

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-365 改0
提出年月日	平成30年5月18日

V-2-5-4-1-2 残留熱除去系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. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
4. 機能維持評価	8
4.1 動的機能維持評価方法	8
5. 評価結果	9
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
5.2 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、「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、残留熱除去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。

残留熱除去系ポンプは、設計基準対象施設においては既設の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、分類に応じた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

残留熱除去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>立形ポンプ（ピットバレル形）</p>	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプの構造はたて軸ポンプであるため、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 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

残留熱除去系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 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

残留熱除去系ポンプの許容応力を表 3-3 及び表 3-4 に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系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 3-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-1 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
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去 設備	残留熱除去系 ポンプ	S	クラス 2 ポンプ*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

表 3-2 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	残留熱除去 設備	残留熱除去系 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	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	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 3-3 許容応力 (クラス 2 ポンプ, クラス 3 ポンプ, その他のポンプ及び重大事故等クラス 2 ポンプ)

許容応力 状 態	許容限界*1			
	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
III _A S	S _y と0.6・S _u の小さい方 ただし, ASS及びHNA については上記の値と1.2・ Sのうち大きい方とする。	左欄の1.5倍の値	*2 S _d 又はS _s 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労 累積係数が1.0以下であること。ただし, 地震動のみ による一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば 疲労解析は不要。	
IV _A S	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値		
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容 限界を用いる。)				

注記 *1: 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代表可能である場合は評価を省略する。

*2: 2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。S_mは2/3・S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表 3-4 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)

許容応力状態	許 容 限 界* (ボ ル ト 等)	
	一 次 応 力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A Sとして, Ⅳ _A Sの許容限界を用いる。)		

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 3-5 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
バレルケーシング		最高使用温度	182	173	373	—
コラムパイプ		最高使用温度	182	173	373	—
基礎ボルト		周囲環境温度		206	385	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	182	637	847	—
原動機台取付ボルト		最高使用温度	182	173	373	—
原動機取付ボルト		周囲環境温度		206	385	—

表 3-6 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
バレルケーシング		最高使用温度	182	173	373	—
コラムパイプ		最高使用温度	182	173	373	—
基礎ボルト		周囲環境温度		206	385	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	182	637	847	—
原動機台取付ボルト		最高使用温度	182	173	373	—
原動機取付ボルト		周囲環境温度		206	385	—

4. 機能維持評価

4.1 機能維持評価方法

残留熱除去系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。

残留熱除去系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を持っているため、「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

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)
ポンプ	ピットバレル形 ポンプ	水平	10.0
		鉛直	1.0
原動機	立形ころがり 軸受電動機	水平	2.5
		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

残留熱除去系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することを確認した。

(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。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去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することを確認した。

(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。

【残留熱除去系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

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)		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 (°C)	周囲環境温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			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				吸込側	吐出側
残留熱除去系ポンプ	S	原子炉建屋 EL. -4.0*1	0.066	0.019	$C_H=0.58^{*2*4}$	$C_V=0.48^{*4}$	$C_H=0.87^{*3*5}$	$C_V=0.90^{*5}$	$C_p=0.05$	182		1.52	3.50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 動解析用の水平方向震度は、弾性設計用地震動 S_d に基づく動的解析より得られる応答値 (1次固有周期における震度: $C_H=1.00$)

*3: 動解析用の水平方向震度は、基準地震動 S_s に基づく動的解析より得られる応答値 (1次固有周期における震度: $C_H=1.23$)

*4: 弾性設計用地震動 S_d の震度と同等以上の設計震度又は静的震度

*5: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

(1) ボルト

部材	m_i (kg)	D_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	n_{f_i}	M_p (N・mm)	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)	F_i	F_{i^*}
基礎ボルト (i=1)				8	8	—	206*2 (40<径≤100mm)	385*2	206	247
ポンプ取付ボルト (i=2)				40	40	6.494×10^6	637*1 (径≤60mm)	847*1 (径≤60mm)	592	592
原動機台取付ボルト (i=3)				8	8	6.494×10^6	173*1 (40<径≤100mm)	373*1	173	208
原動機取付ボルト (i=4)				8	8	6.494×10^6	206*2 (40<径≤100mm)	385*2	206	247

