

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-057 改4
提出年月日	2020年 7月31日

V-2-11-2-8 耐火隔壁の耐震性についての計算書

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	配置概要	2
2.2	構造計画	6
2.3	評価方針	7
2.4	適用規格・基準等	8
2.5	記号の説明	9
2.6	計算精度と数値の丸め方	11
3.	評価部位	12
4.	地震応答解析及び構造強度評価	12
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	12
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	12
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	12
4.2.2	許容応力	12
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	12
4.3	解析モデル及び諸元	16
4.4	固有周期	18
4.4.1	耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）	18
4.5	設計用地震力	21
4.6	計算方法	22
4.6.1	フレーム部材の応力計算方法	22
4.6.2	基礎ボルトの計算方法	23
4.7	計算条件	24
4.8	応力の評価	24
4.8.1	フレーム部材の応力評価	24
4.8.2	基礎ボルトの応力評価	25
5.	評価結果	26
5.1	設計基準対象施設としての評価結果	26
5.2	重大事故等対処設備としての評価結果	26

1. 概要

本計算書は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、耐火隔壁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、上位クラス施設に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

耐火隔壁は鋼製であり、原子炉建屋及びコントロール建屋に設置する。耐火隔壁の設置位置を図2-1～図2-4に示す。

本資料では、図2-1～図2-4に示す耐火隔壁のうち、構造強度評価の評価部位である基礎ボルトとフレーム部材の裕度が最も厳しい耐火隔壁を代表として、耐震性について示す。なお、その他の耐火隔壁の評価結果については「【耐火隔壁の耐震性についての計算結果】1.4.3 代表機器の選定結果及び全機器の評価結果」にて示す。

対象とした耐火隔壁は、表2-1に示すように、上位クラス施設である中央制御室送風機・排風機の(A)号機および(B)号機の間を設置されており、耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の転倒に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

