

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0403_改1
提出年月日	2021年10月12日

VI-2-8-2-1-2-2 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の耐震性についての計算書

02 ③ VI-2-8-2-1-2-2 R2

2021年10月  
東北電力株式会社

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	4
2.3	適用規格・基準等	5
2.4	記号の説明	6
2.5	計算精度と数値の丸め方	7
3.	評価部位	8
4.	地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.2.2	許容応力	8
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	8
4.3	解析モデル及び諸元	12
4.4	固有周期	14
4.4.1	格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006A)の固有周期	14
4.4.2	格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006B)の固有周期	18
4.5	設計用地震力	22
4.6	計算方法	24
4.6.1	溶接部(D23-RE006A)の応力の計算方法	24
4.6.2	溶接部(D23-RE006B)の応力の計算方法	27
4.7	計算条件	30
4.7.1	溶接部の応力計算条件	30
4.8	応力の評価	30
4.8.1	溶接部の応力評価	30
5.	機能維持評価	31
5.1	電氣的機能維持評価方法	31
6.	評価結果	32
6.1	設計基準対象施設としての評価結果	32
6.2	重大事故等対処設備としての評価結果	32

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

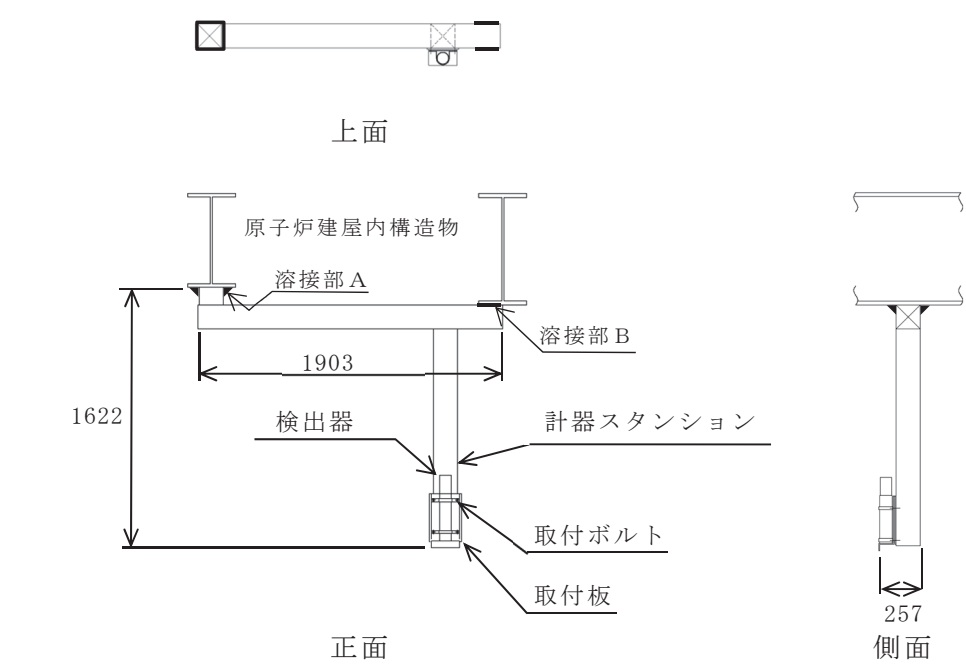
格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 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	
<p>検出器は、取付ボルトにより計器スターションに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計器スターションは、原子炉建屋内の構造物に溶接で固定する。</p>	<p>電離箱 (原子炉建屋内の構造物に溶接された計器スターションに、検出器を取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A)】</p>  <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は, 取付ボルトにより計器スターションに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計器スターションは, 原子炉建屋内の構造物に溶接で固定する。</p>	<p>電離箱 (原子炉建屋内の構造物に溶接された計器スターションに, 検出器を取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>【格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)】</p> <p>上面</p> <p>原子炉建屋内構造物</p> <p>溶接部</p> <p>計器スターション</p> <p>取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>検出器</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>180</p> <p>1800</p> <p>257</p> <p>(単位 : mm)</p>

## 2.2 評価方針

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)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。

また、格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

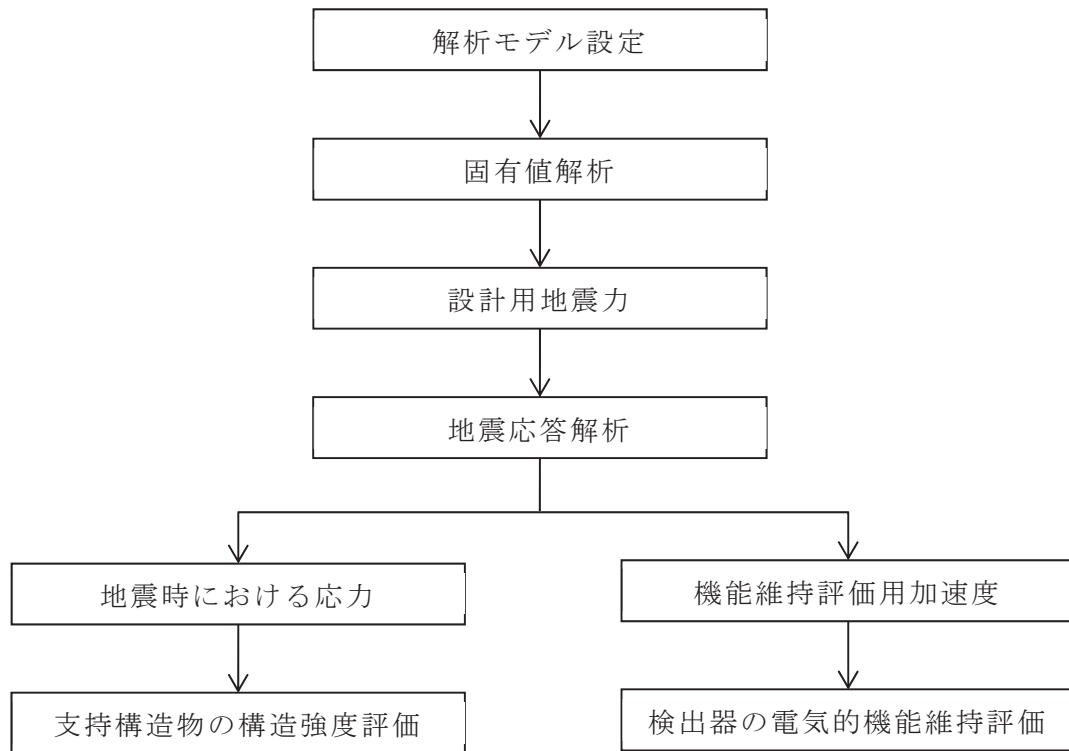


図 2-1 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の耐震評価フロー

### 2.3 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。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- (2) 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）
- (3) 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）
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
（以下「設計・建設規格」という。）

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
$A_w$	溶接部の有効断面積	mm <sup>2</sup>
$A_{wX}$	溶接部の $F_x$ に対する有効断面積	mm <sup>2</sup>
$A_{wZ}$	溶接部の $F_z$ に対する有効断面積	mm <sup>2</sup>
$b_1, b_2$	溶接の有効長さ (x 方向)	mm
$b_3, b_4$	溶接の有効長さ (x 方向)	mm
$h_1, h_2$	溶接の有効長さ (z 方向)	mm
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
$F_x$	溶接部に作用する力 (X 方向)	N
$F_y$	溶接部に作用する力 (Y 方向)	N
$F_z$	溶接部に作用する力 (Z 方向)	N
$f_s$	溶接部の許容せん断応力 ( $f_s$ を 1.5 倍した値又は $f_s^*$ を 1.5 倍した値)	MPa
$M_x$	溶接部に作用するモーメント (X 軸)	N・mm
$M_y$	溶接部に作用するモーメント (Y 軸)	N・mm
$M_z$	溶接部に作用するモーメント (Z 軸)	N・mm
s	溶接脚長	mm
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°C における値	
$Z_x$	溶接部の溶接全断面における X 軸方向の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_z$	溶接部の溶接全断面における Z 軸方向の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_p$	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
$\sigma_t$	溶接部に生じる引張応力	MPa
$\sigma_b$	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_w$	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
$\tau$	溶接部に生じるせん断応力	MPa



## 2.5 計算精度と数値の丸め方

計器精度は、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 に示すとおりである。

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
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
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 <sup>*3</sup>

注記 \*1:設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2:絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする

