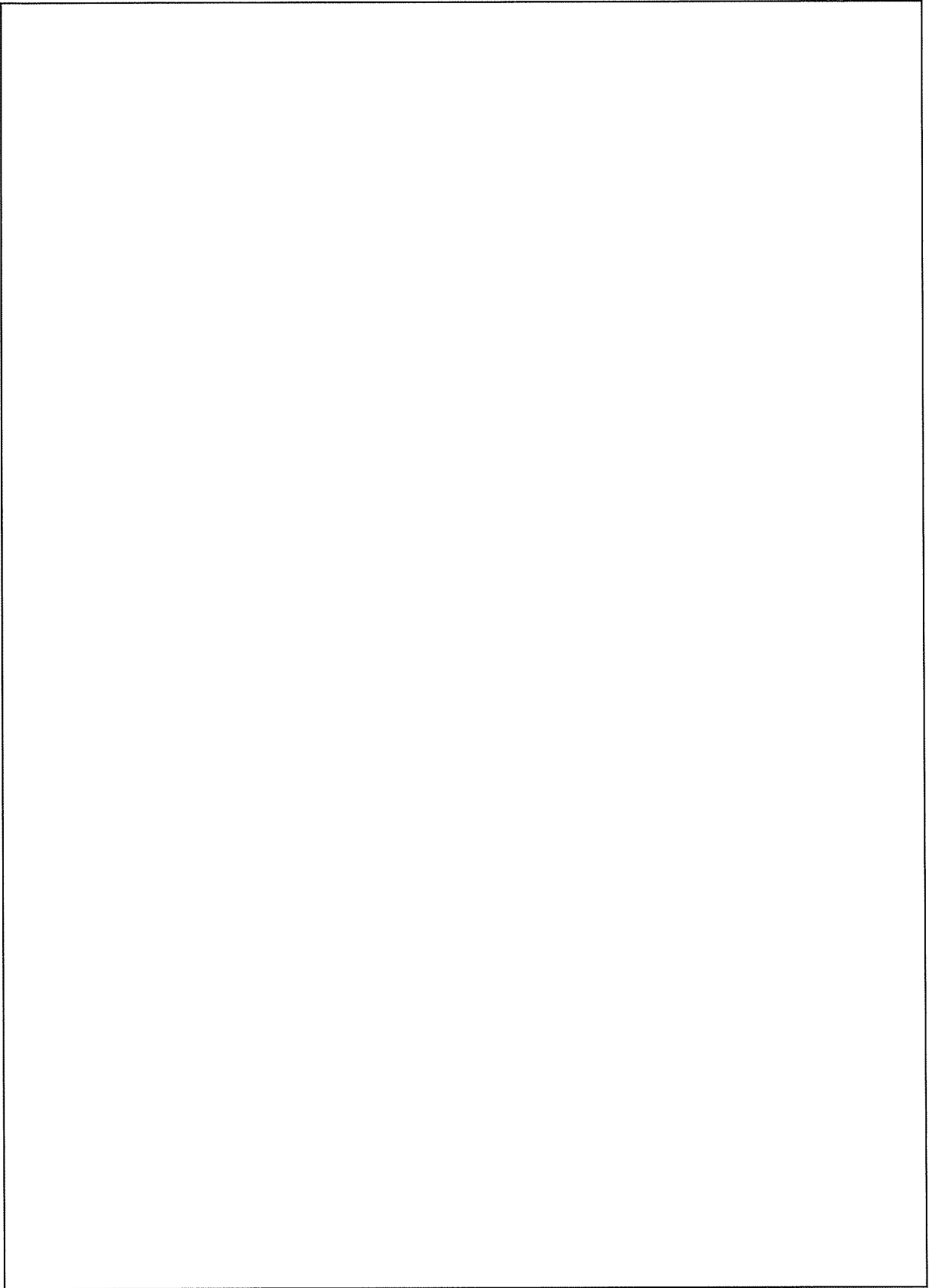
添説設 3-1-転 9-3-1 図(4/7) 構造解析モデル



(1) 寸法及び節点

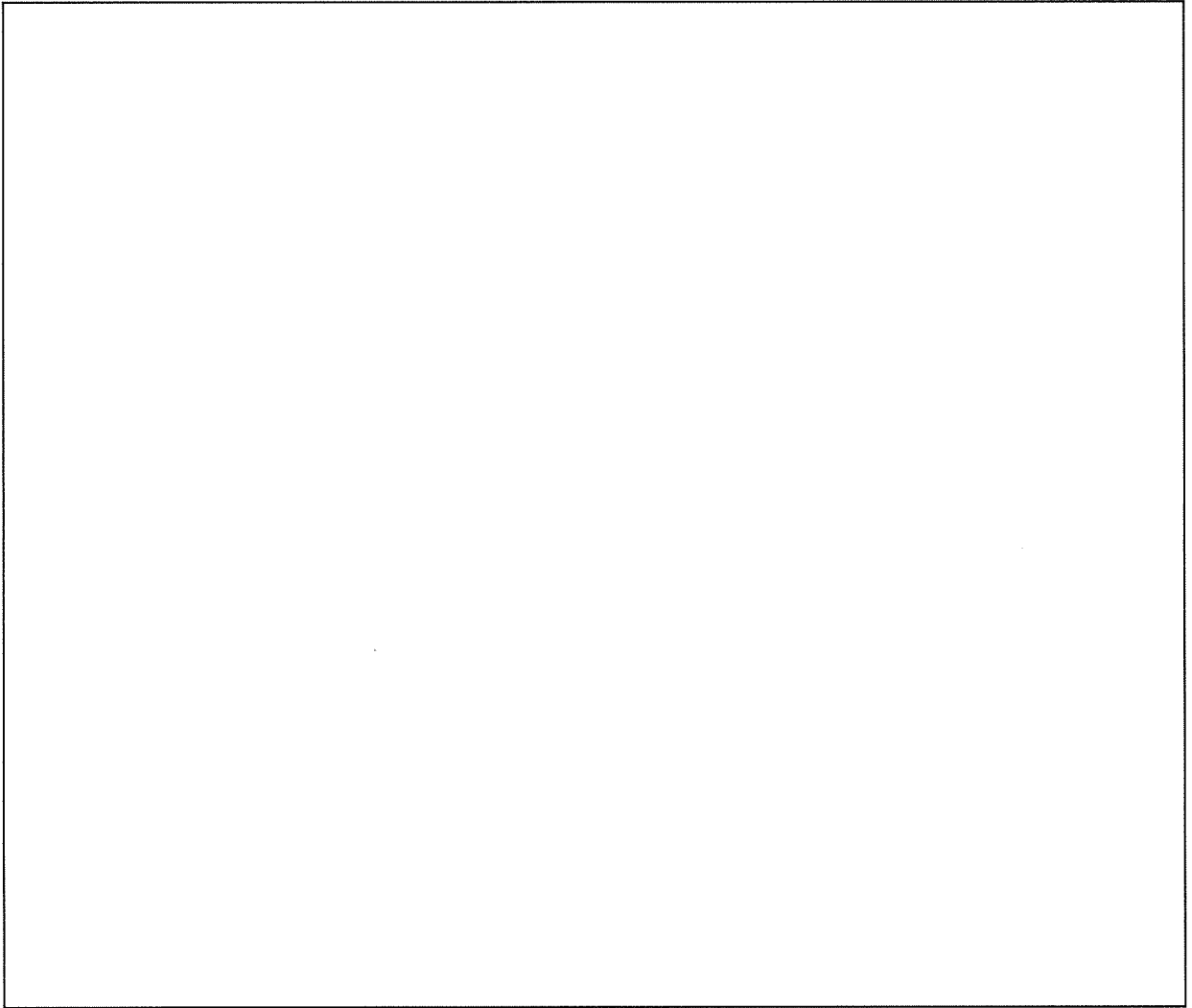
添説設 3-1-転 9-3-1 図(5/7) 構造解析モデル





(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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

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. 1. 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. 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—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-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、フードボックス（充填装置）、充填装置架台	添付図 図イ設-15



