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-710 改0				
提出年月日	平成30年6月28日				

V-2-10-1-2-7 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの 耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2. 1	構造計画	1
3.	固有値解析及び構造強度評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3. 1	固有値解析及び構造強度評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3. 2	解析モデル及び諸元荷重の組合せ及び許容応力	3
3. 3	固有周期	3
3. 4	荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
3. 5	設計用地震力	ç
4.	機能維持評価	10
4. 1	動的機能維持評価方法	10
5.	評価結果	11
5. 1	設計基準対象施設としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
5. 2	重大事故等対処設備としての評価結果	11

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、非常用ディーゼル発電機用海水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。

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、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及び常設重大事故緩和設備に分類され る。以下、設計基準対象施設及び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

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

衣 2 一 1 円 垣 刊 回								
計画の	概要	概略構造図						
基礎・支持構造	主体構造	似咐件坦区						
ポンプはポンプベー	ターボ形							
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		原動機						
る。		原動機取付ボルト 吐出しエルボ 原動機台取付ボルト 基礎ボルト ポンプベース コラムパイプ						

3. 固有値解析及び構造強度評価

3.1 固有値解析及び構造強度評価方法

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの構造はたて軸ポンプであるため,固有値解析及び構造強度評価は,「V-2-1-14-5 たて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 解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【非常用ディーゼル発 電機用海水ポンプの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

3.3 固有周期

計算機コード「MSC NASTRAN」により求めた固有値解析の結果を表 3-1 に、振動モード図を図 3-1 に示す。

表 3-1 固有值解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)					
1次	水平	$T_1 = 0.074$					
2次	水平	$T_2 = 0.036$					
3次	鉛直	$T_3 = 0.035$					

図 3-1 振動モード (1次モード 水平方向 0.074 s)

3.4 荷重の組合せ及び許容応力

3.4.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-2 に、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。

3.4.2 許容応力

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの許容応力を表 3-4~表 3-5 に示す。

3.4.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-7 に示す。

NT2 補③ V-2-10-1-2-7 RO

表 3-2 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	非常用電源	非常用ディーゼル		NT *	$D+P_D+M_D+S_d^*$	III _A S
用原子炉の 附属設備	設備	発電機用海水ポンプ	S	Non*	$D+P_D+M_D+S_S$	IV _A S

注記 *:クラス3ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また、クラス3ポンプの支持構造物を含む。

表 3-3 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	*1 設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
					$D + P_D + M_D + S_S^{*3}$	IV _A S
その他発電用原子炉の附属設備	非常用電源設備	非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプ	常設耐震/防止常設/緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ* ²	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVAS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+PsAD+MsAD+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 3-4 許容応力(クラス2, 3ポンプ及び重大事故等クラス2ポンプ)

NT2 補③ V-2-10-1-2-7 RO

		許容隆	艮界*			
許容応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力		
∭ _A S	Syと0.6・Suの小さい方 ただし、オーステナイト系ステ ンレス鋼及び高ニッケル合金 については上記値と1.2・Sと の大きい方	左欄の 1.5 倍の値	,			
IV _A S			2・Sy以下であれば、疲労	9解析は行わない。		
V_AS $(V_AS$ として IV_AS の許容限界を用いる。)	0.6 · S u	左欄の 1.5 倍の値	数が 1.0 以下であること。	疲労解析を行い、疲労累積係 一次+二次応力の変動値が が解析は行わない。		

注記 *: 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 3-5 許容応力 (クラス2、3支持構造物及び重大事故等クラス2支持構造物)

32 0 0 pp. 175 (許容限界* ^{1,*2} (ボルト等)			
許容応力状態	一次応力			
	引張り	せん断		
III _A S	1.5 · f t	1.5 · f s		
IV _A S				
$oxed{V_AS}$ ($oxed{V_AS}$ として $oxed{W_AS}$ の許容限界を用いる。)	1.5 · f _t *	1.5 · 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。

