

VI-2-8 放射線管理施設の耐震性に関する説明書

VI-2-8-1 放射線管理施設の耐震計算結果

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1
3. 技術基準規則第 5 条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算	7
3.1 耐震計算の概要	7

1. 概要

本説明書は、放射線管理施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

放射線管理施設に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に許可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対処施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 1 に示す。

放射線管理施設の耐震計算は表 1 に示す計算書に記載することとする。

表1 耐震評価条件整理一覧表 (1/5)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	主蒸気管放射線モニタ	S	—*2	VI-2-8-1	—	—	—
		格納容器内雰囲気放射線 モニタ (D/W)	S	—*2	VI-2-8-2-1-1	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-8-2-1-1
		格納容器内雰囲気放射線 モニタ (S/C)	S	—*2	VI-2-8-2-1-2	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-8-2-1-2
		燃料取替エリア排気放射 線モニタ	S	無	VI-2-8-1	—	—	—
		原子炉区域換気空調系排 気放射線モニタ	S	—*2	VI-2-8-1	—	—	—
		フィルタ装置出口放射線 モニタ	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-1-3
		耐圧強化ベント系放射線 モニタ	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-1-4
		使用済燃料貯蔵プール放 射線モニタ (低レンジ)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-2-1
		使用済燃料貯蔵プール放 射線モニタ (高レンジ)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-2-2

表1 耐震評価条件整理一覧表 (2/5)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線管理施設	換気設備	主配管	S	無	VI-2-8-3-1-1-1	—	—	—
		中央制御室送風機 (6,7号機共用)	S	無	VI-2-8-3-1-1-2	—	—	—
		中央制御室再循環送風機 (6,7号機共用)	S	無	VI-2-8-3-1-1-2	—	—	—
		中央制御室排風機 (6,7号機共用)	S	無	VI-2-8-3-1-1-2	—	—	—
		中央制御室再循環フィル タ装置 (6,7号機共用)	S	無	VI-2-8-3-1-1-3	—	—	—
		主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-8-3-1-2-1
	主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-8-3-2-1	

表1 耐震評価条件整理一覧表 (3/5)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線管理施設	生体遮蔽装置	二次遮蔽壁	B	無	VI-2-8-4-1	常設／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-4-1
		補助遮蔽	B	無	VI-2-8-4-2	常設／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-4-2
		中央制御室遮蔽 (7号機設備, 6, 7号機共 用)	S	無	VI-2-8-4-3	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-4-3
		中央制御室待避室遮蔽 (常設) (7号機設備, 6, 7 号機共用)	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-8-4-4
		5号機原子炉建屋内緊急 時対策所(対策本部)遮蔽 (7号機設備, 6, 7号機共 用)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-8-4-5
		5号機原子炉建屋内緊急 時対策所(待機場所)遮蔽 (7号機設備, 6, 7号機共 用)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-8-4-5
		5号機原子炉建屋内緊急 時対策所(待機場所)室内 遮蔽 (7号機設備, 6, 7号 機共用)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-8-4-5
		フィルタベント遮蔽壁	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-8-4-6
		配管遮蔽	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-8-4-7

表1 耐震評価条件整理一覧表 (4/5)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準施 工前に認可さ れた実績との 差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線 管理施設	その 他の 放射 線 管理 施設	中央制御室換気空調系（中央 制御室外気取入ダクト） （6,7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1
		中央制御室換気空調系（中央 制御室排気ダクト） （6,7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1
		U41-DAM601A, B MCR 外気取入 ダンパ(A), (B) (6,7号機共用)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1
		U41-DAM602A, B MCR 非常用外 気取入ダンパ(A), (B) （6,7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1
		U41-DAM604A, B MCR 排気ダン パ(A), (B) （6,7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (5/5)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規基準施 工前に認可さ れた実績との 差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線 管理施設	その 他の 放射 線 管理 施設	中央制御室換気空調系（中央 制御室外気取入ダクト） （7号機設備, 6, 7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1
		中央制御室換気空調系（中央 制御室排気ダクト） （7号機設備, 6, 7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1
		U41-F001A, B MCR 通常時外気 取入隔離ダンパ(A), (B) （7号機設備, 6, 7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1
		U41-F002A, B MCR 排気隔離ダ ンパ(A), (B) （7号機設備, 6, 7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1
		U41-F003A, B MCR 非常時外気 取入隔離ダンパ(A), (B) （7号機設備, 6, 7号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-8-5-1

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, 「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備を示す。

*2 : 本設計及び工事の計画で新規に申請する設備であることから, 差異比較の対象外。

3. 技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1 耐震計算の概要

本章は、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、放射線管理施設のうち、技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である以下の設備について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。計算結果を次ページ以降に示す。

- (1) 主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書
- (2) 燃料取替エリア排気放射線モニタの耐震性についての計算書
- (3) 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの耐震性についての計算書

(1) 主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	11
5.2.2 許容応力	11
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	11
5.3 設計用地震力	15
5.4 計算方法	16
5.4.1 応力の計算方法	16
5.5 計算条件	19
5.5.1 保持金具支持部固定ボルトの応力計算条件	19
5.5.2 保持金具支持部の応力計算条件	19
5.6 応力の評価	20
5.6.1 保持金具支持部固定ボルトの応力評価	20
5.6.2 保持金具支持部の応力評価	20
6. 機能維持評価	21
6.1 電気的機能維持評価方法	21
7. 評価結果	22
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	22

1. 概要

本計算書は、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、主蒸気管放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

主蒸気管放射線モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管放射線モニタの構造計画を表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																			
<p>検出器は、床に固定されたウェルに挿入され、ウェル内面で保持金具支持部との接触により設置される。また、保持金具支持部は、保持金具に保持金具支持部固定ボルトで固定される。</p> <p>保持金具は、ウェル底面及び鉛プラグとの接触により支持される。</p> <p>検出器ウェルは原子炉建屋床を貫通して設置される。</p>	<p>電離箱</p>	<p>【主蒸気管放射線モニタ】</p>																		
		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001A)</th> <th>主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001B)</th> <th>主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001C)</th> <th>主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>長さ</td> <td>1709</td> <td>1709</td> <td>1709</td> <td>1709</td> </tr> <tr> <td>径</td> <td>129.8</td> <td>129.8</td> <td>129.8</td> <td>129.8</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>				機器名称	主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001A)	主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001B)	主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001C)	主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001D)	長さ	1709	1709	1709	1709	径	129.8	129.8	129.8	129.8
機器名称	主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001A)	主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001B)	主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001C)	主蒸気管放射線 モニタ (D11-RE001D)																
長さ	1709	1709	1709	1709																
径	129.8	129.8	129.8	129.8																

2.2 評価方針

主蒸気管放射線モニタの応力評価は、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」にて示す主蒸気管放射線モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 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、「5. 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、主蒸気管放射線モニタの機能維持評価は、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、「6. 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「7. 評価結果」に示す。

主蒸気管放射線モニタの耐震評価フローを図2-1に示す。

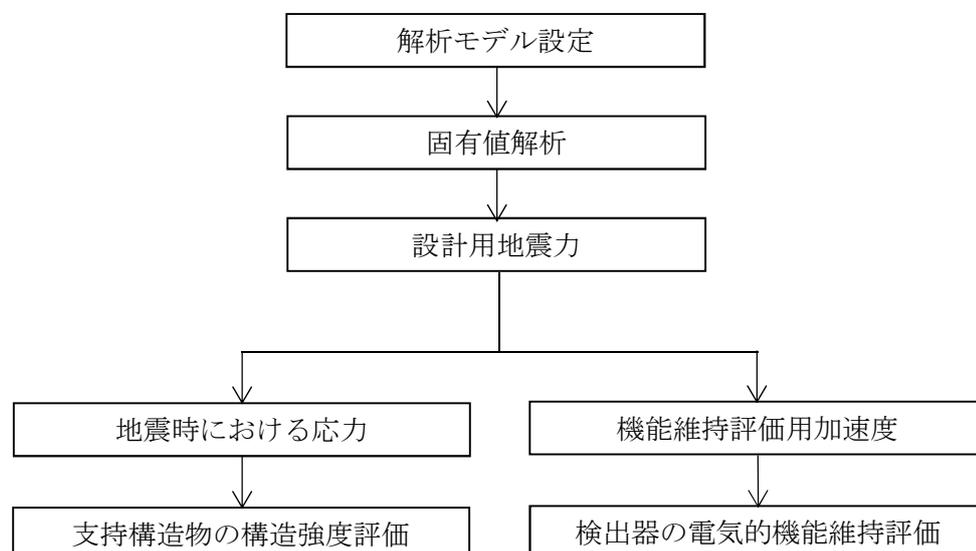


図2-1 主蒸気管放射線モニタの耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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_b	ボルトの軸断面積	mm^2
b	曲げモーメントを受ける保持金具支持部の幅	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
$f_{t o}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_b	曲げを受ける評価部材の許容曲げ応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	曲げモーメントを受ける保持金具支持部のせい	mm
l_1	上側固定ボルトと力点の距離	mm
l_2	上側固定ボルトと下側固定ボルト間の距離	mm
l_3	支点と力点間の距離	mm
Z	断面係数	mm^3
M	曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m	検出器と保持金具の質量	kg
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	評価部材に作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	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	MPa
ν	ポアソン比	—
π	円周率	—
σ_b	応力評価部に生じる曲げ応力	MPa
σ_t	応力評価部に生じる引張応力	MPa

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

主蒸気管放射線モニタの耐震評価は、「5.1 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保持金具支持部固定ボルト及び保持金具支持部について実施する。主蒸気管放射線モニタ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. 固有周期

4.1 固有値解析方法

主蒸気管放射線モニタの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 主蒸気管放射線モニタは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

主蒸気管放射線モニタの解析モデルを図 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【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001D) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 主蒸気管放射線モニタの検出器の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 拘束条件として、保持金具は上端が鉛プラグに、下端がウェルと接触しており、上下方向を挟まれる形で支持されるため、保持金具の上端及び下端を単純支持とする。また、保持金具は、ウェル内面で保持金具支持部との接触により支持されるため、保持金具支持部をばね要素とする。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

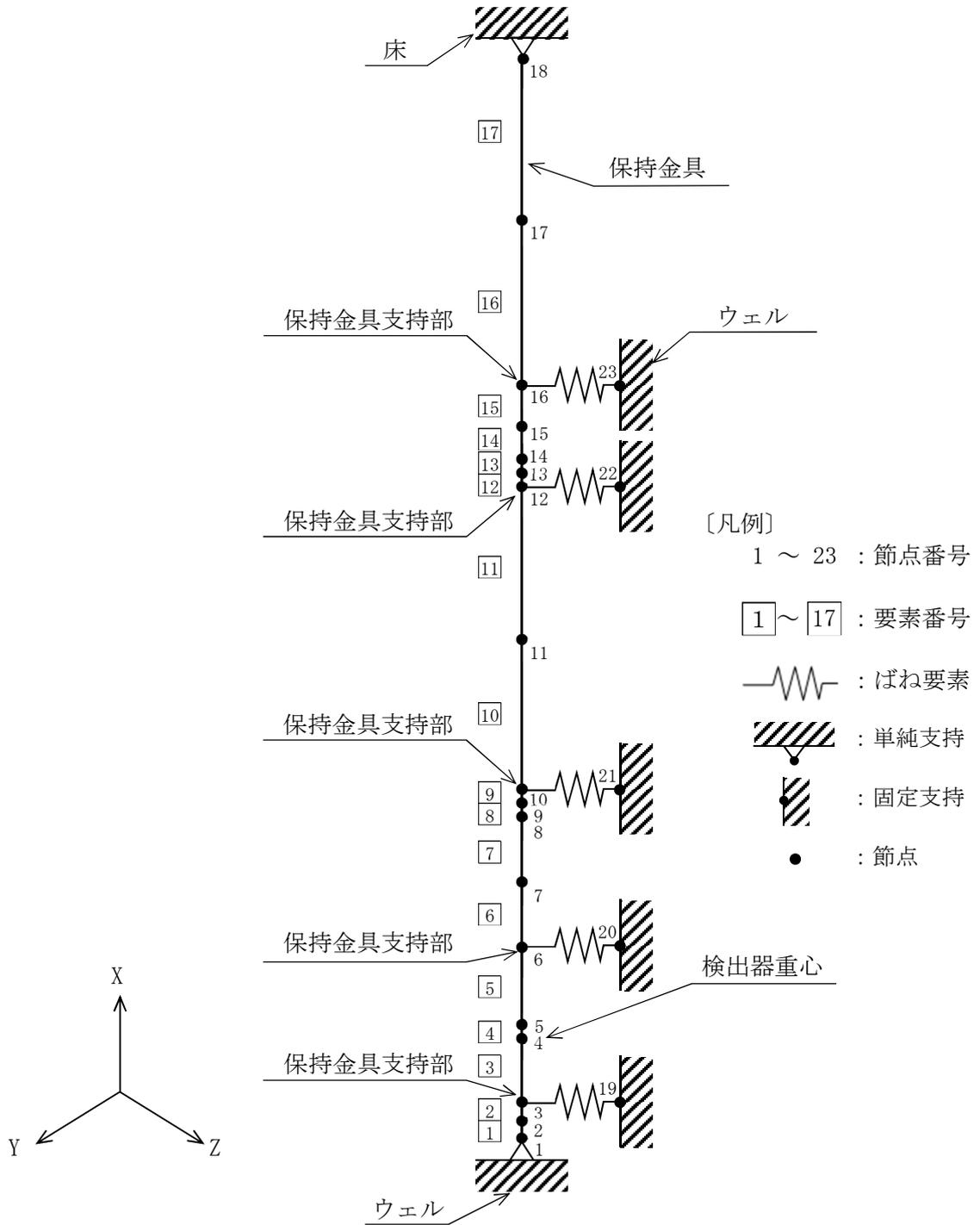


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 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 4-1 固有値解析結果

計器番号	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
				Y 方向	Z 方向	
D11-RE001A	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
D11-RE001B	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
D11-RE001C	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
D11-RE001D	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 主蒸気管放射線モニタの検出器の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 主蒸気管放射線モニタの検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 主蒸気管放射線モニタは保持金具により鉛直方向に対してウェル内部で支持されている。また、保持金具支持部は鉛直方向に対しては自由端であり、鉛直方向から作用する地震力には影響を受けないことから、水平方向から作用する地震力についてのみ評価を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

主蒸気管放射線モニタ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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

主蒸気管放射線モニタの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

主蒸気管放射線モニタ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 5-3 に示す。

表 5-1 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	主蒸気管放射線モニタ		S	—*	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	原子炉非常停止 信号	主蒸気管放射能高		S	—*	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的安全施設 等の起動信号	主蒸気 隔離弁	主蒸気管放射能高	S	—*	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力 (その他の支持構造物)

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

注記*¹ : 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。

*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 : その他の支持構造物においては S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替える。ただし, オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については, 本読み替えを行わない。

表 5-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
保持金具支持部固定ボルト	SUS304	周囲環境温度	55	195	496	205
保持金具支持部	SUS304	周囲環境温度	55	195	496	205

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、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 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001A)	原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =0. 78	C _V =0. 72	C _H =1. 53	C _V =1. 41
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =0. 78	C _V =0. 72	C _H =1. 53	C _V =1. 41
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001C)	原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =0. 78	C _V =0. 72	C _H =1. 53	C _V =1. 41
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001D)	原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =0. 78	C _V =0. 72	C _H =1. 53	C _V =1. 41

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 保持金具支持部固定ボルトの計算方法

保持金具支持部固定ボルトの応力は、地震による震度により作用する水平方向の地震力によって生じる引張力について計算する。

なお、保持金具によりウエルの内部で固定される保持金具支持部は自由端であり、鉛直方向から作用する地震力には影響を受けないため、保持金具支持部固定ボルトに対するせん断力は生じない。よって、せん断応力の計算は行わない。

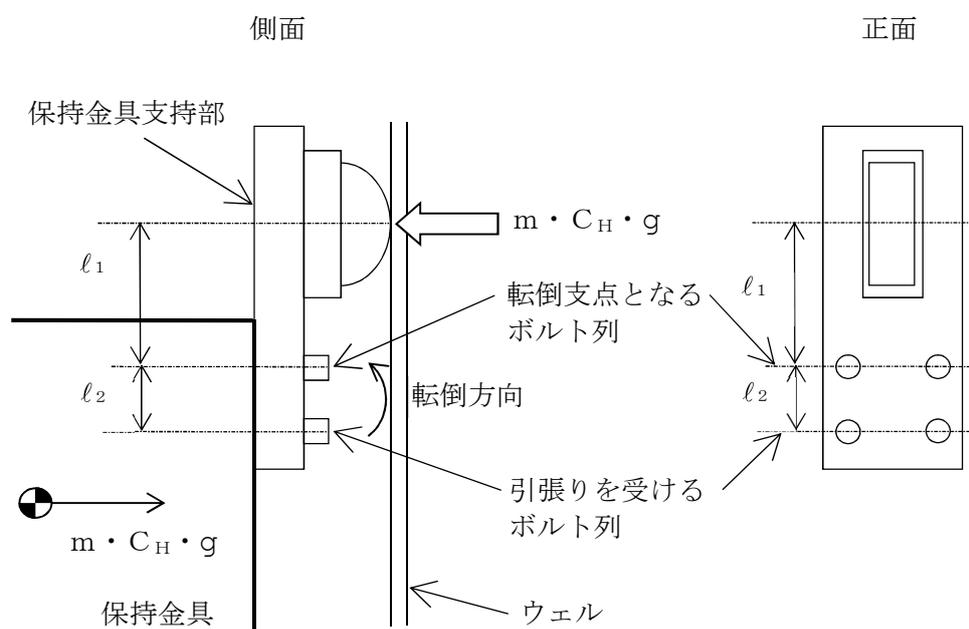


図5-1 計算モデル

(1) 引張応力

保持金具支持部固定ボルトに対する引張力は、図5-1でボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot \ell_1}{n_{fH} \cdot \ell_2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、保持金具支持部固定ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

5.4.1.2 保持金具支持部の計算方法

保持金具支持部の応力は、地震による震度により作用する水平方向の地震力によって生じる曲げモーメントについて計算する。

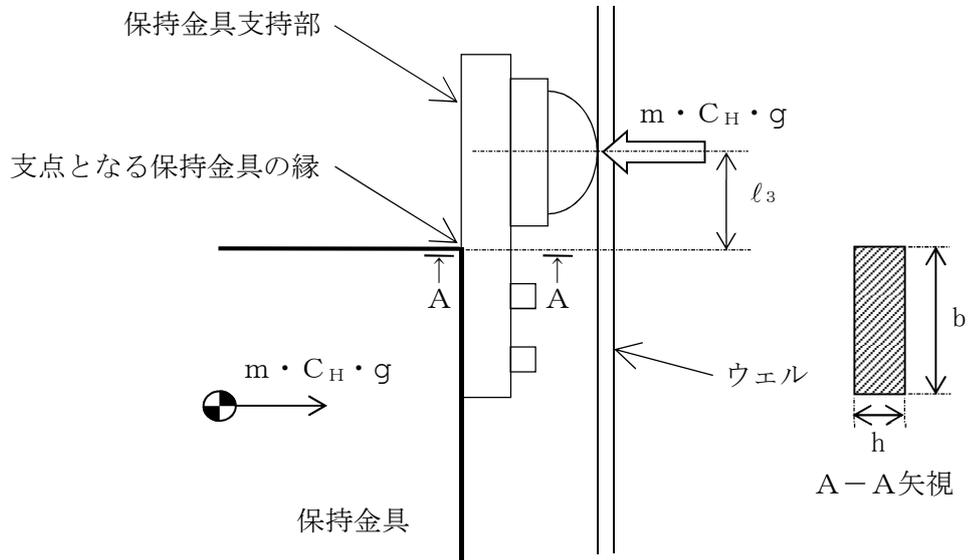


図 5-2 計算モデル

(1) 曲げ応力

保持金具支持部は、図5-2に示すとおり片持ち梁状に取り付けられている。この片持ち梁状態の支持点における曲げモーメントによって生じる応力を計算する。

曲げモーメント

$$M = m \cdot C_H \cdot g \cdot l_3 \quad \dots \dots \dots (5.4.1.2.1)$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、保持金具支持部の断面係数Zは次式により求める。

$$Z = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.2.3)$$

5.5 計算条件

5.5.1 保持金具支持部固定ボルトの応力計算条件

保持金具支持部固定ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001D) 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。

5.5.2 保持金具支持部の応力計算条件

保持金具支持部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001D) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 保持金具支持部固定ボルトの応力評価

5.4.1.1項で求めた保持金具支持部固定ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{t0} 以下であること。

	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
許容引張応力 f_{t0}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$

5.6.2 保持金具支持部の応力評価

5.4.1.2項で求めた保持金具支持部の曲げ応力 σ_b は次式より求めた許容曲げ応力 f_{b0} 以下であること。

	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
許容曲げ応力 f_{b0}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

主蒸気管放射線モニタ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。

主蒸気管放射線モニタの機能確認済加速度は、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評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001D)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

主蒸気管放射線モニタ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。

(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。

【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001A) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =0.78	C _V =0.72	C _H =1.53	C _V =1.41	55

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 保持金具支持部固定ボルト

部材	m (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n f _H	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部固定ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4 (M4)	12.57	2	195	496	205	205	205

1.2.2 保持金具支持部

部材	m (kg)	ℓ ₃ (mm)	b (mm)	h (mm)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	195	496	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 保持金具支持部固定ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	□	□	—	—

1.3.2 保持金具支持部に作用するモーメント (単位：N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
保持金具支持部	□	□

1.4 結論

1.4.1 保持金具支持部固定ボルトの応力 (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
保持金具支持部固定ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_b = 6$	$f_{t0} = 153$	$\sigma_b = 11$	$f_{t0} = 153$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

1.4.2 保持金具支持部の応力 (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
保持金具支持部	SUS304	曲げ	$\sigma_b = 49$	$f_{b0} = 205$	$\sigma_b = 96$	$f_{b0} = 205$

すべて許容応力以下である。

1.4.3 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001A)	水平方向	1.27	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.18	<input type="text"/>

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

1.5 その他の機器要目

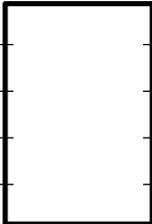
(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	23
要素数	—	—	17

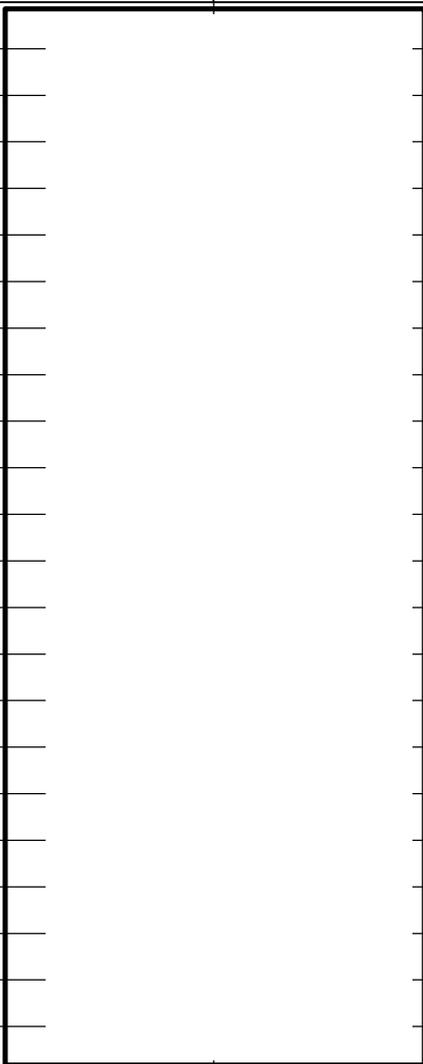
(2) 要素の断面性状

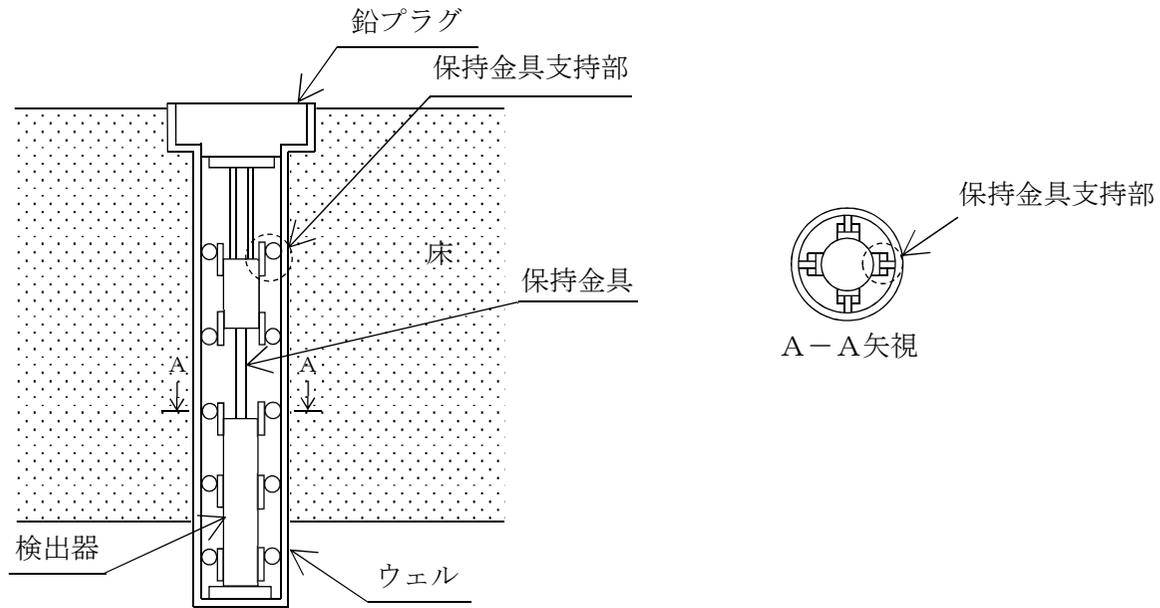
要素番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

(3) ばね結合部の指定

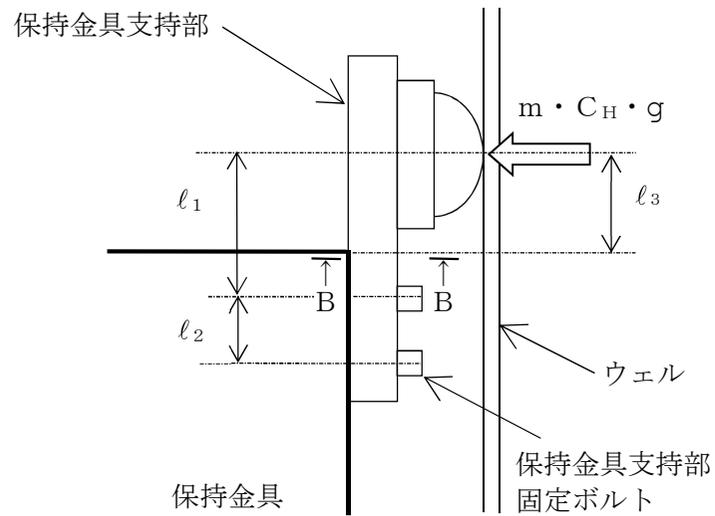
ばねの節点番号	ばね定数 (N/mm)
3	
6	
10	
12	
16	

(4) 節点の座標及び質量

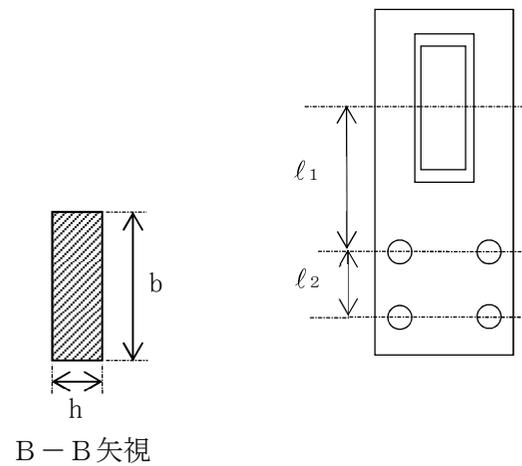
節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		



保持金具支持部拡大図
側面



保持金具支持部拡大図
正面



【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001B) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =0.78	C _V =0.72	C _H =1.53	C _V =1.41	55

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 保持金具支持部固定ボルト

部材	m (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n f _H	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部固定ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4 (M4)	12.57	2	195	496	205	205	205

1.2.2 保持金具支持部

部材	m (kg)	ℓ ₃ (mm)	b (mm)	h (mm)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	195	496	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 保持金具支持部固定ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	□	□	—	—

1.3.2 保持金具支持部に作用するモーメント (単位：N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
保持金具支持部	□	□

1.4 結論

1.4.1 保持金具支持部固定ボルトの応力 (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
保持金具支持部固定ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_b = 6$	$f_{t0} = 153$	$\sigma_b = 11$	$f_{t0} = 153$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

1.4.2 保持金具支持部の応力 (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
保持金具支持部	SUS304	曲げ	$\sigma_b = 49$	$f_{b0} = 205$	$\sigma_b = 96$	$f_{b0} = 205$

すべて許容応力以下である。

1.4.3 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001B)	水平方向	1.27	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.18	<input type="text"/>

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

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	23
要素数	—	—	17

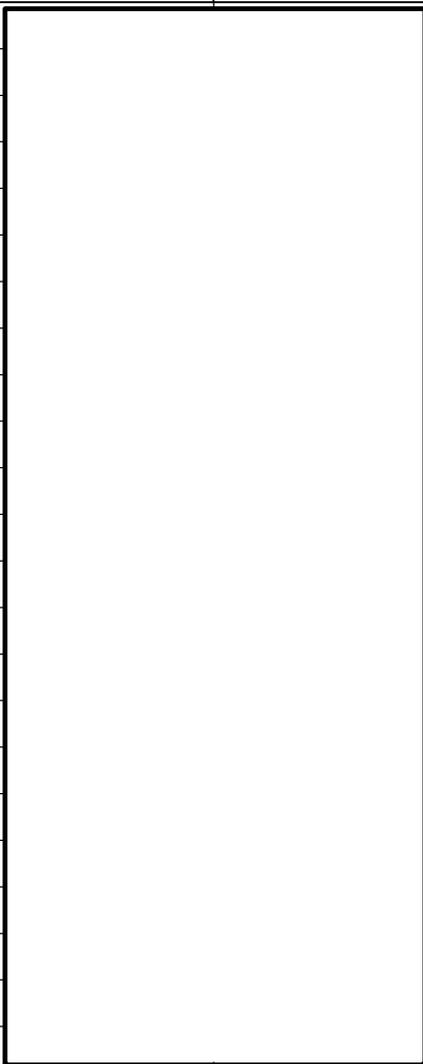
(2) 要素の断面性状

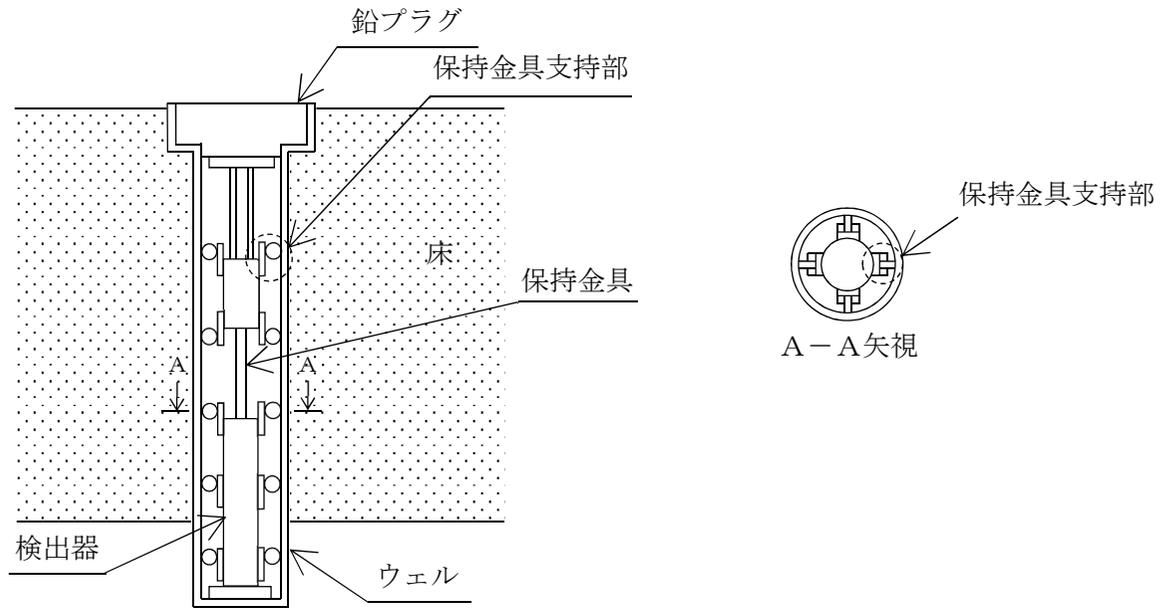
要素番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

(3) ばね結合部の指定

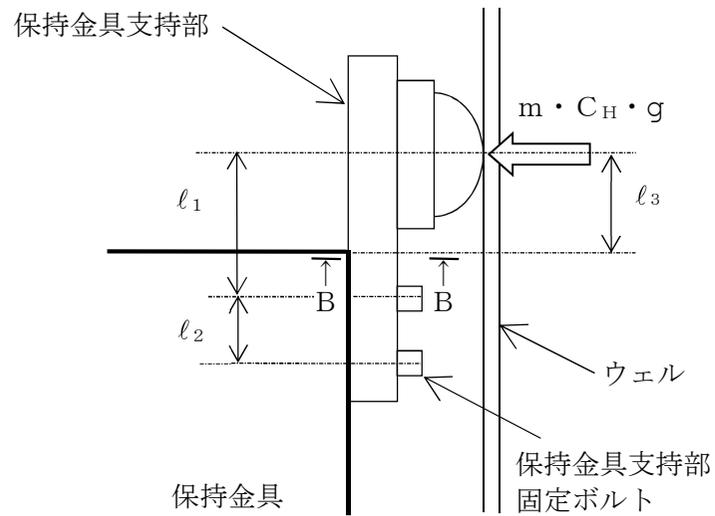
ばねの節点番号	ばね定数 (N/mm)
3	
6	
10	
12	
16	

(4) 節点の座標及び質量

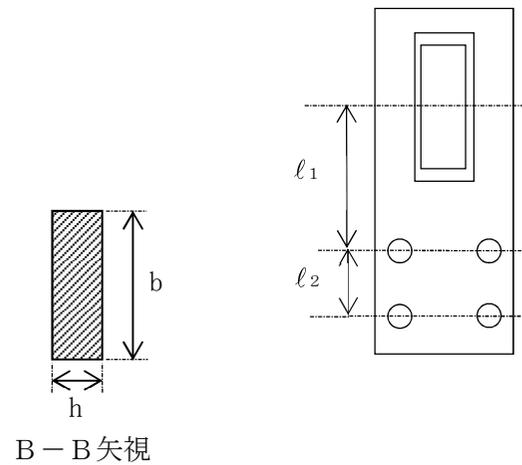
節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		



保持金具支持部拡大図
側面



保持金具支持部拡大図
正面



【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001C) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*			C _H =0.78	C _V =0.72	C _H =1.53	C _V =1.41	55

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 保持金具支持部固定ボルト

部材	m (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n f _H	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部固定ボルト				4 (M4)	12.57	2	195	496	205	205	205

1.2.2 保持金具支持部

部材	m (kg)	ℓ ₃ (mm)	b (mm)	h (mm)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部					195	496	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 保持金具支持部固定ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	□	□	—	—

1.3.2 保持金具支持部に作用するモーメント (単位：N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
保持金具支持部	□	□

1.4 結論

1.4.1 保持金具支持部固定ボルトの応力 (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
保持金具支持部固定ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_b = 6$	$f_{t0} = 153$	$\sigma_b = 11$	$f_{t0} = 153$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

1.4.2 保持金具支持部の応力 (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
保持金具支持部	SUS304	曲げ	$\sigma_b = 49$	$f_{b0} = 205$	$\sigma_b = 96$	$f_{b0} = 205$

すべて許容応力以下である。

1.4.3 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001C)	水平方向	1.27	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.18	<input type="text"/>

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

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	23
要素数	—	—	17

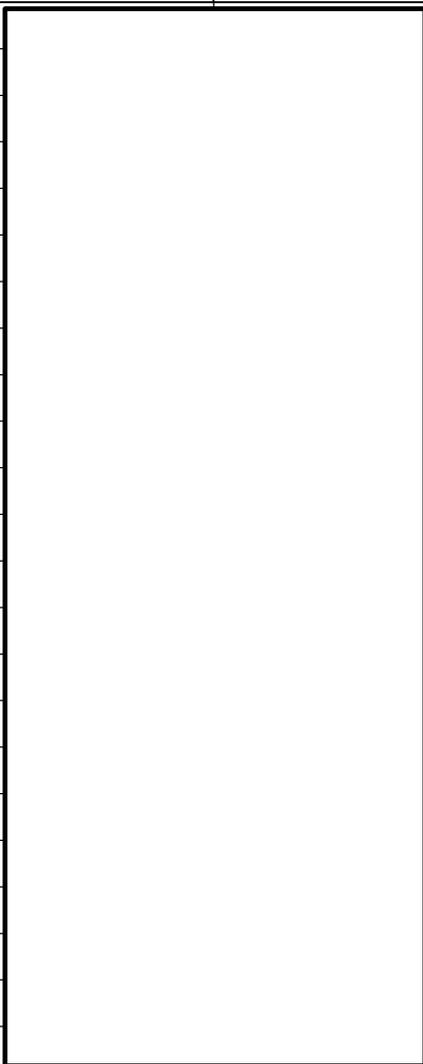
(2) 要素の断面性状

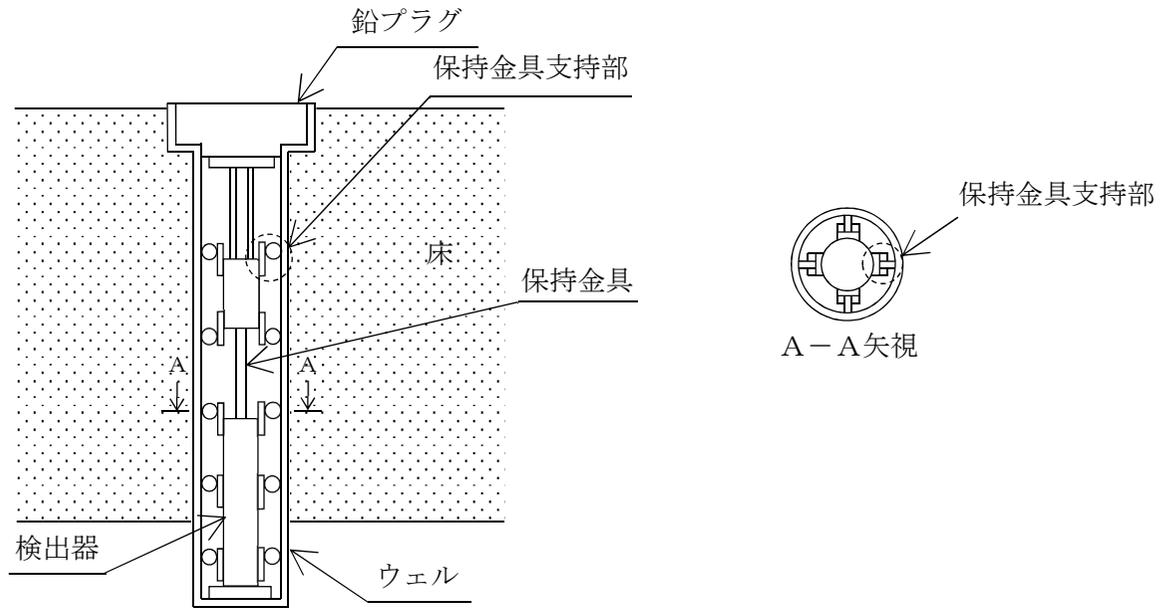
要素番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

(3) ばね結合部の指定

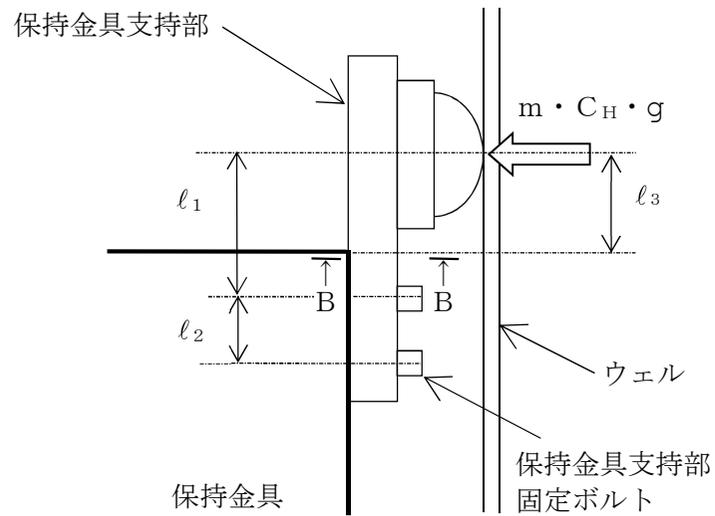
ばねの節点番号	ばね定数 (N/mm)
3	
6	
10	
12	
16	

(4) 節点の座標及び質量

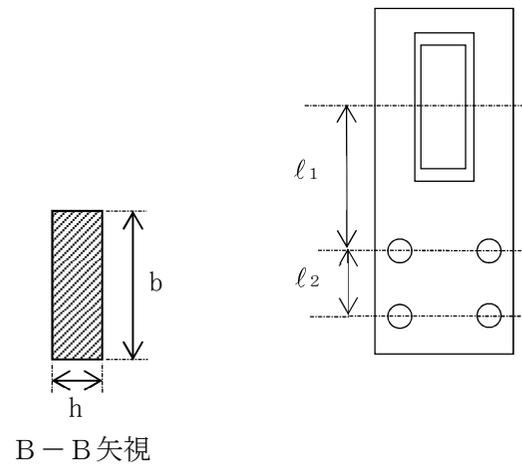
節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		



保持金具支持部拡大図
側面



保持金具支持部拡大図
正面



【主蒸気管放射線モニタ (D11-RE001D) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =0.78	C _V =0.72	C _H =1.53	C _V =1.41	55

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 保持金具支持部固定ボルト

部材	m (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n f _H	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部固定ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4 (M4)	12.57	2	195	496	205	205	205

1.2.2 保持金具支持部

部材	m (kg)	ℓ ₃ (mm)	b (mm)	h (mm)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	195	496	205	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 保持金具支持部固定ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	□	□	—	—

1.3.2 保持金具支持部に作用するモーメント (単位：N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
保持金具支持部	□	□

1.4 結論

1.4.1 保持金具支持部固定ボルトの応力 (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
保持金具支持部固定ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_b = 6$	$f_{t0} = 153$	$\sigma_b = 11$	$f_{t0} = 153$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

1.4.2 保持金具支持部の応力 (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
保持金具支持部	SUS304	曲げ	$\sigma_b = 49$	$f_{b0} = 205$	$\sigma_b = 96$	$f_{b0} = 205$

すべて許容応力以下である。

1.4.3 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管 放射線モニタ (D11-RE001D)	水平方向	1.27	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.18	<input type="text"/>

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

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	23
要素数	—	—	17

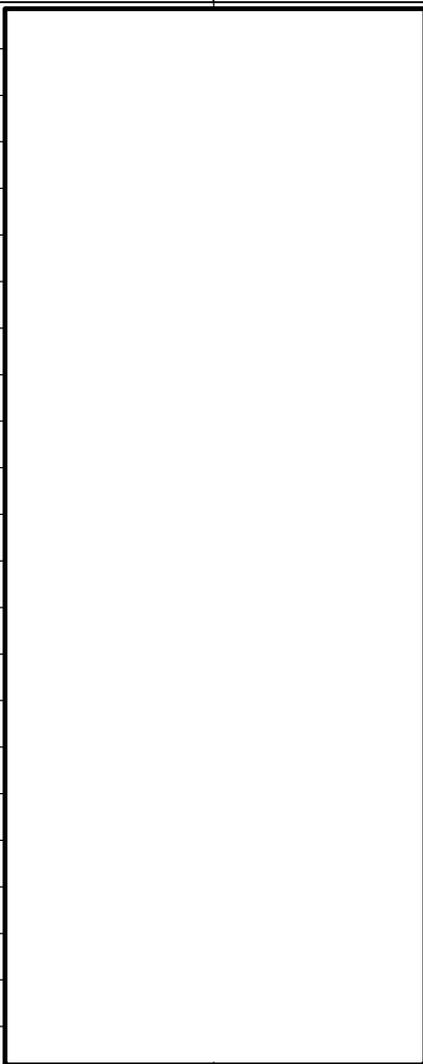
(2) 要素の断面性状

要素番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

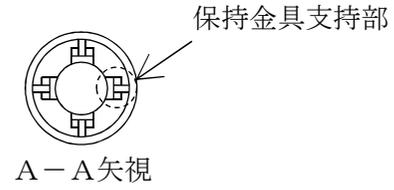
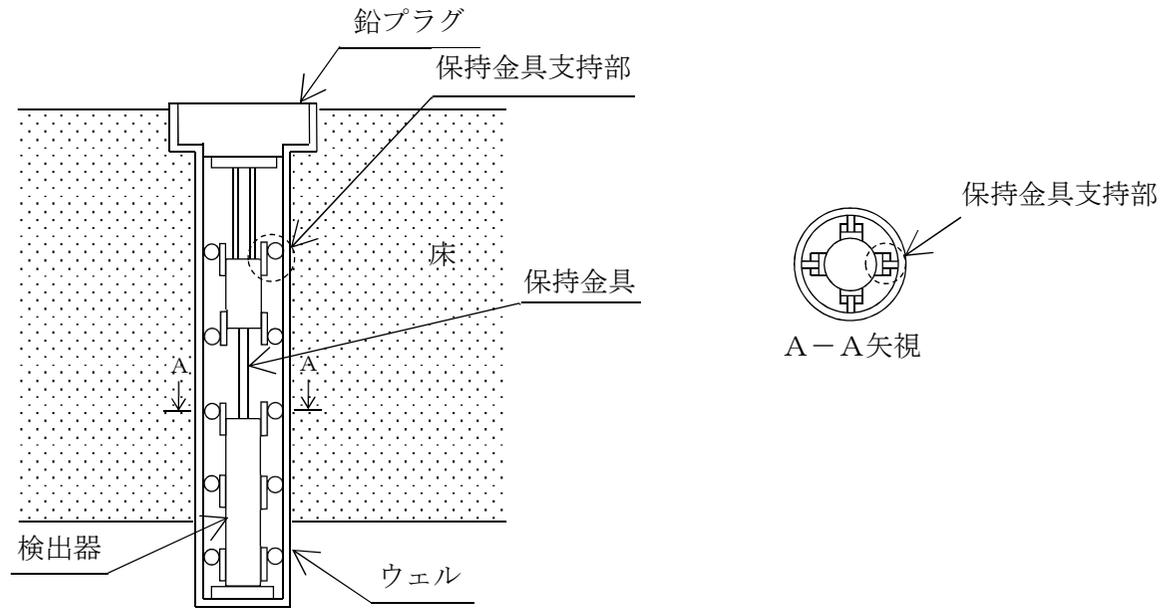
(3) ばね結合部の指定

ばねの節点番号	ばね定数 (N/mm)
3	
6	
10	
12	
16	

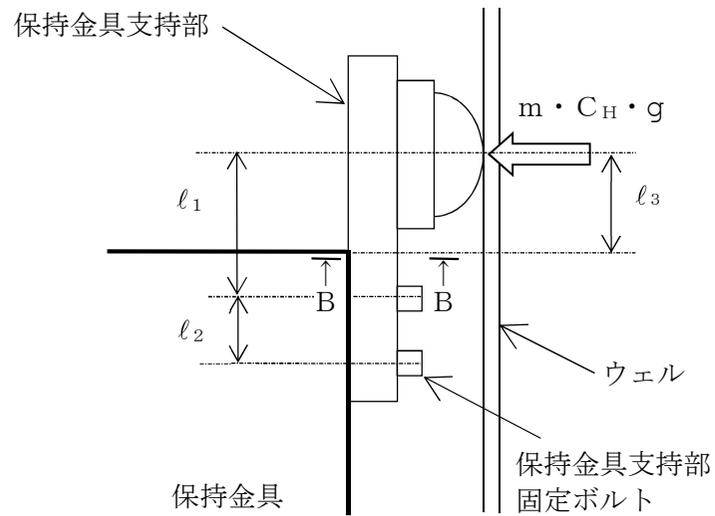
(4) 節点の座標及び質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		

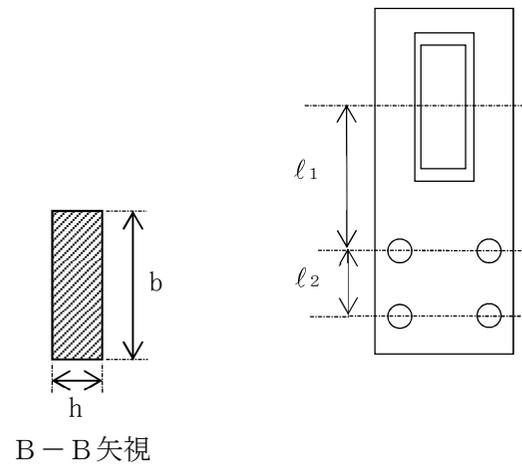
K6 ① VI-2-8-1(1) R0



保持金具支持部拡大図
側面



保持金具支持部拡大図
正面



(2) 燃料取替エリア排気放射線モニタの耐震性についての計算書

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
5.2.2 許容応力	9
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.4.1 応力の計算方法	14
5.5 計算条件	20
5.5.1 架台取付ボルトの応力計算条件	20
5.5.2 検出器取付ボルトの応力計算条件	20
5.6 応力の評価	21
5.6.1 ボルトの応力評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、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、燃料取替エリア排気放射線モニタ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。

燃料取替エリア排気放射線モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設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

燃料取替エリア排気放射線モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																					
架台取付・支持構造	主体構造																						
検出器は、検出器取付ボルトにより固定され、架台は、基礎に設置された取付金具に架台取付ボルトで固定する。	半導体式	<p>【燃料取替エリア排気放射線モニタ】</p>																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022A)</th> <th>燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022B)</th> <th>燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022C)</th> <th>燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>160</td> <td>160</td> <td>160</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>430</td> <td>430</td> <td>430</td> <td>430</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022A)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022B)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022C)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022D)	たて	160	160	160	160	横	180	180	180	180	高さ	430	430	430	430	
機器名称	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022A)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022B)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022C)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022D)																			
たて	160	160	160	160																			
横	180	180	180	180																			
高さ	430	430	430	430																			
			(単位：mm)																				

2.2 評価方針

燃料取替エリア排気放射線モニタの応力評価は、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」にて示す燃料取替エリア排気放射線モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で確認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、「5. 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、燃料取替エリア排気放射線モニタの機能維持評価は、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、「6. 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「7. 評価結果」に示す。

燃料取替エリア排気放射線モニタの耐震評価フローを図2-1に示す。

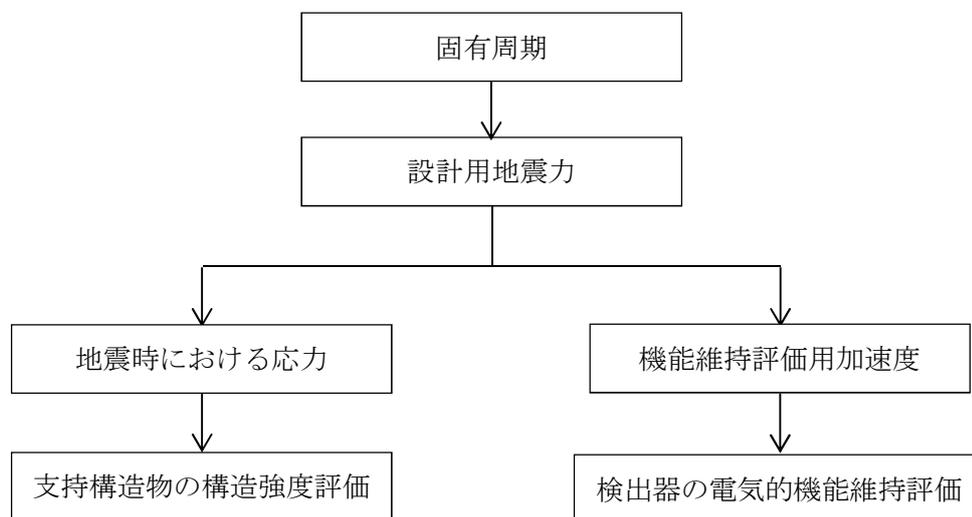


図2-1 燃料取替エリア排気放射線モニタの耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{b1i}	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * ¹	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{2i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
m_i	質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fvi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形) * ¹	—
n_{fHi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形) * ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_{b1i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi} (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1: A_{bi} , d_{i} , F_{i} , F_{i}^{*} , F_{bi} , F_{b1i} , F_{b2i} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , l_{3i} ,
 n_{i} , n_{fv_i} , n_{fHi} , Q_{bi} , Q_{b1i} , Q_{b2i} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$,
 σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 架台取付ボルト

$i = 2$: 検出器取付ボルト

*2: h_{i} 及び m_{i} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 検出器+架台

$i = 2$: 検出器

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

燃料取替エリア排気放射線モニタの耐震評価は、「5.1 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架台取付ボルト及び検出器取付ボルトについて実施する。

燃料取替エリア排気放射線モニタ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. 固有周期

4.1 基本方針

燃料取替エリア排気放射線モニタの固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。燃料取替エリア排気放射線モニタの外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、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 4-1 固有周期 (単位：s)

燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022D)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 燃料取替エリア排気放射線モニタの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は燃料取替エリア排気放射線モニタに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 燃料取替エリア排気放射線モニタは検出器取付ボルトにより架台に固定されており、固定端とする。また、架台は基礎に設置された取付金具に架台取付ボルトで固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、計算モデルにおける正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 燃料取替エリア排気放射線モニタの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料取替エリア排気放射線モニタ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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

燃料取替エリア排気放射線モニタの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

燃料取替エリア排気放射線モニタ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 5-3 に示す。

表 5-1 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	燃料取替エリア 排気放射線モニタ		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的安全施設 等の起動信号	非常用ガス 処理系	燃料取替エリア 排気放射能高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力 (その他の支持構造物)

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

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 5-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
架台取付ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
検出器取付ボルト	SS400 (径≤16mm)	周囲環境温度	40	245	400	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、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 5-4 設計用地震力 (設計基準対象施設)

機器名称	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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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
燃料取替 エリア排気 放射線モニタ (D11-RE022A)	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =1. 06	C _V =0. 75	C _H =1. 98	C _V =1. 49
燃料取替 エリア排気 放射線モニタ (D11-RE022B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =1. 06	C _V =0. 75	C _H =1. 98	C _V =1. 49
燃料取替 エリア排気 放射線モニタ (D11-RE022C)	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =1. 06	C _V =0. 75	C _H =1. 98	C _V =1. 49
燃料取替 エリア排気 放射線モニタ (D11-RE022D)	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C _H =1. 06	C _V =0. 75	C _H =1. 98	C _V =1. 49

注記* : 基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 架台取付ボルトの計算方法

架台取付ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

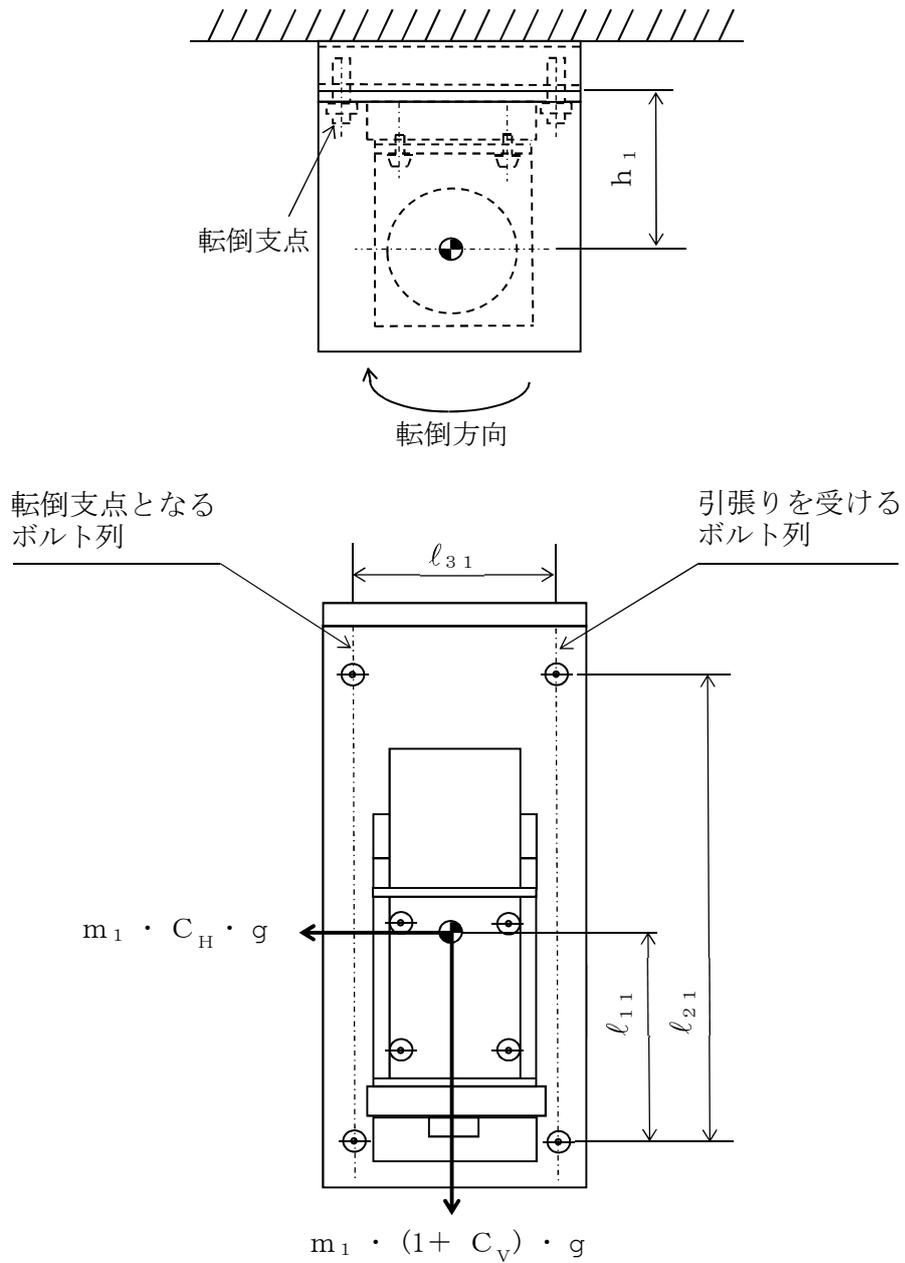


図5-1 計算モデル（壁掛形 正面方向転倒の場合）

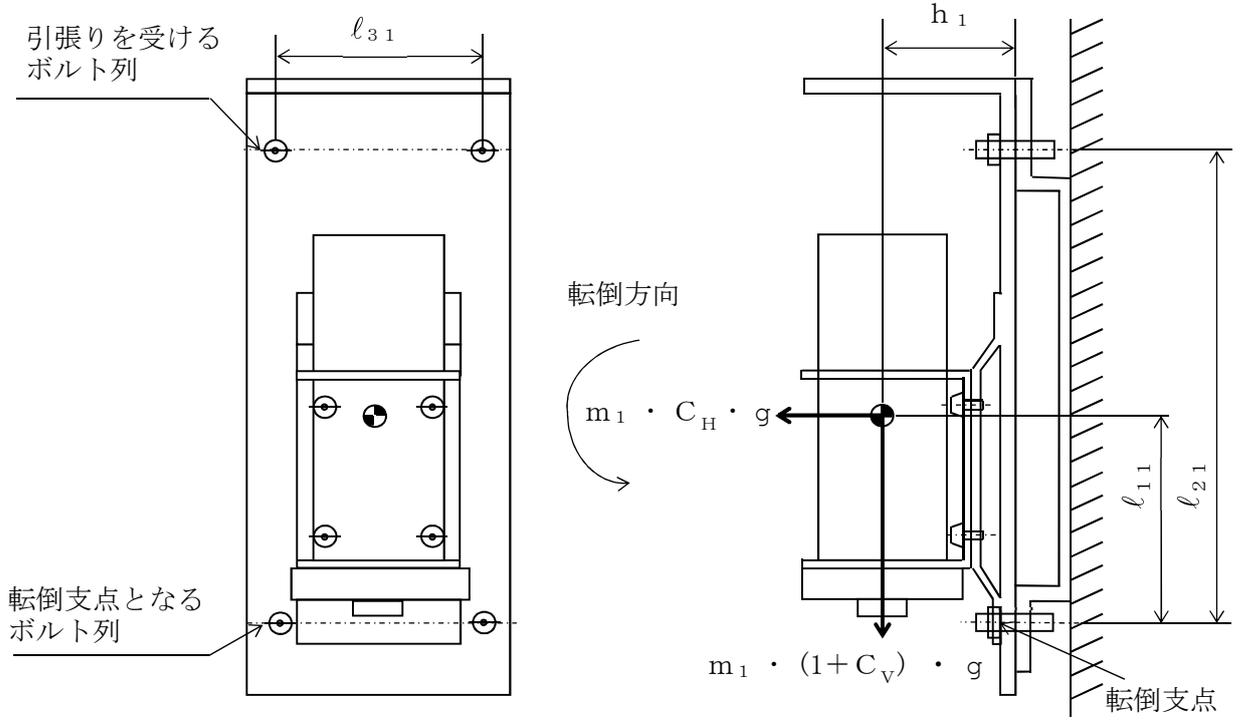


図5-2 計算モデル（壁掛形 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

架台取付ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b_{11}} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fv1} \cdot l_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH1} \cdot l_{31}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b_{21}} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot l_{11} \cdot g}{n_{fv1} \cdot l_{21}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b_1} = \text{Max} (F_{b_{11}} , F_{b_{21}}) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b_1} = \frac{F_{b_1}}{A_{b_1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、架台取付ボルトの軸断面積 A_{b_1} は次式により求める。

$$A_{b_1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_{b_1} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