## 2. 充填装置の耐震計算

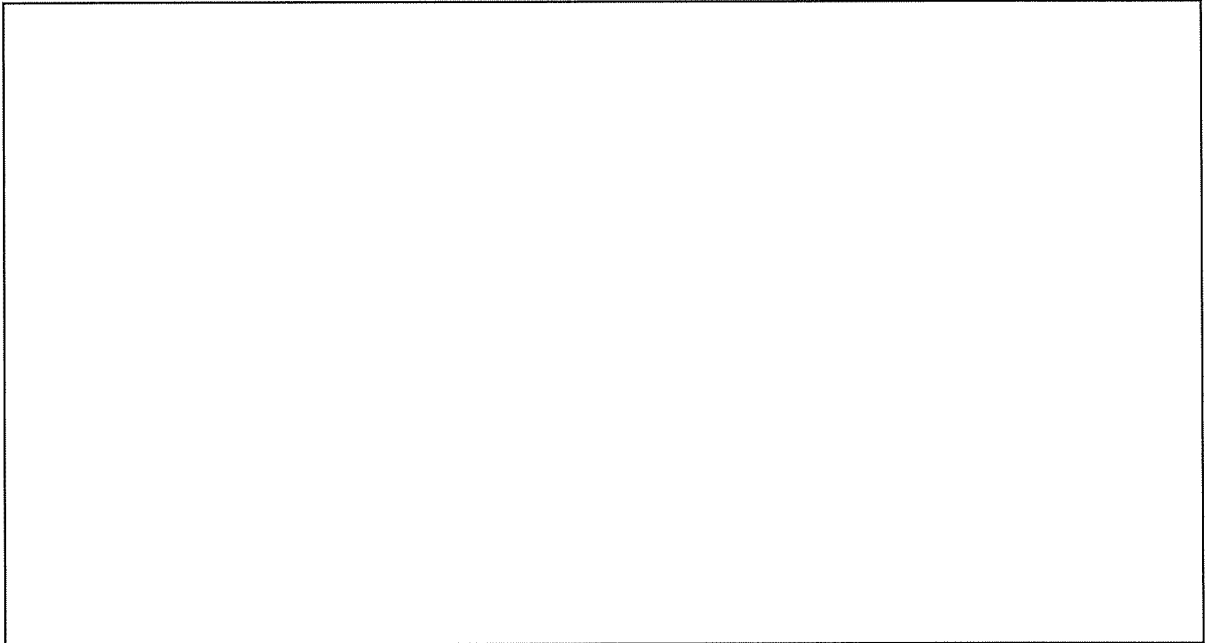
### 2. 1. 評価方法

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> ] $\times 10^4$		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										計算値

\*：内容物や構成品を含む重量

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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdots \doteq \square \text{ [Hz]}$$

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]	Mx [N.m]	My [N.m]	Mz [N.m]	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

