

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0081_改0
提出年月日	2021年7月16日

VI-2-4-2-4 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）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.	検出器の評価	8
4.1	検出器の地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1.1	検出器の地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.1.2	検出器の荷重の組合せ及び許容応力	8
4.1.3	検出器の解析モデル及び諸元	11
4.1.4	検出器の固有周期	13
4.1.5	検出器の設計用地震力	14
4.1.6	検出器の計算方法	15
4.1.7	検出器の計算条件	15
4.1.8	検出器の応力の評価	15
5.	検出器架台の評価	16
5.1	検出器架台の固有周期	16
5.1.1	検出器架台の固有値解析方法	16
5.1.2	検出器架台の解析モデル及び諸元	16
5.1.3	検出器架台の固有値解析結果	17
5.2	検出器架台の構造強度評価	18
5.2.1	検出器架台の構造強度評価方法	18
5.2.2	検出器架台の荷重の組合せ及び許容応力	18
5.2.3	検出器架台の設計用地震力	20
5.2.4	検出器架台の計算方法	21
5.2.5	検出器架台の計算条件	25
5.2.6	検出器架台の応力の評価	25
6.	機能維持評価	26
6.1	電氣的機能維持評価方法	26
7.	評価結果	27
7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	27

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）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。

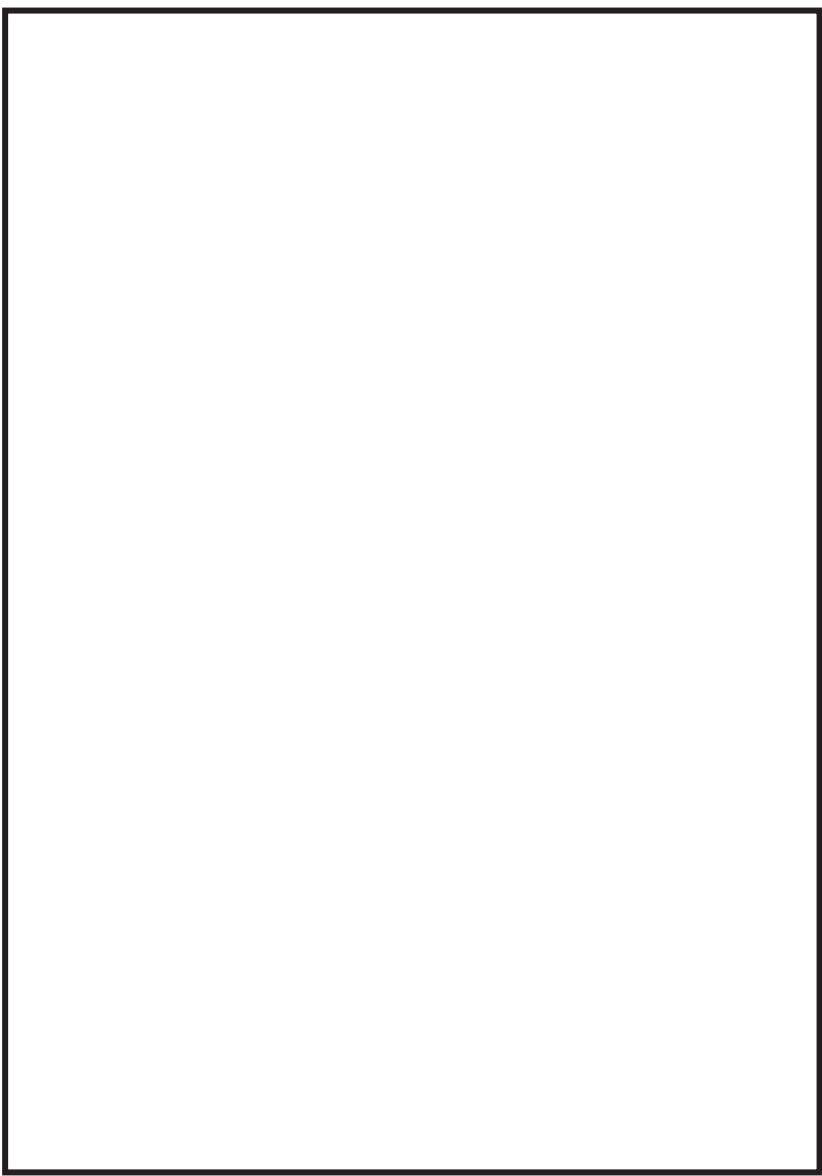
使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）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、<input type="text"/>を検出器架台梁<input type="text"/>に接続する。</p> <p>検出器架台梁及び検出器架台は、検出器架台取付ボルトによりベースプレートに固定され、ベースプレートは、基礎ボルトにより基礎に設置する。</p> <p>また、検出器は使用済燃料プール壁面の埋込金物及び使用済燃料プール床に据付ける検出器サポートで固定する。</p>	<p>测温抵抗体式温度検出器及びガイドパルス式水位検出器（検出器はベースプレートに設置した検出器架台により固定された検出器架台梁及び検出器サポートで固定する構造）</p>	<p>【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）】</p> 

