

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-920 改0
提出年月日	平成30年7月13日

V-2-11-2-9 ウォータレグシールライン（残留熱除去系，高圧炉心スプレ  
イ系及び低圧炉心スプレイ系）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 配置概要	1
2.2 構造計画	2
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
3.3 設計用地震力	10
4. 評価結果	11
4.1 設計基準対象施設としての評価結果	11
4.2 重大事故等対処設備としての評価結果	11

1. 概要

本資料は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、ウォータレグシールライン（残留熱除去系、高圧炉心スプレイ系及び低圧炉心スプレイ系）が設計用地震動に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、当該ラインに接続されている上位クラス施設である残留熱除去系、高圧炉心スプレイ系及び低圧炉心スプレイ系に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

ウォータレグシールラインは配管系及びポンプにて構成されている。ウォータレグシールラインの配管系と上位クラスの配管系との接続状況について残留熱除去系を例として図 2-1 に示す。ウォータレグシールラインの配管と上位クラス施設である残留熱除去系配管との接続は、通常閉とした隔離弁等を介していないため、ウォータレグシールラインが損傷した場合、上位クラスの各系統（残留熱除去系、高圧炉心スプレイ系及び低圧炉心スプレイ系）に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

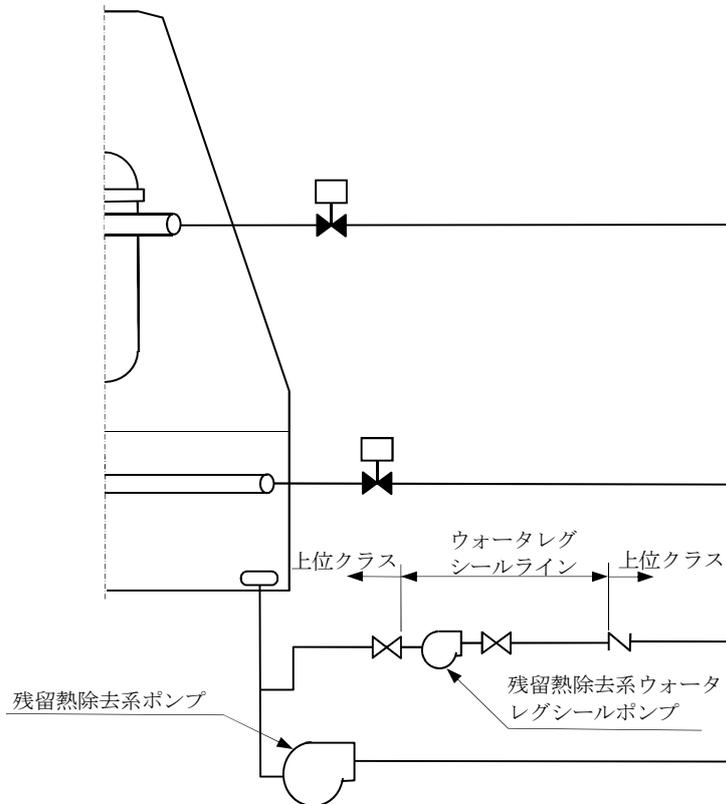
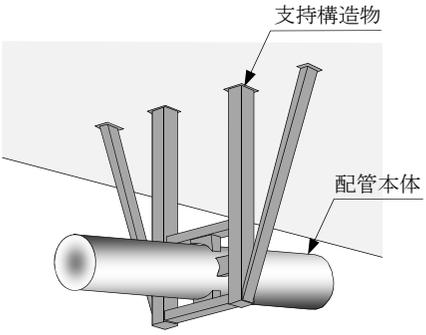
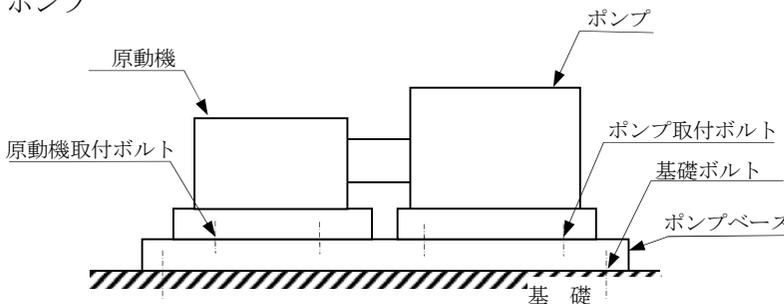


図 2-1 ウォータレグシールラインと上位クラス施設との接続関係図  
(残留熱除去系の例)

2.2 構造計画

ウォーターレグシールラインを構成する配管系及びポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 ウォータレグシールラインの構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
(1) 配管系 (2) ポンプ	(1) 配管系は配管本体及び支持構造物から構成されており、配管本体は、支持構造物を介して間接支持構造物である建屋に支持される。 (2) 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。	(1) 配管本体 支持構造物 (2) ターボ形	(1) 配管系  (2) ポンプ 