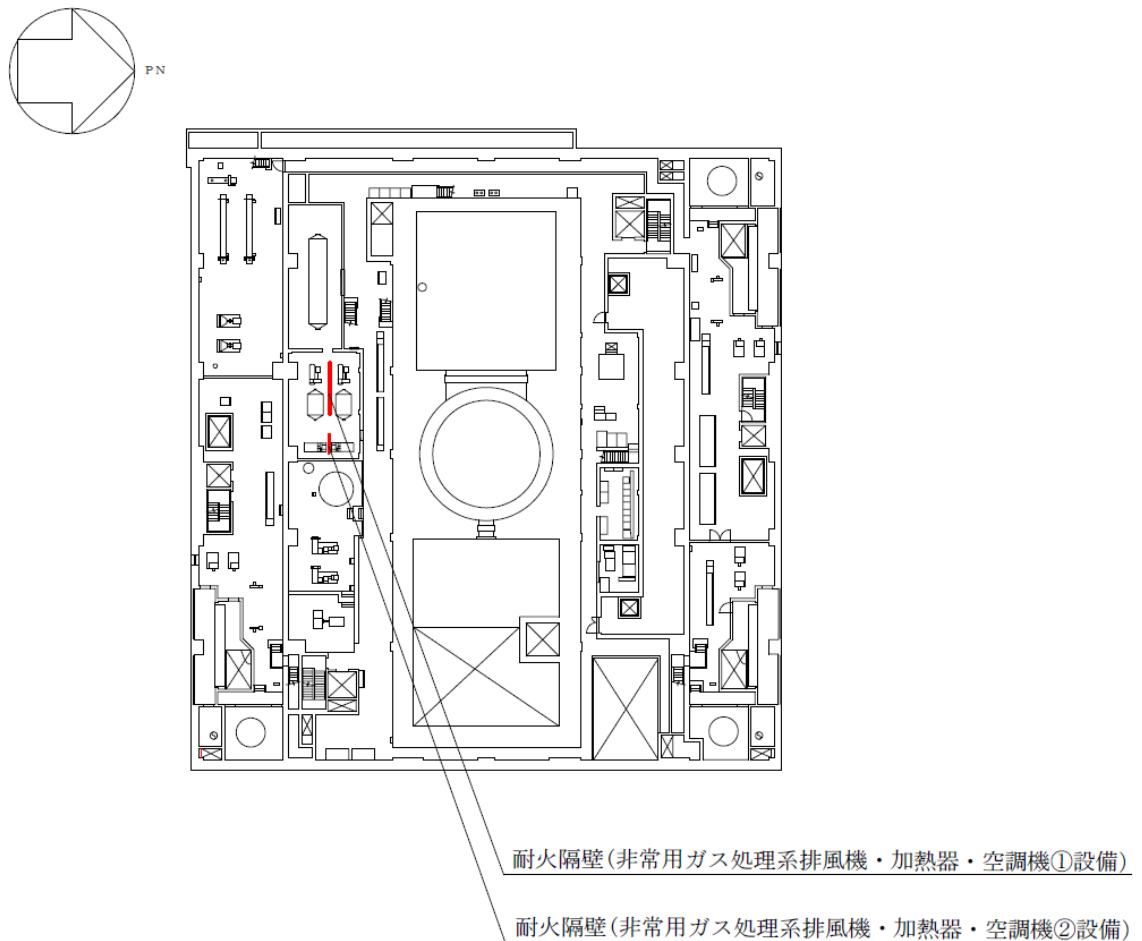
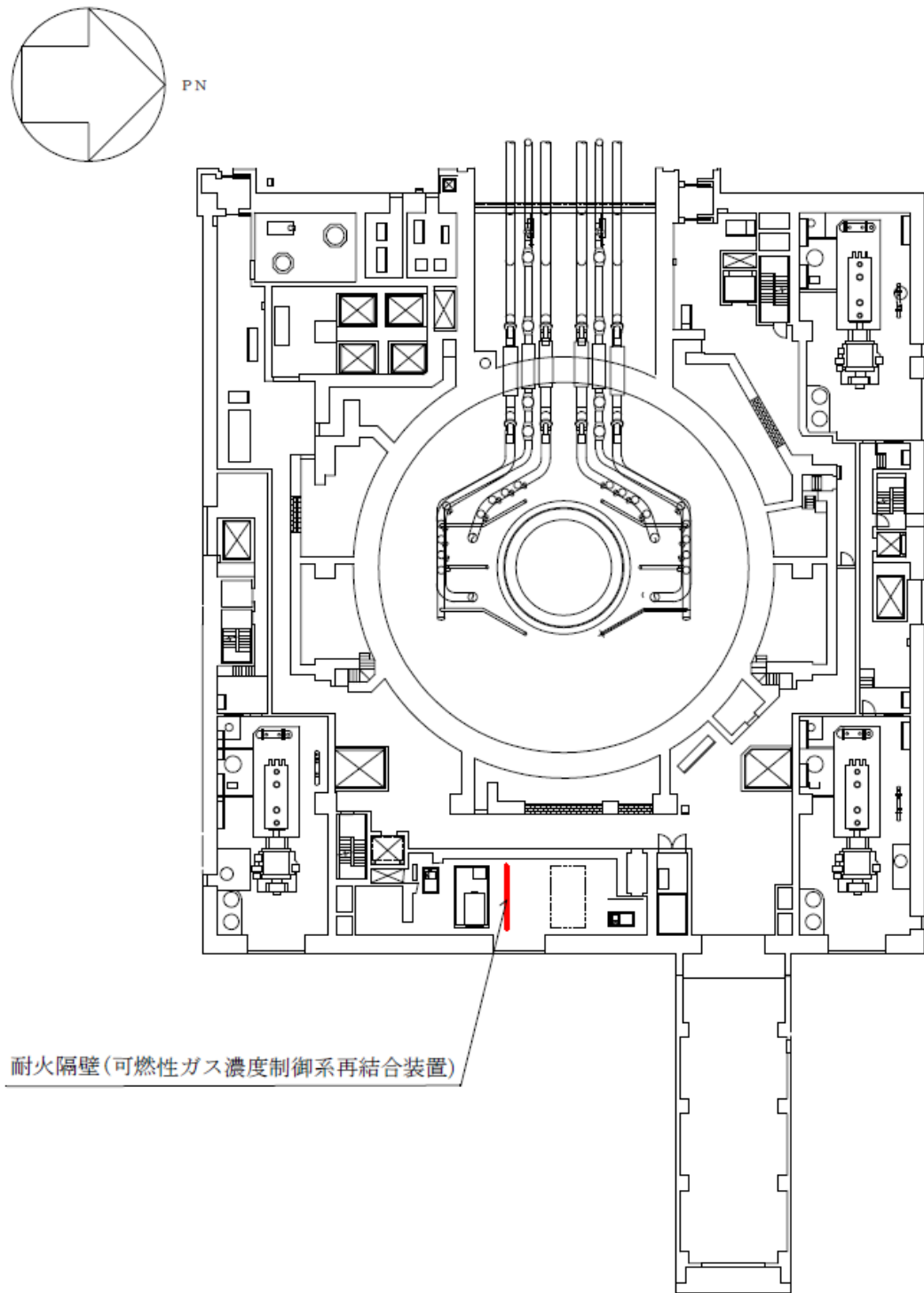