\*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)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溶接部について実施する。格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の耐震評価部位については、表 2-1 及び表 2-2 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) 地震力は、格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)は、取付ボルトにより計器スタンションに固定され、計器スタンションは、原子炉建屋内構造物に溶接で**固定する。**
- (3) 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の質量は検出器及び計器スタンションを考慮する。
- (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

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)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

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」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

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)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
放射線 管理施設	放射線管理 用計測装置	格納容器内雰囲気 放射線モニタ(S/C)	S	— * 1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV <sub>A</sub> S

注記 \*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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	設備分類 * 1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理 用計測装置	格納容器内雰囲気 放射線モニタ(S/C)	常設耐震／防止 常設／緩和	— * 2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして IV <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

注記 \*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

\*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等以外)				
	一次応力				
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧
Ⅲ <sub>AS</sub>	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$
Ⅳ <sub>AS</sub>	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$
V <sub>AS</sub> (V <sub>AS</sub> としてⅣ <sub>AS</sub> の許容限界を用いる。)					

注記 \*1：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。

\*2：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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
溶接部		周囲環境温度	100	196	373	—

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
溶接部		周囲環境温度	130	187	373	—

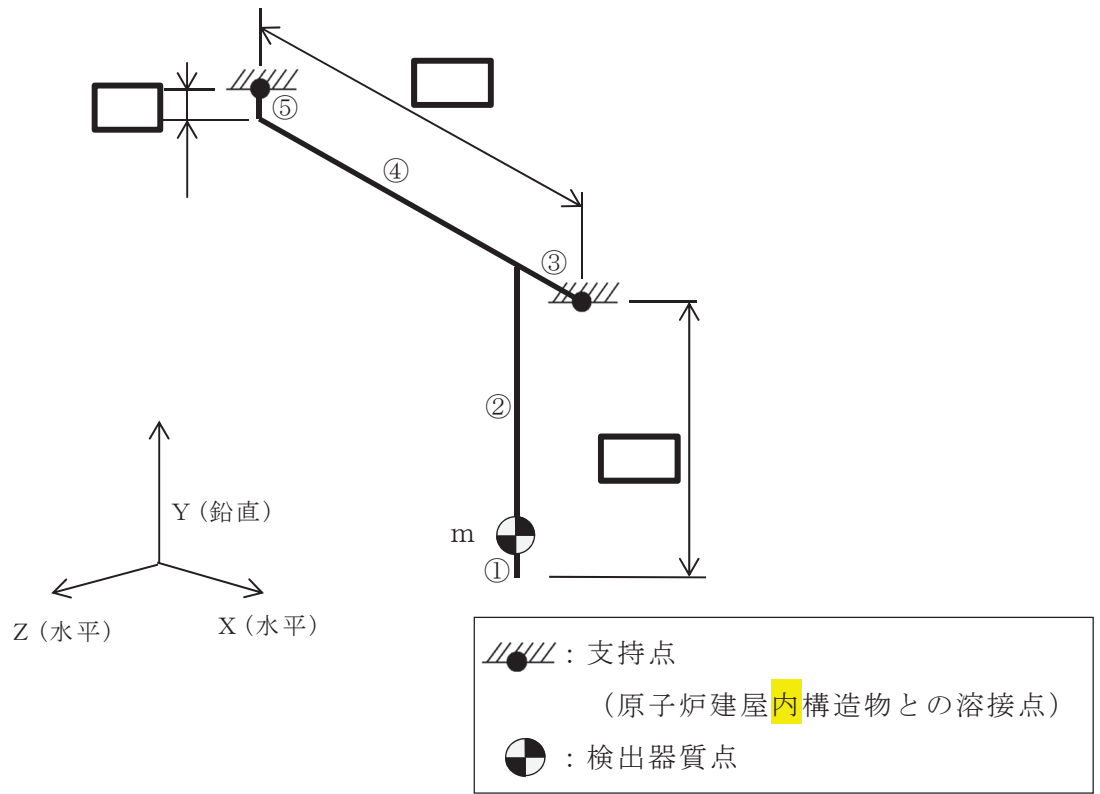
#### 4.3 解析モデル及び諸元

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の解析モデルを図 4-1 及び図 4-2 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【格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A, B) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)は、三次元はりモデルを用いる。
- (2) 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A)は、計器スタンションで原子炉建屋構造物に固定されることから、①から⑤の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点（原子炉建屋構造物との溶接点）2点で固定される。

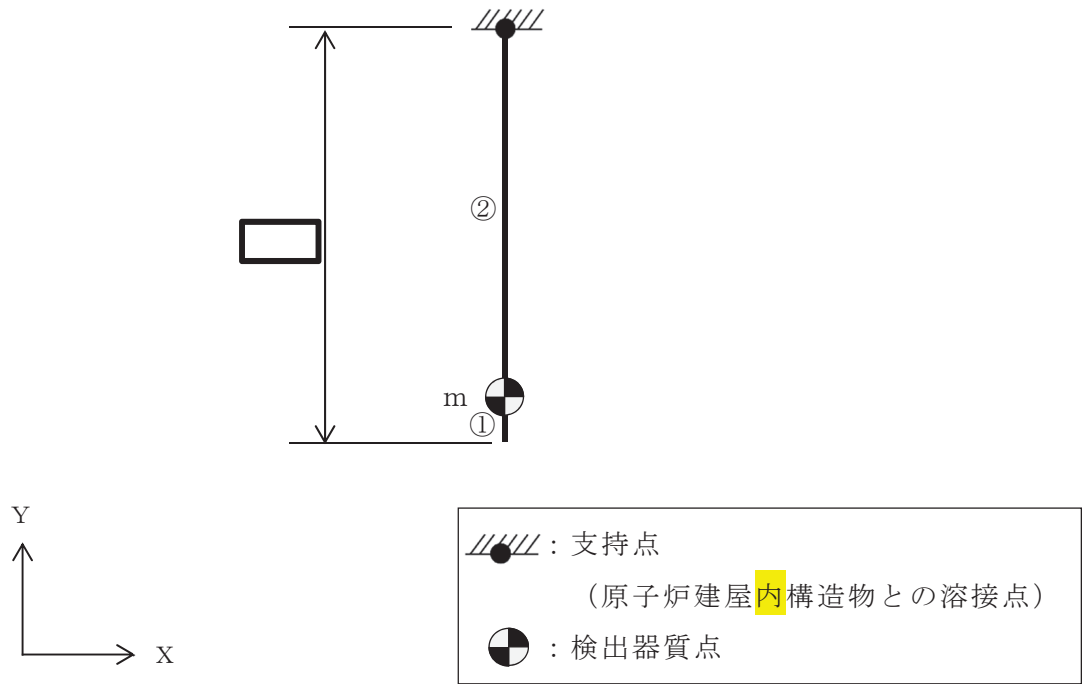
格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C) (D23-RE006B)は、計器スタンションで原子炉建屋構造物に固定されることから、①及び②の部材で組まれた支持構造物とみなし、支持点（原子炉建屋構造物との溶接点）1点で固定される。

- (3) 解析モデルにおいて、検出器の質量は質点に集中するものとし、質点は検出器の取付位置に設置する。
- (4) 拘束条件として、支持点（原子炉建屋構造物との溶接点）をX Y Z方向及び回転方向を固定する。
- (5) 解析コードは、「NX 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の検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



(単位 : mm)

図 4-1 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006A) 解析モデル



(単位 : mm)

図 4-2 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B) 解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4 固有周期

4.4.1 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006A)の固有周期

固有値解析結果のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-6 に、振動モード図を図 4-3 及び図 4-4 に示す。重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-7 に、振動モード図を図 4-5 及び図 4-6 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-6 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006A)

固有値解析結果 (設計基準対象施設)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	水平方向		—	—	—
3 次	鉛直方向		—	—	—

