本資料のうち、枠囲みの内容 は商業機密の観点から公開で きません。

女川原子力発電所第2号	号機 工事計画審査資料
資料番号	02-工-B-19-0337_改 0
提出年月日	2021年8月3日

VI-2-5-7-2-5 管の耐震性についての計算書 (高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系)

2021年8月東北電力株式会社

- (1) 高圧炉心スプレイ補機冷却水系
- (2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

(1) 高圧炉心スプレイ補機冷却水系

設計基準対象施設

目次

1. 概要	· · · 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図 ······	2
2.2 鳥瞰図 ·····	5
3. 計算条件 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	11
3.1 計算方法 ·····	11
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
3.3 設計条件	13
3.4 材料及び許容応力 <mark>評価条件</mark> ····································	21
3.5 設計用地震力 ·····	22
4. 解析結果及び評価	24
4.1 固有周期及び設計震度	24
4.2 評価結果	36
4.2.1 管の応力評価結果	36
4.2.2 支持構造物評価結果	38
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	39
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	40

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水系の管、支持構造物及び弁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。 評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6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(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

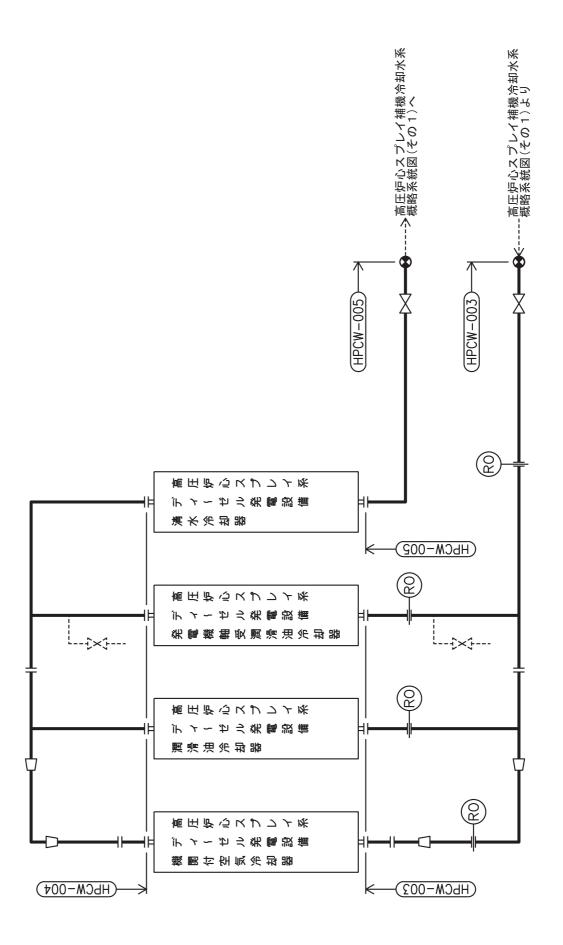
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内 容
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
———— (細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
000-000	鳥瞰図番号
•	アンカ

02

高圧炉心スプレイ補機冷却水条概略系統図(その1)



高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図 (その2)

4

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記 号	内 容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
申請範囲外	工事計画記載範囲外の管
<u> </u>	工事計画記載範囲の管のうち,他系統の管であって解析モデル として本系統に記載する管
•	質点
•	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を 示す。スナッバについても同様とする。)
H.	スナッバ
	ハンガ
3 5 5 5	ガイド
*	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内 に変位量を記載する。)

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(1)(設) R O

8

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「ISAP」、「SAP-V」、「SOLVER」及び「NX NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

ののででいる。	山 里 ^ / r			0 6 , 1	I I	1		
弘備及 珠	~ 公坛夕玉	*	施設	弘備公権	機器等	耐震重要度	拉毛〇名人才*2, *3	許容応力
		5	分類*1	文語ン芸	の区分	分類	加手で加口で	
							$I_L + S d$	o II
南王炉心スプレイ	高圧炉心スプ	7	du	j	アニトの経	υ	$II_L + S d$	C _A IIII
成 1 万 価 核 中 4 以 M	補機冷却水	米	an			2	$I_L + S s$	2 74
							${ m I\hspace{1em}I}_{ m L}+{ m S\hspace{0.1em} s}$	C_{A} VI