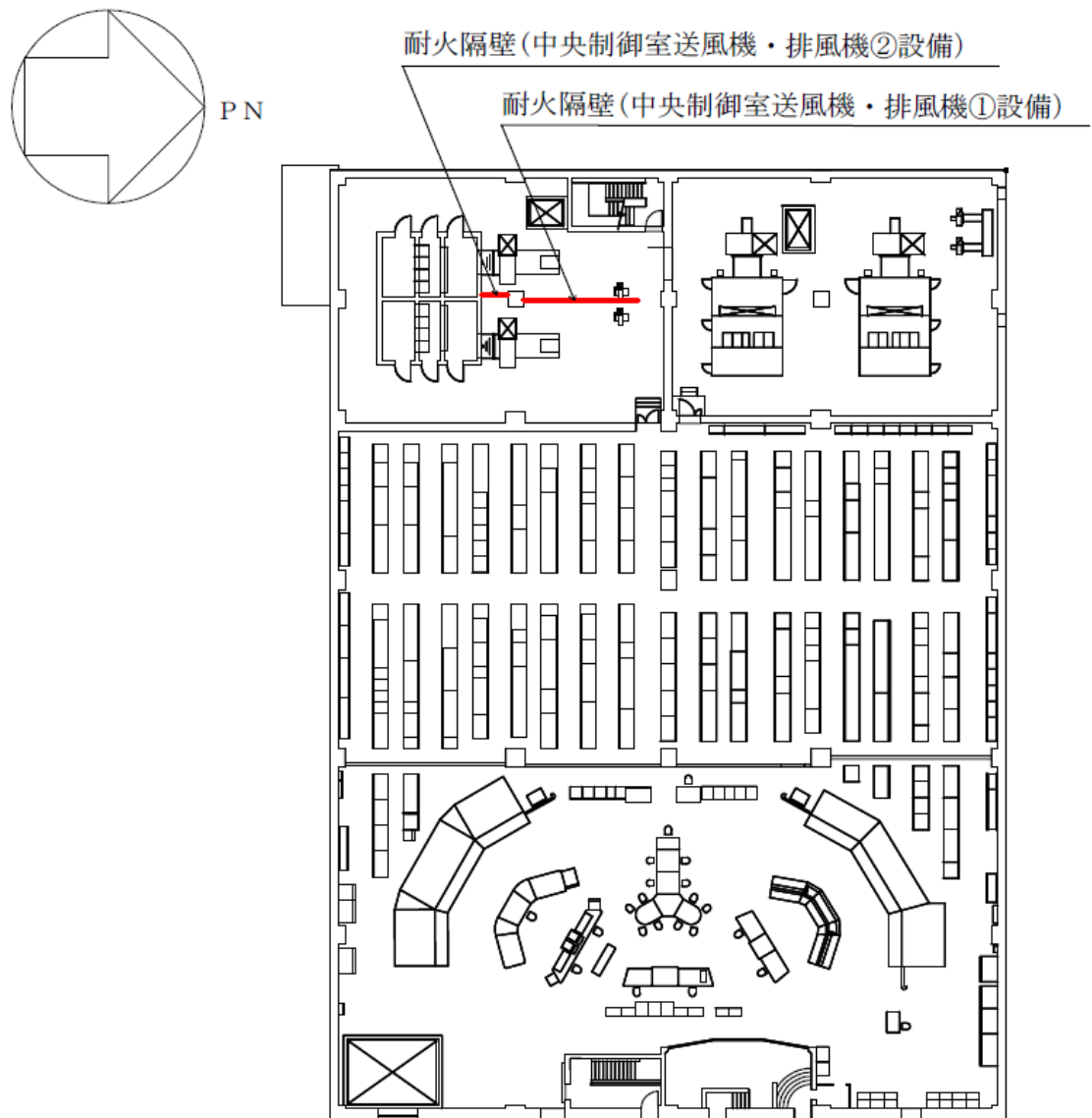
図2-1 耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備，②設備）の設置位置

