

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密また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-739 改4
提出年月日	平成30年9月18日

-2-5-5-4-1 常設高圧代替注水系ポンプの
耐震性についての計算書

-2-5-5-4-1 R5

NT2 補

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
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
5. 機能維持評価	7
5.1 機能維持評価方法	7
5.2 動的機能維持評価	7
6. 評価結果	8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

1. 概要

本計算書は、添付書類「 -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、常設高圧代替注水系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

常設高圧代替注水系ポンプは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

常設高圧代替注水系ポンプの構造計画を表 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>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>ターボ形横軸ポンプ</p>	<p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

振動試験により固有振動数（共振周波数）を測定する。固有周期を表 3-1 に示す。試験の結果、水平方向、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 3-1 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

常設高圧代替注水系ポンプの構造は横軸ポンプであるため、構造強度評価は添付書類「2-1-13-4 横軸ポンプ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評価する。

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

常設高圧代替注水系ポンプ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

常設高圧代替注水系ポンプの許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

常設高圧代替注水系ポンプ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
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備そ の他原子炉 注水設備	常設高圧代替注水系ポンプ	常設耐震 / 防止 常設 / 緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	AS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	AS (ASとして, ASの許容限界 を用いる。)

注記 *1:「常設耐震 / 防止」は常設耐震重要重大事故防止設備,「常設 / 緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2: 重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*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（重大事故等クラス 2 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
A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
A S (A Sとして, A 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 ()		S_y (MPa)	S_u (MPa)	$S_y(RT)$ (MPa)
基礎ボルト	SNB7 (径 63 mm)	周囲環境温度		699	803	
ポンプ取付ボルト	SNB7 相当 (径 63 mm)	最高使用温度	120	663	759	

5. 機能維持評価

5.1 機能維持評価方法

常設高圧代替注水系ポンプの機能維持評価は、添付書類「 -2-1-9 機能維持の基本方針 4.1 動的機能維持」にて設定した動的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が、動的機能維持確認済加速度以下であることを、「5.2 動的機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

常設高圧代替注水系ポンプは横形のポンプであるが、原動機であるタービンと一体構造となっており、既往の研究によって機能維持が確認された適用機種と構造・作動原理が異なることから、添付書類「 -2-1-9 機能維持の基本方針 表 4-1 動的機能維持確認済加速度」の適用機種の機能確認済加速度を適用できない。そのため、評価用加速度が加振試験によって得られる機能維持を確認した加速度以下であることを確認する。

常設高圧代替注水系ポンプの機能維持評価フローを図 5-1 に示す。

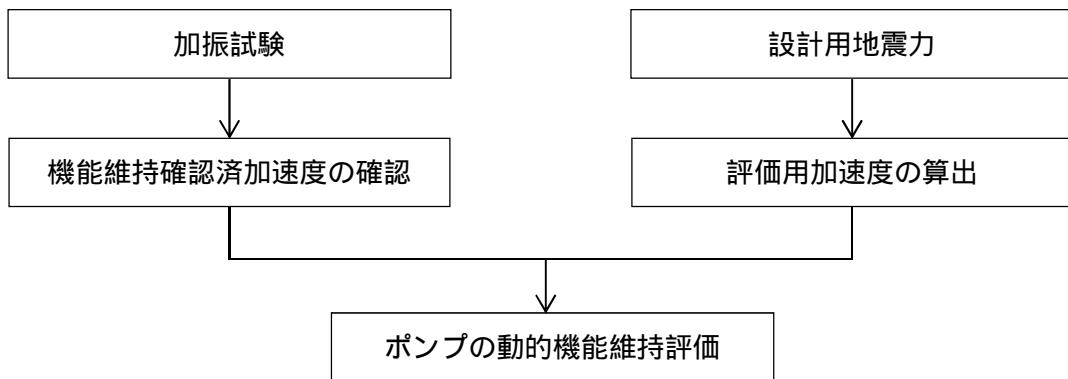


図 5-1 常設高圧代替注水系ポンプの機能維持評価フロー

5.2 動的機能維持評価

5.2.1 評価用加速度

常設高圧代替注水系ポンプの動的機能維持評価について、以下に示す。

ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付けられることから、設計用地震力は添付書類「 -2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す、常設高圧代替注水系ポンプの設置床における基準地震動 S_s に基づき設定する。評価用加速度には、設置場所の設備評価用床最大加速度を適用する。