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

(1) 残留熱除去系ウォータレグシール配管，高圧炉心スプレイ系ウォータレグシール配管及び低圧炉心スプレイ系ウォータレグシール配管（以下本書では総称して「ウォータレグシール配管」という。）の固有値解析及び構造強度評価は、「V-2-1-14-6 管の応力計算書及び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。

また，全7モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として低圧炉心スプレイ系ウォータレグシール配管（LPCS-11, 12, 13）の計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を【ウォータレグシールラインの耐震性についての計算結果】1.1.5に記載する。

(2) 残留熱除去系ウォータレグシールポンプ，高圧炉心スプレイ系ウォータレグシールポンプ及び低圧炉心スプレイ系ウォータレグシールポンプ（以下本書では総称して「ウォータレグシールポンプ」という。）の構造は横軸ポンプであるため，固有値解析及び構造強度評価は、「V-2-1-14-4 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の基づき評価する。

#### 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

ウォータレグシールライン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 に示す。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

ウォータレグシールラインの許容応力を表 3-3～表 3-4 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ウォータレグシールライン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 および表 3-7 に示す。重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 および表 3-8 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 除去系	残留熱除去系	B	クラス 2 管	$I_L + S_s^{*1*2}$	$IV_A S$
		ウォータレグシール配管			$II_L + S_s^{*1*2}$	
		残留熱除去系	B	クラス 2 ポンプ* <sup>3</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$
		ウォータレグシールポンプ				
	高圧炉心 スプレイ系	高圧炉心スプレイ系	B	クラス 2 管	$I_L + S_s^{*1*2}$	$IV_A S$
		ウォータレグシール配管			$II_L + S_s^{*1*2}$	
		高圧炉心スプレイ系	B	クラス 2 ポンプ*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$
		ウォータレグシールポンプ				
	低圧炉心 スプレイ系	低圧炉心スプレイ系	B	クラス 2 管	$I_L + S_s^{*1*2}$	$IV_A S$
		ウォータレグシール配管			$II_L + S_s^{*1*2}$	
低圧炉心スプレイ系		B	クラス 2 ポンプ*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	
ウォータレグシールポンプ						

注記 \* 1 : 運転状態の添字 L は荷重, (L) は荷重が長期間作用している状態を示す。  
 \* 2 : 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。  
 \* 3 : 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	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 除去系	残留熱除去系	クラス 2 管	$I_L + S_s^{*1*2}$	$V_A S^{*4}$	
		ウォータレグシール配管		$II_L + S_s^{*1*2}$		
	残留熱 除去系	残留熱除去系	—	クラス 2 ポンプ* <sup>3</sup>	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*4}$
		ウォータレグシールポンプ				
	高圧炉心 スプレイ系	高圧炉心スプレイ系	—	クラス 2 管	$I_L + S_s^{*1*2}$	$V_A S^{*4}$
		ウォータレグシール配管			$II_L + S_s^{*1*2}$	
	高圧炉心 スプレイ系	高圧炉心スプレイ系	—	クラス 2 ポンプ*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*4}$
		ウォータレグシールポンプ				
	低圧炉心 スプレイ系	低圧炉心スプレイ系	—	クラス 2 管	$I_L + S_s^{*1*2}$	$V_A S^{*4}$
		ウォータレグシール配管			$II_L + S_s^{*1*2}$	
低圧炉心 スプレイ系	低圧炉心スプレイ系	—	クラス 2 ポンプ*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*4}$	
	ウォータレグシールポンプ					

- 注記 \*1：運転状態の添字Lは荷重，（L）は荷重が長期間作用している状態を示す。  
 \*2：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。  
 \*3：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。  
 \*4： $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を用いる。

表 3-3 ウォータレグシール配管の許容応力（クラス 2， 3 管及び重大事故等クラス 2 管）

許容応力状態	許容限界			
	一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
IV <sub>A</sub> S	$0.6 \cdot S_u^{*1}$	左欄の 1.5 倍の値	<sup>*2</sup> $S_d$ 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 $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。	

注記\*1：軸力による全断面平均応力については，許容応力状態III<sub>A</sub>Sの一次一般膜応力の許容値の 0.8 倍の値とする。

\*2： $2 \cdot S_y$ 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 PPB-3536(1)，(2)，(4)及び(5)（ただし， $S_m$ は  $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 3-4 ウォータレグシールポンプの許容応力（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*1 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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。

表 3-5 ウォータレグシール配管使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

機器名称	評価部材	材料	温度条件 (°C)		S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
ウォータレグシール配管	配管本体	STPT42	最高使用温度		—	220	405	—