注記*1: DB は設計基準対象施設,SA は重大事故等対処設備を示す。

*2:運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3: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。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HPCW-003

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1. 18	70	165. 2	7. 1	STS410	S	200200
2	1. 18	70	139.8	6. 6	STS410	S	200200
3	1. 18	70	114. 3	6. 0	STS410	S	200200
4	1. 18	70	60.5	5. 5	STS410	S	200200

管名称と対応する評価点 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 HPCW-003

管名称							対	応する	評価	点				
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	14	15	16	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	51	104	105	
	106	107	108											
2	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
	64	65	66											
3	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	
	79	80	81	82	83	84								
4	31	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
	97	98	99	100	101	102	103							

配管の質量(付加質量含む)

鳥 瞰 図 HPCW-003

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		25		46		67		88	
2		26		47		68		89	
3]	27		48		69		90	
4		28		49		70		91	
5		29		50		71		92	
6]	30		51		72		93	
7		31		52		73		94	
8		32		53		74		95	
9		33		54		75		96	
10		34		55		76		97	
11		35		56		77		98	
12		36		57		78		99	
13		37		58	1	79		100	
14		38		59		80		101	
15		39		60		81		102	
19		40		61		82		103	
20		41		62		83		104	
21		42		63]	84		105	
22]	43		64]	85		106	
23		44		65		86		107	
24		45		66		87		108	

弁部の質量を下表に示す。

弁1

評価点	質量(kg)
16	
17	
18	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	17			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPCW-003

支持点部のばね定数を下表に示す。

+++ +	各軸	方向ばね定数(N/	mm)	各軸回り[回転ばね定数(N・r	nm/rad)
支持点番号	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
13						
21						
29						
36						
49						
59						
69						
76						
79						
84						
89						
92						
94						
100						
103						
108						

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HPCW-006

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1. 18	70	114. 3	6.0	STS410	S	200200
2	1. 18	70	165. 2	7. 1	STS410	S	200200
3	1. 18	70	216. 3	8. 2	STS410	S	200200

設計条件

管名称と対応する評価点 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 HPCW-006

管名称					対	応	す		3	評	価	点				
1	51	52	53	54	55	56	57	58	59	89	90	91	109	801	802	
	900															
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	16	17	18	19	59	78	79	80	81	82	83	84	85	86	105	
	106	108	110	901												
3	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	45	46	47	48	49	
	50	303	803	804	805	905	907									

配管の質量(付加質量含む)

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		18		35		55		106	
2		19		36		56		108	1 1
3		20		37		57		109	1 1
4		21		38		58		110	1 1
5		22		39		59		303	1 1
6		23		40		78		801	1 1
7		24		41		79		802	1 1
8		25		42		80		803	1 1
9		26		46		81		804	1 1
10		27		47		82		805	1 1
11		28		48		83		900	l I
12		29		49		84		901	1 1
13		30		50		85		905	
14		31		51		86		907	
15		32		52		90	1		
16		33		53		91			
17		34		54		105			

弁部の質量を下表に示す。

弁1 弁2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
43		87	
44		88	
45		89	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	44		,	
弁2	88			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPCW-006

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸	方向ばね定数(N/r	nm)	各軸回り	回転ばね定数(N・	mm/rad)
	X	Y	Z	X	Y	Z
4						
7						
10						
16						
23						
27						
33						
36						
40						
46						
50						
52						
56						
78						
81						
84						
87						
900						
901						
905						
907						

3.4 材料及び許容応力<mark>評価条件</mark>

使用する材料の最高使用温度での許容応力<mark>評価条件</mark>を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	S m	S y	S u	S h
STS410	70	_	229	407	_

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき 策定したものを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-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。

鳥瞰図	建物・構築物	標高(O.P.(m))	減衰定数(%)
HPCW-003	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線は,添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき 策定したものを用いる。また,減衰定数は,添付書類「VI-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。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(0.P. (m))	減衰定数(%)
H P C W — 0 0 6	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

HPCW - 003× 퓆 Ą

する堆	適用する地震動等		Sd及び静的震度			S	
<u>-</u>	田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田	応答水	応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水平震度*1	[震度*1	応答鉛直震度*1
		X方向	Z 方向	Y方向	X方向	Z 方向	Y方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次*2							
動的農	震 庚*3						
静的震	要 康*4						

注記*1: 各モードが固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。 *2: 固有周期が0.050 s 以下であることを示す。 *3: S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。 *4:3.6C I 及び1.2C V より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

	HPCW - 003
- 1 / 1 / 1 / 1 · 1	<u>×</u>
- J	瞰
I	具

係数*	Y 方 向 Z 方 向						
刺	X 方向 Y						ı
田村田田	(s)						
ži F	<u></u>	1 次	2 恢	3 次	4 次	5 次	

注記*:刺激係数は,モード質量を正規化し,固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

固有周期及び設計震度

HPCW - 006	
<u>×</u>	
瞰	
₽Į.	