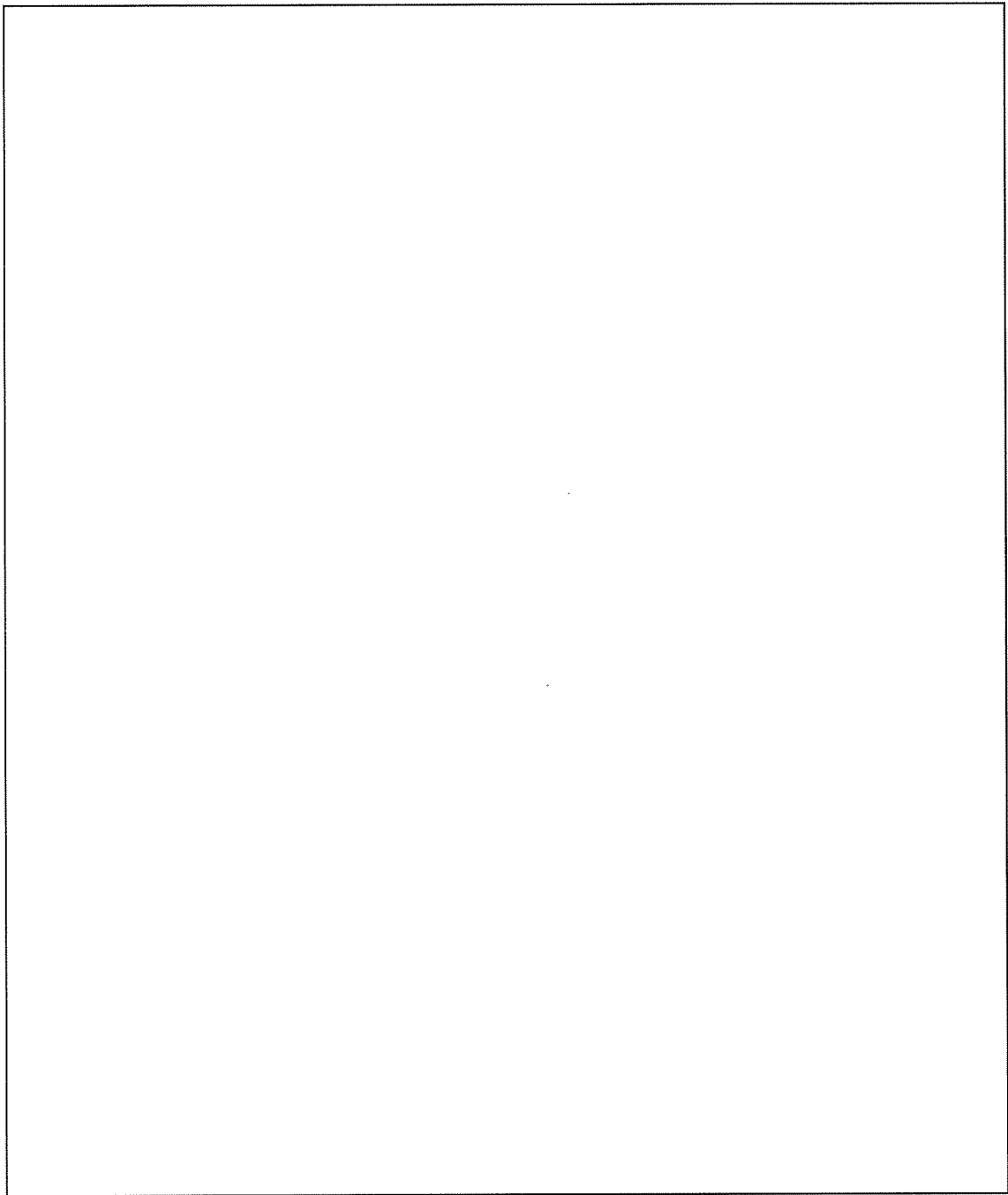
#### 3. 1. 評価方法

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。

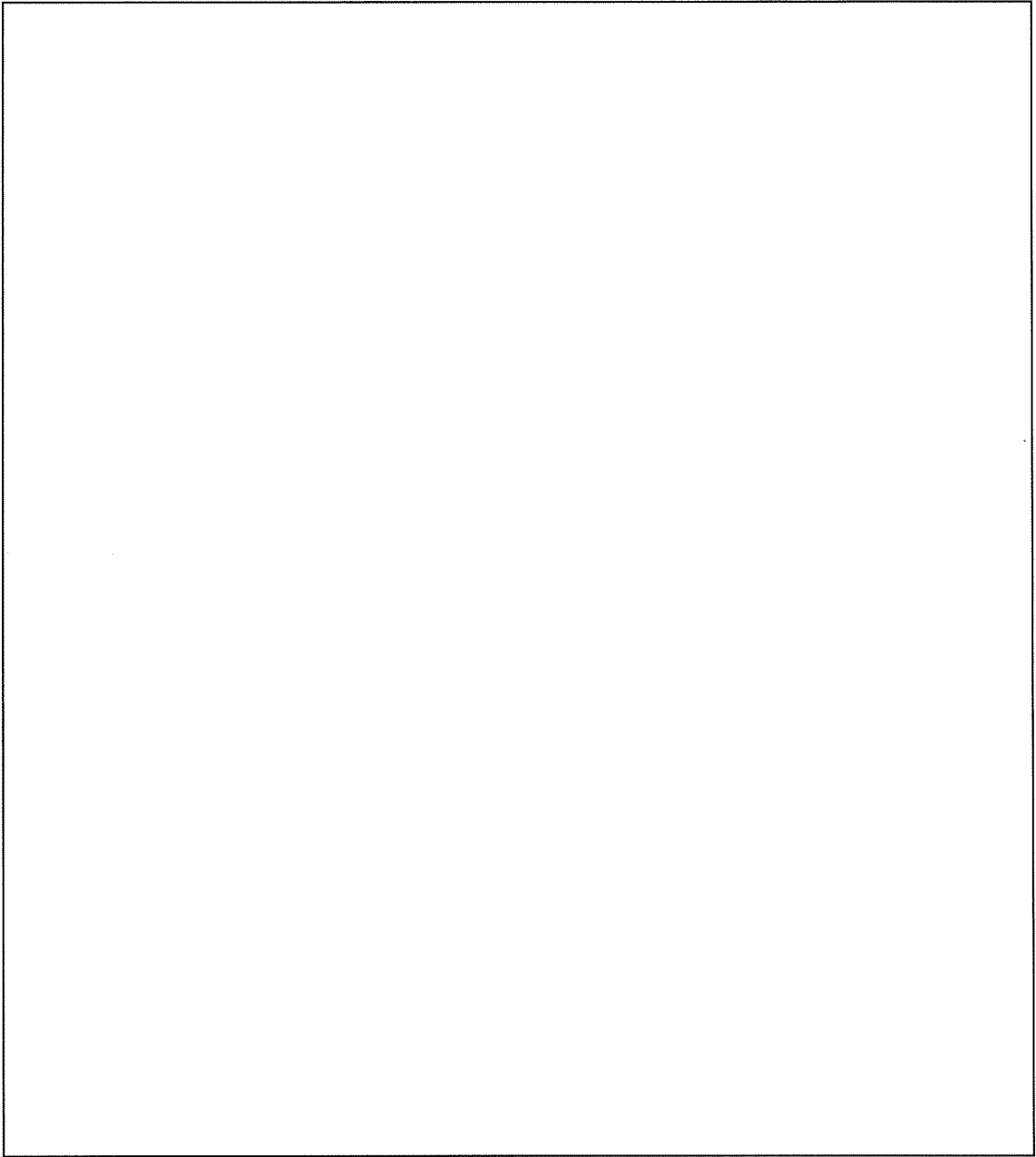
#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