表 3-6 ウォータレグシール配管使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

機器名称	評価部材	材料	温度条件 (°C)		S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
ウォータレグシール配管	配管本体	STPT42	最高使用温度		—	220	405	—

表 3-7 ウォータレグシールポンプの使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

機器名称	評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
ウォータレグシールポンプ	基礎ボルト (16mm<径<40mm)	SS41	周囲環境温度	—	231	394	—
	ポンプ取付ボルト (40mm<径)	SS41	周囲環境温度	—	211	394	—
	原動機取付ボルト (40mm<径)	SS41	周囲環境温度	—	211	394	—

表 3-8 ウォータレグシールポンプの使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

機器名称	評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
ウォータレグシールポンプ	基礎ボルト (16mm<径<40mm)	SS41	周囲環境温度	—	212	373	—
	ポンプ取付ボルト (40mm<径)	SS41	周囲環境温度	—	194	373	—
	原動機取付ボルト (40mm<径)	SS41	周囲環境温度	—	194	373	—

### 3.3 設計用地震力

ウォータレグシール配管において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を表3-9に示す。なお設備評価用床応答曲線は「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、ウォータレグシールポンプの設計用地震力を表3-10に示す。

減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載。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 3-9 ウォータレグシール配管設計用地震力の算定条件

解析モデル No	建物・構築物	標高	減衰定数
LPCS-11, 12, 13	原子炉建屋	EL. 2.0m	2.0%

表 3-10 ウォータレグシールポンプ設計用地震力

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S <sub>s</sub>	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 EL. -4.00*1	—	—	C <sub>H</sub> =0.87	C <sub>V</sub> =0.90

注記\*1：基準床レベルを示す。

#### 4. 評価結果

##### 4.1 設計基準対象施設としての評価結果

###### 4.1.1 ウォータレグシール配管の評価結果

ウォータレグシール配管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項以降の【ウォータレグシールラインの耐震性についての計算結果】に示す。

###### 4.1.2 ウォータレグシールポンプの評価結果

ウォータレグシール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項以降の【ウォータレグシールラインの耐震性についての計算結果】に示す。

##### 4.2 重大事故等対処設備としての評価結果

###### 4.2.1 ウォータレグシール配管の評価結果

ウォータレグシール配管の重大事故等対処設備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項以降の【ウォータレグシールラインの耐震性についての計算結果】に示す。

###### 4.2.2 ウォータレグシールポンプの評価結果

ウォータレグシールポンプの重大事故等対処設備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項以降の【ウォータレグシールラインの耐震性についての計算結果】に示す。