十 1 2 2 2 4 4 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	適用する地震動等 ※ ※ ※	点 を に 大 に	S d 及び静的震度 平 震 度*1 Z 方 向	応答鉛直震度*1 Y 方 向	で	S S	応答鉛直農度*1 Y 方 向
17 次 18 次*2 動的 静的	震 度** ⁴						

注記*1: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。 *2: 固有周期が0.050 s 以下であることを示す。 *3: S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。 *4:3.6C₁及び1.2C_vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 HPCW-

9
0
0
$^{\rm C}$ W $^{\rm -}$
Ъ
I
_
<u>×</u>

ب ا ب	11)激係	数 *
, ,	(s)	X 方 向	Y 方 向	Z 方 向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
17 次				

注記*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

開放	サンドン	(MPa)	(MPa)	- \(\frac{7}{2}\)	ひ 一ひがひ J # T M (MPa)	疲労評価
	₹⊻	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
		Sprm (Sd)	$S_{y^{*1}}$	Sn (Sd)	2 S y	psn
		Sprm (Ss)	0.9Su	Sn (Ss)	2 S y	USs
III A S → III	Sprm(Sd)	108	677		ļ	
II S III S III S 90	S n (S d)		ĺ	213	458	
IV_AS 90	Sprm (Ss)	195	366			
IV_AS 90	Sn (Ss)	ļ	1	399	458	1

注記 *1: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 Sy と 1.2・Sh のうち大きいほうの値とする。

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

				一次応力評価 (MPa)	力評価 'a)	一次+二次応力評価 (MPa)	たカ評価 a)	疲労評価
鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力評価点	最大応力区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				Sprm(Sd) Sy*1 Sprm(Ss) 0.9·Su	$\begin{array}{ccc} & & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & \\ & & \\ & \\ & & \\ &$	Sn(Ss)	2 · S y	S S
	III _A S	33	Sprm(Sd)	115	229			
H P C W - 0 0 6	IV_A S	33	Sprm(Ss)	185	366			
	$ ext{IV}_{ ext{A}} ext{S}$	59	Sn(Ss)			340	458	

*1: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、Syと1.2・Shのうち大きい方とする。 注記

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

評価結果	計算 許容 荷重 荷重 (kN) (kN)	
	温度 (°C)	
	材質	
	型式	
	種類	
	支持構造物番号	

支持構造物評価結果 (応力評価)

	谷七	(a)	08	11	7.5
. 0	盐毡	(MF	28	14	42
評価結果	神 神 七	(MPa)	186	121	288
	応力	29R レストレイント 架構 STKR400 40 20 46 10 - - - - 部令せ 33R レストレイント Uプレート SS400 40 40 42 67 - - - せん断 アンカ ラグ SM400B 50 16 21 111 19 14 3 組合せ			
	N·m)	M_{Z}		-	3
	モーメント (kN·m)	$ m M_{Y}$	-	-	14
寺点荷重	H 1	$ m M_{X}$		I	19
大村村		\mathbf{F}_{Z}	10	29	111
	反力 (kN)	$F_{ m Y}$	46	42	21
		Fx	20	40	16
	順 (S)		40	40	09
	材質		STKR400	SS400	5½ SM400B 50 16 21 111 19 14 3
	型		架構	リプレート	ラガ
	種類		レストレイント	レストレイント	アンカ
	支持構造物番号		HPCW-002-029R	HPCW-006-033R	HPW-115-01

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

形式 要求機能 ————————————————————————————————————
※

4.2.4 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、応力分類ごとに裕度が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(クラス3管)

