

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-370 改3
提出年月日	平成30年9月7日

V-2-別添1-3 火災受信機盤の耐震計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
3.	固有周期	6
3.1	解析方法	6
3.2	固有値解析結果	6
3.3	設計用地震力	7
4.	構造強度評価	8
4.1	構造強度評価方法	8
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	8
5.	機能維持評価	10
5.1	電氣的機能維持評価方法	10
6.	評価結果	12

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」（以下、「別添 1-1」という。）に示すとおり、火災受信機盤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おり、火災を早期に感知する機能を保持することを確認するものである。

2. 一般事項

2.1 構造計画

火災受信機盤等の構造計画を表 2-1 に示す。

また、火災受信機盤等における基礎ボルトの構造強度評価モデルの諸元を表 2-2、表 2-3、表 2-4、表 2-5 に示す。

なお、火災受信機盤の位置は、火災感知器からの作動信号を常時監視できるよう、中央制御室に設置する。

表 2-1 構造計画 (1/2)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
火災受信機盤	火災受信機盤は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋躯体に据え付ける。	火災受信機盤（壁支持を含む垂直自立型*）	<p>（単位：mm）</p> <p>* 評価上は壁支持（振れ止め金具）を含まない。</p>
制御監視盤	制御監視盤は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋躯体に据え付ける。	制御監視盤（垂直自立形）	<p>（単位：mm）</p>
ユーザーコンソールユニット	ユーザーコンソールユニットは、取付バンドにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋躯体に据え付ける。	ユーザーコンソールユニット（壁掛形）	<p>（単位：mm）</p>

NT2 補② V-2-別添 1-3 R3

表 2-1 構造計画 (2/2)

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
モニタ	モニタの上部及び下部は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋躯体に据え付ける。	モニタ (壁掛形)	<p>(単位：mm)</p>

表 2-2 火災受信機盤 構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A_b	mm ²	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	m/s ²	
取付面から重心までの距離	h_1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離 (垂直自立形 短辺方向)	l_1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離 (垂直自立形 短辺方向)	l_2	mm	
重心とボルト間の水平方向距離 (垂直自立形 長辺方向)	l_1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離 (垂直自立形 長辺方向)	l_2	mm	
盤の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	6
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (垂直自立形 短辺方向)	n_f	—	1
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (垂直自立形 長辺方向)	n_f	—	2

NT2 補② V-2-別添 1-3 R3

表 2-3 制御監視盤 構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A_b	mm^2	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	m/s^2	
取付面から重心までの距離	h_1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離 (垂直自立形 短辺方向)	l_1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離 (垂直自立形 短辺方向)	l_2	mm	
重心とボルト間の水平方向距離 (垂直自立形 長辺方向)	l_1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離 (垂直自立形 長辺方向)	l_2	mm	
盤の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (垂直自立形 短辺方向)	n_f	—	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (垂直自立形 長辺方向)	n_f	—	2

表 2-4 ユーザーコンソールユニット 構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値	
ボルトの軸断面積	A_b	mm^2		
ボルトの呼び径	d	mm		
重力加速度	g	m/s^2		
取付面から重心までの距離	h_1	mm		
重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	l_1	mm		
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	l_2	mm		
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	l_3	mm		
機器の質量	m	kg		
ボルトの本数	n	—		4
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)	n_{fH}	—		2
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)	n_{fV}	—	2	

表 2-5 モニタ 構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A_b	mm^2	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	m/s^2	
取付面から重心までの距離	h_1	mm	
重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	l_1	mm	
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	l_2	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	l_3	mm	
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	
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)	n_{fH}	—	2
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)	n_{fV}	—	2

3. 固有周期

3.1 解析方法

火災受信機盤の固有周期は、添付書類「別添 1-1 4. 固有周期」に示す評価方針に基づき、正弦波掃引試験またはランダム波試験により評価する。

3.2 固有値解析結果

火災受信機盤の固有値解析結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有値解析結果 (単位：s)

機器名称	方向	固有周期
火災受信機盤	鉛直	[Redacted]
	水平	
制御監視盤	鉛直	
	水平	
ユーザーコンソールユニット	鉛直	
	水平	
モニタ	鉛直	
	水平	

火災受信機盤、ユーザーコンソールユニット及びモニタは、固有周期が [Redacted]

[Redacted] であり、剛であることを確認した。

3.3 設計用地震力

火災受信機盤, ユーザーコンソールユニット及びモニタは, 「3.2 固有値解析結果」により, 固有周期が [] であることを確認した。従って耐震計算に用いる設計用地震力については, 添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」の最大応答加速度を用いる。