【ウォータレグシールラインの耐震性についての計算結果】

1. ウォータレグシール配管の耐震性についての計算結果

1.1 低圧炉心スプレイ系ウォータレグシール配管

1.1.1 固有周期及び設計震度

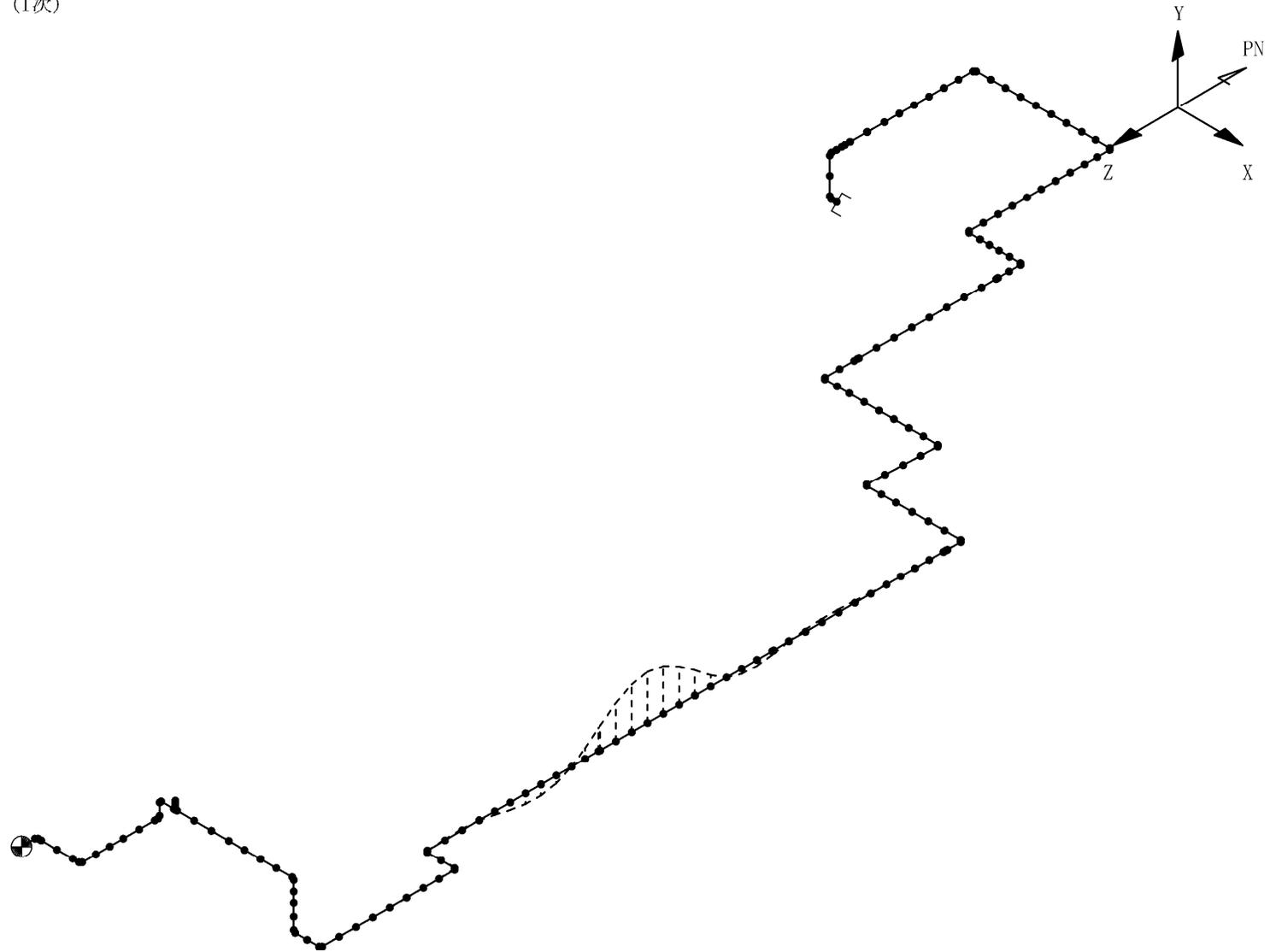
耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	0.150	2.31	2.31	3.15	3.84	3.84	5.88
2次	0.150	2.31	2.31	3.15	3.84	3.84	5.88
3次	0.131	2.20	2.20	3.14	3.67	3.67	5.85
4次	0.125	2.20	2.20	2.53	3.61	3.61	4.77
5次	0.102	1.22	1.22	1.62	2.10	2.10	3.04
6次	0.100	1.21	1.21	1.53	1.85	1.85	2.81
7次	0.088	0.71	0.71	1.00	1.11	1.11	1.87
8次	0.082	0.71	0.71	0.81	1.11	1.11	1.50
21次	0.052	0.48	0.48	1.04	0.88	0.88	1.71
22次	0.045	—	—	—	—	—	—
動的震度		0.52	0.52	0.48	0.96	0.96	0.92
静的震度		0.58	0.58	0.29	—	—	—

## 1.1.2 各モードに対応する刺激係数

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.150	0.000	0.049	0.000
2次	0.150	0.049	0.000	0.000
3次	0.131	0.011	0.000	0.010
4次	0.125	0.000	0.021	0.000
5次	0.102	0.015	0.018	0.005
6次	0.100	0.066	0.001	0.054
7次	0.088	0.001	0.011	0.000
8次	0.082	0.014	0.001	0.017
21次	0.052	0.027	0.001	0.003