		代表						
	皮労評価	按緊條治體級						
	K	評価点						
		代表			0			
	7*	裕度	4.01	1.49	1.14	1.80	2.57	1.34
許容応力状態 Π_A S許容応力状態 IV_A S一次応力一次応力一次応力疲労評価	+二次応	許容 応力 (MPa)	458	458	458	458	458	458
	一/次-	計算 応力 (MPa)	114	306	399	254	178	340
F容応		評価点	1	28	06	38	30	69
ांति≖		代表			0			
		裕度	6.00	2.15	1.87	3.12	3, 45	1.97
	- 狄応力	許容 応力 (MPa)	366	366	366	366	366	366
		計算 応力 (MPa)	61	170	195	117	106	185
		評価点	1	18	06	38	30	33
		代表						0
II S		裕度	5.72	2.06	2.12	3, 46	3, 31	1.99
り状態]	- 依応力	許容 応力 (MPa)	229	229	229	229	229	229
許容応7		計算 応力 (MPa)	40	111	108	99	69	115
		評価点	П	18	06	38	30	33
	1	配管・イデル	HPCW-001	HPCW-002	HPCW-003	HPCW-004	HPCW-005	HPCW-006
		ON	П	2	3	4	2	9

注記 $*: \Pi_A S の一次+二次応力の許容値は<math>\Pi_A S 2$ と同様であることから,地震荷重が大きい $\Pi_A S の一次+二次応力裕度最小を代表とする。$

重大事故等対処設備

目次

1. 棋	要	1
2. 棋	略系統図及び鳥瞰図	2
2. 1	概略系統図	2
2. 2	鳥瞰図	5
3. 言	算条件	8
3. 1	計算方法 ·····	8
3. 2	荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
3. 3	設計条件	10
3. 4	材料及び許容応力 <mark>評価条件</mark> ····································	15
3. 5	設計用地震力 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	16
4. 角	析結果及び評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
4. 1	固有周期及び設計震度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
4. 2	評価結果	23
4	2.1 管の応力評価結果	23
4	2.2 支持構造物評価結果	24
4	2.3 弁の動的機能維持評価結果	25
4	2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	26

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水系の管、支持構造物及び弁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。 評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6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(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

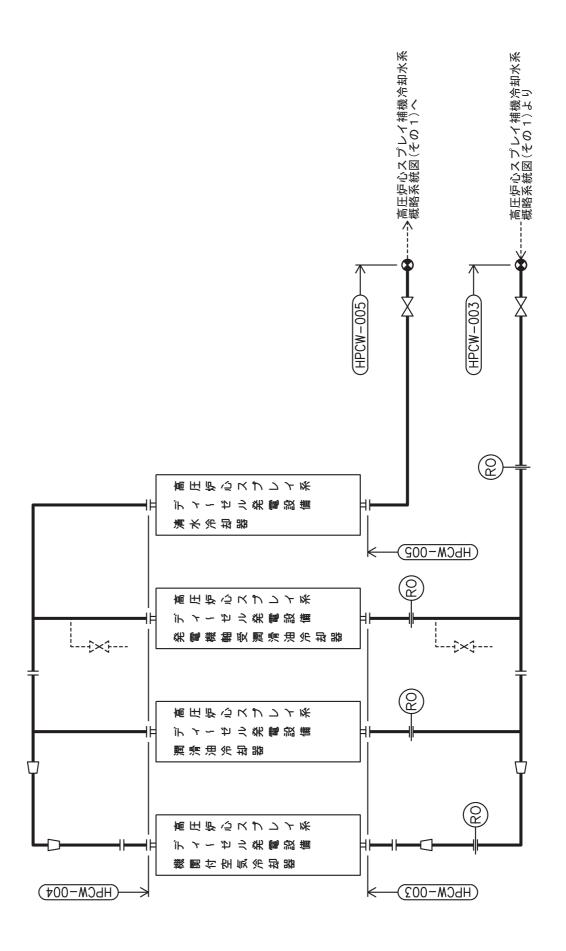
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内 容
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
————(細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
000-000	鳥瞰図番号
•	アンカ

02

高圧炉心スプレイ補機冷却水条概略条統図(その1)



高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図 (その2)

4

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記 号	内 容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
申請範囲外	工事計画記載範囲外の管
<u> </u>	工事計画記載範囲の管のうち,他系統の管であって解析モデル として本系統に記載する管
•	質点
•	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を 示す。スナッバについても同様とする。)
H.	スナッバ
	ハンガ
3 5 5 5	ガイド
*	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内 に変位量を記載する。)