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 2.2 評価方針

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、検出器については「4.1.3 検出器の解析モデル及び諸元」及び「4.1.4 検出器の固有周期」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、「4.1 検出器の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し、検出器架台については「5.1 検出器架台の固有周期」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、「5.2 検出器架台の構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「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。

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

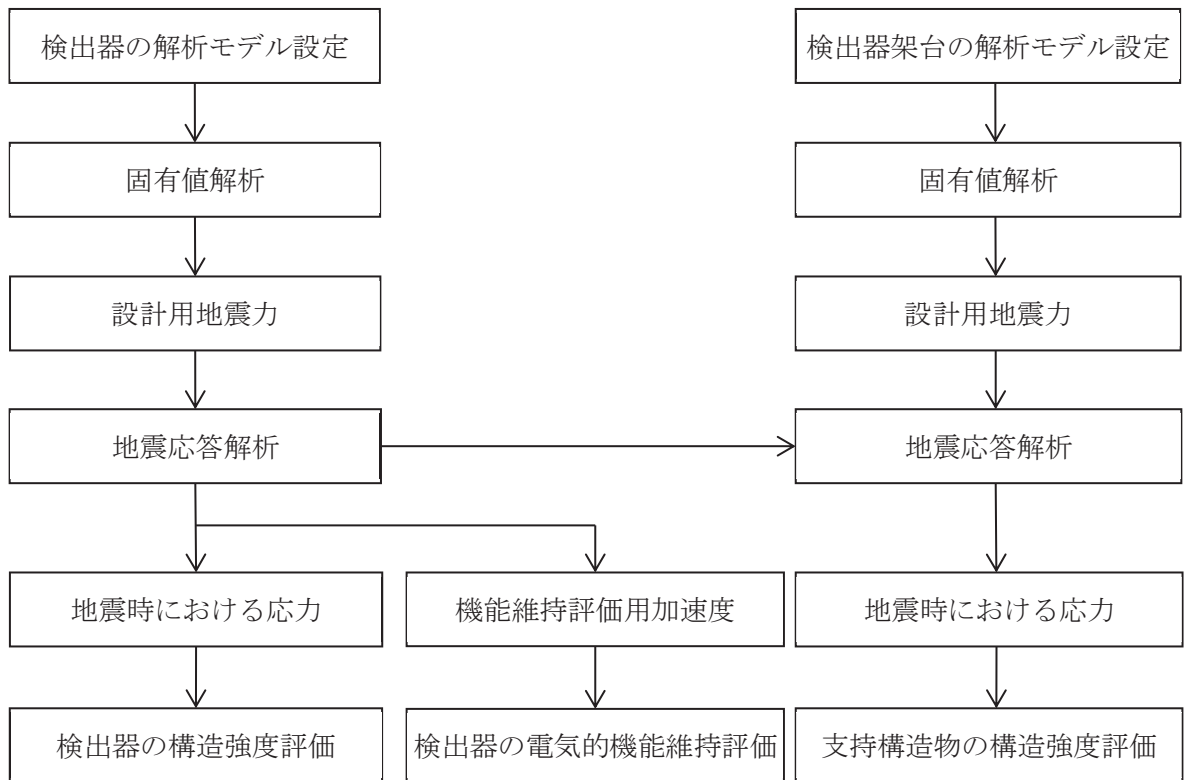


図 2-1 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震評価フロー

### 2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	基礎ボルトの呼び径	$\text{mm}$
$d_o$	検出器保護管外径	$\text{mm}$
$d_i$	検出器保護管内径	$\text{mm}$
$E$	縦弾性係数	$\text{MPa}$
$F$	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	$\text{MPa}$
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	$\text{MPa}$
$F_b$	基礎ボルトに作用する引張力 (1 本あたり)	$\text{N}$
$F_x$	検出器取付部における水平方向荷重	$\text{N}$
$F_{x1}$	地震力における水平方向荷重	$\text{N}$
$F_{x11}$	地震力における X 方向荷重	$\text{N}$
$F_{x12}$	地震力における Y 方向荷重	$\text{N}$
$F_z$	検出器取付部における鉛直方向荷重	$\text{N}$
$F_{xB}$	検出器取付部に作用する力 (水平方向)	$\text{N}$
$F_{zB}$	検出器取付部に作用する力 (鉛直方向)	$\text{N}$
$f_{sb}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	$\text{MPa}$
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	$\text{MPa}$
$f_{ts}$	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	$\text{MPa}$
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h_1$	検出器架台の据付面から重心までの距離	$\text{mm}$
$h_2$	検出器取付部から検出器架台の重心までの鉛直方向距離	$\text{mm}$
$l_1$	検出器架台の重心と基礎ボルト間の水平方向距離	$\text{mm}$
$l_2$	検出器架台の重心と基礎ボルト間の水平方向距離	$\text{mm}$
$l_b$	検出器取付部中心から重心までの水平方向距離	$\text{mm}$
$l_p$	検出器長さ	$\text{mm}$
$M_x$	検出器架台の重心における検出器取付部から作用するモーメント (X 軸回り)	$\text{N} \cdot \text{mm}$
$M_y$	検出器架台の重心における検出器取付部から作用するモーメント (Y 軸回り)	$\text{N} \cdot \text{mm}$
$m_{b1}$	検出器架台質量	$\text{kg}$
$m_{b2}$	検出器架台梁質量	$\text{kg}$
$m_p$	検出器質量	$\text{kg}$
$m_w$	検出器内包水質量	$\text{kg}$
$n$	基礎ボルトの本数	—

