

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-補-E-19-0600-39-3_改0
提出年月日	2021年6月18日

補足-600-39-3 火災感知器の支持架台の耐震性について

2021年6月
東北電力株式会社

目 次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
3.	固有周期及び構造強度評価	4
3.1	固有周期及び構造強度評価方法	4
3.2	荷重の組合せ及び許容応力	4
3.3	解析モデル及び諸元	6
3.4	固有周期	7
3.5	設計用地震力	8
3.6	計算方法	8
4.	評価結果	9

1. 概要

本計算書は、火災感知器（煙感知器，熱感知器，防水型熱感知器及び防爆型煙感知器①）の支持架台（以下「支持架台」という。）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度*を有していることを確認するものである。

注記*：火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

2. 一般事項

支持架台の応力評価に用いる記号の定義を表2-1に示す。

表2-1 支持架台の応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
E	縦弾性係数	N/mm ²
A _x	部材の断面積	mm ²
A ₁	せん断断面積(X方向)	mm ²
A ₂	せん断断面積(Z方向)	mm ²
I _x	曲げ応力のための断面性能	mm ⁴
I ₁	断面二次モーメント	mm ⁴
I ₂	断面二次モーメント	mm ⁴
Z ₁	断面係数(X方向)	mm ³
Z ₂	断面係数(Z方向)	mm ³
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8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
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3及びSSB-3133に定める値	MPa
σ	フレームの組合せ応力	MPa
σ_a	フレームの軸応力	MPa
σ_b	フレームの曲げ応力	MPa
τ	フレームのせん断応力	MPa
τ_x	フレームのせん断応力 (X軸方向)	MPa
τ_y	フレームのせん断応力 (y軸方向)	MPa
f_t	許容引張応力	MPa

2.1 構造計画

支持架台の構造計画を表2-2に示す。

表2-2 支持架台の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
<ul style="list-style-type: none"> ・熱感知器 ・煙感知器 ・防水型熱感知器 ・防爆型煙感知器① 	<p>各火災感知器は、取付ボルトにて支持架台に取付け、支持架台を基礎ボルトにより、建屋躯体に据え付ける。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・熱感知器 ・煙感知器 ・防水型熱感知器 ・防爆型煙感知器① <p>(天井取付形)</p>	<p>平面図</p> <p>A~A 矢視図</p> <p>B~B 矢視図 (単位: mm)</p>

注記* : 評価対象を示す。

3. 固有周期及び構造強度評価

3.1 固有周期及び構造強度評価方法

3.1.1 固有周期確認方法

支持架台について、3次元FEMモデルによる解析を実施する。

3.1.2 構造強度評価方法

支持架台の構造強度評価は、固有周期確認の結果、1次固有振動数が20Hz以上の場合には剛構造として1.2ZPAの加速度による静的解析を実施し、20Hz未満の場合は、柔構造として支持架台の固有周期に応じた床応答スペクトルの値を用いて静的解析を実施する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」の「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、支持架台の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表3-1に示す。

3.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

支持架台における許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表3-2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	評価部位	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他の発電用原 子炉の附属施設	支持架台	C	—*	$D + P_D + M_D + S_S$	IV_{AS}

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表3-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界（部材）
	一次応力
	組合せ
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$

表3-3 許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価対象 部位	材料	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
支持架台	SS400	40 (周囲環境温度)	245	400	280

3.3 解析モデル及び諸元

支持架台の解析モデルを図3-1及び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【支持架台の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 解析モデルは、各部材を表3-4に示す要素を用いてモデル化する。
- (2) 拘束条件は、基礎ボルト部位置においてピン支持とする。
- (3) 解析コードは、「SAP-4」を使用し、固有値及び荷重を求める。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要・SAP-4」に示す。

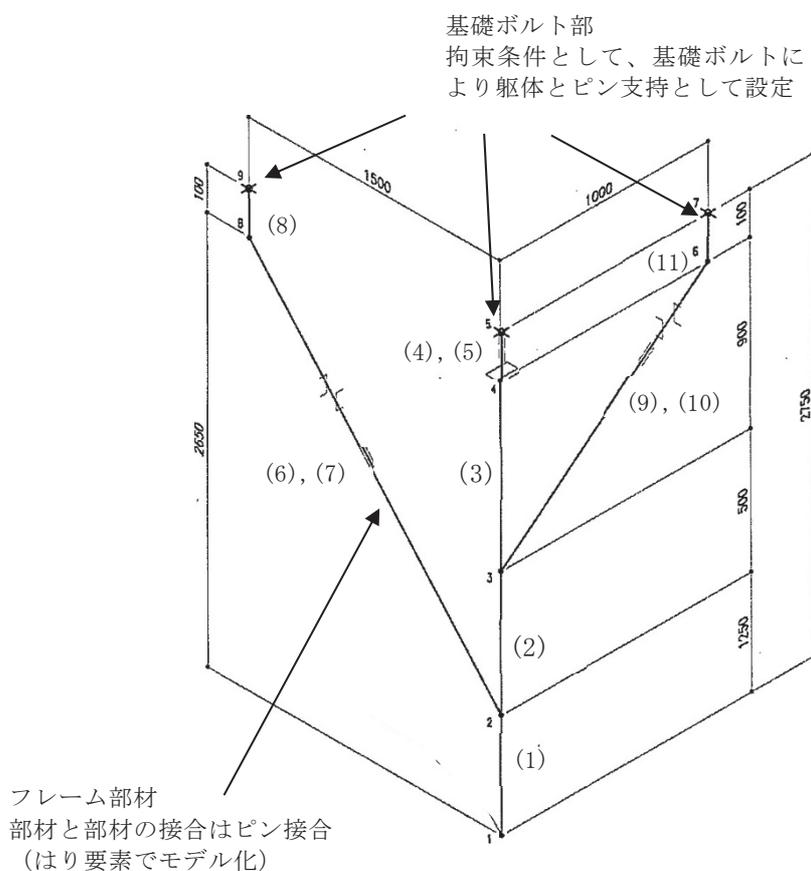


図 3-1 解析モデル

表 3-4 使用要素

使用要素	要素番号	使用材料	使用断面
梁要素	(1), (2), (3), (8), (11)	SS400	
	(4), (5)		
	(6), (7), (9), (10)		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