K7 ① V-2-11-2-8 R0



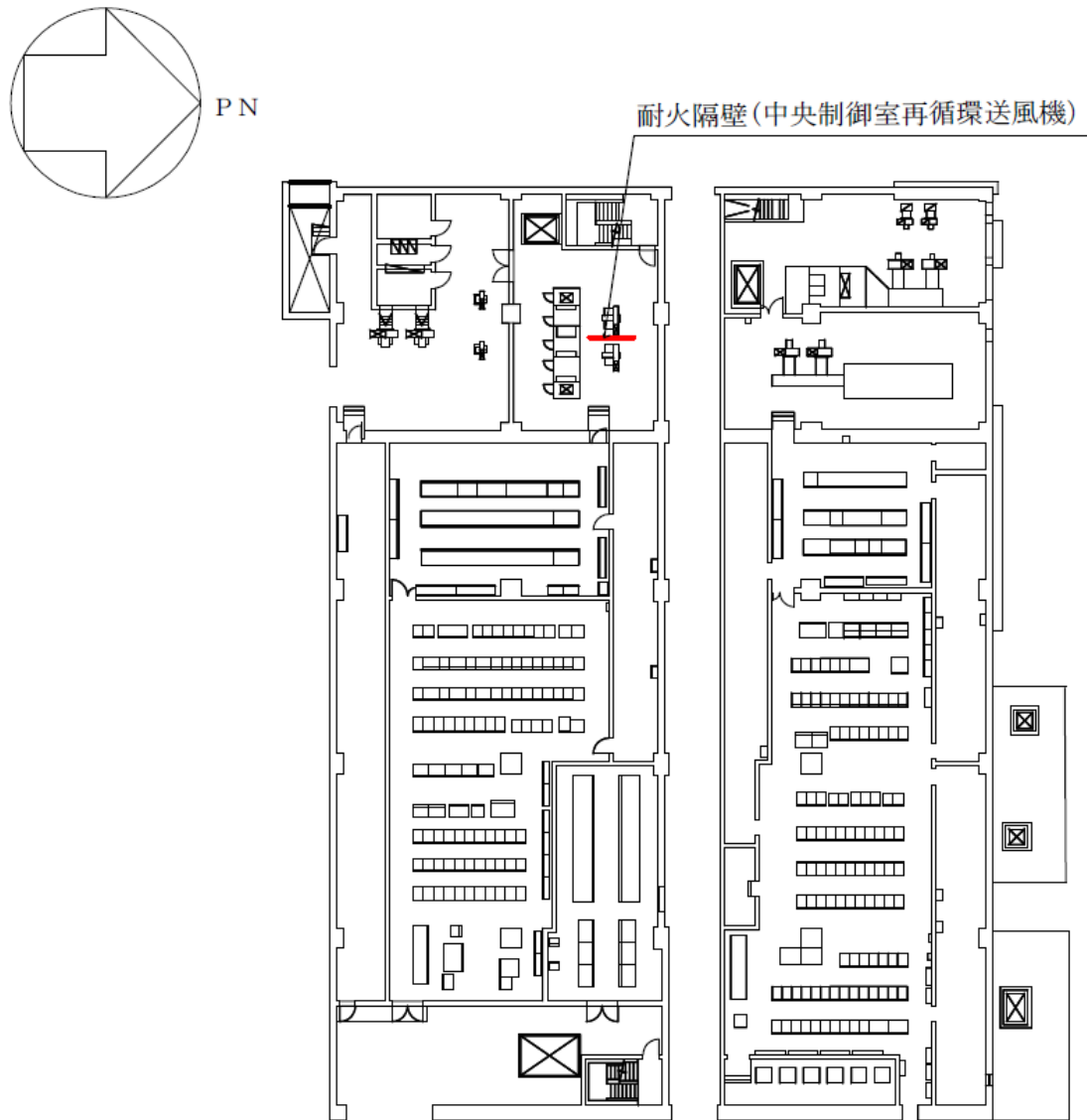
原子炉建屋 T.M.S.L. 12.3 m

図2-2 耐火隔壁（可燃性ガス濃度制御系再結合装置）の設置位置



コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3 m

図2-3 耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備，②設備）の設置位置



コントロール建屋 T.M.S.L. 12.3 m

図2-4 耐火隔壁（中央制御室再循環送風機）の設置位置

2.2 構造計画

耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）は、基礎ボルトにより建屋躯体である床及び柱に固定される。	耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）を形成する鋼板（発泡性耐火被覆貼付）は、鋼製のフレーム部材により支持し、鋼製のフレーム部材（支柱）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び柱に固定される。	<p>耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）</p> <p>ベースプレート</p> <p>中央制御室送風機</p> <p>中央制御室排風機</p> <p>フレーム部材</p> <p>7155</p> <p>3800</p> <p>a-a 立面図</p> <p>b-b 立面図</p> <p>基礎ボルト（メカニカルアンカ）</p> <p>(単位：mm)</p> <p>耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）</p>

2.3 評価方針

耐火隔壁の応力評価は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示す耐火隔壁の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

耐火隔壁の耐震評価フローを図2-5に示す。



図2-5 耐火隔壁の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 ((社)日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社)日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- 鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一 (日本建築学会, 2005)
- 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会 2010年改定)
- 日本工業規格 (J I S)

2.5 記号の説明

表2-2 耐火隔壁の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A	引張力が作用するはりの断面積	mm^2
A_b	基礎ボルトの呼び径断面積	mm^2
A_{s_y}	フレーム部材の有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm^2
A_{s_z}	フレーム部材の有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm^2
E	縦弾性係数	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_N	アンカー部に作用する引張力	N
F_{s_x}	アンカー部に作用するx軸方向のせん断力	N
F_{s_y}	アンカー部に作用するy軸方向のせん断力	N
f_b	フレーム部材の許容曲げ応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_s	フレーム部材の許容せん断応力	MPa
f_{sb}	ボルトの許容せん断応力	MPa
f_t	フレーム部材の許容引張応力	MPa
f_{t0}	引張応力について規定するボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張応力とせん断応力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
i	座屈軸についての断面二次半径	mm
l_k	座屈長さ	mm
M_t	フレーム部材に作用するねじりモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_{tA}	アンカー部に作用するねじりモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_{xA}	アンカー部に作用するX軸周りのモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_y	フレーム部材に作用するY軸周りの曲げモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_{yA}	アンカー部に作用するY軸周りの曲げモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_z	フレーム部材に作用するZ軸周りの曲げモーメント	$\text{N} \cdot \text{mm}$
N	基礎ボルト総本数	本
N_c	フレーム部材に作用する圧縮力	N
N_t	フレーム部材に作用する引張力	N
n_x	M_{xA} に対する基礎ボルトの列本数	本

