

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-19-0245_改1
提出年月日	2021年10月12日

VI-2-8-3-3-2 差圧計（中央制御室待避所用）の耐震性についての計算書

02 ③ VI-2-8-3-3-2 R2

2021年10月

東北電力株式会社

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
3.2 固有周期の計算条件	4
3.3 固有周期の計算結果	4
4. 構造強度評価	5
4.1 構造強度評価方法	5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	5
4.3 計算条件	5
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 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、差圧計（中央制御室待避所用）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。

差圧計（中央制御室待避所用）は、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以外の常設重大事故等対処設備に分類される。差圧計（中央制御室待避所用）の評価においては、添付書類「VI-1-7-3 中央制御室の居住性に関する説明書」に基づき、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して十分な電気的機能を有していることを確認する。

差圧計（中央制御室待避所用）は、重大事故等対処設備として基準地震動  $S_s$  による機能維持が要求されることから、本計算書は、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」の「5. 機能維持の基本方針」及び添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針を準用し、設計用地震力に対して電気的機能を有していることを説明するものである。

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。

なお、差圧計（中央制御室待避所用）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションと類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンション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

差圧計（中央制御室待避所用）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、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、溶接により計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、壁面に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性型差圧検出器 (壁に設置された計器スタンションに検出器を計器取付ボルトにより固定する構造)</p>	<p>(単位: mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の算出方法

差圧計（中央制御室待避所用）の固有周期の計算方法を以下に示す。

- (1) 差圧計（中央制御室待避所用）は、図 3-1 に示す壁固定の 1 質点系振動モデルとして考える。
- (2) 計器スタンションは鋼材で上下 2 箇所を制御建屋壁面に固定することから、計算モデルでは、計器スタンションを直線とみなし、支持点（計器スタンション基礎部）2 点で固定されるものとする。
- (3) 検出器及び計器スタンションの質量は、質点に集中するものとし、質点は計器スタンションの中心に設定する。
- (4) 図 3-1 中の ⊕ は検出器及び計器スタンションの質点、● は計器スタンションの支持点、— は計器スタンションを示す。

##### 3.1.1 水平方向（X 方向，Z 方向）

- (1) X 方向及び Z 方向に対する固有周期 T (s) を次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left( \frac{\ell_b^3}{48 \cdot E \cdot I} + \frac{\ell_b}{4 \cdot A_b \cdot G} \right)} \quad \dots (3.1.1.1)$$

##### 3.1.2 鉛直方向（Y 方向）

- (1) Y 方向は十分な剛性を有していることから、固有周期の計算を省略する。

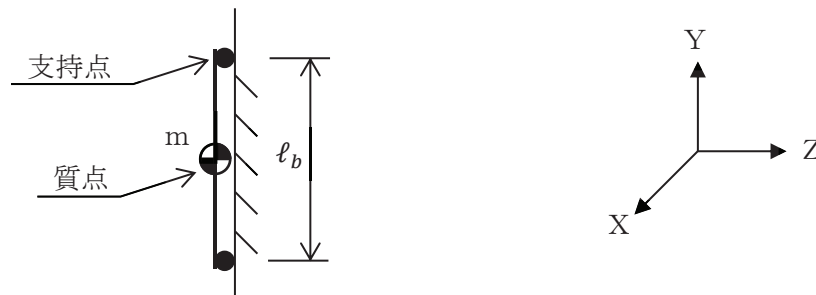
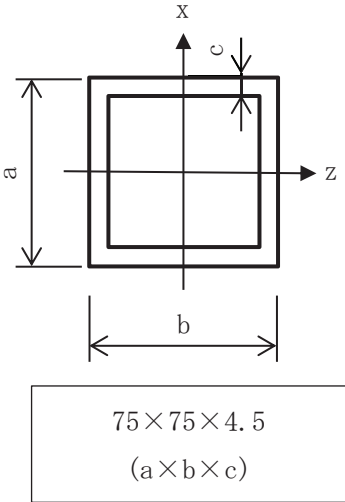


図 3-1 固有周期の計算モデル

### 3.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
検出器及び計器スタンションの質量	m	kg	8
上下ボルト間の距離（壁掛形）	$l_b$	mm	200
計器スタンションの材質	—	—	STKR400
縦弾性係数	E	MPa	202000
断面二次モーメント	I	mm <sup>4</sup>	$9.860 \times 10^5$
最小有効せん断断面積	$A_b$	mm <sup>2</sup>	675
せん断弾性係数	G	MPa	77700
計器スタンションの断面形状(mm)			

### 3.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算の結果から、水平方向は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。また、鉛直方向は十分な剛性を有していることから、固有周期の計算を省略した。

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向
0.001	—

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

差圧計（中央制御室待避所用）の構造強度評価は，添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンション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。

##### 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

差圧計（中央制御室待避所用）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

差圧計（中央制御室待避所用）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。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

差圧計（中央制御室待避所用）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。

##### 4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【差圧計（中央制御室待避所用）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 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	換気設備	差圧計 (中央制御室待避所用)	常設/その他	—*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/その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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



表 4-2 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>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> *  1.5・f <sub>s</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)		

注記 \*1：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)
		基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

差圧計（中央制御室待避所用）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンション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評価する。

差圧計（中央制御室待避所用）の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
差圧計 (中央制御室待避所用)	水平方向	10.22
	鉛直方向	5.78

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

差圧計（中央制御室待避所用）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気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

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【差圧計（中央制御室待避所用）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 <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	
差圧計 (中央制御室待避所用)	常設/ その他	制御建屋 OP. 22.95* (OP. 29.15)	0.001	—	—	—	C <sub>H</sub> =4.05	C <sub>V</sub> =2.29	40

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>a</sub> (mm)	ℓ <sub>b</sub> (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	n <sub>fV</sub>	n <sub>fH</sub>
基礎ボルト	8	46	100	150	200	12 (M12)	113.1	4	2	2

部 材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向*1	
					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	245 (径 ≤ 16mm)	400	—	280	—	水平方向

注記 \*1 : 水平、鉛直方向のうち評価の厳しい方向を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>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>
基礎ボルト	—	109.1	—	409.4

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 <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
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 1$	$f_{ts} = 168^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 129$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
差圧計 (中央制御室待避所用)	水平方向	3.37	10.22
	鉛直方向	1.91	5.78

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