記号	記号の説明	単位
$n_f$	評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数	—
$Q_b$	基礎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
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_p$	検出器に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_{p1}$	地震力における曲げ応力	MPa
$\sigma_{p11}$	地震力における軸応力	MPa
$\sigma_{p12}$	検出器に生じる組合せ応力	MPa
$\sigma_{p2}$	死荷重における軸応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\nu$	ポアソン比	—
X	E W 方向	—
Y	N S 方向	—
Z	鉛直方向	—



## 2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、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 に示すとおりである。

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
刺激係数	—	小数点以下第 4 位	四捨五入	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 <sup>2</sup>	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	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位*3

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

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震評価は、検出器とそれを支持する検出器架台について評価を行う。

検出器については、「4.1 検出器の地震応答解析及び構造強度評価」に示す条件に基づき評価を実施する。また、検出器架台については、「5.2 検出器架台の構造強度評価」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評価を実施する。

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）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. 検出器の評価

#### 4.1 検出器の地震応答解析及び構造強度評価

##### 4.1.1 検出器の地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 地震力は、検出器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) 曲げの変形モードを考慮する。
- (3) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 4.1.2 検出器の荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.1.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器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。

###### 4.1.2.2 検出器の許容応力

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

###### 4.1.2.3 検出器の使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器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
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	使用済燃料プール水位/ 温度（ガイドパルス式）	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	$IV_{AS}$
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限界 を用いる。)

注記 \*1：「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，「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 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)				
	一次応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	組合せ
IV <sub>AS</sub>					
V <sub>AS</sub> (V <sub>AS</sub> としてIV <sub>AS</sub> の 許容限界を用いる。)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
検出器		周囲環境温度	169	—	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.1.3 検出器の解析モデル及び諸元

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器の解析モデルを図 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【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）(G41-LE201, TE202, TE203) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器は、図 4-1 に示す 3 次元管モデルとして考える。
- (2) 拘束条件は、検出器  を、  
 を固定する。
- (3) 円柱形状の検出器に含まれる水の質量及び水中の機器の形状により排除される検出器周囲の流体の質量である付加質量を考慮し、水の質量及び付加質量は、検出器の全長にわたって水平方向に等分布に与えられる。
- (4) 解析コードは、「ANSYS」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