架台取付ボルトに対するせん断力は、架台取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b_{11}} = m_1 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b_{21}} = m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b_1} = \sqrt{(Q_{b_{11}})^2 + (Q_{b_{21}})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b_1} = \frac{Q_{b_1}}{n_1 \cdot A_{b_1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 検出器取付ボルトの計算方法

検出器取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

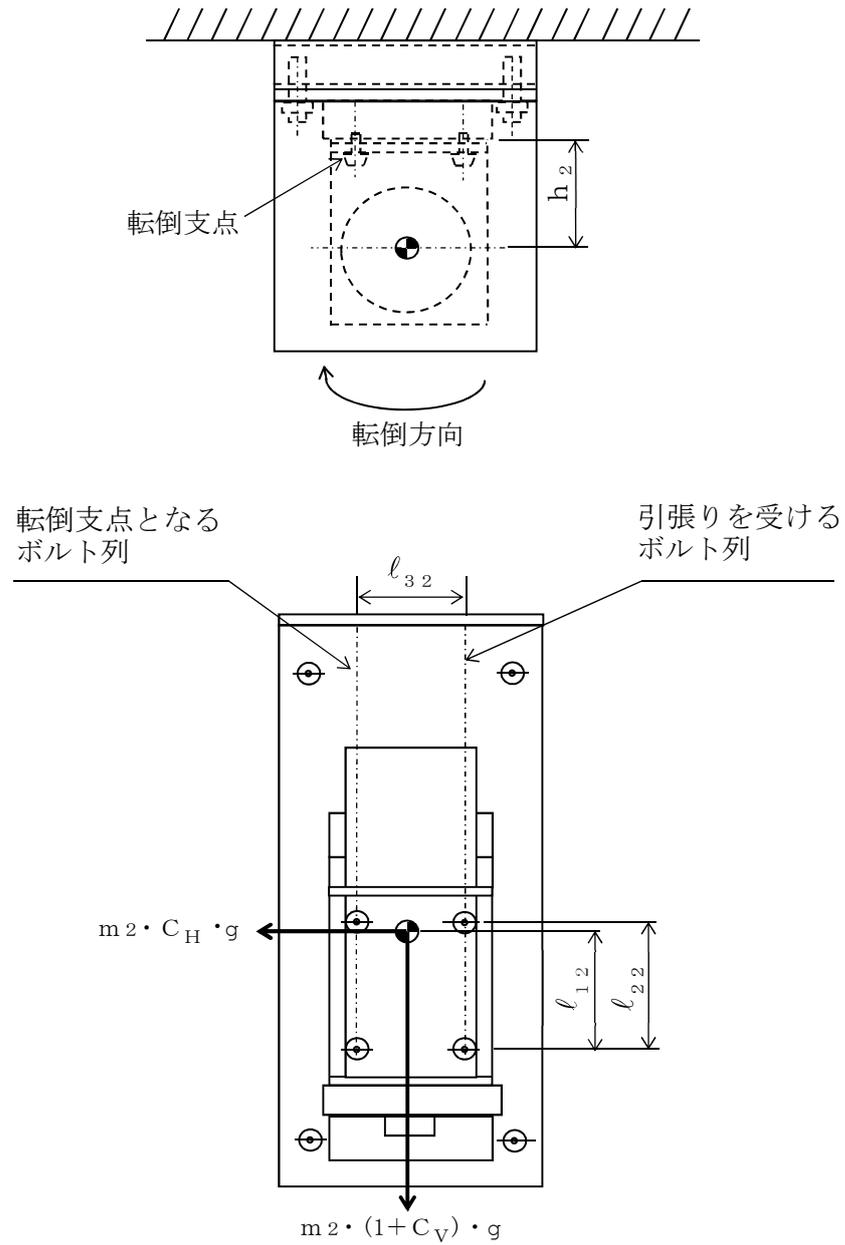


図5-3 計算モデル（壁掛形 正面方向転倒の場合）

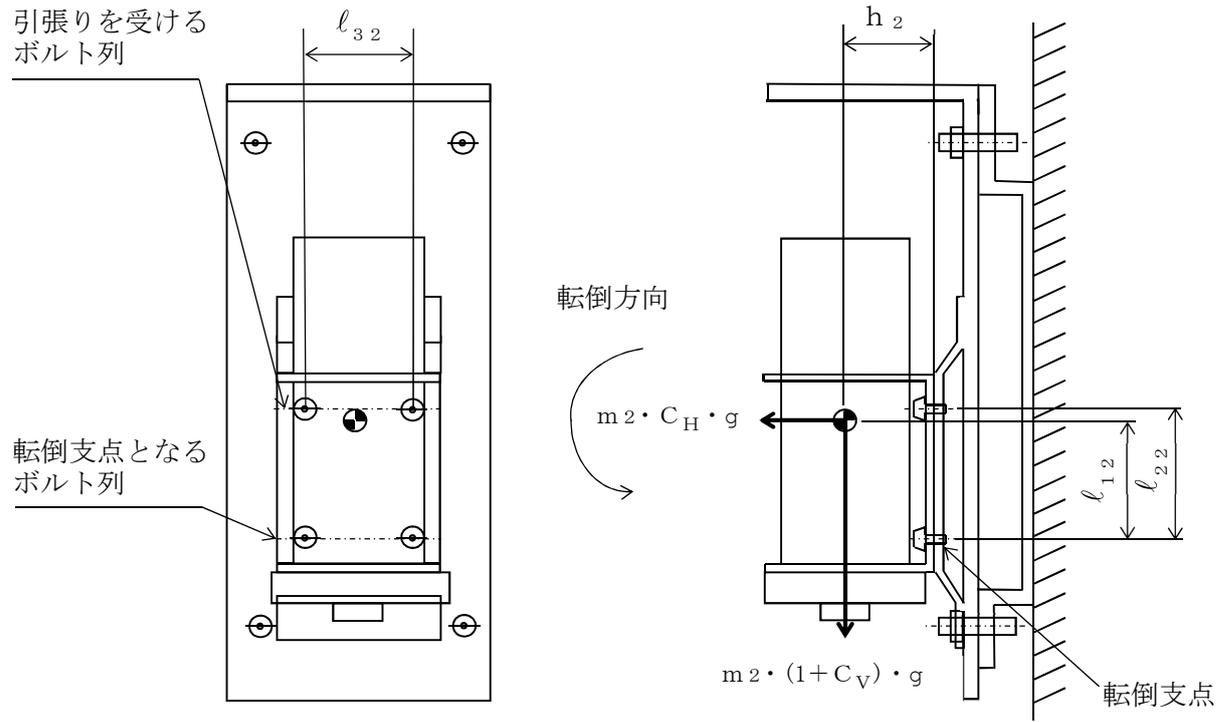


図5-4 計算モデル（壁掛形 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

検出器取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_{22} \cdot g}{n_{fV2} \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_{22} \cdot g}{n_{fH2} \cdot l_{32}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_{22} \cdot g + m_2 \cdot C_H \cdot l_{12} \cdot g}{n_{fV2} \cdot l_{22}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、検出器取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{22}^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

検出器取付ボルトに対するせん断力は、検出器取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = m_2 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 架台取付ボルトの応力計算条件

架台取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE022A）の耐震性についての計算結果】、【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE022B）の耐震性についての計算結果】、【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE022C）の耐震性についての計算結果】、【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE022D）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。

5.5.2 検出器取付ボルトの応力計算条件

検出器取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE022A）の耐震性についての計算結果】、【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE022B）の耐震性についての計算結果】、【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE022C）の耐震性についての計算結果】、【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE022D）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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容引張応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} 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
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

燃料取替エリア排気放射線モニタの電気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。

燃料取替エリア排気放射線モニタの機能確認済加速度は、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気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6-1に示す。

表6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022D)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

燃料取替エリア排気放射線モニタ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。

(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。

【燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022A) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
燃料取替エリア 排気放射線モニタ (D11-RE022A)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =1. 06	C _V =0. 75	C _H =1. 98	C _V =1. 49	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
架台取付ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6 (M6)	28. 27	4	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
検出器取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5 (M5)	19. 63	4	245 (径≤16mm)	400 (径≤16mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
架台取付ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	215	258	正面方向	正面方向
検出器取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	245	280	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
架台取付ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
検出器取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (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
架台取付ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=161^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=193^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=124$	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=148$
検出器取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=183^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

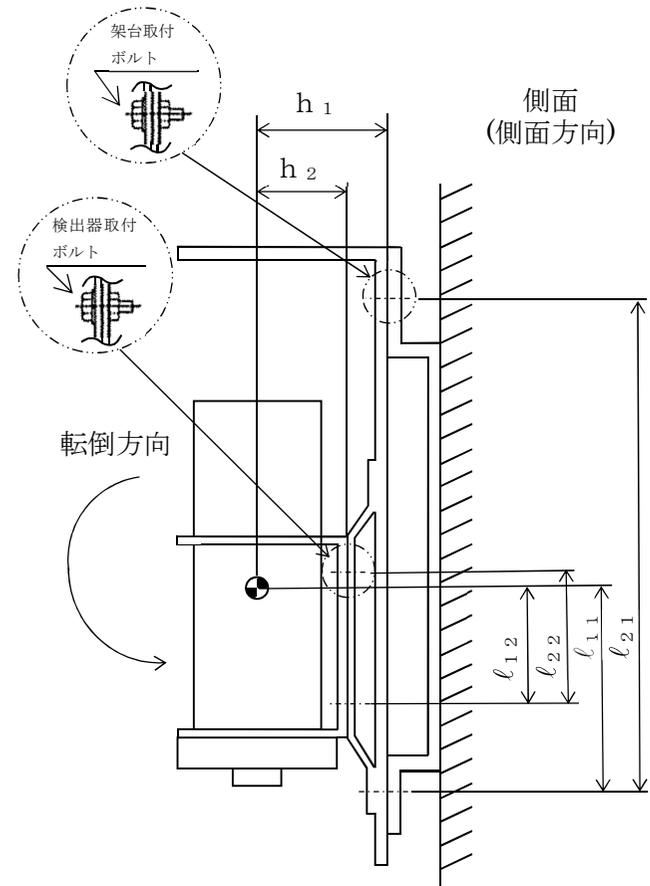
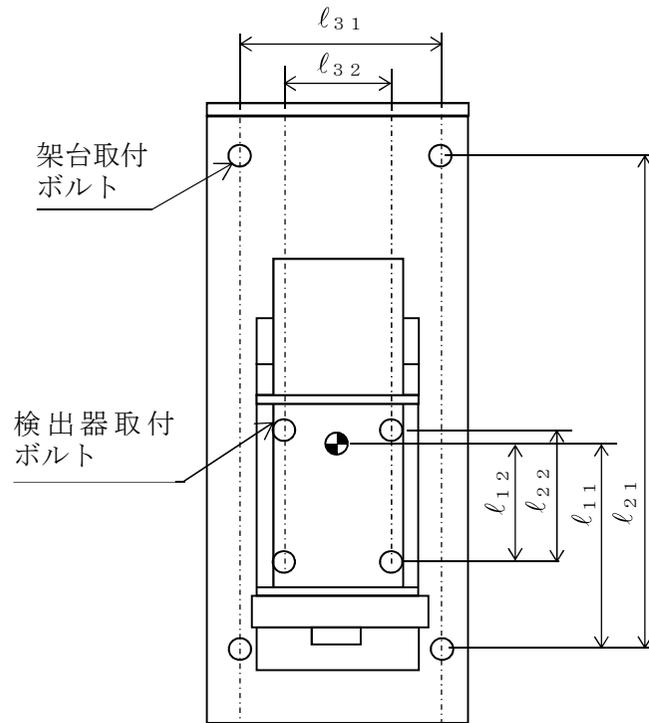
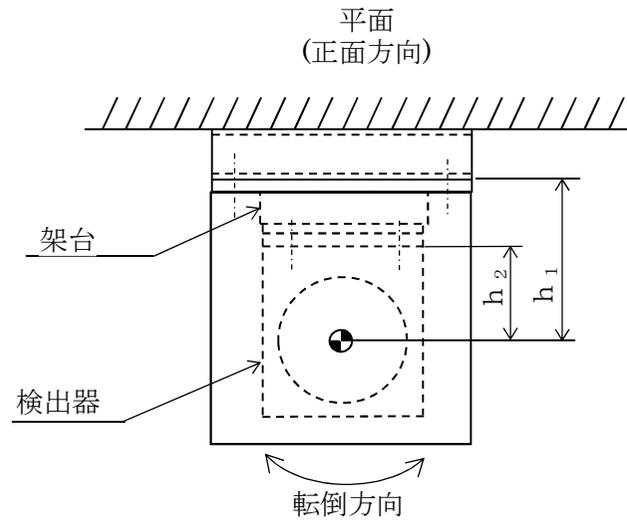
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替エリア 排気放射線モニタ (D11-RE022A)	水平方向	1.64	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.24	<input type="text"/>

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022B) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
燃料取替エリア 排気放射線モニタ (D11-RE022B)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =1. 06	C _V =0. 75	C _H =1. 98	C _V =1. 49	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
架台取付ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6 (M6)	28. 27	4	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
検出器取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5 (M5)	19. 63	4	245 (径≤16mm)	400 (径≤16mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
架台取付ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	215	258	正面方向	正面方向
検出器取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	245	280	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
架台取付ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
検出器取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
架台取付ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=161^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=193^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=124$	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=148$
検出器取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=183^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

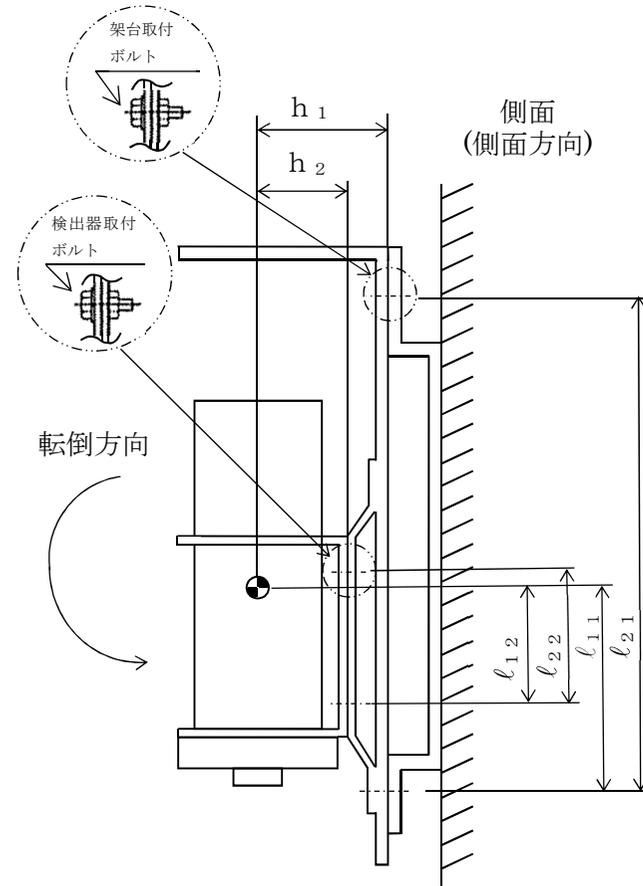
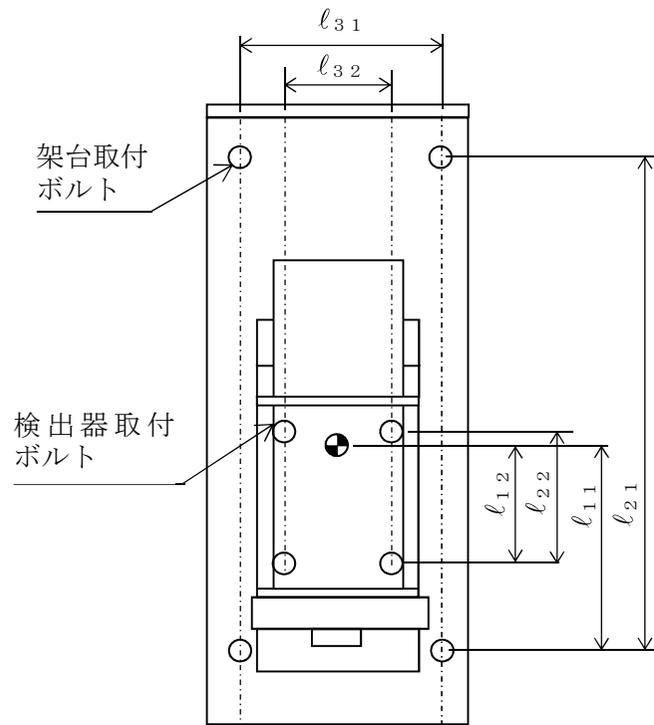
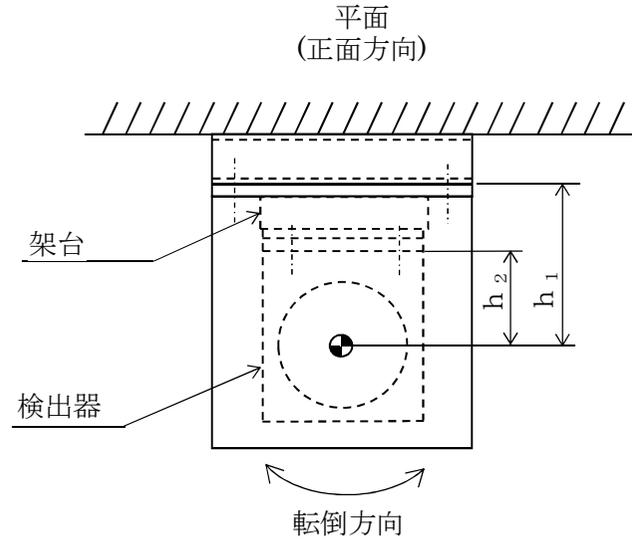
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替エリア 排気放射線モニタ (D11-RE022B)	水平方向	1.64	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.24	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022C) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
燃料取替エリア 排気放射線モニタ (D11-RE022C)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =1. 06	C _V =0. 75	C _H =1. 98	C _V =1. 49	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
架台取付ボルト (i =1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6 (M6)	28. 27	4	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
検出器取付ボルト (i =2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5 (M5)	19. 63	4	245 (径≤16mm)	400 (径≤16mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
架台取付ボルト (i =1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	215	258	正面方向	正面方向
検出器取付ボルト (i =2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	245	280	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
架台取付ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
検出器取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
架台取付ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=161^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=193^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=124$	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=148$
検出器取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=183^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

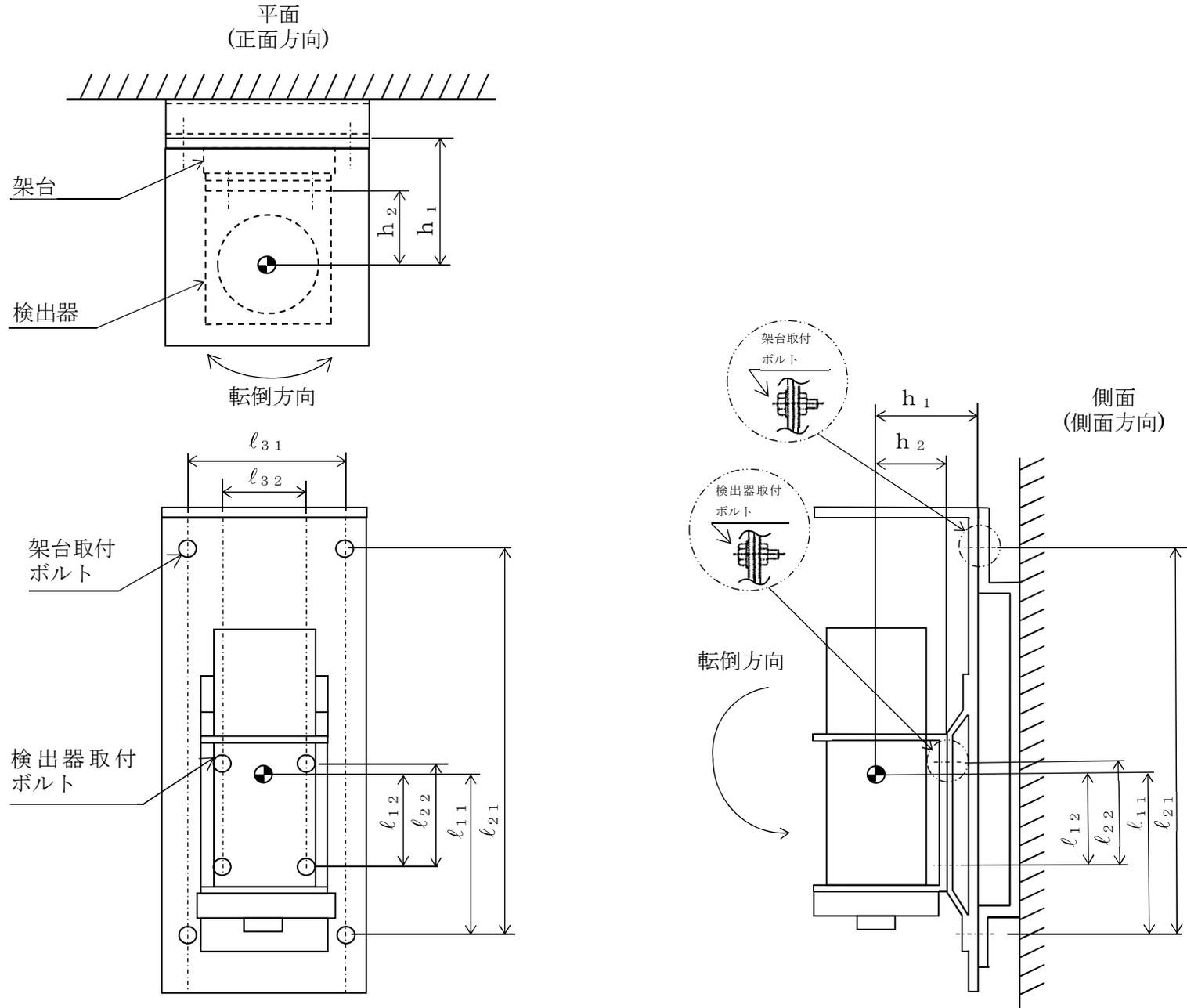
1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替エリア 排気放射線モニタ (D11-RE022C)	水平方向	1.64	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.24	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE022D) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
燃料取替エリア 排気放射線モニタ (D11-RE022D)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =1. 06	C _V =0. 75	C _H =1. 98	C _V =1. 49	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
架台取付ボルト (i = 1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6 (M6)	28. 27	4	215 (40mm < 径)	400 (40mm < 径)
検出器取付ボルト (i = 2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5 (M5)	19. 63	4	245 (径 ≤ 16mm)	400 (径 ≤ 16mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
架台取付ボルト (i = 1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	215	258	正面方向	正面方向
検出器取付ボルト (i = 2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	245	280	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
架台取付ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
検出器取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
架台取付ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=161^*$	$\sigma_{b1}=2$	$f_{ts1}=193^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=124$	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=148$
検出器取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=183^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

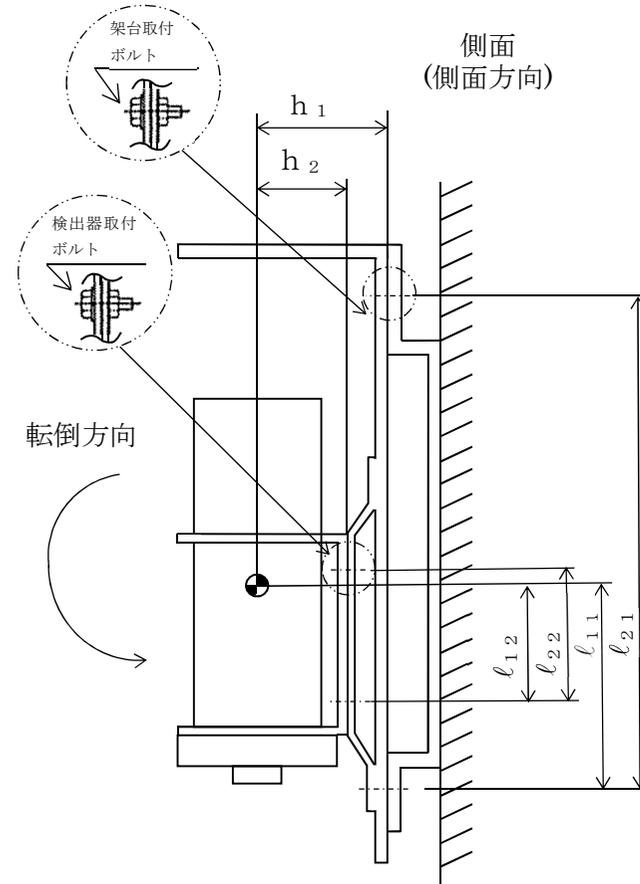
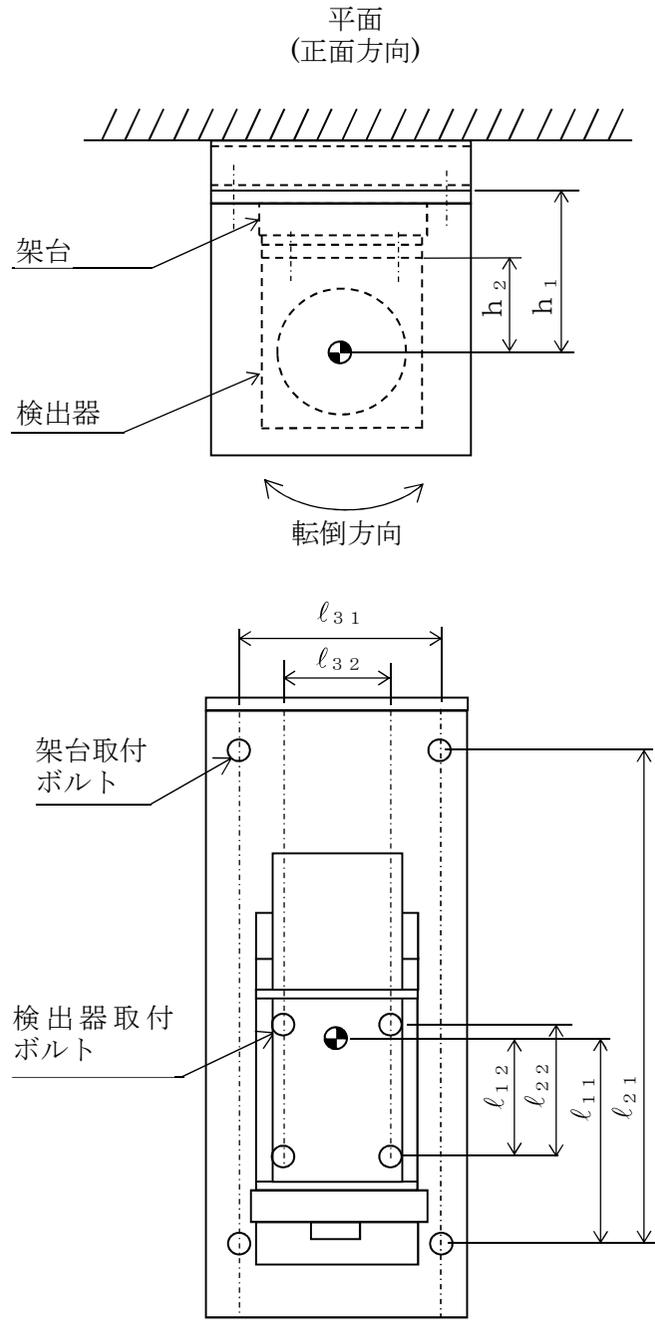
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替エリア 排気放射線モニタ (D11-RE022D)	水平方向	1.64	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.24	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(3) 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの耐震性についての計算書

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	11
5.2.2 許容応力	11
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	11
5.3 設計用地震力	15
5.4 計算方法	16
5.4.1 応力の計算方法	16
5.5 計算条件	20
5.5.1 検出器取付ボルトの応力計算条件	20
5.5.2 溶接部の応力計算条件	20
5.6 応力の評価	20
5.6.1 検出器取付ボルトの応力評価	20
5.6.2 溶接部の応力評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、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、原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ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。

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタは、設計基準対象施設においてはSクラスに分類される。以下、設計基準対象設備としての構造強度評価および電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの構造計画を表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																								
<p>検出器は検出器取付ボルトにより、サポート鋼材に固定する。 サポート鋼材は溶接により、はり及び壁に固定する。</p>	<p>半導体式</p>	<p>【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ】</p>																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003A)</th> <th>原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003B)</th> <th>原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003C)</th> <th>原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>2350</td> <td>2350</td> <td>2350</td> <td>2350</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>2190</td> <td>2190</td> <td>2190</td> <td>2190</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>4200</td> <td>4200</td> <td>4200</td> <td>4200</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003A)	原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003B)	原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003C)	原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003D)	たて	2350	2350	2350	2350	横	2190	2190	2190	2190	高さ	4200	4200	4200	4200			
機器名称	原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003A)	原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003B)	原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003C)	原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003D)																					
たて	2350	2350	2350	2350																					
横	2190	2190	2190	2190																					
高さ	4200	4200	4200	4200																					
		(単位 : mm)																							

2.2 評価方針

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの応力評価は、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」にて示す原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 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、「5. 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、原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの機能維持評価は、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、「6. 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「7. 評価結果」に示す。

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

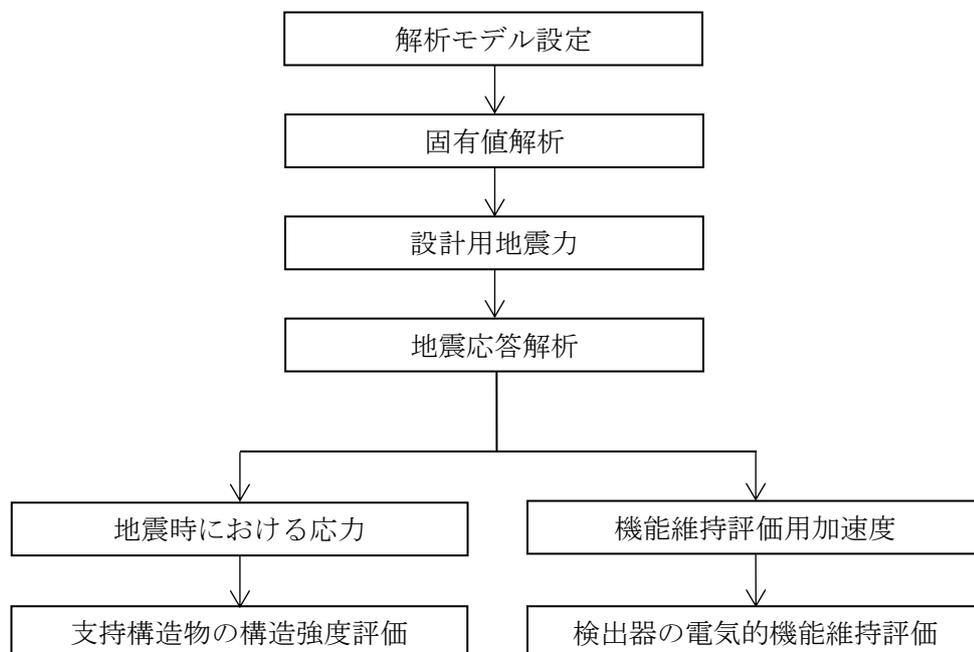


図 2-1 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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 _b	検出器取付ボルトの軸断面積	mm ²
A _w	溶接部の有効断面積	mm ²
A _{wx}	溶接部の F _x に対する有効断面積	mm ²
A _{wz}	溶接部の F _z に対する有効断面積	mm ²
b ₁ , b 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	—
d	検出器取付ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F [*]	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133に定める値	MPa
F _b	検出器取付ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
F _x	検出器取付ボルト部, 又は溶接部に作用する力 (x 方向)	N
F _y	検出器取付ボルト部, 又は溶接部に作用する力 (y 方向)	N
F _z	検出器取付ボルト部, 又は溶接部に作用する力 (z 方向)	N
f _t	溶接部の許容引張応力	MPa
f _s	溶接部の許容せん断応力	MPa
f _b	溶接部の許容曲げ応力	MPa
f _w	溶接部の許容組合せ応力	MPa
f _{s b}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
h ₁ , h ₂	溶接の有効長さ (x 方向)	mm
l ₁	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	mm
l ₂	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
l ₃	M _x によって検出器取付ボルトにせん断力が発生する場合の, 検出器取付ボルトと検出器荷重点との距離 (小さい方)	mm
M _x	検出器取付ボルト部, 又は溶接部に作用するモーメント (x 軸周り)	N・m
M _y	検出器取付ボルト部, 又は溶接部に作用するモーメント (y 軸周り)	N・m
M _z	検出器取付ボルト部, 又は溶接部に作用するモーメント (z 軸周り)	N・m
n	検出器取付ボルトの本数	—
n _{f y}	評価上 M _y による引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
n _{f z}	評価上 M _z による引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q _b	検出器取付ボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
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	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
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	MPa
W	検出器の質量	N
Z _x	溶接断面積における x 軸方向の断面係数	mm ³
Z _z	溶接断面積における z 軸方向の断面係数	mm ³
Z _p	溶接断面積におけるねじり断面係数	mm ³
ν	ポアソン比	—
σ _t	検出器取付ボルト又は, 溶接部に生じる引張応力	MPa
σ _b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ _w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	検出器取付ボルト又は, 溶接部に生じるせん断応力	MPa
π	円周率	—

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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3位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・m	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの耐震評価は、「5.1 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検出器取付ボルト部及び溶接部について実施する。原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ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. 固有周期

4.1 固有値解析方法

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの固有値解析方法を以下に示す。

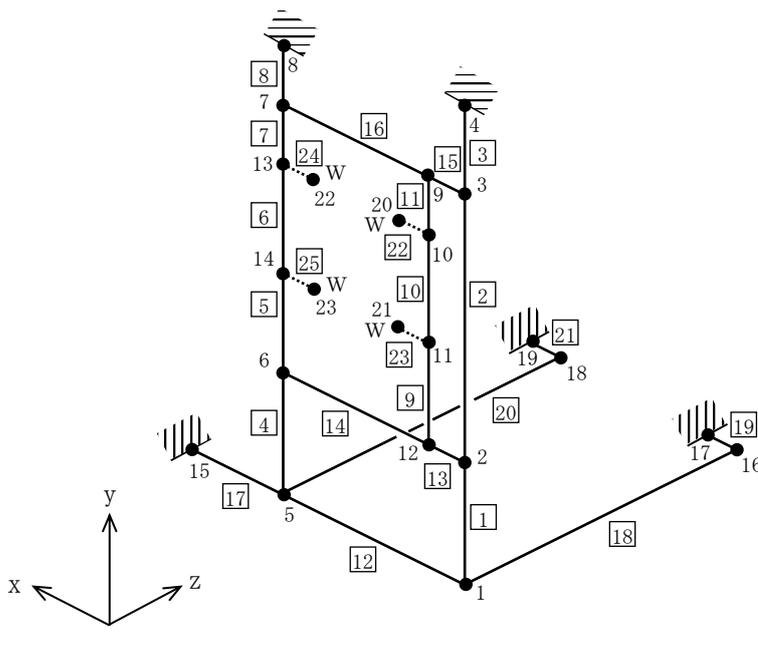
- (1) 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの解析モデルを図 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【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003A) の耐震性についての計算結果】、【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003B) の耐震性についての計算結果】、【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003C) の耐震性についての計算結果】、【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003D) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの検出器の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、溶接部を完全拘束とする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



[凡例]

1 ~ 23 : 節点番号

① ~ ②⑤ : 要素番号

W : 検出器荷重点

図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 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 4-1 固有値解析結果

計器番号	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	
D11-RE003A	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
D11-RE003B	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
D11-RE003C	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—
D11-RE003D	1 次	水平	<input type="text"/>	—	—	—

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、原子炉区域換気空調系排気放射線モニタに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 計算機コードは、「NX NASTRAN」を使用し、荷重を求める。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの使用材料の許容応力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 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	原子炉区域換気空調系 排気放射線モニタ		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的安全施設 等の起動信号	非常用ガ ス処理系	原子炉区域 換気空調系排 気放射能高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力 (その他の支持構造物)

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

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。

*3: すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

表 5-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
検出器取付ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
溶接部	STKR400	周囲環境温度	40	245	400	—

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表5-4に示す。

「弾性設計用地震動S_d又は静的震度」及び「基準地震動S_s」による地震力は、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5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	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 _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
		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
原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003A)	原子炉建屋 T. M. S. L. 28. 550 (T. M. S. L. 31. 700*)		0.05 以下	C _H =0.88	C _V =0.73	C _H =1.75	C _V =1.45
原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 28. 550 (T. M. S. L. 31. 700*)		0.05 以下	C _H =0.88	C _V =0.73	C _H =1.75	C _V =1.45
原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003C)	原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 550 (T. M. S. L. 31. 700*)		0.05 以下	C _H =0.88	C _V =0.73	C _H =1.75	C _V =1.45
原子炉区域 換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003D)	原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 550 (T. M. S. L. 31. 700*)		0.05 以下	C _H =0.88	C _V =0.73	C _H =1.75	C _V =1.45

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 検出器取付ボルトの応力

三次元はりモデルによる解析から検出器取付ボルト部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて検出器取付ボルトを評価する。

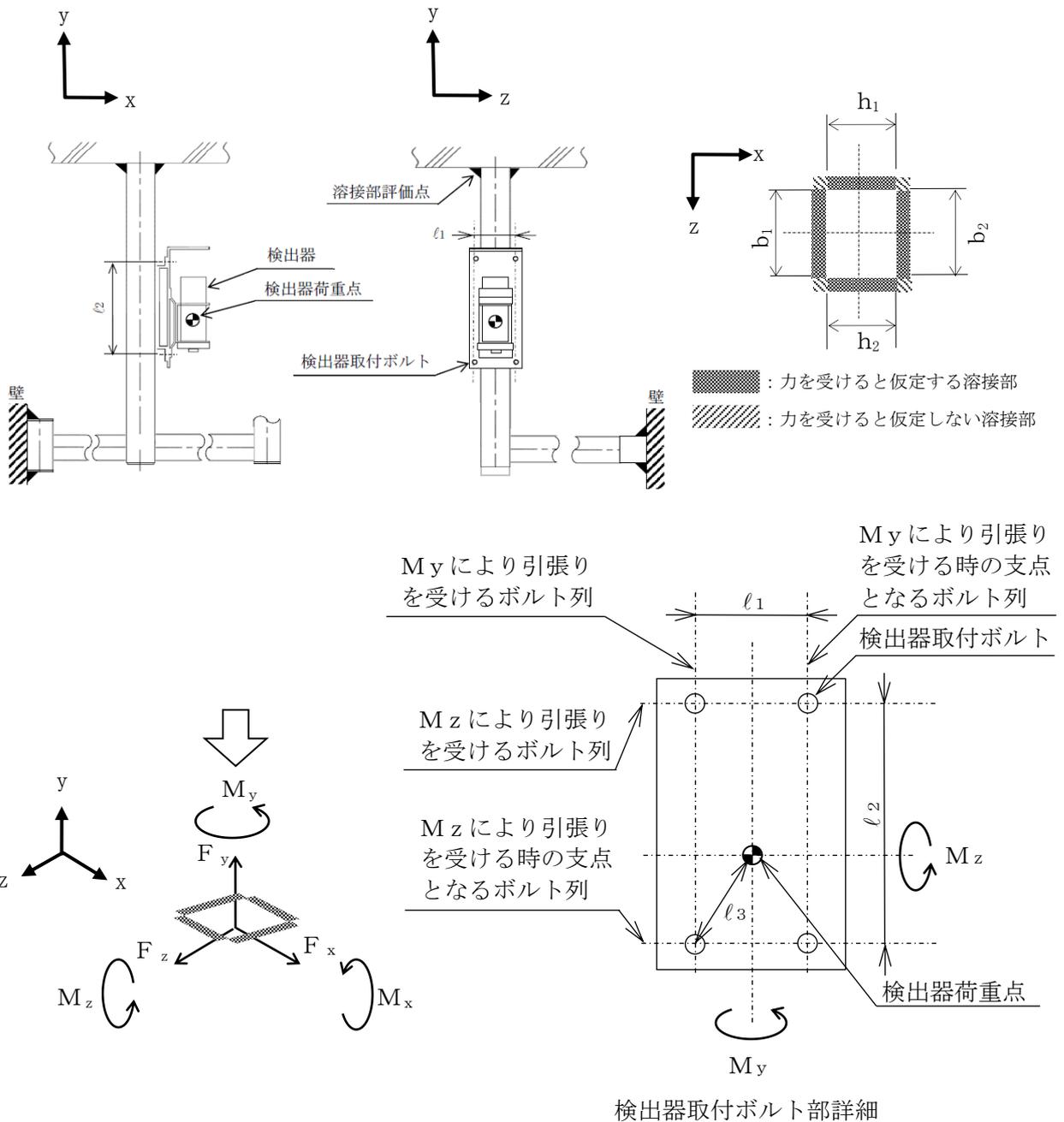


図 5-1 計算モデル（溶接部，検出器取付ボルト）

解析によって得られた検出器取付ボルト部の評価点の最大反力とモーメントを表5-5に示す。

表5-5 検出器取付ボルト部発生反力，モーメント

対象計器	許容応力 状態	反力(N)			モーメント(N・m)		
		F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
D11-RE003A	Ⅲ _A S						
	Ⅳ _A S						
D11-RE003B	Ⅲ _A S						
	Ⅳ _A S						
D11-RE003C	Ⅲ _A S						
	Ⅳ _A S						
D11-RE003D	Ⅲ _A S						
	Ⅳ _A S						

K6 ① VI-2-8-1(3) R0

(1) 引張応力

検出器取付ボルトに対する引張応力は，下式により計算する。

引張力 (F_b)

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{\ell_1 \cdot n_{fy}} + \frac{M_z}{\ell_2 \cdot n_{fz}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力 (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで，検出器取付ボルトの軸断面積A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

検出器取付ボルトに対するせん断応力は、下式により計算する。

せん断力 (Q_b)

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_z^2 + F_y^2}}{n} + \frac{M_x}{l_3 \cdot n} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力 (τ)

$$\tau = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 溶接部の応力

三次元はりモデルによる解析から溶接部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて溶接部を評価する。

解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表5-6に示す。

表5-6 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	許容応力 状態	反力(N)			モーメント(N・m)		
		F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
D11-RE003A	Ⅲ _A S						
	Ⅳ _A S						
D11-RE003B	Ⅲ _A S						
	Ⅳ _A S						
D11-RE003C	Ⅲ _A S						
	Ⅳ _A S						
D11-RE003D	Ⅲ _A S						
	Ⅳ _A S						

(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。

$$\sigma_t = \frac{F_y}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

ここで、引張り力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ただし、 h_1 、 h_2 、 b_1 、 b_2 は各溶接部における溶接長さを示し、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_x}{A_{wx}} + \frac{M_y}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_y}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

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。

$$A_{wx} = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げ応力は、図5-1で x 軸方向、 z 軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_x} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

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。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

5.5 計算条件

5.5.1 検出器取付ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE003A)の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE003B)の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE003C)の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE003D)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。

5.5.2 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【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE003A)の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE003B)の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE003C)の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE003D)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。

5.6 応力の評価

5.6.1 検出器取付ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_t は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}] \dots\dots\dots (5.6.1)$$

せん断応力 τ は、せん断力のみを受ける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。

	弾性設計用地震動 S d 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
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5.6.2 溶接部の応力評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する各応力は下表で定めた許容応力以下であること。

	弾性設計用地震動 S _d 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
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの電気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。

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの機能確認済加速度は、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、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

($\times 9.8m/s^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003D)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ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。

(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。

【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003A) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003A)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 28. 550 (T. M. S. L. 31. 700*)	□	0.05 以下	C _H =0.88	C _V =0.73	C _H =1.75	C _V =1.45	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 検出器取付ボルト

部材	W (N)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{f y}	n _{f z}	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
検出器取付ボルト	□	140	380	163	6 (M6)	28.27	4	2	2	215	400	—	215	258

1.2.2 溶接部

部材	W (N)	a (mm)	s (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{w x} (mm ²)	A _{w z} (mm ²)	Z _x (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部	□	4.2	6	76	76	76	76	1.277 × 10 ³	1.277 × 10 ³	1.277 × 10 ³	2.670 × 10 ⁴	2.670 × 10 ⁴	3.776 × 10 ⁴	245	400	—	245	280

1.3 計算数値

1.3.1 検出器取付ボルト部に作用する力

(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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.2 検出器取付ボルト部に作用するモーメント

(単位：N・m)

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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.3 検出器取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.4 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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.5 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・m)

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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 検出器取付ボルトの応力

(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
検出器取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_t = 3$	$f_{ts} = 161$	$\sigma_t = 5$	$f_{ts} = 193^*$
		せん断	$\tau = 2$	$f_{sb} = 124$	$\tau = 3$	$f_{sb} = 148$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 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	STKR400	引張り	$\sigma_t = 3$	$f_t = 141^*$	$\sigma_t = 4$	$f_t = 161^*$
		せん断	$\tau = 2$	$f_s = 141^*$	$\tau = 3$	$f_s = 161^*$
		曲げ	$\sigma_b = 28$	$f_b = 141^*$	$\sigma_b = 55$	$f_b = 161^*$
		組合せ	$\sigma_w = 31$	$f_w = 141^*$	$\sigma_w = 59$	$f_w = 161^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.4.3 電気的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排 気放射線モニタ (D11-RE003A)	水平方向	1.46	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.20	<input type="text"/>

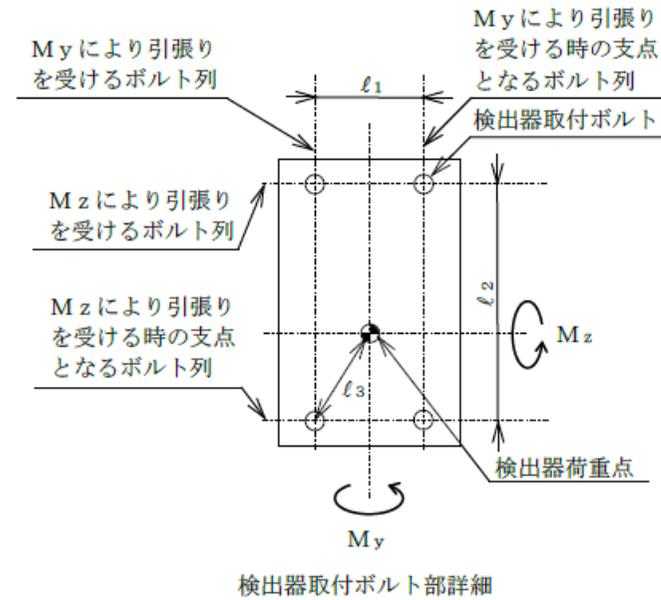
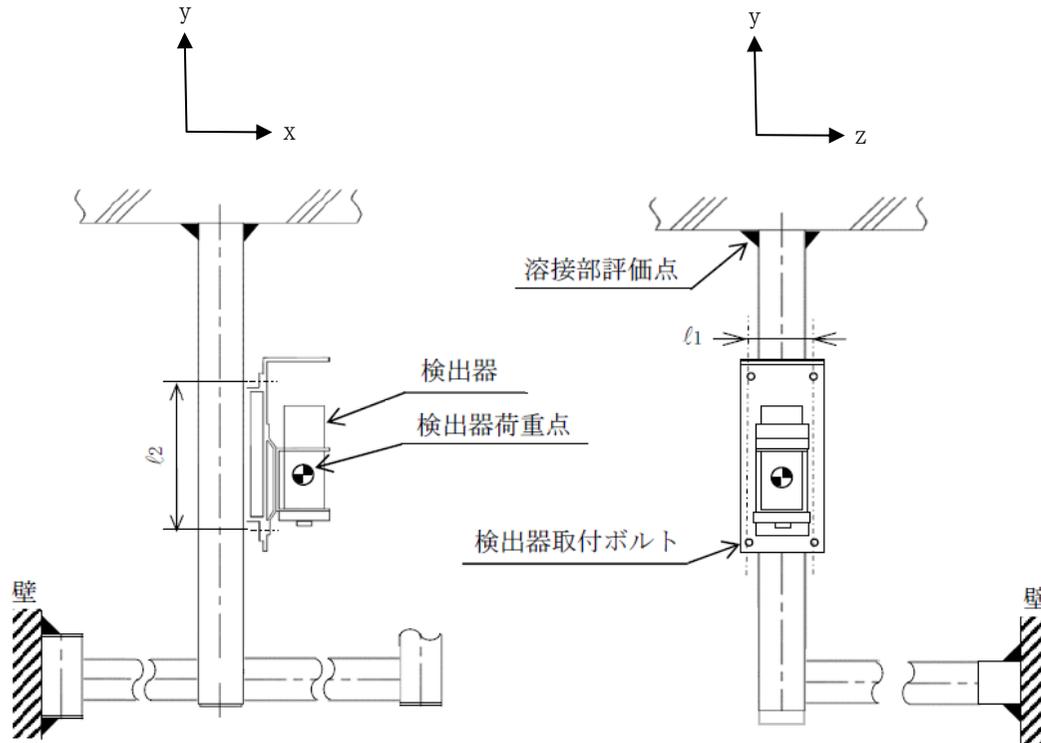
注記*：基準地震動 S s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	202000 (STKR400)
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	25
節点数	—	個	23

27



【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003B) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003B)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 28. 550 (T. M. S. L. 31. 700*)	□	0. 05 以下	C _H =0. 88	C _V =0. 73	C _H =1. 75	C _V =1. 45	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 検出器取付ボルト

部材	W (N)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{f y}	n _{f z}	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
検出器取付ボルト	□	140	380	163	6 (M6)	28. 27	4	2	2	215	400	—	215	258

1.2.2 溶接部

部材	W (N)	a (mm)	s (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{w x} (mm ²)	A _{w z} (mm ²)	Z _x (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部	□	4. 2	6	76	76	76	76	1. 277 × 10 ³	1. 277 × 10 ³	1. 277 × 10 ³	2. 670 × 10 ⁴	2. 670 × 10 ⁴	3. 776 × 10 ⁴	245	400	—	245	280

1.3 計算数値

1.3.1 検出器取付ボルト部に作用する力

(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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.2 検出器取付ボルト部に作用するモーメント

(単位：N・m)

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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.3 検出器取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.4 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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.5 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・m)

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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 検出器取付ボルトの応力

(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
検出器取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_t = 3$	$f_{ts} = 161$	$\sigma_t = 5$	$f_{ts} = 193^*$
		せん断	$\tau = 2$	$f_{sb} = 124$	$\tau = 3$	$f_{sb} = 148$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 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	STKR400	引張り	$\sigma_t = 3$	$f_t = 141^*$	$\sigma_t = 4$	$f_t = 161^*$
		せん断	$\tau = 2$	$f_s = 141^*$	$\tau = 3$	$f_s = 161^*$
		曲げ	$\sigma_b = 28$	$f_b = 141^*$	$\sigma_b = 55$	$f_b = 161^*$
		組合せ	$\sigma_w = 31$	$f_w = 141^*$	$\sigma_w = 59$	$f_w = 161^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.4.3 電気的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排 気放射線モニタ (D11-RE003B)	水平方向	1.46	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.20	<input type="text"/>

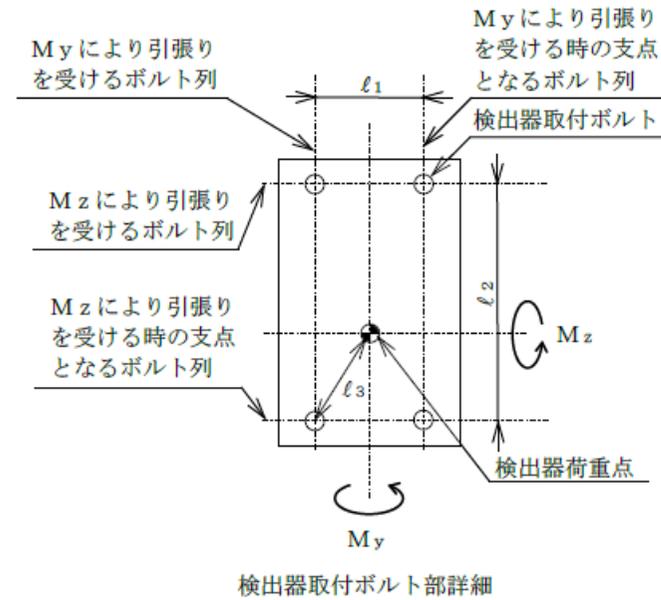
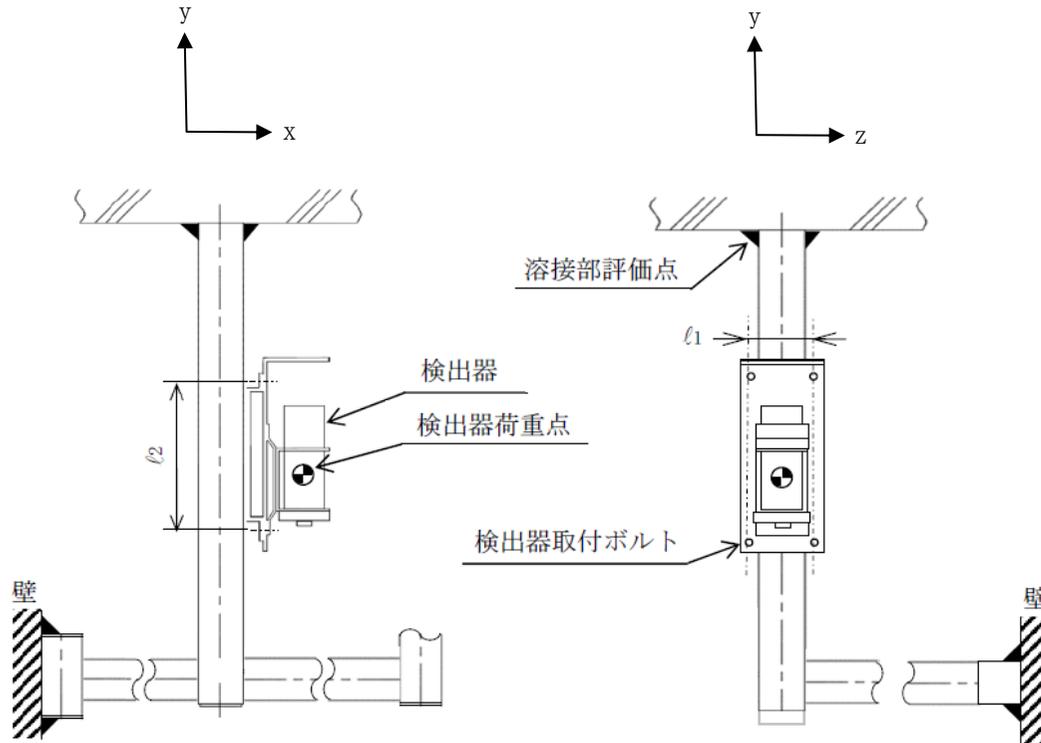
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	202000 (STKR400)
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	25
節点数	—	個	23

31



【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003C) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
原子炉区域換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003C)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 550 (T. M. S. L. 31. 700*)	□	0. 05 以下	C _H =0. 88	C _V =0. 73	C _H =1. 75	C _V =1. 45	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 検出器取付ボルト

部材	W (N)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{f y}	n _{f z}	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
検出器取付ボルト	□	140	380	163	6 (M6)	28. 27	4	2	2	215	400	—	215	258

1.2.2 溶接部

部材	W (N)	a (mm)	s (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{w x} (mm ²)	A _{w z} (mm ²)	Z _x (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部	□	4. 2	6	76	76	76	76	1. 277 × 10 ³	1. 277 × 10 ³	1. 277 × 10 ³	2. 670 ×10 ⁴	2. 670 ×10 ⁴	3. 776 ×10 ⁴	245	400	—	245	280

1.3 計算数値

1.3.1 検出器取付ボルト部に作用する力

(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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.2 検出器取付ボルト部に作用するモーメント

(単位：N・m)

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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.3 検出器取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.4 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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.5 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・m)

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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 検出器取付ボルトの応力

(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
検出器取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_t = 3$	$f_{ts} = 161$	$\sigma_t = 5$	$f_{ts} = 193^*$
		せん断	$\tau = 2$	$f_{sb} = 124$	$\tau = 3$	$f_{sb} = 148$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 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	STKR400	引張り	$\sigma_t = 3$	$f_t = 141^*$	$\sigma_t = 4$	$f_t = 161^*$
		せん断	$\tau = 2$	$f_s = 141^*$	$\tau = 3$	$f_s = 161^*$
		曲げ	$\sigma_b = 28$	$f_b = 141^*$	$\sigma_b = 55$	$f_b = 161^*$
		組合せ	$\sigma_w = 31$	$f_w = 141^*$	$\sigma_w = 59$	$f_w = 161^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.4.3 電気的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排 気放射線モニタ (D11-RE003C)	水平方向	1.46	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.20	<input type="text"/>