6

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「ISAP」、「SAP-V」、「SOLVER」及び「NX NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(1)(重) R 1

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

許容応力 狀態*5	$V_{ m A}S$
荷重の組合せ*3, *4	$V_L + S$ s
耐震重要度 分類	I
機器等の区分	重大事故等 クラス2管
設備分類*2	常設/防止(DB拡張)
施設分類*1	SA
系統名称	高圧炉心スプレイ補機冷却水系
設備名称	原子炉補機 冷却設備
施設名称	原子炉冷却系統施設

注記*1:DB は設計基準対象施設,SA は重大事故等対処設備を示す。

*2:「常設/防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張)を示す。

*3:運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4: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。

*5: 許容応力状態 V_AS は許容応力状態 IV_AS の許容限界を使用し,許容応力状態 IV_AS として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HPCW-003

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.18	70	165. 2	7. 1	STS410	_	200200
2	1.18	70	139.8	6. 6	STS410	_	200200
3	1.18	70	114. 3	6.0	STS410	_	200200
4	1. 18	70	60. 5	5. 5	STS410	_	200200

管名称と対応する評価点 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 HPCW-003

管名称							対	応する	評価.	点				
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	14	15	16	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	51	104	105	
	106	107	108											
2	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
	64	65	66											
3	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	
	79	80	81	82	83	84								
4	31	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
	97	98	99	100	101	102	103							

配管の質量(付加質量含む)

鳥 瞰 図 HPCW-003

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(k)	評価点	質量(kg)
1		25		46		67		88	
2		26		47]	68		89	
3		27		48]	69		90	
4		28		49	1	70		91	
5		29		50]	71		92	
6		30		51]	72		93	
7		31		52]	73		94	
8		32		53		74		95	
9		33		54		75		96	
10		34		55		76		97	
11		35		56]	77		98	
12		36		57		78		99	
13		37		58		79		100	
14		38		59		80		101	
15		39		60		81		102	
19		40		61		82		103	
20		41		62]	83		104	
21		42		63]	84		105	
22		43		64]	85		106	
23		44		65		86		107	
24		45		66		87		108	

弁部の質量を下表に示す。

弁1

評価点	質量(kg)
16	
17	
18	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁 1	17			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPCW-003

支持点部のばね定数を下表に示す。

++++===	各軸	方向ばね定数(N/	mm)	各軸回り[回転ばね定数(N・n	nm/rad)
支持点番号	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
13						
21						
29						
36						
49						
59						
69						
76						
79						
84						
89						
92						
94						
100						
103						
108						

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力<mark>評価条件</mark>を下表に示す。

材	料	最高使用温度(℃)	S m (MPa)	Sy (MPa)	S u (MPa)	Sh (MPa)
STS410		70	=	229	407	=

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき 策定したものを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-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。

鳥瞰図	建物・構築物	標高(0.P.(m))	減衰定数(%)
HPCW-003	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

HPCW - 003× 퓆 Ą

適用する地震動等		Sd及び静的震度			S	
田村田井	応答水≥	応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水平震度*	三震度*1	応答鉛直震度*1
s)	X方向	Z 方向	Y方向	X方向	Z 方向	Y 方 向
動的震度*3						
静 的 雲 度*4						

注記*1:各モードが固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。 *2:固有周期が0.050s以下であることを示す。 *3:Sd又はSs地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。 *4:3.6CI及び1.2CVより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

マンドン かんごひと アンダイ	HPCW - 003
ゴベ「くー・	<u>×</u>
	顧
J	Ą

蔡 数*	7 向 Z 为 向						田右バカトルレ断量カト川、カフの籍が、6 智田」を結めます
刺	X 方向 Y 方向						L
田田田田	(s)						場係物は エード哲量を正相化。
ž.	<u>-</u> -	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	い は は は は は は が は が は が は が は が は が は が

ド質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。 注記*:刺激係数は,

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

	学统计士	+ 12 14	+ 12 1	一次応力評価(Annex)	評価		一次十二次応力評価(Ama)	疲労評価
中野区	計分がノ	サイドン	サイドン	(MFa)			r'a/	
河栗区	大態	評価点	区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				Sprm (Ss)	0.9Su	Sn (Ss)	2 S y	USs
COO MOUIT	$V_A S$	06	Sprm (Ss)	195	366		_	1
пгсм—иоэ	$V_A S$	90	S n (S s)	1	-	399	458	