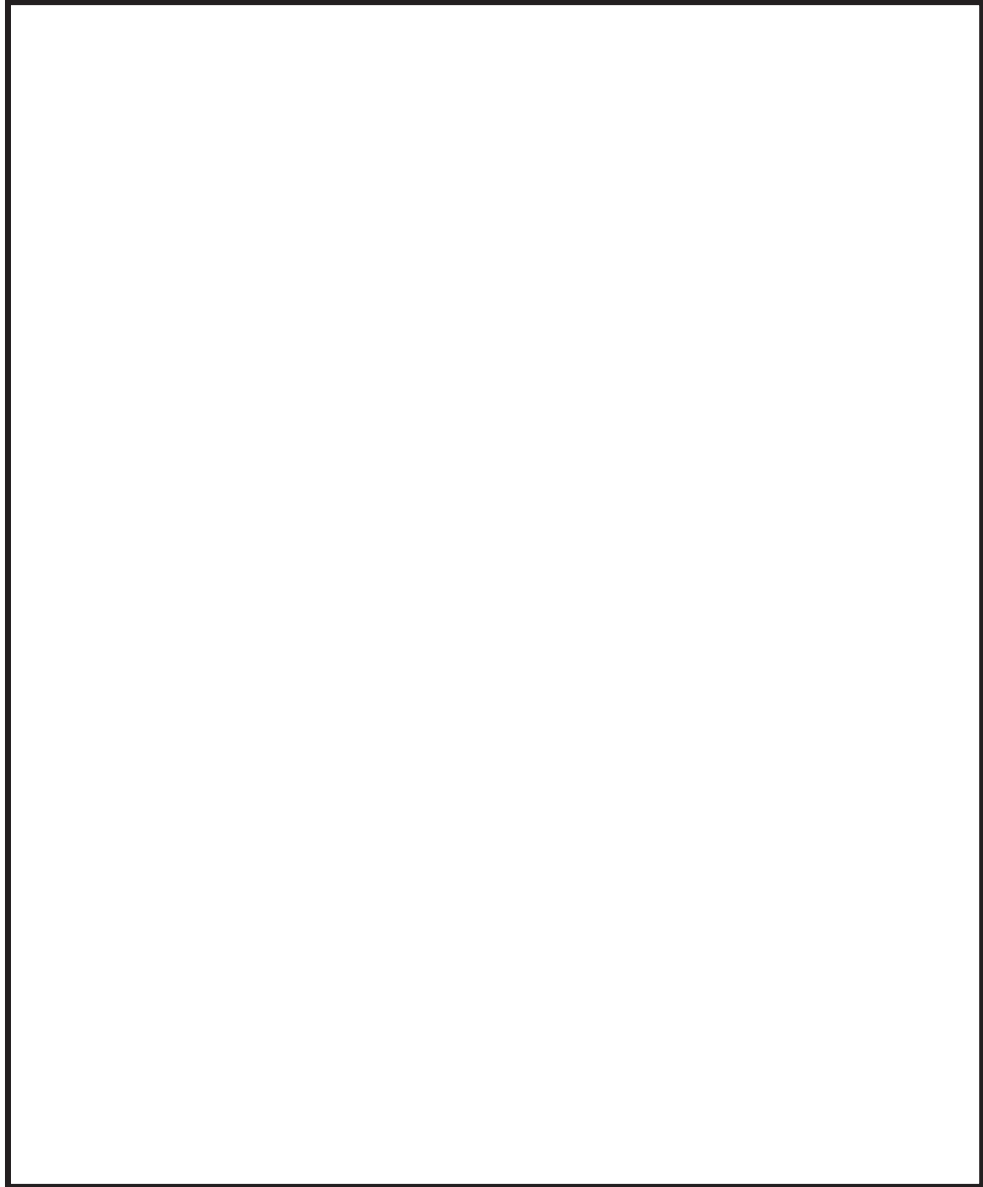


図4-1 検出器の解析モデル

4.1.4 検出器の固有周期

検出器の固有値解析の結果を表 4-4 に、振動モード図を図 4-2 に示す。固有周期は、0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。鉛直方向は、16 次モード以降で卓越し、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 検出器の固有周期

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	Y方向	
1次	水平方向				
2次	水平方向				
3次	水平方向				
4次	水平方向				
5次	水平方向		—	—	—
6次	水平方向		—	—	—
7次	水平方向		—	—	—
8次	水平方向		—	—	—
9次	水平方向		—	—	—
10次	水平方向		—	—	—
11次	水平方向		—	—	—
12次	水平方向		—	—	—
13次	水平方向		—	—	—
14次	水平方向		—	—	—
15次	水平方向		—	—	—
16次	鉛直方向		—	—	—

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有値ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