7

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件	#	S	Sy	Su	Sy(RT)
一	121 14 	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
コラムパイプ		最高使用温度	50	110	169	472	_
基礎ボルト		周囲環境温度		_	241	391	_
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50	_	198	504	205
原動機台取付ボルト		周囲環境温度	50	_	198	504	205
原動機取付ボルト		周囲環境温度		_	198	504	205

表 3-7 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 (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	Sy(RT) (MPa)
コラムパイプ		最高使用温度 50		110	169	472	_
基礎ボルト		周囲環境温度		_	241	391	_
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50	_	198	504	205
原動機台取付ボルト		周囲環境温度	50	_	198	504	205
原動機取付ボルト		周囲環境温度		_	198	504	205

3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表3-8に示す。

「弾性設計用地震動Sd 又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は,「V-2-1-7設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。また,減衰定数は「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。

表 3-8 設計用地震力

据付場所 及び	固有周	月期(s)	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		減衰定数 (%)	
床面高さ (m)	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	水平	鉛直
海水ポンプ室 EL. 0.8*1	0.074	0.035	*2	*2	C _H =1.10 又は*3	C _V =1.03 又は*3	1. 0	_

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2: ⅢASについては、基準地震動Ssで評価する。

*3: 基準地震動 S s に基づく設計用床応答曲線より得られる値

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの地震後の動的機能維持評価について,以下に示す。 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造 及び振動特性であるため,「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用 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:×9.8 m/s²)

数1.1 网加牌邮仍35是及 (平区: 70:0							
評価部位	形式	方向	機能確認済加速度				
1° >°	立形斜流	水平	10.0				
ポンプ	ポンプ	鉛直	1.0				
	立形ころがり	水平	2. 5				
原動機	軸受電動機	鉛直	1.0				

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ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動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。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。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ディーゼル発電機用海水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 動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

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

	耐震設計上の	据付場所及び	固有周	引期(s)	弾性設計用地震動	JS d 又は静的震度	基準地類	雲動S ₅	ポンプ振動	最高使用		最高使用圧力
機器名称	重要度分類	床面高さ (m)	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	による震度	温度 (℃)	温度 (℃)	(MPa)
非常用ディーゼ ル発電機用海水 ポンプ		取水ポンプ室 EL. 0.8*1		0. 035	*2	*2	C _H =1.10 又は*3	Cv=1.03 又は*3	$C_{p} = 0.09$	50		0.70

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2: ⅢASについては、基準地震動Ssで評価する。

*3:基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線より得られる値

1.2 機器要目

(1) ボルト

部材	m i (kg)	$_{i}$ (L $_{i}$) (mm)	$A_{\mathrm{b}\mathrm{i}}$ (mm 2)	n i	n _{f i}	M _p (N∙mm)	S _{y i} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i (MPa)
基礎 ボルト (i=1)				4	2	_	241* ² (径≦100mm)	391*2 (径≦100mm)	241	274
ポンプ取付ボルト (i =2)				12	12	3.501×10^5	198*1	504*1	205	205
原動機台取付ボルト (i=3)				10	10	3.501×10^5	198*2	504*2	205	205
原動機取付ボルト (i =4)				8	8	3.501×10^5	198*2	504*²	205	205

注記 *1:最高使用温度で算出

*2:周囲環境温度で算出

	予想最大両振幅 (μm)		云速度 in ⁻¹)		
Ī	H _p =		N=		

(2) コラムパイプ

部材	S (MPa)	S _y (MPa)	S u (MPa)	D c (mm)	t (mm)
コラムパイプ	110*	169*	472*	298. 5	10.0

注記 *:最高使用温度で算出

12

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(2) コラムパイプに作用する力

(単位:N・mm)