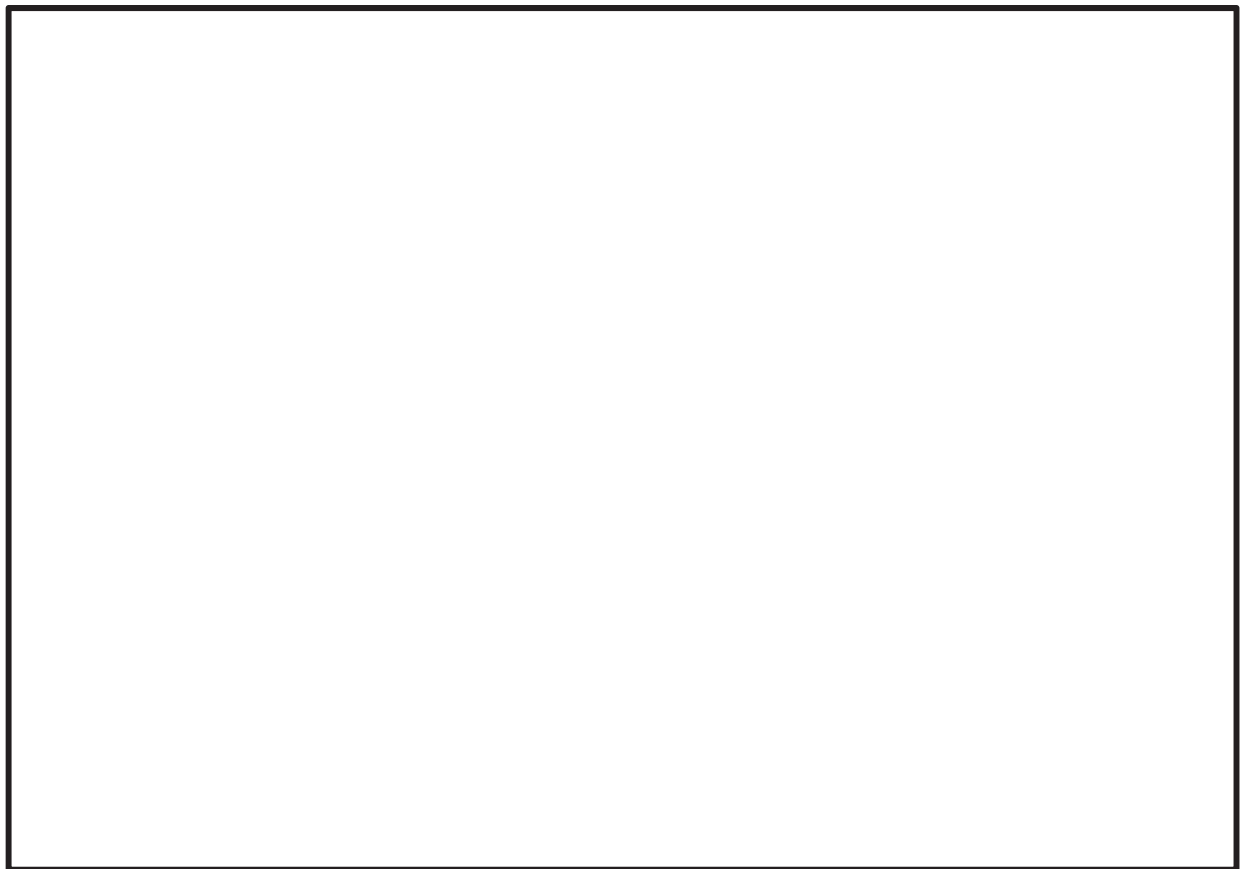


図 4-3 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006A)  
振動モード図 (1 次モード 水平方向 [ ] s) (設計基準対象施設)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



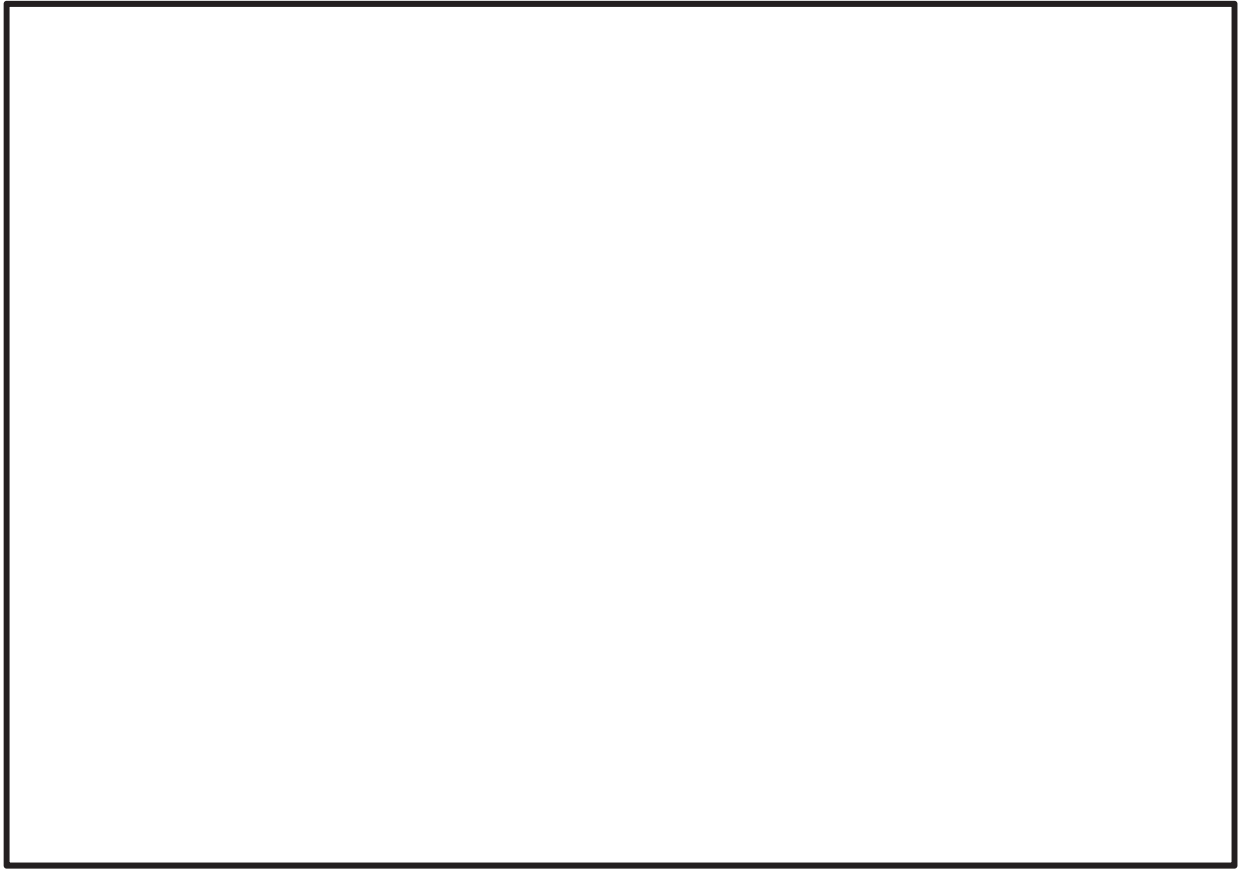


図 4-4 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006A)  
振動モード図(3次モード 鉛直方向  s)(設計基準対象施設)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-7 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006A)

固有値解析結果(重大事故等対処設備)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平方向		-	-	-
3次	鉛直方向		-	-	-