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> ]×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
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*1

\*1：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：ウラン及びそれを内包する設備を含む。

### 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 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

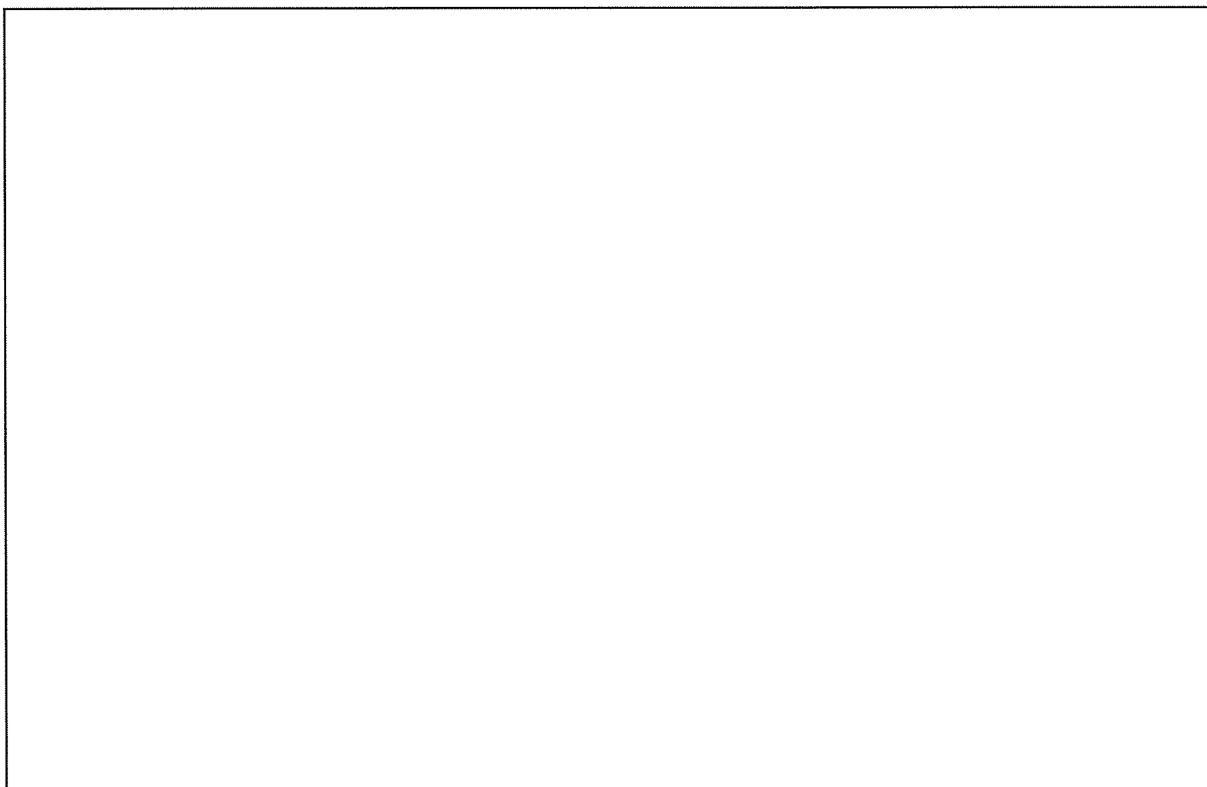
##### 4. 1. 評価方法

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。

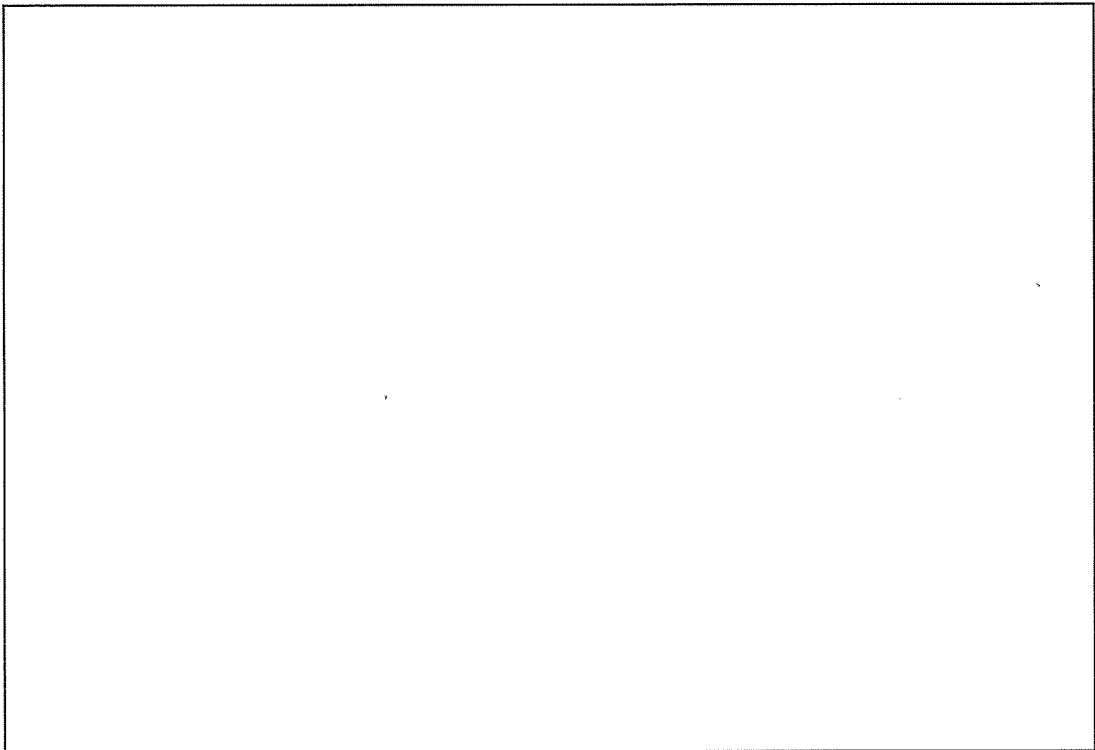
##### 4. 1. 1. 構造解析モデル

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	Iy	Iz	Zy	Zz	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。