注記*1: 最高使用温度で算出

*2: 周囲環境温度で算出

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部材	S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	D_c (mm)	t (mm)
バレルケーシング	—	173*1	373*1	1072.0	14.0
コラムパイプ	—	173*1	373*1	409.6	32.0

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min ⁻¹)
H _p = 	N =

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M _i (N・mm)		F _{b i} (N)		Q _{b i} (N)	
	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	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)	1.432×10 ⁸	2.049×10 ⁸	—	2.680×10 ⁴	1.764×10 ⁵	2.523×10 ⁵
ポンプ取付ボルト (i=2)	1.867×10 ⁸	2.672×10 ⁸	2.683×10 ³	1.024×10 ⁴	1.764×10 ⁵	2.523×10 ⁵
原動機台取付ボルト (i=3)	1.117×10 ⁸	1.598×10 ⁸	1.287×10 ⁴	3.100×10 ⁴	9.137×10 ⁴	1.307×10 ⁵
原動機取付ボルト (i=4)	4.762×10 ⁷	6.813×10 ⁷	8.211×10 ³	2.171×10 ⁴	4.910×10 ⁴	7.024×10 ⁴

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力

部 材	M (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
バレルケーシング	5.145×10 ⁷	7.361×10 ⁷
コラムパイプ	3.714×10 ⁷	4.577×10 ⁷

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

モード	固有周期
水平1次	T _{H1} =0.066
水平2次	T _{H2} =0.040
鉛直1次	T _{V1} =0.019

1.4.2 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	[]	引張り	[]	[]	[]	[]
		せん断				
ポンプ取付ボルト	[]	引張り				
		せん断				
原動機台取付ボルト	[]	引張り				
		せん断				
原動機取付ボルト	[]	引張り				
		せん断				

すべて許容応力以下である。

注記*: $\text{Min}[1.4 \cdot f_{t \circ i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t \circ i}]$

1.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力 (単位: MPa)

部 材	材料	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング	[]	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	[]	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	[]	[]
		基準地震動 S _s		

すべて許容応力以下である。

注記*

[]

1.4.4 動的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.72	10.0
	鉛直方向	0.75*	1.0
原動機	水平方向	0.72	2.5
	鉛直方向	0.75*	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

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
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			