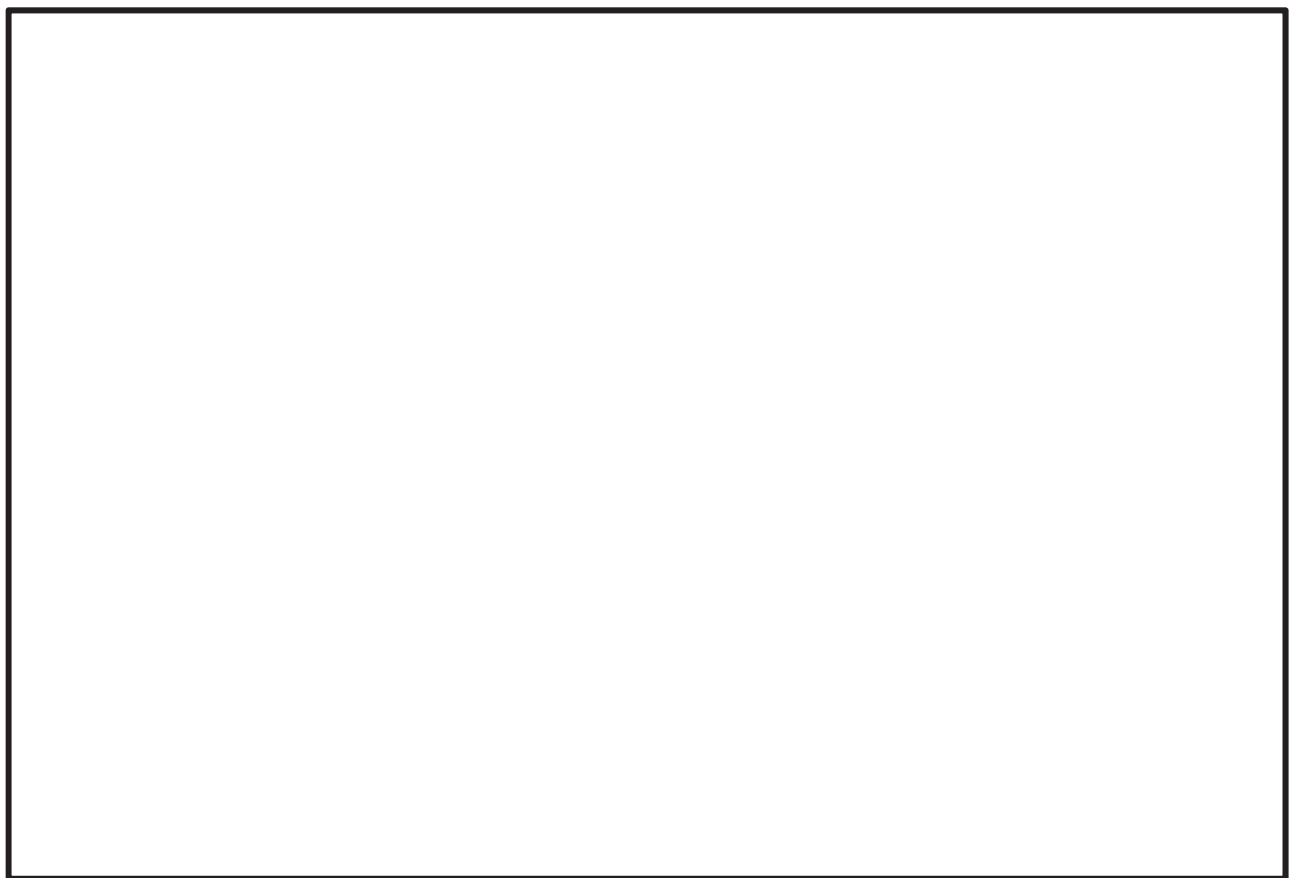


図 4-5 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006A)

振動モード図(1次モード 水平方向  s)(重大事故等対処設備)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

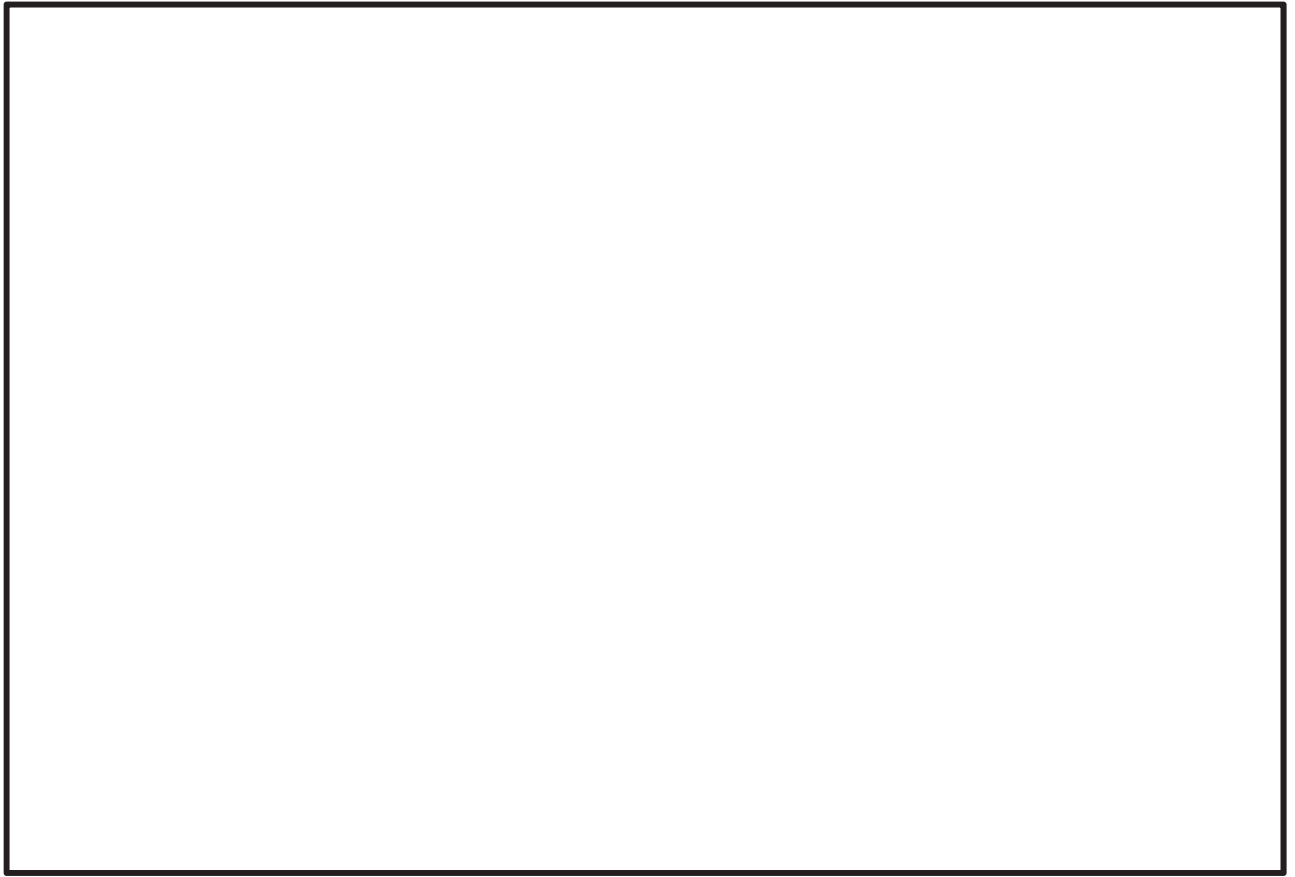


図 4-6 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006A)  
振動モード図 (3 次モード 鉛直方向  s) (重大事故等対処設備)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4.2 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006B)の固有周期

固有値解析結果のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-8 に、振動モード図を図 4-7 及び図 4-8 に示す。重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-9 に、振動モード図を図 4-9 及び図 4-10 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-8 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006B)  
固有値解析結果 (設計基準対象施設)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次	水平方向		-	-	-
4 次	鉛直方向		-	-	-

