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1
提出年月日	平成30年7月31日

Ｖ-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

NT2 補① Ｖ-2-5-5-4-1 R2

目　次

1.　概　要 ・・・

1.　概　要

本計算書は，「V-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。

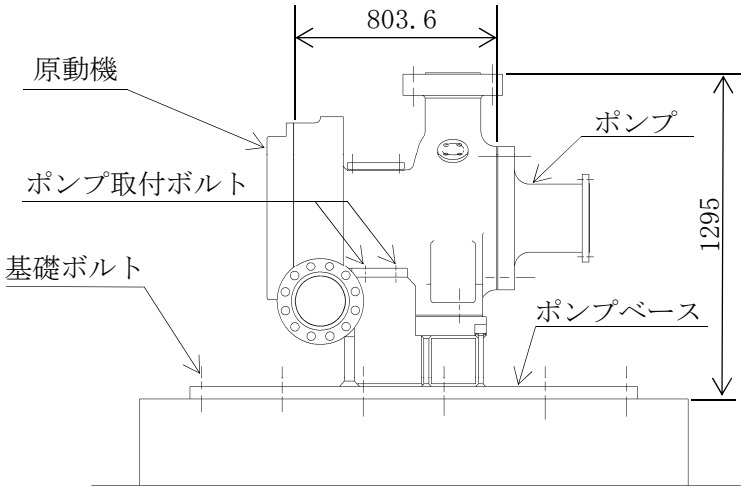
常設高圧代替注水系ポンプは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

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	
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。	ターボ形横軸ポンプ	

3.　構造強度評価

3.1　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「V-2-1-14-4 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。

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

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3－1に示す。

3.2.2　許容応力

常設高圧代替注水系ポンプの許容応力を表3－2に示す。

3.2.3　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3－3に示す。

表３－１　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	重大事故等クラス２ポンプ*2	$D+P_D+M_D+Ss$ *3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$	V_AS（V_ASとして，IV_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：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表３－２　許容応力（重大事故等クラス２支持構造物）

<table>
<tr><td rowspan="3">許容応力状態</td><td colspan="2">許　容　限　界*1*2
（ボ　ル　ト　等）</td></tr>
<tr><td colspan="2">一　次　応　力</td></tr>
<tr><td>引張り</td><td>せん断</td></tr>
<tr><td>ⅣＡＳ</td><td rowspan="2">1.5・f_t*</td><td rowspan="2">1.5・f_s*</td></tr>
<tr><td>ＶＡＳ
（ＶＡＳとして，ⅣＡＳの許容限界を用いる。）</td></tr>
</table>

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 3－3　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（℃）		Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓｙ（ＲＴ）（MPa）
基礎ボルト		周囲環境温度		699	803	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	120	663	759	—

4. 機能維持評価

4.1 機能維持評価方針

常設高圧代替注水系ポンプの機能維持評価は，「V-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，地震動を模擬した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，「4.2 動的機能維持評価方法」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

常設高圧代替注水系ポンプの機能維持評価フローを図 4－1 に示す。

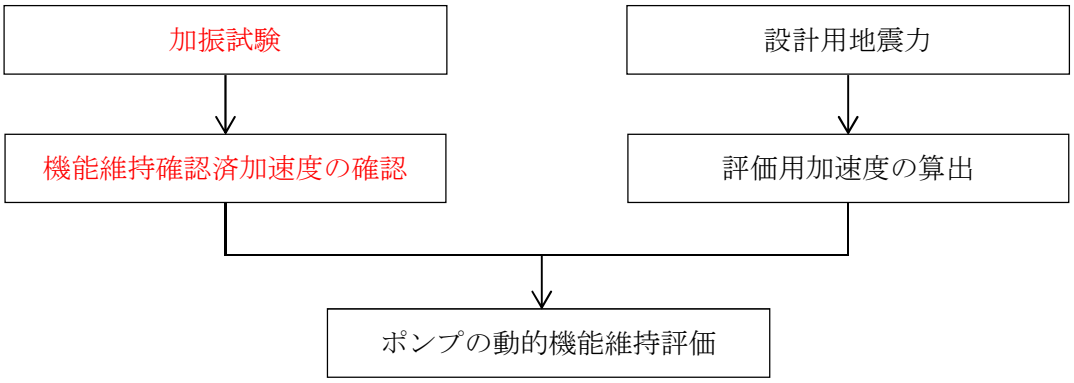


図 4－1 常設高圧代替注水系ポンプの機能維持評価フロー

4.2 動的機能維持評価方法

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，評価用加速度は「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定される加速度とし，評価用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，加振試験において，動的機能の健全性を確認した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 （単位：×9.8m/s^2）

形式	評価部位	方向	機能確認済加速度
ポンプ	横軸多段遠心式ポンプ	水平	[redacted]
		鉛直	[redacted]

4.3　加振試験

4.3.1　基本事項

常設高圧代替注水系ポンプについて実際の設置状態での評価用加速度以上の加振波により加振試験を行い，基準地震動Ｓｓによる地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

4.3.2　設計用地震力

以下の加振波の最大加速度を上回る加速度で加振を行う。

・加振波：対象機器設置箇所における設計用加速度を包絡する加振波を設定

・加振方向：水平（前後）＋水平（左右）＋鉛直

（単位：×9.8m/s^2）

対象機器設置箇所	加振方向		最大加速度
			Ss
原子炉建屋 EL. -4.0（m）	水平	NS	0.72
		EW	0.72
	鉛直		0.75

5.　評価結果

5.1　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。なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(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

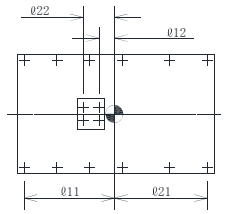
1.1 設計条件

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	原子炉建屋 EL. -4.0*1	[redacted]		—	—	C_H=0.87	C_V=0.90	C_p=0.77	120	[redacted]

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

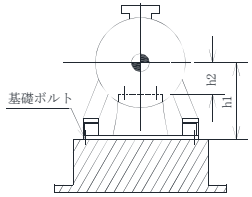
部 材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}
基礎ボルト（i＝1）	[redacted]					12	2
							6
ポンプ取付ボルト（i＝2）	[redacted]					4	2
							2

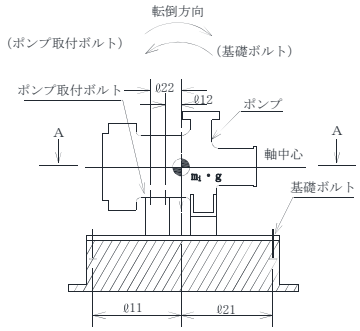


A～A矢視図

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	—	—

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。





予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min^{-1})
H_p=[redacted]	N_p=[redacted]

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	[redacted]	引張り	—	—	σ_{b1}=19	f_{ts1}=421*
		せん断	—	—	τ_{b1}=5	f_{sb1}=324
ポンプ取付ボルト		引張り	—	—	σ_{b2}=64	f_{ts2}=398*
		せん断	—	—	τ_{b2}=15	f_{sb2}=306

すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau bi,\ f_{toi}]$より算出

1.4.2　動的機能の評価結果　　(単位：×9.8 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	[redacted]
	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。