記号	記号の説明	単位
n_y	M_{yA} に対する基礎ボルトの列本数	本
Q	基礎ボルト1本に作用するせん断力	N
Q_y	フレーム部材に作用するY軸方向のせん断力	N
Q_z	フレーム部材に作用するZ軸方向のせん断力	N
r_x	M_{xA} に対するモーメントアーム	mm
r_y	M_{yA} に対するモーメントアーム	mm
l	M_{tA} に対するモーメントアーム	mm
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y(RT)$	40°Cにおける設計降伏点	MPa
T	ボルト1本に作用する引張力	N
Z_p	フレーム部材のねじり断面係数	mm ³
Z_y	フレーム部材のY軸周りの断面係数	mm ³
Z_z	フレーム部材のZ軸周りの断面係数	mm ³
τ	フレーム部材に作用するせん断応力	MPa
τ_b	基礎ボルト1本に生じるせん断応力	MPa
σ_a	フレーム部材に生じる軸応力 (σ_c と σ_t のいずれか大きい方)	MPa
σ_b	フレーム部材に生じる曲げ応力	MPa
σ_c	フレーム部材に生じる圧縮応力	MPa
σ_t	フレーム部材に生じる引張応力	MPa
σ_{tb}	基礎ボルト1本に生じる引張応力	MPa

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-3に示すとおりとする。

表2-3 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
断面係数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
フレーム部材の断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
寸法	mm	公称寸法を採用		
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
温度	°C	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
設計降伏点	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
設計引張り強さ	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
ボルトの軸部断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
裕度	—	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位

3. 評価部位

耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるフレーム部材及び基礎ボルトについて実施する。耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）を形成する鋼板（発泡性耐火被覆貼付）は、鋼製のフレーム部材により支持し、鋼製のフレーム部材（支柱）は基礎ボルトにより建屋躯体である床及び柱に固定される。
- (2) 地震力は、耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとし、組み合わせるものとする。
- (3) 動的地震力による解析は固有値解析の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合は剛構造として1.2ZPAの加速度を静的に作用させた静的解析を行い、20Hz未満の場合は柔構造としてスペクトルモーダル解析を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-1に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2 許容応力

耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の許容応力は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき表4-3に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分	機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}

注記*：その他支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分	機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）	—	—*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	IV_{AS}

注記*：その他支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表4-3 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *3} (ボルト等以外)				許容限界 ^{*2} (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	引張り	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*3：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度					
フレーム部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	—	245	400	—
基礎ボルト	SS400 (16mm < 厚さ ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	—	235	400	—








表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

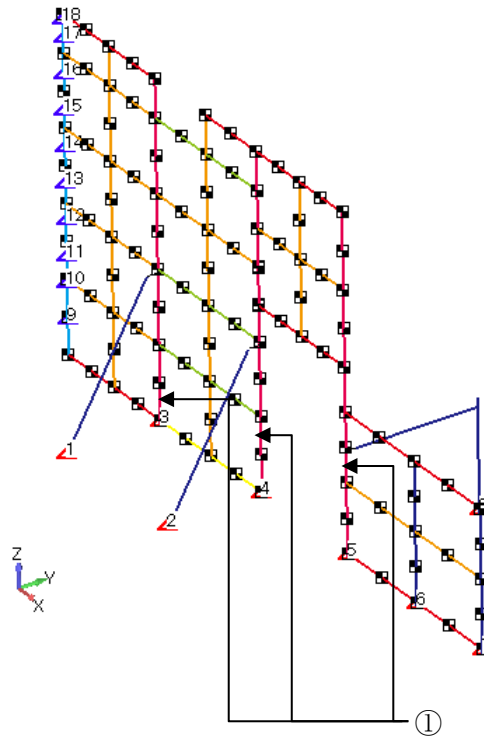
評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度					
フレーム部材	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	—	245	400	—
基礎ボルト	SS400 (16mm < 厚さ ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	—	235	400	—

4.3 解析モデル及び諸元

耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【耐火隔壁の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）を構成するフレーム部材をはり要素でモデル化したFEMモデルを用いる。
- (2) 拘束条件は、ベースプレート固定基礎ボルト位置において完全拘束とする。
- (3) モデルの全体重量については発泡性耐火被覆の重量を加味する。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

部材リスト	材質	断面積
 : L50x50x6	SS400	564.4mm ²
 : 2-L50x50x6	SS400	1129mm ²
 : L65x65x6	SS400	752.7mm ²
 : 2-L65x65x6	SS400	1505mm ²
 : L100x100x7	SS400	1362mm ²
 : H150x150x7x10	SS400	3965mm ²
 : H250x250x9x14	SS400	9143mm ² ・・・①



① : H250x250x9x14 は上図の3か所のみ



図 4-1 耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）解析モデル

4.4 固有周期

4.4.1 耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）

耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の固有値解析の結果を表4-6に示す。

表4-6 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数		
			水平方向		鉛直方向 Z方向
			X方向	Y方向	
1次	水平	0.058	—	-0.730	—
2次	水平	0.052	—	-0.602	—
3次	水平	0.050	—	-0.262	—
4次	水平	0.047	—	—	—
1次	鉛直	0.004	—	—	—