1.1.3 代表的振動モード図

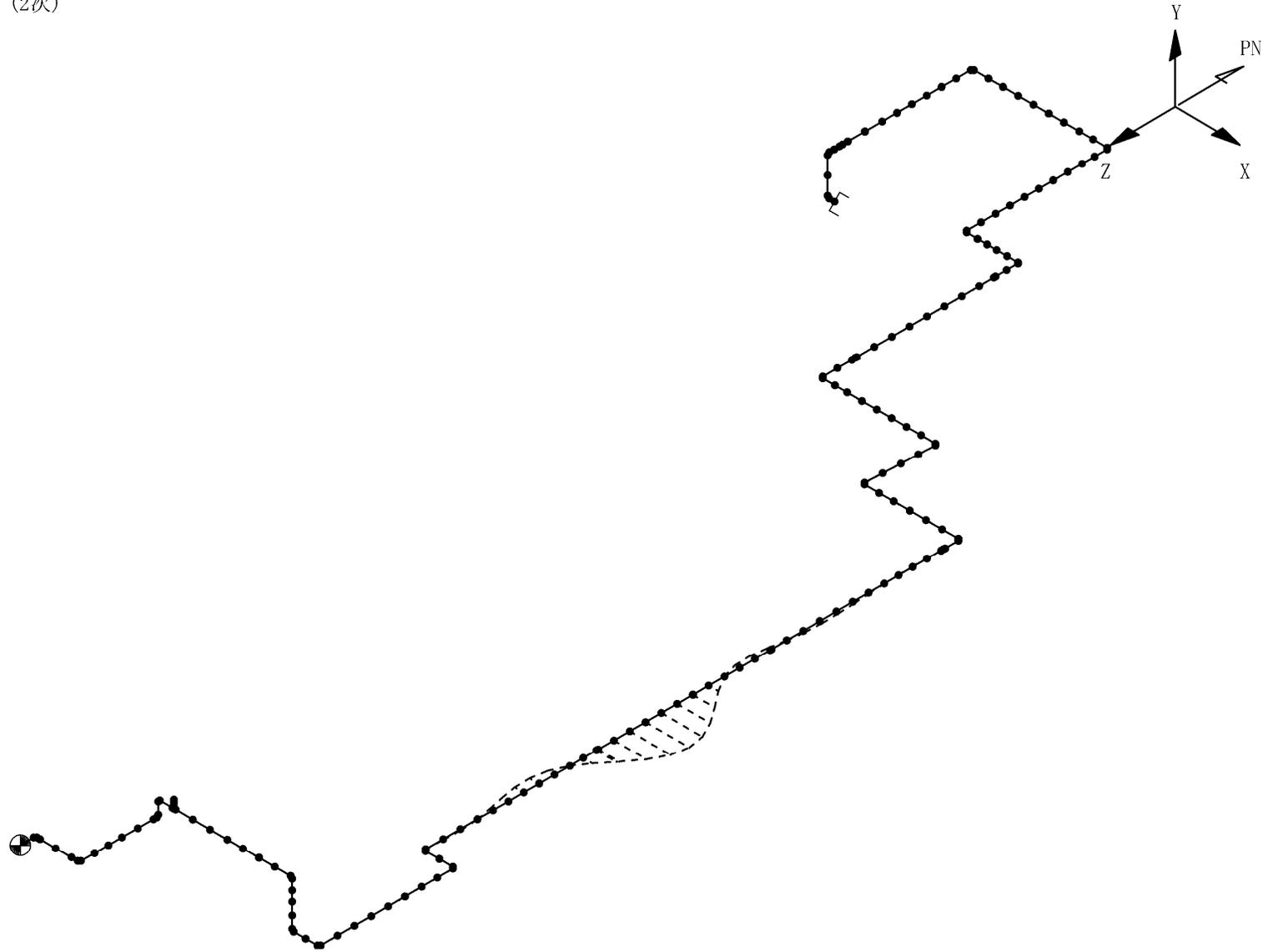
代表的振動モード図 (1次)