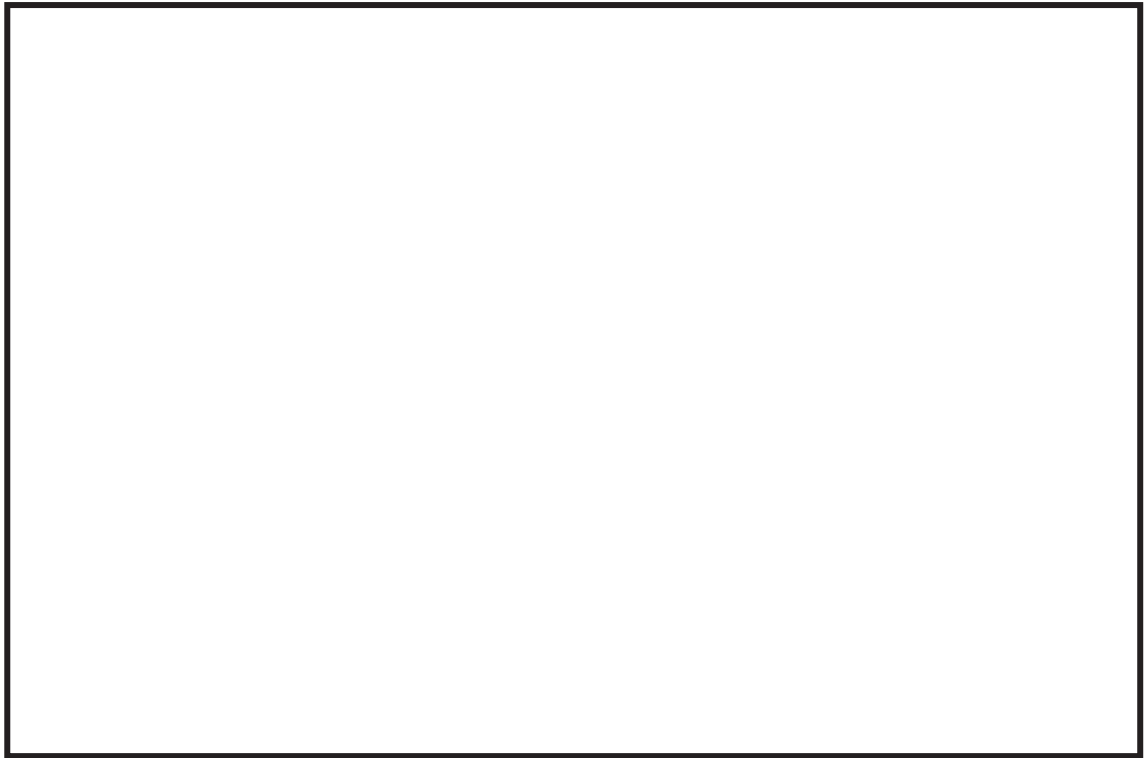


図4-2 検出器振動モード図

4.1.5 検出器の設計用地震力

耐震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<sub>s</sub>」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-5 検出器の評価に用いる設計用地震力（重大事故等対処施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		減衰定数 (%)	
	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	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 O.P. 33.20* <sup>1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =2.65 又は* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.77	1.0	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：基準地震動 S<sub>s</sub>に基づく設計用床応答曲線より得られる値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



#### 4.1.6 検出器の計算方法

##### 4.1.6.1 地震力における応力の算出

- (1) 図4-1に示す解析モデルによりスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) スペクトルモーダル解析により X 及び Y 方向における各節点の曲げモーメントを算出する。また、X 及び Y 方向の曲げモーメントは、S R S S 法を用いて組み合わせる。
- (3) 組み合わせた曲げモーメントを用いて、検出器の水平方向に発生する曲げ応力を算出する。算出結果を表4-6に示す。

表4-6 地震力における曲げ応力

曲げ応力 $\sigma_{p1}$ (MPa)

- (4) 静的解析により検出器の Z 方向に発生する軸応力を算出する。
- (5) 水平方向の曲げ応力に Z 方向の軸応力を S R S S 法を用いて組み合わせる。

##### 4.1.7 検出器の計算条件

解析に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）(G41-LE201, TE202, TE203) の耐震性についての評価結果】の設計条件及び機器要目に示す。

##### 4.1.8 検出器の応力の評価

4.1.6.1項で求めた検出器に生じる応力は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める使用材料の設計降伏点  $S_y$  以下であること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 5. 検出器架台の評価

### 5.1 検出器架台の固有周期

#### 5.1.1 検出器架台の固有値解析方法

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台は「5.1.2 検出器架台の解析モデル及び諸元」に示すシェル要素及びソリッド要素として考える。

#### 5.1.2 検出器架台の解析モデル及び諸元

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台の解析モデルを図 5-1 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【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）（G41-LE201, TE202, TE203）の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 拘束条件として、基礎ボルト部で X Y Z 方向を固定する。
- (2) 解析コードは「ANSYS」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、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