NT2 補③ V-2-5-4-1-2 R0

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm^2)	断面二次 モーメント (mm^4)	断面二次 極モーメント (mm^4)
1	1-2	1		1.198×10^7	2.397×10^7
2	2-3	1		1.198×10^7	2.397×10^7
3	3-4	1		1.198×10^7	2.397×10^7
4	4-5	1		1.198×10^7	2.397×10^7
5	5-6	1		1.198×10^7	2.397×10^7
6	6-7	1		1.198×10^7	2.397×10^7
7	7-8	1		1.198×10^7	2.397×10^7
8	8-9	1		1.198×10^7	2.397×10^7
9	9-10	1		1.198×10^7	2.397×10^7
10	10-11	1		1.198×10^7	2.397×10^7
11	11-12	1		1.198×10^7	2.397×10^7
12	12-13	1		1.198×10^7	2.397×10^7
13	13-14	1		1.198×10^7	2.397×10^7
14	14-15	1		1.198×10^7	2.397×10^7
15	15-16	1		1.198×10^7	2.397×10^7
16	16-17	1		1.198×10^7	2.397×10^7
17	17-18	1		1.198×10^7	2.397×10^7
18	18-19	1		1.198×10^7	2.397×10^7
19	19-20	1		1.198×10^7	2.397×10^7
20	20-21	1		1.198×10^7	2.397×10^7
21	21-22	1		1.780×10^7	3.561×10^7
22	22-23	1		1.780×10^7	3.561×10^7
23	23-24	1		1.780×10^7	3.561×10^7
24	24-25	1		1.780×10^7	3.561×10^7
25	25-26	1		1.886×10^7	3.771×10^7
26	26-27	1		1.886×10^7	3.771×10^7
27	27-28	4		1.194×10^8	2.388×10^8
28	28-29	6		7.187×10^6	1.437×10^7
29	29-30	6		2.485×10^7	4.970×10^7
30	30-31	6		1.018×10^7	2.036×10^7
31	32-33	2		1.971×10^8	3.943×10^8
32	33-34	2		1.008×10^9	2.016×10^9
33	34-35	2		1.008×10^9	2.016×10^9
34	35-36	2		1.008×10^9	2.016×10^9
35	36-37	2		1.008×10^9	2.016×10^9
36	37-38	2		1.008×10^9	2.016×10^9
37	38-39	2		1.008×10^9	2.016×10^9
38	39-40	2		1.008×10^9	2.016×10^9
39	40-41	2		1.008×10^9	2.016×10^9
40	41-42	2		1.008×10^9	2.016×10^9
41	42-43	2		1.008×10^9	2.016×10^9
42	43-44	2		1.008×10^9	2.016×10^9
43	44-45	2		1.008×10^9	2.016×10^9
44	45-46	2		1.008×10^9	2.016×10^9
45	46-47	2		1.008×10^9	2.016×10^9
46	47-48	2		1.008×10^9	2.016×10^9
47	48-49	2		1.008×10^9	2.016×10^9
48	49-50	2		1.008×10^9	2.016×10^9
49	50-51	2		1.008×10^9	2.016×10^9

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 極モーメント (mm ⁴)
50	51-52	2		1.008×10 ⁹	2.016×10 ⁹
51	52-53	2		1.008×10 ⁹	2.016×10 ⁹
52	53-54	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
53	54-55	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
54	55-56	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
55	56-57	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
56	57-58	3		2.404×10 ⁸	4.808×10 ⁸
57	57-89	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
58	59-60	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
59	60-61	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
60	61-62	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
61	62-63	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
62	63-64	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
63	64-65	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
64	65-66	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
65	66-67	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
66	67-68	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
67	68-69	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
68	69-70	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
69	70-71	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
70	71-72	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
71	72-73	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
72	73-74	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
73	74-75	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
74	75-76	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
75	76-77	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
76	77-78	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
77	78-79	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
78	79-80	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
79	80-81	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
80	81-82	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
81	82-83	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
82	83-84	3		1.665×10 ¹⁰	3.329×10 ¹⁰
83	85-86	5		1.463×10 ¹²	2.926×10 ¹²
84	86-87	3		5.625×10 ¹¹	1.125×10 ¹²
85	87-88	3		3.924×10 ¹⁰	7.848×10 ¹⁰
86	88-89	3		3.924×10 ¹⁰	7.848×10 ¹⁰
87	89-90	5		1.090×10 ¹⁰	2.180×10 ¹⁰
88	90-91	6		4.847×10 ⁹	9.694×10 ⁹
89	91-92	6		4.847×10 ⁹	9.694×10 ⁹
90	92-93	6		6.277×10 ⁹	1.255×10 ¹⁰

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばねの方向	ばね定数
2	34	1	
4	36	1	
6	38	1	
8	40	1	
10	42	1	
12	44	1	
14	46	1	
16	48	1	
18	50	1	
20	52	1	
26	58	1	
29	91	1	
30	92	1	
33	62	1	
30	92	2	
84	86	2	
84	86	6	