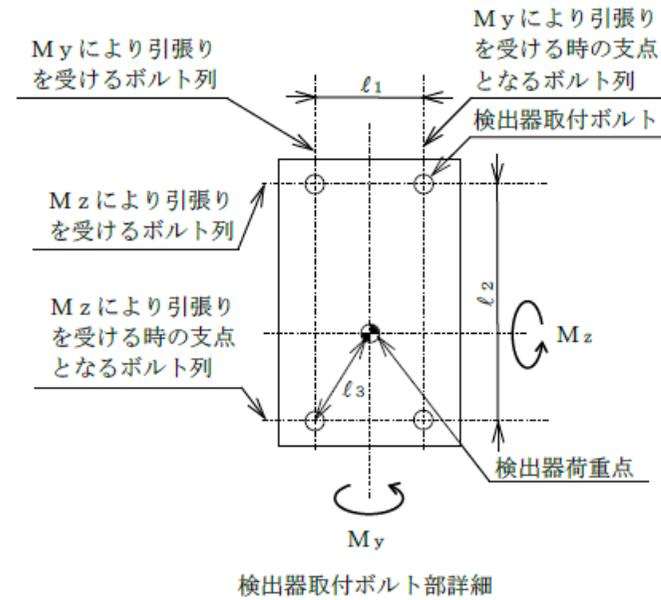
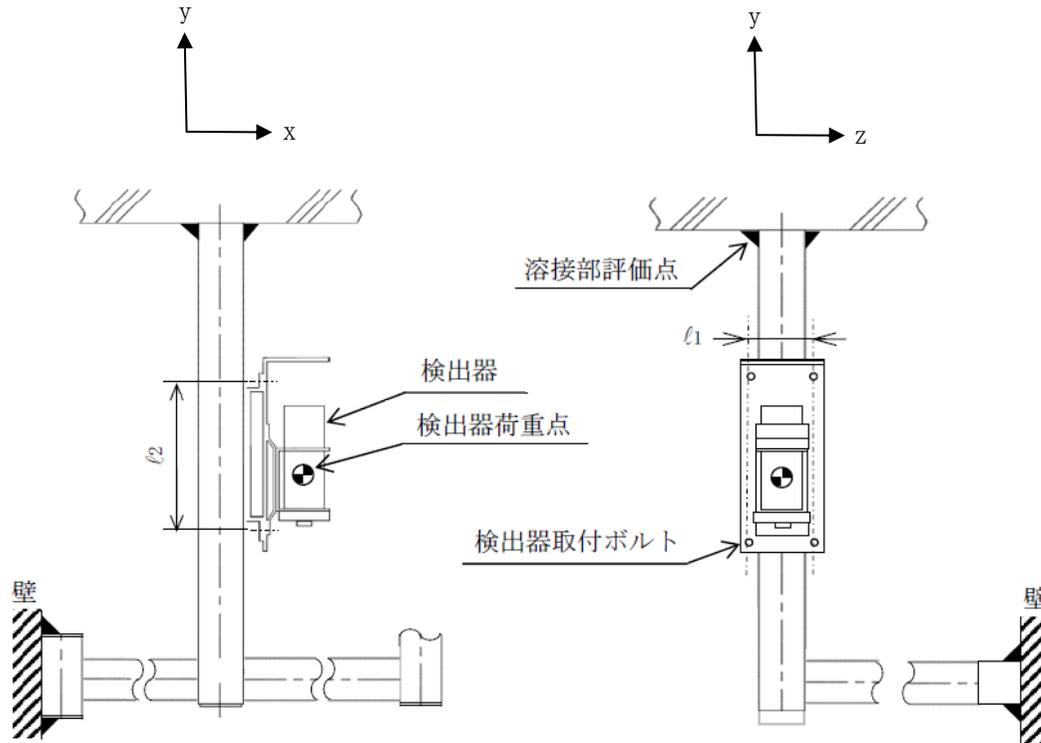
注記*：基準地震動 S s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	202000 (STKR400)
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	25
節点数	—	個	23

35



【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE003D) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
原子炉区域換気空調系排気 放射線モニタ (D11-RE003D)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 550 (T. M. S. L. 31. 700*)	□	0.05 以下	C _H =0.88	C _V =0.73	C _H =1.75	C _V =1.45	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 検出器取付ボルト

部材	W (N)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{f y}	n _{f z}	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
検出器取付ボルト	□	140	380	163	6 (M6)	28.27	4	2	2	215	400	—	215	258

1.2.2 溶接部

部材	W (N)	a (mm)	s (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{w x} (mm ²)	A _{w z} (mm ²)	Z _x (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部	□	4.2	6	76	76	76	76	1.277 × 10 ³	1.277 × 10 ³	1.277 × 10 ³	2.670 × 10 ⁴	2.670 × 10 ⁴	3.776 × 10 ⁴	245	400	—	245	280

1.3 計算数値

1.3.1 検出器取付ボルト部に作用する力

(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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.2 検出器取付ボルト部に作用するモーメント

(単位：N・m)

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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.3 検出器取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
検出器取付ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.4 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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3.5 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・m)

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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 検出器取付ボルトの応力

(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
検出器取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_t = 3$	$f_{ts} = 161$	$\sigma_t = 5$	$f_{ts} = 193^*$
		せん断	$\tau = 2$	$f_{sb} = 124$	$\tau = 3$	$f_{sb} = 148$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 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	STKR400	引張り	$\sigma_t = 3$	$f_t = 141^*$	$\sigma_t = 4$	$f_t = 161^*$
		せん断	$\tau = 2$	$f_s = 141^*$	$\tau = 3$	$f_s = 161^*$
		曲げ	$\sigma_b = 28$	$f_b = 141^*$	$\sigma_b = 55$	$f_b = 161^*$
		組合せ	$\sigma_w = 31$	$f_w = 141^*$	$\sigma_w = 59$	$f_w = 161^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.4.3 電気的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排 気放射線モニタ (D11-RE003D)	水平方向	1.46	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.20	<input type="text"/>

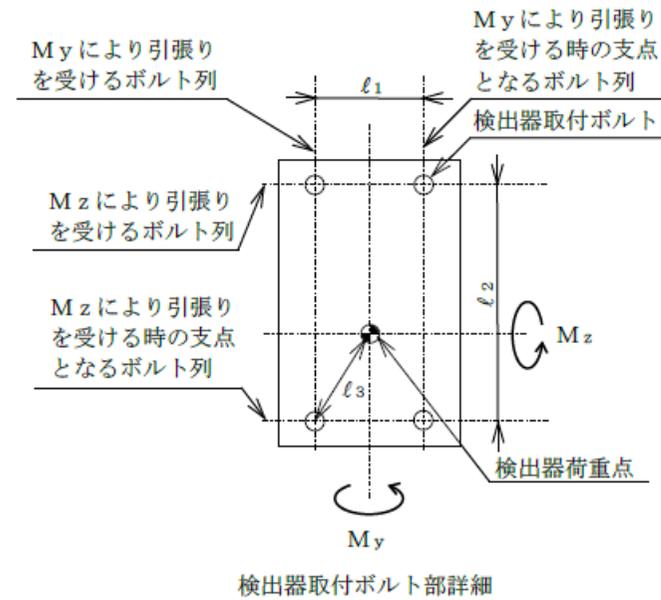
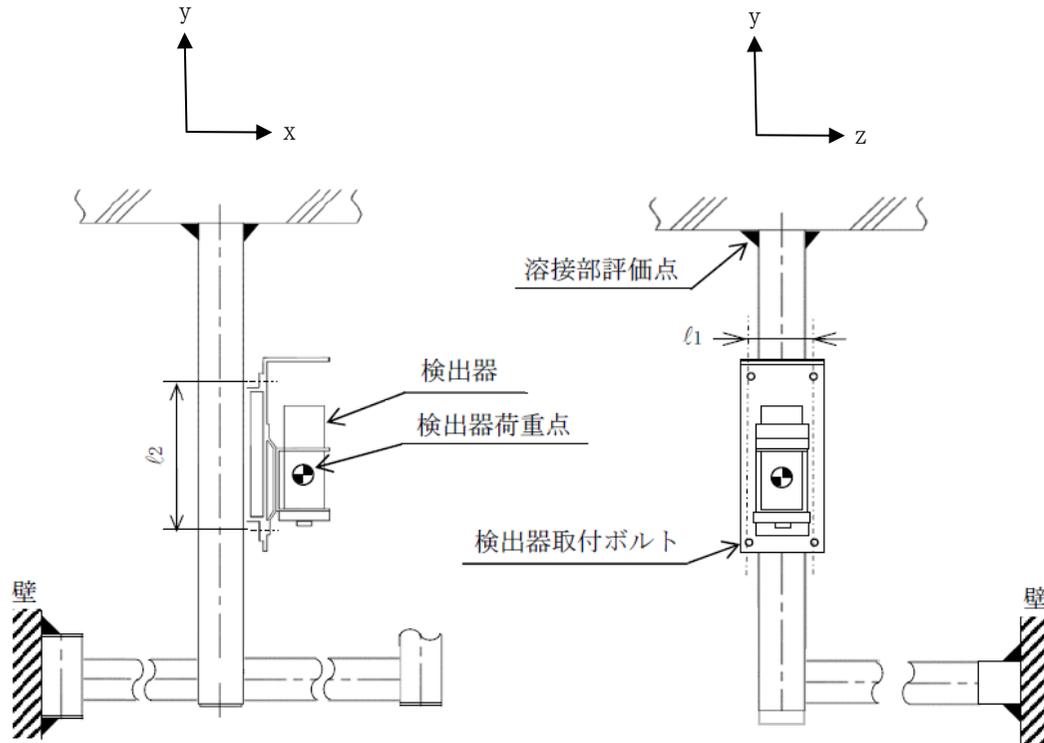
注記*：基準地震動 S s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	202000 (STKR400)
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	25
節点数	—	個	23

39



VI-2-8-2 放射線管理用計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-8-2-1 プロセスモニタリング設備の耐震性についての計算書

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

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
5.2.2 許容応力	10
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.4.1 応力の計算方法	15
5.5 計算条件	16
5.5.1 保持金具支持部固定ボルトの応力計算条件	16
5.6 応力の評価	17
5.6.1 保持金具支持部固定ボルトの応力評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	19
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	19

1. 概要

本計算書は、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（D/W）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気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（D/W）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気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（D/W）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										
<p>検出器は、保持金具に固定され原子炉格納容器貫通部に取り付ボルトで固定される。</p> <p>また、保持金具は、原子炉格納容器貫通部内面に保持金具支持部及び保持金具支持部固定ボルトで支持される。</p>	<p>電離箱</p>	<p>【格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W)】</p> <p>側面</p> <p>正面</p> <p>長さ</p> <p>径</p> <p>保持金具支持部 固定ボルト</p> <p>原子炉格納容器</p> <p>検出器</p> <p>←B</p> <p>←A</p> <p>←A</p> <p>←A</p> <p>←B</p> <p>←A</p> <p>原子炉格納容器貫通部</p> <p>保持金具</p> <p>保持金具支持部</p> <p>保持金具支持部 固定ボルト</p> <p>A-A 矢視図</p> <p>B-B 矢視図</p> <table border="1" style="margin-top: 20px;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005A)</th> <th>格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>長さ</td> <td>2575</td> <td>2575</td> </tr> <tr> <td>径</td> <td>400</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005A)	格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B)	長さ	2575	2575	径	400	400
機器名称	格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005A)	格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B)									
長さ	2575	2575									
径	400	400									

2.2 評価方針

格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) の応力評価は、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 (D/W) 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. 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、「5. 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 (D/W) の機能維持評価は、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、「6. 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「7. 評価結果」に示す。

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

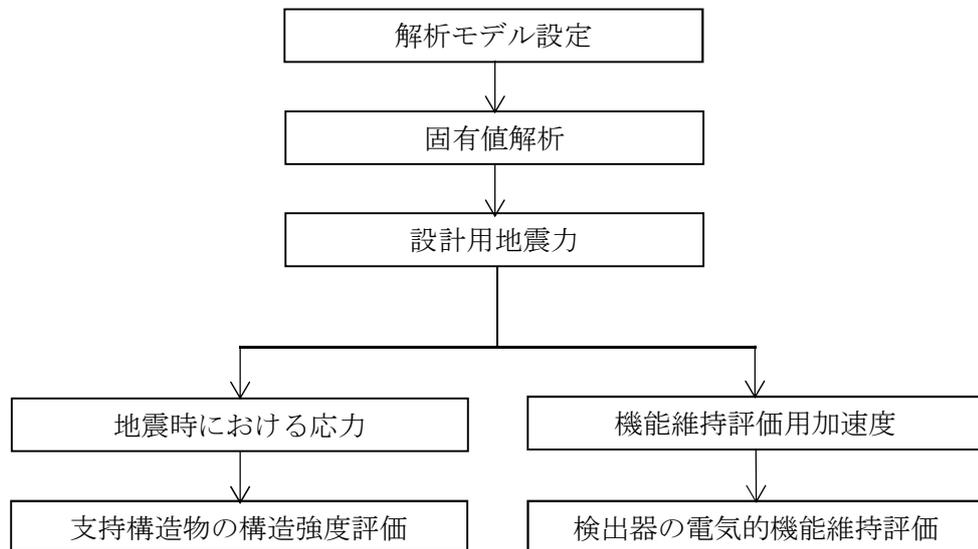


図 2-1 格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) の耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
m	保持金具支持部固定ボルトにせん断荷重として作用する質量	kg
n	ボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	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	MPa
π	円周率	—
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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 (D/W) の耐震評価は、「5.1 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保持金具支持部固定ボルトについて実施する。格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

なお、原子炉格納容器貫通部については、VI-3-3-6-1-4-1「原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の基本板厚計算書」にて評価を実施するため、評価部位から除く。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) 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【格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005A) の耐震性についての計算結果】、【格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) の検出器の質量は、検出器重心に集中するものとする。
- (2) 拘束条件は、取付ボルトを完全拘束に、保持金具支持部を移動支持とする。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

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、別紙「計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

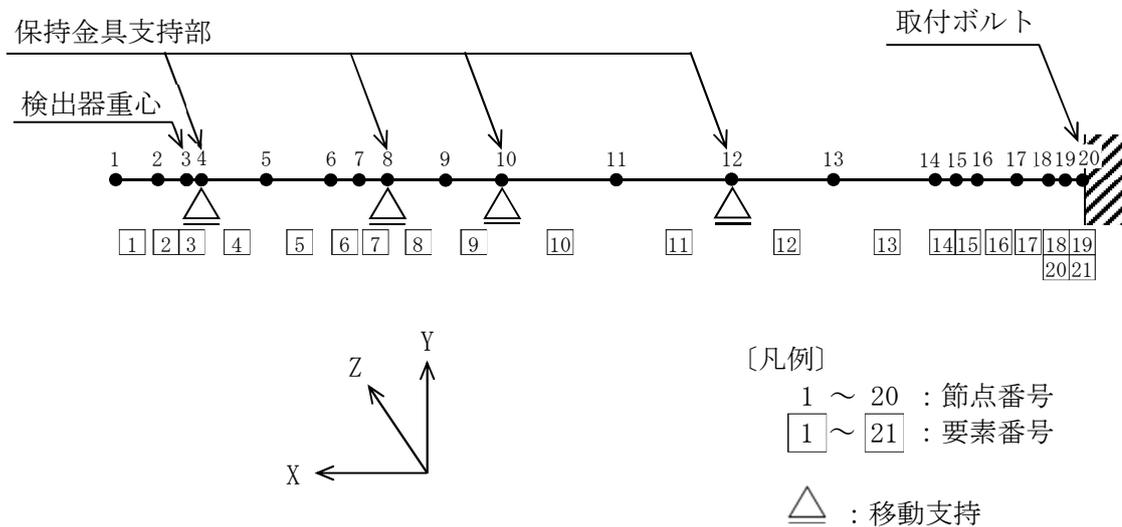


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 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 4-1 固有値解析結果

計器番号	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	
D23-RE005A	1 次	水平		—	—	—
D23-RE005B	1 次	水平		—	—	—

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) の検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (2) 地震力は格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 保持金具支持部固定ボルトの荷重計算において使用する質量は、荷重発生方向に作用する質量を考慮した値とする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 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 (D/W) 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 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 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 (D/W) 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 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 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 (D/W)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 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 (D/W)	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A 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 5-3 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 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A S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 5-4 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
保持金具支持部固定ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	171	176	373	—

表 5-5 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
保持金具支持部固定ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	200	170	373	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、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 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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 (D/W) (D23-RE005A)	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300 (T. M. S. L. 18. 100*)	□	0. 05 以下	C _H =0. 74	C _V =0. 69	C _H =1. 46	C _V =1. 37
格納容器内雰囲気 放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300 (T. M. S. L. 18. 100*)	□	0. 05 以下	C _H =0. 74	C _V =0. 69	C _H =1. 46	C _V =1. 37

注記*：基準床レベルを示す。

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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 (D/W) (D23-RE005A)	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300 (T. M. S. L. 18. 100*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 46	C _V =1. 37
格納容器内雰囲気 放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300 (T. M. S. L. 18. 100*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 46	C _V =1. 37

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 保持金具支持部固定ボルトの計算方法

保持金具支持部固定ボルトの応力は，地震による震度により作用する地震力によって生じるせん断力について計算する。

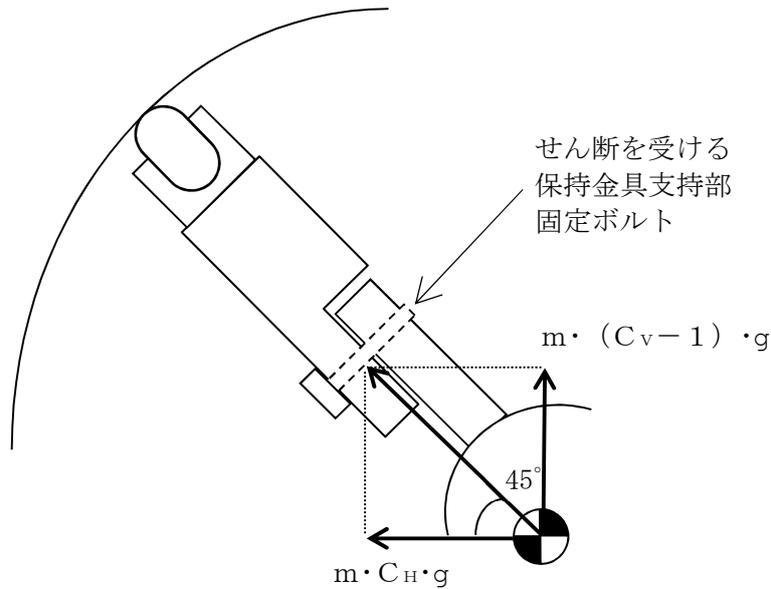


図5-1 計算モデル

(1) せん断応力

保持金具支持部固定ボルトに対するせん断力は，図5-1に示す水平方向及び鉛直方向の地震力を，固定ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{m \cdot (C_H + C_V - 1) \cdot g}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで，保持金具支持部固定ボルトの断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

5.5 計算条件

5.5.1 保持金具支持部固定ボルトの応力計算条件

保持金具支持部固定ボルトの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 (D/W) (D23-RE005A) の耐震性についての計算結果】、【格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 保持金具支持部固定ボルトの応力評価

5.4.1項で求めた保持金具支持部固定ボルトのせん断応力 τ_b は、せん断力のみを受ける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。

	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_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 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 (D/W) 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 (D/W) の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似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評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 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 (D/W) (D23-RE005A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 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（D/W）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。

(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。

7.2 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（D/W）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 (D/W) (D23-RE005A) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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 (D/W) (D23-RE005A)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300 (T. M. S. L. 18. 100*)		0. 05 以下	C _H =0. 74	C _V =0. 69	C _H =1. 46	C _V =1. 37	171

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部 固定ボルト		5 (M5)	19. 63	2	176 (40mm<径)	373 (40mm<径)	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 評価部材に作用する力

(単位 : N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	—	—		

1.4 結論

1.4.1 評価部材の応力

(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
保持金具支持部固定ボルト	SS400	引張り	—	—	—	—
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 101$	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 122$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		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 (D/W) (D23-RE005A)	水平方向	1.21	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.15	<input type="text"/>

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

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

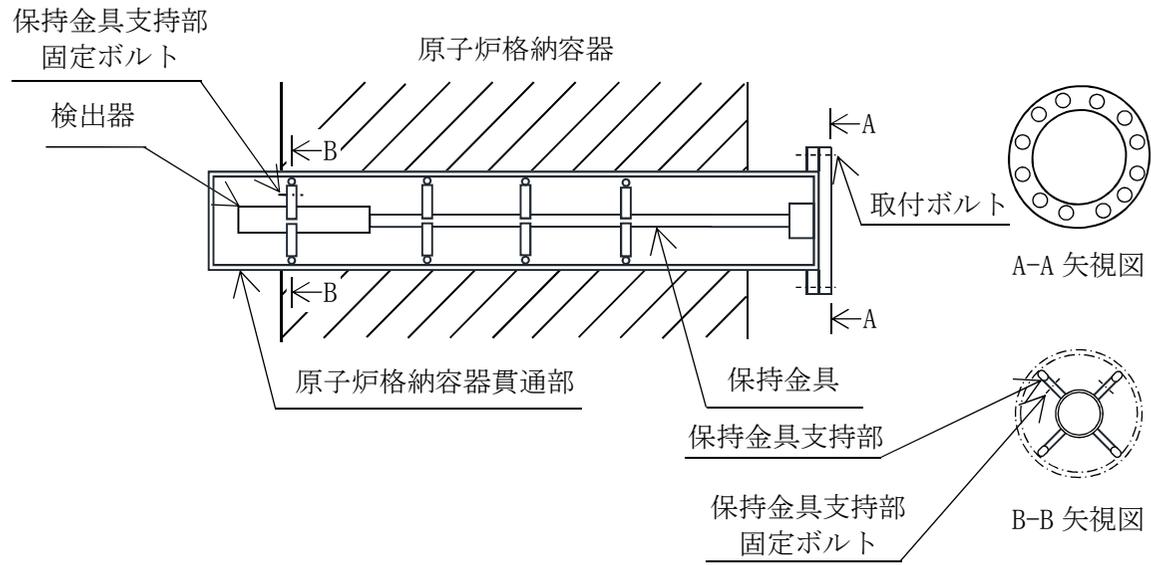
項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SS400
	2			SGP
	3			S20C
縦弾性係数	1	E	MPa	<input type="text"/>
	2			
	3			
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
	3			0.3
節点数	—	—	20	
要素数	—	—	21	

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1			
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	2			
7	2			
8	2			
9	2			
10	2			
11	2			
12	2			
13	2			
14	2			
15	2			
16	3			
17	3			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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 (D/W) (D23-RE005A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300 (T. M. S. L. 18. 100*)		0.05 以下	—	—	C _H =1.46	C _V =1.37	200

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部 固定ボルト		5 (M5)	19.63	2	170 (40mm<径)	373 (40mm<径)	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 評価部材に作用する力

(単位 : N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	—	—	—	

2.4 結論

2.4.1 評価部材の応力

(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
保持金具支持部固定ボルト	SS400	引張り	—	—	—	—
		せん断	—	—	$\tau_b=4$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		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 (D/W) (D23-RE005A)	水平方向	1.21	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.15	<input type="text"/>

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

2.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

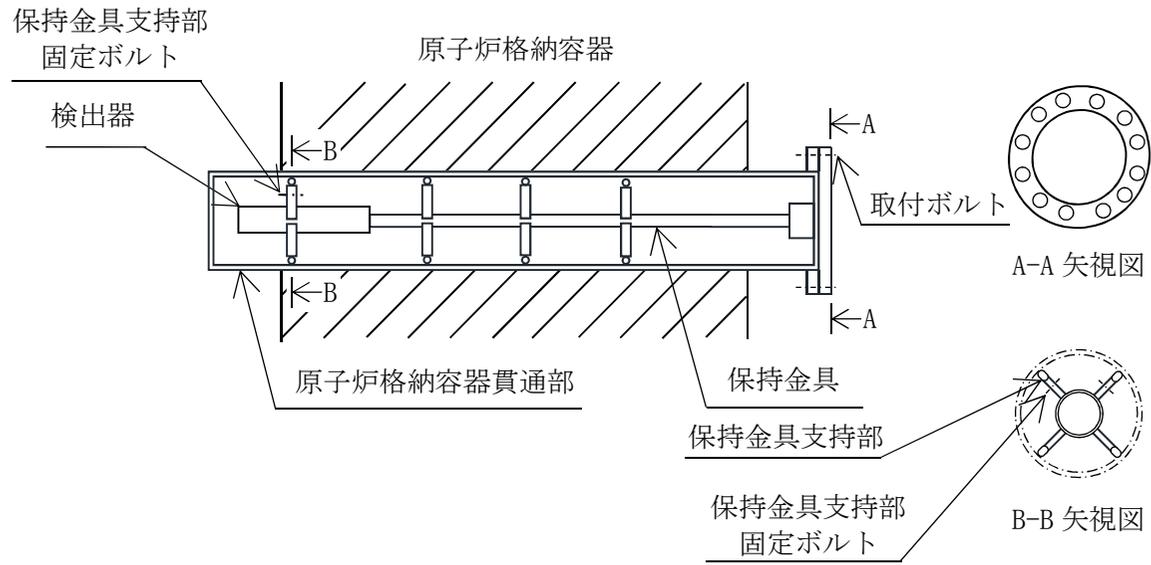
項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SS400
	2			SGP
	3			S20C
縦弾性係数	1	E	MPa	<input type="text"/>
	2			
	3			
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
	3			0.3
節点数		—	—	20
要素数		—	—	21

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1			
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	2			
7	2			
8	2			
9	2			
10	2			
11	2			
12	2			
13	2			
14	2			
15	2			
16	3			
17	3			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



【格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-RE005B) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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 (D/W) (D23-RE005B)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300 (T. M. S. L. 18. 100*)		0. 05 以下	C _H =0. 74	C _V =0. 69	C _H =1. 46	C _V =1. 37	171

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部 固定ボルト		5 (M5)	19. 63	2	176 (40mm<径)	373 (40mm<径)	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 評価部材に作用する力

(単位 : N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	—	—		

1.4 結論

1.4.1 評価部材の応力

(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
保持金具支持部固定ボルト	SS400	引張り	—	—	—	—
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 101$	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 122$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		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 (D/W) (D23-RE005B)	水平方向	1.21	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.15	<input type="text"/>

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

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

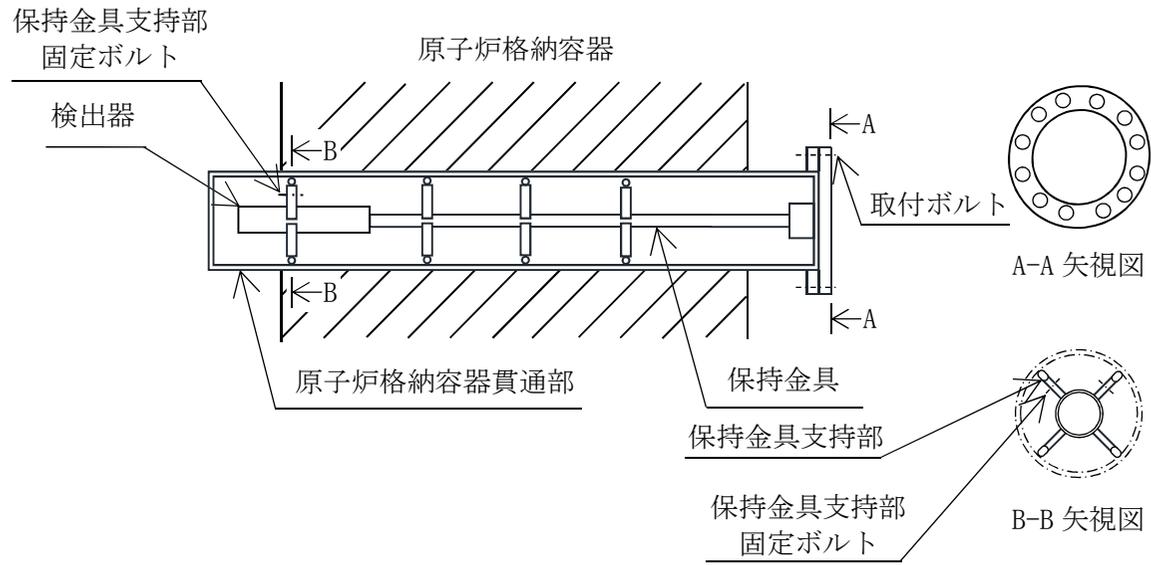
項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SS400
	2			SGP
	3			S20C
縦弾性係数	1	E	MPa	<input type="text"/>
	2			
	3			
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
	3			0.3
節点数		—	—	20
要素数		—	—	21

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1			
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	2			
7	2			
8	2			
9	2			
10	2			
11	2			
12	2			
13	2			
14	2			
15	2			
16	3			
17	3			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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 (D/W) (D23-RE005B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300 (T. M. S. L. 18. 100*)		0.05 以下	—	—	C _H =1.46	C _V =1.37	200

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部 固定ボルト		5 (M5)	19.63	2	170 (40mm<径)	373 (40mm<径)	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 評価部材に作用する力

(単位 : N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	—	—	—	

2.4 結論

2.4.1 評価部材の応力

(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
保持金具支持部固定ボルト	SS400	引張り	—	—	—	—
		せん断	—	—	$\tau_b=4$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		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 (D/W) (D23-RE005B)	水平方向	1.21	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.15	<input type="text"/>

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

2.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

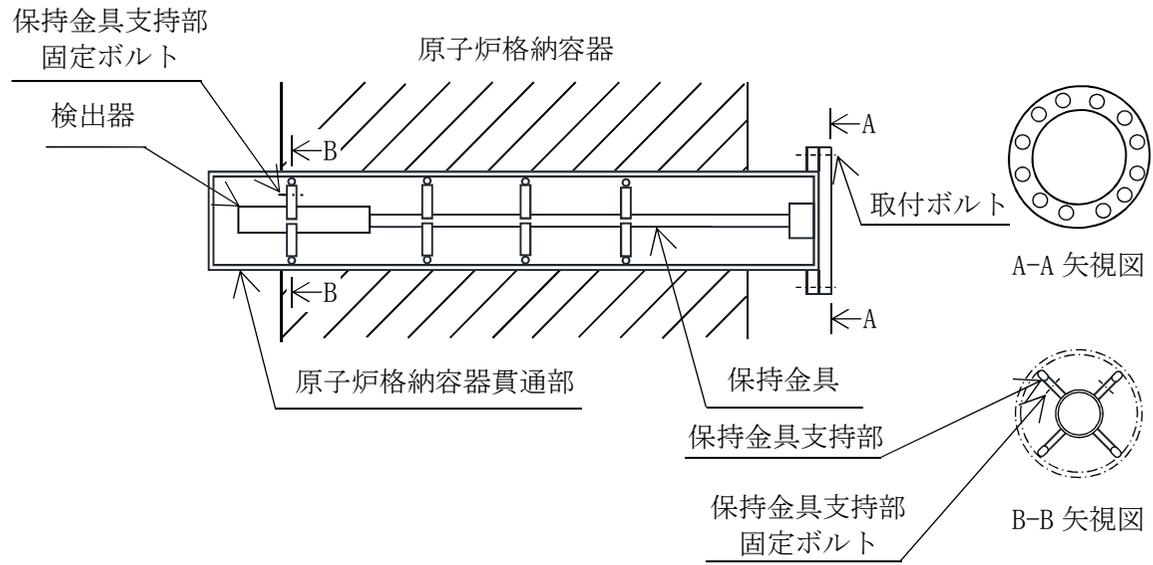
項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SS400
	2			SGP
	3			S20C
縦弾性係数	1	E	MPa	<input style="width: 50px; height: 30px;" type="text"/>
	2			
	3			
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
	3			0.3
節点数		—	—	20
要素数		—	—	21

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1			
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	2			
7	2			
8	2			
9	2			
10	2			
11	2			
12	2			
13	2			
14	2			
15	2			
16	3			
17	3			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



VI-2-8-2-1-2 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

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
5.2.2 許容応力	10
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.4.1 応力の計算方法	15
5.5 計算条件	16
5.5.1 保持金具支持部固定ボルトの応力計算条件	16
5.6 応力の評価	17
5.6.1 保持金具支持部固定ボルトの応力評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	19
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	19

1. 概要

本計算書は、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気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気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、保持金具に固定され原子炉格納容器貫通部に取り付ボルトで固定される。</p> <p>また、保持金具は、原子炉格納容器貫通部内面に保持金具支持部及び保持金具支持部固定ボルトで支持される。</p>	<p>電離箱</p>	<p>【格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C)】</p> <p>側面</p> <p>正面</p> <p>長さ</p> <p>径</p> <p>保持金具支持部</p> <p>固定ボルト</p> <p>原子炉格納容器</p> <p>検出器</p> <p>取付ボルト</p> <p>A-A 矢視図</p> <p>B-B 矢視図</p> <p>保持金具</p> <p>保持金具支持部</p> <p>保持金具支持部</p> <p>固定ボルト</p> <table border="1" style="margin-top: 20px;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006A)</th> <th>格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>長さ</td> <td>2575</td> <td>2575</td> </tr> <tr> <td>径</td> <td>400</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006A)	格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)	長さ	2575	2575	径	400	400
機器名称	格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006A)	格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)									
長さ	2575	2575									
径	400	400									

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、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. 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、「5. 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、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、「6. 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「7. 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。

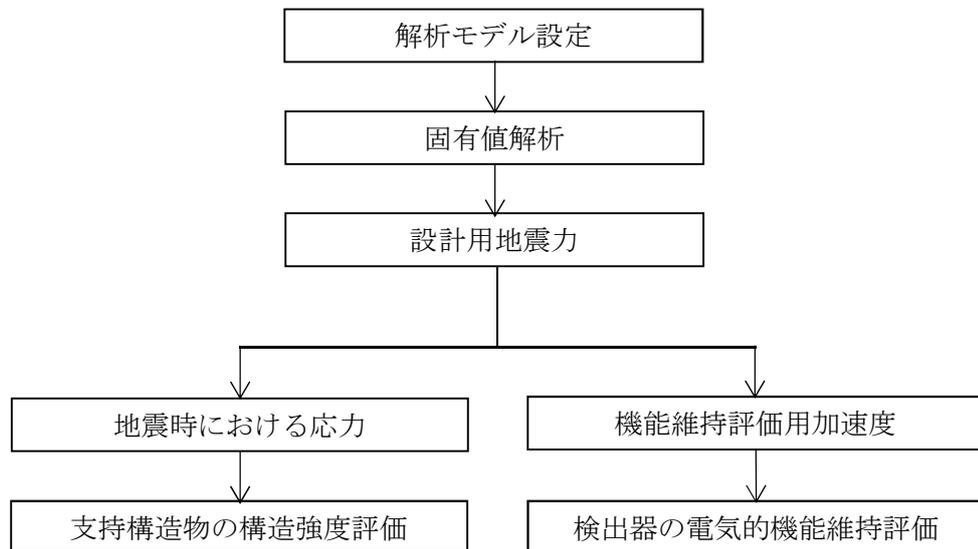


図 2-1 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) の耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
m	保持金具支持部固定ボルトにせん断荷重として作用する質量	kg
n	ボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
π	円周率	—
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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、「5.1 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保持金具支持部固定ボルトについて実施する。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 の概略構造図に示す。

なお、原子炉格納容器貫通部については、VI-3-3-6-1-4-1「原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の基本板厚計算書」にて評価を実施するため、評価部位から除く。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 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 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) の耐震性についての計算結果】、【格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) の検出器の質量は、検出器重心に集中するものとする。
- (2) 拘束条件は、取付ボルトを完全拘束に、保持金具支持部を移動支持とする。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

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、別紙「計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

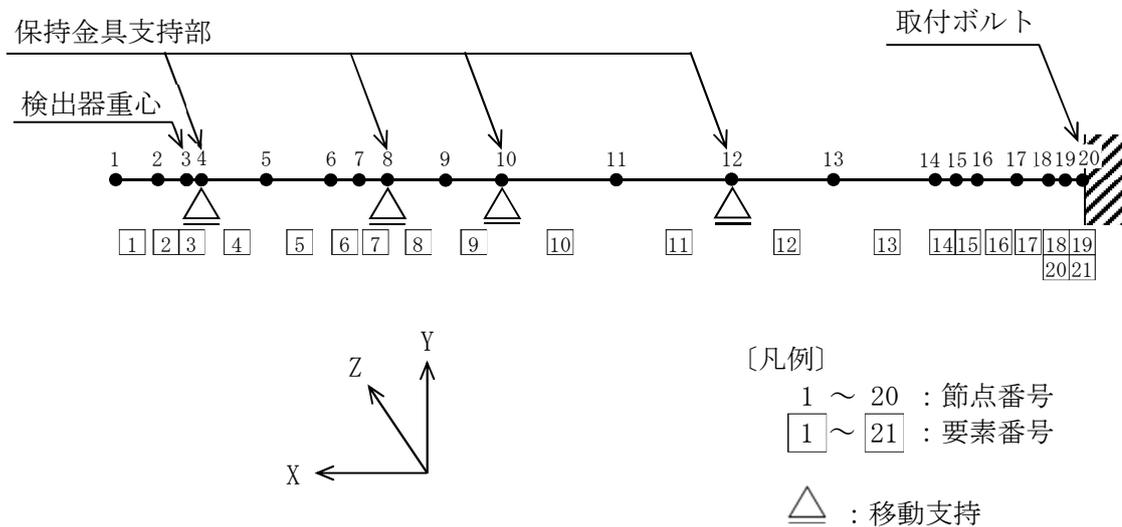


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 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 4-1 固有値解析結果

計器番号	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	
D23-RE006A	1 次	水平		—	—	—
D23-RE006B	1 次	水平		—	—	—

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) の検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (2) 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作用するものとする。
- (3) 保持金具支持部固定ボルトの荷重計算において使用する質量は、荷重発生方向に作用する質量を考慮した値とする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 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 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 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 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 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	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 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 _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A 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 5-3 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 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A S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 5-4 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
保持金具支持部固定ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	171	176	373	—

表 5-5 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
保持金具支持部固定ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	200	170	373	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、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 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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)	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800 (T. M. S. L. 12. 300*)		0.05 以下	C _H =0.71	C _V =0.68	C _H =1.38	C _V =1.33
格納容器内雰囲気 放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800 (T. M. S. L. 12. 300*)		0.05 以下	C _H =0.71	C _V =0.68	C _H =1.38	C _V =1.33

注記*：基準床レベルを示す。

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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)	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800 (T. M. S. L. 12. 300*)		0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33
格納容器内雰囲気 放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800 (T. M. S. L. 12. 300*)		0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 保持金具支持部固定ボルトの計算方法

保持金具支持部固定ボルトの応力は，地震による震度により作用する地震力によって生じるせん断力について計算する。

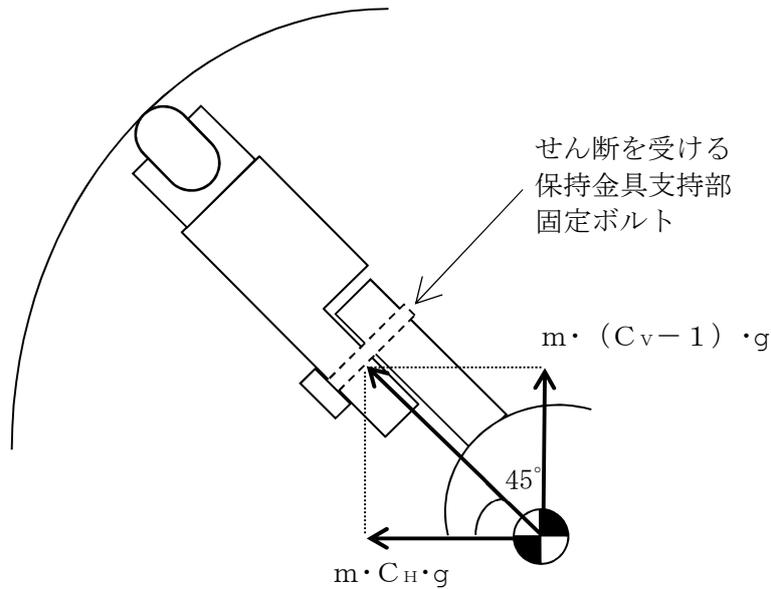


図5-1 計算モデル

(1) せん断応力

保持金具支持部固定ボルトに対するせん断力は，図5-1に示す水平方向及び鉛直方向の地震力を，固定ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{m \cdot (C_H + C_V - 1) \cdot g}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで，保持金具支持部固定ボルトの断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

5.5 計算条件

5.5.1 保持金具支持部固定ボルトの応力計算条件

保持金具支持部固定ボルトの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) の耐震性についての計算結果】、【格納容器内雰
囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 保持金具支持部固定ボルトの応力評価

5.4.1項で求めた保持金具支持部固定ボルトのせん断応力 τ_b は、せん断力のみを受ける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。

	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_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似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評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 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)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 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。

(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。

7.2 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) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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 T.M.S.L. 4.800 (T.M.S.L. 12.300*)		0.05 以下	C _H =0.71	C _V =0.68	C _H =1.38	C _V =1.33	171

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部 固定ボルト		5 (M5)	19.63	2	176 (40mm<径)	373 (40mm<径)	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 評価部材に作用する力

(単位 : N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	—	—		

1.4 結論

1.4.1 評価部材の応力

(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
保持金具支持部固定ボルト	SS400	引張り	—	—	—	—
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 101$	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 122$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		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)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

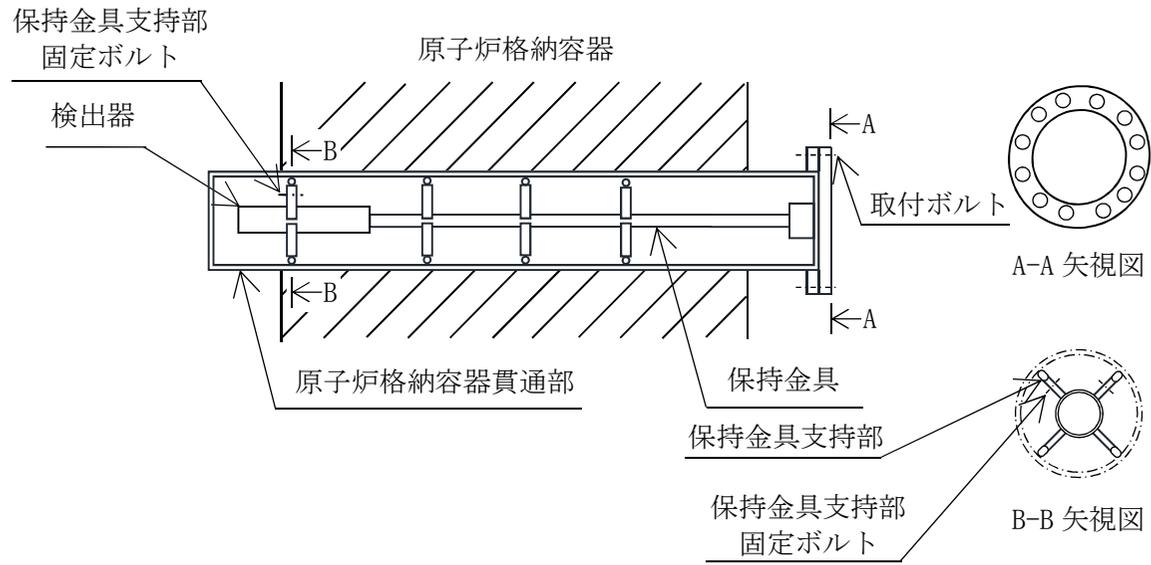
項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SS400
	2			SGP
	3			S20C
縦弾性係数	1	E	MPa	<input type="text"/>
	2			<input type="text"/>
	3			<input type="text"/>
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
	3			0.3
節点数	—	—	—	20
要素数	—	—	—	21

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1		[Blank area for cross-section properties]	
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	2			
7	2			
8	2			
9	2			
10	2			
11	2			
12	2			
13	2			
14	2			
15	2			
16	3			
17	3			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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 T. M. S. L. 4. 800 (T. M. S. L. 12. 300*)		0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	200

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部 固定ボルト		5 (M5)	19.63	2	170 (40mm<径)	373 (40mm<径)	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 評価部材に作用する力

(単位 : N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	—	—	—	

2.4 結論

2.4.1 評価部材の応力

(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
保持金具支持部固定ボルト	SS400	引張り	—	—	—	—
		せん断	—	—	$\tau_b=4$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		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)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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

2.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

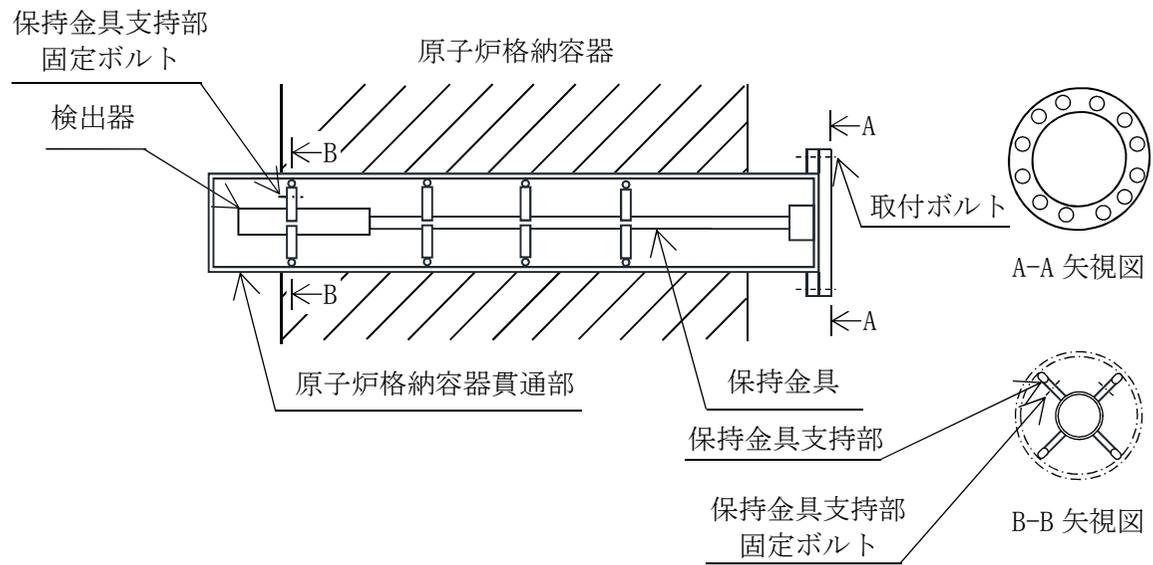
項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SS400
	2			SGP
	3			S20C
縦弾性係数	1	E	MPa	<input type="text"/>
	2			
	3			
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
	3			0.3
節点数		—	—	20
要素数		—	—	21

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1			
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	2			
7	2			
8	2			
9	2			
10	2			
11	2			
12	2			
13	2			
14	2			
15	2			
16	3			
17	3			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



【格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE006B) 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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-RE006B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800 (T.M.S.L. 12.300*)		0.05 以下	C _H =0.71	C _V =0.68	C _H =1.38	C _V =1.33	171

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部 固定ボルト		5 (M5)	19.63	2	176 (40mm<径)	373 (40mm<径)	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 評価部材に作用する力

(単位 : N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	—	—		

1.4 結論

1.4.1 評価部材の応力

(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
保持金具支持部固定ボルト	SS400	引張り	—	—	—	—
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 101$	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 122$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		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-RE006B)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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

1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

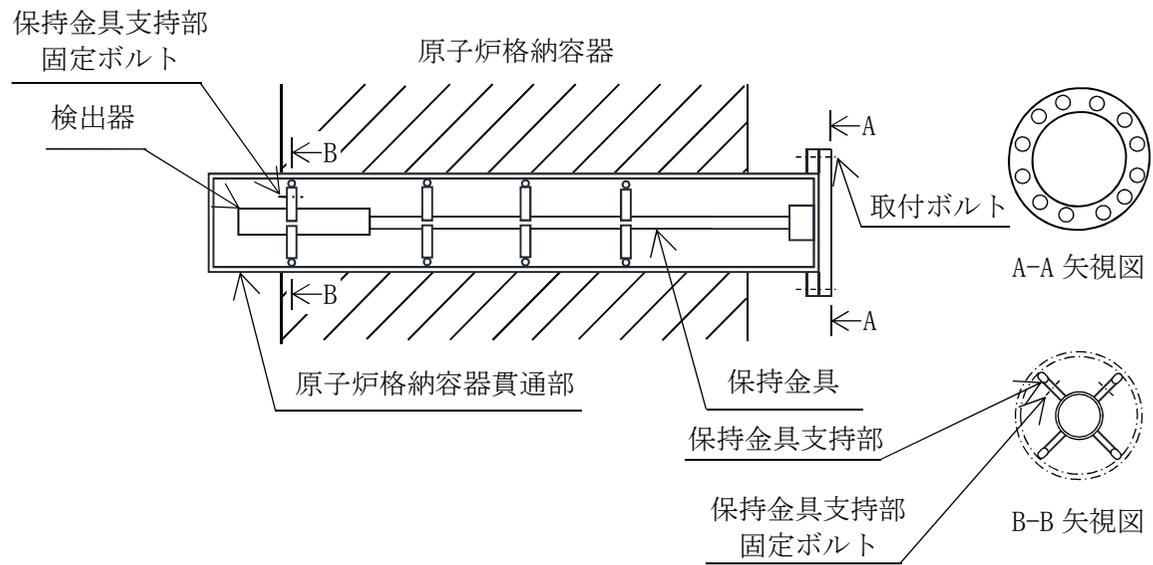
項目	記号	単位	入力値	
材質	1	—	—	SS400
	2			SGP
	3			S20C
縦弾性係数	1	E	MPa	<input type="text"/>
	2			
	3			
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
	3			0.3
節点数	—	—	20	
要素数	—	—	21	

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1		[Blank area for cross-section properties]	
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	2			
7	2			
8	2			
9	2			
10	2			
11	2			
12	2			
13	2			
14	2			
15	2			
16	3			
17	3			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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-RE006B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800 (T. M. S. L. 12. 300*)		0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	200

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
保持金具支持部 固定ボルト		5 (M5)	19.63	2	170 (40mm<径)	373 (40mm<径)	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 評価部材に作用する力

(単位 : N)

部材	F _b		Q _b	
	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
保持金具支持部固定ボルト	—	—	—	

2.4 結論

2.4.1 評価部材の応力

(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
保持金具支持部固定ボルト	SS400	引張り	—	—	—	—
		せん断	—	—	$\tau_b=4$	$f_{sb}=117$

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		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-RE006B)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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

2.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

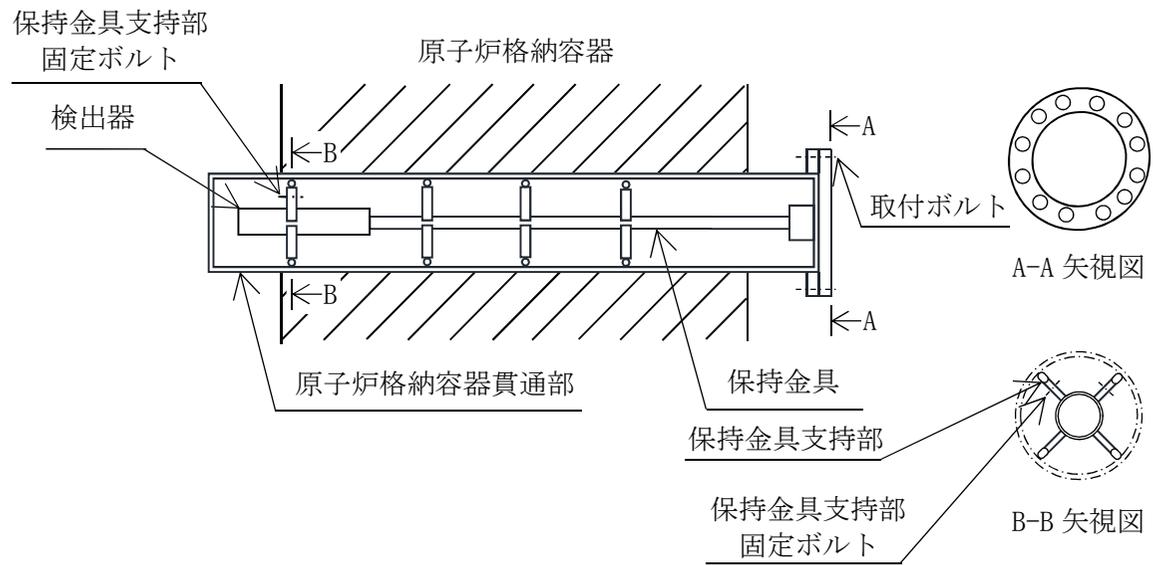
項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SS400
	2			SGP
	3			S20C
縦弾性係数	1	E	MPa	<input type="text"/>
	2			
	3			
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
	3			0.3
節点数		—	—	20
要素数		—	—	21

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1	[Blank area]	[Blank area]	[Blank area]
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	2			
7	2			
8	2			
9	2			
10	2			
11	2			
12	2			
13	2			
14	2			
15	2			
16	3			
17	3			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	質量 (t)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



VI-2-8-2-1-3 フィルタ装置出口放射線モニタの耐震性についての計算書

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
5.2.2 許容応力	10
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.4.1 応力の計算方法	15
5.5 計算条件	19
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	19
5.5.2 取付ボルトの応力計算条件	19
5.6 応力の評価	20
5.6.1 ボルトの応力評価	20
6. 機能維持評価	21
6.1 電氣的機能維持評価方法	21
7. 評価結果	22
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	22

1. 概要

本計算書は、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、フィルタ装置出口放射線モニタ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。

フィルタ装置出口放射線モニタは、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、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

フィルタ装置出口放射線モニタの構造計画を表 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													
<p>検出器は、取付ボルトによりサポート鋼材に固定される。</p> <p>サポート鋼材は、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>電離箱</p>	<p>【フィルタ装置出口放射線モニタ】</p> <p>平面</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>サポート鋼材 (角鋼)</p> <p>たて</p> <p>サポート鋼材 (L字鋼)</p> <p>正面横</p> <p>側面</p> <p>取付ボルト</p> <p>検出器</p> <p>サポート鋼材 (L字鋼)</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>横</p> <p>高さ</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P913)</th> <th>フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P916)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1104</td> <td>1104</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>820</td> <td>820</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1260</td> <td>1260</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P913)	フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P916)	たて	1104	1104	横	820	820	高さ	1260	1260
機器名称	フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P913)	フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P916)												
たて	1104	1104												
横	820	820												
高さ	1260	1260												

2.2 評価方針

フィルタ装置出口放射線モニタの応力評価は、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」にて示すフィルタ装置出口放射線モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 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、「5. 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、フィルタ装置出口放射線モニタの機能維持評価は、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、「6. 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「7. 評価結果」に示す。

フィルタ装置出口放射線モニタの耐震評価フローを図2-1に示す。

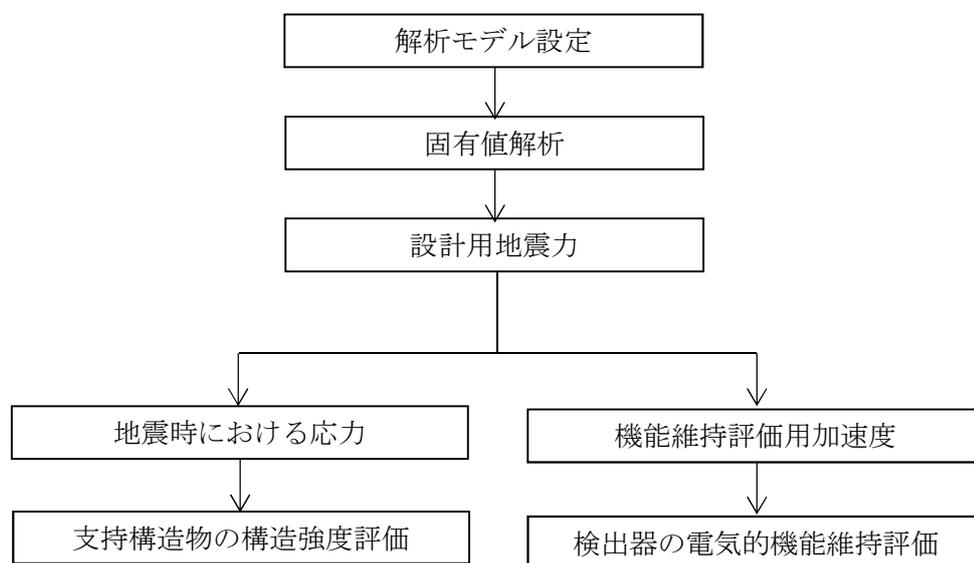


図2-1 フィルタ装置出口放射線モニタの耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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 b i	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d i	ボルトの呼び径* ¹	mm
E	縦弾性係数	MPa
F i *	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F b i	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F b 1 i	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対して左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * ¹	N
F b 2 i	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対して前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * ¹	N
f _{s b i}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f _{t o i}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f _{t s i}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l _{1 i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l _{2 i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l _{3 i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
m _i	質量* ²	kg
m _D	検出器質点 (取付ボルト) 当たりの検出器質量	kg
n i	ボルトの本数* ¹	—
n _{f v i}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形) * ¹	—
n _{f H i}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形) * ¹	—
Q _{b i}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q _{b 1 i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
Q _{b 2 i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
S _{u i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S _{y i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
S _{y i} (R T)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
ν	ポアソン比	—
π	円周率	—
σ _{b i}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ _{b i}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1 : A_{bi} , d_i , F_i^* , F_{bi} , F_{b1i} , F_{b2i} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , l_{3i} , n_i , nf_{vi} , nf_{hi} , Q_{bi} , Q_{b1i} , Q_{b2i} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi} (RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2 : h_i 及び m_i の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 検出器+サポート鋼材

$i = 2$: 検出器

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

フィルタ装置出口放射線モニタの耐震評価は、「5.1 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基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。フィルタ装置出口放射線モニタ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. 固有周期

4.1 固有値解析方法

フィルタ装置出口放射線モニタの固有値解析方法を以下に示す。

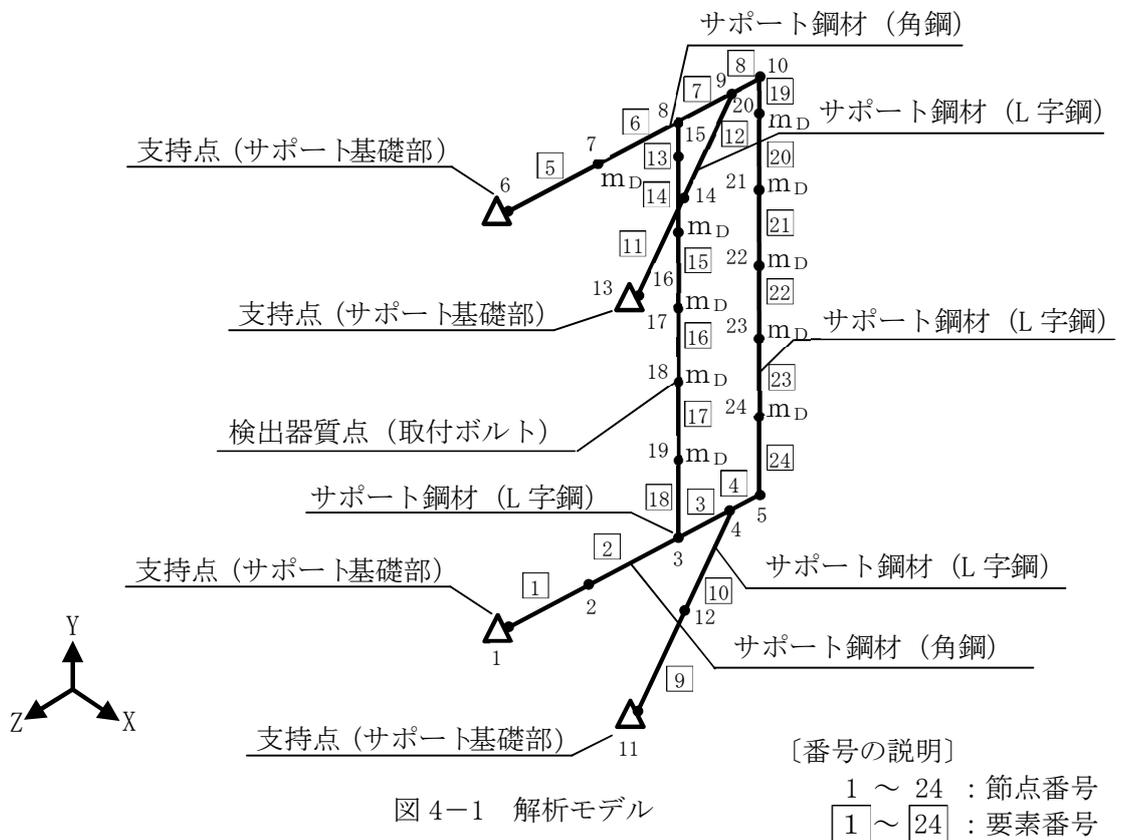
- (1) フィルタ装置出口放射線モニタは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