K7 ① V-2-11-2-8 R0

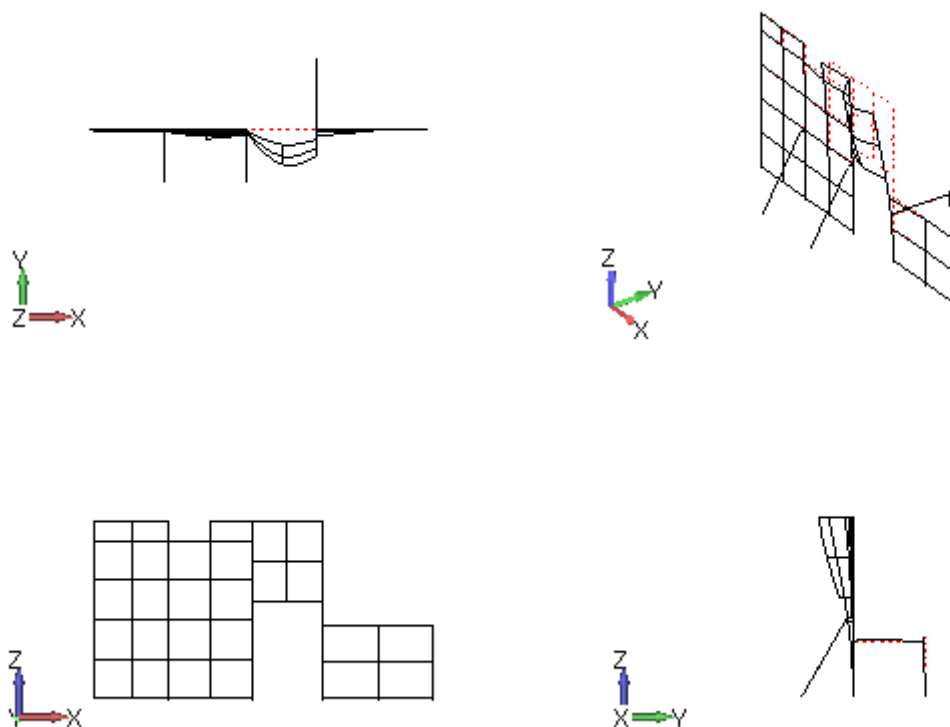


図4-2 耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備） 1次固有振動モード図

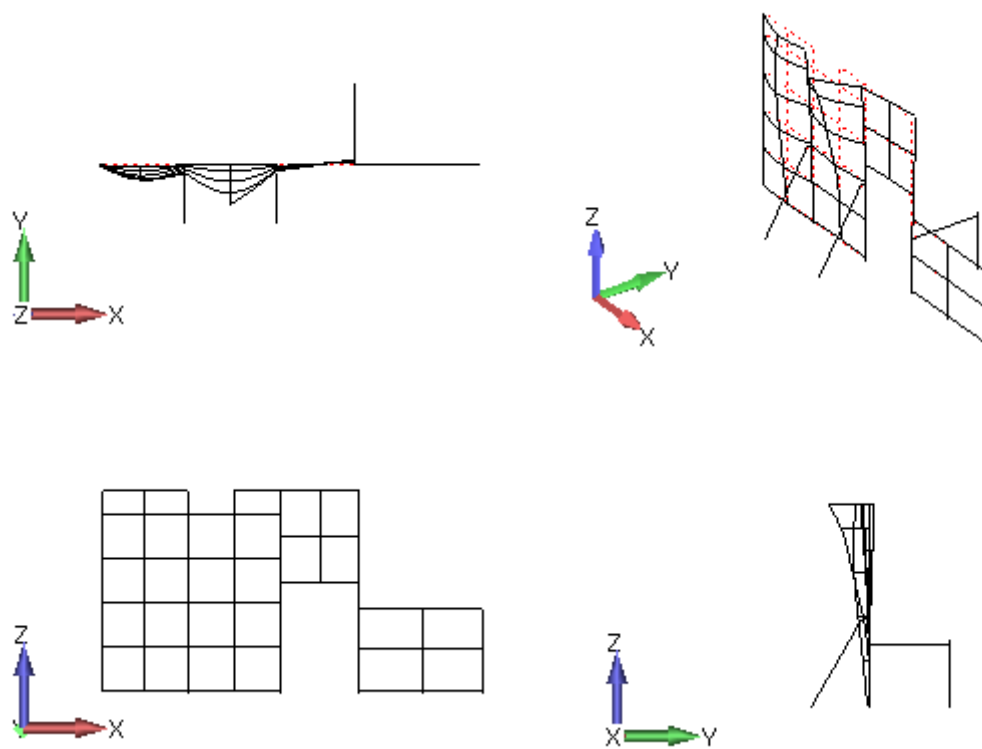


図 4-3 耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備） 2次固有振動モード図

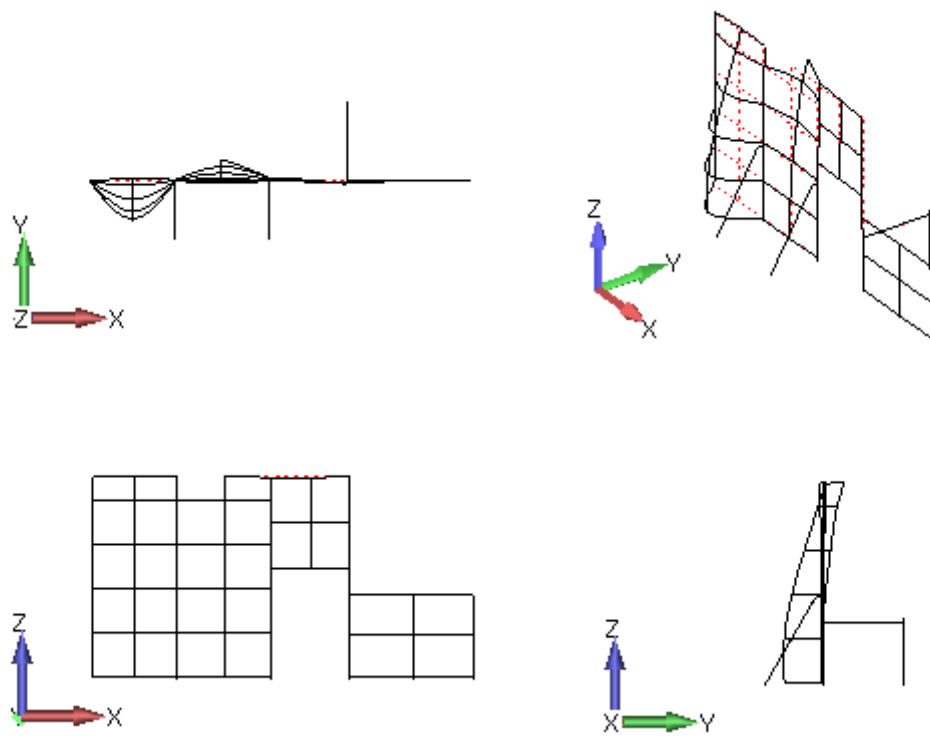


図 4-4 耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備） 3次固有振動モード図

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表4-7に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4-7 設計用地震力

据付場所及び床面高さ(m)		コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3(T.M.S.L. 24.1* ¹)					
固有周期(s)		水平：0.058* ² 鉛直：0.004					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：1.0					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度* ³		応答鉛直震度* ³
		NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	
1次	0.058	—	—	—	2.94	2.94	2.45
2次	0.052	—	—	—	2.69	2.69	2.28
3次	0.050	—	—	—	2.81	2.81	2.03
4次	0.047	—	—	—	2.73	2.73	1.83
動的地震力* ⁴		—	—	—	1.88	1.88	1.15
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載。

*3：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

*4：S_sに基づく設計用最大応答加速度（1.2ZPA）より定めた震度を示す。

4.6 計算方法

4.6.1 フレーム部材の応力計算方法

モデルを用いて動的地震力に対する解析を行い、フレーム部材に生じる引張応力、圧縮応力、せん断応力、曲げ応力ならびに組合せ応力が、許容応力以下となることを確認する。

- (1) 引張応力

$$\sigma_t = \frac{N_t}{A}$$

- (2) 圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{N_c}{A}$$

- (3) せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{Q_y}{A_{s y}}\right)^2 + \left(\frac{Q_z}{A_{s z}}\right)^2} + \frac{M_t}{Z_p}$$

- (4) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z}$$

- (5) 組合せ応力

$$\frac{\sqrt{\left(|\sigma_a| + \sigma_{b y} + \sigma_{b z}\right)^2 + 3\tau^2}}{f_t}$$

- (6) 組合せ応力（引張り+曲げ）

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t}$$