	M _i (N·mm)		F _b	i (N)	Q _b	$Q_{b\ i}\ (N)$	
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	
基 礎 ボ ル ト (i=1)	_	2.032×10^7	_	1.003×10 ⁴	_	4. 053×10 ⁴	
ポンプ取付ボルト (i=2)	_	6.618×10^6	_	7. 244×10^3	_	1.860×10^4	
原動機台取付ボルト (i=3)	_	1.911×10^{7}	_	4.504×10^{3}	_	2.193×10^4	
原動機取付ボルト (i =4)	_	2.598×10^{6}	_	1.856×10^{3}	_	1.359×10^4	

	N	Л
部材	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動S _s
コラムパイプ	_	8. 202×10^6

1.4 結 論

1.4.1 固有周期

(単位: s)

		· · · · · · ·
Ŧ	ード	固有周期
水平	^左 1次	T _{H1} =0.074
水平	^左 2次	T _{H2} =0.036
鉛直	11次	T _{V1} =0.035

1.4.2 ボルトの応力 (単位:MPa) 1.4.3 コラムパイプの応力

(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		
PP 423	12 14) II /J	算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト		引張り		'			
基 (堤 小 // ト		せん断					
ポンプ取付ボルト		引張り					
か ク 丸 竹 か ル ト		せん断					
原動機台取付ボルト		引張り					
原 製機 百 取 門 か ル ト		せん断					
原動機取付ボルト		引張り					
原 判 検 取 内 か / ト し せ / せ / せ / せ / と / ト ス / 常							

算出応力 許容応力 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 基準地震動S s

一次一般膜応力

すべて許容応力以下である。

材料

部材

コラムパイプ

注記 *:基準地震動Ssによる算出値

注記 *1:基準地震動Ssによる算出値

*2: $f_{\rm t\ s\ i}={\rm Min}[1.4\cdot f_{\rm t\ o\ i}-1.6\cdot \, {\rm t\ b\ i}$, $f_{\rm t\ o\ i}]$ より算出すべて許容応力以下である。

13

1.4.4 動的機能の評価結果

1.4.4.1 機能確認済加速度との比較

(単位:×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.91*	10.0
W > 7	鉛直方向	0.86*	1.0
原動機	水平方向	0.91*	2.5
	鉛直方向	0.86*	1.0

注記 *:評価用加速度は1.0ZPA

評価用加速度はすべて機能維持確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目 (1) 節点データ

1	<u> </u>		笛 占 応 栖	(mm)	
1	節点番号	Y			
2 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 10 11 1 12 12 13 14 14 15 15 16 16 17 18 19 20 21 1 22 22 23 24 25 5 26 27 28 29 30 30 31 31 32 2 33 3 34 34 35 36 37 38 39 9 40 40 41 42 42 43 44 44 44 45 46 46 47	1	A	y	П	П
3 4 5 6 6 6 7 7 8 8 9 9 10 10 11 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		 			H
4		 			H
5 6 7 8 8 9 10 11 11 12 12 13 14 15 16 16 17 18 19 19 12 22 12 23 23 24 25 26 26 27 28 29 30 30 31 31 32 29 33 34 35 36 37 38 38 39 40 40 41 42 43 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44		 			H
6 7 7 8 9 9 10 10 11 1 12 13 14 15 16 16 17 18 19 20 21 1 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 40 41 42 43 39 40 41 42 44 45 46 47		 			H
7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 44 45 46 47		 			H
8 9 10 11 11 12 13 13 14 15 16 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 40 41 42 43 44 44 45 46 47		 			Н
9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 41 42 43 44 45 46 47		 			Н
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 44 45 46 47		 			Н
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					П
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			H
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					П
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					П
15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			Н
16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		+			Н
17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			H
18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			Н
19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			Н
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			H
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			Н
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			H
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			H
24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			H
25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			Н
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			H
27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			H
28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					H
29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					П
30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					M
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					H
32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					H
33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					H
34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					H
35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					
36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					П
37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			П
38 39 40 41 42 43 44 45 46 47					П
39 40 41 42 43 44 45 46 47		 			П
40 41 42 43 44 45 46 47					П
41 42 43 44 45 46 47					П
42 43 44 45 46 47					П
43 44 45 46 47					П
44 45 46 47					П
45 46 47					П
47	45				П
47	46				П
	47				П
48	48				
49	49				
50	50				