フィルタ装置出口放射線モニタの解析モデルを図 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【フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099A) の耐震性についての計算結果】、【フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099B) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) フィルタ装置出口放射線モニタの検出器の質量は、それぞれの検出器質点（取付ボルト）に分散させるものとする。
- (2) 拘束条件は、サポート基礎部を完全拘束とする。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 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 4-1 固有値解析結果

対象計器	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	
D11-RE099A	1次	鉛直	<input type="text"/>	—	—	—
D11-RE099B	1次	鉛直	<input type="text"/>	—	—	—

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) フィルタ装置出口放射線モニタの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は、フィルタ装置出口放射線モニタに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) フィルタ装置出口放射線モニタは取付ボルトによりサポート鋼材に固定されており、固定端とする。また、サポート鋼材は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) フィルタ装置出口放射線モニタの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置出口放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

フィルタ装置出口放射線モニタの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置出口放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 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	フィルタ装置出口 放射線モニタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D^{*3} + P_D + M_D + S_s^{*4}$	IVAS
					$D^{*3} + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVAS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を適用する。

*3：積雪荷重を含む。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IVAS	1.5・f _t *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVAS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 5-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	—

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、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 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	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_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		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
フィルタ装置出口 放射線モニタ (H21-P913)	原子炉建屋 T. M. S. L. 38. 200 (T. M. S. L. 49. 700*)	0. 05 以下	<input type="text"/>	—	—	$C_H=2. 76$	$C_V=1. 54$
フィルタ装置出口 放射線モニタ (H21-P916)	原子炉建屋 T. M. S. L. 38. 200 (T. M. S. L. 49. 700*)	0. 05 以下	<input type="text"/>	—	—	$C_H=2. 76$	$C_V=1. 54$

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張りとせん断力について計算する。

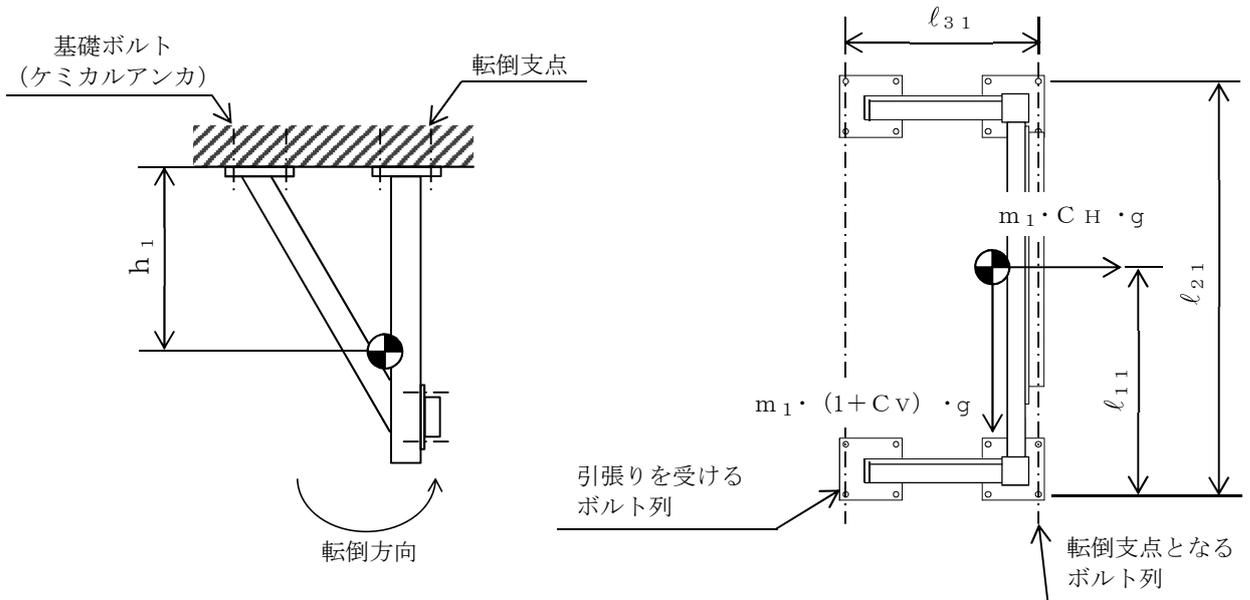


図5-1 計算モデル（正面方向転倒）

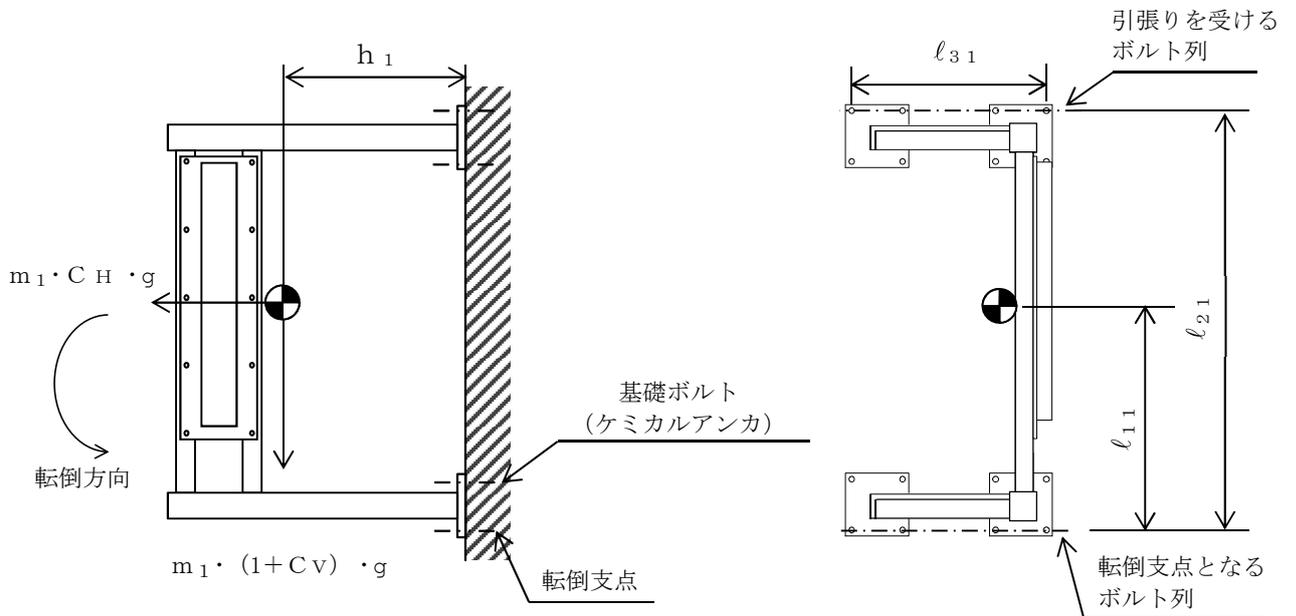


図5-2 計算モデル（側面方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は、下式により計算する。

引張力

$$F_{b11} = \frac{m_1 \cdot (1+C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fV1} \cdot \ell_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH1} \cdot \ell_{31}} \dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21} = \frac{m_1 \cdot (1+C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot \ell_{11} \cdot g}{n_{fV1} \cdot \ell_{21}} \dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots (5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は、下式により計算する。

せん断力

$$Q_{b11} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21} = m_1 \cdot (1+C_V) \cdot g \dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b1} = \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

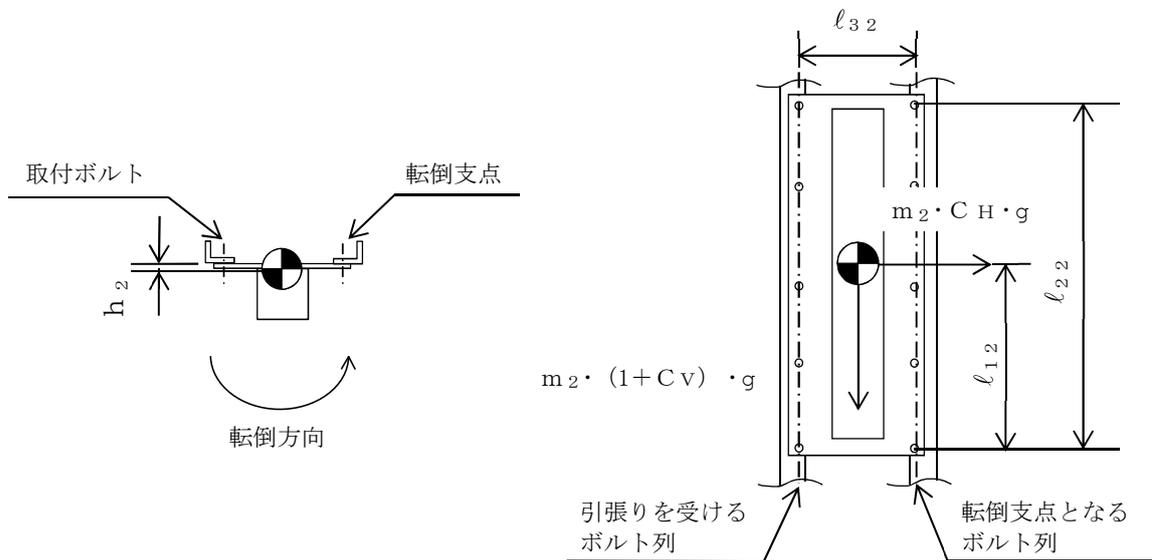


図5-3 計算モデル（正面方向転倒）

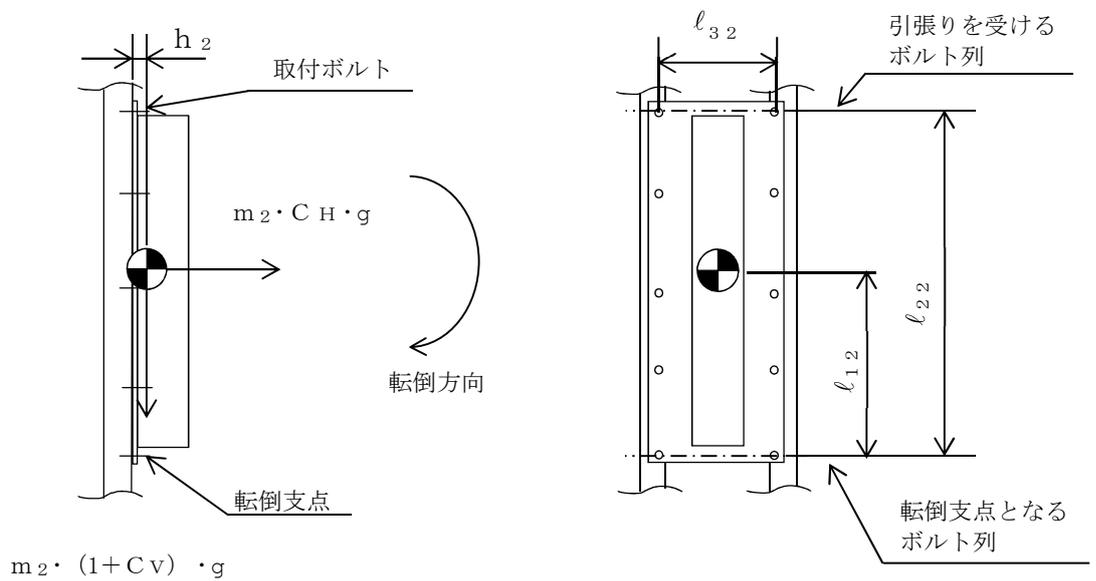


図5-4 計算モデル（側面方向転倒）

(1) 引張応力

取付ボルト（1本当たり）に対する引張応力は、下式により計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n_{fV2} \cdot \ell_{22}} + \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g}{n_{fH2} \cdot \ell_{32}} \dots \quad (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot C_H \cdot \ell_{12} \cdot g}{n_{fV2} \cdot \ell_{22}} \dots \quad (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \dots \quad (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots \quad (5.4.1.2.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots \quad (5.4.1.2.5)$$

(2) せん断応力

取付ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は、下式により計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots \quad (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots \quad (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \dots \quad (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots \quad (5.4.1.2.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099A) の耐震性についての計算結果】、【フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099B) 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。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099A) の耐震性についての計算結果】、【フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099B) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容引張応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} 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_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

フィルタ装置出口放射線モニタ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。

フィルタ装置出口放射線モニタの機能確認済加速度は、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評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置出口放射線モニタ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。

【フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
フィルタ装置出口 放射線モニタ (D11-RE099A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 38.200 (T.M.S.L. 49.700*)	0.05 以下	<input type="text"/>	—	—	C _H =2.76	C _V =1.54	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P913)

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8 (M8)	50.27	10	205	520

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4	4	258	—	正面方向
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	5	246	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (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
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=7$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=184^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置出口 放射線モニタ (D11-RE099A)	水平方向	2.29	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.28	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

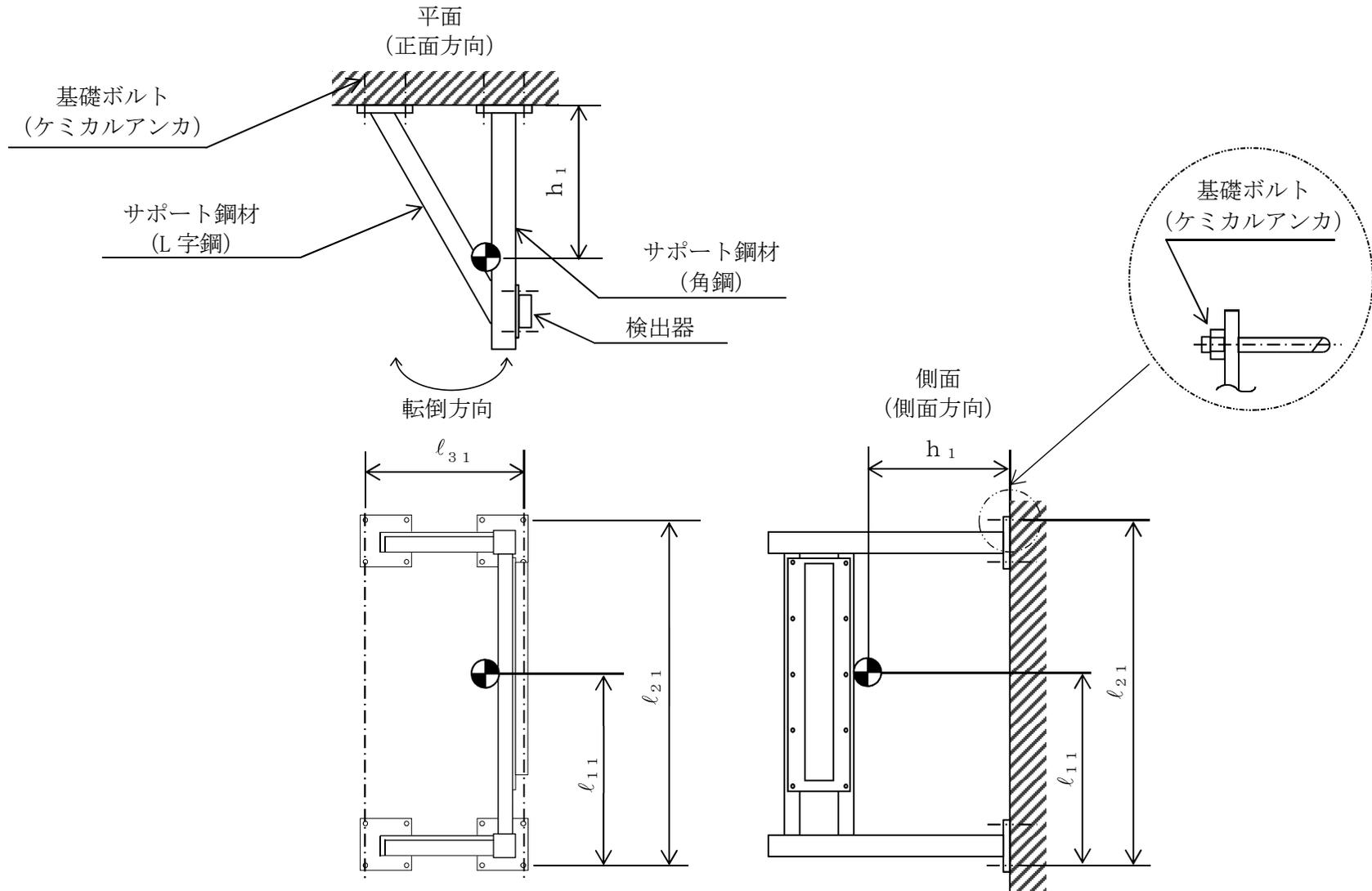
1.5 その他の機器要目

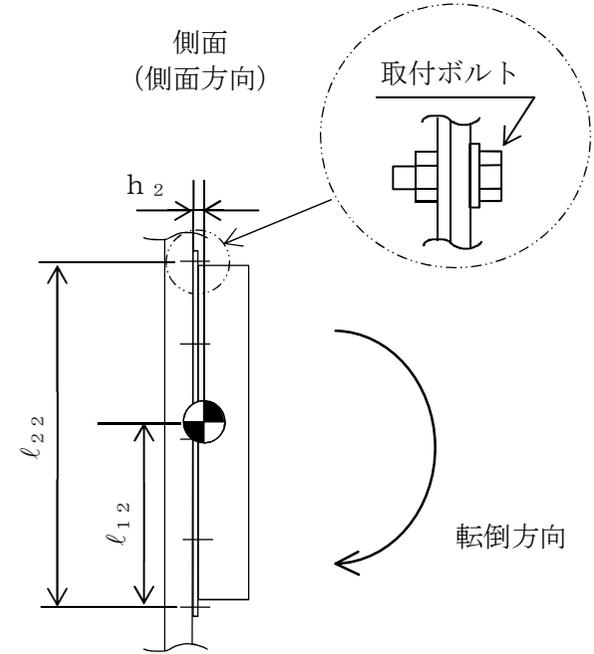
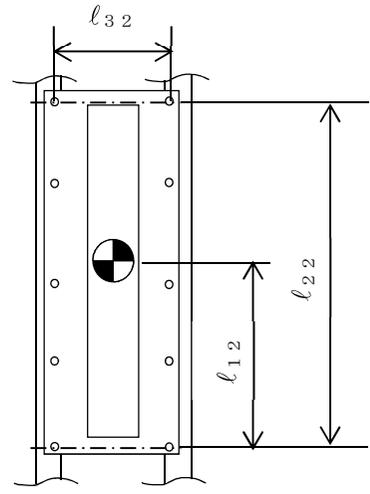
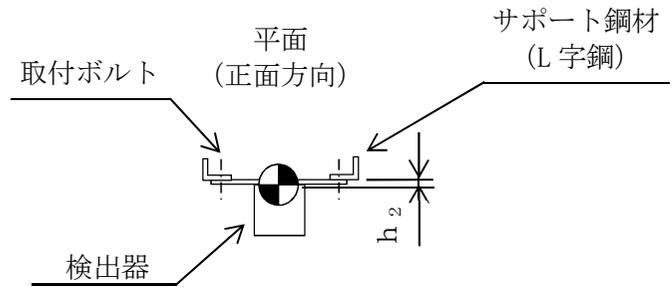
(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値	
材質	1	—	—	SS400
	2			STKR400
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>	
検出器質点（取付ボルト）当たりの検出器質量	m _D	kg	2.1	
ポアソン比	ν	—	0.3	
節点数	—	—	24	
要素数	—	—	24	

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	2			
2	2			
3	2			
4	2			
5	2			
6	2			
7	2			
8	2			
9	1			
10	1			
11	1			
12	1			
13	1			
14	1			
15	1			
16	1			
17	1			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			
22	1			
23	1			
24	1			





【フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE099B) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
フィルタ装置出口 放射線モニタ (D11-RE099B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 38.200 (T.M.S.L. 49.700*)	0.05 以下	<input type="text"/>	—	—	C _H =2.76	C _V =1.54	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P916)

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8 (M8)	50.27	10	205	520

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i * (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4	4	258	—	正面方向
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	5	246	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=7$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=184^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置出口 放射線モニタ (D11-RE099B)	水平方向	2.29	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.28	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

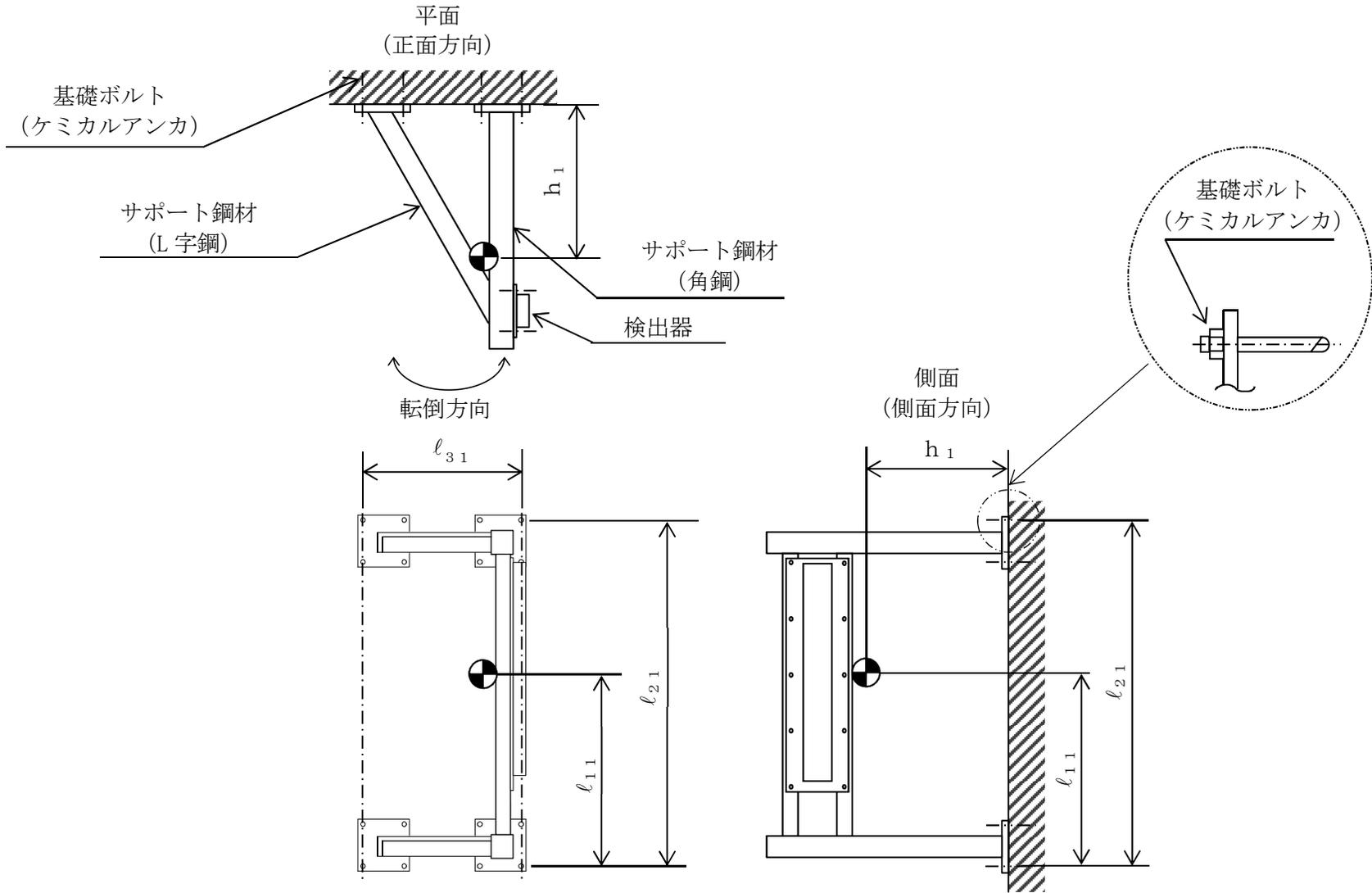
1.5 その他の機器要目

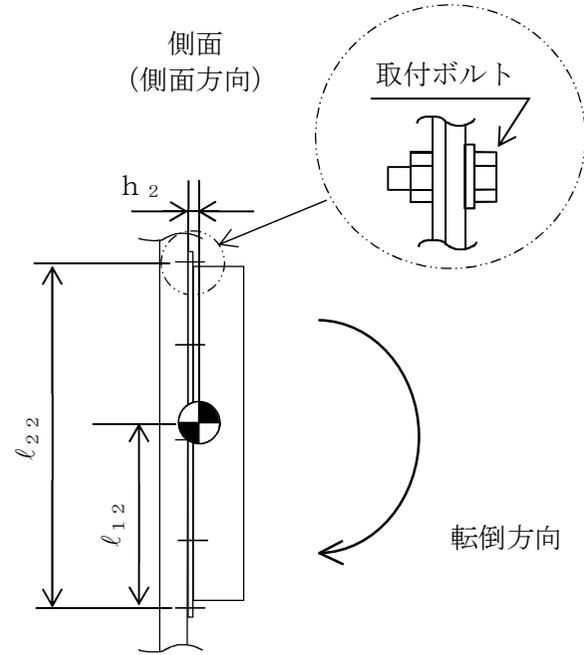
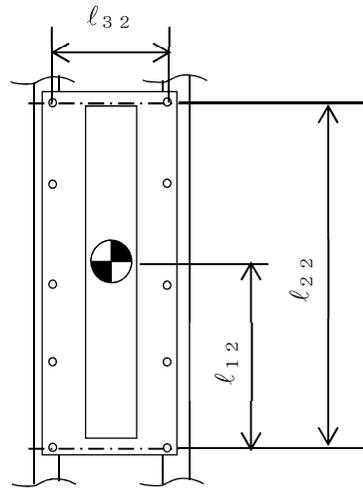
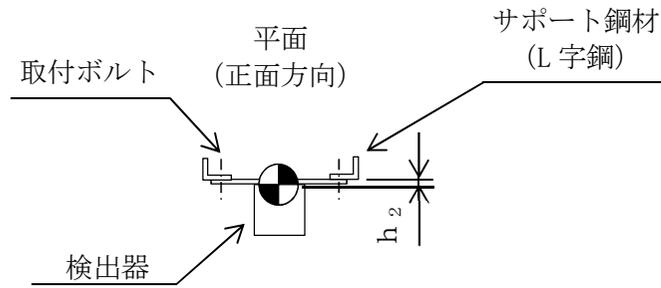
(1) 機器要目

項目	記号	単位	入力値	
材質	1	—	—	SS400
	2			STKR400
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>	
検出器質点（取付ボルト）当たりの検出器質量	m _D	kg	2.1	
ポアソン比	ν	—	0.3	
節点数	—	—	24	
要素数	—	—	24	

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	2			
2	2			
3	2			
4	2			
5	2			
6	2			
7	2			
8	2			
9	1			
10	1			
11	1			
12	1			
13	1			
14	1			
15	1			
16	1			
17	1			
18	1			
19	1			
20	1			
21	1			
22	1			
23	1			
24	1			





VI-2-8-2-1-4 耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震性についての計算書

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
5.2.2 許容応力	9
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.4.1 応力の計算方法	14
5.5 計算条件	20
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	20
5.5.2 取付ボルトの応力計算条件	20
5.6 応力の評価	21
5.6.1 ボルトの応力評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、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、耐圧強化ベント系放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

耐圧強化ベント系放射線モニタは、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、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

耐圧強化ベント系放射線モニタの構造計画を表 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													
<p>検出器は、取付ボルトにより架台に固定される。</p> <p>架台は、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>電離箱</p>	<p>【耐圧強化ベント系放射線モニタ】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A)</th> <th>耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>309</td> <td>309</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>320</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>865</td> <td>865</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A)	耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B)	たて	309	309	横	320	320	高さ	865	865
機器名称	耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A)	耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B)												
たて	309	309												
横	320	320												
高さ	865	865												

2.2 評価方針

耐圧強化ベント系放射線モニタの応力評価は、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」にて示す耐圧強化ベント系放射線モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で確認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、「5. 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、耐圧強化ベント系放射線モニタの機能維持評価は、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、「6. 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「7. 評価結果」に示す。

耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

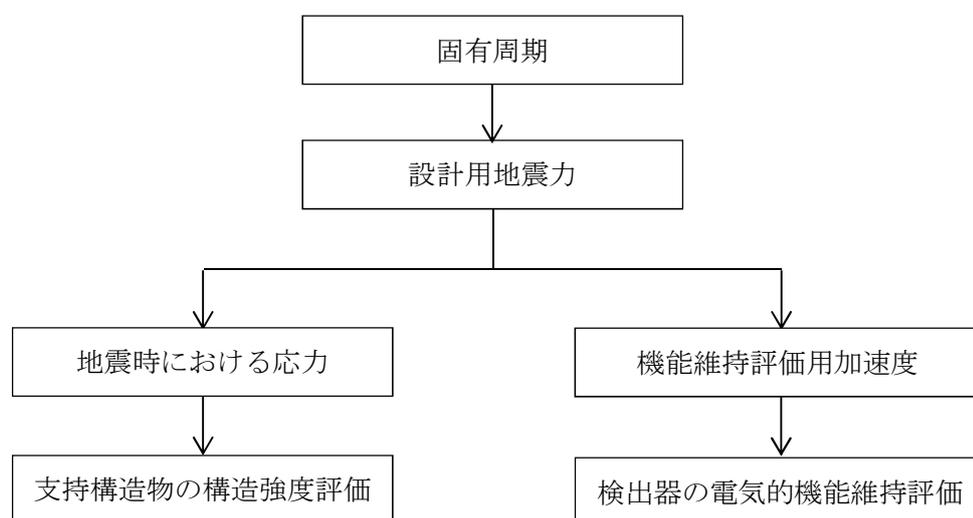


図 2-1 耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{b1i}	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * ¹	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{2i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
m_i	質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fvi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形) * ¹	—
n_{fHi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形) * ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_{b1i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi} (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , F_{b1i} , F_{b2i} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} ,
 l_{3i} , n_i , n_{fvi} , n_{fhi} , Q_{bi} , Q_{b1i} , Q_{b2i} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi} (RT)$,
 σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 検出器+架台

$i = 2$: 検出器

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震評価は、「5.1 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基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

耐圧強化ベント系放射線モニタ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. 固有周期

4.1 基本方針

耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A) の固有周期は、振動試験 (自由振動試験) にて求める。耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B) の固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ検出器に対する振動試験 (自由振動試験) の結果確認された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置 (圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器) により記録解析する。耐圧強化ベント系放射線モニタの外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、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 4-1 固有周期 (単位 : s)

耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A)	水平	□
	鉛直	□
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 耐圧強化ベント系放射線モニタの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は耐圧強化ベント系放射線モニタに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 耐圧強化ベント系放射線モニタは取付ボルトにより架台に固定されており、固定端とする。また、架台は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、計算モデルにおける正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 耐圧強化ベント系放射線モニタの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

耐圧強化ベント系放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

耐圧強化ベント系放射線モニタの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

耐圧強化ベント系放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 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	耐圧強化ベント系放射線モニタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVAS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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
VAS (VASとしてIVAS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 5-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S s」による地震力は、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 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	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 d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		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
耐圧強化ベント系 放射線モニタ (D11-RE121A)	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)			—	—	C _H =1. 98	C _V =1. 49
耐圧強化ベント系 放射線モニタ (D11-RE121B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 98	C _V =1. 49

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

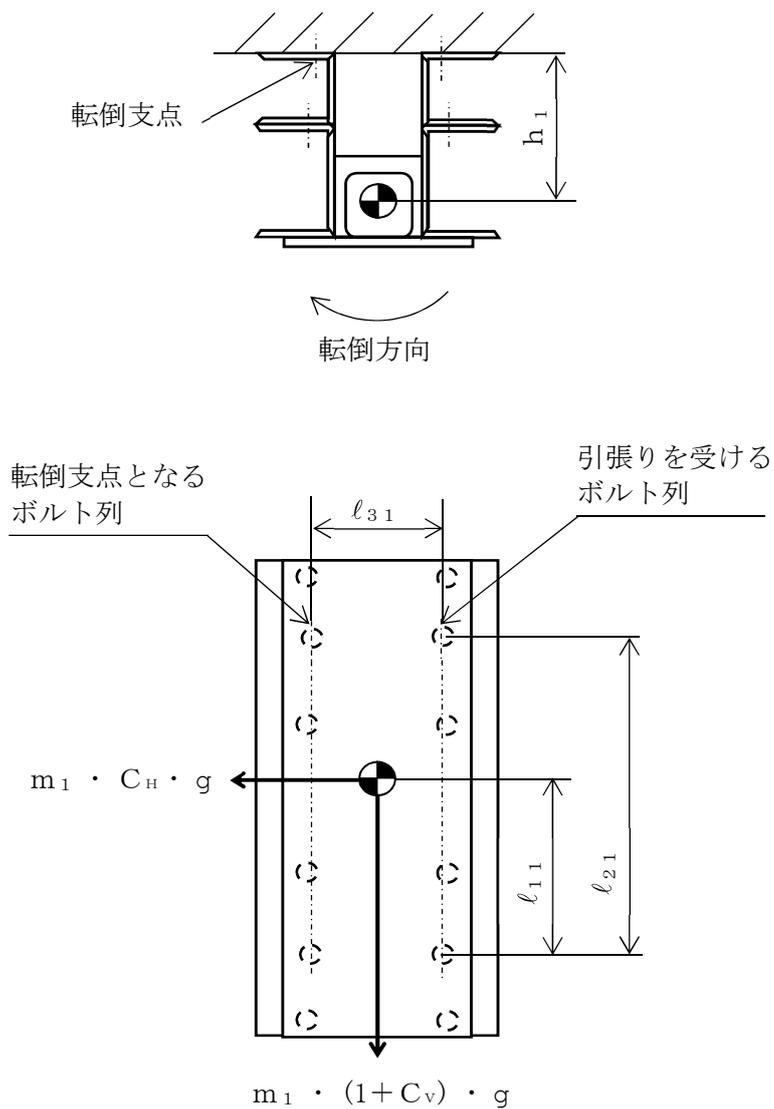


図5-1 計算モデル（壁掛形 正面方向転倒の場合）

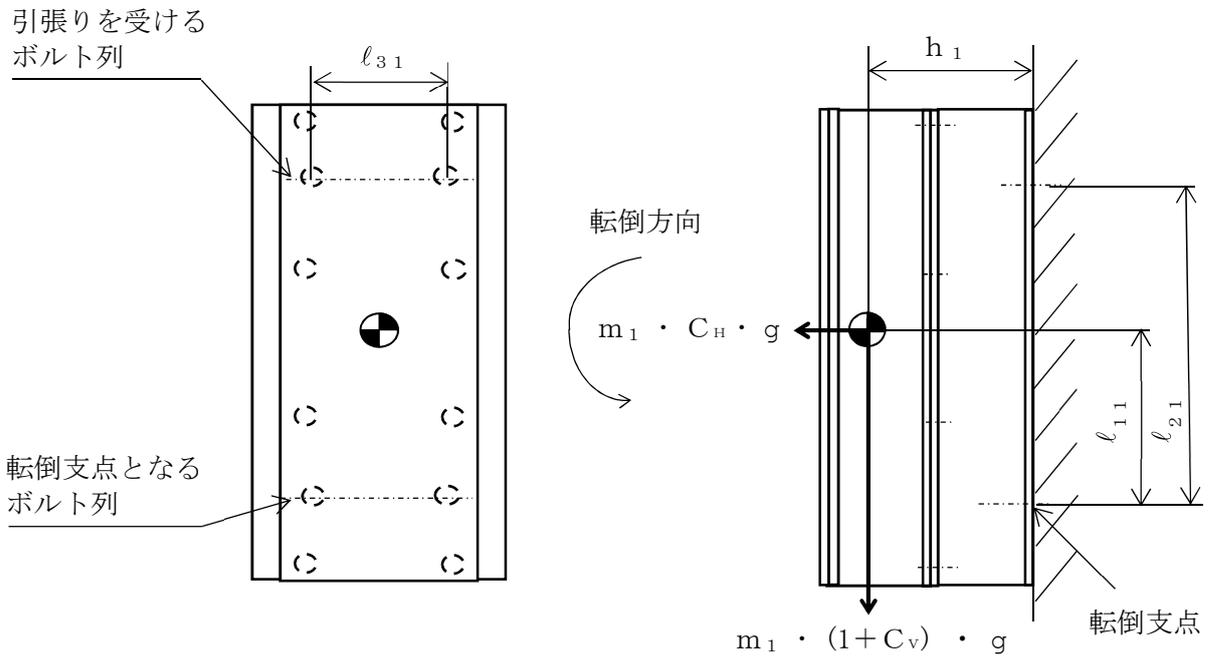


図5-2 計算モデル（壁掛形 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b11} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n f_{V1} \cdot l_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n f_{H1} \cdot l_{31}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot l_{11} \cdot g}{n f_{V1} \cdot l_{21}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11} , F_{b21}) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_{b1} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11} = m_1 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21} = m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

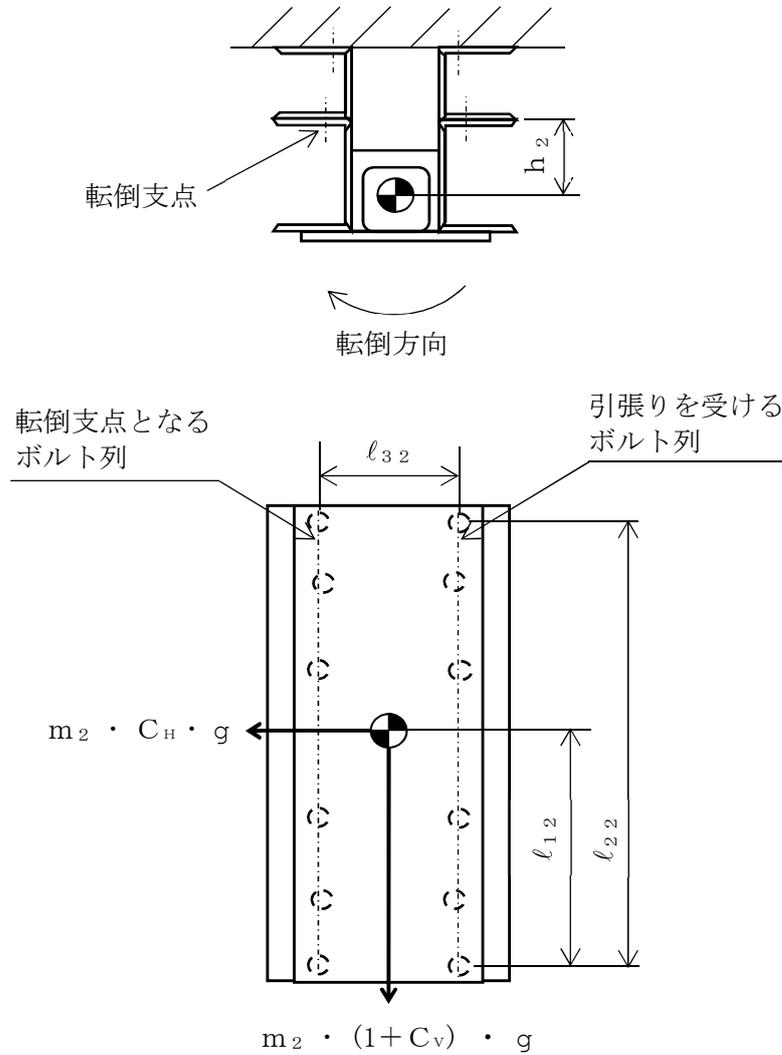
$$Q_{b1} = \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



K6 ① VI-2-8-2-1-4 R0

図5-3 計算モデル（壁掛形 正面方向転倒の場合）

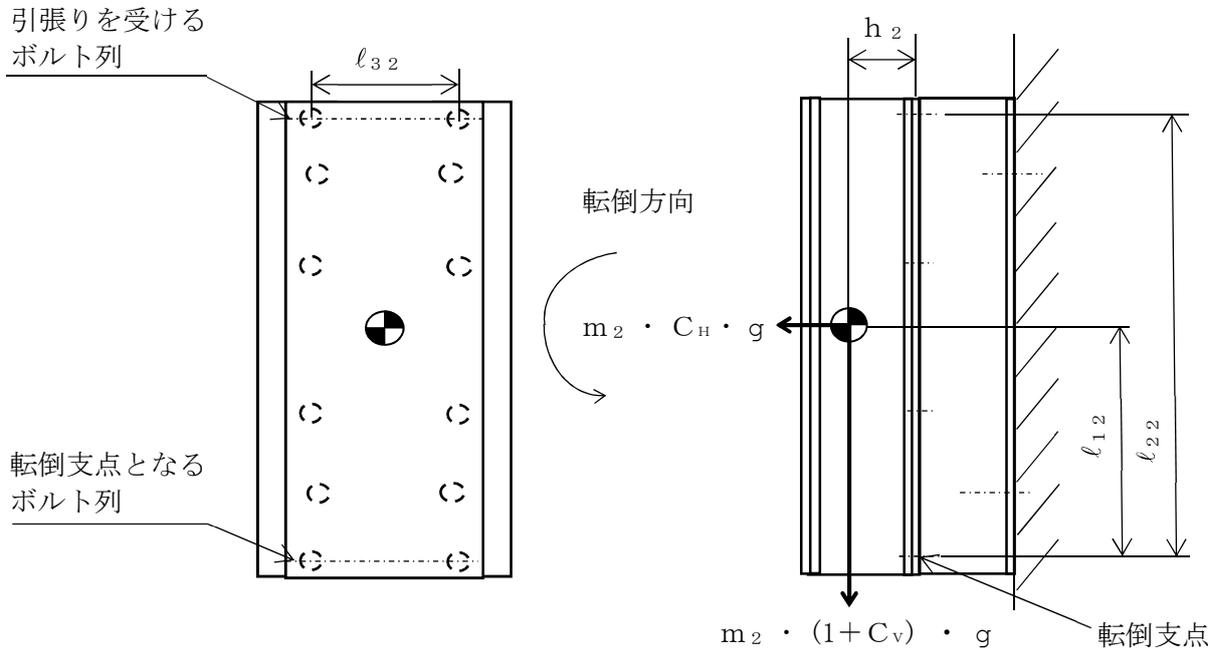


図5-4 計算モデル（壁掛形 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n f V_2 \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g}{n f H_2 \cdot l_{32}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot C_H \cdot l_{12} \cdot g}{n f V_2 \cdot l_{22}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = m_2 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A) の耐震性についての計算結果】、【耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B) 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。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A) の耐震性についての計算結果】、【耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容引張応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} 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_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

耐圧強化ベント系放射線モニタ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。

耐圧強化ベント系放射線モニタの機能確認済加速度は、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評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

耐圧強化ベント系放射線モニタ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。

【耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
耐圧強化ベント系 放射線モニタ (D11-RE121A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =1. 98	C _V =1. 49	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i = 1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	12 (M12)	113. 1	4	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
取付ボルト (i = 2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	12 (M12)	113. 1	8	205	520

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i = 1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	—	258	—	正面方向
取付ボルト (i = 2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	4	—	246	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=12$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=184^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

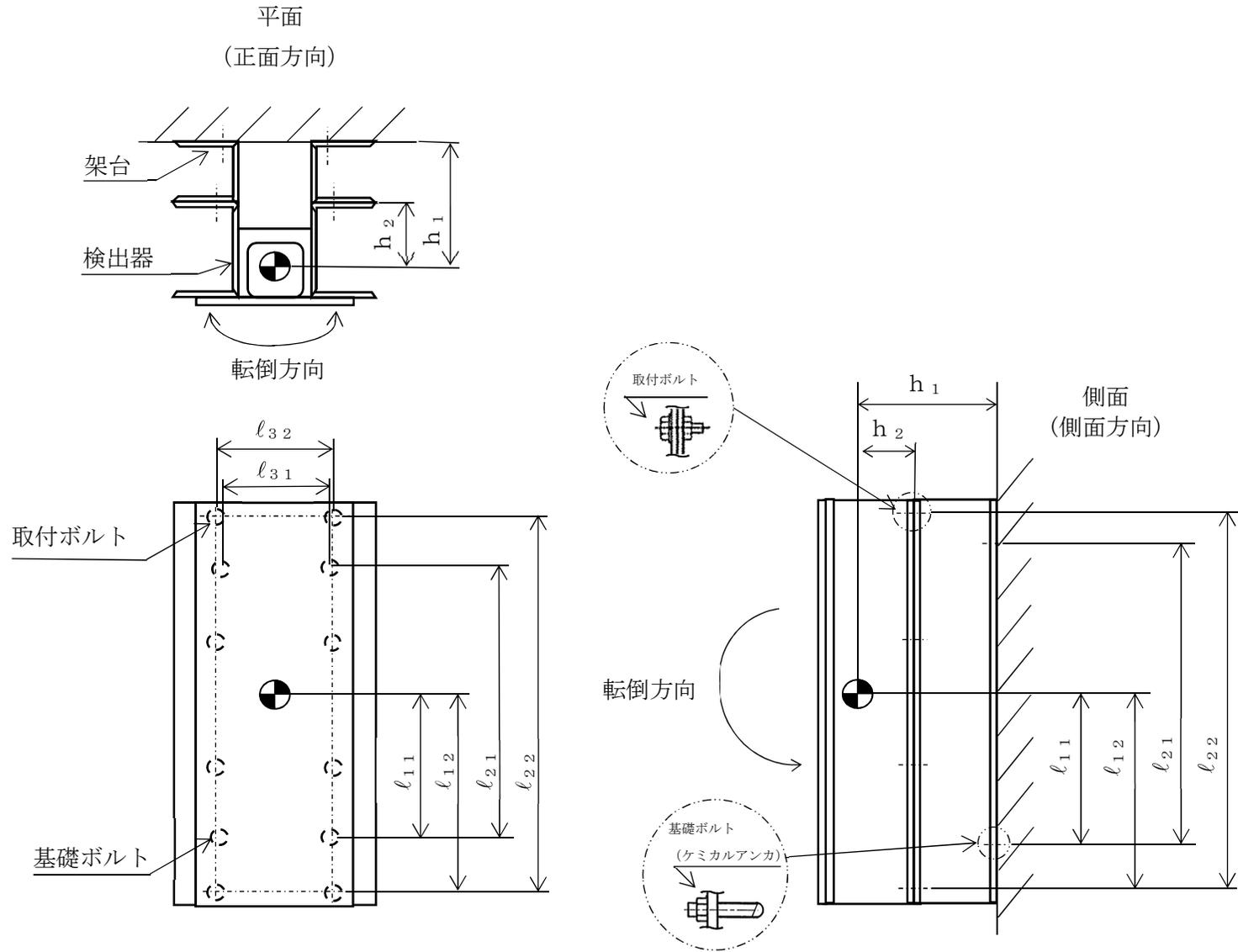
1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
耐圧強化ベント系 放射線モニタ (D11-RE121A)	水平方向	1.64	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.24	<input type="text"/>

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE121B) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
耐圧強化ベント系 放射線モニタ (D11-RE121B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 98	C _V =1. 49	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i = 1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	12 (M12)	113. 1	4	215 (40mm<径)	400 (40mm<径)
取付ボルト (i = 2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	12 (M12)	113. 1	8	205	520

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i = 1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	—	258	—	正面方向
取付ボルト (i = 2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	4	—	246	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (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
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=12$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=184^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

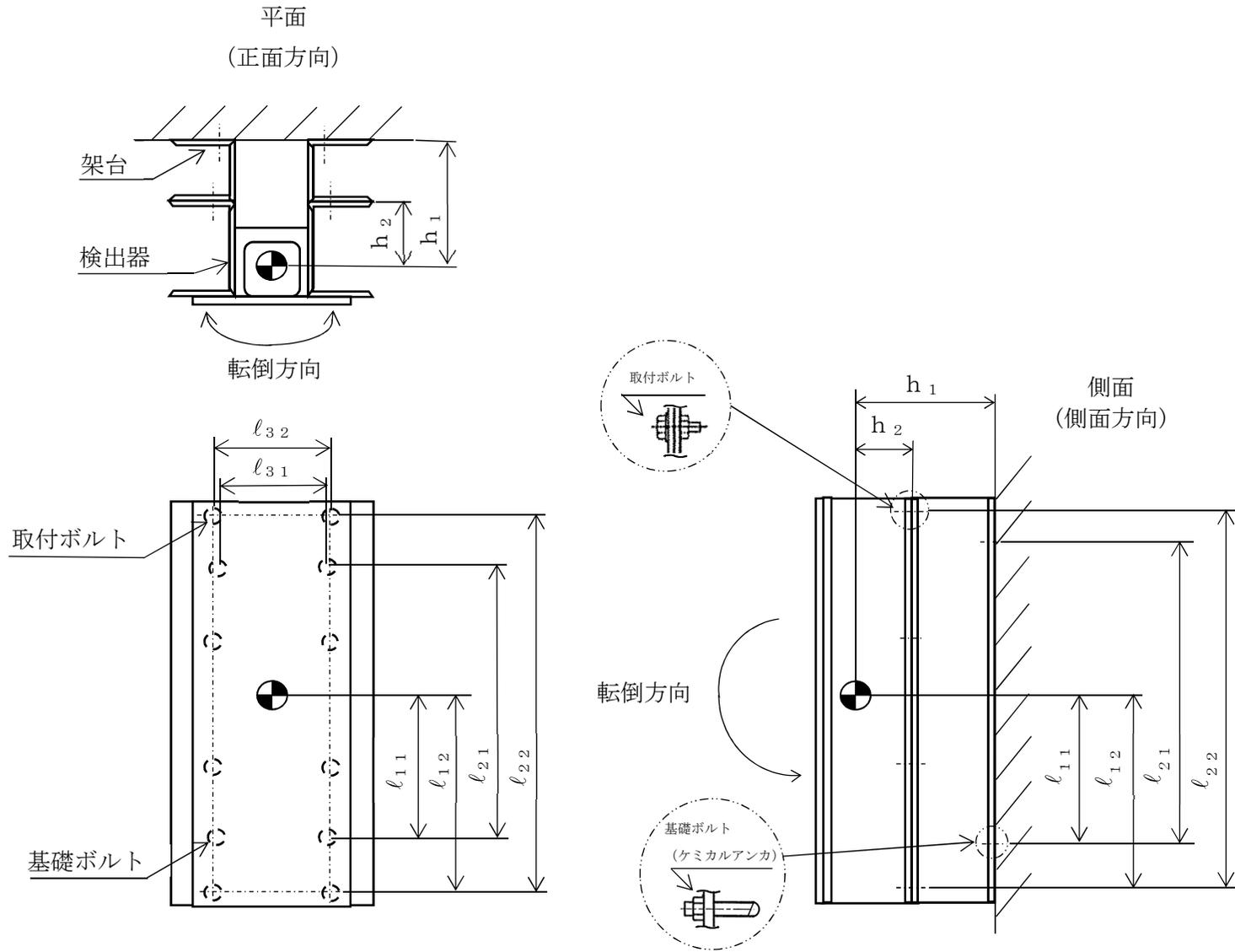
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
耐圧強化ベント系 放射線モニタ (D11-RE121B)	水平方向	1.64	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.24	<input type="text"/>

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-8-2-2 エリアモニタリング設備の耐震性についての計算書

VI-2-8-2-2-1 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の
耐震性についての計算書

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
5.2.2 許容応力	9
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.4.1 応力の計算方法	14
5.5 計算条件	20
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	20
5.5.2 取付ボルトの応力計算条件	20
5.6 応力の評価	21
5.6.1 ボルトの応力評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、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、使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）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。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）は、重大事故等対処施設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、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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）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	
<p>検出器は、取付ボルトにより架台に固定される。</p> <p>架台は、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>電離箱</p>	<p>【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）】</p> <p>平面</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>架台</p> <p>検出器</p> <p>320</p> <p>309</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>取付ボルト</p> <p>865</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の応力評価は、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」にて示す使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）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. 固有周期」で確認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、「5. 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、使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の機能維持評価は、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、「6. 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「7. 評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フローを図2-1に示す。

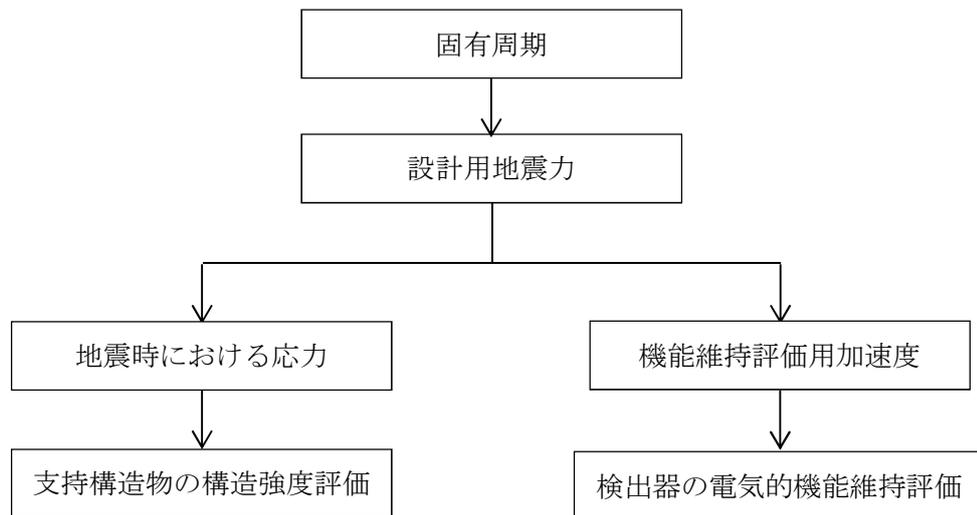


図2-1 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * ¹	N
F_{b1i}	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * ¹	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{2i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
m_i	質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fvi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形) * ¹	—
n_{fHi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形) * ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_{b1i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi} (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , F_{b1i} , F_{b2i} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} ,
 l_{3i} , n_i , n_{fvi} , n_{fHi} , Q_{bi} , Q_{b1i} , Q_{b2i} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi} (RT)$,
 σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 検出器+架台

$i = 2$: 検出器

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価は、「5.1 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基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）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. 固有周期

4.1 基本方針

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ検出器に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、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 4-1 固有周期 (単位：s)

使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ（低レンジ） (D21-RE101)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）は取付ボルトにより架台に固定されており、固定端とする。また、架台は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、計算モデルにおける正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 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	使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ（低レンジ）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVAS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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^{*3}$	$1.5 \cdot f_s^{*3}$
VAS (VASとしてIVAS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。

*3：その他の支持構造物においては S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替える。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

表 5-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	100	194	373	—
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	100	171	441	205

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、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 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	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_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		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
使用済燃料貯蔵プ ール放射線モニタ (低レンジ) (D21-RE101)	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	$C_H=1. 98$	$C_V=1. 49$

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

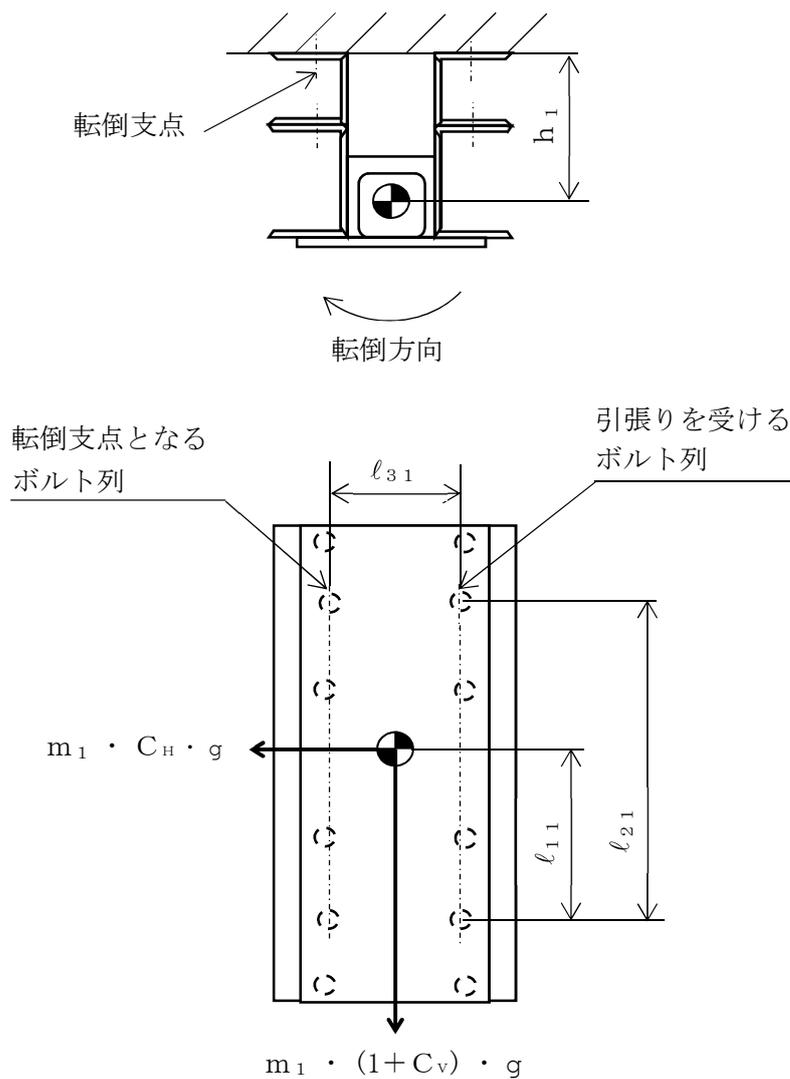


図5-1 計算モデル（壁掛形 正面方向転倒の場合）

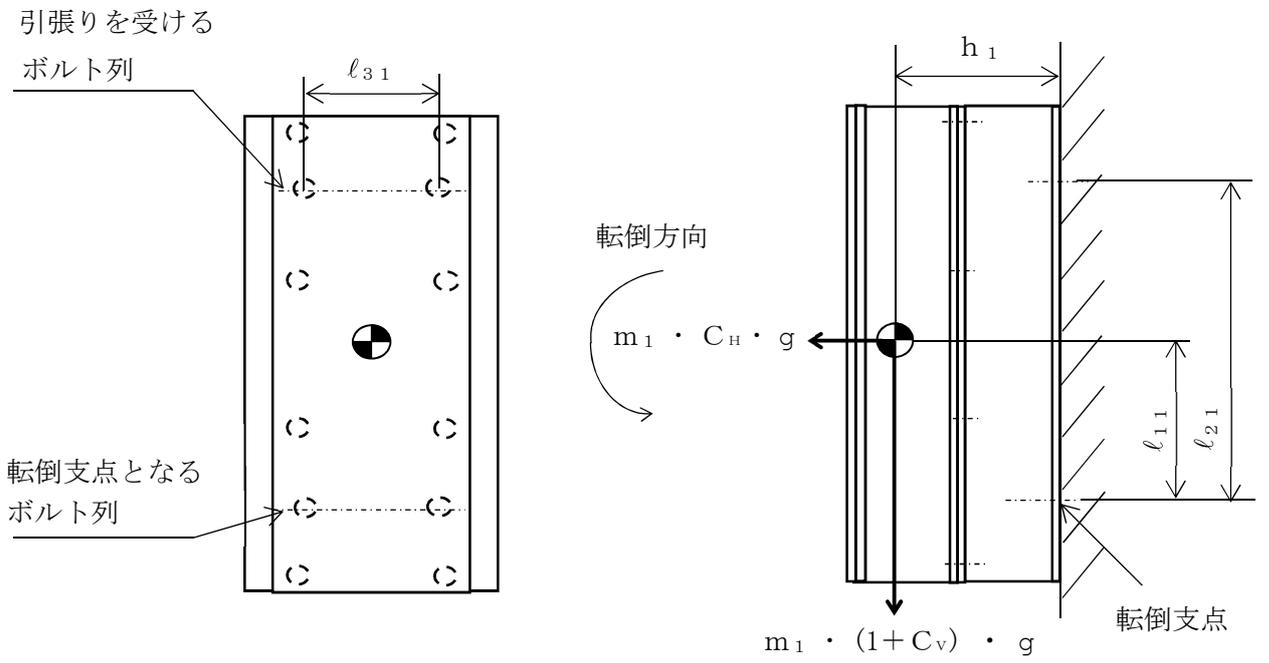


図5-2 計算モデル (壁掛形 側面方向転倒の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b11} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fV1} \cdot \ell_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH1} \cdot \ell_{31}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot \ell_{11} \cdot g}{n_{fV1} \cdot \ell_{21}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_{b1} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11} = m_1 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21} = m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b1} = \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