また, 制御監視盤は, 「3.2 固有値解析結果」により, 固有周期が [] [] であることを確認した。従って耐震計算に用いる設計用地震力は, 設置フロア高さにおける固有周期 [] の応答加速度を用い, 鉛直方向の設計用地震力については添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」の最大応答加速度を用いる。なお, 減衰定数は添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

添付書類「別添 1-1 5.2 構造強度評価」に示す評価方針に従い、構造強度評価を実施する。

4.2 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「別添 1-1 3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

4.2.1 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、火災受信機盤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 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

基礎ボルトにおける許容応力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

また、基礎ボルトの許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	火災受信機盤	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		制御監視盤	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		ユーザーコンソールユニット	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$
		モニタ	C	—*	$D + S_s$	$IV_A S$

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

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

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 4-3 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)
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16 mm)	40 (雰囲気温度)	245	400	280

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

火災受信機盤は、添付書類「別添 1-1 5.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

機能確認済加速度には、**対象機器**の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した**最大加速度**を適用する。

6. 評価結果

火災受信機盤の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。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。

【火災受信機盤の耐震性についての計算結果】

6.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s		減衰定数 (%)		周辺環境温度 (°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	垂直 方向	
火災受信機盤	C	原子炉建屋 EL. 29.0* ¹			$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	—	—	40
制御監視盤	C	原子炉建屋 EL. -4.0* ¹			$C_H=1.03$ * ³	$C_V=0.90$	4.0	—	40
ユーザーコンソール ユニット	C	原子炉建屋 EL. 29.0* ¹			$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	—	—	40
モニタ	C	原子炉建屋 EL. 29.0* ¹			$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	—	—	40

注記 * 1 : 建屋床面及び壁面に固定しているため、設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

* 2 : 固有値解析より 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

* 3 : 柔構造のため固有周期に応じた設備評価用床応答曲線を用いる。

6.2 機器要目

機器名称	部材	m (kg)	h_1 (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_{b2} (mm ²)	n_2	n_f																					
火災受信機盤	基礎ボルト (短辺方向)								6	1																					
	基礎ボルト (長辺方向)									2																					
制御監視盤	基礎ボルト (短辺方向)															8	4														
	基礎ボルト (長辺方向)																2														
ユーザーコンソール ユニット	基礎ボルト (短辺方向)																						4	2							
	基礎ボルト (長辺方向)																							2							
モニタ	基礎ボルト (短辺方向)																													4	2
	基礎ボルト (長辺方向)																														2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
基礎ボルト	245	400	280

6.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(単位：N)

機器名称	部材	F _b	Q _b
火災受信機盤	基礎ボルト (短辺方向)		
	基礎ボルト (長辺方向)		
制御監視盤	基礎ボルト (短辺方向)		
	基礎ボルト (長辺方向)		
ユーザーコンソール ユニット	基礎ボルト		
モニタ	基礎ボルト		

6.4 結論

6.4.1 構造強度評価結果

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
火災受信機盤	基礎ボルト (短辺方向)	SS400	引張応力	$\sigma_b = 70$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 6$	$f_{sb} = 128$
	基礎ボルト (長辺方向)	SS400	引張応力	$\sigma_b = 62$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 6$	$f_{sb} = 128$
制御監視盤	基礎ボルト (短辺方向)	SS400	引張応力	$\sigma_b = 19$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 8$	$f_{sb} = 128$
	基礎ボルト (長辺方向)	SS400	引張応力	$\sigma_b = 31$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 8$	$f_{sb} = 128$
ユーザーコンソール ユニット	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 4$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 128$
モニタ	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 168^*$
			せん断応力	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 128$

注記 * $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{to}]$ より算出
発生応力はすべて許容応力以下である。

6.4.2 電氣的機能維持評価結果

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

機器名称	据付場所及び 床面高さ (m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度
火災受信機盤	原子炉建屋 EL. 29.0*	1.29	2.28	0.98	1.78
制御監視盤	原子炉建屋 EL. -4.0*	1.03	2.39	0.75	1.99
ユーザーコンソール ユニット	原子炉建屋 EL. 29.0*	1.29	3.72	0.98	3.13
モニタ	原子炉建屋 EL. 29.0*	1.29	3.72	0.98	3.13

注記 * : 建屋壁等に固定しているため、設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

評価用加速度 (1.0ZPA または 1.0FRS (制御監視盤水平方向)) はすべて機能確認済加速度以下である。