(4) 節点の付加質量

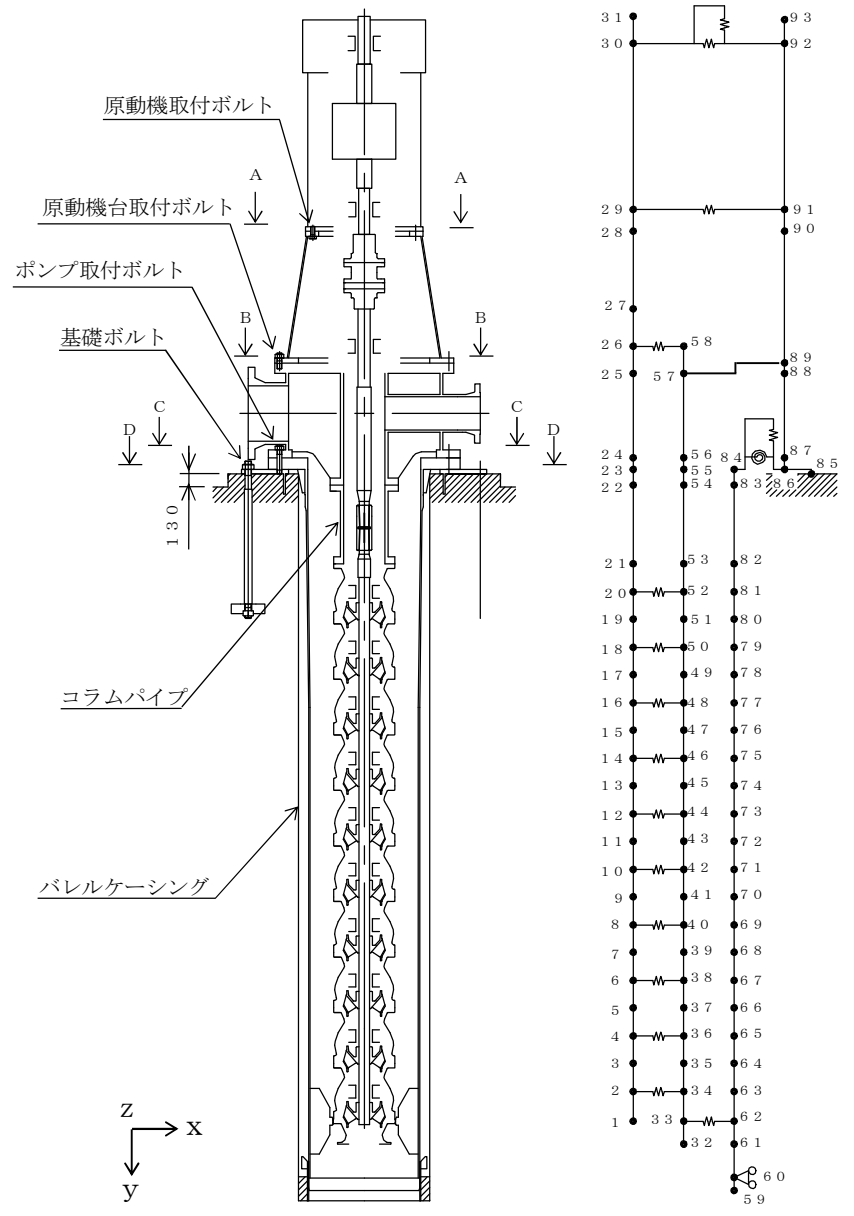
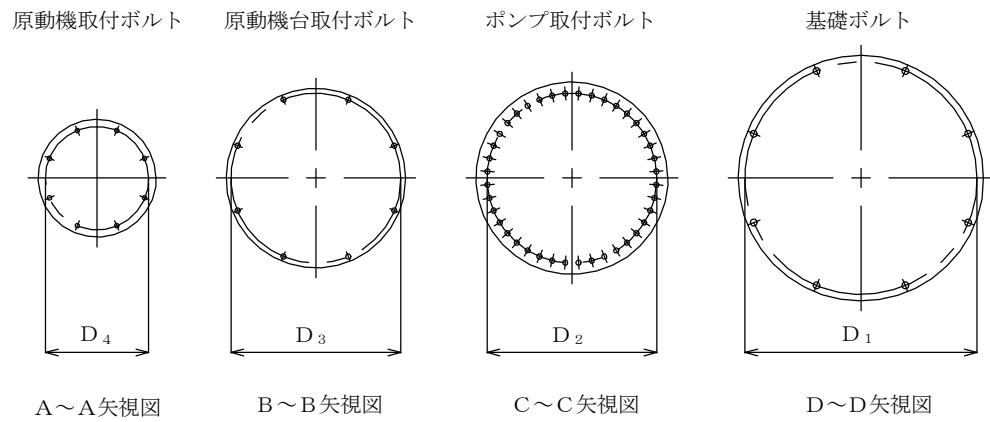
節点番号	付加質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	