(2) 要素の断面性状

2) 要素の断面性	: 扒 T	ı	No At	Ner V	bles
断面特性番号	要素両端の節点	材料	断面積	断面二次 モーメント	断面二次 極モーメント
(要素番号)	番号	番号	(mm ²)	(mm ⁴)	他 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	1	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	6. 362×10 ⁵	1.272×10^6
2	2-3	1	-	6.362×10^{5}	1.272×10^6
3	3-4	1	-	6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
4	4-45	1	-	6.362×10^{5}	1.272×10^6
5	45-5	1	-	5.555×10^{5}	1.111×10^{6}
6	5-6	1	-	4.715×10^{6}	9. 431×10^6
7	6-7	1	-	4.715×10^{6}	9. 431×10^6
8	7-8	1	-	4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
9	8-9	1	-	2.330×10^{6}	4.659×10^{6}
10	9-10	1	-	4.909×10^{6}	9.817×10^6
11	10-46	1	-	4.715×10^{6}	9. 431×10^6
12	46-11	1		4.715×10^{6}	9. 431×10^6
13	11-12	1		4.713×10^{6} 4.909×10^{6}	9. 817×10^6
14	12-13	1	├╂ ┤	4.909×10^{6} 4.909×10^{6}	9.817×10 9.817×10 ⁶
15	13-14	1	├╂	4.909×10^{-6} 1.771×10^{-6}	9.817×10^{-6} 3.542×10^{6}
16	14-15		-	1.771×10^{6} 1.771×10^{6}	3.542×10^{6} 3.542×10^{6}
		1			
17	15-16	1		2.011×10^{6}	4.021×10^{6} 4.970×10^{7}
18	16-17	2		2.485×10^7	4.970×10^{6} 5.125×10^{6}
19	17-18	3	-	2.562×10^{6}	_
20	18-49	3		6.678×10^6	1.336×10^{7}
21	19-20	3	-	8. 762×10 ⁵	1.752×10^6
22	21-22	1	-	3.010×10^7	6.020×10^7
23	22-23	1		3.532×10^{8}	7. 063×10 ⁸
24	23-24	1	-	3.532×10^{8}	7. 063×10 ⁸
25	24-25	1		3.532×10^{8}	7. 063×10 ⁸
26	25-47	1	4	3. 532×10 ⁸	7. 063×10 ⁸
27	47-26	1	-	3.532×10^{8}	7. 063×10 ⁸
28	26-27	1	4	1. 154×10 ⁸	2. 308×10 ⁸
29	27-28	1		1. 154×10 ⁸	2. 308×10 ⁸
30	28-29	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
31	29-30	1		1. 154×10^8	2.308×10^{8}
32	30-31	1		1. 154×10 ⁸	2. 308×10 ⁸
33	31-48	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
34	48-32	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
35	32-33	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
36	33-34	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
37	34-35	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
38	35-36	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
39	43-37	2		7.981×10^{10}	1. 596×10 ¹¹
40	43-38	2		3.841×10^{10}	7.682×10^{10}
41	38-39	2		6.070×10^9	1.214×10^{10}
42	39-40	4		4.530×10^{8}	9.060×10^{8}
43	40-50	4	 	4.530×10^{8}	9.060×10^8
44	41-42	4		3.802×10^{8}	7.604×10^{8}
45	49-19	3		4.909×10^{6}	9.817×10^6
46	50-41	4		4.530×10^{8}	9.060×10^8