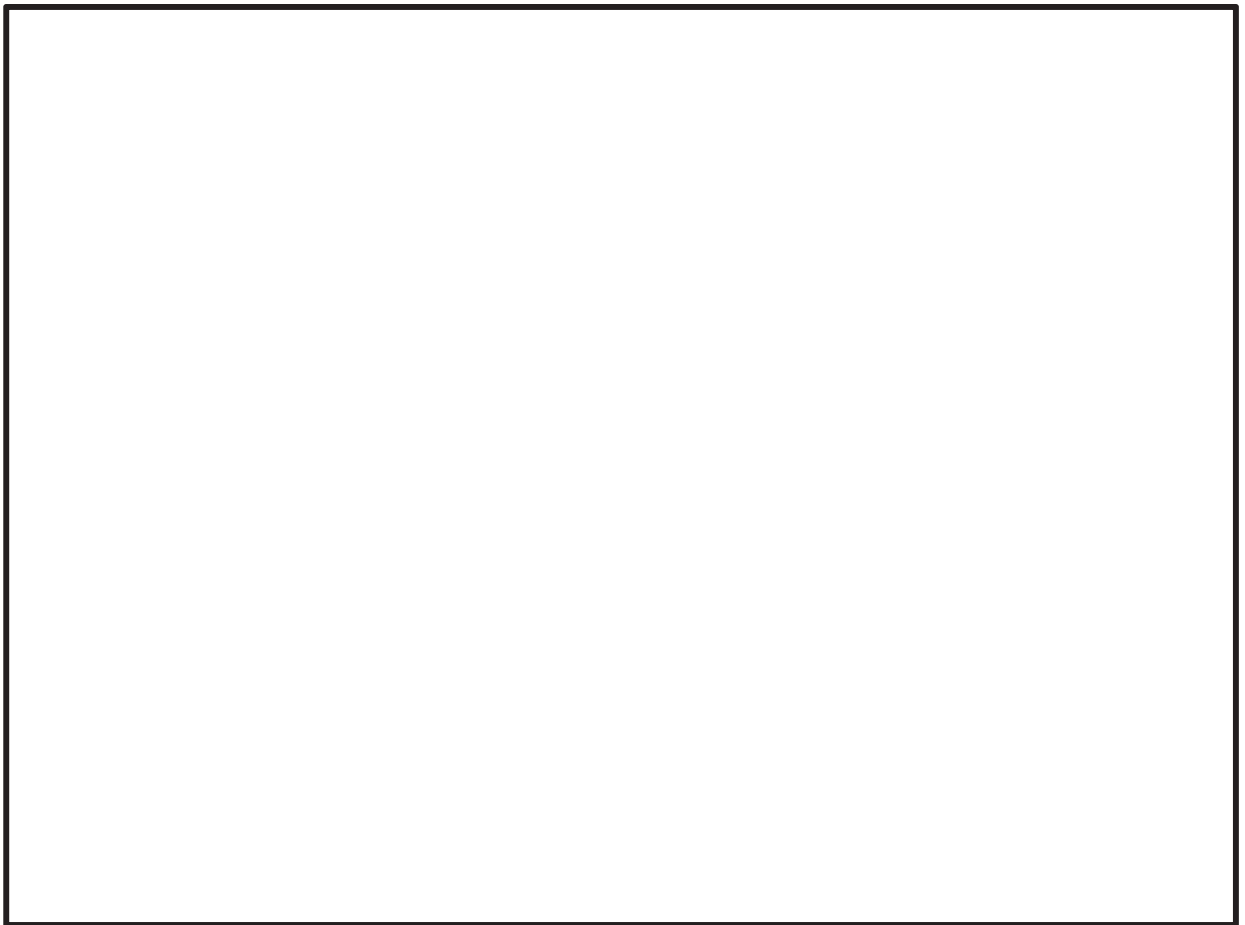


図 4-7 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006B)  
振動モード図 (1 次モード 水平方向 [ ] s) (設計基準対象施設)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

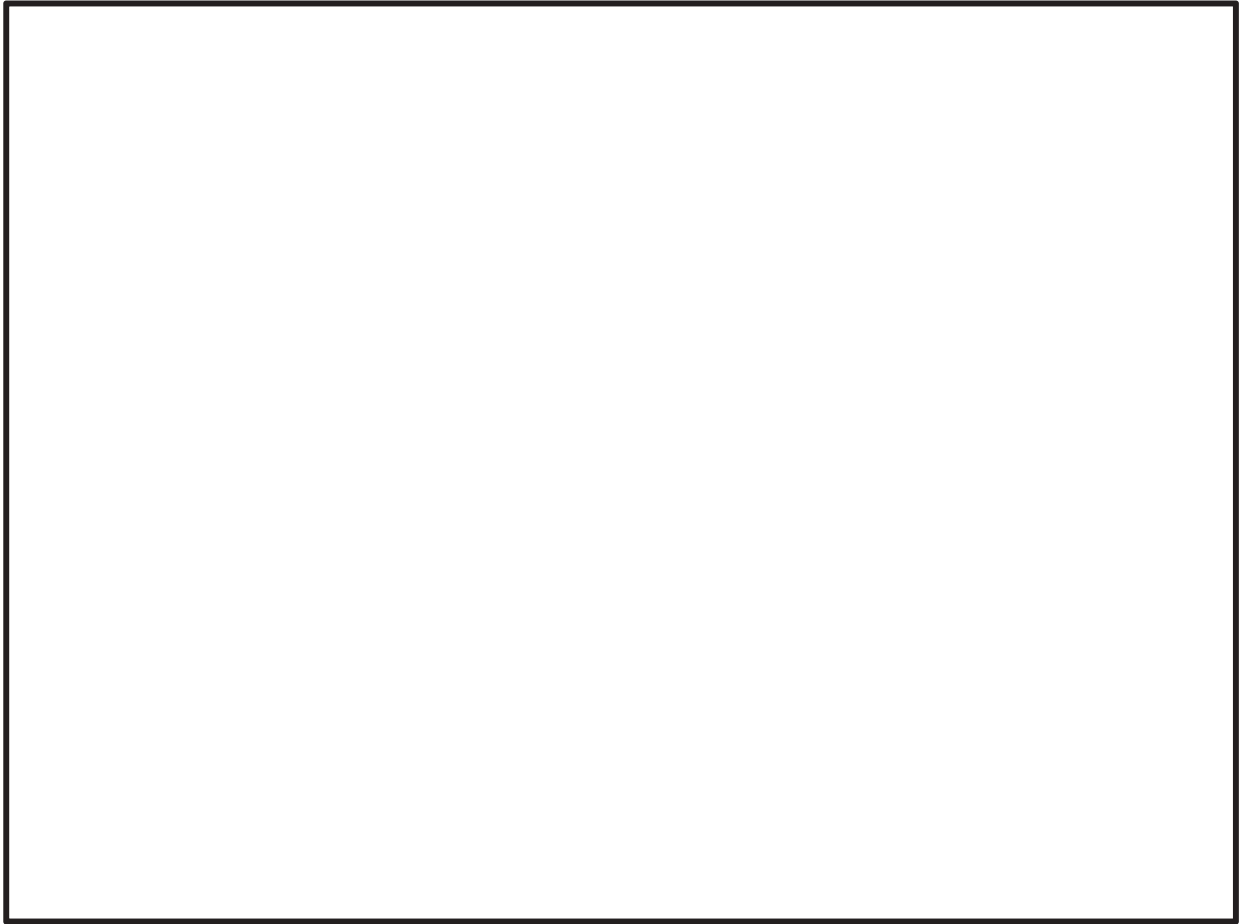


図 4-8 格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)(D23-RE006B)  
振動モード図(4次モード 鉛直方向  s)(設計基準対象施設)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-9 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)

固有値解析結果 (重大事故等対処設備)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平方向		-	-	-
4次	鉛直方向		-	-	-

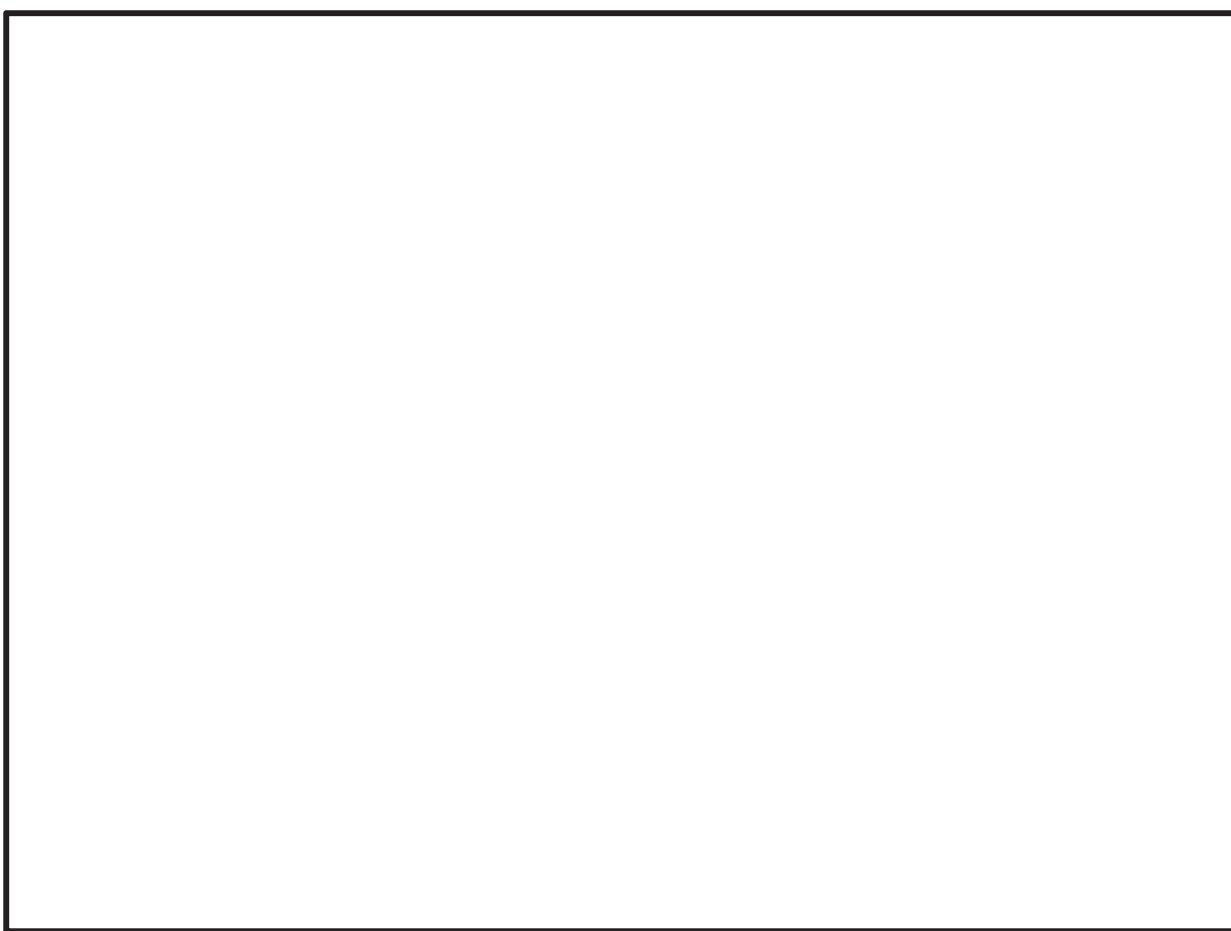


図 4-9 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)