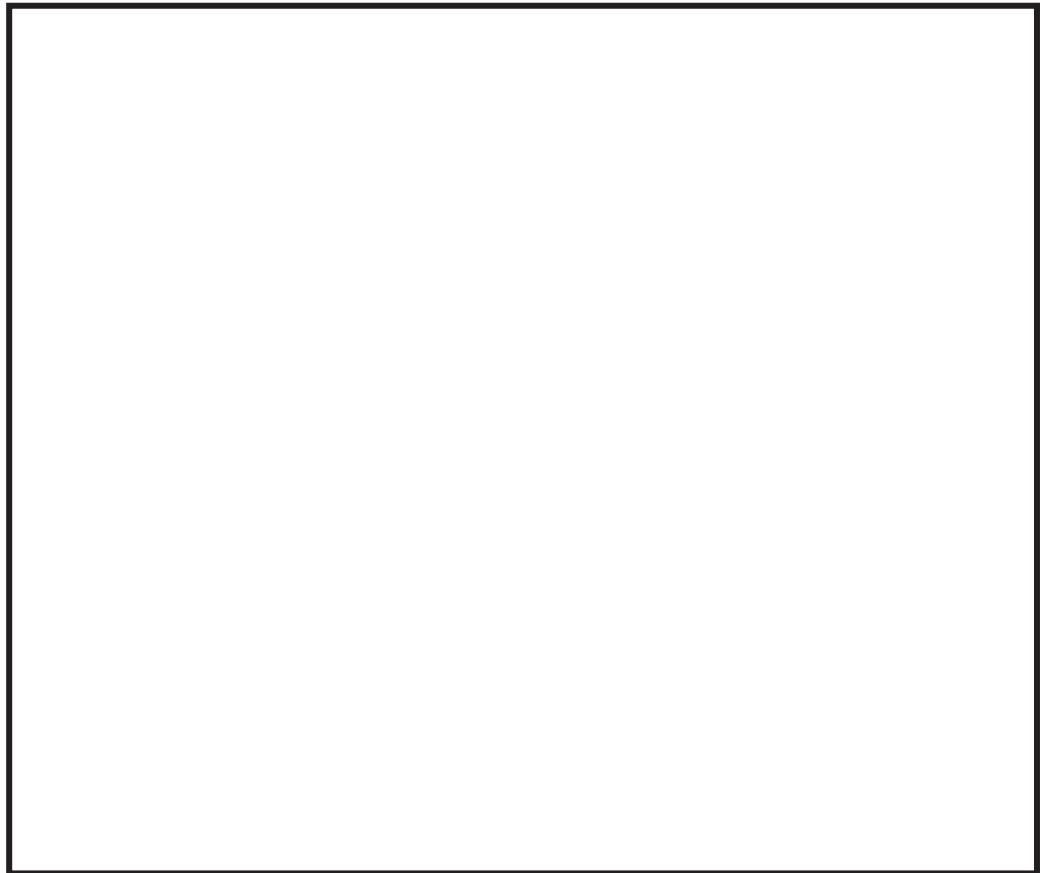


図 5-1 検出器架台の解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 5.1.3 検出器架台の固有値解析結果

検出器架台の固有値解析結果を表 5-1 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5-1 検出器架台の固有周期

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	Y方向	
1次	鉛直方向		—	—	—

## 5.2 検出器架台の構造強度評価

### 5.2.1 検出器架台の構造強度評価方法

5.1.2 項(1)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台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) 「4.1.6 検出器の計算方法」に示す検出器の解析により得られた検出器取付部における荷重を、基礎ボルトの応力計算において組み合わせて評価するものとする。
- (3) 検出器架台の質量は、重心に集中するものとする。
- (4) 検出器架台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を設定するものとする。
- (5) 検出器架台の転倒方向は、図 5-2 及び図 5-3 に示す左右方向及び前後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。
- (6) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### 5.2.2 検出器架台の荷重の組合せ及び許容応力

#### 5.2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台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。

#### 5.2.2.2 検出器架台の許容応力

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

#### 5.2.2.3 検出器架台の使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台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 5-2 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
IV <sub>AS</sub>	1.5・f <sub>s</sub> *	
V <sub>AS</sub> (V <sub>AS</sub> としてIV <sub>AS</sub> の 許容限界を用いる。)	1.5・f <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	174	472	205

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 5.2.3 検出器架台の設計用地震力

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、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 検出器架台の評価に用いる設計用地震力（重大事故等対処施設）

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
原子炉建屋 O.P. 33.20* <sup>1</sup>	0.05 以下* <sup>2</sup>		—	—	$C_H=2.65$	$C_V=1.77$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有値解析により0.05秒以下であり剛であることを確認した。

## 5.2.4 検出器架台の計算方法

### 5.2.4.1 地震力における応力の算出

- (1) 検出器の地震応答解析により得られた検出器取付部におけるX及びY方向の荷重を用いる。
- (2) 地震力におけるそれぞれのX及びY方向の荷重をS R S S法を用いて水平方向荷重を算出する。算出結果を表5-5に示す。

表5-5 地震力における水平方向荷重 (単位：N)

X方向荷重 $F_{x11}$	Y方向荷重 $F_{x12}$	水平方向荷重 $F_{x1}$

- (3) 検出器は鉛直方向において剛構造であることから、取付床面高さにおける鉛直方向設計震度を用いて検出器取付部における鉛直方向荷重を算出する。
- (4) 地震における鉛直方向荷重及び死荷重の最大値を絶対値和することにより、検出器取付部における鉛直方向荷重を算出する。検出器取付部における荷重の算出結果を表5-6に示す。

表5-6 検出器取付部における荷重 (単位：N)

水平方向荷重 $F_x$	鉛直方向荷重 $F_z$

#### 5.2.4.2 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、検出器が架台の取付け部にもたらず荷重から算出された転倒モーメントにより生じる引張力とせん断力について計算する。