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

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、剛構造とされ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

剛構造とされない設備であり、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 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 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

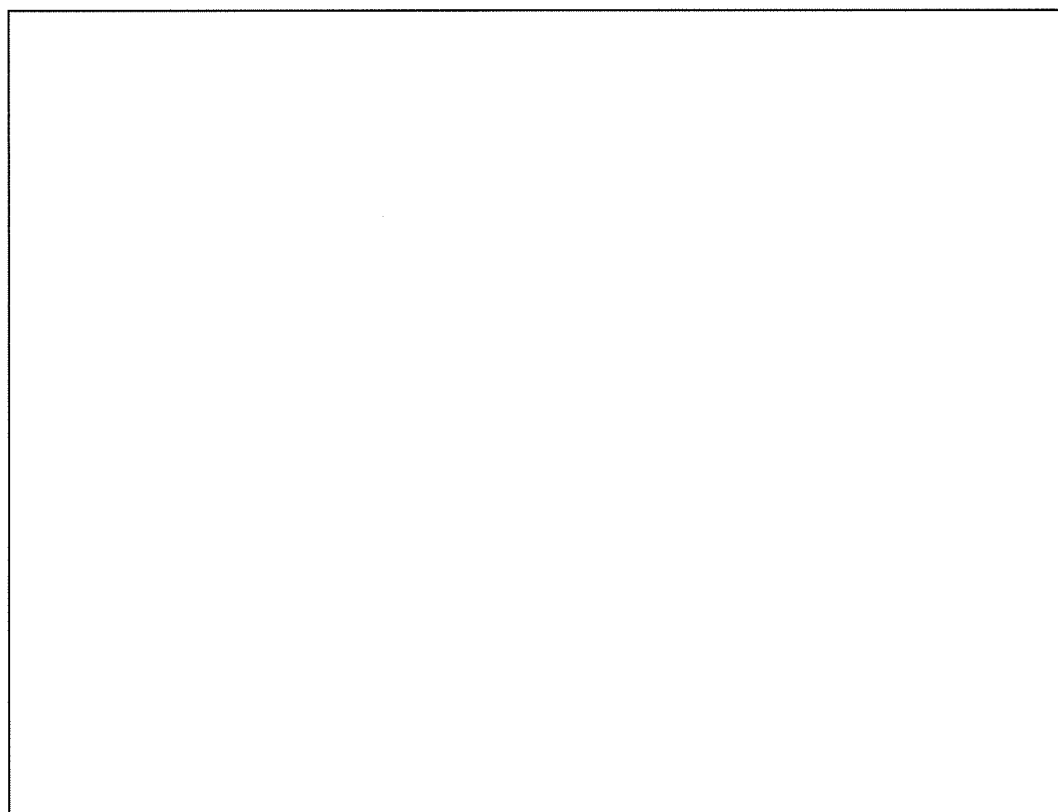
機器名	建物名	区分	部屋名	参照図面
スクラバ（原料倉庫局所排気系統）	工場棟	転換工場	原料倉庫	添付図 図ト配-1

### 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、スクラバ架台(1)、スクラバ架台(2)	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



