

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-223 改1
提出年月日	平成30年6月15日

V-2-別添 2-8 循環水系隔離システムの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	1
2.1 構造計画	1
3. 応力評価	2
3.1 基本方針	2
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	2
4. 機能維持評価	5
4.1 機能維持評価方法	5
5. 評価結果	5
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	5

1. 概要

本計算書は、V-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書の方針」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、溢水防護に係る施設のうち循環水系隔離システム（以下「漏えい検知」という。）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。その耐震評価は、応力評価及び機能維持評価により行う。

2. 構造説明

2.1 構造計画

漏えい検知の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 漏えい検知の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
漏えい検知			

3. 応力評価

3.1 基本方針

応力評価は「V-2-1-14-9 計器スタンションの耐震性について」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

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

漏えい検知の荷重の組合せ及び許容応力状態を第3-1表に示す。

3.2.2 許容応力

漏えい検知の許容応力を第3-2表に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力

漏えい検知の使用材料の許容応力を第3-3表に示す。

第3-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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
漏えい検知*	C (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状態を適用する。

第 3-2 表 許容応力（その他の支持構造物（設計基準対象施設））

許容応力状態	許容限界* (ボルト等)		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	Min { $1.5 \cdot f_t^*$, ($2.1 \cdot f_t^*$ $* - 1.6 \cdot \tau b$)}

注記*：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。

表 3-3 使用材料の許容応力（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)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度 タービン建屋	40°C	205	520	205
		周囲環境温度 海水ポンプエリア	38.4°C	205	520	205


4. 機能維持評価

漏えい検知の地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価方法

漏えい検知の応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、電氣的機能の健全性を確認した加速度の最大加速度を適用する。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

方向	機能確認済 加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
水平	
鉛直	

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

漏えい検知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。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動 S_s に対する評価

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を次頁以降に示す。

(2) 機能維持に対する評価

機能維持評価結果を次頁以降に示す。

【漏えい検知の耐震性についての評価結果（計器スタンション）】

1. 設計基準対象設備

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)		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	
漏えい検知	C (S)	タービン建屋 EL -4.0*1	0.0051	0.0089	0.52	0.6	40
漏えい検知	C (S)	海水ポンプエリア EL 3.0*1	0.0051	0.0089	0.69	2.66	38.4

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動 S_s の震度を上回る設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検知

部材	m (kg)	h_1 (mm)	λ_1 (mm)		λ_2 (mm)		A_b (mm ²)	n	n_f
			正面	側面	正面	側面			
基礎ボルト	10	300	50	0.7	50	100.7	113.1	4	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)	転倒方向
					基準地震動 S_s
基礎ボルト	205	520	205	246	側面

1.3 計算数値

1.3.1 漏えい検知に作用する力

(単位：N)

部材	タービン建屋		海水ポンプエリア	
	F_b	Q_b	F_b	Q_b
	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s
基礎ボルト	155.5	51.00	183.5	64.73

NT2 補② V-2-別添 2-8 ROE

1.4 結論

1.4.1 漏えい検知の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
基礎ボルト タービン建屋	SUS304	引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=184^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=142^*$
基礎ボルト 海水ポンプエリア	SUS304	引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=184^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=142^*$

注記 * : (5.4.1)式より算出

すべて許容応力以下である。

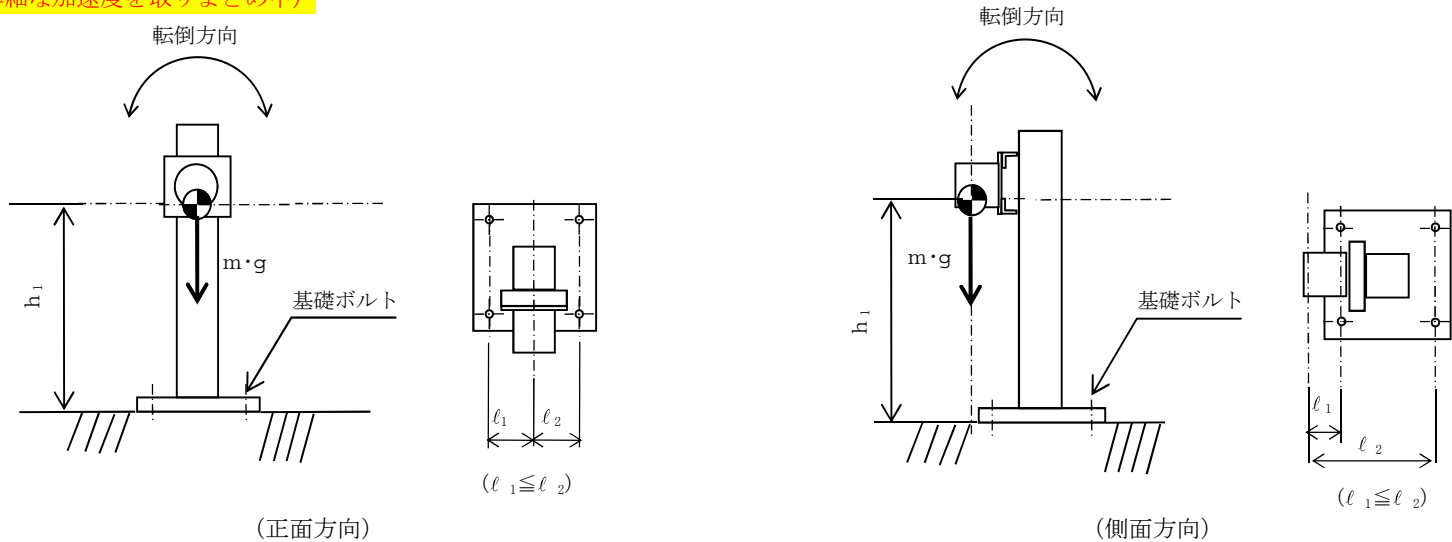
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
漏えい検知 タービン建屋	水平方向	0.52	2
	鉛直方向	0.60	2
漏えい検知 海水ポンプエリア	水平方向	0.69※	2
	鉛直方向	2.00 以下※	2