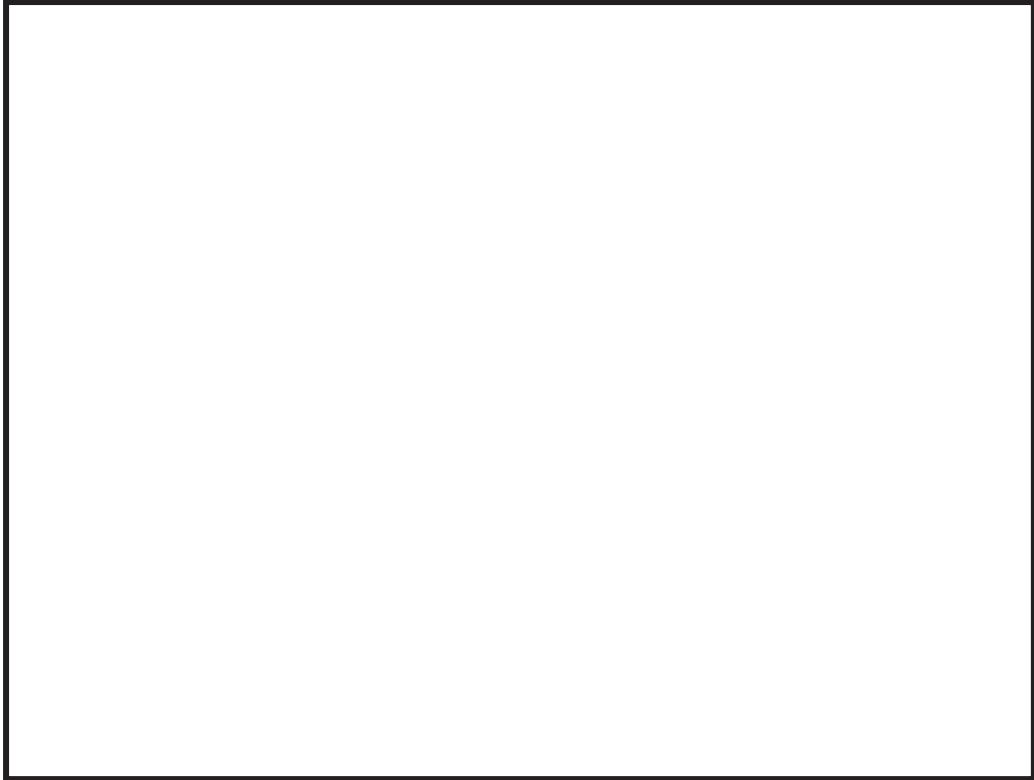


図 5-2 計算モデル（左右方向転倒）



図 5-3 計算モデル（前後方向転倒）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(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5-2及び図5-3で最外列の基礎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

左右方向 (計算モデル図5-2の場合)

$$F_b = \frac{m_{b1} \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m_{b1} \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1 + M_x}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.2.4.2.1)$$

前後方向 (計算モデル図5-3の場合)

$$F_b = \frac{m_{b1} \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m_{b1} \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1 + M_y}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.2.4.2.2)$$

ここで、水平及び鉛直方向の検出器取付部に作用する力  $F_{xB}$  及び  $F_{zB}$  は次式で求める。

$$F_{xB} = C_H \cdot g \cdot m_{b2} + F_x \dots\dots\dots (5.2.4.2.3)$$

$$F_{zB} = (C_V - 1) \cdot g \cdot m_{b2} + F_z \dots\dots\dots (5.2.4.2.4)$$

また、検出器架台の重心における検出器取付部から作用する X 軸及び Y 軸周りのモーメント  $M_x$  及び  $M_y$  は次式で求める。

$$M_x = F_{zB} \cdot \ell_1 + F_{xB} \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.2.4.2.5)$$

$$M_y = F_{zB} \cdot (\ell_b + \ell_2) + F_{xB} \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.2.4.2.6)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.2.4.2.7)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積  $A_b$  は次式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.2.4.2.8)$$

(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

$$Q_b = m_{b1} \cdot g \cdot C_H + F_{xB} \dots\dots\dots (5.2.4.2.9)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.2.4.2.10)$$

5.2.5 検出器架台の計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）（G41-LE201, TE202, TE203）の耐震性についての評価結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.2.6 検出器架台の応力の評価

5.2.6.1 基礎ボルトの応力評価

5.2.4項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma_b$ 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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots \dots \dots (5.2.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ 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。

$\begin{matrix} \diagdown \\ \diagup \end{matrix}$	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 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の電氣的機能時評価について以下に示す。

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

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式の構成部位のランダム波加振試験により電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式） (G41-LE201, TE202, TE203)	水平方向	
	鉛直方向	

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）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ページ以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次ページ以降の表に示す。

【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）（G41-LE201，TE202，TE203）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 検出器

1.1.1 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール水位／ 温度（ガイドパルス式） （G41-LE201，TE202， TE203）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 0.P.33.20*1			—	—	C <sub>H</sub> =2.65 又は*2	C <sub>V</sub> =1.77	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：基準地震動 S<sub>s</sub> に基づく設計用床応答スペクトルより得られる値