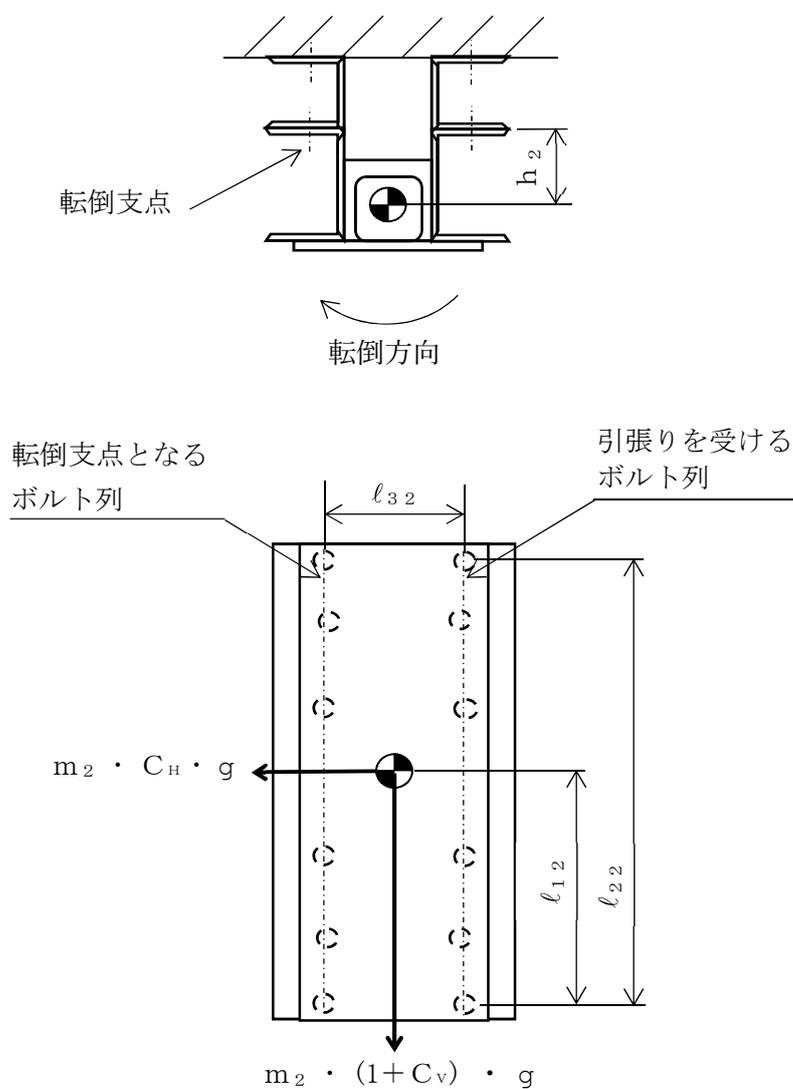


図5-3 計算モデル（壁掛形 正面方向転倒の場合）

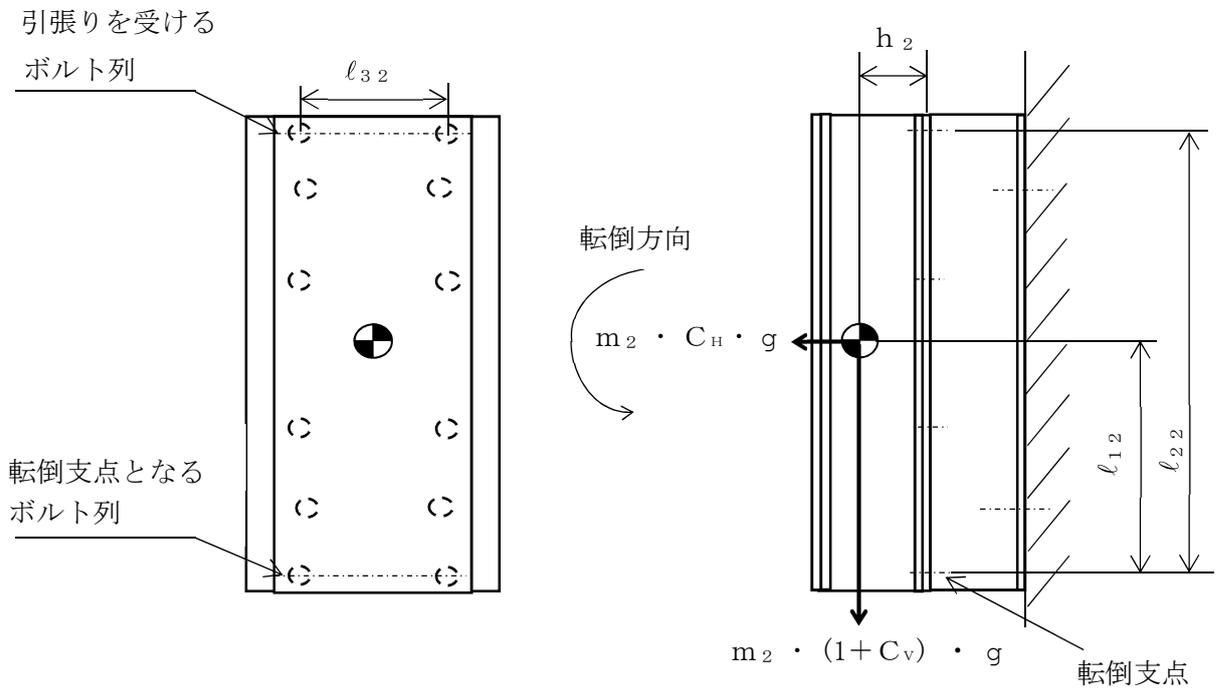


図5-4 計算モデル（壁掛形 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n_{fV2} \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g}{n_{fH2} \cdot l_{32}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot C_H \cdot l_{12} \cdot g}{n_{fV2} \cdot l_{22}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = m_2 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）（D21-RE101）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。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）（D21-RE101）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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容引張応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} 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_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）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。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の機能確認済加速度は、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評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6-1に示す。

表6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (低レンジ) (D21-RE101)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）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。

【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）（D21-RE101）の耐震性についての計算結果】

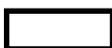
1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ（低レンジ） (D21-RE101)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 31.700 (T. M. S. L. 38.200*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.98	C _V =1.49	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト (i=1)			12 (M12)	113.1	4	194 (40mm<径)	373 (40mm<径)	—
取付ボルト (i=2)			12 (M12)	113.1	8	171	441	205

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				2	2	—	232	—	正面方向
取付ボルト (i=2)				2	4	—	205	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (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
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=12$	$f_{ts1}=139^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=107$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=153^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$

すべて許容応力以下である。

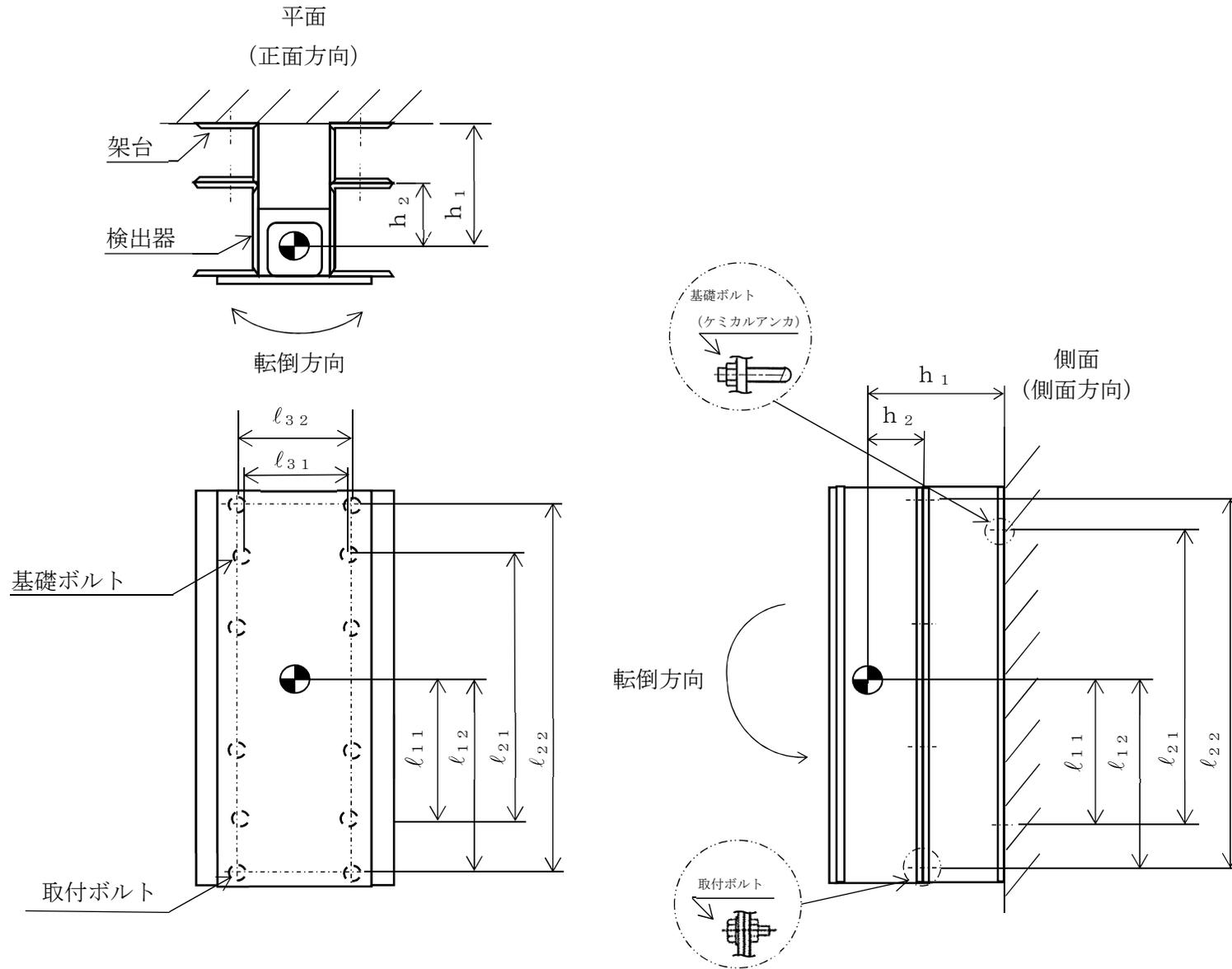
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ (低レンジ) (D21-RE101)	水平方向	1.64	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.24	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-8-2-2-2 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の
耐震性についての計算書

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
5.2.2 許容応力	9
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.4.1 応力の計算方法	14
5.5 計算条件	20
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	20
5.5.2 取付ボルトの応力計算条件	20
5.6 応力の評価	21
5.6.1 ボルトの応力評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、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、使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）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。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）は、重大事故等対処施設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、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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）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	
<p>検出器は、取付ボルトにより架台に固定される。</p> <p>架台は、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>電離箱</p>	<p>【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）】</p> <p>（単位：mm）</p>

2.2 評価方針

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の応力評価は、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」にて示す使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）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. 固有周期」で確認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、「5. 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、使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の機能維持評価は、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、「6. 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「7. 評価結果」に示す。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フローを図2-1に示す。

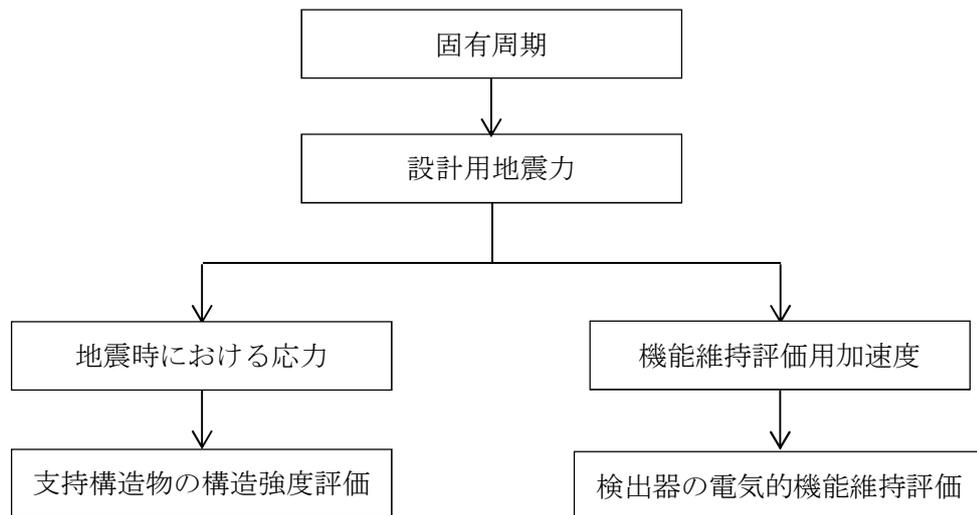


図2-1 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
F_{b1i}	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * ¹	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び据付面又は取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{2i}	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
l_{3i}	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * ¹	mm
m_i	質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fv_i}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形) * ¹	—
n_{fH_i}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形) * ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_{b1i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * ¹	N
S_{u_i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{y_i}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{y_i} (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , F_{b1i} , F_{b2i} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} ,
 l_{3i} , n_i , n_{fvi} , n_{fhi} , Q_{bi} , Q_{b1i} , Q_{b2i} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi} (RT)$,
 σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 検出器+架台

$i = 2$: 検出器

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価は、「5.1 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基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）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. 固有周期

4.1 基本方針

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、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 4-1 固有周期 (単位：s)

使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ（高レンジ） (D21-RE102)	水平	□
	鉛直	□

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）は取付ボルトにより架台に固定されており、固定端とする。また、架台は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、計算モデルにおける正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 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	使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ（高レンジ）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS （VASとして IVAS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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$ ^{*3}	$1.5 \cdot f_s^*$ ^{*3}
VAS (VASとしてIVAS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。

*3：その他の支持構造物においては S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替える。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

表 5-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	100	194	373	—
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	100	171	441	205

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、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 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		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
使用済燃料貯蔵プ ール放射線モニタ (高レンジ) (D21-RE102)	原子炉建屋 T. M. S. L. 31. 700 (T. M. S. L. 38. 200*)			—	—	C _H = 1. 98	C _V = 1. 49

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張りとせん断力について計算する。

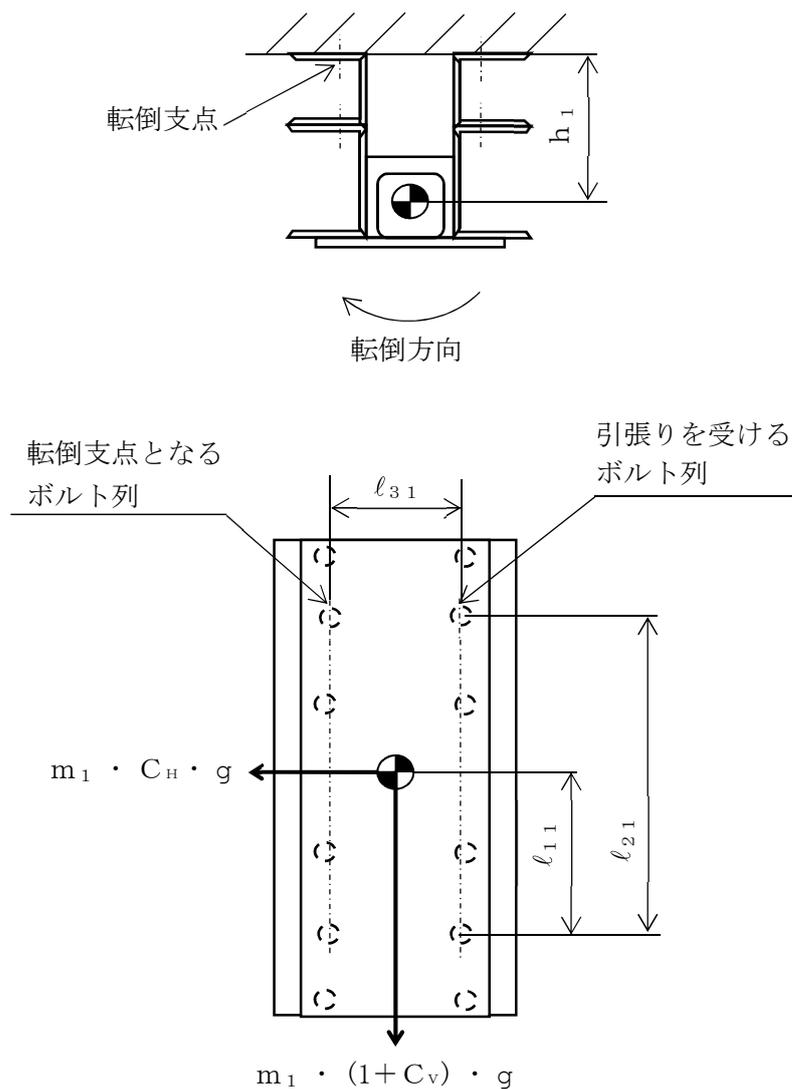


図5-1 計算モデル（壁掛形 正面方向転倒の場合）

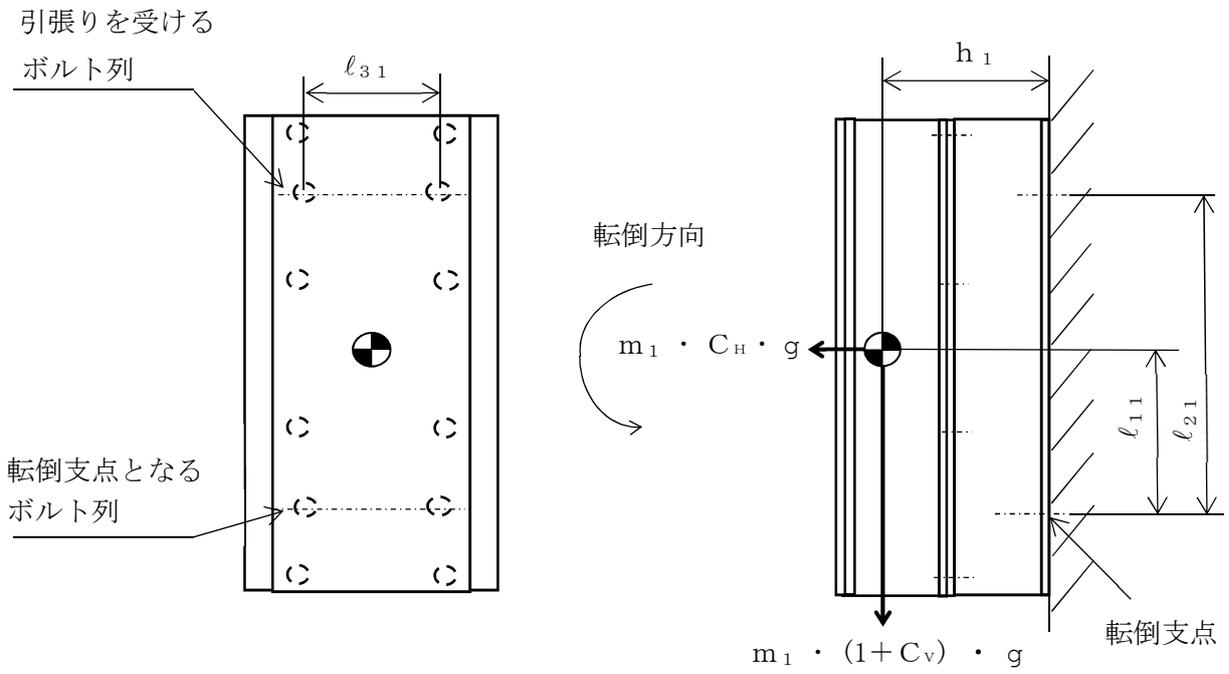


図5-2 計算モデル（壁掛形 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b_{11}} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n f_{V1} \cdot \ell_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n f_{H1} \cdot \ell_{31}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b_{21}} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot \ell_{11} \cdot g}{n f_{V1} \cdot \ell_{21}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b_1} = \text{Max} (F_{b_{11}} , F_{b_{21}}) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b_1} = \frac{F_{b_1}}{A_{b_1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b_1} は次式により求める。

$$A_{b_1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_{b_1} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b_{11}} = m_1 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b_{21}} = m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b_1} = \sqrt{(Q_{b_{11}})^2 + (Q_{b_{21}})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b_1} = \frac{Q_{b_1}}{n_1 \cdot A_{b_1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

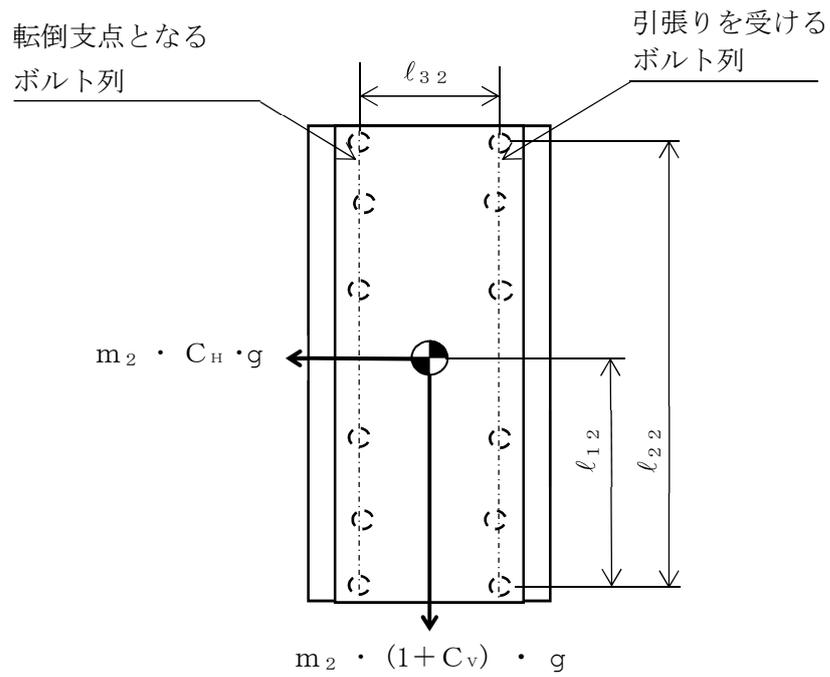
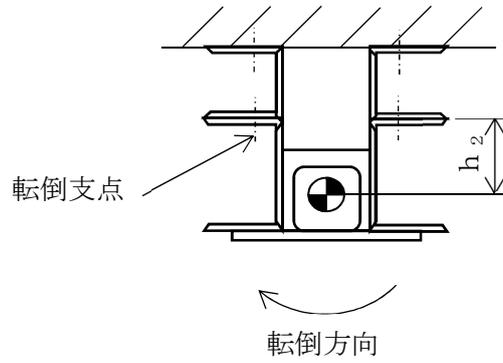


図5-3 計算モデル（壁掛形 正面方向転倒の場合）

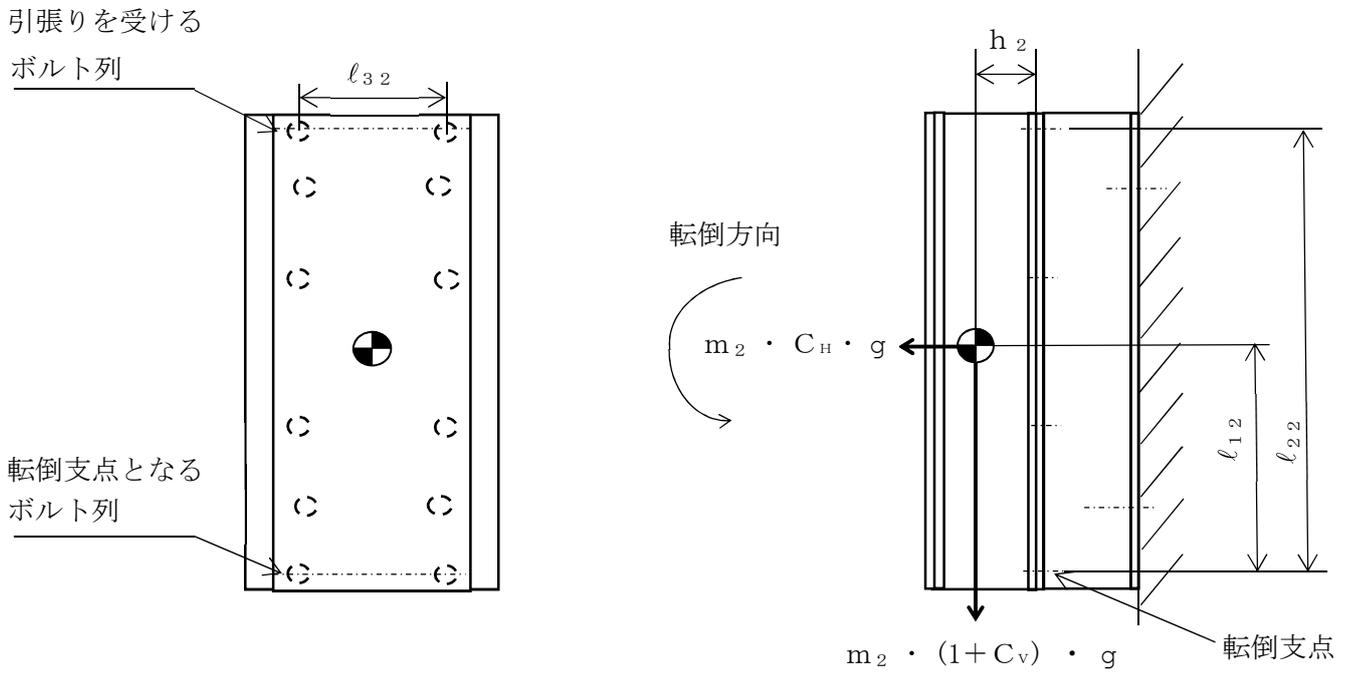


図5-4 計算モデル（壁掛形 側面方向転倒の場合）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n_{fV2} \cdot \ell_{22}} + \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g}{n_{fH2} \cdot \ell_{32}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot C_H \cdot \ell_{12} \cdot g}{n_{fV2} \cdot \ell_{22}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{22}^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

ただし、 F_{b2} が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = m_2 \cdot C_H \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）（D21-RE102）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。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）（D21-RE102）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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容引張応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} 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_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）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。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の機能確認済加速度は、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評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ) (D21-RE102)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）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。

【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）（D21-RE102）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		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	
使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ（高レンジ） （D21-RE102）	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 31.700 (T. M. S. L. 38.200*)	□	□	—	—	C _H =1.98	C _V =1.49	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	□	12 (M12)	113.1	4	194 (40mm<径)	373 (40mm<径)	—
取付ボルト (i=2)	□	□	12 (M12)	113.1	8	171	441	205

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	2	2	—	232	—	正面方向
取付ボルト (i=2)	□	□	□	2	4	—	205	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=139^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=107$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=153^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=118$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

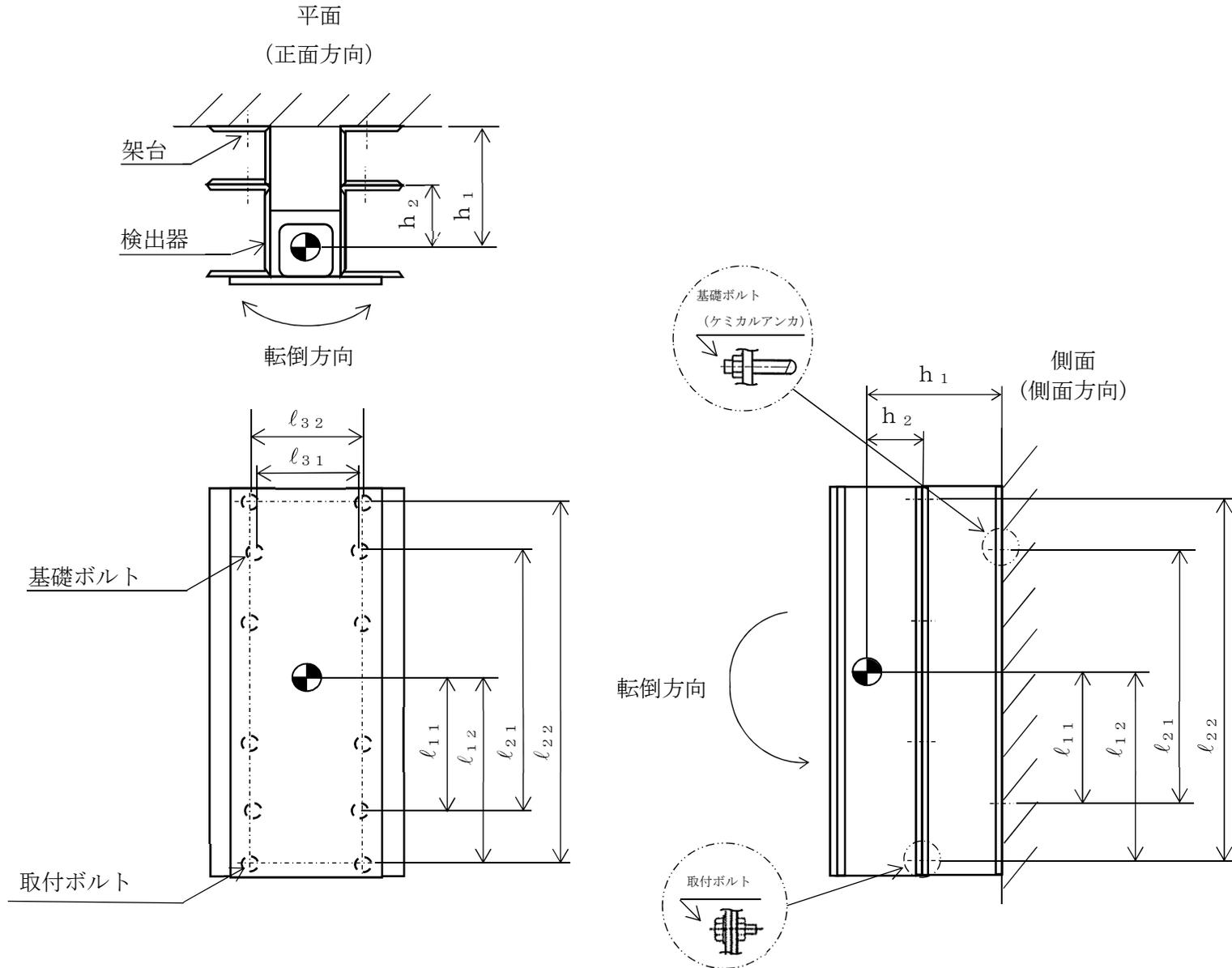
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ (高レンジ) (D21-RE102)	水平方向	1.64	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.24	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-8-3 換気設備の耐震性についての計算書

VI-2-8-3-1 中央制御室換気空調系

VI-2-8-3-1-1 中央制御室換気空調系

VI-2-8-3-1-1-1 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 ダクト設計の基本方針	1
2.2.1 耐震設計の原則	1
2.2.2 ダクト及び支持構造物の設計手順	1
2.2.3 重要度別による設計方針	3
2.2.4 設計用地震力	3
2.2.5 ダクト支持点の設計方法	4
2.2.6 支持方法	6
2.3 適用規格・基準等	7
2.4 記号の説明	8
2.4.1 矩形ダクトの記号の説明	8
2.4.2 円形ダクトの記号の説明	9
2.5 計算精度と数値の丸め方	10
3. 評価部位	10
4. 固有振動数の計算方法	10
4.1 計算モデル	10
4.2 固有振動数計算方法	11
4.2.1 矩形ダクトの固有振動数計算方法	11
4.2.2 円形ダクトの固有振動数計算方法	11
5. 構造強度評価	12
5.1 構造強度評価方法	12
5.1.1 矩形ダクトの構造強度評価方法	12
5.1.2 円形ダクトの構造強度評価方法	12
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
5.3 設計用地震力	16
6. 耐震支持間隔算定結果	17
7. 支持構造物設計の基本方針	18
7.1 支持構造物の構造及び種類	18
7.2 支持構造物の考慮事項	21
7.3 支持構造物の耐震性確認	21
8. 引用文献	21

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」及びVI-2-1-13「ダクト及び支持構造物の耐震計算について」にて設定している設計方針に基づき、中央制御室換気空調系ダクト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説明するものである。

中央制御室換気空調系ダクトは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項.

2.1 構造計画

中央制御室換気空調系ダクトの構造計画を表 2-1 に示す。

2.2 ダクト設計の基本方針

2.2.1 耐震設計の原則

ダクト及びその支持構造物は、耐震重要度分類に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。

2.2.2 ダクト及び支持構造物の設計手順

ダクトの経路は、建屋の形状、機器の配置、配管、ケーブルトレイ等の経路を考慮し、耐震性を加味して決定する。

以上を考慮して決定されたダクト経路について支持方法を定めて、ダクトが十分な耐震強度を有するように支持点を決定する。

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	
支持構造物を介して躯体へ支持されている。	矩形ダクト 円形ダクト	<p>(溶接型円形ダクト)</p> <p>(溶接型矩形ダクト)</p> <p>(はぜ折り型矩形ダクト)</p>

2.2.3 重要度別による設計方針

ダクトは、耐震重要度分類に応じてクラス分類し、表 2-2 に示す設計方針とする。

表 2-2 重要度分類と設計方針

分類	耐震重要度分類	機器等の区分	設計方針
設計基準対象施設	S	Non	地震時の加速度及び相対変位に対し機能が保たれるようサポートのスペン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。(最大許容ピッチは、「4. 固有振動数の計算方法」及び「5. 構造強度評価」に基づき算出する。)

2.2.4 設計用地震力

ダクトについては、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に示す設計用地震力を用いて評価を行う。なお、「2.2.5 ダクト支持点の設計方法」のうち、手法1はダクトの固有振動数が十分剛(20Hz以上)となる領域で設計することから静的震度及び1.2ZPAを使用する。

また、手法2はダクトの固有周期が0.05秒よりも長周期側で、かつ設計用床応答曲線のピーク周期の $1/\sqrt{2}$ 倍よりも短周期側となる領域で設計することから、設計用床応答曲線の震度を使用する。減衰は、VI-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。

なお、この際に使用する設計用床応答曲線の震度は、図2-1に示すように谷埋め/ピーク保持を行い、右肩上がりの領域で設計することで保守性を担保する。

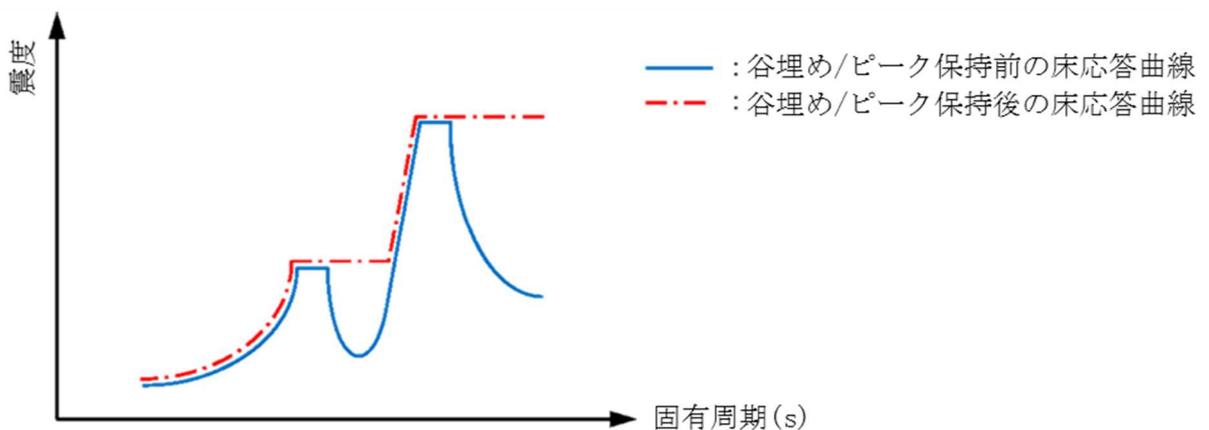


図 2-1 床応答曲線の谷埋め/ピーク保持の例

2.2.5 ダクト支持点の設計方法

ダクト及びその支持構造物は、適切な剛性を有するとともに許容座屈曲げモーメントを満足する支持間隔とすることにより耐震性を確保する。

支持間隔の算定は、ダクトの固有振動数が十分剛（20Hz 以上）となるよう算定する手法とダクトの固有振動数に応じた地震力で算定する手法が有り、このうち前者を手法 1、後者を手法 2 と呼び、この 2 つの手法を用いて支持間隔を決定する。

ダクトの支持点は、まず手法 1 の支持間隔で計画し、施工性及びダクトの周囲条件等を考慮して手法 1 の支持間隔以内に収まらない場合は手法 2 の支持間隔で計画する。

手法 1、手法 2 による支持点設計手順を図 2-2 に示す。

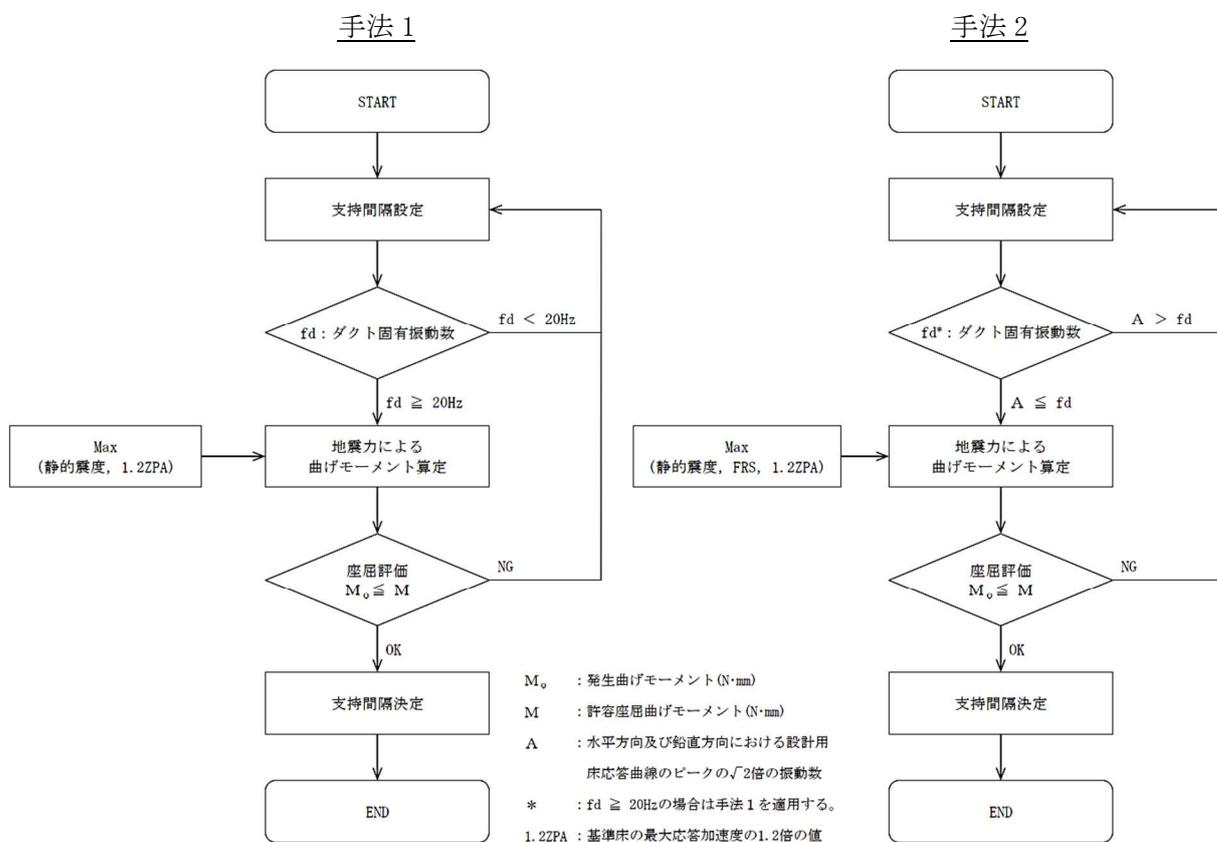


図 2-2 ダクト支持点設計手順

(1) 手法1の支持間隔算定法

ダクトの固有振動数が20Hz以上となる支持間隔と静的震度及び1.2ZPAによりダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となる支持間隔を算定し、いずれか小さい方を支持間隔とする。

(2) 手法2の支持間隔算定法

静的震度、1.2ZPA及び設計用床応答曲線から地震力を算定し、ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるように支持間隔を算定する。

ただし、支持間隔はダクトの固有振動数が設計用床応答曲線のピーク振動数の $\sqrt{2}$ 倍以上となるように定めるものとし、固有振動数から定まる支持間隔と許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔のうち、いずれか小さい方とする。設計領域の例を図2-3に示す。

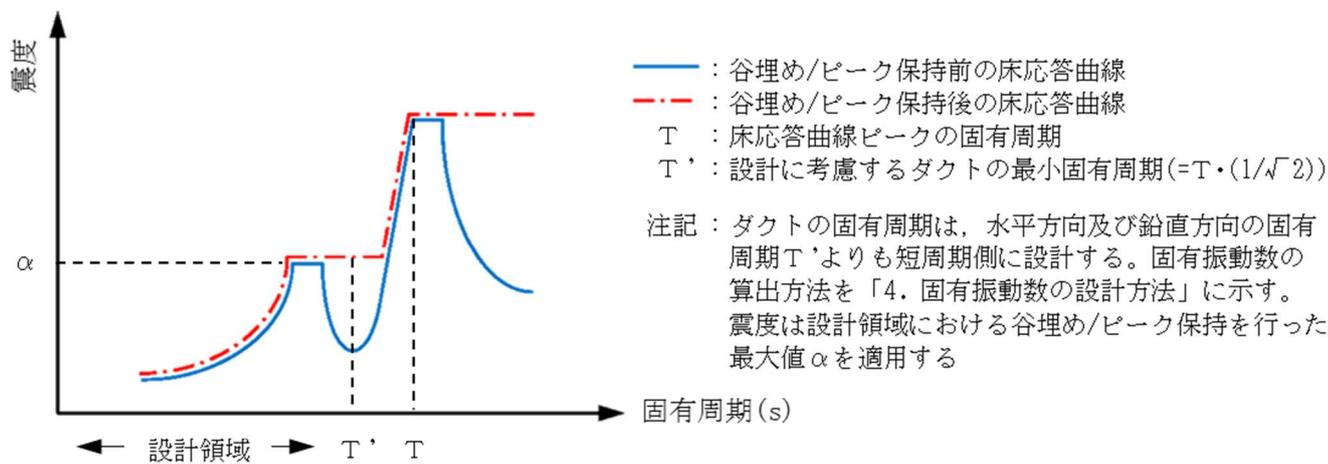


図2-3 手法2設計領域の例

2.2.6 支持方法

(1) 直管部

直管部は、「5. 構造強度評価」で求まる支持間隔以下で支持するものとする。また、直管部が長い箇所には軸方向を拘束する支持構造物を設けるものとする。

(2) 曲管部

曲管部は、直管部に比べ剛性及び強度が低下することを考慮して、「5. 構造強度評価」で求まる支持間隔に縮小率を乗じた支持間隔を用いて支持点を設計する。

(3) 分岐部

分岐部は、「5. 構造強度評価」で求まる支持間隔に縮小率を乗じた支持間隔を用いて支持点を設計する。

(4) 重量物の取付部

ダクトに自動ダンパ等の重量物を取り付く場合は、重量物自体又は近傍を支持するものとする。なお、近傍を支持する場合には「5. 構造強度評価」で求まる支持間隔と、当該重量物を考慮した支持間隔を用いて支持点を設計する。

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・ J I S G 3 1 3 1 (1990) 「熱間圧延軟鋼板及び鋼帯」
- ・ J I S G 3 3 0 2 (1994) 「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」

2.4 記号の説明

2.4.1 矩形ダクトの記号の説明

記号	記号の説明	単位
f	固有振動数	Hz
π	円周率	—
l	両端単純支持間隔	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s ²
I	断面二次モーメント	mm ⁴
W	ダクト単位長さ重量	N/mm
β	断面二次モーメントの安全係数*	—
a	ダクト長辺寸法	mm
b	ダクト短辺寸法	mm
a e	ダクトフランジの有効幅	mm
b e	ダクトウェブの有効幅	mm
t	ダクト板厚	mm
M _o	発生曲げモーメント	N・mm
α	設計震度 (水平震度または鉛直震度の大きい方)	—
M	許容座屈曲げモーメント	N・mm
S	許容座屈曲げモーメントの安全係数* (= <input type="text"/>)	—
M _T	座屈限界曲げモーメント	N・mm
λ	座屈限界曲げモーメントの補正係数*	—
ν	ポアソン比 (=0.3)	—
σ_y	降伏点 (= S _y)	MPa
γ	座屈限界曲げモーメントの安全係数* (= <input type="text"/>)	—

注記* : 引用文献(1)より定義される係数。

2.4.2 円形ダクトの記号の説明

記号	記号の説明	単位
f	固有振動数	Hz
π	円周率	—
ℓ	両端単純支持間隔	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s ²
I	断面二次モーメント	mm ⁴
Z	断面係数	mm ³
W	ダクト単位長さ重量	N/mm
β	弾性座屈曲げモーメントの補正係数 (= <input type="text"/>)	—
d_1	ダクト内径寸法	mm
d_2	ダクト外径寸法	mm
R	ダクト内半径寸法	mm
t	ダクト板厚	mm
M_o	発生曲げモーメント	N・mm
α	設計震度 (水平震度及び鉛直震度のベクトル和)	—
M	許容座屈曲げモーメント	N・mm
S	許容座屈曲げモーメントの安全係数 (= <input type="text"/>)	—
$M_{c r}$	弾性座屈曲げモーメント	N・mm
M_T	座屈限界曲げモーメント	N・mm
ν	ポアソン比 (=0.3)	—
$\sigma_{c r}$	弾性座屈応力	MPa
σ_y	降伏点 (= S_y)	MPa

2.5 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	°C	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位
外径	mm	小数点以下第 2 位	四捨五入	小数点以下第 1 位
厚さ	mm	小数点以下第 2 位	四捨五入	小数点以下第 1 位
支持間隔	mm	十の位	切捨て	整数位
力	kN	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
モーメント	kN・m	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
計算応力	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

注記*：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許容応力は、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

ダクトの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、実施する。

4. 固有振動数の計算方法

4.1 計算モデル

ダクト系は、図 4-1 に示す両端を支持構造物で支持された両端単純支持梁にモデル化する。

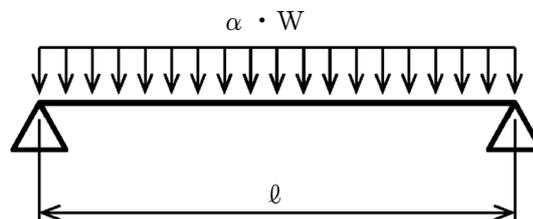


図 4-1 両端単純支持梁

4.2 固有振動数計算方法

4.2.1 矩形ダクトの固有振動数計算方法

両端単純支持された矩形ダクトの固有振動数は、引用文献(1)より次式で与えられる。算出に用いる矩形ダクトの断面図を図4-2に示す。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \dots\dots\dots (4.1)$$

ここで、

$$I = \left(\frac{t \cdot b e^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b e^2}{2} \right) \cdot \beta \dots\dots\dots (4.2)$$

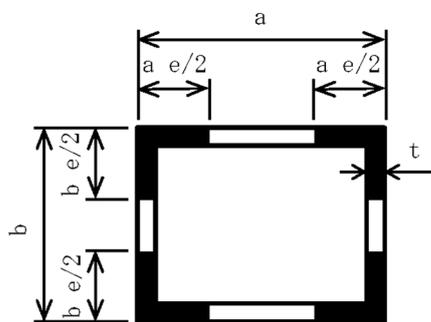


図4-2 矩形ダクトの断面図

4.2.2 円形ダクトの固有振動数計算方法

両端単純支持された円形ダクトの固有振動数は、次式で与えられる。算出に用いる円形ダクトの断面図を図4-3に示す。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \dots\dots\dots (4.3)$$

ここで、

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_2^4 - d_1^4) \dots\dots\dots (4.4)$$

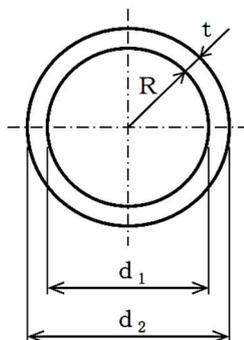


図4-3 円形ダクトの断面図

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

5.1.1 矩形ダクトの構造強度評価方法

矩形ダクトの座屈評価を以下に示す。地震時，両端単純支持された矩形ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \dots\dots\dots (5.1)$$

ここで，設計震度 α は水平震度または鉛直震度の大きい方をダクト短辺寸法に考慮する。なお，鉛直震度の評価では自重も考慮する。また，矩形ダクトの座屈による大変形を防ぐために矩形ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leq M \dots\dots\dots (5.2)$$

(5.1)，(5.2)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \dots\dots\dots (5.3)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \dots\dots\dots (5.4)$$

$$M_T = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y} \cdot \gamma \dots\dots\dots (5.5)$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2} \dots\dots\dots (5.6)$$

5.1.2 円形ダクトの構造強度評価方法

円形ダクトの座屈評価を以下に示す。地震時，両端単純支持された円形ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \dots\dots\dots (5.7)$$

ここで，設計震度 α は水平震度と鉛直震度をベクトル和で組合せ，自重も考慮する。また，円形ダクトの座屈による大変形を防ぐために円形ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leq M \dots\dots\dots (5.8)$$

(5.7), (5.8)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \dots\dots\dots (5.9)$$

ここで,

$$M = S \cdot M_T \dots\dots\dots (5.10)$$

$$M_T = \min(\sigma_{cr}, \sigma_y) \cdot Z \dots\dots\dots (5.11)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{Z} \dots\dots\dots (5.12)$$

$$M_{cr} = \frac{\beta \cdot E \cdot R \cdot t^2}{(1 - \nu^2)} \dots\dots\dots (5.13)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \dots\dots\dots (5.14)$$

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

ダクト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 5-1 に示す。

(2) 許容限界

ダクトの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 に示す。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

ダクトの許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 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	換気設備	中央制御室換気空調系 主配管	S	Non ^{*1}	$D + P_D + M_D + S_d^{* *2}$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1 : クラス 4 管の許容応力状態を適用する。

*2 : 「 $D + P_D + M_D + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容限界

許容応力状態	許容限界
Ⅲ _A S	地震時の加速度及び相対変位に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。 (最大許容ピッチは「5. 構造強度評価」に基づき許容座屈曲げモーメントより算出する。)
Ⅳ _A S	

表 5-3 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	最高使用温度 (°C)	許容応力*1 (MPa)			
			S _m	S _y	S _u	S _h
ダクト	SGCC	40	—	□*2	—	—
ダクト	SPHC	40	—	—	□*3	—
ダクト	SS400	40	—	245	—	—
ダクト	STPG370	40	—	215	—	—

注記*1 : 評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

*2 :

*3 :

5.3 設計用地震力

本計算書において、評価に用いる「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、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。計算に考慮する設計用床応答曲線を表 5-4 に示す。なお減衰定数はVI-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。

ダクトの耐震支持間隔の算出においては、許容値となる許容座屈曲げモーメントの算出に当たり、評価手法上ダクト材の降伏点又は弾性座屈応力を使用するため、基準地震動 S s 評価と弾性設計用地震動 S d 評価に用いる係数、許容値に差異はない。また、発生曲げモーメントの算出に当たっては、弾性設計用地震動 S d 及び静的震度が基準地震動 S s に包絡されるため、弾性設計用地震動 S d 及び静的震度に対する評価結果の記載は省略する。基準地震動 S s と弾性設計用地震動 S d 又は静的震度の比較結果を表 5-5 に示す。

表 5-4 計算に考慮する設計用床応答曲線

建物・構築物	標高(T. M. S. L.) (m)	減衰定数(%)
コントロール建屋	12.3	2.5
	17.3	2.5
	24.1	2.5

表 5-5 基準地震動 S s と弾性設計用地震動 S d 又は静的震度の比較結果

建屋・構築物	設計用地震力	標高 (T. M. S. L.) (m)	震度				
			静的震度及び 1.2ZPA* ¹		設計用床応答曲線* ²		
			水平	鉛直	固有周期 (s)	水平	鉛直
コントロール 建屋	基準地震動 S s	12.3	1.88	1.15		4.85	3.65
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	~ 24.1	0.97	0.58		2.60	1.81

注記*1 : 静的震度又は 1.2ZPA のうち、大きな値を示す。(1.2ZPA : 基準床の設計用最大応答加速度の 1.2 倍の値)

*2 : ダクトの固有振動数が設計用床応答曲線のピーク振動数の $\sqrt{2}$ 倍以上となる固有周期を示し、水平、鉛直震度はそれぞれ当該固有周期よりも短周期側における最大応答値を示す。

6. 耐震支持間隔算定結果

中央制御室換気空調系ダクトの耐震支持間隔は、「2.2 ダクト設計の基本方針」に示す手法1又は手法2から定めており、設計基準対象施設としての各手法による支持間隔を表6-1に示す。この支持間隔以内で支持することにより、耐震性を確保する。

表6-1 中央制御室換気空調系ダクトの耐震支持間隔（設計基準対象施設としての算定結果）

（単位：mm）

ダクト*1 種別	ダクト		板厚	手法1より定まる 支持間隔 ($f_d \geq 20\text{Hz}$)	手法2より定まる 支持間隔*2 ($f_d < 20\text{Hz}$)
	長辺	短辺			
亜鉛めっき鋼板 はぜ折りダクト (SGCC)	420	300	0.8		
	600	600	1.0		
	900	400	1.0		
	1500	1200	1.2		
	1600	1400	1.0		
	1700	1500	1.2		
	1800	750	1.0		
	1800	1200	1.2		
	2100	1200	1.2		
熱間圧延軟鋼板 溶接ダクト (SPHC)	600	600	1.6		
	1600	1400	1.6		
	1800	750	1.6		
鋼板 溶接ダクト (SS400)	550	550	4.5		
	700	700	4.5		
	1700	1700	4.5		
	$\phi 510$		4.5		
	$\phi 1700$		4.5		
鋼管 (STPG370)	$\phi 635.0$		12.7		

注記*1：全て保温有りとして算出。

*2：算定した支持間隔が20Hz以上の場合は、「—」とする。

7. 支持構造物設計の基本方針

7.1 支持構造物の構造及び種類

支持構造物の種類は、形鋼及び角形鋼管を組み合わせた溶接構造を原則とし、その用途に応じて以下に大別する。

- (1) ダクト軸直角の2方向を拘束するもの
- (2) ダクト軸方向及び軸直角の3方向を拘束するもの

図7-1 から図7-3 に支持構造物の代表例を示す。

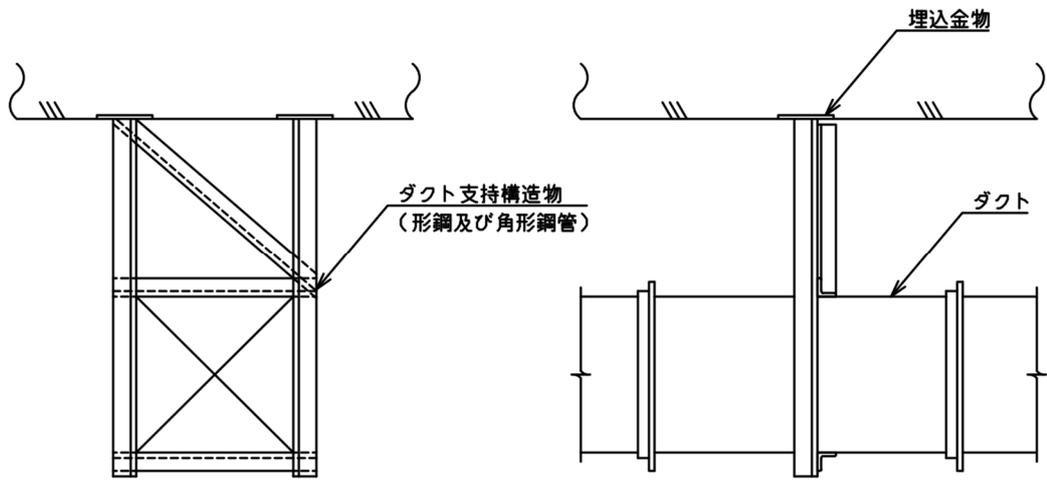


図 7-1 2 方向（軸直角方向）拘束の代表例

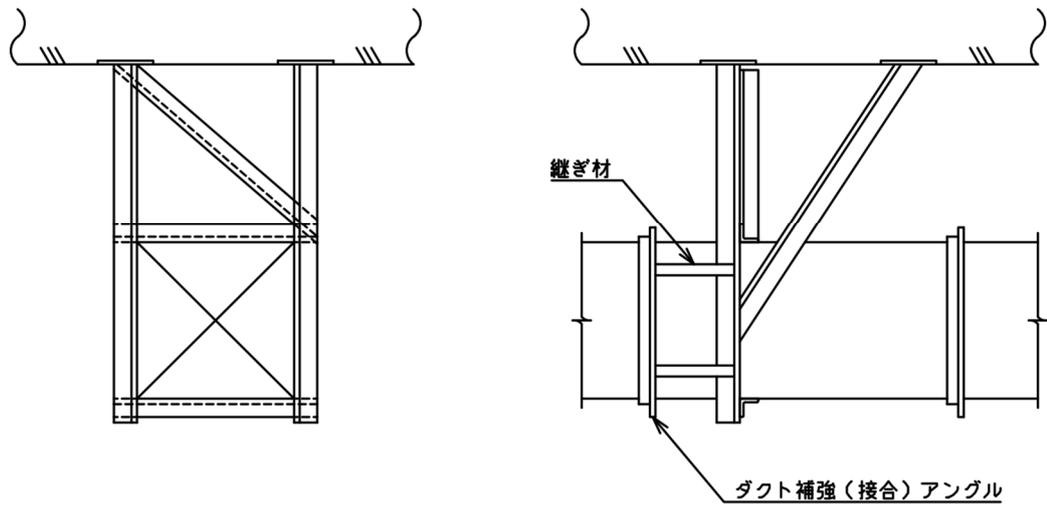


図 7-2 3 方向（軸方向及び軸直角方向）拘束の代表例

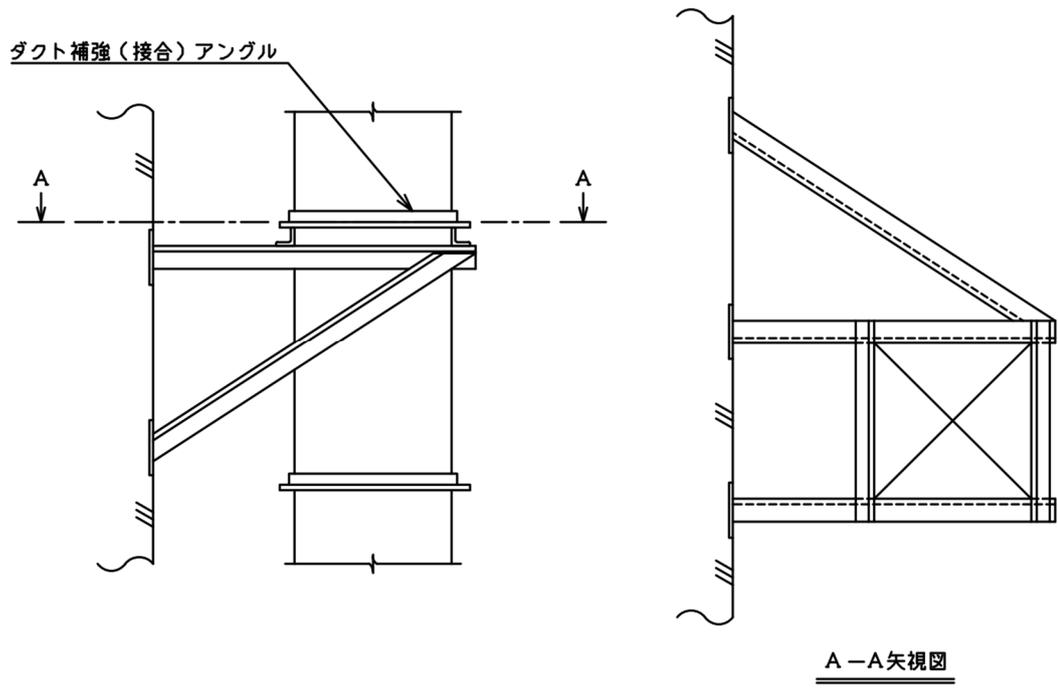


図7-3 垂直ダクトの支持の代表例

7.2 支持構造物の考慮事項

支持構造物の構造は、ダクトより作用する地震荷重に対し十分な強度を有する構造とする。

なお、ダクトの荷重は、隣接する支持構造物の距離より定まる負担割合（ダクト長さ）から求めたダクト重量（ダクトに取付くダンパ等の重量物も考慮する）に地震力（震度）を乗じて算出する。