(続き)

節点番号	付加質量 (kg)
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	
75	
76	
77	
78	
79	
80	
81	
82	
83	
84	
85	
86	
87	
88	
89	
90	
91	
92	
93	

(5) 材料物性値

材料番号	温 度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比 (-)	材 質
1	182	1.89×10^5	0.3	
2	182	1.91×10^5	0.3	
3	182	1.92×10^5	0.3	
4		1.99×10^5	0.3	
5		2.00×10^5	0.3	
6		1.99×10^5	0.3	



【残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故対処設備

2.1 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 (°C)	周囲環境温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			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				吸込側	吐出側
残留熱除去系ポンプ	常設耐震/防止常設/緩和	原子炉建屋 EL. -4.0*1	0.066	0.019	-	-	C _H =0.87*2*4	C _V =0.90*4	C _p =0.05	182	<input type="text"/>	1.52	3.50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 動解析用の水平方向震度は、基準地震動 S_s に基づく動的解析より得られる応答値 (1次固有周期における震度: C_H=1.23)

*3: 弾性設計用地震動 S_d の震度と同等以上の設計震度又は静的震度

*4: 基準地震動 S_s の震度と同等以上の設計震度

2.2 機器要目

(1) ボルト

部材	m _i (kg)	D _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i}	M _p (N・mm)	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8	8	-	206*2 (40<径≤100mm)	385*2	-	247
ポンプ取付ボルト (i=2)				40	40	6.494×10 ⁶	637*1 (径≤60mm)	847*1 (径≤60mm)	-	592
原動機台取付ボルト (i=3)				8	8	6.494×10 ⁶	173*1 (40<径≤100mm)	373*1	-	208
原動機取付ボルト (i=4)				8	8	6.494×10 ⁶	206*2 (40<径≤100mm)	385*2	-	247

注記*1: 最高使用温度で算出

*2: 周囲環境温度で算出

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _c (mm)	t (mm)
バレルケーシング	-	173*1	373*1	1072.0	14.0
コラムパイプ	-	173*1	373*1	409.6	32.0

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min ⁻¹)
H _p = <input type="text"/>	N = <input type="text"/>

2.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M _i (N・mm)		F _{b i} (N)		Q _{b i} (N)	
	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	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)	—	2.049×10 ⁸	—	2.680×10 ⁴	—	2.523×10 ⁵
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	2.672×10 ⁸	—	1.024×10 ⁴	—	2.523×10 ⁵
原動機取付ボルト (i=3)	—	1.598×10 ⁸	—	3.100×10 ⁴	—	1.307×10 ⁵
原動機取付ボルト (i=4)	—	6.813×10 ⁷	—	2.171×10 ⁴	—	7.024×10 ⁴

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力

部 材	M (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
バレルケーシング	—	7.361×10 ⁷
コラムパイプ	—	4.577×10 ⁷

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} =0.066
水平2次	T _{H2} =0.040
鉛直1次	T _{V1} =0.019