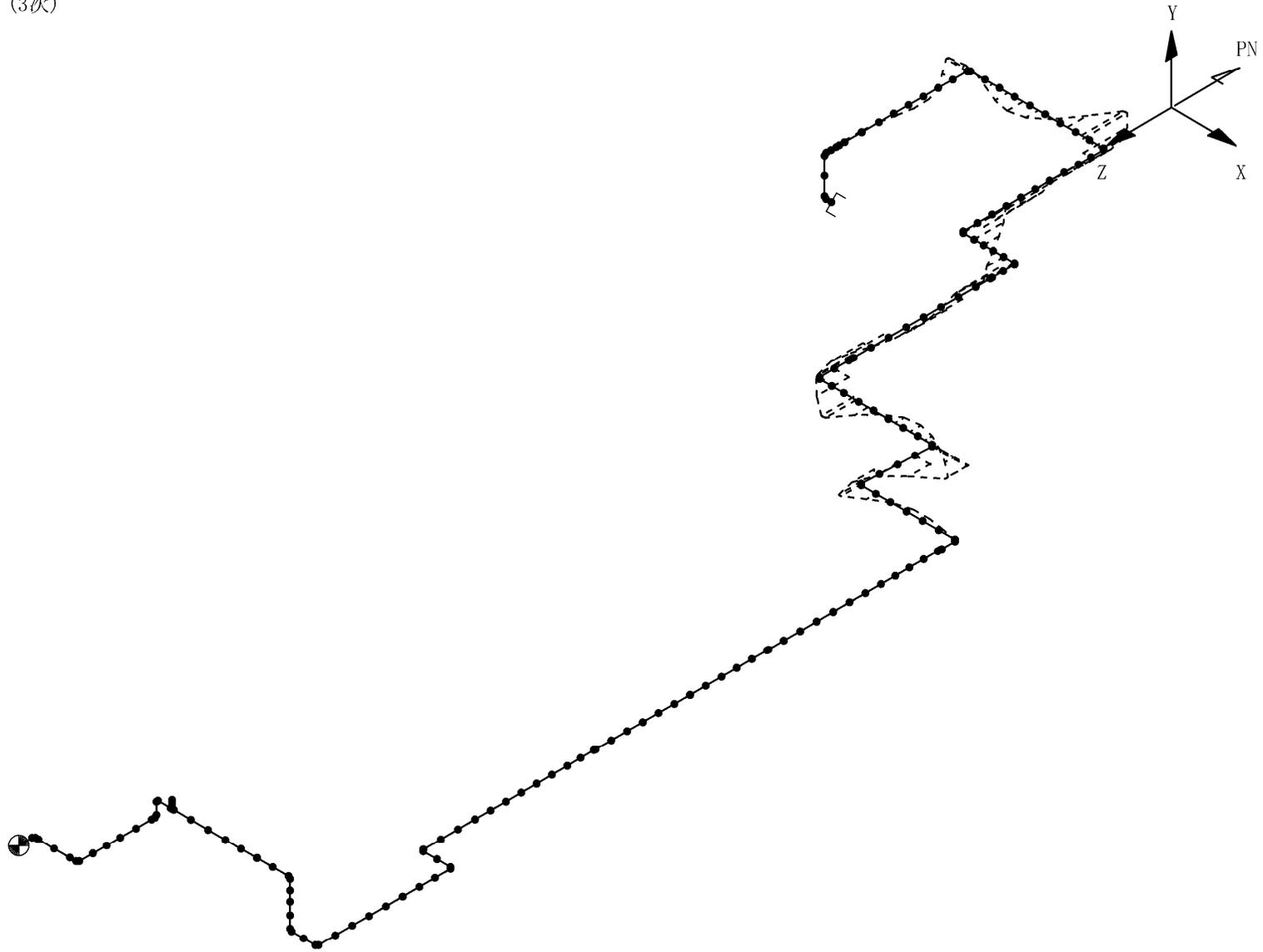
15

鳥瞰図	LPCS-11, 12, 13
-----	-----------------

代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図	LPCS-11, 12, 13
-----	-----------------

1.1.4 結論

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態 (供用状態)	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{prm} (S_s)$	許容応力 $0.9 S_u$	計算応力 $S_n (S_s)$	許容応力 $2 S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
LPCS-11, 12, 13	IV <sub>A</sub> S	71	$S_{prm} (S_s)$	136	364	—	—	—
LPCS-11, 12, 13	IV <sub>A</sub> S	66	$S_n (S_s)$	—	—	227	440	—

1.1.5 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

No	配管モデル	供用状態 C (Ⅲ <sub>s</sub> S)					供用状態 D (IV <sub>s</sub> S)										
		一次応力					一次応力					一次+二次応力及び疲労評価					
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	疲労累積係数	代表
1	LPCS-5	1N	15	220	14.66	—	1N	22	364	16.54	—	1N	63	440	6.98	—	—
2	LPCS-6	38	32	220	6.87	—	38	43	364	8.46	—	35	63	440	6.98	—	—
3	LPCS-11, 12, 13	71	85	220	2.58	○	71	136	364	2.67	○	66	227	440	1.93	—	○
4	HPCS-6, 7, 8	167	27	220	8.14	—	167	39	364	9.33	—	167	63	440	6.98	—	—
5	HPCS-8	224	82	220	2.68	—	224	128	364	2.84	—	224	223	440	1.97	—	—
6	MUW-174-01, 06	407N	62	220	3.54	—	407N	83	364	4.38	—	501W	174	440	2.52	—	—
7	RHR-54, 55, 56	71W	62	220	3.54	—	70W	96	364	3.79	—	70W	165	440	2.66	—	—

2. ウォータレグシールポンプの耐震性についての計算結果

2.1 残留熱除去系ウォータレグシールポンプ

2.1.1 設計基準対象施設

2.1.1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	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)
			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			
残留熱除去系ウォータレグシールポンプ	B	原子炉建屋 EL. -4.00*1	-	-	-	-	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	$C_P=0.21$	-	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

2.1.1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^{*2}$ (mm)	$\ell_{2i}^{*2}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^{*2}$
基礎ボルト (i=1)	290	350	500	500	201.1 (M16)	6	2
			230	430			3
ポンプ取付ボルト (i=2)	82	150	50	50	314.2 (M20)	4	2
			180	180			2
原動機取付ボルト (i=3)	64	177	70	70	78.54 (M10)	4	2
			108	108			2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (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)	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)	277	-	軸	-	-
ポンプ取付ボルト (i=2)	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)	253	-	軸	-	-
原動機取付ボルト (i=3)	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)	253	-	軸	-	-

注記 \*2: 各ボルトの機器要目における上段は軸方向に対する評価時の要目を示し、下段は軸直角方向に対する評価時の要目を示す。

予想最大両振幅 ( $\mu$ m)	原動機回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_P=40$	$N=3000$