7.3 支持構造物の耐震性確認

各支持構造物を、種類及び型式ごとに分類し、それぞれ最大の荷重を負担する支持構造物を代表としてその耐震性の確認結果を表 7-1 に示す。

耐震性の確認には、解析コード「SAP-IV」を使用し、解析コード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。

表 7-1 ダクト支持構造物の耐震性確認結果（設計基準対象施設としての評価結果）

支持 構造物 番号	種類	型式*1	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント*2 (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F x	F y	F z	M x	M y	M z			
C3-044	レストレイント	R2	SS400 STKR400	50	0.000	4.076	26.72	—	—	—	一次 応力	48	159
C3-045	レストレイント	R3	SS400 STKR400	50	35.89	2.663	4.354	—	—	—	一次 応力	86	159

注記*1：「R2」はダクト軸直角の2方向を拘束するもの、「R3」はダクト軸方向及び軸直角の3方向を拘束するものを示す。

*2：評価に使用していないモーメントについては「—」と記載する。

8. 引用文献

- (1) 共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究」, 昭和 61 年 3 月

VI-2-8-3-1-1-2 中央制御室送風機，中央制御室排風機及び中央制御室再循環送風機の耐震性についての計算書

まえがき

本書は、設計及び工事計画認可申請書に添付する中央制御室送風機、中央制御室排風機及び中央制御室再循環送風機の耐震計算について説明するものである。

本書は、以下により構成される。

- (1) 中央制御室送風機の耐震性についての計算書
- (2) 中央制御室排風機の耐震性についての計算書
- (3) 中央制御室再循環送風機の耐震性についての計算書

- (1) 中央制御室送風機の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	6
4.1 動的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、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、中央制御室送風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

中央制御室送風機は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、中央制御室送風機は、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室送風機の構造計画を表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	
送風機及び架台は基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式 (遠心直動型ファン)	<p>(軸直角方向)</p> <p>(軸方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

中央制御室送風機の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

中央制御室送風機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 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

中央制御室送風機の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室送風機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 3-3 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【中央制御室送風機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。

表 3-1 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	換気設備	中央制御室送風機	S	—*	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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 3-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—
原動機取付ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記* : SS400 相当

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

中央制御室送風機の動的機能維持評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

中央制御室送風機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ファン	遠心直動型 ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室送風機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動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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室送風機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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		送風機振動 による震度	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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
中央制御室送風機	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3*1	—*2	—*2	C _H =0.87	C _V =0.56	C _H =1.65	C _V =1.12		—	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i} *
基礎ボルト (i=1)							8	2
原動機取付ボルト (i=2)							4	2

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	
基礎ボルト (i=1)	231 (16mm<径≤40mm)	394	231	276	軸直角	軸直角	—
原動機取付ボルト (i=2)	211 (40mm<径)	394	211	253	軸	軸	—

注記*：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

H _p (μm)	N (rpm)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)				
原動機取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
基礎ボルト (i=1)	SS41*2	引張り	$\sigma_{b1}=35$	$f_{ts1}=173^{*1}$	$\sigma_{b1}=91$	$f_{ts1}=207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=133$	$\tau_{b1}=28$	$f_{sb1}=159$
原動機取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=158^{*1}$	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190^{*1}$
		せん断	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記*1: $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

*2: SS400 相当

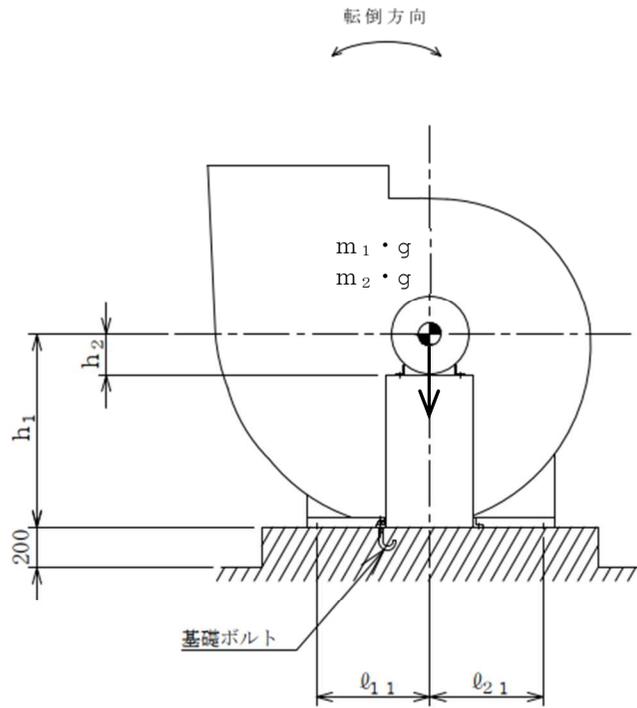
1.4.2 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

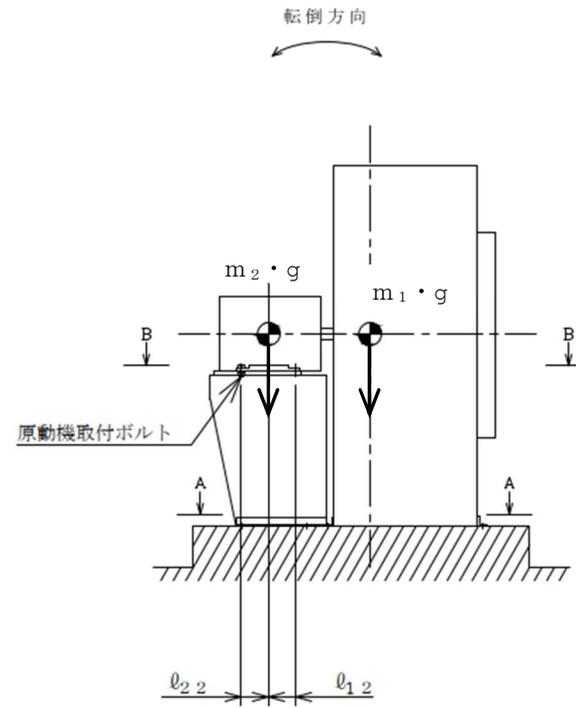
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.37	2.6
	鉛直方向	0.93	1.0
原動機	水平方向	1.37	4.7
	鉛直方向	0.93	1.0

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

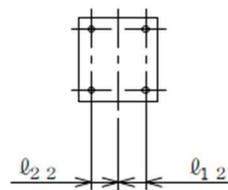


(軸直角方向転倒)

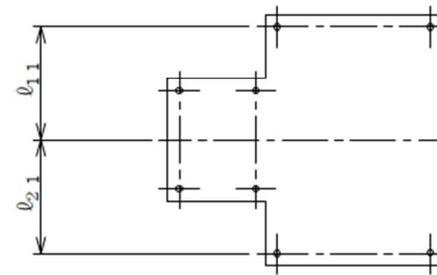


(軸方向転倒)

$(l_{1i} \leq l_{2i})$



B ~ B 矢视图
(原動機取付ボルト)



A ~ A 矢视图
(基礎ボルト)

(2) 中央制御室排風機の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	6
4.1 動的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、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、中央制御室排風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

中央制御室排風機は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、中央制御室排風機は、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室排風機の構造計画を表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	
排風機及び架台は基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式 (遠心直動型ファン)	<p>(軸直角方向)</p> <p>(軸方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

中央制御室排風機の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

中央制御室排風機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 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

中央制御室排風機の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室排風機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 3-3 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【中央制御室排風機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。

表 3-1 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	換気設備	中央制御室排風機	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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 3-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—
原動機取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

注記* : SS400 相当

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

中央制御室排風機の動的機能維持評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

中央制御室排風機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4-1に示す。

表4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ファン	遠心直動型 ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室排風機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動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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室排風機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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		排風機振動 による震度	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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
中央制御室排風機	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3*1	—*2	—*2	C _H =0.87	C _V =0.56	C _H =1.65	C _V =1.12		—	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i} *
基礎ボルト (i=1)							8	2
原動機取付ボルト (i=2)							4	2

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	
基礎ボルト (i=1)	241 (径≤16mm)	394	241	276	軸直角	軸直角	—
原動機取付ボルト (i=2)	231 (16mm<径≤40mm)	394	231	276	軸	軸	—

注記*：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

H _p (μm)	N (rpm)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)				
原動機取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
基礎ボルト (i=1)	SS41*2	引張り	$\sigma_{b1} = 5$	$f_{ts1} = 180^{*1}$	$\sigma_{b1} = 11$	$f_{ts1} = 207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b1} = 2$	$f_{sb1} = 139$	$\tau_{b1} = 3$	$f_{sb1} = 159$
原動機取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2} = 5$	$f_{ts2} = 173^{*1}$	$\sigma_{b2} = 8$	$f_{ts2} = 207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b2} = 3$	$f_{sb2} = 133$	$\tau_{b2} = 5$	$f_{sb2} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記*1: $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

*2: SS400 相当

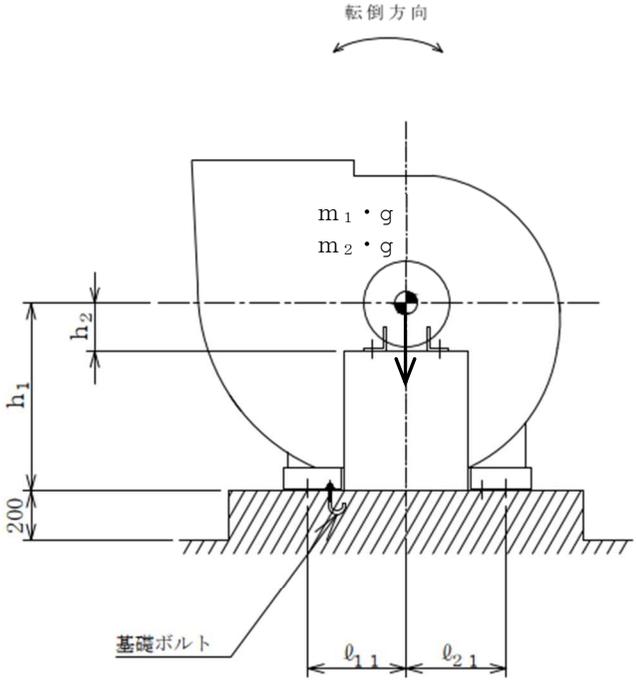
1.4.2 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.37	2.6
	鉛直方向	0.93	1.0
原動機	水平方向	1.37	4.7
	鉛直方向	0.93	1.0

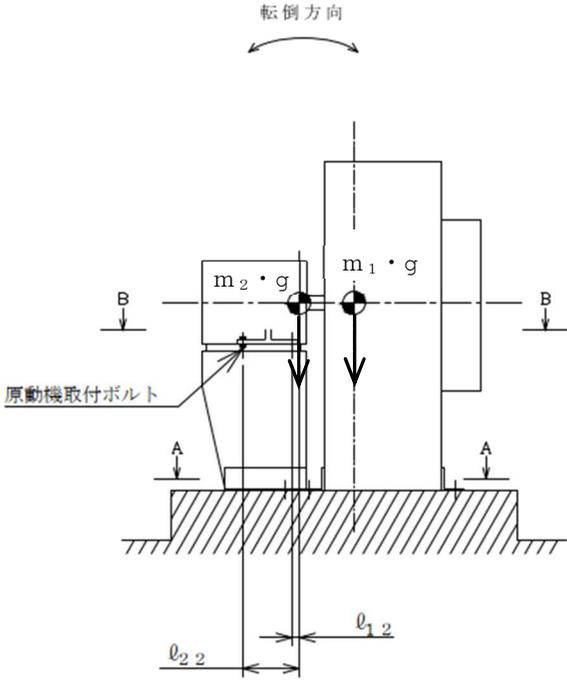
注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

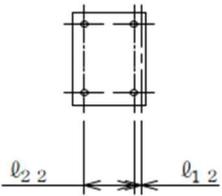


(軸直角方向転倒)

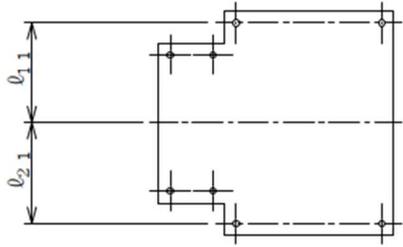
$(l_{11} \leq l_{21})$



(軸方向転倒)



B ~ B 矢視図
(原動機取付ボルト)



A ~ A 矢視図
(基礎ボルト)

(3) 中央制御室再循環送風機の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	6
4.1 動的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、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、中央制御室再循環送風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

中央制御室再循環送風機は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、中央制御室再循環送風機は、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室再循環送風機の構造計画を表 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	
送風機及び架台は基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式 (遠心直動型ファン)	<p>(軸直角方向)</p> <p>(軸方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

中央制御室再循環送風機の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

中央制御室再循環送風機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 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

中央制御室再循環送風機の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室再循環送風機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 3-3 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【中央制御室再循環送風機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。

表 3-1 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	換気設備	中央制御室再循環送風機	S	—*	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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 3-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	SS41* (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—
原動機取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

注記* : SS400 相当

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

中央制御室再循環送風機の動的機能維持評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

中央制御室再循環送風機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4-1に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ファン	遠心直動型 ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室再循環送風機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動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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室再循環送風機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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		送風機振動 による震度	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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
中央制御室 再循環送風機	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 12.3*1	—*2	—*2	C _H =0.80	C _V =0.54	C _H =1.53	C _V =1.09		—	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} * (mm)	l _{2i} * (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i} *
基礎ボルト (i=1)							8	2
原動機取付ボルト (i=2)							4	2

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	
基礎ボルト (i=1)	241 (径≤16mm)	394	241	276	軸	軸	—
原動機取付ボルト (i=2)	231 (16mm<径≤40mm)	394	231	276	軸	軸	—

注記*：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

H _p (μm)	N (rpm)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	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
基礎ボルト (i=1)				
原動機取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(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
基礎ボルト (i=1)	SS41*2	引張り	$\sigma_{b1} = 8$	$f_{ts1} = 180^{*1}$	$\sigma_{b1} = 20$	$f_{ts1} = 207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b1} = 3$	$f_{sb1} = 139$	$\tau_{b1} = 6$	$f_{sb1} = 159$
原動機取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2} = 8$	$f_{ts2} = 173^{*1}$	$\sigma_{b2} = 16$	$f_{ts2} = 207^{*1}$
		せん断	$\tau_{b2} = 5$	$f_{sb2} = 133$	$\tau_{b2} = 10$	$f_{sb2} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記*1: $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

*2: SS400 相当

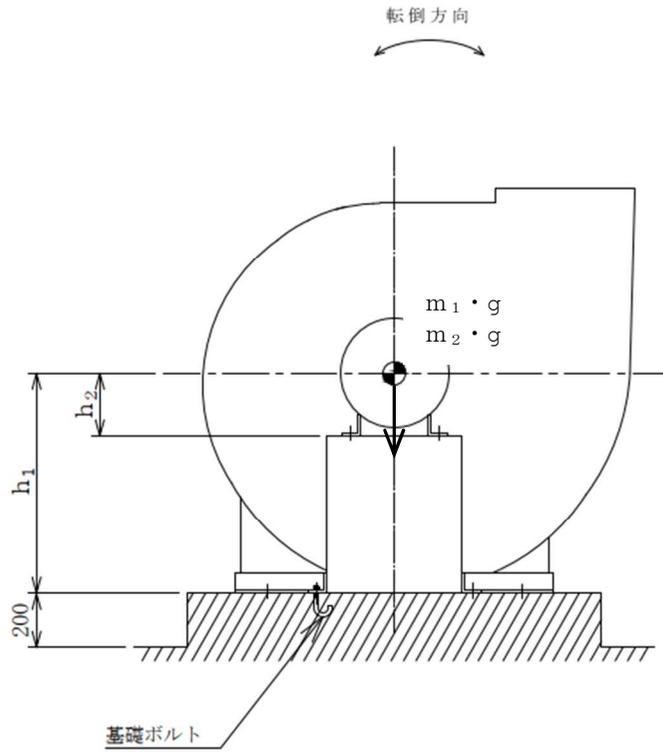
1.4.2 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

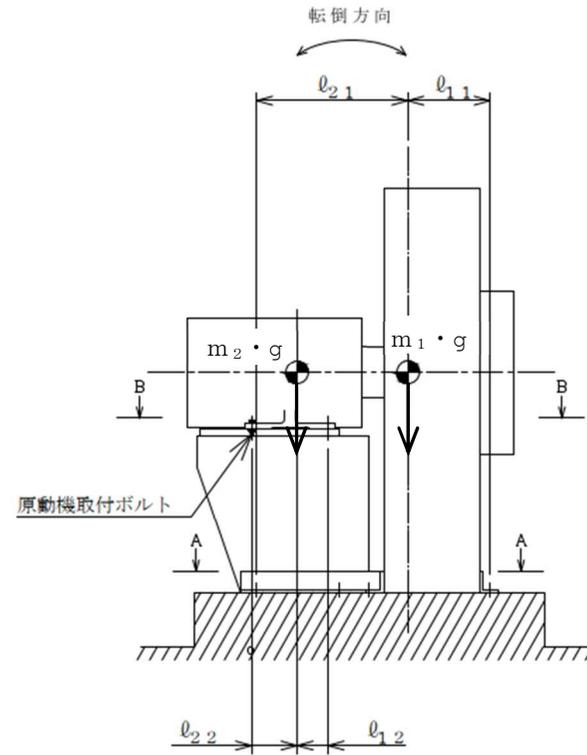
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.27	2.6
	鉛直方向	0.91	1.0
原動機	水平方向	1.27	4.7
	鉛直方向	0.91	1.0

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

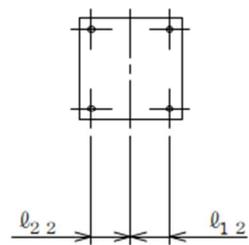


(軸直角方向転倒)

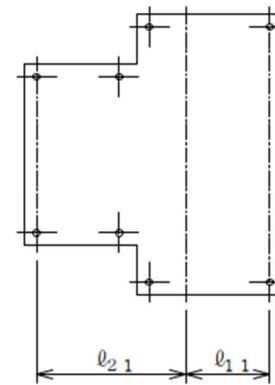


($l_{1i} \leq l_{2i}$)

(軸方向転倒)



B ~ B 矢視図
(原動機取付ボルト)



A ~ A 矢視図
(基礎ボルト)

VI-2-8-3-1-1-3 中央制御室再循環フィルタ装置の耐震性についての計算書

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	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有周期の計算方法	8
4.2 固有周期の計算条件	9
4.3 固有周期の計算結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
5.2.2 許容応力	10
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.4.1 応力の計算方法	15
5.5 計算条件	18
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	18
5.6 応力の評価	18
5.6.1 ボルトの応力評価	18
6. 評価結果	19
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	19

1. 概要

本計算書は、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の設計方針に基づき、中央制御室再循環フィルタ装置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説明するものである。

中央制御室再循環フィルタ装置は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室再循環フィルタ装置の構造計画を表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	
中央制御室再循環フ ィルタ装置は基礎ボ ルトで基礎に据え付 ける。	形鋼骨組及び鋼板 外板による溶接構 造	<p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

中央制御室再循環フィルタ装置の応力評価は、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」にて示す中央制御室再循環フィルタ装置の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて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、「5. 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「6. 評価結果」に示す。

中央制御室再循環フィルタ装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

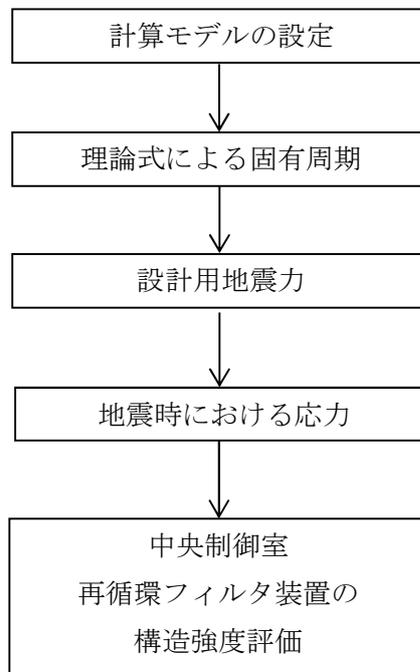


図 2-1 中央制御室再循環フィルタ装置の耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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 _b	ボルトの軸断面積	mm ²
A _e	有効せん断断面積	mm ²
A	断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F [*]	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F _b	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
f _{s b}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
K _H	水平方向ばね定数	N/m
K _V	鉛直方向ばね定数	N/m
l ₁	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l ₂	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	運転時質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	N
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S _y (R T)	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	MPa
T _H	水平方向固有周期	s
T _V	鉛直方向固有周期	s
π	円周率	—
σ _b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ _b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記* : $l_1 \leq l_2$

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

中央制御室再循環フィルタ装置の耐震評価は、「5.1 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基礎ボルトについて実施する。中央制御室再循環フィルタ装置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. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

中央制御室再循環フィルタ装置の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. 中央制御室再循環フィルタ装置の質量は重心に集中するものとする。
- b. 中央制御室再循環フィルタ装置は基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。
- c. 中央制御室再循環フィルタ装置をはりと考え，変形モードは曲げ及びびせん断変形を考慮する。
- d. 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

中央制御室再循環フィルタ装置は，図4-1に示す下端固定の1質点系振動モデルとして考える。

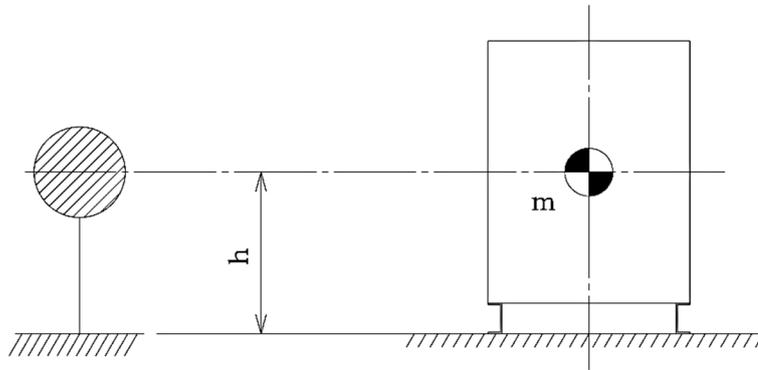


図4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

曲げ及びびせん断変形によるばね定数 K_H は次式で求める。

$$K_H = \frac{1000}{\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{G \cdot Ae}} \dots \dots \dots (4.1.1)$$

したがって，固有周期 T_H は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_H}} \dots \dots \dots (4.1.2)$$

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数 K_v は次式で求める。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{h}{E \cdot A}} \dots \dots \dots (4.1.3)$$

したがって、固有周期 T_v は次式で求める。

$$T_v = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_v}} \dots \dots \dots (4.1.4)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【中央制御室再循環フィルタ装置の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 に示す。計算の結果、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 4-1 固有周期 (単位: s)

水平	
鉛直	

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1項a.～d.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は中央制御室再循環フィルタ装置に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 転倒方向は図5-1, 図5-2における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

中央制御室再循環フィルタ装置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5-1に示す。

5.2.2 許容応力

中央制御室再循環フィルタ装置の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室再循環フィルタ装置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5-3に示す。

表 5-1 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	換気設備	中央制御室 再循環フィルタ装置	S	—*	$D + P_D + M_D + S d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢA S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
ⅣA S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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 5-3 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度	50	241	394	—
基礎ボルト	SS41* (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表5-4に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、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 5-4 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 _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	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
コントロール建屋 T. M. S. L. 12.3*			C _H =0.80	C _V =0.54	C _H =1.53	C _V =1.09

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

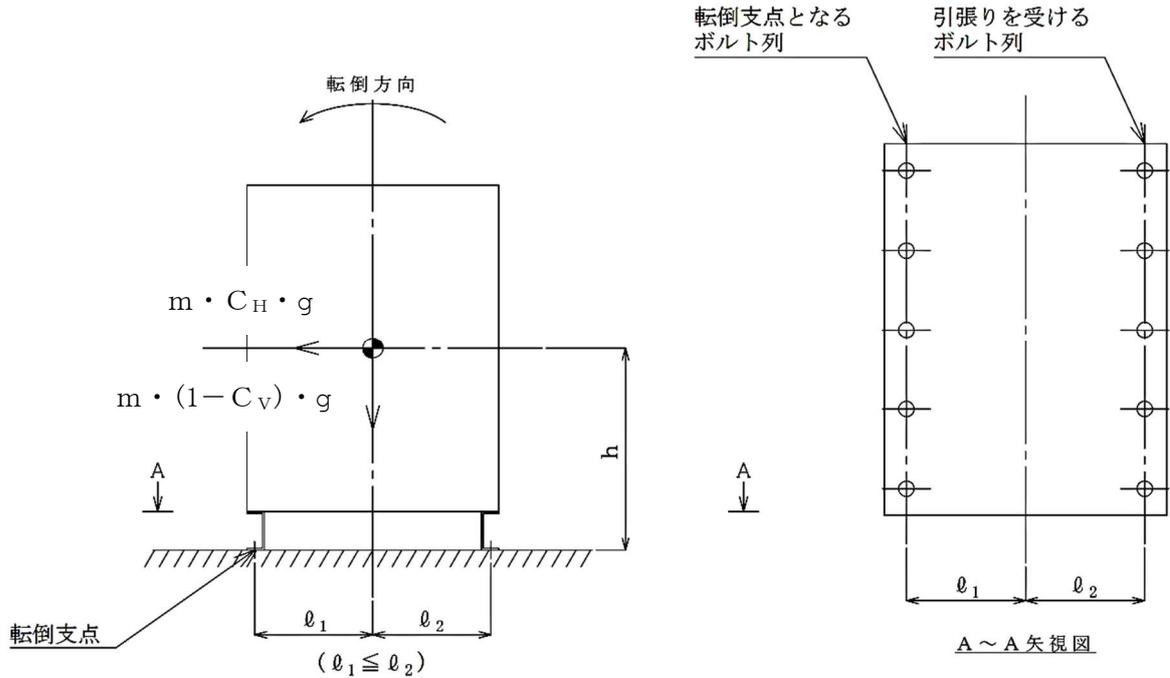


図 5-1(1) 計算モデル (短辺方向転倒-1 ($1 - C_v \geq 0$) の場合)

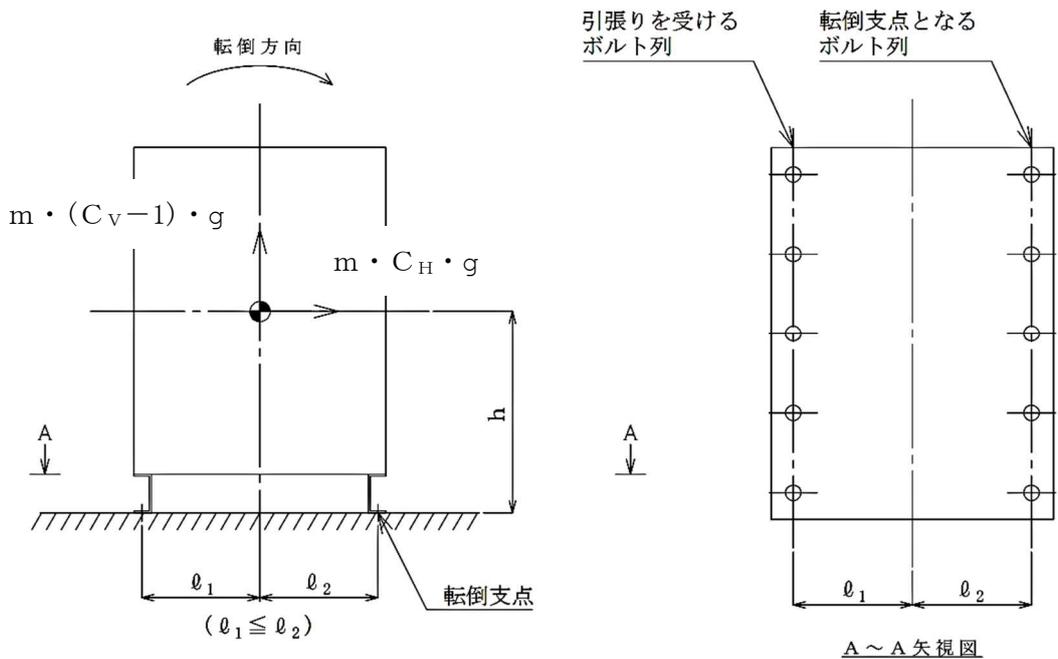


図 5-1(2) 計算モデル (短辺方向転倒-2 ($1 - C_v < 0$) の場合)

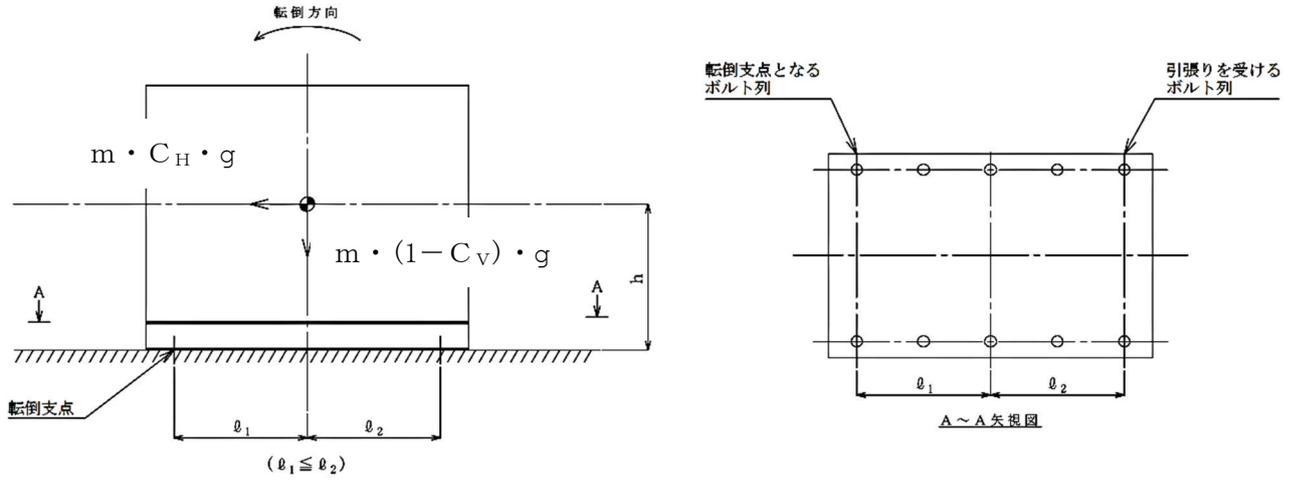


図5-2(1) 計算モデル (長辺方向転倒-1 $(1 - C_v) \geq 0$ の場合)

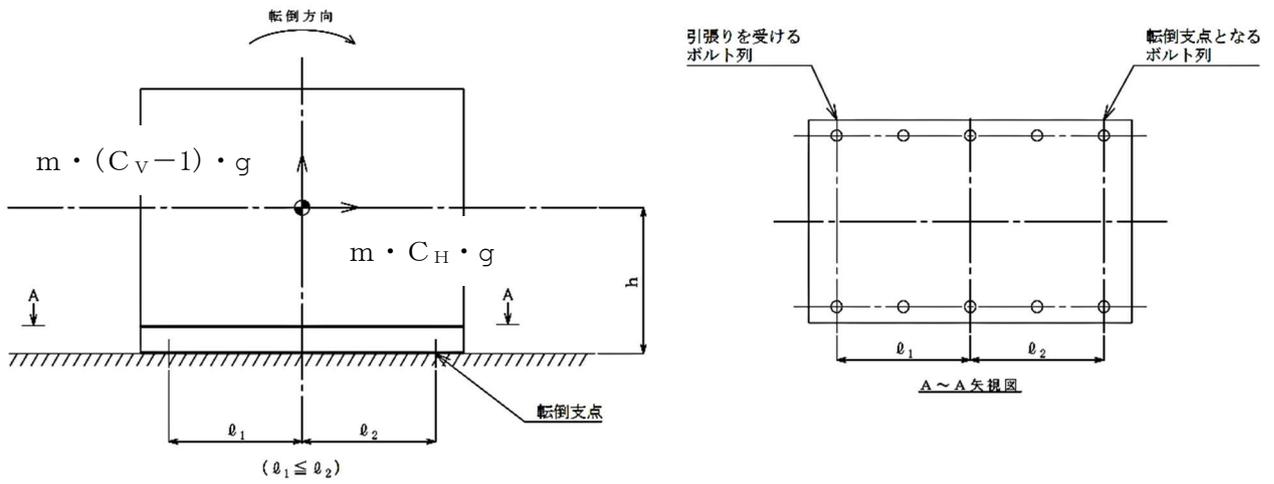


図5-2(2) 計算モデル (長辺方向転倒-2 $(1 - C_v) < 0$ の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 及び図 5-2 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図 5-1(1) 及び 5-2(1) の場合の引張力

$$F_b = \frac{C_H \cdot m \cdot g \cdot h - (1 - C_V) \cdot m \cdot g \cdot \ell_1}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図 5-1(2) 及び 5-2(2) の場合の引張力

$$F_b = \frac{C_H \cdot m \cdot g \cdot h - (1 - C_V) \cdot m \cdot g \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.3)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.4)$$

ただし、 F_b が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = C_H \cdot m \cdot g \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots \dots \dots (5.4.1.1.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【中央制御室再循環フィルタ装置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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4 項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける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。

	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
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室再循環フィルタ装置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。

【中央制御室再循環フィルタ装置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 d 又は静的震度		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	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
中央制御室再循環フィルタ装置	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 12.3*			C _H =0.80	C _V =0.54	C _H =1.53	C _V =1.09	—	50

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	ℓ ₁ * (mm)	ℓ ₂ * (mm)	n	n _f *
基礎ボルト						10	5 2

部材	A _b (mm ²)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト		241 (径≦16mm)	394	241	276	短辺	短辺

E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	A _e (mm ²)	A (mm ²)

注記*：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	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
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2 ボルトの応力

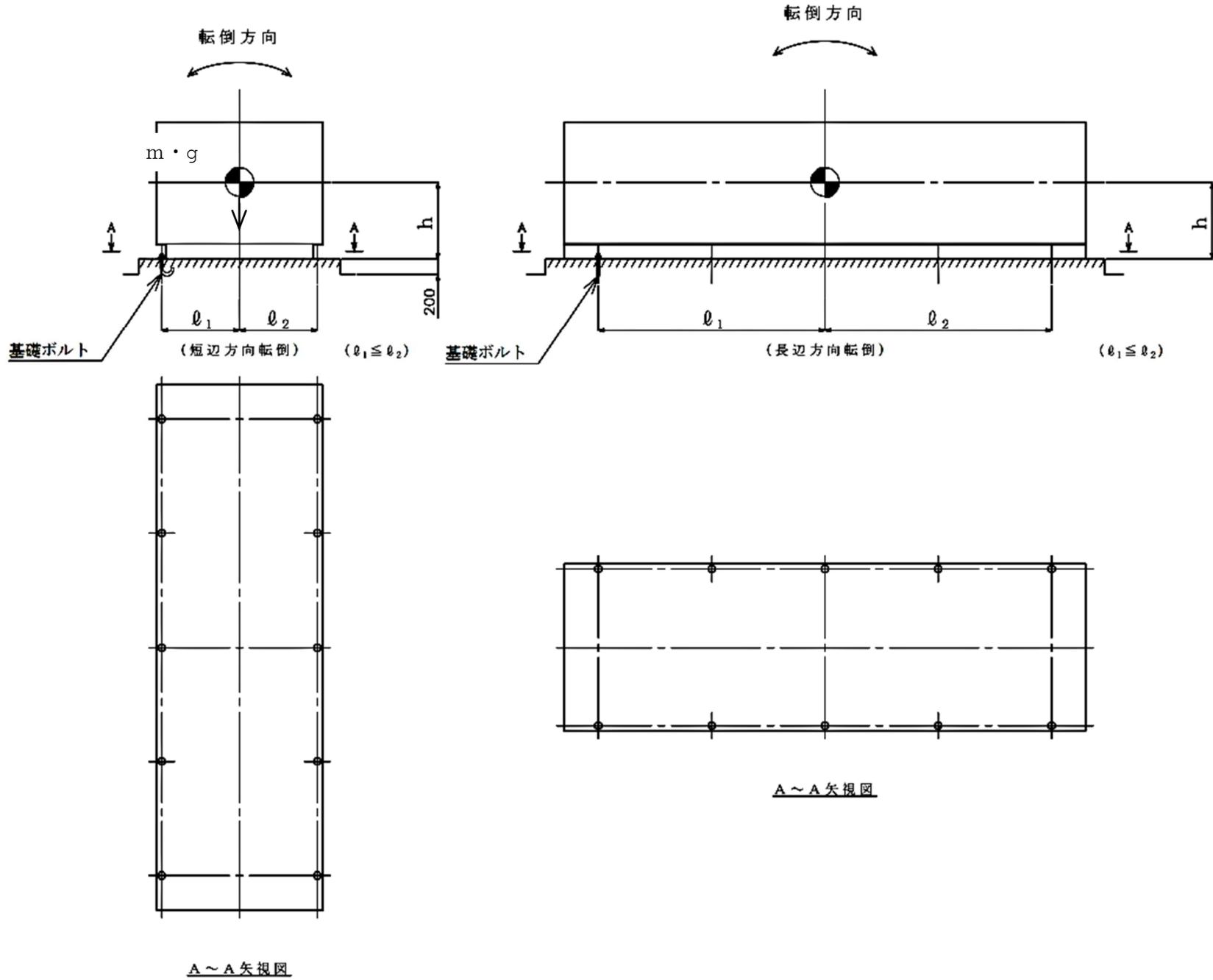
(単位：MPa)

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
基礎ボルト	SS41*2	引張り	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 180^{*1}$	$\sigma_b = 44$	$f_{ts} = 207^{*1}$
		せん断	$\tau_b = 23$	$f_{sb} = 139$	$\tau_b = 44$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記*1： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

*2：SS400 相当



VI-2-8-3-1-2 中央制御室待避室陽圧化換気空調系

VI-2-8-3-1-2-1 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の耐震性が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第50条に適合することを説明するものである。

中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-2-8-3-1-2-1「管の耐震性についての計算書」による。

VI-2-8-3-2 緊急時対策所換気空調系

VI-2-8-3-2-1 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である緊急時対策所換気空調系の管の耐震性が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第50条に適合することを説明するものである。

緊急時対策所換気空調系の管の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-2-8-3-2-1「管の耐震性についての計算書」による。

VI-2-8-4 生体遮蔽装置の耐震性についての計算書

VI-2-8-4-1 二次遮蔽壁の耐震性についての計算書

添付書類「VI-2-8-4-1 二次遮蔽壁の耐震性についての計算書」は、添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書」に倣うものとする。

VI-2-8-4-2 補助遮蔽の耐震性についての計算書

添付書類「VI-2-8-4-2 補助遮蔽の耐震性についての計算書」は、添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉区域（二次格納施設）の耐震性についての計算書」に倣うものとする。

VI-2-8-4-3 中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第38条において設置することが要求されている中央制御室について、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものである。

中央制御室遮蔽の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-8-4-3「中央制御室遮蔽の耐震性についての計算書」による。

VI-2-8-4-4 中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、炉心の著しい損傷後の格納容器圧力逃がし装置を作動させる場合に放出される放射性雲通過時において、中央制御室待避室にとどまる運転員の被ばくを低減するために設置する中央制御室待避室遮蔽（常設）（以下「中央制御室待避室遮蔽」という。）についてVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

中央制御室待避室遮蔽の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-8-4-4「中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書」による。

VI-2-8-4-5 緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、重大事故等が発生した場合において、5号機原子炉建屋内緊急時対策所（「7号機設備,6,7号機共用,5号機に設置」）（以下「緊急時対策所」という。）にとどまる要員の被ばくを低減するために設置する5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）遮蔽,5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）遮蔽及び5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）室内遮蔽（以下「緊急時対策所遮蔽」という。）について、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策所遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

緊急時対策所遮蔽の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-2-8-4-5「緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書」による。

VI-2-8-4-6 フィルタベント遮蔽壁の耐震性についての計算書

添付書類「VI-2-8-4-6 フィルタベント遮蔽壁の耐震性についての計算書」は、添付書類「VI-2-2-14 格納容器圧力逃がし装置基礎の耐震性についての計算書」に倣うものとする。

VI-2-8-4-7 配管遮蔽の耐震性についての計算書

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	5
2.3	適用規格・基準等	6
2.4	記号の説明	7
2.5	計算精度と数値の丸め方	9
3.	評価部位	10
4.	地震応答解析及び構造強度評価	19
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	19
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	19
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	19
4.2.2	許容応力	19
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	19
4.3	解析モデル及び諸元	23
4.4	固有周期	34
4.5	設計用地震力	35
4.6	計算方法	36
4.6.1	架台	36
4.6.2	基礎ボルト	39
4.7	計算条件	43
4.8	応力の評価	43
4.8.1	架台の応力評価	43
4.8.2	基礎ボルトの応力評価	44
5.	評価結果	45
5.1	重大事故等対処設備としての評価結果	45

1. 概要

本計算書は、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の設計方針に基づき、配管遮蔽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説明するものである。

配管遮蔽は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

配管遮蔽の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1(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>配管遮蔽の遮蔽板は溶接で架台に固定され、架台は十分剛な原子炉建屋及びフィルタベント遮蔽壁に基礎ボルトにより固定される。 配管遮蔽（その1）はフィルタベント遮蔽壁に、配管遮蔽（その2）から（その7）は原子炉建屋に支持される。</p>	<p>遮蔽板（鋼製） 架台</p>	<p style="text-align: center;">(単位 mm)</p> <p style="text-align: center;">配管遮蔽 (南面全体図)</p>

表 2-1(2) 構造計画

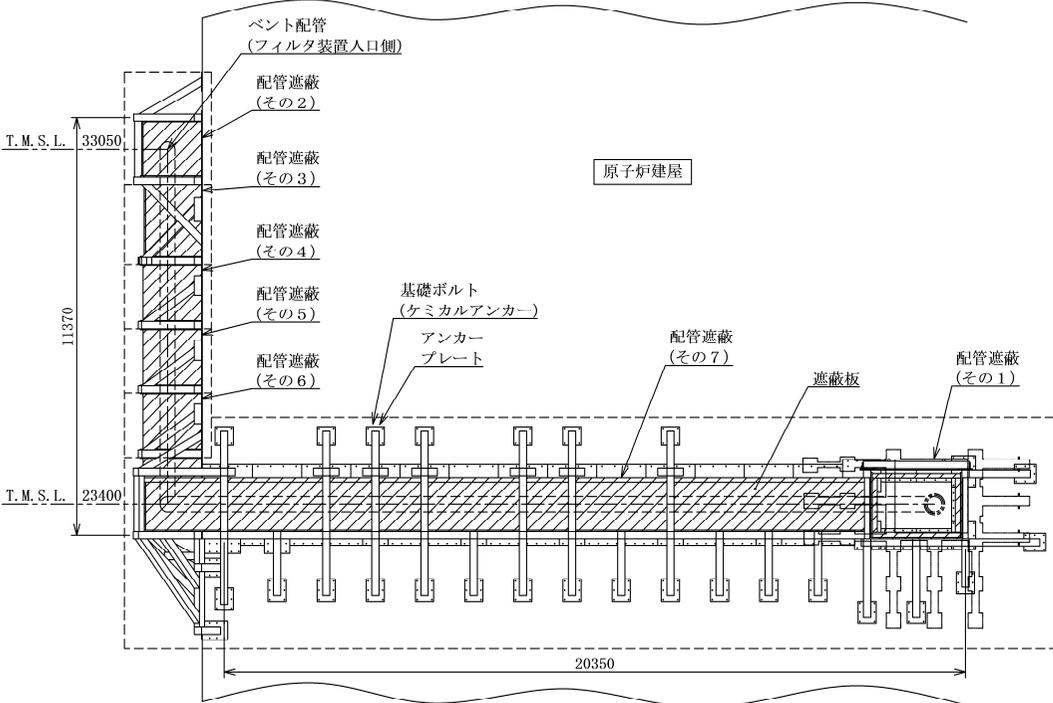
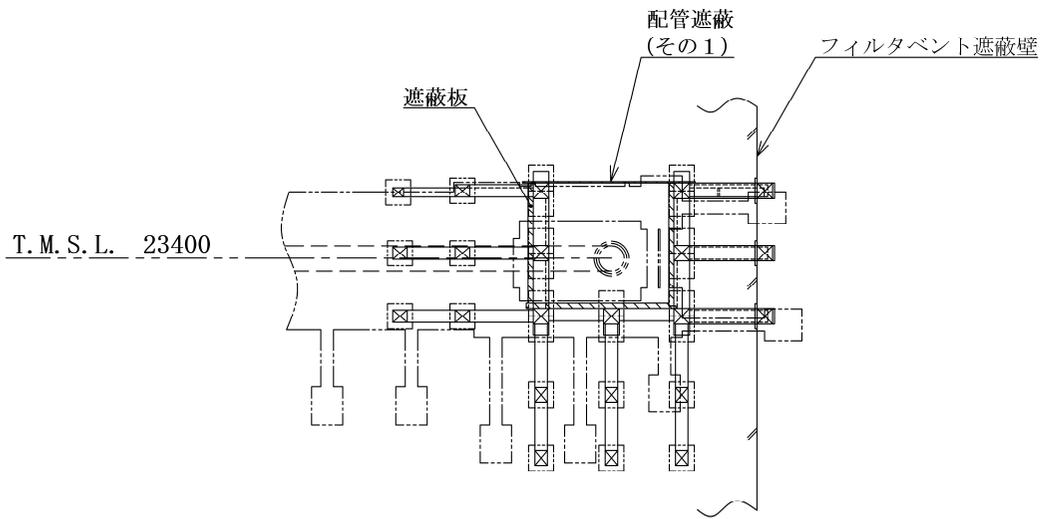
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>配管遮蔽の遮蔽板は溶接で架台に固定され、架台は十分剛な原子炉建屋及びフィルタベント遮蔽壁に基礎ボルトにより固定される。配管遮蔽（その1）はフィルタベント遮蔽壁に、配管遮蔽（その2）から（その7）は原子炉建屋に支持される。</p>	<p>遮蔽板（鋼製） 架台</p>	 <p style="text-align: right;">(単位 mm)</p> <p style="text-align: center;">配管遮蔽 (東面全体図)</p>

表 2-1(3) 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>配管遮蔽の遮蔽板は溶接で架台に固定され、架台は十分剛な原子炉建屋及びフィルタベント遮蔽壁に基礎ボルトにより固定される。 配管遮蔽（その1）はフィルタベント遮蔽壁に、配管遮蔽（その2）から（その7）は原子炉建屋に支持される。</p>	<p>遮蔽板（鋼製） 架台</p>	 <p style="text-align: right;">(単位 mm)</p> <p style="text-align: center;">配管遮蔽 (フィルタベント遮蔽壁全体図)</p>

2.2 評価方針

配管遮蔽の応力評価は、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」にて示す配管遮蔽の部位を踏まえ「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。

配管遮蔽の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

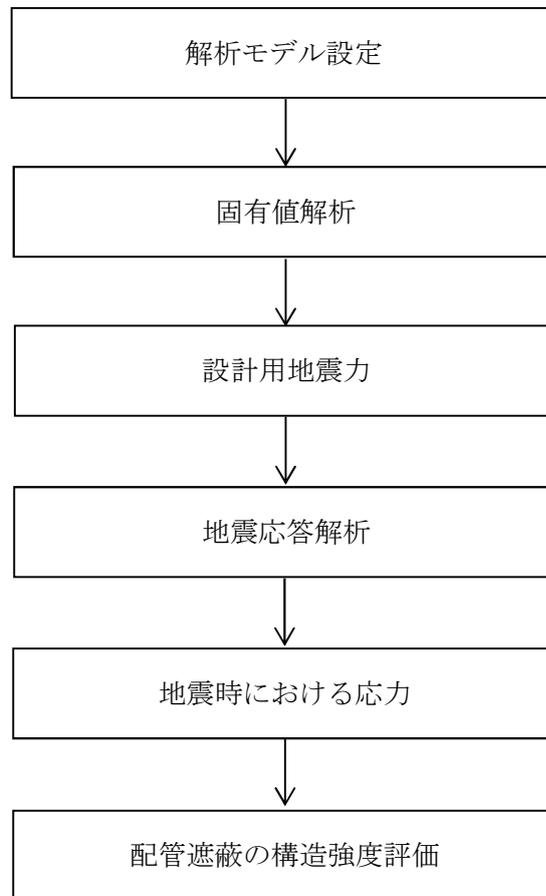


図 2-1 配管遮蔽の耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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	架台の断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
A _y	架台鋼材の y 軸方向有効せん断断面積	mm ²
A _z	架台鋼材の z 軸方向有効せん断断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d _o	基礎ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F _b	基礎ボルトに作用する引張力	N
F _x	架台の軸力 (x 方向)	N
F _y	架台のせん断力 (y 方向)	N
F _z	架台のせん断力 (z 方向)	N
f _b	架台の許容曲げ応力	MPa
f _c	架台の許容圧縮応力	MPa
f _s	架台の許容せん断応力	MPa
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f _t	架台の許容引張応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
I _p	架台鋼材の極断面二次モーメント	mm ⁴
I _y	架台鋼材の y 軸方向断面二次モーメント	mm ⁴
I _x	架台鋼材の x 軸方向断面二次モーメント	mm ⁴
i	座標軸についての断面二次半径	mm
l _k	座屈長さ	mm
M _x	架台に作用するモーメント (x 軸周り)	N・m
M _y	架台に作用するモーメント (y 軸周り)	N・m
M _z	架台に作用するモーメント (z 軸周り)	N・m
m	配管遮蔽解析モデルの各節点の付加質量の合計(系の質量)	kg
n	基礎ボルトの本数	—
P _{1max}	M _y による基礎ボルトにかかるアンカープレート内最大引張力	N
P _{2max}	M _z による基礎ボルトにかかるアンカープレート内最大引張力	N
Q _{max}	M _x による基礎ボルトにかかるアンカープレート内最大せん断力	N
Q _b	基礎ボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
r_j	各基礎ボルトからアンカープレート中心までの長さ	mm
r_{max}	各基礎ボルトからアンカープレート中心までの長さが最大となる値	mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	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	MPa
X, Y, Z	絶対(節点)座標軸	—
x, y, z	局所(要素)座標軸	—
y_j	各基礎ボルトからアンカープレート中心までの y 方向長さ	mm
y_{max}	各基礎ボルトからアンカープレート中心までの y 方向長さが最大となる値	mm
Z_p	架台のねじり断面係数	mm ³
Z_y	架台の y 軸周り断面係数	mm ³
Z_z	架台の z 軸周り断面係数	mm ³
z_j	各基礎ボルトからアンカープレート中心までの z 方向長さ	mm
z_{max}	各基礎ボルトからアンカープレート中心までの z 方向長さが最大となる値	mm
Λ	架台の限界細長比	—
λ	架台の有効細長比	—
ν	ポアソン比	—
ν'	座屈に対する安全率	—
π	円周率	—
σ_b	架台に生じる曲げ応力	MPa
σ_c	架台に生じる圧縮応力	MPa
σ_f	架台に生じる組合せ応力	MPa
σ_{fa}	架台に生じる引張応力又は圧縮応力と曲げ応力の和	MPa
σ_t	架台に生じる引張応力	MPa
σ_{tb}	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
τ	架台に生じるせん断応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

2.5 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2-2に示すとおりとする。

表2-2 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 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*3}	四捨五入 小数点以下第1位 ^{*2}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目 ^{*5}	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4,5}
力	N	有効数字5桁目 ^{*5}	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4,5}
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*6}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*5：べき数表示でない場合は、小数点以下第一位表示とする。

*6：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の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

配管遮蔽の耐震評価は、「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架台及び基礎ボルトについて実施する。配管遮蔽の耐震評価部位については、図3-1から図3-7に示す。

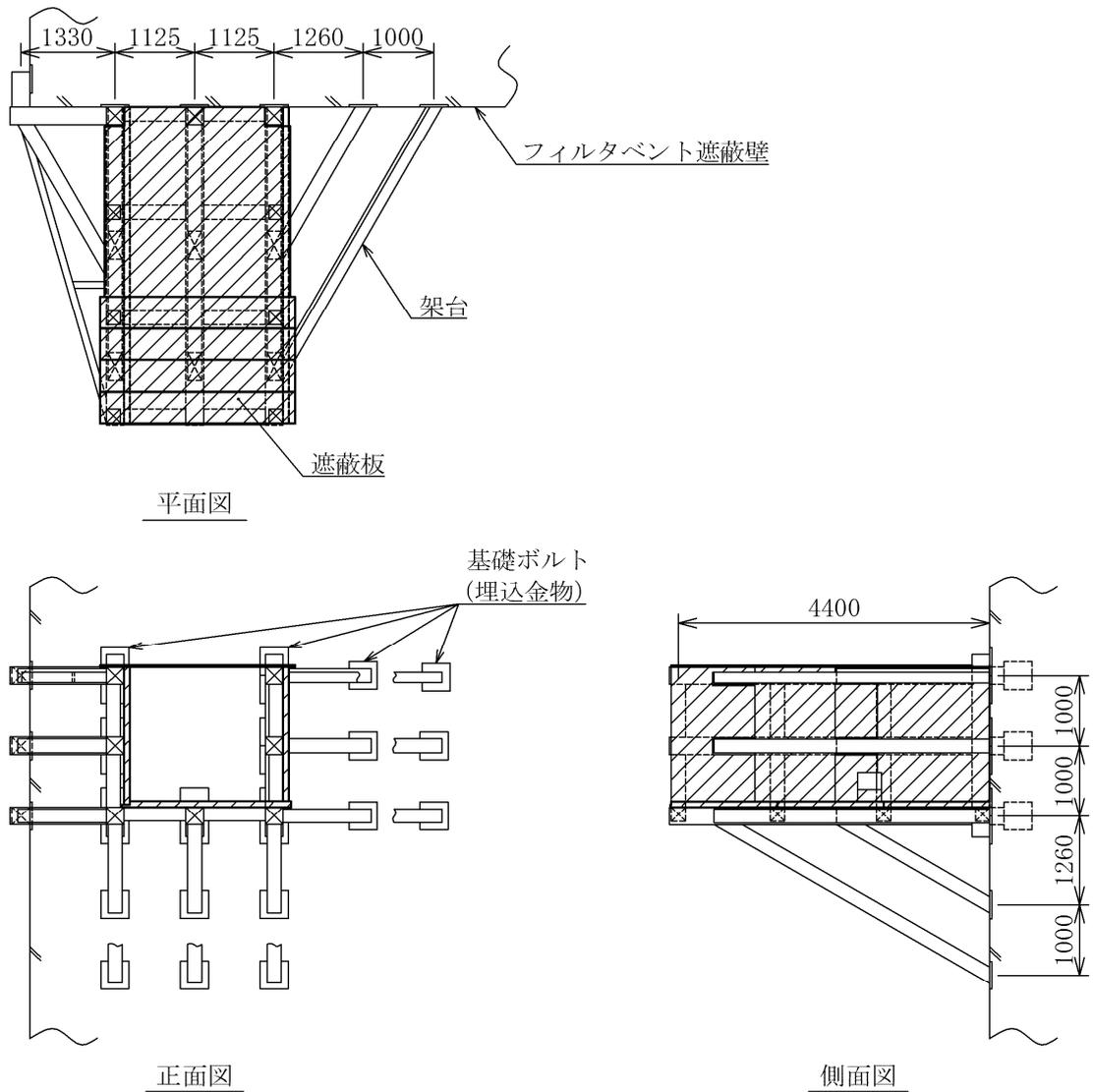


図3-1 配管遮蔽 (その1)