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端	の節点番号	ばね定数
2	23	Ī
4	25	П
7	28	
9	30	
11	32	
18	40	
19	41	
27	44	
19	41	
34	37	\prod
34	37	

節点番号 質量 (kg) 1 2 3 3 4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 24 25 26 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	(4) 節点の質量	
1		
2 3 4 4 5 6 7 8 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	1	(Kg)
3 4 5 6 7 8 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
4		
5 6 7 8 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 49		<u> </u>
6 7 8 9 10 10 11 11 12 12 13 14 14 15 16 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 40 41 42 42 43 44 45 46 46 47 48 49	-	
7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 41 42 43 44 45 46 47 48 49	-	_
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	-	
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		→
17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	-	_
18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	17	
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	18	
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	19	
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	20	
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	21	
24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	22	
25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	23	
25 26 27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	24	
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	-	
27 28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
28 29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
29 30 31 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	<u> </u>	- -
32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	-	
35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49		→
41 42 43 44 45 46 47 48 49		
42 43 44 45 46 47 48 49		
43 44 45 46 47 48 49		→
44 45 46 47 48 49		→
45 46 47 48 49		→
46 47 48 49		\dashv \vdash
47 48 49		→
48 49		→
49		→
		→
50		
	50	

(5) 材料物性值

材料番号	温度 (℃)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm³)	ポアソン比 (-)	材質
1		1.93×10^{5}	7. 920×10^{-6}	0.3	
2		2.01×10^{5}	7.860×10^{-6}	0.3	
3		2.06×10^{5}	7.850×10^{-6}	0.3	
4		2.06×10^{5}	7. 860×10^{-6}	0.3	

【非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称		据付場所及び	固有周	引期(s)	弾性設計用地震動	JS d 又は静的震度	基準地類	§動S₅	ポンプ振動	最高使用		最高使用圧力
	設備分類	床面高さ (m)	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	による震度	温度 (℃)	温度 (℃)	(MPa)
非常用ディーゼ ル発電機用海水 ポンプ	常設耐震/防止常設/緩和	取水ポンプ室 EL. 0.8* ¹	0.074	0. 035	_	_	C _H =1.10 又は*2	C _V =1.03 又は*2	$C_{p} = 0.09$	50		0.70

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2: 基準地震動Ssに基づく設計用床応答曲線より得られる値

2.2 機器要目

(1) ボルト

部	材	m _i (kg)	D i (L i) (mm)	$A_{ m b~i} \ m (mm^2)$	n i	n f i	$M_{ m p}$ (N•mm)	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F ;* (MPa)
基 礎 ボ (i =					4	2	ı	241* ² (径≦100mm)	391* ² (径≦100mm)	1	274
ポンプ取((i =					12	12	3.501×10^5	198*1	504*1	-	205
原動機台取 (i =					10	10	3.501×10^5	198*2	504*2	_	205
原動機取作 (i =					8	8	3.501×10^5	198*2	504*2	_	205

注記 *1:最高使用温度で算出 *2:周囲環境温度で算出

 予想最大両振幅
 回転速度 (μm)

 H_p
 N=

(2) コラムパイプ

部材	S (MPa)	S _y (MPa)	S u (MPa)	D c (mm)	t (mm)
コラムパイプ	110*	169*	472*	298. 5	10. 0

注記 *:最高使用温度で算出

2.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(2) コラムパイプに作用する力

(単位:N・mm)

	M i (N·mm)	F _b	i (N)	Q _b	i (N)
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。
基 礎 ボルト (i=1)	_	2.032×10 ⁷	_	1.003×10^4	_	4.053×10^4
ポンプ取付ボルト (i =2)	_	6.618×10 ⁶	_	7.244×10^3	_	1.860×10^4
原動機台取付ボルト (i=3)	_	1.911×10^{7}	_	4.504×10^{3}	_	2.193×10^4
原動機取付ボルト (i=4)	_	2.598×10^{6}	_	1.856×10^{3}	_	1.359×10^4