振動モード図 (1次モード 水平方向 [ ] s) (重大事故等対処設備)

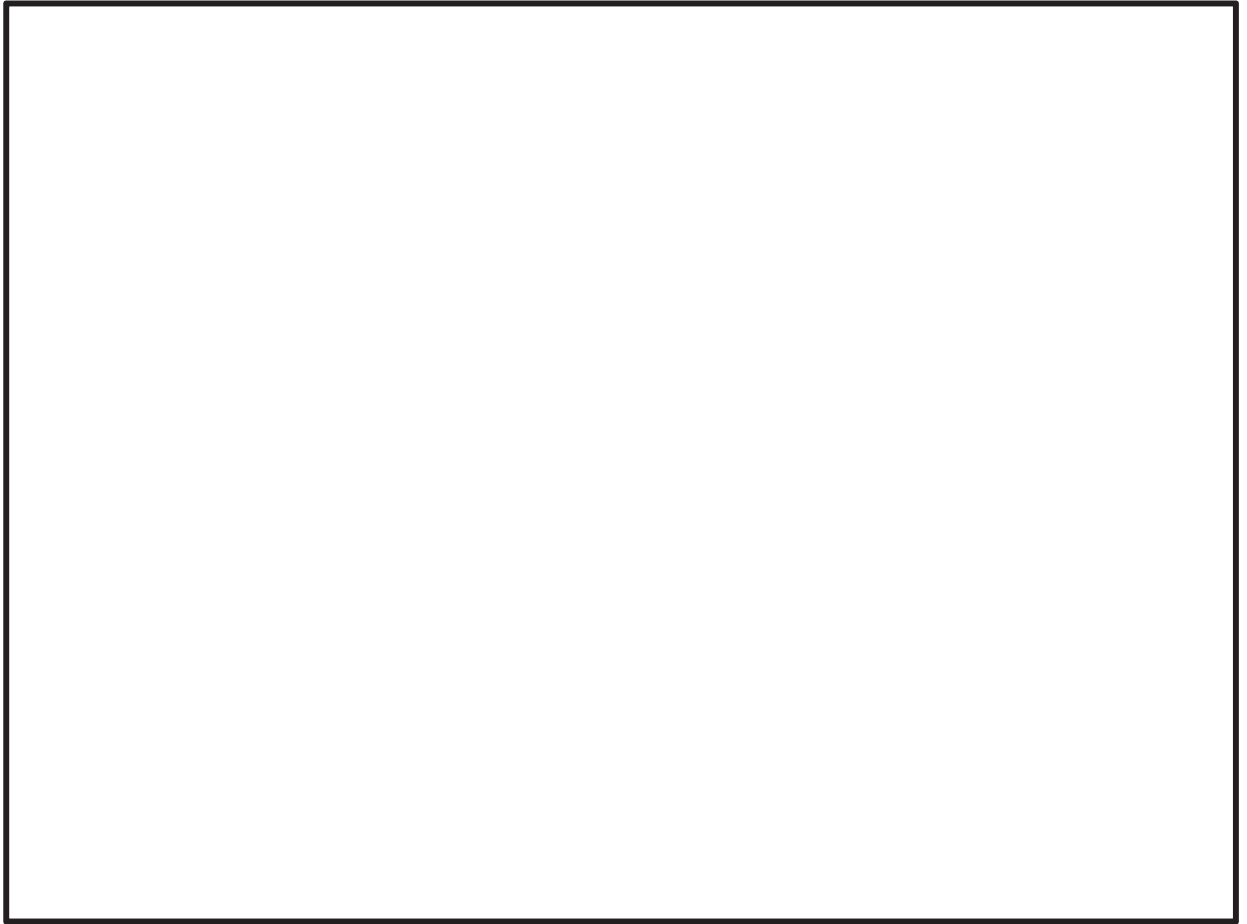


図 4-10 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)  
振動モード図 (4 次モード 鉛直方向  s) (重大事故等対処設備)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-10, 表 4-11, 表 4-12 及び表 4-13 に示す。

「弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 又は静的震度」及び「基準地震動 S<sub>s</sub>」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-10 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006A) の設計用地震力  
(設計基準対象施設)

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O. P. -0.80 (O. P. 6.00*1)			— *2	— *2	C <sub>H</sub> = 1.57	C <sub>V</sub> = 1.09

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: III<sub>A</sub>S については、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

表 4-11 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B) の設計用地震力  
(設計基準対象施設)

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O. P. -0.80 (O. P. 6.00*1)			— *2	— *2	C <sub>H</sub> = 1.57	C <sub>V</sub> = 1.09

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: III<sub>A</sub>S については、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



表 4-12 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006A) の設計用地震力  
(重大事故等対処設備)

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O. P. -0.80 (O. P. 6.00* <sup>1</sup> )			—	—	C <sub>H</sub> = 1.57	C <sub>V</sub> = 1.09

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

表 4-13 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B) の設計用地震力  
(重大事故等対処設備)

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O. P. -0.80 (O. P. 6.00* <sup>1</sup> )			—	—	C <sub>H</sub> = 1.57	C <sub>V</sub> = 1.09

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

## 4.6 計算方法

### 4.6.1 溶接部 (D23-RE006A) の応力の計算方法

三次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の荷重を算出し、その結果を用いて理論式にて溶接部を評価する。なお、溶接部の評価は、有効断面積が小さい溶接部Bを代表として評価する。