- (7) 組合せ応力（圧縮+曲げ）

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$$

4.6.2 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルト1本に生じる引張応力ならびにせん断応力が、許容応力以下となることを確認する。

(1) 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{T}{A_b}$$

ここで、

$$T = \frac{F_N}{N} + \frac{M_x}{r_x \cdot n_x} + \frac{M_y}{r_y \cdot n_y}$$

(2) せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q}{AA}$$

ここで、

$$Q = \frac{\sqrt{F_{sx}^2 + F_{sy}^2 + \frac{M_t}{l}}}{N}$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【耐火隔壁の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 フレーム部材の応力評価

4.6.1項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_t 以下であること。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	$\left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F^*}{\nu} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

ただし、

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

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}}$$

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$$

4.8.2 基礎ボルトの応力評価

4.6.2 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_{tA} は許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることにより波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

設計基準対象施設における評価と条件が同じであるため，記載を省略する。

【耐火隔壁の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
耐火隔壁（中央制御 室送風機・排風機① 設備）	C	コントロール建屋 T.M.S.L 17.3 (T.M.S.L 24.1*1)	0.058	0.004	—*2	—*2	—	40

注記*1：基準床レベルを示す

*2：基準地震動 S s に基づく設計用床応答曲線から得られる値

1.2 機器要目

1.2.1 フレーム部材

部材	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	A (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	A _{s y} (mm ²)	A _{s z} (mm ²)	l _k (mm)	i (mm)	Z _p (mm ³)
2-L50x50x6	2.020×10 ⁵	245	400	280	1129	9722	7079	600	600	740	14.9	3456