2.4.2 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	SS400	引張り	—	—	[Redacted]	[Redacted]
		せん断	—	—		
ポンプ取付ボルト	SCM435	引張り	—	—		
		せん断	—	—		
原動機取付ボルト	SS400	引張り	—	—		
		せん断	—	—		
原動機取付ボルト	SS400	引張り	—	—		
		せん断	—	—		

すべて許容応力以下である。

注記*: $\text{Min}[1.4 \cdot f_{t oi} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t oi}]$

2.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力

(単位: MPa)

部 材	材料	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング	SMA41B	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	[Redacted]	[Redacted]
		基準地震動 S _s		
コラムパイプ	SM400B	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		
		基準地震動 S _s		

すべて許容応力以下である。

注記*

[Redacted]

2.4.4 動的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.72	10.0
	鉛直方向	0.75*	1.0
原動機	水平方向	0.72	2.5
	鉛直方向	0.75*	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

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	Z
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			

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm^2)	断面二次 モーメント (mm^4)	断面二次 極モーメント (mm^4)
1	1-2	1		1.198×10^7	2.397×10^7
2	2-3	1		1.198×10^7	2.397×10^7
3	3-4	1		1.198×10^7	2.397×10^7
4	4-5	1		1.198×10^7	2.397×10^7
5	5-6	1		1.198×10^7	2.397×10^7
6	6-7	1		1.198×10^7	2.397×10^7
7	7-8	1		1.198×10^7	2.397×10^7
8	8-9	1		1.198×10^7	2.397×10^7
9	9-10	1		1.198×10^7	2.397×10^7
10	10-11	1		1.198×10^7	2.397×10^7
11	11-12	1		1.198×10^7	2.397×10^7
12	12-13	1		1.198×10^7	2.397×10^7
13	13-14	1		1.198×10^7	2.397×10^7
14	14-15	1		1.198×10^7	2.397×10^7
15	15-16	1		1.198×10^7	2.397×10^7
16	16-17	1		1.198×10^7	2.397×10^7
17	17-18	1		1.198×10^7	2.397×10^7
18	18-19	1		1.198×10^7	2.397×10^7
19	19-20	1		1.198×10^7	2.397×10^7
20	20-21	1		1.198×10^7	2.397×10^7
21	21-22	1		1.780×10^7	3.561×10^7
22	22-23	1		1.780×10^7	3.561×10^7
23	23-24	1		1.780×10^7	3.561×10^7
24	24-25	1		1.780×10^7	3.561×10^7
25	25-26	1		1.886×10^7	3.771×10^7
26	26-27	1		1.886×10^7	3.771×10^7
27	27-28	4		1.194×10^8	2.388×10^8
28	28-29	6		7.187×10^6	1.437×10^7
29	29-30	6		2.485×10^7	4.970×10^7
30	30-31	6		1.018×10^7	2.036×10^7
31	32-33	2		1.971×10^8	3.943×10^8
32	33-34	2		1.008×10^9	2.016×10^9
33	34-35	2		1.008×10^9	2.016×10^9
34	35-36	2		1.008×10^9	2.016×10^9
35	36-37	2		1.008×10^9	2.016×10^9
36	37-38	2		1.008×10^9	2.016×10^9
37	38-39	2		1.008×10^9	2.016×10^9
38	39-40	2		1.008×10^9	2.016×10^9
39	40-41	2		1.008×10^9	2.016×10^9
40	41-42	2		1.008×10^9	2.016×10^9
41	42-43	2		1.008×10^9	2.016×10^9
42	43-44	2		1.008×10^9	2.016×10^9
43	44-45	2		1.008×10^9	2.016×10^9
44	45-46	2		1.008×10^9	2.016×10^9
45	46-47	2		1.008×10^9	2.016×10^9
46	47-48	2		1.008×10^9	2.016×10^9
47	48-49	2		1.008×10^9	2.016×10^9
48	49-50	2		1.008×10^9	2.016×10^9
49	50-51	2		1.008×10^9	2.016×10^9