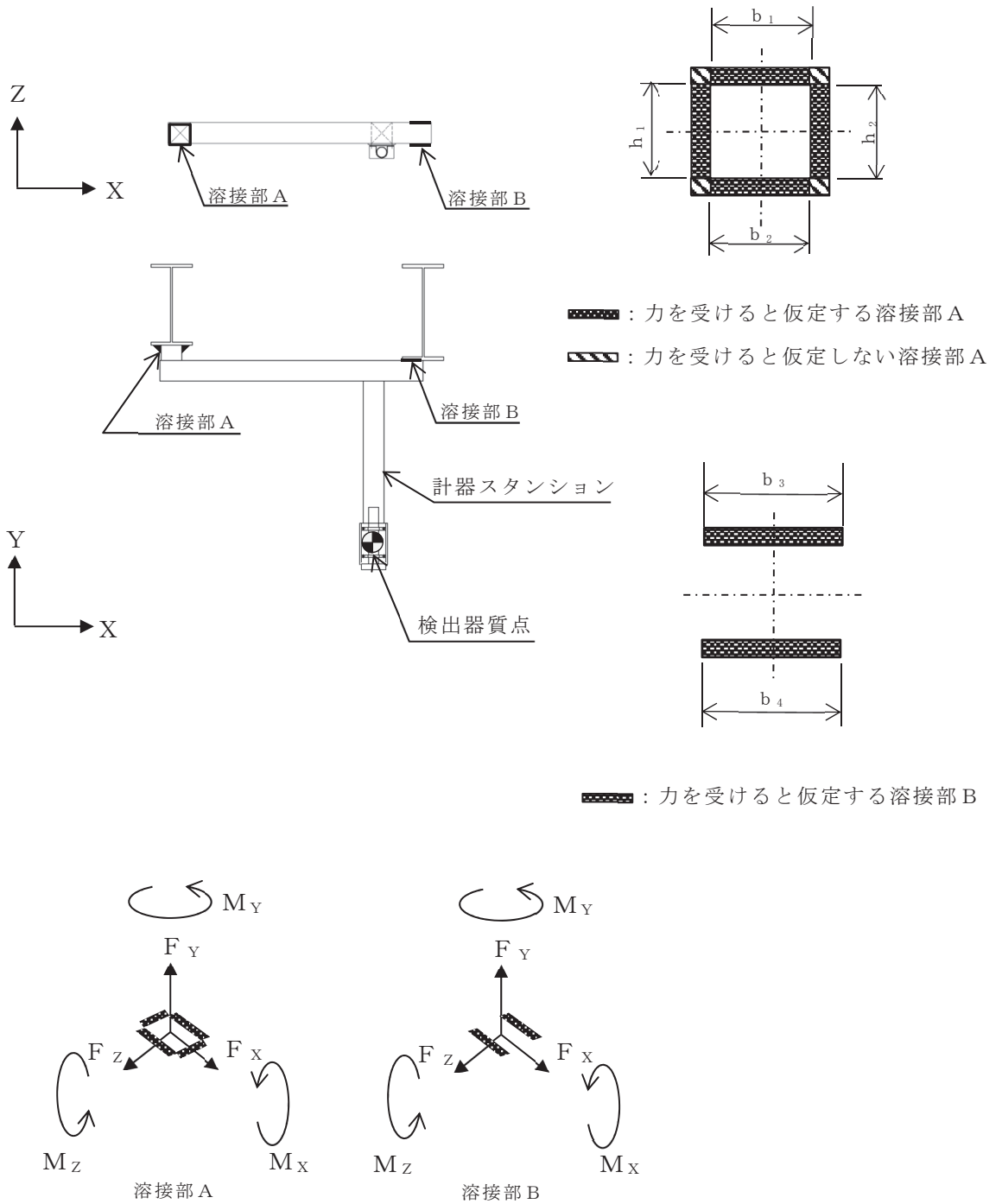


図 4-11 D23-RE006A の計算モデル

地震応答解析によって得られた溶接部評価点の反力とモーメントを表 4-14 に示す。

表 4-14 溶接部発生反力，モーメント

対象計器	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
D23-RE006A						

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_y}{A_w} \dots\dots\dots (4.6.1.1)$$

ここで，溶接部の有効断面積  $A_w$  は，次式により求める。

$$A_w = a \cdot (b_3 + b_4) \dots\dots\dots (4.6.1.2)$$

ただし，溶接部の有効のど厚  $a$  は，

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (4.6.1.3)$$

O 2 ③ VI-2-8-2-1-2-2 R 2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_X}{A_{WX}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{WZ}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2} \dots\dots\dots (4.6.1.4)$$

ここで、 $A_{WX}$ 、 $A_{WZ}$ はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 $Z_P$ は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{WX}$ 、 $A_{WZ}$ は、次式により求める。

$$A_{WX} = A_{WZ} = a \cdot (b_3 + b_4) \dots\dots\dots (4.6.1.5)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げ応力は、図 4-11 で X 軸方向、Z 軸方向に対する曲げモーメントを中心軸の外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_X}{Z_X} + \frac{M_Z}{Z_Z} \dots\dots\dots (4.6.1.6)$$

$Z_X$ 、 $Z_Z$ は溶接部の溶接断面の X 軸及び Z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (4.6.1.7)$$

#### 4.6.2 溶接部 (D23-RE006B) の応力の計算方法

三次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の荷重を算出し、その結果を用いて理論式にて溶接部を評価する。

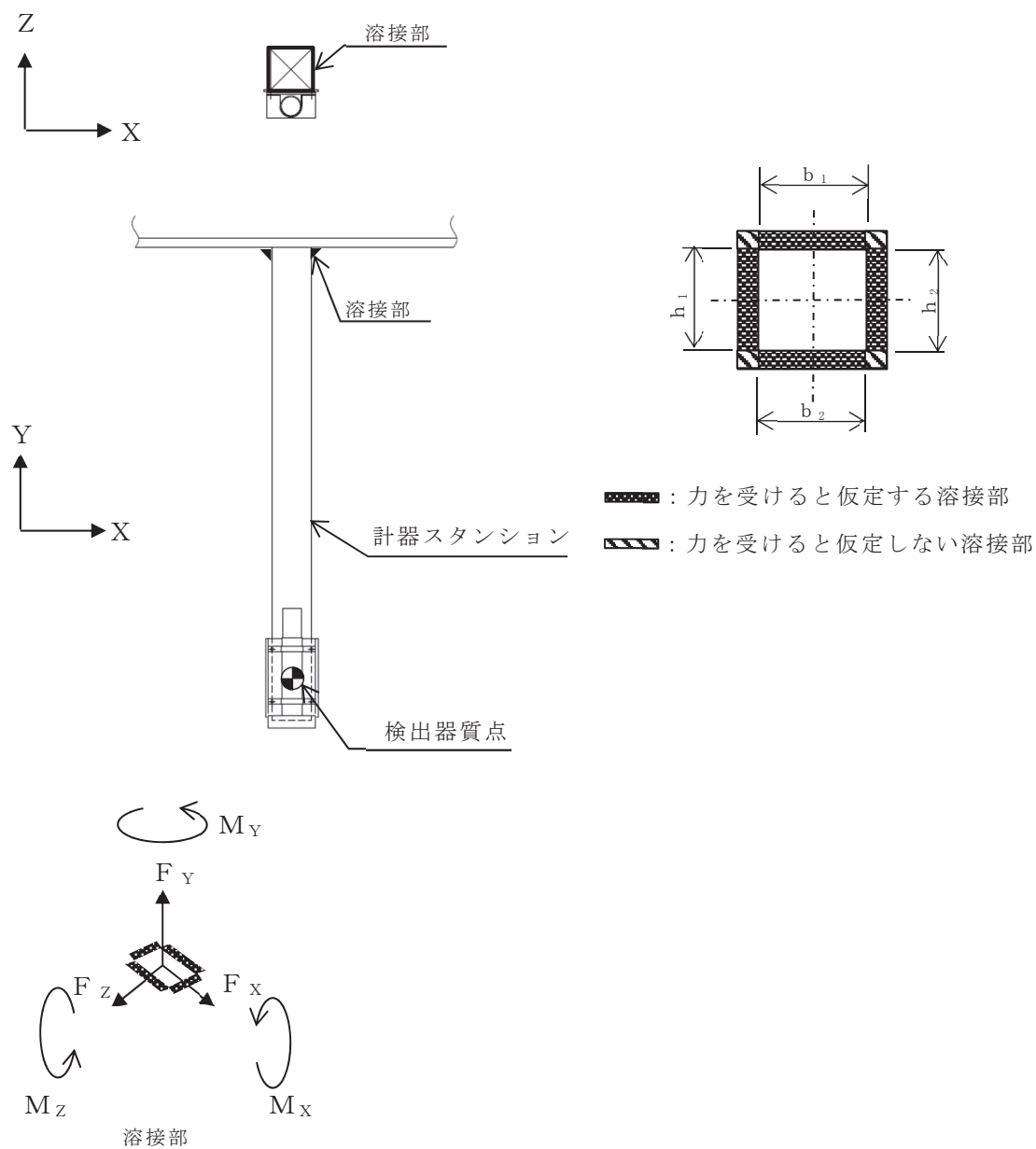


図 4-12 D23-RE006B の計算モデル

地震応答解析によって得られた溶接部評価点の反力とモーメントを表 4-15 に示す。

表 4-15 溶接部発生反力，モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>Z</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>
D23-RE006B						

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_Y}{A_w} \dots\dots\dots (4.6.2.1)$$

ここで，溶接部の有効断面積  $A_w$  は次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (4.6.2.2)$$

ただし，溶接部の有効のど厚  $a$  は，

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (4.6.2.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_X}{A_{wX}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_Y}{Z_P}\right)^2} \dots\dots\dots (4.6.2.4)$$

ここで， $A_{wX}$ ， $A_{wZ}$  はせん断力を受ける各方向の有効断面積， $Z_P$  は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wX}$ ， $A_{wZ}$  は，次式により求める。

$$A_{wX} = A_{wZ} = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (4.6.2.5)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げ応力は、図 4-12 で X 軸方向、Z 軸方向に対する曲げモーメントを中心軸の外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_x} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.2.6)$$

$Z_x$ 、 $Z_z$ は溶接断面の X 軸及び Z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (4.6.2.7)$$

#### 4.7 計算条件

##### 4.7.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A, B) の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

#### 4.8 応力の評価

##### 4.8.1 溶接部の応力評価

4.6.1 及び 4.6.2 項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力  $f_s$  以下であること。ただし、 $f_s$  は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 $f_s$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$



5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお,機能維持評価用加速度は添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき,基準地震動 $S_s$ により定まる応答加速度を設定する。

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の機能確認済加速度は,添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき,同形式の検出器単体の正弦波加振試験において,電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A, B)	水平方向	
	鉛直方向	

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)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及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (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。なお、弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的震度は基準地震動 $S_s$ を下回っており、基準地震動 $S_s$ による発生値が、弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C)の重大事故等時の状態を考慮した場合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及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (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。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内雰囲気放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A, B) 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)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内雰囲気 放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00* <sup>1</sup> )			—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.57	C <sub>V</sub> =1.09	100
格納容器内雰囲気 放射線モニタ(S/C) (D23-RE006B)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00* <sup>1</sup> )			—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.57	C <sub>V</sub> =1.09	100