評価用加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 評価用加速度 (×9.8m/s²)

対象機器設置箇所	加振方向		最大加速度
			S_s
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> EL. -4.0 (m)	水平	NS	0.72
		EW	0.72
	鉛直		0.75

5.2.2 機能確認済加速度

常設高圧代替注水系ポンプの機能確認済加速度について以下に示す。

常設高圧代替注水系ポンプは、添付書類「-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬した上で、当該機器が設置される床における設備評価用床応答曲線を包絡する模擬地震波により加振試験を行い、動的機能の健全性を確認した。機能確認済加速度には、加振台において測定した最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-2 に示す。

表 5-2 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
常設高圧代替注水系ポンプ	水平	<div style="border: 2px solid black; width: 80px; height: 60px; margin: 0 auto;"></div>
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

常設高圧代替注水系ポンプ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。発生値は評価基準値を満足しており、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。

(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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【常設高圧代替注水系ポンプ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_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 ()	周囲環境温度 ()
			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			
常設高圧代替注水系ポンプ	常設耐震 / 防止 常設 / 緩和	EL. -4.0'					$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	$C_p=0.77$	120	

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i}^3 (mm)	l_{2i}^3 (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}^3
基礎ボルト (i = 1)						12	2
ポンプ取付ボルト (i = 2)						4	2

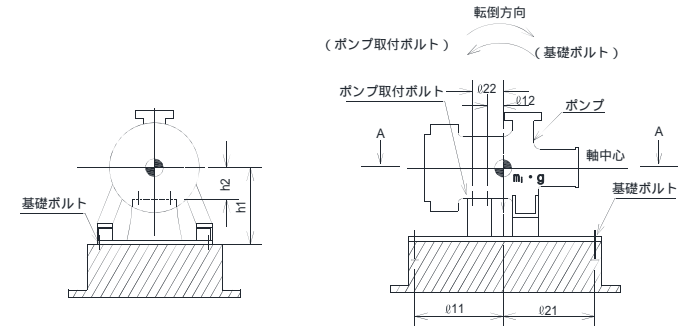
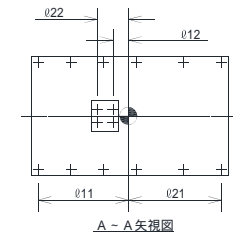
部 材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)	
					弾性設計用 地震動 S_d 又 は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用 地震動 S_d 又 は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i = 1)	699 ²	803 ²		562		軸		
ポンプ取付ボルト (i = 2)	663 ¹	759 ¹		531		軸		

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min^{-1})
$H_p =$ <input type="text"/>	$N_p =$ <input type="text"/>

注記 *1 : 最高使用温度で算出

*2 : 周囲環境温度で算出

*3 : 各ボルトの機器要目における上段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示す。



1.3 計算数値

ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト ($i=1$)		1.897×10^4		5.852×10^4
ポンプ取付ボルト ($i=2$)		4.500×10^4		4.257×10^4

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_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SNB7	引張り			$b_1=19$	$f_{ts1}=421^*$
		せん断			$b_1=5$	$f_{sb1}=324$
ポンプ取付ボルト	SNB7 相当 	引張り			$b_2=64$	$f_{ts2}=398^*$
		せん断			$b_2=15$	$f_{sb2}=306$

すべて許容応力以下である。

注記 * : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot b_i, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 動的機能維持の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
常設高圧代替注水系ポンプ	水平方向	0.72	
	鉛直方向	0.75	

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。