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

	fr/L .1m1	
価結果	計	l
	計 (kN)	I
	温度 (°C)	I
	材質	I
	型	I
	種類	l
	支持構造物 番号	I

支持構造物評価結果(応力評価)

	容 存 七	(MPa)	260	141	422
評価結果	草 七	(MPa)	186	121	288
	応力	分類	組合せ	せん断	組合せ
	N·m)	$ m M_{ m Z}$			3
	モーメント (kN·m)	$ m M_{Y}$		I	14
持点荷重	₩ 	$ m M_{X}$		-	61
TX		\mathbf{F}_{Z}	10	29	111
	反力 (kN)	$F_{ m Y}$	46	42	21
		Fx	20	40	16
	韻 (C)		99	40	09
	材質		STKR400	SS400	SM400B
	超		架構	リプレート	ラガ
	種類		レストレイント	HPCW-006-033R レストレイント Uプレート	アンカ
	支持構造物 番号		HPCW-002-029R レストレイント	HPCW-006-033R	HPW-115-01

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

構造強度評価結果 (MPa)	許容応力	
	計算応力	
機能確認済加速度 (×9.8m/s²)	鉛直	
	水平	
機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)	鉛直	
	並 ¥	
要求機能		
光		
介番 号		

4.2.4 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、応力分類ごとに裕度が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(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

		代表										
	疲労評価	斑 難 幾 幾 黎						_				
		<u></u>										
		代表			0							
	(7)	裕度	4.01	1.49	1.14	1.80	2.57	1.34				
V A S	一次十二次応力	許容 応力 (MPa)	458	458	458	458	458	458				
許容応力状態	冰 —	1	計算 応力 (MPa)	114	306	399	254	178	340			
許容応		評価点	1	28	06	38	30	69				
		代表			0							
		裕度	6.10	2.16	1.87	3.12	3, 45	1.98				
	一次応力	許容 応力 (MPa)	366	366	366	366	366	366				
	I	1		-		計算 応力 (MPa)	09	169	195	117	106	184
		評価点	1	18	06	38	30	33				
		配管モデル	HPCW-001	HPCW-002	HPCW-003	HPCW-004	HPCW-005	900-MJH				
		No.	1	2	3	4	2	9				

(2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

設計基準対象施設

目次

1. 概要	• 1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	• 2
2.1 概略系統図 ······	• 2
2.2 鳥瞰図	• 4
3. 計算条件 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	. 8
3.1 計算方法 ·····	. 8
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	. 9
3.3 設計条件	• 10
3.4 材料及び許容応力 <mark>評価条件</mark> ····································	• 13
3.5 設計用地震力 ······	• 14
4. 解析結果及び評価	• 15
4.1 固有周期及び設計震度	• 15
4.2 評価結果	• 21
4.2.1 管の応力評価結果	• 21
4.2.2 支持構造物評価結果	• 22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	• 23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	· 24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の管、支持構造物及び弁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。 評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3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(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内 容
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
———— (細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
(000-000)	鳥瞰図番号
lacktriangle	アンカ

R 0

VI-2-5-7-2-5(2)(設)

(C)

02

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内 容
	工事計画記載範囲の管のうち,本計算書記載範囲の管
申請範囲外	工事計画記載範囲外の管
<u>← ○○○系</u>	工事計画記載範囲の管のうち,他系統の管であって解析モデル として本系統に記載する管
•	質点
•	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を 示す。スナッバについても同様とする。)
H.	スナッバ
	ハンガ
3 5 5 5	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内 に変位量を記載する。)

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「ISAP-V」及び「MSAP」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力狀態を下表に示す。

	許容応力		υШ	C _V IIII	IV _A S				
	## ## ## ## ## ##	河軍の独口で	$L_L + S d$	$II_L + S d$	$\mathbb{I}_{\mathbb{L}} + \mathbb{S}$ s	${\rm I\hspace{1em}I}_{\rm L} + {\rm S} {\rm s}$			
	耐震重要度	分類		٥	2				
	機器等	の区分		カニィの独	日のくへん				
06,17	当り借入入報	区間刀類							
でとしない	施設	分類*1	88						
サロ でくし 正 中心 こくく	不结及针	75 IJ-1917	高圧炉心スプレイ補機冷却海水系						
4.11 半目(よう4・1 1) で、1.11 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	⇒5.件 <i>及</i> ↔	A THE AT A VI	原子炉補機冷却設備						
旧床三头	松凯及轮	加取石化	原子炉冷却系統施設						