			(十)五.11 11	
		M		
部本	才	弾性設計用 地震動S _d 又は 静的震度	基準地震動S。	
コラムノ	ペイプ	_	8.202×10^6	

2.4 結 論

2.4.1 固有周期

(単位: s)

モード	固有周期
水平1次	T _{H1} =0.074
水平2次	T _{H2} =0.036
鉛直1次	T _{V1} =0.035

2.4.2 ボルトの応力

(単位: MPa) 2.4.3 コラムパイプの応力 部材

(単位:MPa)

許容応力

一次一般膜応力

算出応力

部材	材 料	応 力	弾性設計用地震動	カS d 又は静的震度	基準地	震動S。
Bb 453	10 14		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
甘 7林 子 九 1		引張り	_	_	Ī	
基礎ボルト		せん断	_	_	Ī	
ポンプ取付ボルト		引張り	_	_	I	
かクラ戦性がルト		せん断	_	_	1	
百動機分取付式ルト		引張り	_	_		
原動機台取付ボルト		せん断	_	_	1	
原動機取付ボルト		引張り	_	_	1	
が到成式リハルト		せん断	_	_		

弾性設計用地震動 Su又は静的震度 コラムパイプ 基準地震動S。

すべて許容応力以下である。

材料

すべて許容応力以下である。

注記 *: f_{tsi}=Min[1.4·f_{toi}-1.6·τbi, f_{toi}]より算出

2.4.4 動的機能の評価結果

2.4.4.1 機能確認済加速度との比較

(単位:×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.91*	10.0
ハンノ	鉛直方向	0.86*	1.0
百利州	水平方向	0.91*	2.5
原動機	鉛直方向	0.86*	1.0

注記 *:評価用加速度は1.0ZPA

評価用加速度はすべて機能維持確認済加速度以下である。

2.5 その他の機器要目 (1) 節点データ

点データ			
節点番号		節点座標(mm)	
() H /// 1/14	X	у	Z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11	Ī		
12	Ī		
13	Ī		
14			П
15	1		П
16	i		П
17	i		П
18	7		
19	7		
20	7		
21	7		
22	7		
23	7		
24	7		
25	7		
26	7		
27	7		
28	7		
29	7		
30	7		
31	7		
32	7		
33	7		
34	7		
35	7		
36	7		
37	7		
38	7		
39	7		
40	7		
41	7		
42	7		
43	1		Ħ
44	1		Ħ
45	1		H
46	1		Ħ
47	1		Ħ
48	- 		H
49	-		H
50	1		Ħ
	- 		H