## 2. スクラバの耐震計算

### 2. 1. 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。

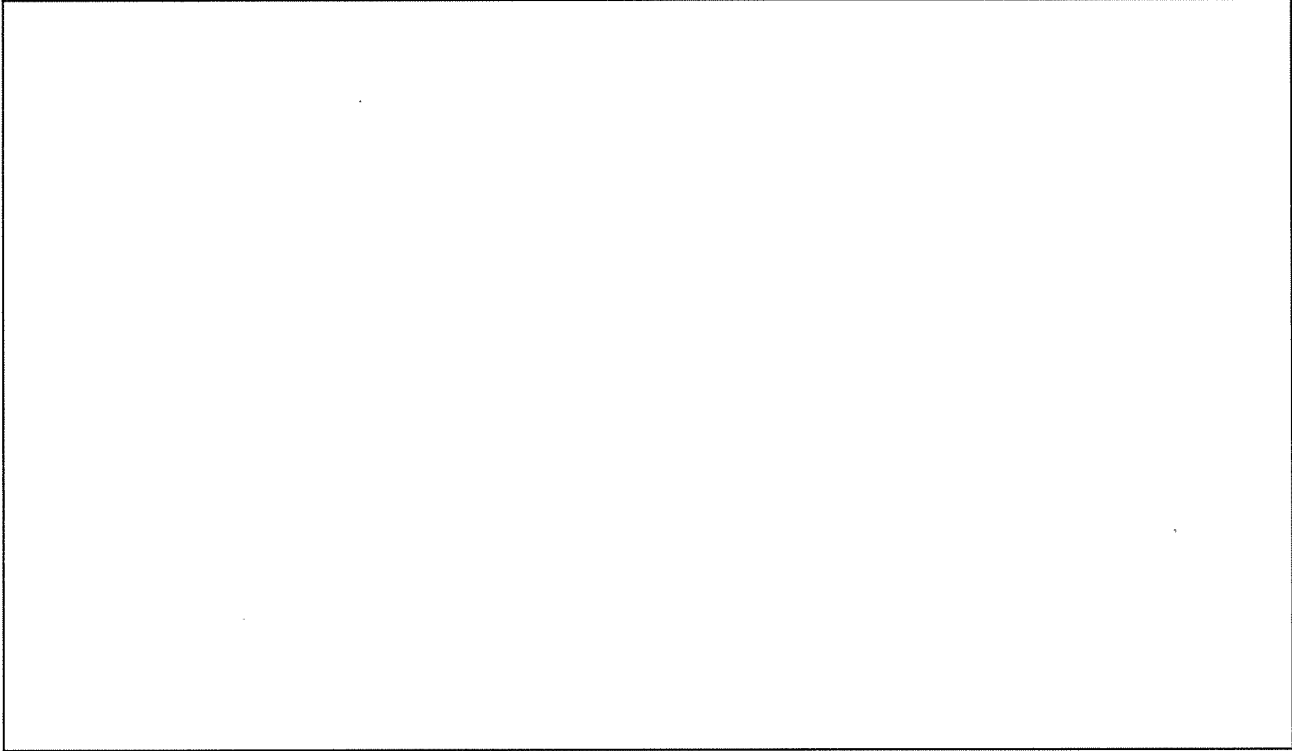
- (1) 部材及び据付ボルトは、重要度分類及び一次固有振動数の算出結果をふまえた設計用地震力を用いて、はり要素、シェル要素による3次元FEMによる静的解析を解析コードで実施する（添付説明書—設3-1-気1-付1参照）。
- (2) 解析コードはNASTRAN Ver. 2018. 2. 1\*1を使用する。
- (3) 拘束条件として、据付ボルト部の並進3方向を固定する。
- (4) 地震荷重は、水平2方向の荷重をそれぞれ考慮する。

\*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。

なお、スクラバの耐震重要度分類は第2類であり地震と設計基準事故の組み合わせは想定されないが、仮にスクラバに関係する設計基準事故であるUF<sub>6</sub>ガスの漏えいとを組み合わせを想定する。UF<sub>6</sub>ガスの漏えい時に想定される環境条件は温度108℃、圧力0.407MPaGのUF<sub>6</sub>が40秒間漏えいし、UF<sub>6</sub>フードボックス内の空気との混合によりUF<sub>6</sub>ガス温度上限は85℃となるが、給気風量による希釈効果によりスクラバ到達時で常温まで低下するため、その構造に影響を及ぼすような温度、圧力には至らず、常温の許容値を用いることができる。

#### 2. 1. 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

使用部材	材料	寸法
①		
②		
③		
④		

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 (⑤)										JIS G3192
柱 (⑥)										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

\*スクラバ内部の重量として取り扱う

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]

$$\text{一次固有振動数} = \frac{5}{\sqrt{\square}} \doteq \square \cdot \cdot \cdot \doteq \square \text{ [Hz]}$$

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。

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、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）