2.1.1.3 計算数値

ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	605.2	—	3.047×10 <sup>3</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	666.5	—	861.5
原動機取付ボルト (i=3)	—	437.5	—	667.1

2.1.1.4 結 論

ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
						IV <sub>A</sub> S
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=208^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=160$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=146$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b3}=6$	$f_{ts3}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=3$	$f_{sb3}=146$

すべて許容応力以下である。

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

2.1.2 重大事故等対処設備

2.1.2.1 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)
			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			
残留熱除去系 ウォータレグシール ポンプ	—	原子炉建屋 EL. -4.00*1	—*2	—*2	—	—	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	$C_P=0.21$	—	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

2.1.2.2 機器要目

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^{*2}$ (mm)	$\ell_{2i}^{*2}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^{*2}$
基礎ボルト (i=1)	290	350	500	500	201.1 (M16)	6	2
			230	430			3
ポンプ取付ボルト (i=2)	82	150	50	50	314.2 (M20)	4	2
			180	180			2
原動機取付ボルト (i=3)	64	177	70	70	78.54 (M10)	4	2
			108	108			2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (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)	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)	254	—	軸	—	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	194 (40mm<径)	373 (40mm<径)	232	—	軸	—	—
原動機取付ボルト (i=3)	194 (40mm<径)	373 (40mm<径)	232	—	軸	—	—

注記 \*2: 各ボルトの機器要目における上段は軸方向に対する評価時の要目を示し、下段は軸直角方向に対する評価時の要目を示す。

予想最大両振幅 ( $\mu\text{m}$ )	原動機回転速度 ( $\text{min}^{-1}$ )
$H_P=40$	$N=3000$

2.1.2.3 計算数値

ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	605.2	—	3.047×10 <sup>3</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	666.5	—	861.5
原動機取付ボルト (i=3)	—	437.5	—	667.1

2.1.2.4 結 論

ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
						IV <sub>A</sub> S
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=134$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b3}=6$	$f_{ts3}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=3$	$f_{sb3}=134$

すべて許容応力以下である。

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

2.2 高圧炉心スプレイ系ウォータレグシールポンプ

2.2.1 設計基準対象施設

2.2.1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	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)
			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			
高圧炉心スプレイ系ウォータレグシールポンプ	B	原子炉建屋 EL. -4.00*1	-	-	-	-	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	$C_P=0.21$	-	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

2.2.1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^{*2}$ (mm)	$\ell_{2i}^{*2}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^{*2}$
基礎ボルト (i=1)	230	350	500	500	201.1 (M16)	6	2
			230	430			3
ポンプ取付ボルト (i=2)	84	150	50	50	314.2 (M20)	4	2
			180	180			2
原動機取付ボルト (i=3)	45	152	70	70	78.54 (M10)	4	2
			95	95			2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向		$M_F$ (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)	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)	277	-	軸	-	-
ポンプ取付ボルト (i=2)	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)	253	-	軸	-	-
原動機取付ボルト (i=3)	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)	253	-	軸	-	-

注記 \*2: 各ボルトの機器要目における上段は軸方向に対する評価時の要目を示し、下段は軸直角方向に対する評価時の要目を示す。

予想最大両振幅 ( $\mu$ m)	原動機回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_p=40$	$N=3000$

2.2.1.3 計算数値

ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	480.0	—	2.416×10 <sup>3</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	682.7	—	882.5
原動機取付ボルト (i=3)	—	264.8	—	467.5

2.2.1.4 結 論

ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
						IV <sub>A</sub> S
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=208^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=160$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=146$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b3}=4$	$f_{ts3}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=2$	$f_{sb3}=146$

すべて許容応力以下である。

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

2.2.2 重大事故等対処設備

2.2.2.1 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)
			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			
高圧炉心スプレイ系ウォータレグシールポンプ	-	原子炉建屋 EL. -4.00*1	-	-	-	-	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	$C_P=0.21$	-	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

2.2.2.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^{*2}$ (mm)	$\ell_{2i}^{*2}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^{*2}$
基礎ボルト (i=1)	230	350	500	500	201.1	6	2
			230	430	(M16)		3
ポンプ取付ボルト (i=2)	84	150	50	50	314.2	4	2
			180	180	(M20)		2
原動機取付ボルト (i=3)	45	152	70	70	78.54	4	2
			95	95	(M10)		2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向		$M_F$ (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)	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)	254	-	軸	-	-
ポンプ取付ボルト (i=2)	194 (40mm<径)	373 (40mm<径)	232	-	軸	-	-
原動機取付ボルト (i=3)	194 (40mm<径)	373 (40mm<径)	232	-	軸	-	-