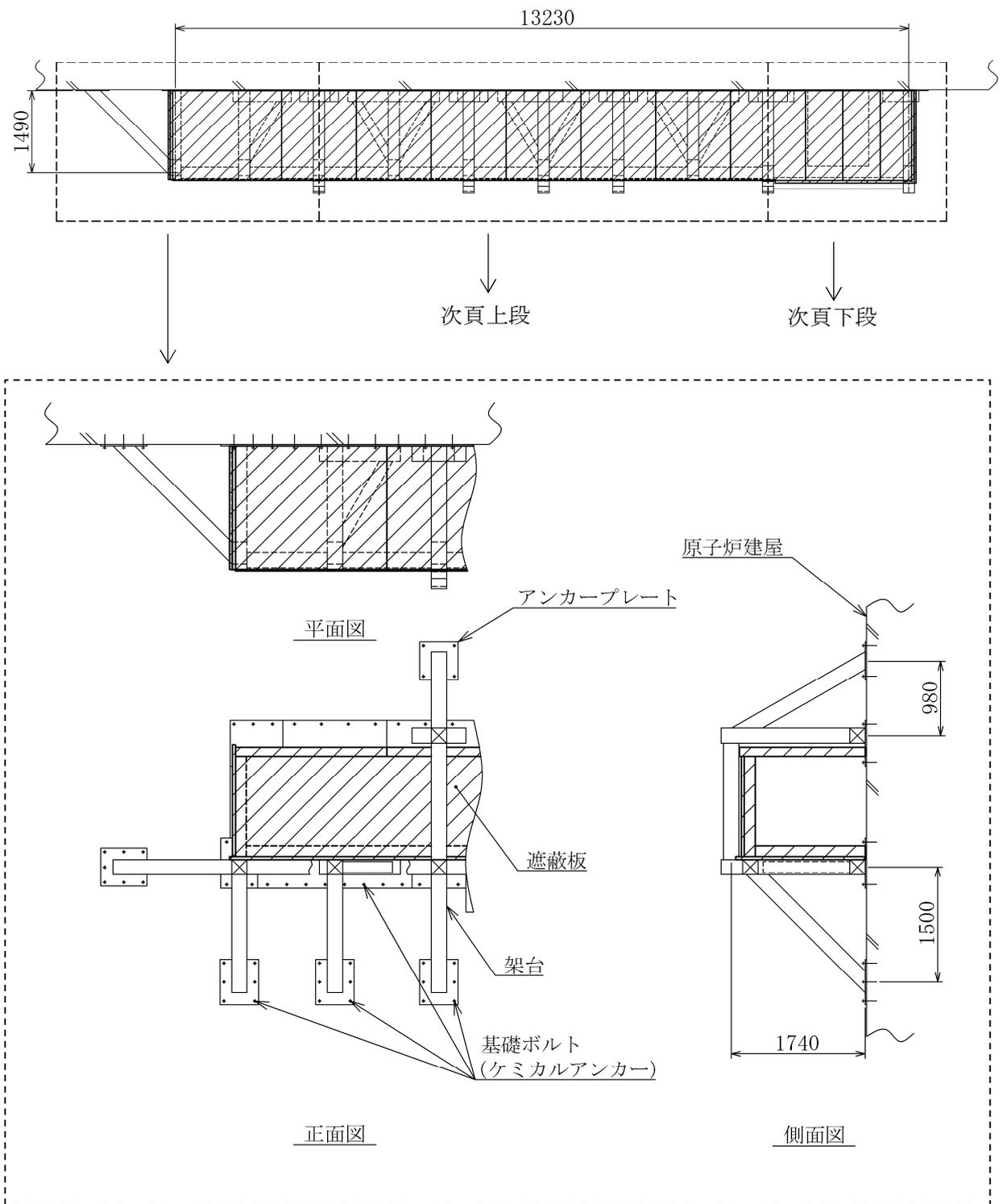


図 3-2 (1) 配管遮蔽 (その 2)

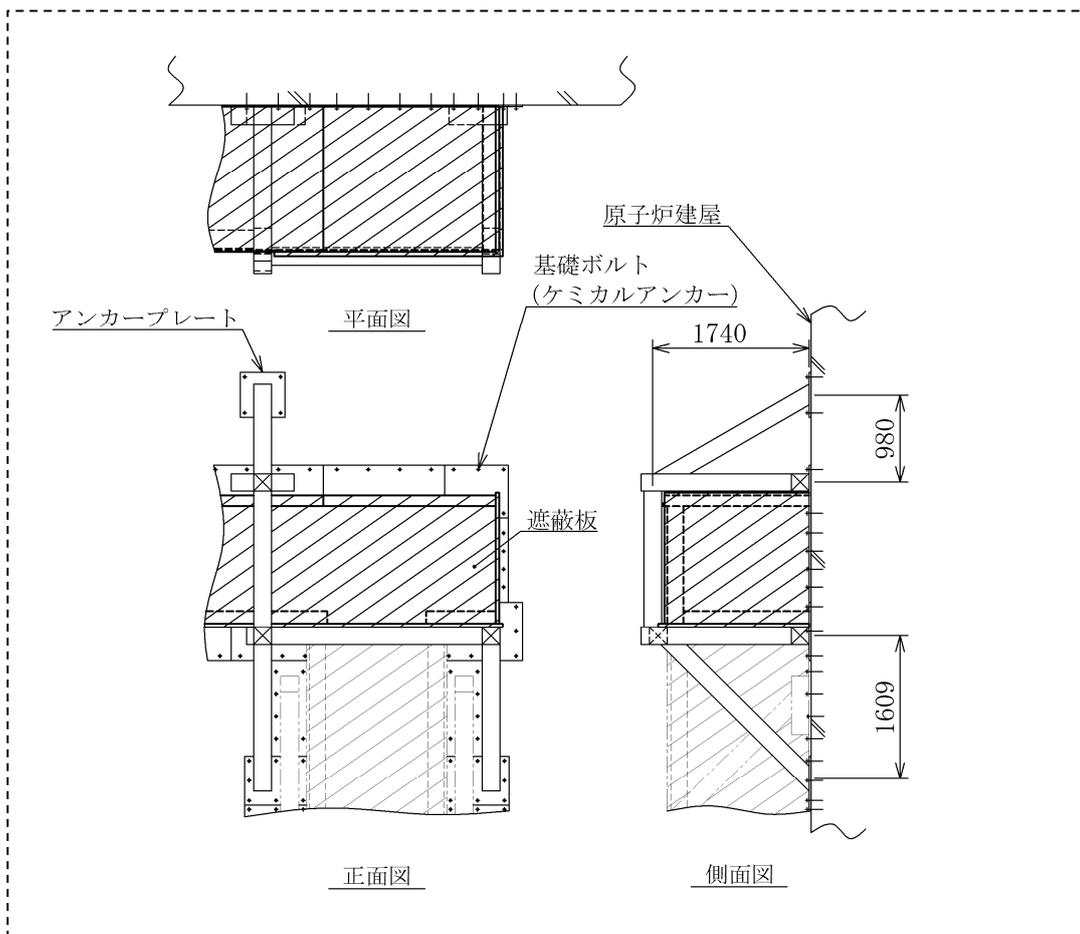
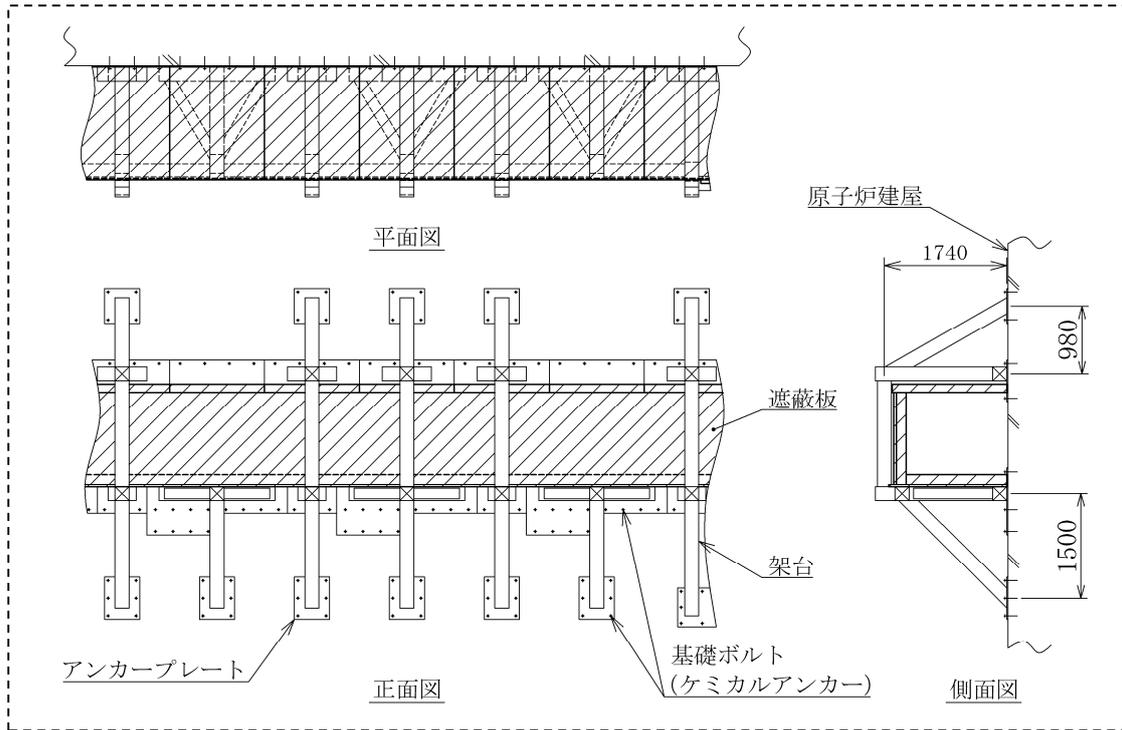


図 3-2 (2) 配管遮蔽 (その 2)

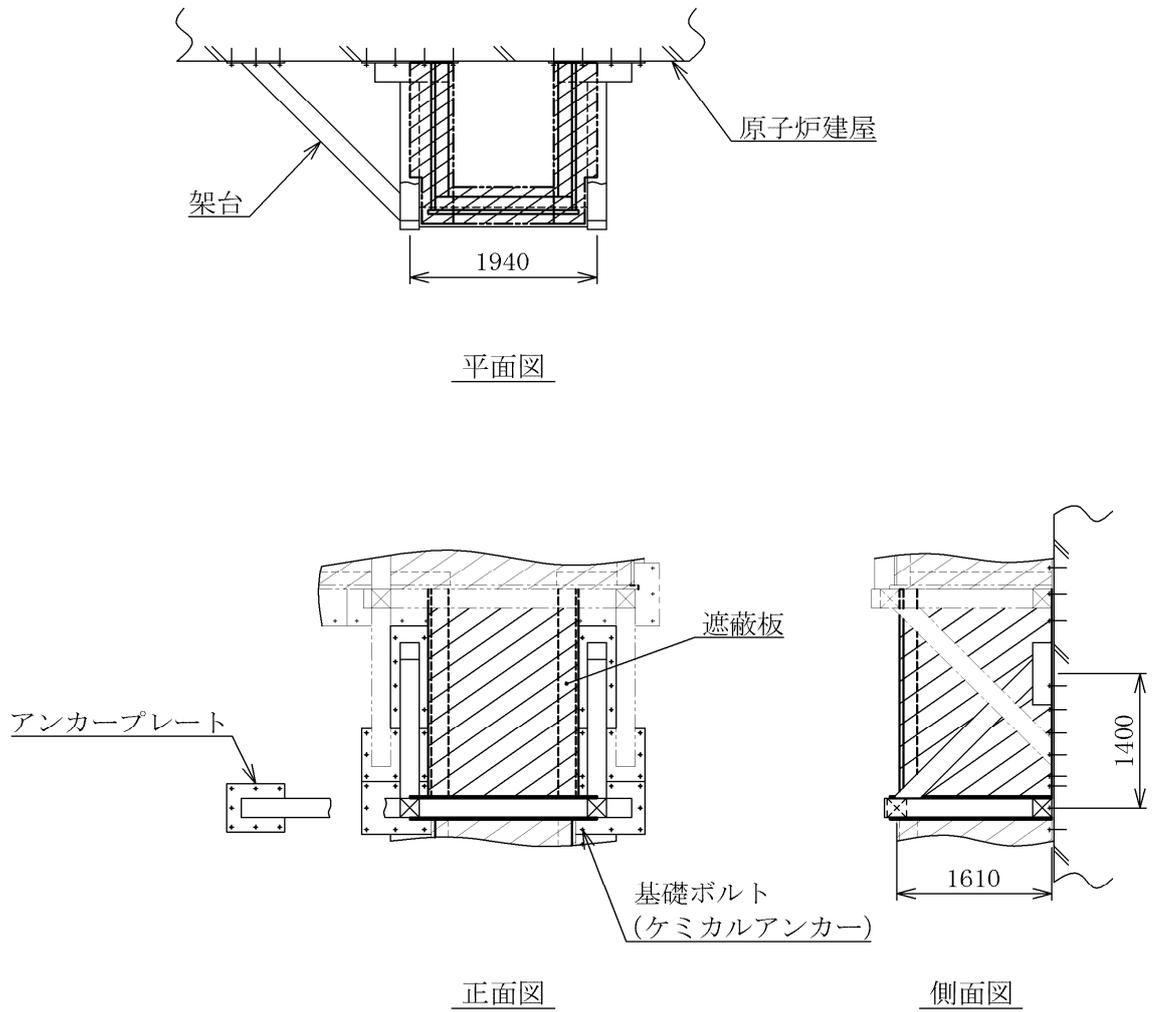


図 3-3 配管遮蔽 (その 3)

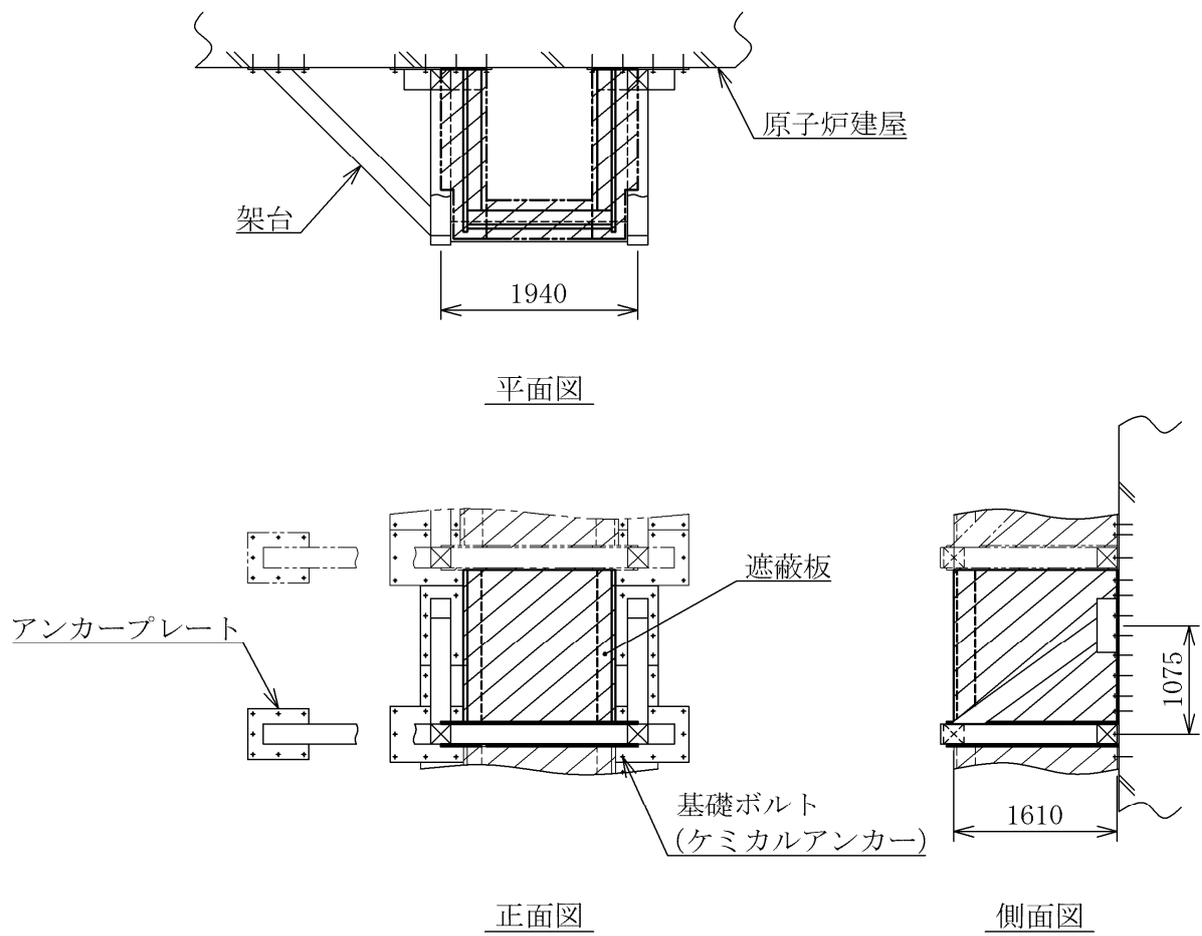


図 3-4 配管遮蔽 (その 4)

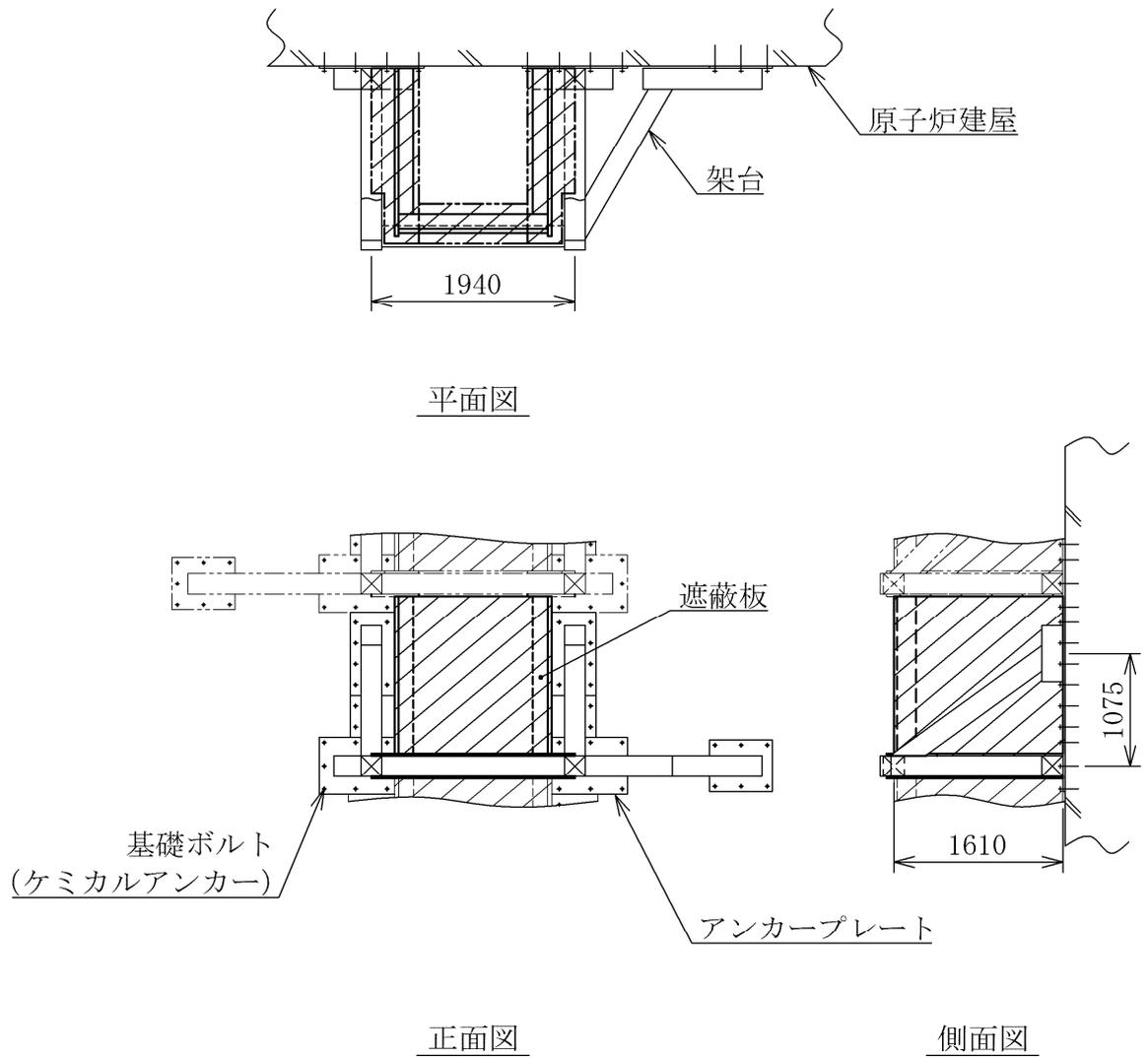
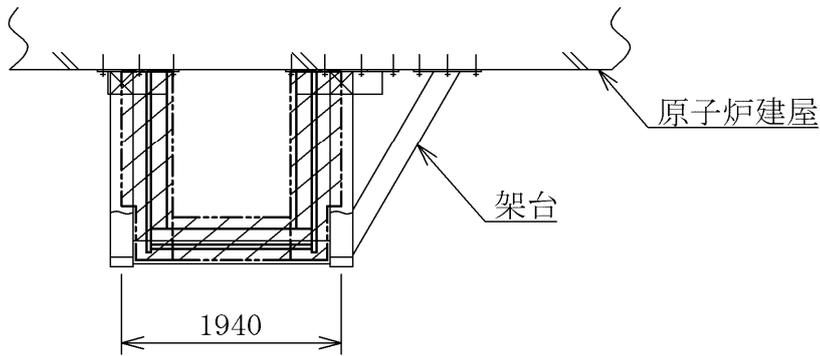
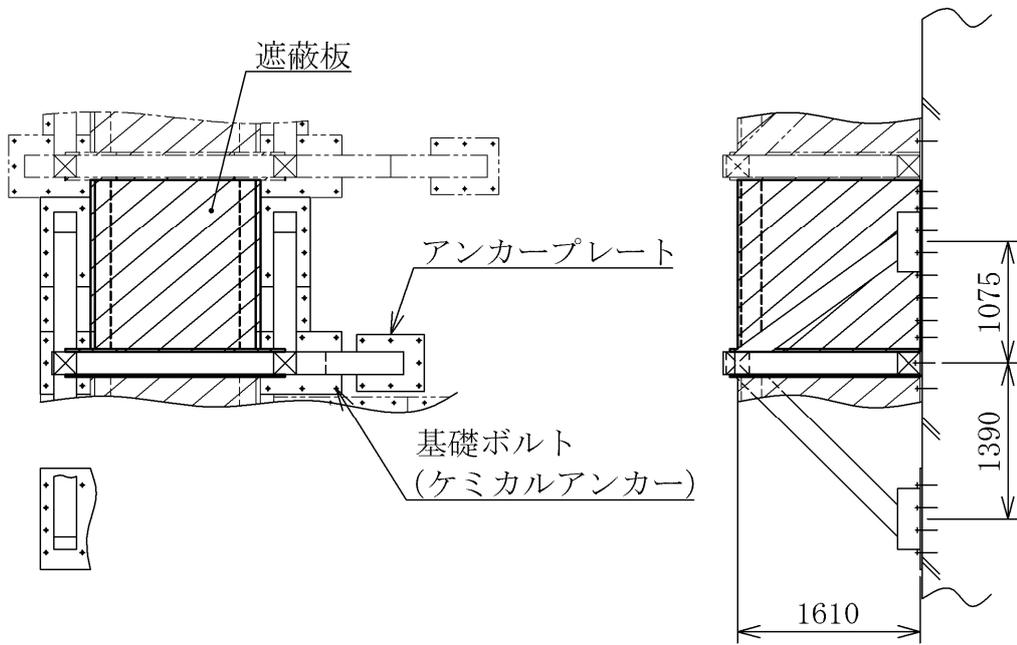


図 3-5 配管遮蔽 (その 5)



平面図



正面図

側面図

図 3-6 配管遮蔽 (その 6)

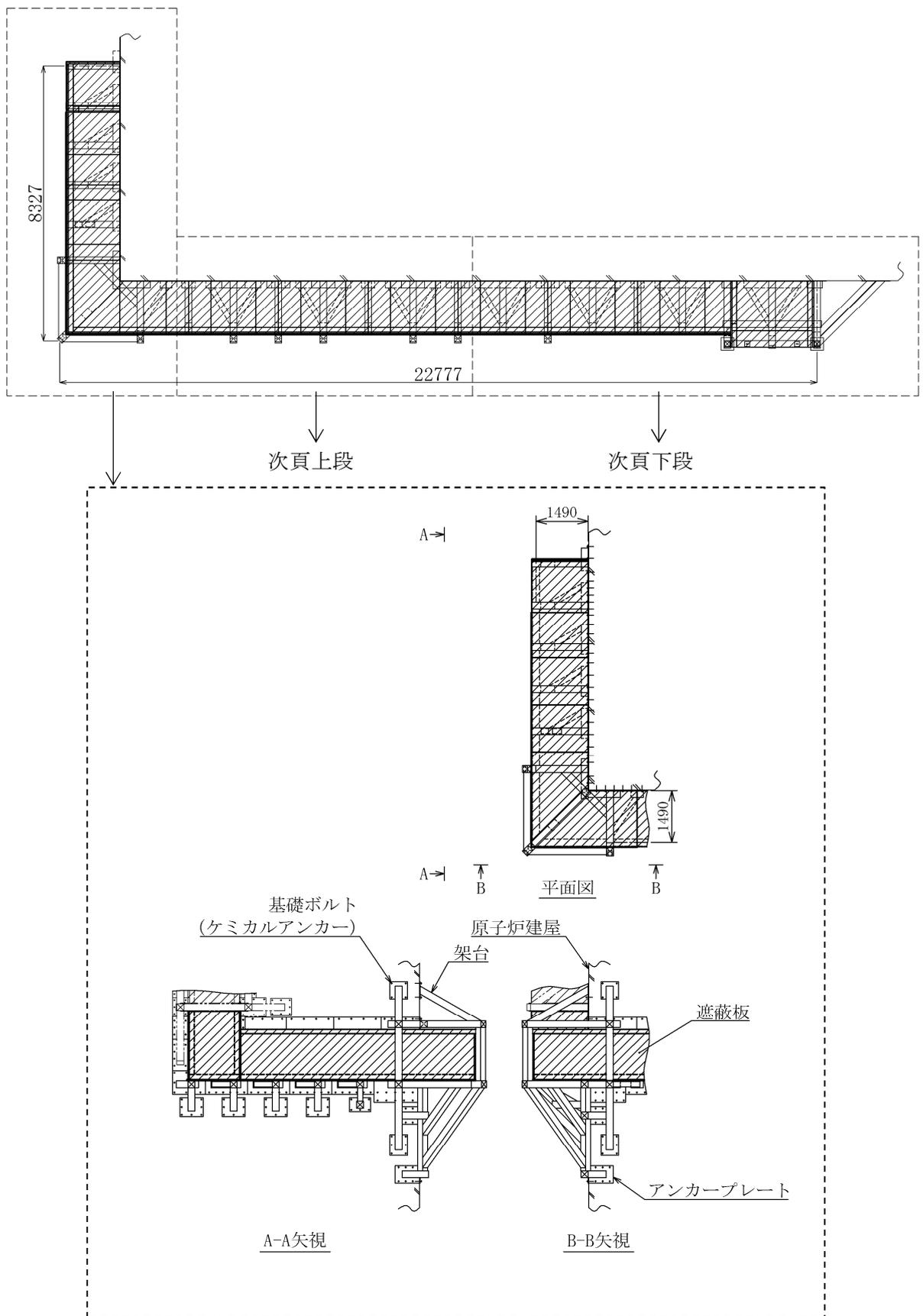


図 3-7 (1) 配管遮蔽 (その 7)

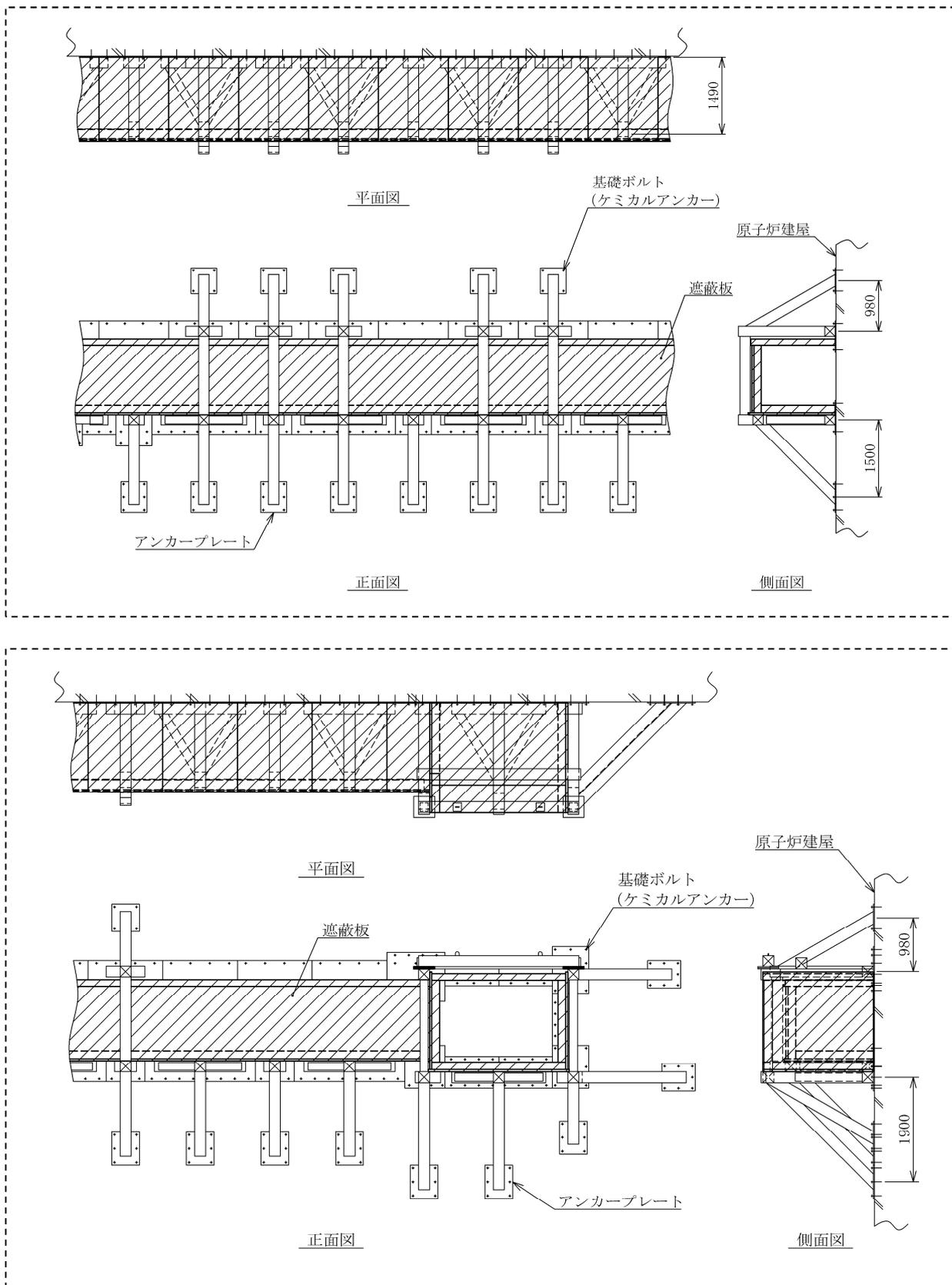


図 3-7 (2) 配管遮蔽 (その 7)

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) 配管遮蔽の架台は、十分剛な壁に基礎ボルトにより固定されるものとする。
- (2) 配管遮蔽の質量は、架台及び遮蔽板の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、配管遮蔽に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (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

配管遮蔽の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

配管遮蔽の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

配管遮蔽の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 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	生体遮蔽装置	配管遮蔽	常設／緩和	—*2	$D^{*3} + P_D + M_D + S_s^{*4}$	IVAS
					$D^{*3} + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界を 用いる。)

注記*1：「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：積雪荷重を含む。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
IVAS	1.5・f _t *	1.5・f _t *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVAS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 4-3 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 (R T) (MPa)
		周囲環境温度					
架台	STKR400	周囲環境温度	50	—	234	394	—
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	—	231	394	—

4.3 解析モデル及び諸元

配管遮蔽の解析モデルを図4-1から図4-7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【配管遮蔽の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 配管遮蔽の架台をはり要素でモデル化する。
- (2) 解析モデル各要素の質量は、遮蔽板の質量を取り付けられている鋼材の要素長で分配した分布質量として付加する。
- (3) 架台は壁に基礎ボルトで固定され、当該箇所の拘束条件は完全固定とする。
- (4) 解析コードは「SAP-V」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、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

-  固定端 (6方向拘束)
-  遮蔽板重量入力要素
-  鋼材重量入力要素
- 数字 : 要素
- 201~22600 : 節点

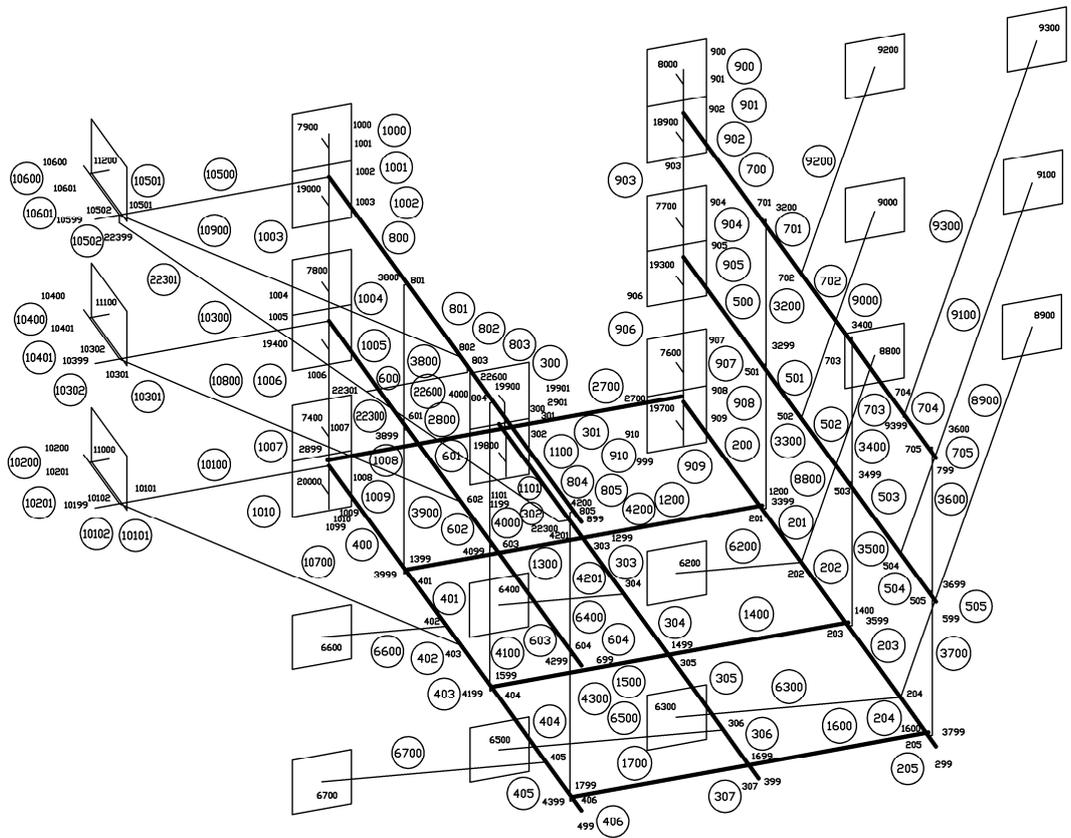


図 4-1 解析モデル (配管遮蔽 (その1))

-  固定端 (6方向拘束)
-  遮蔽板重量入力要素
-  鋼材重量入力要素

○数字 : 要素
 200~18900 : 節点

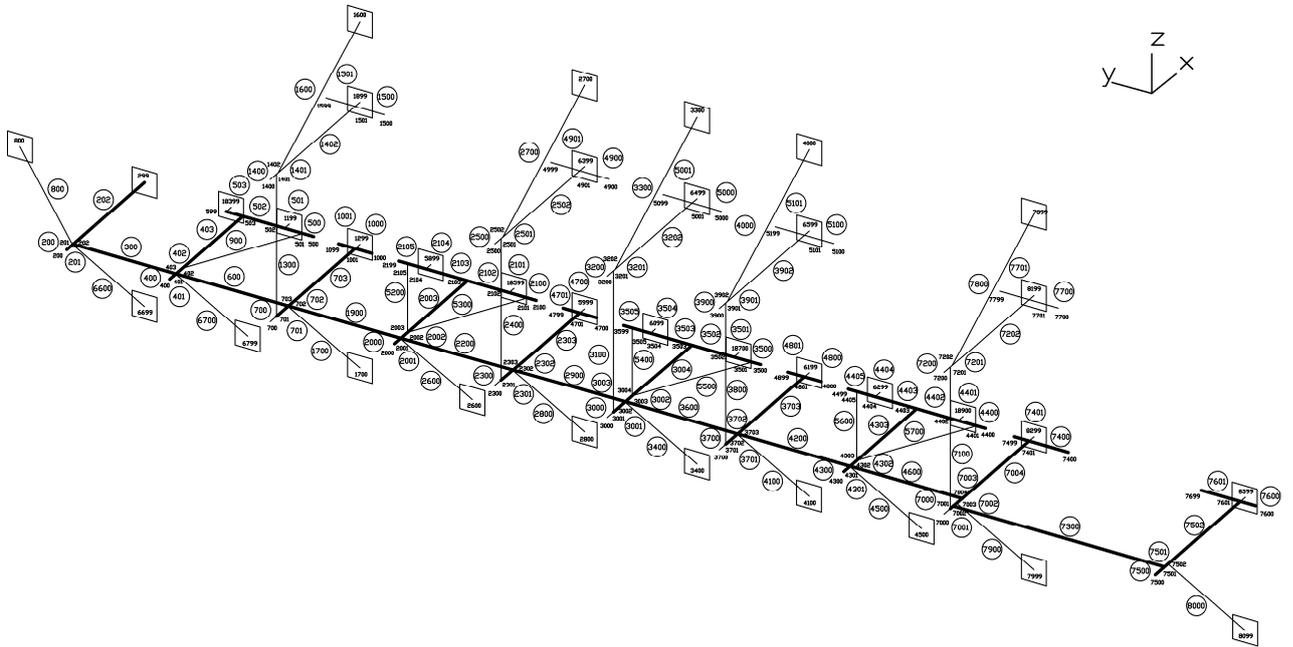


図4-2 解析モデル (配管遮蔽 (その2))

-  固定端 (6方向拘束)
-  遮蔽板重量入力要素
-  鋼材重量入力要素
- 数字 : 要素
- 200~1899 : 節点

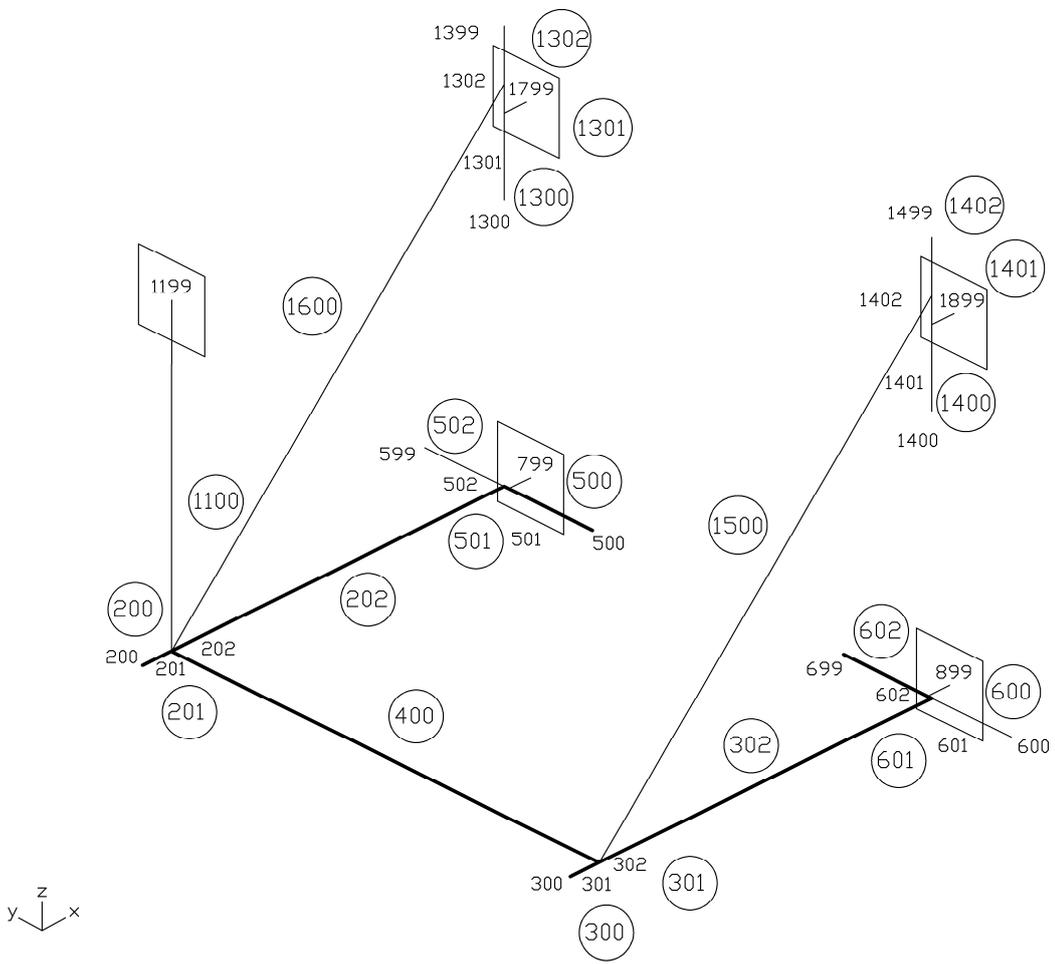


図 4-3 解析モデル (配管遮蔽 (その3))

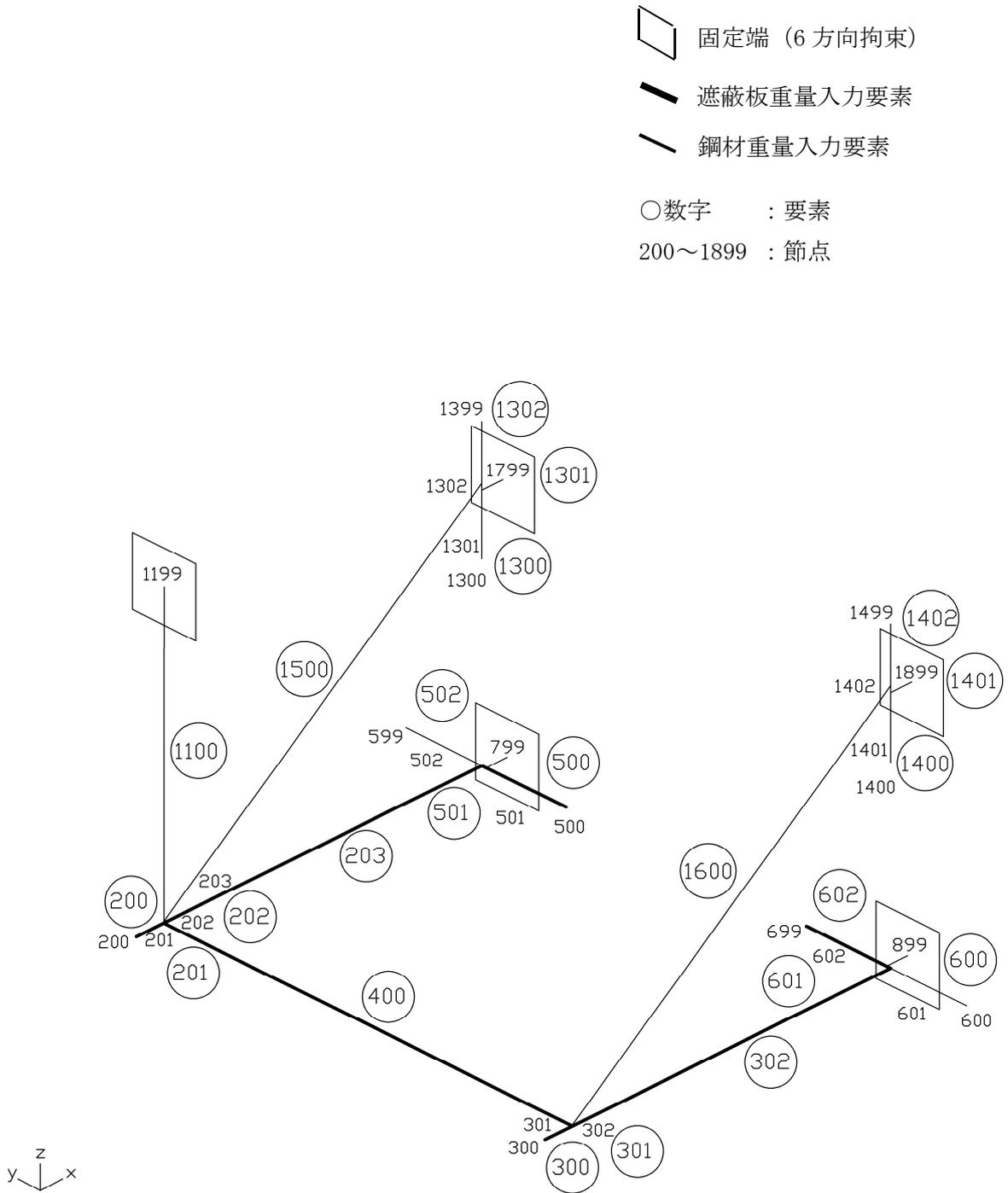


図4-4 解析モデル (配管遮蔽 (その4))

-  固定端 (6方向拘束)
-  遮蔽板重量入力要素
-  鋼材重量入力要素
- 数字 : 要素
- 200~3999 : 節点

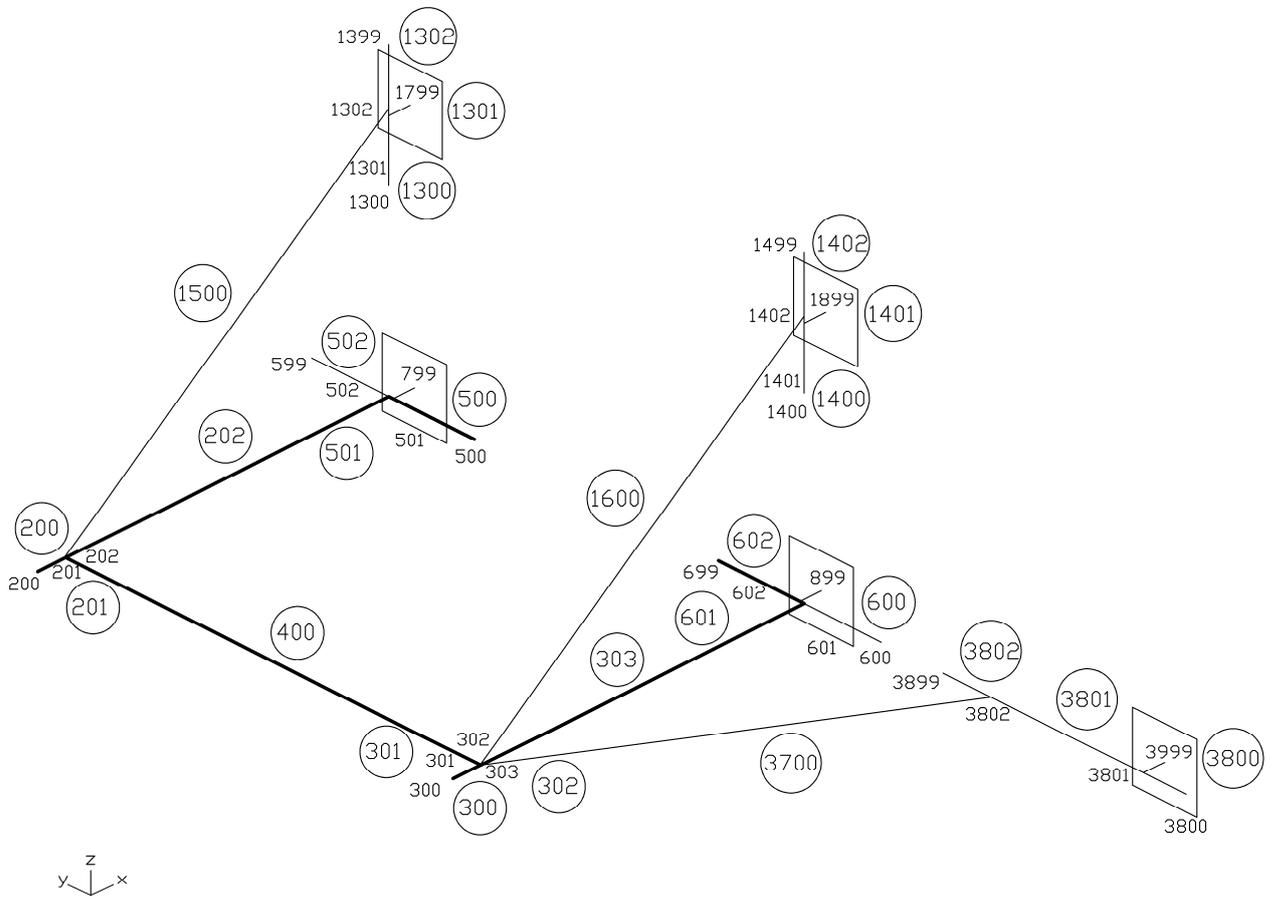


図 4-5 解析モデル (配管遮蔽 (その 5))

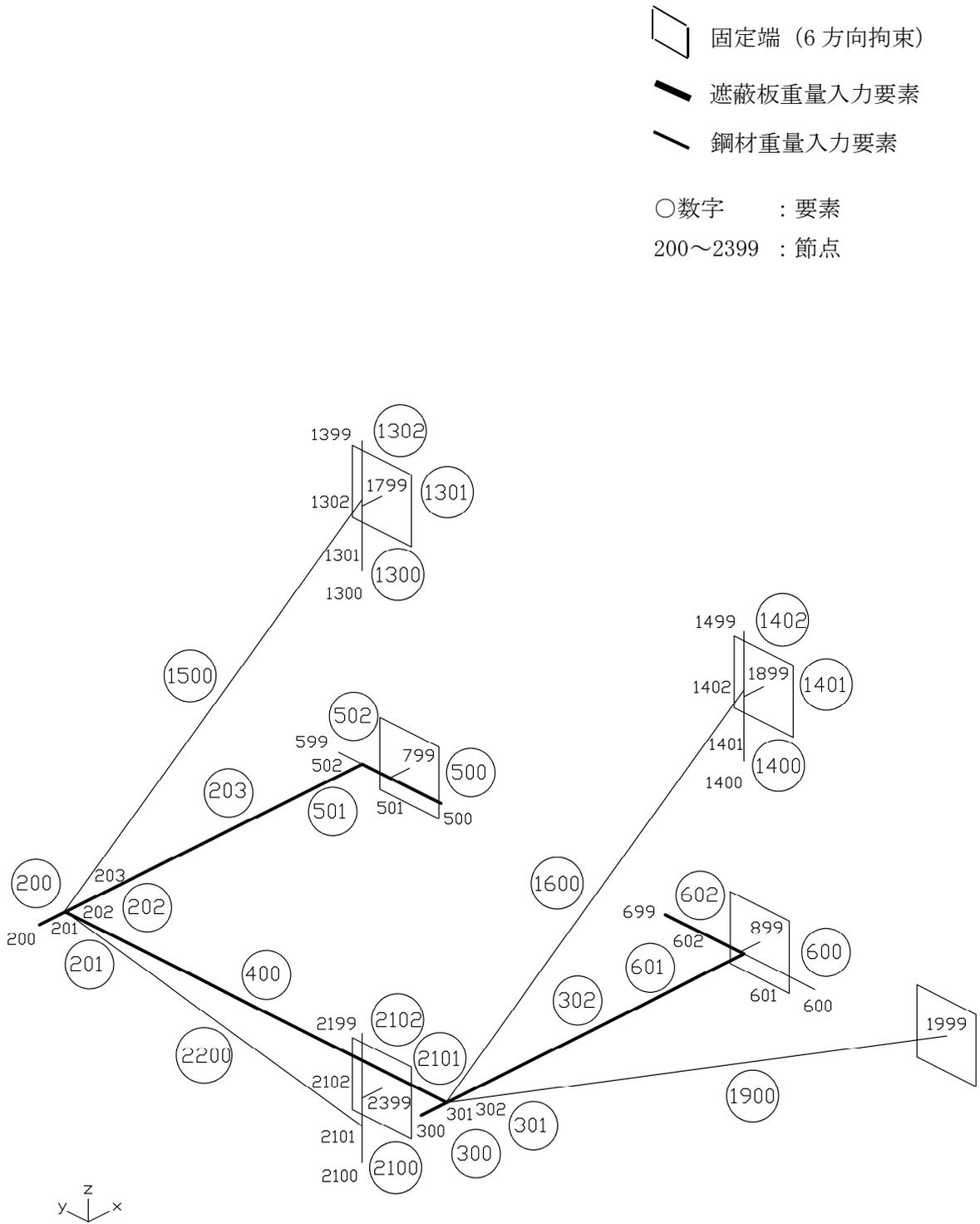


図 4-6 解析モデル (配管遮蔽 (その 6))

 固定端 (6方向拘束)

 遮蔽板重量入力要素

 鋼材重量入力要素

○数字 : 要素

200~41099 : 節点

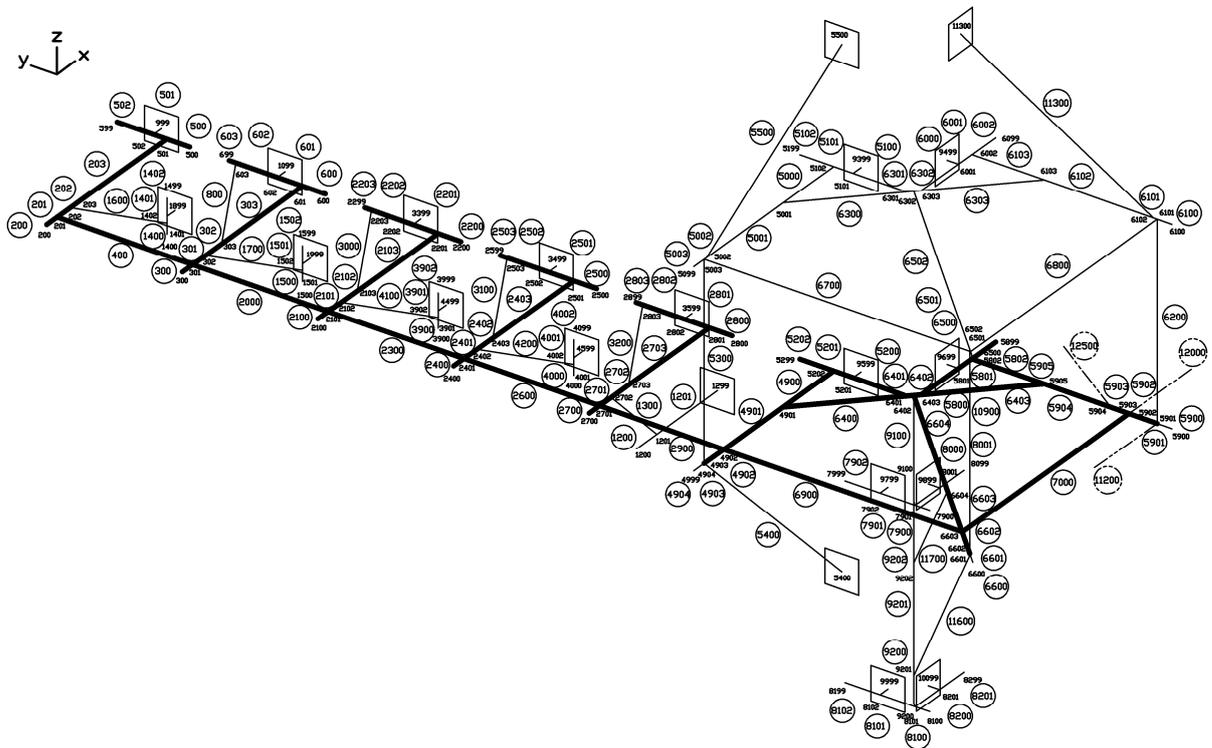


図 4-7(1) 解析モデル (配管遮蔽 (その7))

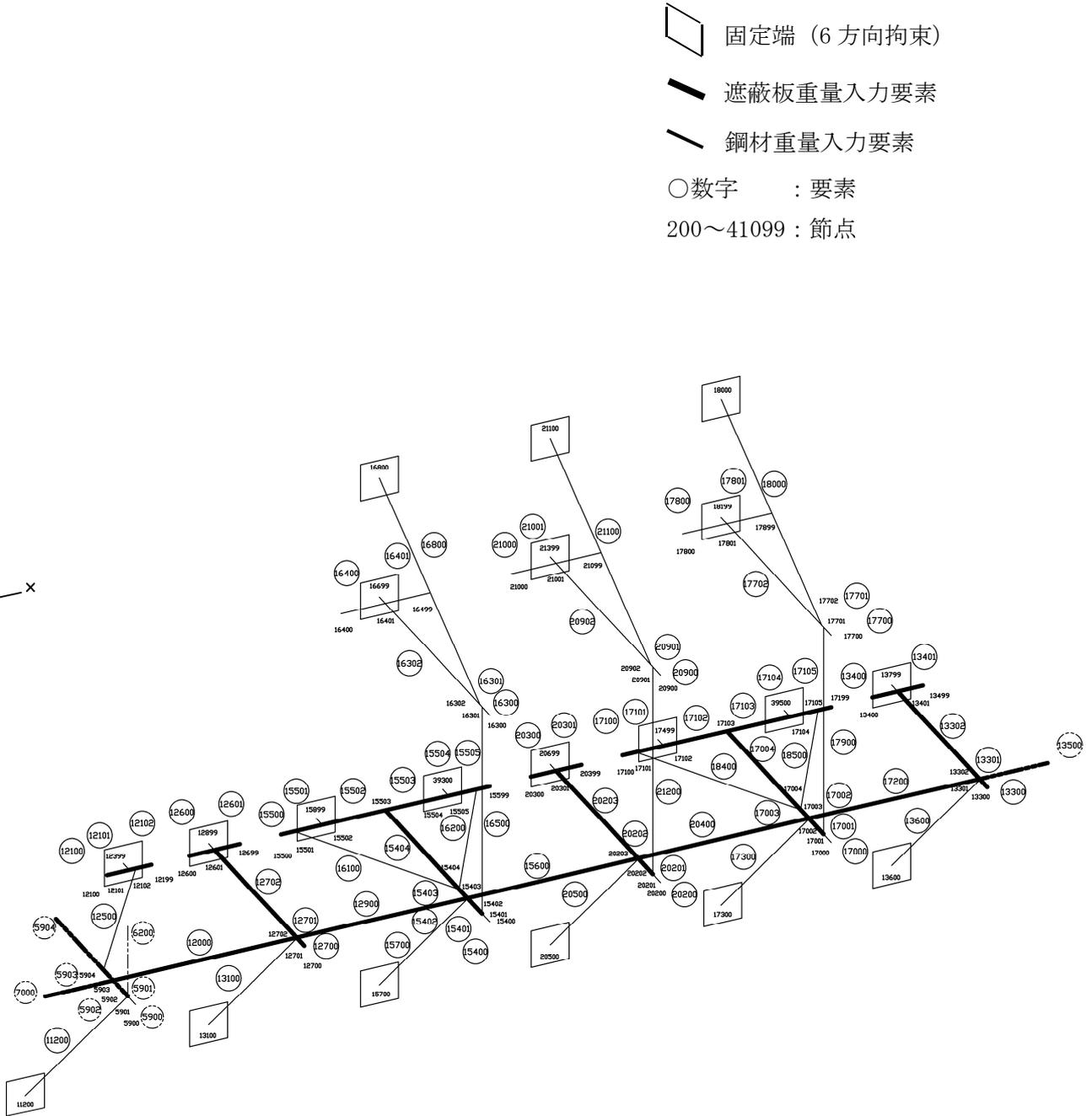


図 4-7(2) 解析モデル (配管遮蔽 (その 7))