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 極モーメント (mm ⁴)
50	51-52	2		1.008×10 ⁹	2.016×10 ⁹
51	52-53	2		1.008×10 ⁹	2.016×10 ⁹
52	53-54	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
53	54-55	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
54	55-56	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
55	56-57	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
56	57-58	3		2.404×10 ⁸	4.808×10 ⁸
57	57-89	3		1.088×10 ⁹	2.176×10 ⁹
58	59-60	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
59	60-61	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
60	61-62	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
61	62-63	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
62	63-64	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
63	64-65	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
64	65-66	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
65	66-67	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
66	67-68	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
67	68-69	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
68	69-70	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
69	70-71	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
70	71-72	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
71	72-73	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
72	73-74	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
73	74-75	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
74	75-76	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
75	76-77	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
76	77-78	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
77	78-79	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
78	79-80	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
79	80-81	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
80	81-82	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
81	82-83	3		7.043×10 ⁹	1.409×10 ¹⁰
82	83-84	3		1.665×10 ¹⁰	3.329×10 ¹⁰
83	85-86	5		1.463×10 ¹²	2.926×10 ¹²
84	86-87	3		5.625×10 ¹¹	1.125×10 ¹²
85	87-88	3		3.924×10 ¹⁰	7.848×10 ¹⁰
86	88-89	3		3.924×10 ¹⁰	7.848×10 ¹⁰
87	89-90	5		1.090×10 ¹⁰	2.180×10 ¹⁰
88	90-91	6		4.847×10 ⁹	9.694×10 ⁹
89	91-92	6		4.847×10 ⁹	9.694×10 ⁹
90	92-93	6		6.277×10 ⁹	1.255×10 ¹⁰

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばねの方向	ばね定数
2	34	1	
4	36	1	
6	38	1	
8	40	1	
10	42	1	
12	44	1	
14	46	1	
16	48	1	
18	50	1	
20	52	1	
26	58	1	
29	91	1	
30	92	1	
33	62	1	
30	92	2	
84	86	2	
84	86	6	

(4) 節点の付加質量

節点番号	付加質量 (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	

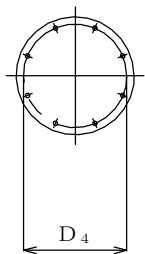
(続き)

節点番号	付加質量 (kg)
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	
75	
76	
77	
78	
79	
80	
81	
82	
83	
84	
85	
86	
87	
88	
89	
90	
91	
92	
93	

(5) 材料物性値

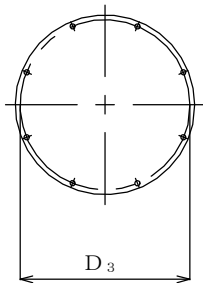
材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比 (-)	材質
1	182	1.89×10^5	0.3	
2	182	1.91×10^5	0.3	
3	182	1.92×10^5	0.3	
4		1.99×10^5	0.3	
5		2.00×10^5	0.3	
6		1.99×10^5	0.3	

原動機取付ボルト



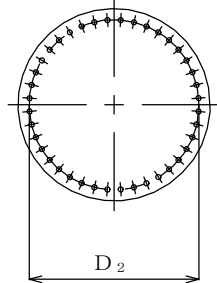
A~A 矢視図

原動機台取付ボルト



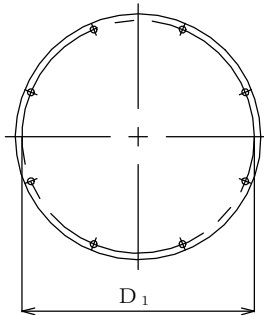
B~B 矢視図

ポンプ取付ボルト



C~C 矢視図

基礎ボルト



D~D 矢視図