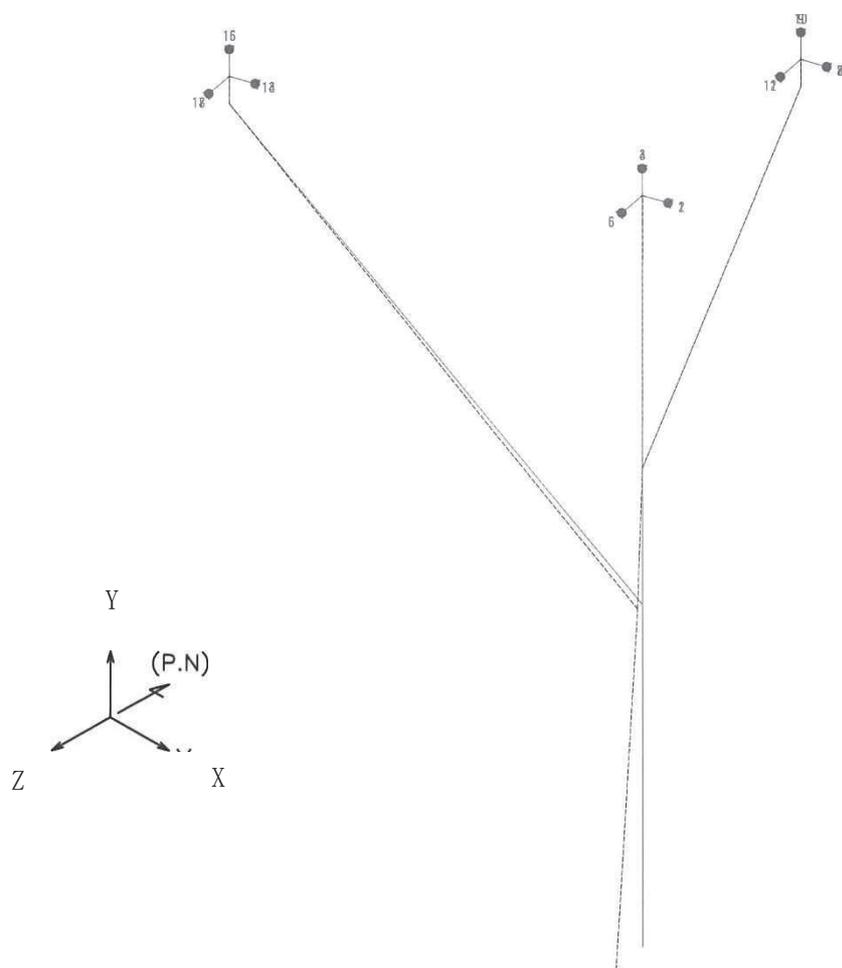
3.4 固有周期

支持架台の固有周期の確認結果を表3-4に、振動モード図を図3-2に示す。

1次モードは水平方向に卓越し、固有周期が0.050秒以下であり剛であることを確認した。

表3-5 支持架台の固有周期 (単位：s)

モード	固有周期	卓越方向
1次		水平



1次方向モード

図 3-2 振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.5 設計用地震力

支持架台の耐震計算に用いる設計用地震力については、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

3.6 計算方法

3次元FEMモデルによる解析結果から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

支持架台の軸応力，曲げ応力及びせん断応力を用いて，以下の式により支持架台の組合せ応力を算出する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\sigma_a + \sigma_b\right)^2 + 3 \cdot \left(\tau_x^2 + \tau_y^2\right)} \cdot \dots \dots \dots (5.4.4.1)$$

4. 評価結果

支持架台の構造強度評価結果を次頁以降の表に示す。なお、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。

評価結果については、解析の結果、裕度(許容値／発生値)が最小となるものを代表とし要素番号(3)の評価結果を記載する。

【支持架台の耐震性についての計算結果】

1.1 設計条件

評価部位	耐震重要度 分類	設置場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		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	
支持架台	C	原子炉建屋 O.P. 50.50*1			$C_H = 7.28$	$C_V = 2.09$	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析より 0.050 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 支持架台

部材	E (MPa)	A_x (mm ²)	A_1 (mm ²)	A_2 (mm ²)	I_x (mm ⁴)	I_1 (mm ⁴)	I_2 (mm ⁴)	Z_1 (mm ³)	Z_2 (mm ³)

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
SS400	245	400	280

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 固有周期 (単位：s)

水平方向	
鉛直方向	

1.3.2 応力 (単位：MPa)

評価部位	要素番号	材料	応力分類	算出応力	許容応力
支持架台	要素 (3)	SS400	組合せ応力	$\sigma_a = 43$	$f_t = 280$

すべて許容応力以下である。