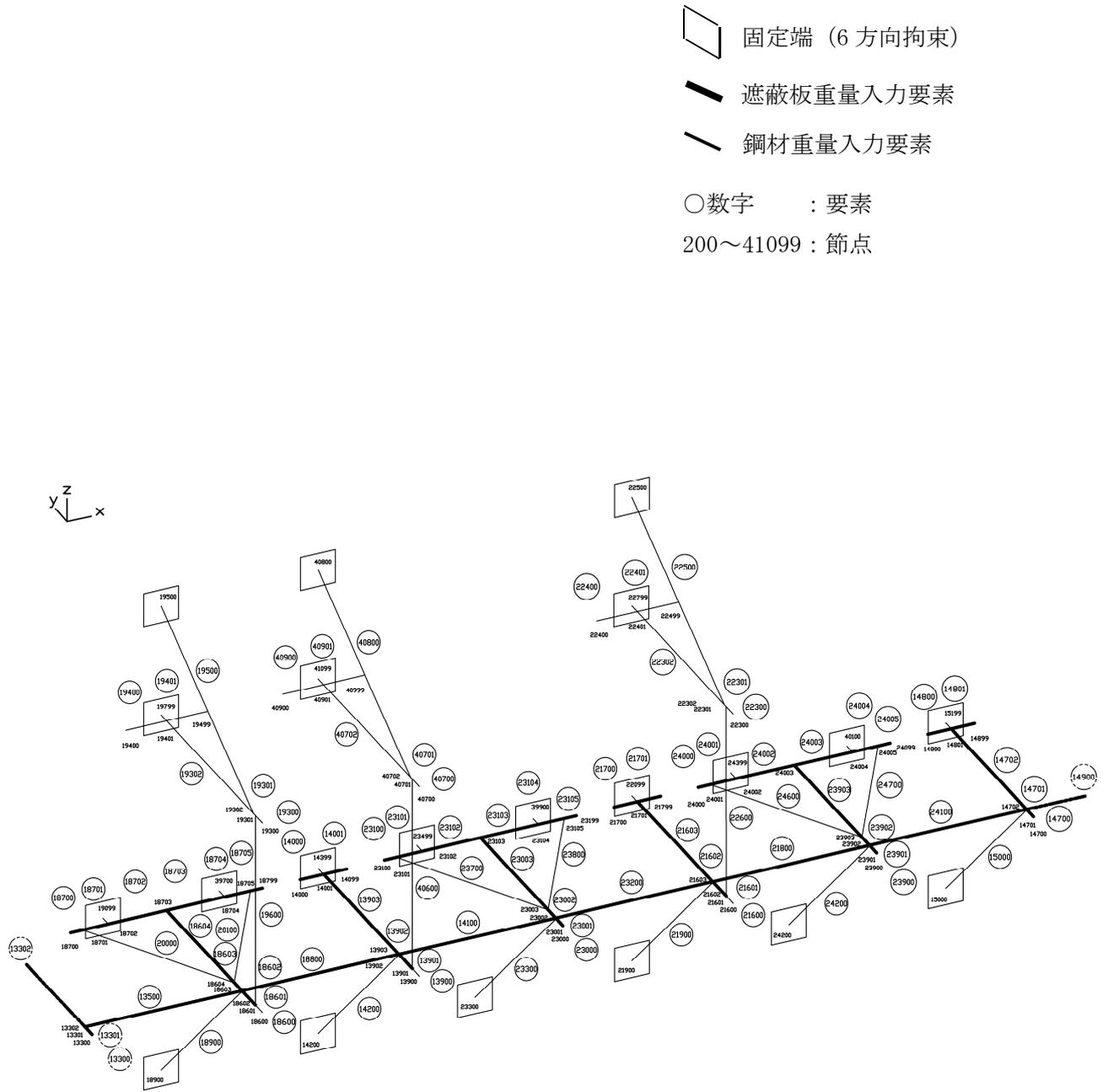


図 4-7(3) 解析モデル (配管遮蔽 (その7))



-  固定端 (6方向拘束)
-  遮蔽板重量入力要素
-  鋼材重量入力要素
- 数字 : 要素
- 200~41099 : 節点

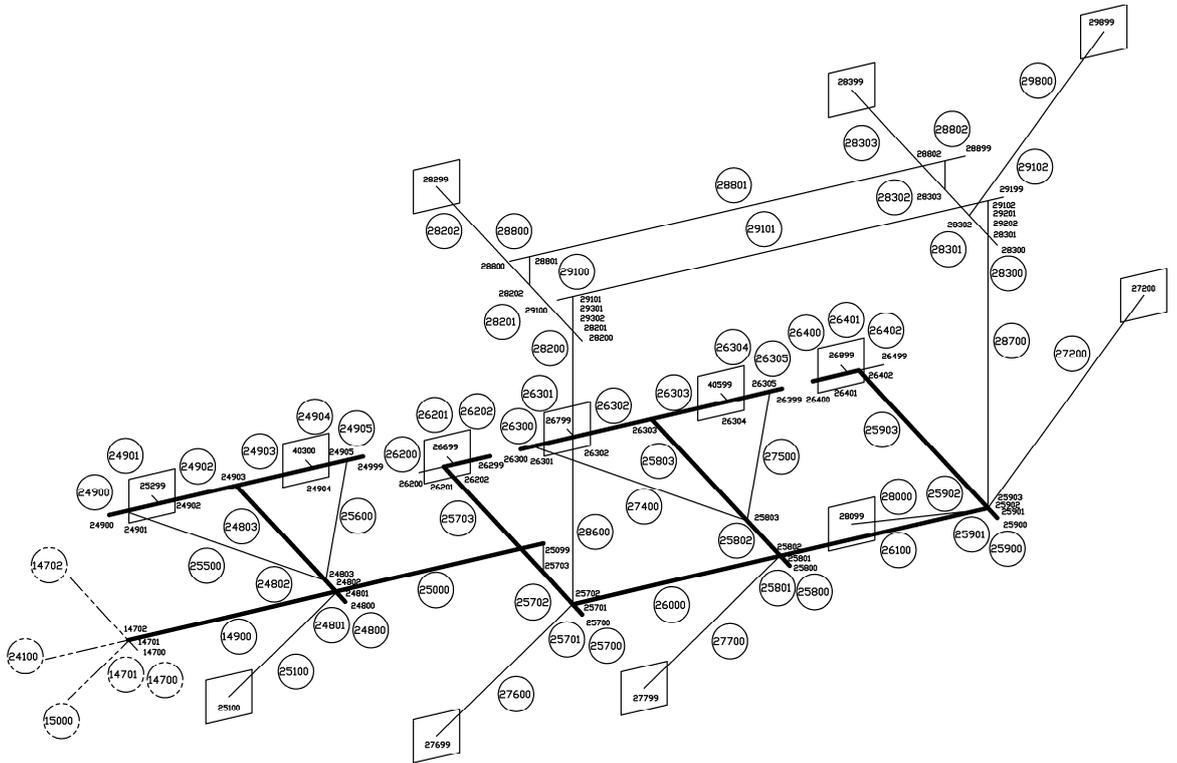


図 4-7(4) 解析モデル (配管遮蔽 (その 7))

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-4 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 4-4 固有値解析結果

形状	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	
その1	1次	水平	0.047	—	—	—
	7次	鉛直	0.022	—	—	—
その2	1次	水平	0.041	—	—	—
	3次	鉛直	0.025	—	—	—
その3	1次	水平	0.031	—	—	—
	2次	鉛直	0.023	—	—	—
その4	1次	水平	0.028	—	—	—
	2次	鉛直	0.023	—	—	—
その5	1次	水平	0.045	—	—	—
	2次	鉛直	0.023	—	—	—
その6	1次	水平	0.034	—	—	—
	2次	鉛直	0.020	—	—	—
その7	1次	水平	0.048	—	—	—
	2次	鉛直	0.036	—	—	—

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、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 4-5 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_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	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
フィルタベント遮蔽壁 T.M.S.L. 24.485 (T.M.S.L. 26.300 ^{*1})	0.047 ^{*2}	0.022 ^{*2}	—	—	$C_H=4.58$	$C_V=1.83$
原子炉建屋 T.M.S.L. 34.900 (T.M.S.L. 38.200 ^{*1})	0.048 ^{*3}	0.036 ^{*3}	—	—	$C_H=1.62$	$C_V=1.20$

注記*1 : 基準床レベルを示す。

*2 : 配管遮蔽（その1）の値を示す。

*3 : 配管遮蔽（その2）から（その7）のうち最も固有周期が大きい配管遮蔽（その7）を代表で記載する。

4.6 計算方法

4.6.1 架台

解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z より各応力を次のように求める。架台部の概要を図4-6に示す。また、表4-6に要素端での反力及びモーメントを示す。

(1) 引張応力又は圧縮応力

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.1)$$

$$\sigma_c = -\frac{|F_x|}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.2)$$

(2) せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left\{ \left(\frac{F_y}{A_y} \right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_z} \right)^2 \right\} + \frac{M_x}{Z_p}} \dots\dots\dots (4.6.1.3)$$

(3) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{|M_y|}{Z_y} + \frac{|M_z|}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.1.4)$$

(4) 組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \tau^2} \dots\dots\dots (4.6.1.5)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \frac{|F_x|}{A} + \sigma_b \dots\dots\dots (4.6.1.6)$$

表 4-6(1) 解析で得られる要素端での反力, モーメント (架台)

形状	対象機器	要素番号	節点番号	反力 (N)			モーメント (N・m)		
				F x	F y	F z	M x	M y	M z
その 1	配管遮蔽	301	301	3.159 ×10 ⁵	1.634 ×10 ⁴	3.897 ×10 ⁴	3.533 ×10 ³	3.455 ×10 ⁴	2.825 ×10 ⁴
		302	302	3.776 ×10 ⁵	3.439 ×10 ⁴	6.058 ×10 ⁴	1.483 ×10 ³	3.748 ×10 ⁴	2.455 ×10 ⁴
		8900	8900	2.986 ×10 ⁵	5.706 ×10 ³	6.968 ×10 ³	320.5	7.617 ×10 ³	6.747 ×10 ³
		10501	10501	1.067 ×10 ⁵	6.876 ×10 ³	2.090 ×10 ⁵	8.221 ×10 ³	3.581 ×10 ³	3.169 ×10 ³
		22301	22399	6.566 ×10 ⁴	1.004 ×10 ³	913.0	54.52	702.5	615.9
その 2	配管遮蔽	5600	4405	1.703 ×10 ⁵	3.683 ×10 ³	1.798 ×10 ³	90.45	1.410 ×10 ³	2.371 ×10 ³
		7002	7003	4.463 ×10 ⁴	3.249 ×10 ⁴	9.036 ×10 ⁴	1.603 ×10 ⁴	1.376 ×10 ⁴	2.520 ×10 ³
		7004	7401	2.008 ×10 ⁵	4.744 ×10 ⁴	4.391 ×10 ⁴	1.024 ×10 ³	2.269 ×10 ⁴	1.805 ×10 ⁴
その 3	配管遮蔽	202	202	2.059 ×10 ⁵	3.227 ×10 ⁴	2.095 ×10 ⁴	2.275 ×10 ³	3.489 ×10 ³	2.611 ×10 ³
		302	601	9.334 ×10 ⁴	5.044 ×10 ⁴	4.688 ×10 ⁴	3.423 ×10 ³	1.968 ×10 ⁴	1.690 ×10 ⁴
		501	501	4.137 ×10 ⁴	5.407 ×10 ⁴	2.059 ×10 ⁵	1.878 ×10 ⁴	1.204 ×10 ⁴	1.144 ×10 ³
		501	502	4.056 ×10 ⁴	5.297 ×10 ⁴	2.059 ×10 ⁵	1.878 ×10 ⁴	1.615 ×10 ⁴	2.180 ×10 ³
その 4	配管遮蔽	203	203	1.574 ×10 ⁵	2.289 ×10 ⁴	1.323 ×10 ⁴	1.733 ×10 ³	1.941 ×10 ³	1.848 ×10 ³
		302	601	8.934 ×10 ⁴	3.713 ×10 ⁴	2.965 ×10 ⁴	2.608 ×10 ³	1.261 ×10 ⁴	1.311 ×10 ⁴
		501	501	2.591 ×10 ⁴	4.013 ×10 ⁴	1.574 ×10 ⁵	1.467 ×10 ⁴	7.110 ×10 ³	871.1
		501	502	2.541 ×10 ⁴	3.933 ×10 ⁴	1.574 ×10 ⁵	1.467 ×10 ⁴	1.026 ×10 ⁴	1.639 ×10 ³

表 4-6(2) 解析で得られる要素端での反力, モーメント (架台)

形状	対象機器	要素 番号	節点 番号	反力 (N)			モーメント (N・m)		
				F x	F y	F z	M x	M y	M z
その 5	配管遮蔽	202	502	7.778 $\times 10^4$	3.734 $\times 10^4$	3.455 $\times 10^4$	2.044 $\times 10^3$	1.879 $\times 10^4$	1.316 $\times 10^4$
		501	501	3.538 $\times 10^4$	3.866 $\times 10^4$	7.778 $\times 10^4$	1.316 $\times 10^4$	1.723 $\times 10^4$	1.197 $\times 10^3$
		1600	1402	1.174 $\times 10^5$	4.973 $\times 10^3$	4.940 $\times 10^3$	1.064 $\times 10^3$	6.297 $\times 10^3$	3.895 $\times 10^3$
その 6	配管遮蔽	302	601	3.015 $\times 10^4$	3.667 $\times 10^4$	2.737 $\times 10^4$	1.971 $\times 10^3$	1.144 $\times 10^4$	1.228 $\times 10^4$
		601	602	2.821 $\times 10^4$	3.799 $\times 10^4$	3.015 $\times 10^4$	1.228 $\times 10^4$	1.084 $\times 10^4$	1.133 $\times 10^3$
		1900	1999	1.451 $\times 10^5$	2.437 $\times 10^3$	4.842 $\times 10^3$	1.506 $\times 10^3$	4.528 $\times 10^3$	2.528 $\times 10^3$
その 7	配管遮蔽	2501	2502	3.790 $\times 10^4$	4.416 $\times 10^4$	1.917 $\times 10^5$	1.021 $\times 10^4$	3.967 $\times 10^4$	9.532 $\times 10^3$
		5200	5201	3.033 $\times 10^5$	4.392 $\times 10^4$	4.159 $\times 10^4$	3.851 $\times 10^3$	1.050 $\times 10^4$	1.247 $\times 10^4$
		6604	6402	2.457 $\times 10^5$	3.566 $\times 10^4$	2.547 $\times 10^4$	431.0	1.308 $\times 10^4$	1.167 $\times 10^4$
		26201	26202	3.555 $\times 10^4$	4.956 $\times 10^4$	1.707 $\times 10^5$	1.699 $\times 10^4$	1.122 $\times 10^4$	3.581 $\times 10^3$

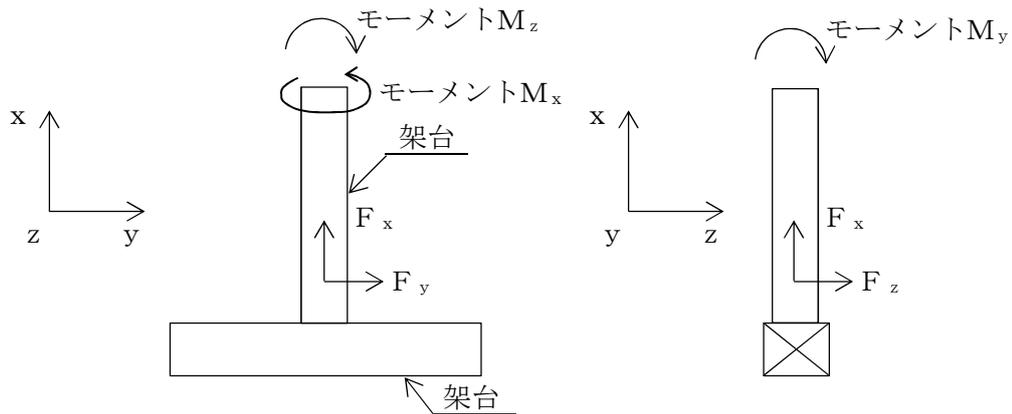


図 4-6 架台部の概要

4.6.2 基礎ボルト

基礎ボルトに生じる応力は、解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z から手計算により、地震による引張応力とせん断応力について計算する。配管遮蔽の基礎ボルト部の概要を図 4-7 に示す。また、表 4-7 に要素端での反力及びモーメントを示す。

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張応力は、図 4-7 に示す架台の軸力 F_x とモーメント M_y 、 M_z を考え、これを全てのボルトで受けるものとして計算する。

アンカープレートの中心に解析による計算で得られる軸力及びモーメントがかかるものとし、最も中心から遠い基礎ボルトが最大の引張力を受ける前提として、最大引張力から引張応力を計算する。

a. 引張力

$$F_b = \frac{|F_x|}{n} + P_{1max} + P_{2max} \dots \dots \dots (4.6.2.1)$$

ここで、

$$P_{1max} = M_y \cdot z_{max} / \sum_{j=1}^n z_j^2$$

$$P_{2max} = M_z \cdot y_{max} / \sum_{j=1}^n y_j^2$$

b. 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{F_b}{A_b} \dots \dots \dots (4.6.2.2)$$

なお、 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = d_o^2 \cdot \frac{\pi}{4} \dots \dots \dots (4.6.2.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断応力は、図 4-7 に示す架台の軸力 F_y 、 F_z とモーメント M_x を考え、これを全てのボルトで受けるものとして計算する。

アンカープレートの中心に解析による計算で得られる軸力及びモーメントがかかるものとし、最も中心から遠い基礎ボルトが最大のせん断力を受ける前提として、最大せん断力からせん断応力を計算する。

a. せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{(F_y^2 + F_z^2)}}{n} + Q_{max} \dots\dots\dots (4.6.2.4)$$

ここで、

$$Q_{max} = M_x \cdot r_{max} / \sum_{j=1}^n r_j^2$$

b. せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (4.6.2.5)$$

表 4-7 解析で得られる要素端での反力, モーメント(基礎ボルト)

形状	対象機器	反力 (N)			モーメント (N・m)		
		F x	F y	F z	M x	M y	M z
その 1	配管遮蔽	3.532 $\times 10^5$	3.668 $\times 10^4$	1.023 $\times 10^5$	1.510 $\times 10^4$	3.705 $\times 10^4$	3.704 $\times 10^4$
その 2	配管遮蔽	9.463 $\times 10^4$	3.702 $\times 10^4$	3.680 $\times 10^4$	143.0	2.108 $\times 10^4$	1.147 $\times 10^4$
その 3	配管遮蔽	1.083 $\times 10^5$	1.100 $\times 10^5$	4.209 $\times 10^4$	1.725 $\times 10^3$	2.460 $\times 10^4$	1.448 $\times 10^4$
その 4	配管遮蔽	8.933 $\times 10^4$	8.077 $\times 10^4$	2.829 $\times 10^4$	1.196 $\times 10^3$	1.733 $\times 10^4$	9.038 $\times 10^3$
その 5	配管遮蔽	8.470 $\times 10^4$	7.713 $\times 10^4$	3.143 $\times 10^4$	2.713 $\times 10^3$	2.064 $\times 10^4$	7.486 $\times 10^3$
その 6	配管遮蔽	6.628 $\times 10^4$	6.270 $\times 10^4$	2.909 $\times 10^4$	1.595 $\times 10^3$	1.789 $\times 10^4$	4.407 $\times 10^3$
その 7	配管遮蔽	7.333 $\times 10^4$	4.580 $\times 10^4$	2.860 $\times 10^4$	993.9	1.664 $\times 10^4$	4.068 $\times 10^4$

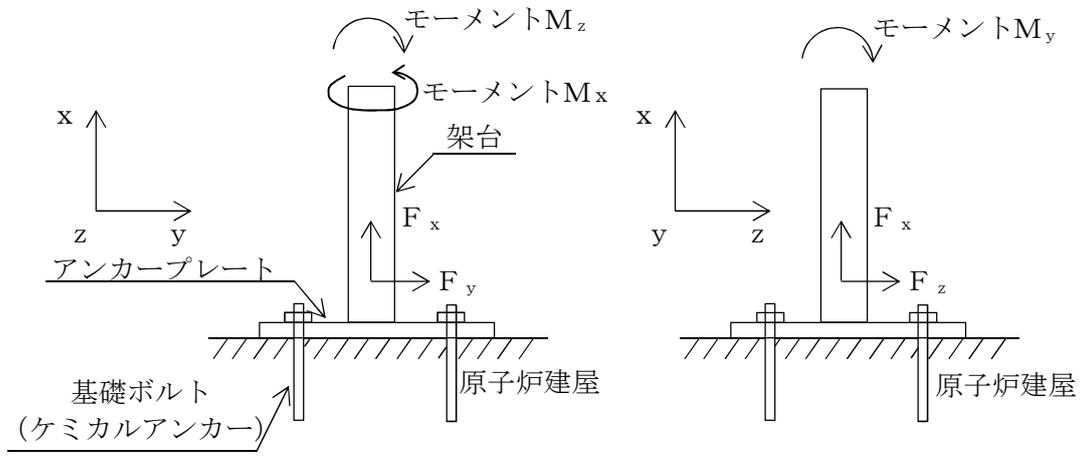


図 4-7 基礎ボルト部の概要

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（配管遮蔽）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【配管遮蔽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 架台の応力評価

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	$(\lambda \leq \Lambda)$	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu'} \cdot 1.5$
	$(\lambda > \Lambda)$	$0.277 \cdot F^* \cdot \left(\frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \cdot 1.5$
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、
 $\lambda = \frac{l_k}{i} \dots\dots\dots (4.8.1.1)$

$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}} \dots\dots\dots (4.8.1.2)$

$\nu' = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.3)$

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_{tb} は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

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 重大事故等対処設備としての評価結果

配管遮蔽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。

【配管遮蔽(その1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

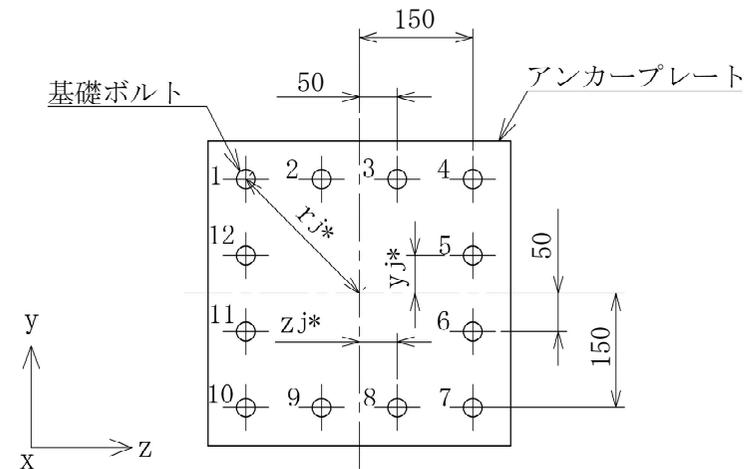
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
配管遮蔽 (その1)	常設/緩和	フィルタベント遮蔽壁 T.M.S.L. 24. 485 (T.M.S.L. 26. 300*)	0.047	0.022	—	—	C _H =4.58	C _V =1.83	—	50

注記*: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

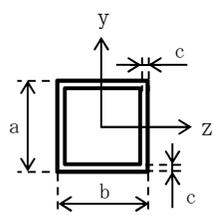
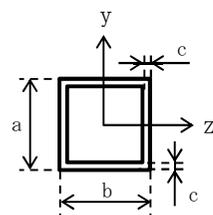
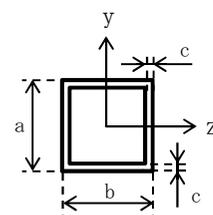
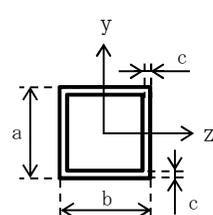
m (kg)	d _o (基礎ボルト) (mm)	A _b (基礎ボルト) (mm ²)	n (本)	Y _{1,2,3,4,7,8,9,10} (mm)	Y _{5,6,11,12} (mm)	Z _{1,4,5,6,7,10,11,12} (mm)	Z _{2,3,8,9} (mm)	r _{1,4,7,10} (mm)	r _{2,3,5,6,8,9,11,12} (mm)
	24 (M24)	452.4	12	150	50	150	50	212.1	158.1

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	STKR400	234	394	234	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276



注記*: j は基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ
STKR400	201000	0.3	5338.1	37.9	140.8

	要素番号			
	200~205, 300~307, 400~406, 500~505, 600~604, 700~705, 800~805, 900~910, 1000~1010, 1100~1101, 10100~10102, 10200~10201, 10300~10302, 10400~10401, 10500~10502, 10600~10601	1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 2700, 2800, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4000, 4100, 4200~4201, 4300, 6200, 6300, 6400, 6500, 6600, 6700, 8800, 8900, 9000, 9100, 9200, 10700, 10800, 10900	9300	22300~22301, 22600
材料	STKR400	STKR400	STKR400	STKR400
A (mm ²)	1.105×10^4	8.653×10^3	4.867×10^3	2.163×10^3
A _y (mm ²)	5.527×10^3	4.327×10^3	2.434×10^3	1.082×10^3
A _z (mm ²)	5.527×10^3	4.327×10^3	2.434×10^3	1.082×10^3
Z _y (mm ³)	8.200×10^5	4.980×10^5	2.100×10^5	6.230×10^4
Z _z (mm ³)	8.200×10^5	4.980×10^5	2.100×10^5	6.230×10^4
Z _p (mm ³)	1.359×10^6	8.483×10^5	3.579×10^5	1.060×10^5
I _y (mm ⁴)	1.030×10^8	4.980×10^7	1.580×10^7	3.110×10^6
I _z (mm ⁴)	1.030×10^8	4.980×10^7	1.580×10^7	3.110×10^6
I _p (mm ⁴)	1.618×10^8	7.974×10^7	2.523×10^7	4.984×10^6
断面形状				
寸法 (mm)	250×250×12 (a×b×c)	200×200×12 (a×b×c)	150×150×9 (a×b×c)	100×100×6 (a×b×c)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	301	301	—	3.159×10 ⁵	—	1.634×10 ⁴	—	3.897×10 ⁴
	302	302	—	3.776×10 ⁵	—	3.439×10 ⁴	—	6.058×10 ⁴
	8900	8900	—	2.986×10 ⁵	—	5.706×10 ³	—	6.968×10 ³
	10501	10501	—	1.067×10 ⁵	—	6.876×10 ³	—	2.090×10 ⁵
	22301	22399	—	6.566×10 ⁴	—	1.004×10 ³	—	913.0

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	301	301	—	3.533×10 ³	—	3.455×10 ⁴	—	2.825×10 ⁴
	302	302	—	1.483×10 ³	—	3.748×10 ⁴	—	2.455×10 ⁴
	8900	8900	—	320.5	—	7.617×10 ³	—	6.747×10 ³
	10501	10501	—	8.221×10 ³	—	3.581×10 ³	—	3.169×10 ³
	22301	22399	—	54.52	—	702.5	—	615.9

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
基礎ボルト	19900	19900	—	3.532×10 ⁵	—	3.668×10 ⁴	—	1.023×10 ⁵

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
基礎ボルト	19900	19900	—	1.510×10 ⁴	—	3.705×10 ⁴	—	3.704×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	F _b		Q _b	
			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
基礎ボルト	19900	19900	—	8.792×10 ⁴	—	1.748×10 ⁴

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.047

1.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	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
架台	STKR400	引張り	8900	8900	—	—	$\sigma_t = 35$	$f_t = 276$
		圧縮	22301	22399	—	—	$\sigma_c = 31^{*1}$	$f_c = 69$
		せん断	10501	10501	—	—	$\tau = 44$	$f_s = 159$
		曲げ	301	301	—	—	$\sigma_b = 77$	$f_b = 276$
		組合せ	302	302	—	—	$\sigma_f = 113$	$f_t = 276$
基礎ボルト	SS400	引張り	19900	19900	—	—	$\sigma_{tb} = 195$	$f_{ts} = 207^{*2}$
		せん断	19900	19900	—	—	$\tau_b = 39$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

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

【配管遮蔽(その2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

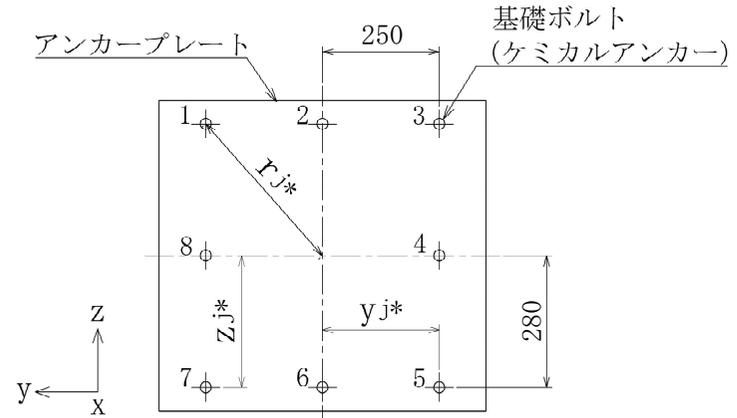
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
配管遮蔽 (その2)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 34.900 (T.M.S.L. 38.200*)	0.041	0.025	—	—	C _H =1.62	C _V =1.20	—	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

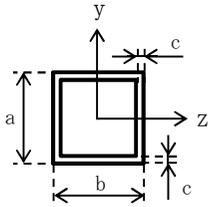
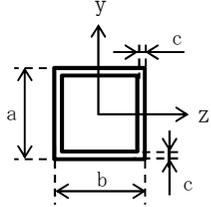
m (kg)	d _o (基礎ボルト) (mm)	A _b (基礎ボルト) (mm ²)	n (本)	y _{1,3,4,5,7,8} (mm)	y _{2,6} (mm)	z _{1,2,3,5,6,7} (mm)	z _{4,8} (mm)	r _{1,3,5,7} (mm)	r _{2,6} (mm)	r _{4,8} (mm)
	20 (M20)	314.2	8	250	0	280	0	375.4	280	250

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	STKR400	234	394	234	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≤40mm)	394	231	276



注記* : j は基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ
STKR400	201000	0.3	3028.7	56.9	53.2

	要素番号	
		200~202, 300, 400~403, 500~503, 600, 700~703, 800, 1000~1001, 1300, 1400~1402, 1500~1501, 1600, 1700, 1900, 2000~2003, 2100~2105, 2200, 2300~2303, 2400, 2500~2502, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000~3004, 3100, 3200~3202, 3300, 3400, 3500~3505, 3600, 3700~3703, 3800, 3900~3902, 4000, 4100, 4200, 4300~4303, 4400~4405, 4500, 4600, 4700~4701, 4800~4801, 4900~4901, 5000~5001, 5100~5101, 6600, 6700, 7000~7004, 7100, 7200~7202, 7300, 7400~7401, 7500~7502, 7600~7601, 7700~7701, 7800, 7900, 8000
材料	STKR400	STKR400
A (mm ²)	8.653×10^3	4.867×10^3
A _y (mm ²)	4.327×10^3	2.434×10^3
A _z (mm ²)	4.327×10^3	2.434×10^3
Z _y (mm ³)	4.980×10^5	2.100×10^5
Z _z (mm ³)	4.980×10^5	2.100×10^5
Z _p (mm ³)	8.483×10^5	3.579×10^5
I _y (mm ⁴)	4.980×10^7	1.580×10^7
I _z (mm ⁴)	4.980×10^7	1.580×10^7
I _p (mm ⁴)	7.974×10^7	2.523×10^7
断面形状		
寸法 (mm)	200×200×12 (a×b×c)	150×150×9 (a×b×c)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	5600	4405	—	1.703×10 ⁵	—	3.683×10 ³	—	1.798×10 ³
	7002	7003	—	4.463×10 ⁴	—	3.249×10 ⁴	—	9.036×10 ⁴
	7004	7401	—	2.008×10 ⁵	—	4.744×10 ⁴	—	4.391×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	5600	4405	—	90.45	—	1.410×10 ³	—	2.371×10 ³
	7002	7003	—	1.603×10 ⁴	—	1.376×10 ⁴	—	2.520×10 ³
	7004	7401	—	1.024×10 ³	—	2.269×10 ⁴	—	1.805×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	6100	6199	—	9.463×10 ⁴	—	3.702×10 ⁴	—	3.680×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・m)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	6100	6199	—	143.0	—	2.108×10 ⁴	—	1.147×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
			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
基礎ボルト	6100	6199	—	3.203×10 ⁴	—	6.589×10 ³

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.041

1.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	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
架台	STKR400	引張り	5600	4405	—	—	$\sigma_t = 35$	$f_t = 276$
		圧縮	5600	4405	—	—	$\sigma_c = 35^{*1}$	$f_c = 226$
		せん断	7002	7003	—	—	$\tau = 41$	$f_s = 159$
		曲げ	7004	7401	—	—	$\sigma_b = 82$	$f_b = 276$
		組合せ	7004	7401	—	—	$\sigma_f = 109$	$f_t = 276$
基礎ボルト	SS400	引張り	6100	6199	—	—	$\sigma_{tb} = 102$	$f_{ts} = 165^{*2}$
		せん断	6100	6199	—	—	$\tau_b = 21$	$f_{sb} = 127$

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

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

【配管遮蔽(その3)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
配管遮蔽 (その3)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.383 (T.M.S.L. 38.200*)	0.031	0.023	—	—	C _H =1.62	C _V =1.20	—	50

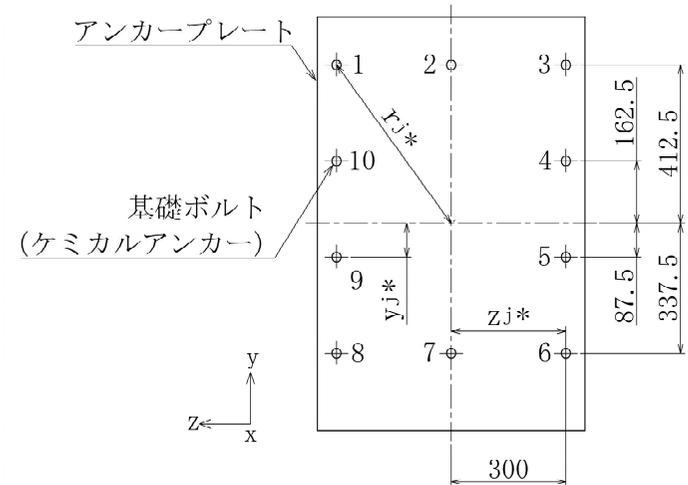
注記*: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m (kg)	d _o (基礎ボルト) (mm)	A _b (基礎ボルト) (mm ²)	n (本)	y _{1,2,3} (mm)	y _{4,10} (mm)	y _{5,9} (mm)	y _{6,7,8} (mm)	Z _{1,3,4,5,6, 8,9,10} (mm)	Z _{2,7} (mm)	r _{1,3} (mm)	r ₂ (mm)	r _{4,10} (mm)	r _{5,9} (mm)	r _{6,8} (mm)	r ₇ (mm)
	20 (M20)	314.2	10	412.5	162.5	87.5	337.5	300	0	510.1	412.5	341.2	312.5	451.6	337.5

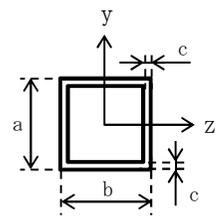
56

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	STKR400	234	394	234	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≤40mm)	394	231	276



注記*: j は基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ
STKR400	201000	0.3	3444.0	75.9	45.4

	要素番号
	200~202, 300~302, 400, 500~502, 600~602, 1100, 1300~1302, 1400~1402, 1500, 1600
材料	STKR400
A (mm ²)	8.653×10^3
A _y (mm ²)	4.327×10^3
A _z (mm ²)	4.327×10^3
Z _y (mm ³)	4.980×10^5
Z _z (mm ³)	4.980×10^5
Z _p (mm ³)	8.483×10^5
I _y (mm ⁴)	4.980×10^7
I _z (mm ⁴)	4.980×10^7
I _p (mm ⁴)	7.974×10^7
断面形状	
寸法 (mm)	200×200×12 (a×b×c)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	202	202	—	2.059×10 ⁵	—	3.227×10 ⁴	—	2.095×10 ⁴
	302	601	—	9.334×10 ⁴	—	5.044×10 ⁴	—	4.688×10 ⁴
	501	501	—	4.137×10 ⁴	—	5.407×10 ⁴	—	2.059×10 ⁵
	501	502	—	4.056×10 ⁴	—	5.297×10 ⁴	—	2.059×10 ⁵

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	202	202	—	2.275×10 ³	—	3.489×10 ³	—	2.611×10 ³
	302	601	—	3.423×10 ³	—	1.968×10 ⁴	—	1.690×10 ⁴
	501	501	—	1.878×10 ⁴	—	1.204×10 ⁴	—	1.144×10 ³
	501	502	—	1.878×10 ⁴	—	1.615×10 ⁴	—	2.180×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	1700	1799	—	1.083×10 ⁵	—	1.100×10 ⁵	—	4.209×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・m)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	1700	1799	—	1.725×10 ³	—	2.460×10 ⁴	—	1.448×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
			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
基礎ボルト	1700	1799	—	2.757×10 ⁴	—	1.231×10 ⁴

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.031

1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	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
架台	STKR400	引張り	202	202	—	—	$\sigma_t = 24$	$f_t = 276$
		圧縮	202	202	—	—	$\sigma_c = 24^{*1}$	$f_c = 238$
		せん断	501	501	—	—	$\tau = 72$	$f_s = 159$
		曲げ	302	601	—	—	$\sigma_b = 74$	$f_b = 276$
		組合せ	501	502	—	—	$\sigma_f = 131$	$f_t = 276$
基礎ボルト	SS400	引張り	1700	1799	—	—	$\sigma_{tb} = 88$	$f_{ts} = 165^{*2}$
		せん断	1700	1799	—	—	$\tau_b = 40$	$f_{sb} = 127$

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

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

【配管遮蔽(その4)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
配管遮蔽 (その4)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 29.345 (T.M.S.L. 31.700*)	0.028	0.023	—	—	C _H =1.37	C _V =1.16	—	50

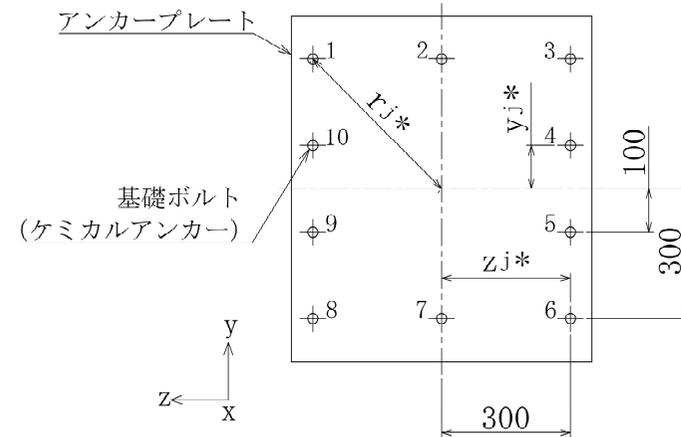
注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m (kg)	d _o (基礎ボルト) (mm)	A _b (基礎ボルト) (mm ²)	n (本)	y _{1,2,3,6,7,8} (mm)	y _{4,5,9,10} (mm)	z _{1,3,4,5,6,8,9,10} (mm)	z _{2,7} (mm)	r _{1,3,6,8} (mm)	r _{2,7} (mm)	r _{4,5,9,10} (mm)
	20 (M20)	314.2	10	300	100	300	0	424.3	300	316.2

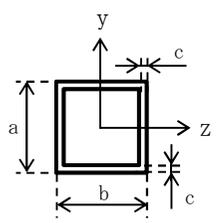
61

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	STKR400	234	394	234	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≦40mm)	394	231	276



注記* : j は基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ
STKR400	201000	0.3	3444.0	75.9	45.4

	要素番号
	200~203, 300~302, 400, 500~502, 600~602, 1100, 1300~1302, 1400~1402, 1500, 1600
材料	STKR400
A (mm ²)	8.653×10^3
A _y (mm ²)	4.327×10^3
A _z (mm ²)	4.327×10^3
Z _y (mm ³)	4.980×10^5
Z _z (mm ³)	4.980×10^5
Z _p (mm ³)	8.483×10^5
I _y (mm ⁴)	4.980×10^7
I _z (mm ⁴)	4.980×10^7
I _p (mm ⁴)	7.974×10^7
断面形状	
寸法(mm)	200×200×12 (a×b×c)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	203	203	—	1.574×10 ⁵	—	2.289×10 ⁴	—	1.323×10 ⁴
	302	601	—	8.934×10 ⁴	—	3.713×10 ⁴	—	2.965×10 ⁴
	501	501	—	2.591×10 ⁴	—	4.013×10 ⁴	—	1.574×10 ⁵
	501	502	—	2.541×10 ⁴	—	3.933×10 ⁴	—	1.574×10 ⁵

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	203	203	—	1.733×10 ³	—	1.941×10 ³	—	1.848×10 ³
	302	601	—	2.608×10 ³	—	1.261×10 ⁴	—	1.311×10 ⁴
	501	501	—	1.467×10 ⁴	—	7.110×10 ³	—	871.1
	501	502	—	1.467×10 ⁴	—	1.026×10 ⁴	—	1.639×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	1700	1799	—	8.933×10 ⁴	—	8.077×10 ⁴	—	2.829×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・m)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	1700	1799	—	1.196×10 ³	—	1.733×10 ⁴	—	9.038×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
			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
基礎ボルト	1700	1799	—	2.083×10 ⁴	—	8.948×10 ³

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.028

1.4.2 応力 (単位: MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	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
架台	STKR400	引張り	203	203	—	—	$\sigma_t = 19$	$f_t = 276$
		圧縮	203	203	—	—	$\sigma_c = 19^{*1}$	$f_c = 238$
		せん断	501	501	—	—	$\tau = 55$	$f_s = 159$
		曲げ	302	601	—	—	$\sigma_b = 52$	$f_b = 276$
		組合せ	501	502	—	—	$\sigma_f = 99$	$f_t = 276$
基礎ボルト	SS400	引張り	1700	1799	—	—	$\sigma_{tb} = 67$	$f_{ts} = 165^{*2}$
		せん断	1700	1799	—	—	$\tau_b = 29$	$f_{sb} = 127$

すべて許容応力以下である。

注記*1: 絶対値を記載

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

【配管遮蔽(その5)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

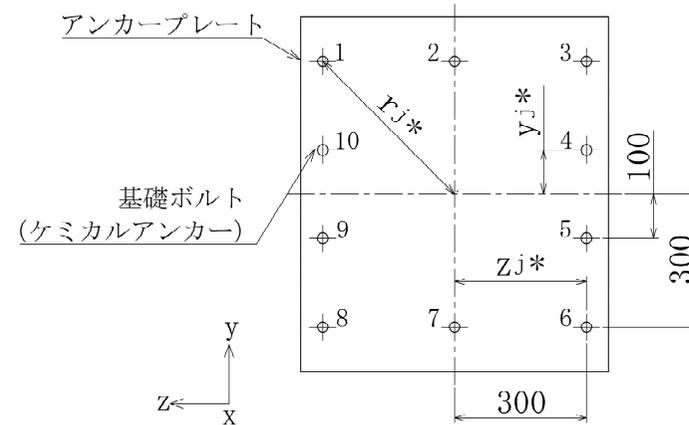
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
配管遮蔽 (その5)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.595 (T.M.S.L. 31.700*)	0.045	0.023	—	—	C _H =1.37	C _V =1.16	—	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

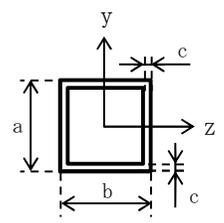
m (kg)	d _o (基礎ボルト) (mm)	A _b (基礎ボルト) (mm ²)	n (本)	y _{1,2,3,6,7,8} (mm)	y _{4,5,9,10} (mm)	z _{1,3,4,5,6,8,9,10} (mm)	z _{2,7} (mm)	r _{1,3,6,8} (mm)	r _{2,7} (mm)	r _{4,5,9,10} (mm)
	20 (M20)	314.2	10	300	100	300	0	424.3	300	316.2

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	STKR400	234	394	234	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≤40mm)	394	231	276



注記* : j は基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ
STKR400	201000	0.3	3938.4	75.9	51.9

	要素番号
	200~202, 300~303, 400, 500~502, 600~602, 1300~1302, 1400~1402, 1500, 1600, 3700, 3800~3802
材料	STKR400
A (mm ²)	8.653×10^3
A _y (mm ²)	4.327×10^3
A _z (mm ²)	4.327×10^3
Z _y (mm ³)	4.980×10^5
Z _z (mm ³)	4.980×10^5
Z _p (mm ³)	8.483×10^5
I _y (mm ⁴)	4.980×10^7
I _z (mm ⁴)	4.980×10^7
I _p (mm ⁴)	7.974×10^7
断面形状	 <p>The diagram shows a square hollow section with an outer side length 'a' and an inner side length 'b'. The wall thickness is 'c'. The y-axis is vertical and the z-axis is horizontal, both originating from the center of the section.</p>
寸法 (mm)	200 × 200 × 12 (a × b × c)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	202	502	—	7.778×10 ⁴	—	3.734×10 ⁴	—	3.455×10 ⁴
	501	501	—	3.538×10 ⁴	—	3.866×10 ⁴	—	7.778×10 ⁴
	1600	1402	—	1.174×10 ⁵	—	4.973×10 ³	—	4.940×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	202	502	—	2.044×10 ³	—	1.879×10 ⁴	—	1.316×10 ⁴
	501	501	—	1.316×10 ⁴	—	1.723×10 ⁴	—	1.197×10 ³
	1600	1402	—	1.064×10 ³	—	6.297×10 ³	—	3.895×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
基礎ボルト	1700	1799	—	8.470×10 ⁴	—	7.713×10 ⁴	—	3.143×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
基礎ボルト	1700	1799	—	2.713×10 ³	—	2.064×10 ⁴	—	7.486×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	F _b		Q _b	
			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
基礎ボルト	1700	1799	—	2.094×10 ⁴	—	9.214×10 ³

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.045

1.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	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
架台	STKR400	引張り	1600	1402	—	—	$\sigma_t = 14$	$f_t = 276$
		圧縮	1600	1402	—	—	$\sigma_c = 14^{*1}$	$f_c = 228$
		せん断	501	501	—	—	$\tau = 36$	$f_s = 159$
		曲げ	202	502	—	—	$\sigma_b = 65$	$f_b = 276$
		組合せ	202	502	—	—	$\sigma_f = 78$	$f_t = 276$
基礎ボルト	SS400	引張り	1700	1799	—	—	$\sigma_{tb} = 67$	$f_{ts} = 165^{*2}$
		せん断	1700	1799	—	—	$\tau_b = 30$	$f_{sb} = 127$

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

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

【配管遮蔽(その6)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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 _d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
配管遮蔽 (その6)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 25.845 (T.M.S.L. 31.700*)	0.034	0.020	—	—	C _H =1.37	C _V =1.16	—	50

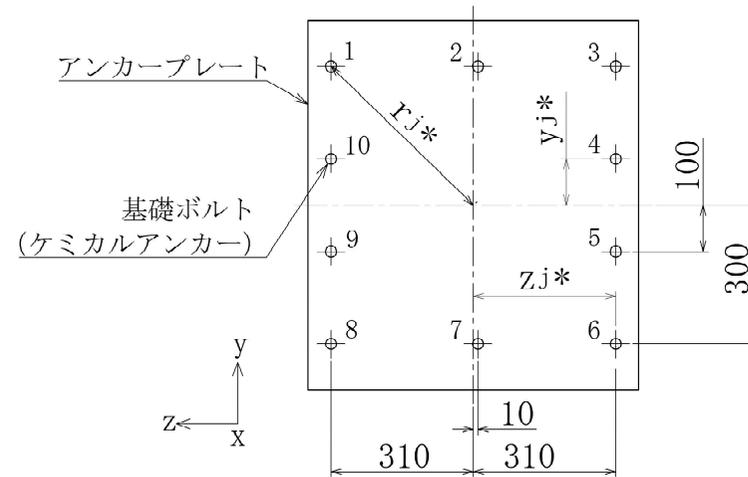
注記*: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

m (kg)	d _o (基礎ボルト) (mm)	A _b (基礎ボルト) (mm ²)	n (本)	Y _{1,2,3,6,7,8} (mm)	Y _{4,5,9,10} (mm)	Z _{1,3,4,5,6,8,9,10} (mm)	Z _{2,7} (mm)	r _{1,3,6,8} (mm)	r _{2,7} (mm)	r _{4,5,9,10} (mm)
	20 (M20)	314.2	10	300	100	310	10	431.4	300.2	325.7

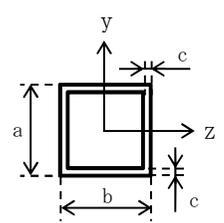
71

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	STKR400	234	394	234	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≤40mm)	394	231	276



注記*: j は基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ
STKR400	201000	0.3	3903.6	75.9	51.4

	要素番号
	200~203, 300~302, 400, 500~502, 600~602, 1300~1302, 1400~1402, 1500, 1600, 1900, 2100~2102, 2200
材料	STKR400
A (mm ²)	8.653×10^3
A _y (mm ²)	4.327×10^3
A _z (mm ²)	4.327×10^3
Z _y (mm ³)	4.980×10^5
Z _z (mm ³)	4.980×10^5
Z _p (mm ³)	8.483×10^5
I _y (mm ⁴)	4.980×10^7
I _z (mm ⁴)	4.980×10^7
I _p (mm ⁴)	7.974×10^7
断面形状	
寸法 (mm)	200 × 200 × 12 (a × b × c)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	302	601	—	3.015×10 ⁴	—	3.667×10 ⁴	—	2.737×10 ⁴
	601	602	—	2.821×10 ⁴	—	3.799×10 ⁴	—	3.015×10 ⁴
	1900	1999	—	1.451×10 ⁵	—	2.437×10 ³	—	4.842×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	302	601	—	1.971×10 ³	—	1.144×10 ⁴	—	1.228×10 ⁴
	601	602	—	1.228×10 ⁴	—	1.084×10 ⁴	—	1.133×10 ³
	1900	1999	—	1.506×10 ³	—	4.528×10 ³	—	2.528×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	1700	1799	—	6.628×10 ⁴	—	6.270×10 ⁴	—	2.909×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・m)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	1700	1799	—	1.595×10 ³	—	1.789×10 ⁴	—	4.407×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
			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
基礎ボルト	1700	1799	—	1.612×10 ⁴	—	7.422×10 ³

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.034

1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素 番号	節点 番号	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
架台	STKR400	引張り	1900	1999	—	—	$\sigma_t = 17$	$f_t = 276$
		圧縮	1900	1999	—	—	$\sigma_c = 17^{*1}$	$f_c = 229$
		せん断	601	602	—	—	$\tau = 26$	$f_s = 159$
		曲げ	302	601	—	—	$\sigma_b = 48$	$f_b = 276$
		組合せ	302	601	—	—	$\sigma_f = 56$	$f_t = 276$
基礎ボルト	SS400	引張り	1700	1799	—	—	$\sigma_{tb} = 52$	$f_{ts} = 165^{*2}$
		せん断	1700	1799	—	—	$\tau_b = 24$	$f_{sb} = 127$

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

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

【配管遮蔽(その7)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

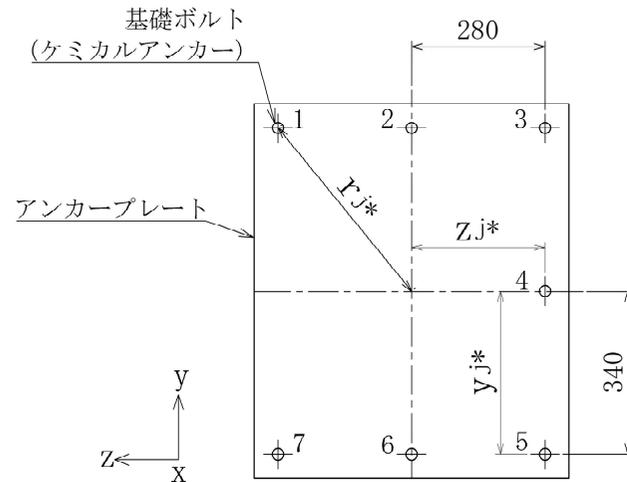
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
配管遮蔽 (その7)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 25.250 (T.M.S.L. 31.700*)	0.048	0.036	—	—	C _H =1.37	C _V =1.16	—	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

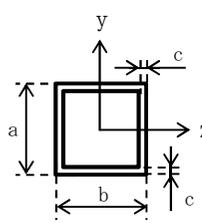
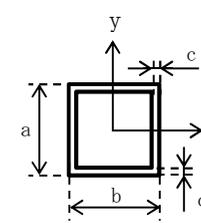
m (kg)	d _o (基礎ボルト) (mm)	A _b (基礎ボルト) (mm ²)	n (本)	y _{1,2,3,5,6,7} (mm)	y ₄ (mm)	z _{1,3,4,5,7} (mm)	z _{2,6} (mm)	r _{1,3,5,7} (mm)	r _{2,6} (mm)	r ₄ (mm)
	20 (M20)	314.2	7	340	0	280	0	440.5	340	280

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
架台	STKR400	234	394	234	276
基礎ボルト	SS400	231 (16mm<径≤40mm)	394	231	276



注記* : j は基礎ボルト番号を示す。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ
STKR400	201000	0.3	5186.9	75.9	68.3

	要素番号	
		200~203, 300~303, 400, 500~502, 600~603, 1200~1201, 1400~1402, 1500~1502, 1600, 1700, 2000, 2100~2103, 2200~2203, 2300, 2400~2403, 2500~2503, 2600, 2700~2703, 2800~2803, 2900, 3900~3902, 4000~4002, 4100, 4200, 4900~4904, 5000~5003, 5100~5102, 5200~5202, 5300, 5400, 5500, 5800~5802, 5900~5905, 6000~6002, 6100~6103, 6200, 6300~6303, 6400~6403, 6500~6502, 6600~6604, 6700, 6800, 6900, 7000, 7900~7902, 8000~8001, 8100~8102, 8200~8201, 9100, 9200~9202, 10900, 11200, 11300, 11600, 11700, 12000, 12100~12102, 12600~12601, 12700~12702, 12900, 13100, 13300~13302, 13400~13401, 13500, 13600, 13900~13903, 14000~14001, 14100, 14200, 14700~14702, 14800~14801, 14900, 15000, 15400~15404, 15500~15505, 15600, 15700, 16300~16302, 16400~16401, 16500, 16800, 17000~17004, 17100~17105, 17200, 17300, 17700~17702, 17800~17801, 17900, 18000, 18600~18604, 18700~18705, 18800, 18900, 19300~19302, 19400~19401, 19500, 19600, 20200~20203, 20300~20301, 20400, 20500, 20900~20902, 21000~21001, 21100, 21200, 21600~21603, 21700~21701, 21800, 21900, 22300~22302, 22400~22401, 22500, 22600, 23000~23003, 23100~23105, 23200, 23300, 23900~23903, 24000~24005, 24100, 24200, 24800~24803, 24900~24905, 25000, 25100, 25700~25703, 25800~25803, 25900~25903, 26000, 26100, 26200~26202, 26300~26305, 26400~26402, 27200, 27600, 27700, 28000, 28200~28202, 28300~28303, 28800~28802, 29100~29102, 29800, 40600, 40700~40702, 40800, 40900~40901
材料	STKR400	STKR400
A (mm ²)	8.653×10^3	4.867×10^3
A _y (mm ²)	4.327×10^3	2.434×10^3
A _z (mm ²)	4.327×10^3	2.434×10^3
Z _y (mm ³)	4.980×10^5	2.100×10^5
Z _z (mm ³)	4.980×10^5	2.100×10^5
Z _p (mm ³)	8.483×10^5	3.579×10^5
I _y (mm ⁴)	4.980×10^7	1.580×10^7
I _z (mm ⁴)	4.980×10^7	1.580×10^7
I _p (mm ⁴)	7.974×10^7	2.523×10^7
断面形状		
寸法 (mm)	200×200×12 (a×b×c)	150×150×9 (a×b×c)

1.3 計算数値

1.3.1 架台の荷重

(単位：N)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	2501	2502	—	3.790×10 ⁴	—	4.416×10 ⁴	—	1.917×10 ⁵
	5200	5201	—	3.033×10 ⁵	—	4.392×10 ⁴	—	4.159×10 ⁴
	6604	6402	—	2.457×10 ⁵	—	3.566×10 ⁴	—	2.547×10 ⁴
	26201	26202	—	3.555×10 ⁴	—	4.956×10 ⁴	—	1.707×10 ⁵

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 架台のモーメント

(単位：N・m)

部材	要素番号	節点番号	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
架台	2501	2502	—	1.021×10 ⁴	—	3.967×10 ⁴	—	9.532×10 ³
	5200	5201	—	3.851×10 ³	—	1.050×10 ⁴	—	1.247×10 ⁴
	6604	6402	—	431.0	—	1.308×10 ⁴	—	1.167×10 ⁴
	26201	26202	—	1.699×10 ⁴	—	1.122×10 ⁴	—	3.581×10 ³

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	26800	26899	—	7.333×10 ⁴	—	4.580×10 ⁴	—	2.860×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・m)

部材	要素 番号	節点 番号	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
基礎ボルト	26800	26899	—	993.9	—	1.664×10 ⁴	—	4.068×10 ⁴

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
			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
基礎ボルト	26800	26899	—	4.230×10 ⁴	—	8.118×10 ³

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.048

1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	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
架台	STKR400	引張り	5200	5201	—	—	$\sigma_t = 35$	$f_t = 276$
		圧縮	6604	6402	—	—	$\sigma_c = 29^{*1}$	$f_c = 198$
		せん断	26201	26202	—	—	$\tau = 62$	$f_s = 159$
		曲げ	2501	2502	—	—	$\sigma_b = 99$	$f_b = 276$
		組合せ	2501	2502	—	—	$\sigma_f = 144$	$f_t = 276$
基礎ボルト	SS400	引張り	26800	26899	—	—	$\sigma_{tb} = 135$	$f_{ts} = 165^{*2}$
		せん断	26800	26899	—	—	$\tau_b = 26$	$f_{sb} = 127$

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

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

VI-2-8-5 その他の放射線管理施設の耐震性についての計算書

VI-2-8-5-1 中央制御室外気取入れ・排気ダクトの
耐震性についての計算書

まえがき

本書は、設計及び工事計画認可申請書に添付する中央制御室外気取入れ・排気ダクトの耐震計算について説明するものである。

本書は、以下により構成される。

- (1) 中央制御室外気取入れ・排気ダクトの耐震性についての計算書
- (2) 中央制御室外気取入れ・排気ダクト（7号機設備）の耐震性についての計算書

- (1) 中央制御室外気取入れ・排気ダクトの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）（6,7号機共用）及び中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）（6,7号機共用）の耐震性が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第50条に適合することを説明するものである。

中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）及び中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-2-8-5-1「中央制御室外気取入れ・排気ダクトの耐震性についての計算書」による。

- (2) 中央制御室外気取入れ・排気ダクト（7号機設備）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本資料は、中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）（7号機設備，6,7号機共用）及び中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）（7号機設備，6,7号機共用）の耐震性が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第50条に適合することを説明するものである。

中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）及び中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）の耐震性に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-2-8-5-1「中央制御室外気取入れ・排気ダクトの耐震性についての計算書」による。