1.2.2 基礎ボルト

部材	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	A _b (mm ²)	N (本)	n _x (本)	n _y (本)	r _x (mm)	r _y (mm)	ℓ (mm)
基礎ボルト (M16)	2.020×10 ⁵	235	400	280	201.1	6	3	2	400	400	200

1.3 計算数値

1.3.1 フレーム部材の荷重

(単位：N)

要素番号	節点番号	N_t	N_c	Q_y	Q_z
		基準地震動 S s	基準地震動 S s	基準地震動 S s	基準地震動 S s
2080	-	5.880×10^3	5.900×10^3	6.362×10^2	6.619×10^2

1.3.2 フレーム部材のモーメント

(単位：N・mm)

要素番号	節点番号	M_y	M_z	M_t
		基準地震動 S s	基準地震動 S s	基準地震動 S s
2080	-	5.070×10^5	6.356×10^5	1.755×10^{-11}

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

要素番号	節点番号	F_N	F_{sx}	F_{sy}
		基準地震動 S s	基準地震動 S s	基準地震動 S s
-	5	2.471×10^3	6.035×10^3	5.621×10^3

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

要素番号	節点番号	M_{xA}	M_{yA}	M_{tA}
		基準地震動 S s	基準地震動 S s	基準地震動 S s
-	5	1.486×10^7	4.446×10^6	2.444×10^4

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

要素番号	節点番号	T	Q
		基準地震動 S s	基準地震動 S s
-	5	1.836×10^4	1.395×10^3

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	固有周期	卓越方向
1	0.058	水平
2	0.052	水平
3	0.050	水平
4	0.047	水平



1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	基準地震動 S s		備考
					算出応力	許容応力	
フレーム部材 2-L50x50x6	SS400	引張り	2080	-	$\sigma_t=6$	$f_t=280$	
		圧縮	2080	-	$\sigma_c=6^{*1}$	$f_c=235$	
		せん断	2080	-	$\tau=2$	$f_s=161$	
		曲げ	2080	-	$\sigma_b=142$	$f_b=280$	
		組合せ	2080	-	0.53	1^{*3}	単位：なし
		組合せ (引張+曲げ)	2080	-	0.53	1^{*3}	単位：なし
		組合せ (圧縮+曲げ)	2080	-	0.53	1^{*3}	単位：なし
基礎ボルト (M16)	SS400 相当	引張	-	5	$\sigma_{tb}=92$	$f_{ts}=210^{*2}$	
		せん断	-	5	$\tau_b=7$	$f_{sb}=161$	

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

*2： $f_{ts}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{to}-1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

*3：算出応力を裕度表記にしたため「1」を記載

1.4.3 代表機器の選定結果及び全機器の評価結果

機器名称	据付場所及び 床面高さ (m)	対象	応力	基準地震動 S _s			代表	備考
				算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度		
耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機①設備）	原子炉建屋 T. M. S. L 23.5* ¹	フレーム部材	曲げ	86	269	0.32		
		基礎ボルト	引張り	60	201	0.30		
耐火隔壁（非常用ガス処理系排風機・加熱器・空調機②設備）	原子炉建屋 T. M. S. L 23.5* ¹ T. M. S. L 31.7* ¹	フレーム部材	組合せ (圧縮+曲げ)	-	-	0.24		単位：なし
		基礎ボルト	引張り	18	201	0.09		
耐火隔壁（可燃性ガス濃度制御系再結合装置）	原子炉建屋 T. M. S. L 12.3* ¹ T. M. S. L 18.1* ¹	フレーム部材	組合せ (圧縮+曲げ)	-	-	0.46		単位：なし
		基礎ボルト	引張り	66	201	0.33		
耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機①設備）	コントロール建屋 T. M. S. L 17.3* ¹ T. M. S. L 24.1* ¹	フレーム部材	組合せ (圧縮+曲げ)	-	-	0.53	○	単位：なし
		基礎ボルト	引張り	92	210	0.44	○	
耐火隔壁（中央制御室送風機・排風機②設備）	コントロール建屋 T. M. S. L 17.3* ¹ T. M. S. L 24.1* ¹	フレーム部材	曲げ	76	280	0.28		
		基礎ボルト	せん断	8	161	0.05		
耐火隔壁（中央制御室再循環送風機）	コントロール建屋 T. M. S. L 12.3* ¹	フレーム部材	組合せ (圧縮+曲げ)	-	-	0.45		単位：なし
		基礎ボルト	引張り	36	210	0.18		

すべて許容応力以下である。

注記*1：基準床レベルを示す

計算機プログラム（解析コード）の概要

別紙 13 MSC NASTRAN

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-11-2-8	耐火隔壁の耐震性についての計算書	Ver. 2008.0.0

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析及び応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2008.0.0
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にははり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、自動車、航空機、土木、造船、海洋油田、工業設備、化学技術、光学、政府調査等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって解析機能の妥当性も確認している。