(2) 要素の断面性状

(2) 要素の断面性	: 扒 T	1	Not of the	Not VA	bler >/L
断面特性番号	要素両端の節点	材料	断面積	断面二次 モーメント	断面二次 極モーメント
(要素番号)	番号	番号	(mm ²)	(mm ⁴)	他 イー / ノ ト (mm ⁴)
1	1-2	1		6.362×10^{5}	1.272×10^6
2	2-3	1	† 1	6.362×10^{5}	1.272×10^6
3	3-4	1	† 1	6.362×10^{5}	1.272×10^6
4	4-45	1	1	6.362×10^{5}	1.272×10^6
5	45-5	1	† 1	5.555×10^{5}	1.111×10^{6}
6	5-6	1	1	4.715×10^6	9.431×10^6
7	6-7	1	†	4.715×10^{6}	9. 431×10^6
8	7-8	1	1	4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
9	8-9	1	†	2.330×10^{6}	4.659×10^{6}
10	9-10	1	† :	4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
11	10-46	1	†	4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
12	46-11	1	† †	4.715×10^{6} 4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
13	11-12	1	† †	4.713×10 4.909×10^{6}	9. 431×10^{6} 9. 817×10^{6}
14	12-13	1	† †	4.909×10^{6} 4.909×10^{6}	9.817×10^{6} 9.817×10^{6}
15	13-14	1	† †	1.771×10^{6}	3.542×10^{6}
16	14-15	1	† †	1.771×10^{6} 1.771×10^{6}	3.542×10^{6} 3.542×10^{6}
17	15-16	1	†	2.011×10^{6}	4.021×10^{6}
18	16-17	2	+	2.485×10^{7}	4.970×10^{7}
19	17-18	3	+	2.562×10^{6}	4.970×10^{6} 5.125×10^{6}
20	18-49	3	†	6.678×10^{6}	1.336×10^{7}
21	19-20	3	+	8.762×10^{5}	1.752×10^{6}
22	21-22	1	+	3.010×10^{7}	6.020×10^{7}
23	22-23	1	+	3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
24	23-24	1	+	3.532×10^{8} 3.532×10^{8}	7.063×10^{8} 7.063×10^{8}
25	24-25	1	+ 1	3.532×10^{8} 3.532×10^{8}	7.063×10^{8} 7.063×10^{8}
26	25-47	1	+ +	3.532×10^{8} 3.532×10^{8}	7.063×10^{8} 7.063×10^{8}
27	47-26	1	+	3.532×10^{8} 3.532×10^{8}	7.063×10^{8} 7.063×10^{8}
28	26-27	1	+	1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
29	27-28	1	+	1.154×10^{8} 1.154×10^{8}	2.308×10^{8} 2.308×10^{8}
30	28-29	1	+ 1	1.154×10^{8} 1.154×10^{8}	2.308×10^{8} 2.308×10^{8}
31	29-30	1	+	1.154×10^{8} 1.154×10^{8}	2.308×10^{8} 2.308×10^{8}
32	30-31	1	† †	1.154×10^{8} 1.154×10^{8}	2.308×10^{8} 2.308×10^{8}
33	31-48	1	 	1.154×10^{8} 1.154×10^{8}	2.308×10^{8} 2.308×10^{8}
34	48-32	1	† †	1.154×10^{8} 1.154×10^{8}	2.308×10^{8} 2.308×10^{8}
35	32-33	1	† †	1. 154×10^8 1. 154×10^8	2.308×10^{8} 2.308×10^{8}
36	33-34	1	1 1	1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
37	34-35	1	1 1	1.705×10^{8} 1.705×10^{8}	3.411×10^{8} 3.411×10^{8}
38	35-36	1	† †	1.705×10^{8} 1.705×10^{8}	3.411×10^{8} 3.411×10^{8}
39	43-37	2	† †	7. 981×10^{10}	1.596×10^{11}
40	43-38	2	† †	3.841×10^{10}	7. 682×10^{10}
41	38-39	2	 	6.070×10^9	1.214×10^{10}
42	39-40	4	1 1	6.070×10^{8} 4.530×10^{8}	9.060×10^{8}
43	40-50	4	 	4.530×10^{8} 4.530×10^{8}	9.060×10^{8} 9.060×10^{8}
43	41-42	4	1 1	4.802×10^{8}	7.604×10^{8}
45	49-19	3	1	4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
	50-41		1	4.530×10^{8}	9.060×10^{8}
46	5U−41	4		4. 550 × 10°	9.000×10°

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数		
2	23			
4	25			
7	28			
9	30			
11	32			
18	40			
19	41			
27	44			
19	41			
34	37			
34	37			

(4)	節	点	0	質	量

り、別ぶり貝里		質量			
節点番号	(kg)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					

(5) 材料物性值

材料	斗番号	温度 (℃)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm³)	ポアソン比 (-)	材質
	1		1.93×10^{5}	7. 920×10^{-6}	0.3	
	2		2.01×10^{5}	7. 860×10^{-6}	0.3	
	3	Ī	2.06×10^{5}	7.850×10^{-6}	0.3	
	4		2.06×10^5	7. 860×10^{-6}	0.3	

原動機取付ボルト

28