注記 \*2: 各ボルトの機器要目における上段は軸方向に対する評価時の要目を示し、下段は軸直角方向に対する評価時の要目を示す。

予想最大両振幅 ( $\mu$ m)	原動機回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_P=40$	$N=3000$

2.2.2.3 計算数値

ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	480.0	—	2.416×10 <sup>3</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	682.7	—	882.5
原動機取付ボルト (i=3)	—	264.8	—	467.5

2.2.2.4 結 論

ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
						I <sub>V A S</sub>
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張り	—	—	σ <sub>b1</sub> =3	f <sub>ts1</sub> =190*
		せん断	—	—	τ <sub>b1</sub> =2	f <sub>sb1</sub> =146
ポンプ取付ボルト (i=2)	SS41	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =3	f <sub>ts2</sub> =174*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =1	f <sub>sb2</sub> =134
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張り	—	—	σ <sub>b3</sub> =4	f <sub>ts3</sub> =174*
		せん断	—	—	τ <sub>b3</sub> =2	f <sub>sb3</sub> =134

すべて許容応力以下である。

注記 \* : f<sub>tsi</sub>=Min[1.4・f<sub>tsi</sub>-1.6・τ<sub>bi</sub>, f<sub>tsi</sub>]より算出

2.3 低圧炉心スプレイ系ウォータレグシールポンプ

2.3.1 設計基準対象施設

2.3.1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	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)
			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			
低圧炉心スプレイ系ウォータレグシールポンプ	B	原子炉建屋 EL. -4.00*1	-	-	-	-	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	$C_P=0.21$	-	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

2.3.1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^{*2}$ (mm)	$\ell_{2i}^{*2}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^{*2}$
基礎ボルト (i=1)	270	350	500	500	201.1 (M16)	6	2
			230	430			3
ポンプ取付ボルト (i=2)	114	150	50	50	314.2 (M20)	4	2
			180	180			2
原動機取付ボルト (i=3)	45	152	70	70	78.54 (M10)	4	2
			95	95			2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向		$M_F$ (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) (16mm<径≤40mm)	231	394 (16mm<径≤40mm)	277	-	軸	-	-
ポンプ取付ボルト (i=2) (40mm<径)	211	394 (40mm<径)	253	-	軸	-	-
原動機取付ボルト (i=3) (40mm<径)	211	394 (40mm<径)	253	-	軸	-	-

注記 \*2: 各ボルトの機器要目における上段は軸方向に対する評価時の要目を示し、下段は軸直角方向に対する評価時の要目を示す。

予想最大両振幅 ( $\mu$ m)	原動機回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_p=40$	$N=3000$

2.3.1.3 計算数値

ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	563.4	—	2.837×10 <sup>3</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	926.5	—	1.198×10 <sup>3</sup>
原動機取付ボルト (i=3)	—	264.8	—	467.5

2.3.1.4 結 論

ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
						IV <sub>A</sub> S
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=208^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=160$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=146$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b3}=4$	$f_{ts3}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=2$	$f_{sb3}=146$

すべて許容応力以下である。

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

2.3.2 重大事故等対処設備

2.3.2.1 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)
			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			
低圧炉心スプレイ系ウォータレグシールポンプ	-	原子炉建屋 EL. -4.00*1	-	-	-	-	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	$C_P=0.21$	-	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

2.3.2.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^{*2}$ (mm)	$\ell_{2i}^{*2}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^{*2}$
基礎ボルト (i=1)	270	350	500	500	201.1	6	2
			230	430	(M16)		3
ポンプ取付ボルト (i=2)	114	150	50	50	314.2	4	2
			180	180	(M20)		2
原動機取付ボルト (i=3)	45	152	70	70	78.54	4	2
			95	95	(M10)		2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (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)	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)	254	-	軸	-	-
ポンプ取付ボルト (i=2)	194 (40mm<径)	373 (40mm<径)	232	-	軸	-	-
原動機取付ボルト (i=3)	194 (40mm<径)	373 (40mm<径)	232	-	軸	-	-

注記 \*2: 各ボルトの機器要目における上段は軸方向に対する評価時の要目を示し、下段は軸直角方向に対する評価時の要目を示す。

予想最大両振幅 ( $\mu$ m)	原動機回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_P=40$	$N=3000$

2.3.2.3 計算数値

ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	563.4	—	2.837×10 <sup>3</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	926.5	—	1.198×10 <sup>3</sup>
原動機取付ボルト (i=3)	—	264.8	—	467.5

2.3.2.4 結 論

ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
						IV <sub>A</sub> S
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=3$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=146$
ポンプ取付ボルト (i=2)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=134$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張り	—	—	$\sigma_{b3}=4$	$f_{ts3}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=2$	$f_{sb3}=134$

すべて許容応力以下である。

注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0i} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t0i}]$  より算出