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：Ⅲ<sub>A</sub>Sについては、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

1.2 機器要目

部 材	s (mm)	a (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	b <sub>3</sub> (mm)	b <sub>4</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	A <sub>W</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>X</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>Z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>P</sub> (mm <sup>3</sup> )
溶接部 (D23-RE006A)												
溶接部 (D23-RE006B)												

部 材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部 (D23-RE006A)	196	373	196	235
溶接部 (D23-RE006B)				

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	$F_x$		$F_y$		$F_z$	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部 (D23-RE006A)	—		—		—	
溶接部 (D23-RE006B)	—		—		—	

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	$M_x$		$M_y$		$M_z$	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部 (D23-RE006A)	—		—		—	
溶接部 (D23-RE006B)	—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力*	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部 (D23-RE006A)		引張り	$\sigma_t = 2$	$f_s = 113$	$\sigma_t = 2$	$f_s = 135$
		せん断	$\tau = 8$	$f_s = 113$	$\tau = 8$	$f_s = 135$
		曲げ	$\sigma_b = 37$	$f_s = 113$	$\sigma_b = 37$	$f_s = 135$
		組合せ	$\sigma_w = 39$	$f_s = 113$	$\sigma_w = 39$	$f_s = 135$
溶接部 (D23-RE006B)		引張り	$\sigma_t = 1$	$f_s = 113$	$\sigma_t = 1$	$f_s = 135$
		せん断	$\tau = 1$	$f_s = 113$	$\tau = 1$	$f_s = 135$
		曲げ	$\sigma_b = 28$	$f_s = 113$	$\sigma_b = 28$	$f_s = 135$
		組合せ	$\sigma_w = 29$	$f_s = 113$	$\sigma_w = 29$	$f_s = 135$

注記\*：基準地震動 S s による算出値  
すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

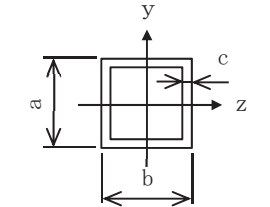
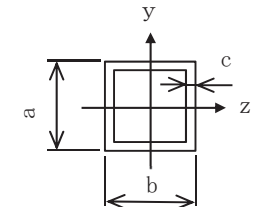
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気 放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A, B)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記\*：基準地震動S<sub>s</sub>により定まる応答加速度とする。  
機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

項目	記号	単位	入力値	
			D23-RE006A	D23-RE006B
材質	—	—		
質量	m <sub>a</sub>	kg		
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	100	100
縦弾性係数	E	MPa		
ポアソン比	ν	—		
要素数	—	個		
節点数	—	個		

機器	D23-RE006A	D23-RE006B
材料	<input type="text"/>	<input type="text"/>
対象要素	①-⑤	①②
A (mm <sup>2</sup> )		
I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )		
I <sub>z</sub> (mm <sup>4</sup> )		
I <sub>p</sub> (mm <sup>4</sup> )		
断面形状 (mm)	 <input type="text"/> (a×b×c)	 <input type="text"/> (a×b×c)

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内雰囲気 放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*1)			—	—	C <sub>H</sub> =1.57	C <sub>V</sub> =1.09	130
格納容器内雰囲気 放射線モニタ(S/C) (D23-RE006B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*1)			—	—	C <sub>H</sub> =1.57	C <sub>V</sub> =1.09	130

注記\*1：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	s (mm)	a (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	b <sub>3</sub> (mm)	b <sub>4</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>x</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p</sub> (mm <sup>3</sup> )
溶接部 (D23-RE006A)												
溶接部 (D23-RE006B)												

部 材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部 (D23-RE006A)	187	373	—	225
溶接部 (D23-RE006B)				

37

2.3 計算数値

2.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	$F_x$		$F_y$		$F_z$	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部 (D23-RE006A)	—		—		—	
溶接部 (D23-RE006B)	—		—		—	

2.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	$M_x$		$M_y$		$M_z$	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部 (D23-RE006A)	—		—		—	
溶接部 (D23-RE006B)	—		—		—	

2.4 結論

2.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部 (D23-RE006A)		引張り	—	—	$\sigma_t = 2$	$f_s = 129$
		せん断	—	—	$\tau = 8$	$f_s = 129$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 37$	$f_s = 129$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 39$	$f_s = 129$
溶接部 (D23-RE006B)		引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_s = 129$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_s = 129$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 28$	$f_s = 129$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 29$	$f_s = 129$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

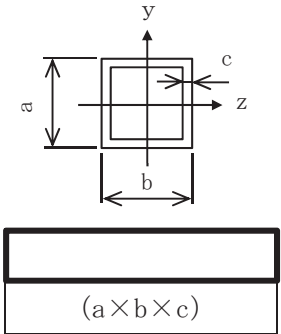
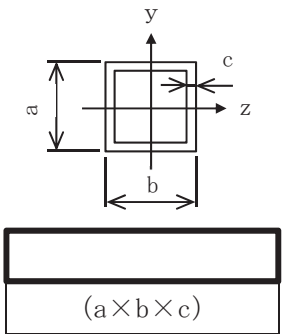
(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気 放射線モニタ(S/C) (D23-RE006A, B)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

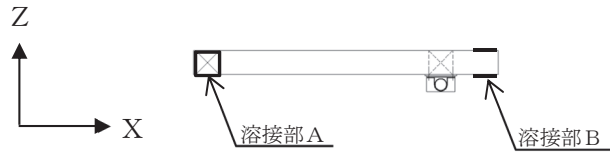
注記\*：基準地震動S<sub>s</sub>により定まる応答加速度とする。  
機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

項目	記号	単位	入力値	
			D23-RE006A	D23-RE006B
材質	—	—		
質量	m <sub>a</sub>	kg		
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	130	130
縦弾性係数	E	MPa		
ポアソン比	ν	—		
要素数	—	個		
節点数	—	個		

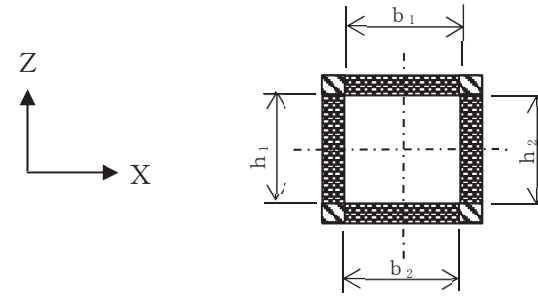
39



機器	D23-RE006A	D23-RE006B
材料	<input type="text"/>	<input type="text"/>
対象要素	①-⑤	①②
A (mm <sup>2</sup> )		
I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )		
I <sub>z</sub> (mm <sup>4</sup> )		
I <sub>p</sub> (mm <sup>4</sup> )		
断面形状 (mm)		

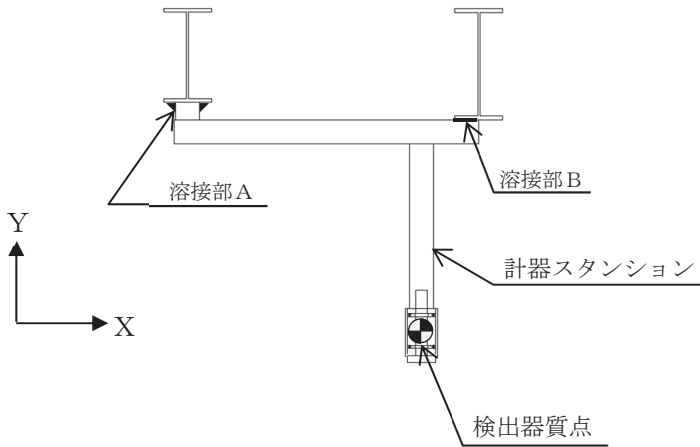
【格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006A)】



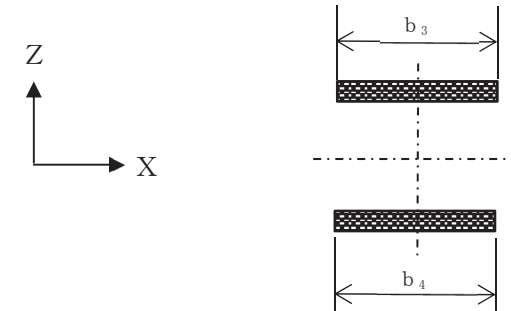
(上面)




 : 力を受けると仮定する溶接部A  
 : 力を受けると仮定しない溶接部A



(正面)



 : 力を受けると仮定する溶接部B

【格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)】