1.1.2 機器要目

部材	m <sub>p</sub> (kg)	m <sub>w</sub> (kg)	d <sub>o</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	θ <sub>p</sub> (mm)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
検出器						169	—	—	—

E (MPa)	ν (-)	要素数 (個)	節点数 (個)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.1.3 固有周期 (単位：s)

モード	固有周期	卓越方向
1次		水平方向
2次		水平方向
3次		水平方向
4次		水平方向
5次		水平方向
6次		水平方向
7次		水平方向
8次		水平方向
9次		水平方向
10次		水平方向
11次		水平方向
12次		水平方向
13次		水平方向
14次		水平方向
15次		水平方向
16次		鉛直方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.1.4 計算数値

1.1.4.1 検出器に生じる応力

方向	地震力における曲げ応力	地震力における軸応力	死荷重における軸応力	検出器に生じる曲げ応力	検出器に生じる組合せ応力
X方向					
Y方向					
Z方向					
水平方向					
3方向					

(単位：MPa)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



1.2 検出器架台

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度			基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式) (G41-LE201, TE202, TE203)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋 0.P.33.20*1	0.05 以下*2		—	—		C <sub>H</sub> =2.65 C <sub>V</sub> =1.77		

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有値解析により 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2.2 機器要目

部材	m <sub>b1</sub> (kg)	m <sub>b2</sub> (kg)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	n <sub>f</sub> *
基礎ボルト											

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、  
下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)	F (MPa)	F*	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	174	472	205	205	205	—	前後方向

E (MPa)	ν (-)	要素数 (個)	節点数 (個)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 検出器取付部における荷重 (単位：N)	
方向	検出器取付部における荷重
X方向	[Blank Box]
Y方向	
水平方向	
Z方向	

1.2.3.2 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)						
部 材	F <sub>x B</sub>		F <sub>z B</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—		—	

1.2.3.3 基礎ボルトに作用するモーメント (単位：N・mm)				
部 材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 結論

1.3.1 使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式) の応力

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器		曲げ	—	—	$\sigma_p = 125$	$S_y = 169$
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b = 21$	$f_{t,s} = 123^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 11$	$f_{s,b} = 94$

注記\* :  $f_{t,s} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t,o} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t,o}]$ より算出

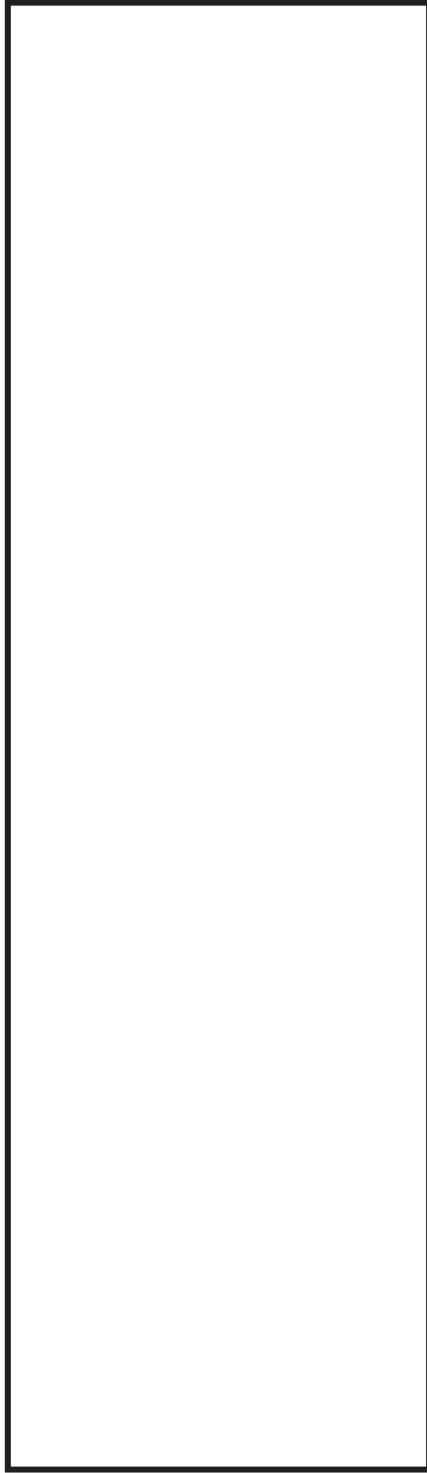
すべて許容値応力以下である。

1.3.2 電氣的機能維持の評価結果

使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式) (G41-LE201, TE202, TE203)	機能維持評価用加速度*		機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )
	水平方向	鉛直方向	
	2.21		
	1.47		

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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



正面 (左右方向)

側面 (前後方向)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。