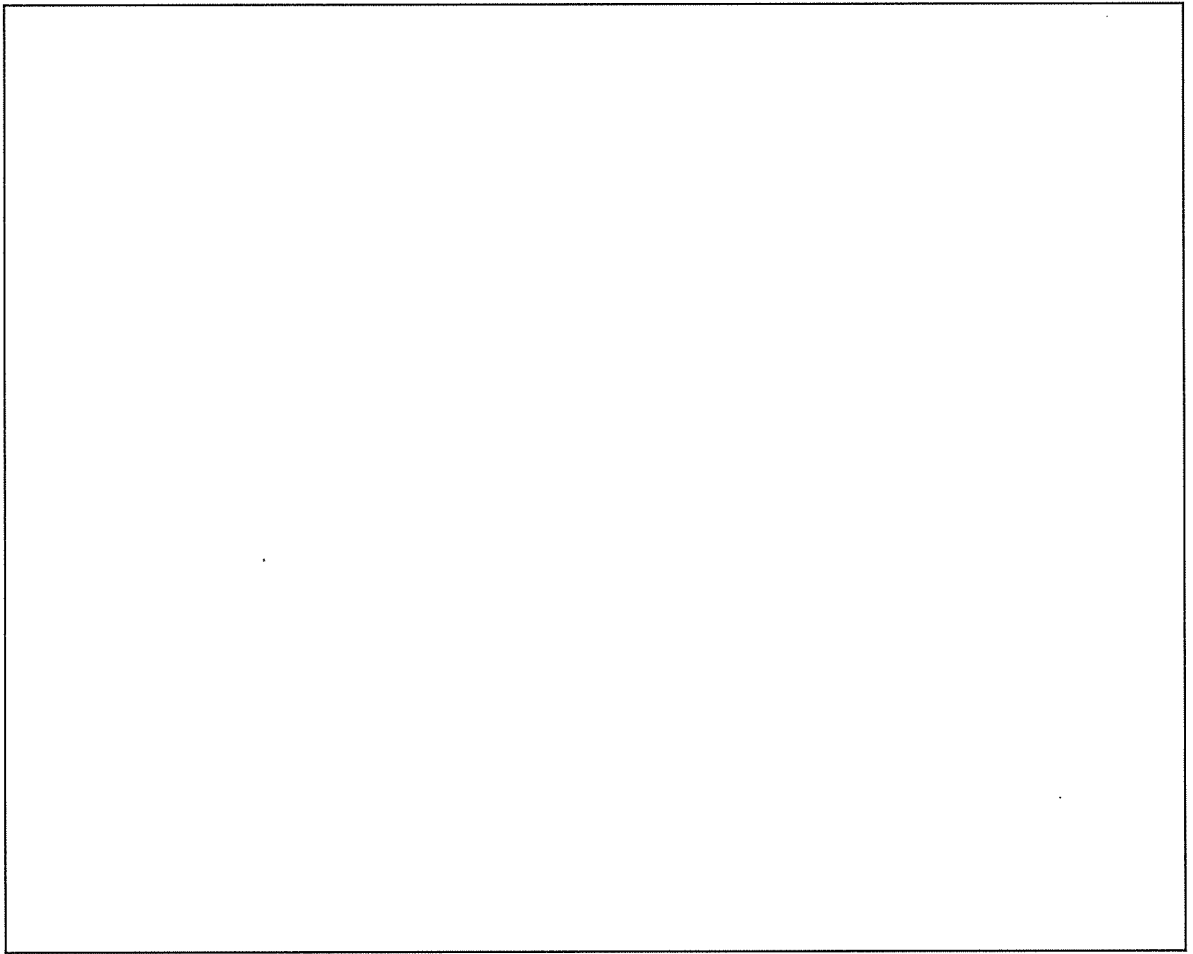
評価対象	位置*	地震 方向	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	—	—			
圧縮応力度	b	—			
せん断応力度	c	—			
曲げ応力度	d	—			
組合せ応力度	e	—			
組合せ応力	d	—			

\*：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）

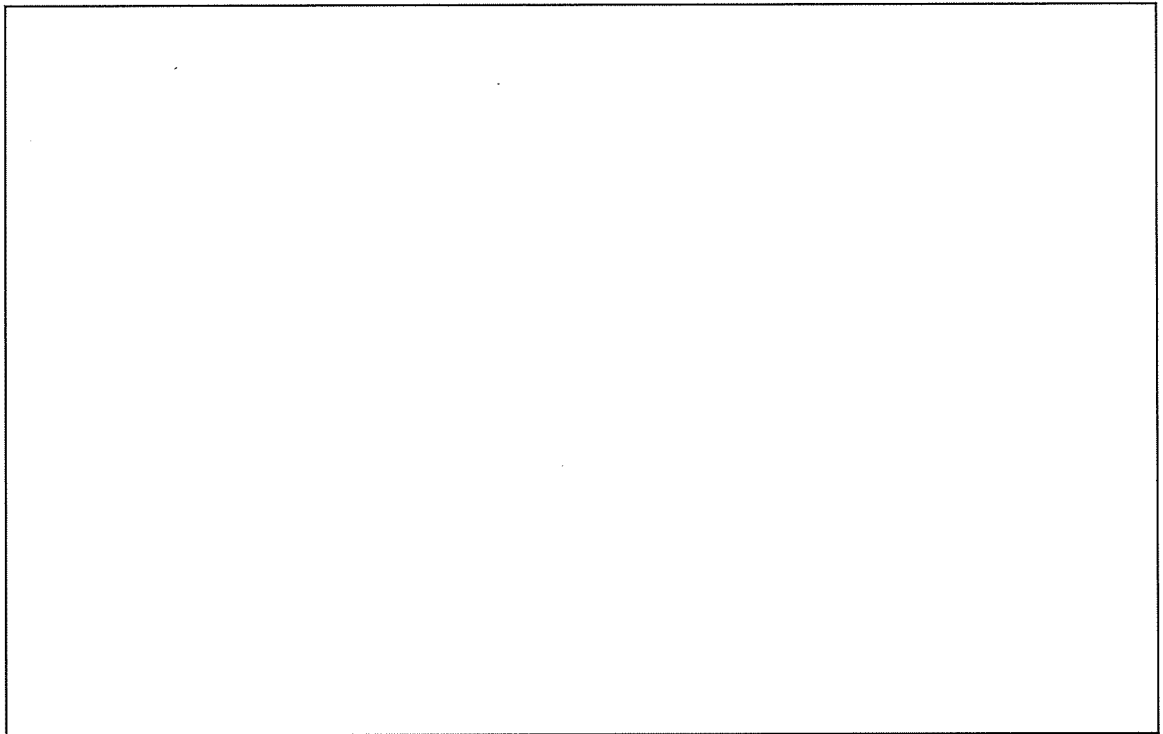
評価対象	位置*	地震 方向	評価値	許容限界	検定比 [—]
引張応力度	B	Y 負			
圧縮応力度	C	Y 負			
せん断応力度	D	Y 負			
曲げ応力度	E	Y 負			
組合せ応力度	D	Y 負			
組合せ応力	E	Y 負			