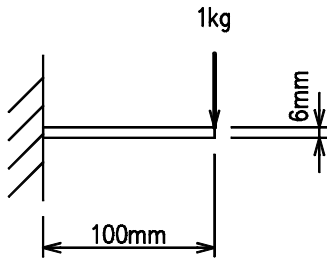
評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

※追而 (現在詳細な加速度を取りまとめ中)



計器スタンションの固有振動数の算出

1. 鉛直方向



スタンションは鉛直方向は剛と考えられるので、鉛直方向は計器取付板の固有振動数とする。

幅はスタンションの幅の50mmを有効とする。
集中質量のある片持梁の固有振動数 f は
土木学会「構造力学公式集」より

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI}{\rho A \ell^4 (\mu + 0.23)}}$$

ここで、温度条件 40°C の場合

$$E = 195000 - \frac{(195000 - 193000)}{30} \times (40 - 20) = 193,666 \text{ N/mm}^2 = 1.93666 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

温度条件 38.4°C の場合

$$E = 195000 - \frac{(195000 - 193000)}{30} \times (38.4 - 20) = 193,773 \text{ N/mm}^2 = 1.93773 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$I = \frac{50 \times 6^3}{12} = 900 \text{ mm}^4 = 9.00 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$A = 50 \times 6 = 300 \text{ mm}^2 = 3.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\ell = 0.100 \text{ m}$$

$$\rho = 7.93 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = \frac{m}{\rho A \ell} = 4.2$$

$$m = 1.0 \text{ kg}$$

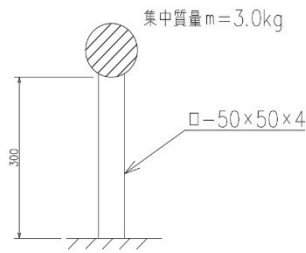
温度 40°C の場合

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3 \times 1.93666 \times 10^{11} \times 9.00 \times 10^{-10}}{7.93 \times 10^3 \times 3.00 \times 10^{-4} \times 0.1^4 \times (4.2 + 0.23)}} = 112 \text{ Hz}$$

温度 38.4°C の場合

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3 \times 1.93773 \times 10^{11} \times 9.00 \times 10^{-10}}{7.93 \times 10^3 \times 3.00 \times 10^{-4} \times 0.1^4 \times (4.2 + 0.23)}} = 112 \text{ Hz}$$

2. 水平方向



集中質量のある片持梁の固有振動数 f は
土木学会「構造力学公式集」より

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI}{\rho A \ell^4 (\mu + 0.23)}}$$

ここで、温度条件 40°C の場合

$$E = 195000 - \frac{(195000 - 193000)}{30} \times (40 - 20) = 193,666 \text{ N/mm}^2 = 1.93666 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

温度条件 38.4°C の場合

$$E = 195000 - \frac{(195000 - 193000)}{30} \times (38.4 - 20) = 193,773 \text{ N/mm}^2 = 1.93773 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$I = 24.1 \text{ cm}^4 = 2.41 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\ell = 0.30 \text{ m}$$

$$\rho \cdot A = 5.55 \text{ kg/m}$$

$$\mu = \frac{m}{\rho A \ell} = \frac{3.0}{5.55 \times 0.3} = 1.8$$

$$m = 3.0 \text{ kg}$$

温度 40°C の場合

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3 \times 1.93666 \times 10^{11} \times 2.41 \times 10^{-7}}{5.55 \times 0.3^4 \times (1.8 + 0.23)}} = 197 \text{ Hz}$$

温度 38.4°C の場合

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3 \times 1.93773 \times 10^{11} \times 2.41 \times 10^{-7}}{5.55 \times 0.3^4 \times (1.8 + 0.23)}} = 197 \text{ Hz}$$

機器スタンションの質量及び重心位置算出

種別	鋼材		長さ	単重	一部材当	員数	計重	材質	摘要
	断面(mm)		(mm)	(kg/m)	(kg)		(kg)		
柱	□-50×50×4		288.0	5.55	1.60	1	1.60	SUS304	支柱
B.PL	150.0	12	150.0		2.14	1	2.14	SUS304	ベース PL
PL6	130	6	165.0		1.02	1	1.02	SUS304	検出器支持板
PL6	50	6	80.0		0.19	2	0.38	SUS304	リブ PL
PL3	50	3	50.0		0.06	1	0.06	SUS304	ふた
鋼材合計(kg)							5.20		

スタンション総質量は、検知器質量(1 kg)を加えて、10kg 単位に切り上げて、10 kg とする。

水平方向固有周期を算出する際の頂部への負荷質量は、柱とベース PL 以外の合計(1.27kg)に検知器質量

(1 kg)を加えて、1kg 単位に切り上げて、3 kg とする。

重心位置の計算(検知器が張り出す方向)

	質量:M	柱中心から の距離:L	M×L	
柱	1.60	0	0.0	
B.PL	2.14	0	0.0	
PL6	2.00	150	300.0	検知器含む
PL6	0.38	35	13.3	
PL3	0.06	0	0.0	
合計	6.18		313.32	

$$e = \frac{\sum M \cdot L}{\sum M} = 50.7 \text{ mm}$$