\*：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

### 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-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

### 3. スクラバ架台(1)の耐震計算

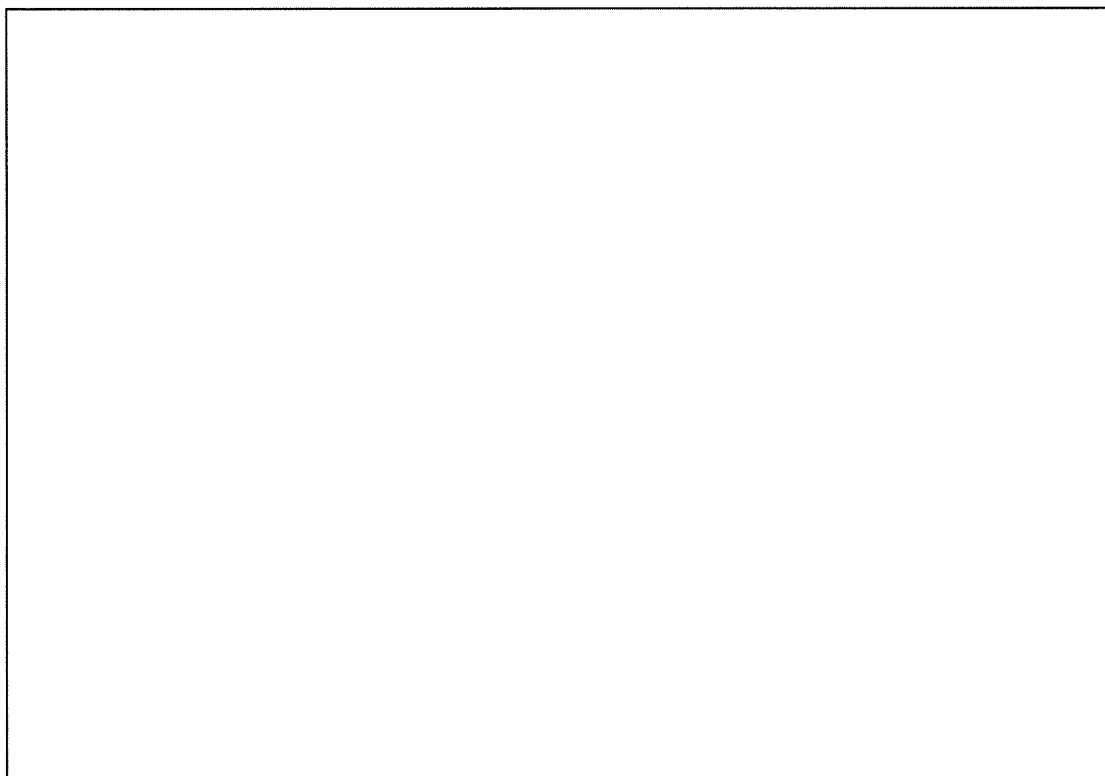
#### 3. 1. 評価方法

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。

#### 3. 1. 1. 構造解析モデル

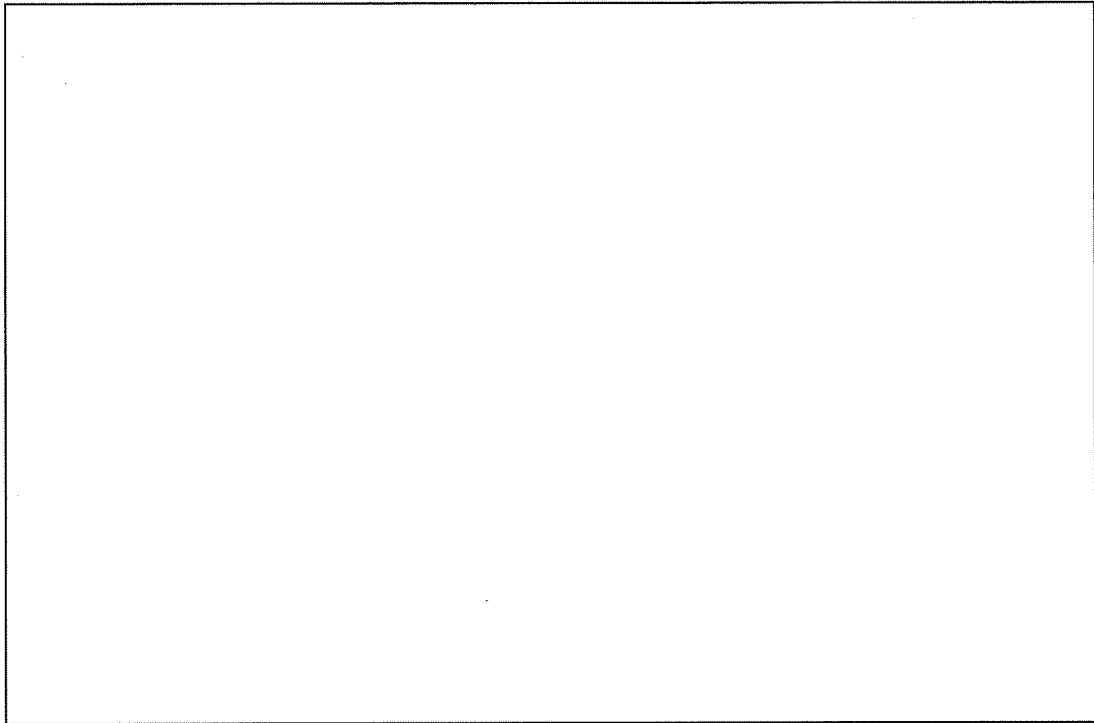
はり要素 3 次元構造解析モデルを添説設 3-1-気 1-3-1 図に示す。溶接構造などの接合部は、剛接合としている。構造解析モデルで使用した部材の断面性能を添説設 3-1-気 1-3-1 表に示す。また、材料定数を添説設 3-1-気 1-3-2 表に示す。柱、はりに作用させる主な長期荷重は添説設 3-1-気 1-3-3 表の通りとする。なお、長期荷重の固定荷重、積載荷重がかかる方向は鉛直方向であるが、地震力は長期時の荷重を水平方向に変換した荷重とする。



(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	Iy	Iz	Zy	Zz	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