注記*1:DB は設計基準対象施設,SA は重大事故等対処設備を示す。

*2:運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3: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。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HPSW-003

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.78	50	216. 3	8.2	STS410	S	201000

設計条件

管名称と対応する評価点 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 HPSW-003

管名称					対	応	す	-	る	評	価	点				
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	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	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	
	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
	78	94	97	98	801	802	803	804	805	806	810	811	812	901	902	
	903	904	907	912												

配管の質量(付加質量含む)

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		23		42		62		98	
2		24		43		63		801	
3		25		44		64		802	
4		26		45		65		803	
5		27		46		66		804	
6		28		47		67]	805	
7		29		48		68		806	
8		30		49		69]	810	
9		31		50		70		811	
10		32		51		71		812	
11		33		52		72		901	
12		34		53		73		902	
16		35		54		74		903	
17		36		55		75		904	
18		37		57		76		907	
19		38		58		77		912	
20		39		59		78		_	
21		40		60		94]		
22		41		61		97			

弁部の質量を下表に示す。

弁1

評価点	質量(kg)
13	
14	
15	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	14			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPSW-003

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各車	油方向ばね定数(N/	mm)	各軸回り	回転ばね定数(N・	mm/rad)
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
9						
21						
27						
30						
34						
40						
48						
52						
61						
66						
73						
77						
94						
** 901 **						
** 902 **						
903						
904						
907						
912						

3.4 材料及び許容応力<mark>評価条件</mark>

使用する材料の最高使用温度での許容応力<mark>評価条件</mark>を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	S m	S y	S u	S h
STS410	50	_	239	409	_

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線は,添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき 策定したものを用いる。また,減衰定数は,添付書類「VI-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。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(0.P. (m))	減衰定数(%)
H P S W - 0 0 3	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

HPSW - 003X 鬞 ₽Į.

地 世			これが終め電車			ű	
100 6 円間) 地质期寺		3 a 及い財的長度			s c	
,2 	田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田	2 参 不	平震度	応答鉛直震度*1	1	平 震 度*!	応答鉛直震度*1
<u>`</u> -	回有问题 (s)	X 方 向	Z 方 向	Y 方 向	X 方 向	Z 方向	Y 方 向
- ₹							
2 次							
3 %							
4 %							
5 X							
6							
7 次							
8							
21 次							
22 K*2							
動的	震 庋*3						
静的	震 庚*4						

注記*1: 各モードの固有周期に対し, 設計用床応答曲線より得られる震度を示す。 *2: 固有周期が0.050 s 以下であることを示す。 *3: S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。 *4: 3.6C,及び1.2C、より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 HPSW-003

2	1		刺 激	滐	***************************************	
ի -		X 方 向	X	7 向	Z	方 向
1 次						
2 K						
3 次						
4 K						
5 次						
6 K						
7 次						
8 次						
21 次						

注記*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

				一次応力評価 (MPa)	vcカ評価 (MPa)	$-\cancel{\chi} + \overrightarrow{-} \cancel{y}$	一次+二次応力評価 (MPa)	疲労評価
鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力評価点	最大応力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$\begin{array}{ccc} \text{Sprm}(\text{Sd}) & \text{Sy}^{*1} \\ \text{Sprm}(\text{Ss}) & \text{0.9} \cdot \text{Su} \end{array}$	$\begin{array}{ccc} & & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & \\ & & & \\ & &$	Sn(Ss)	2 · S y	s S U
	III _A S	54	Sprm(Sd)	122	239			
HPSW-003	$ m IV_A~S$	54	S p r m (S s)	205	368			
	IV_A S	86	S n (S s)			394	478	

*1: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、Syと1.2・Shのうち大きい方とする。 注記

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

					評価結果	結果
支持構造物 番号	種類	型式	村質 温度 (°C)	英 ()	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
HPSW-003-901S	メカニカルスナッバ	SMS-3-100	添付書類「VI-2-1-12-1 ご ([2-1]	15	22
HPSW-001-902R	ロッドレストレイント	RSA 6	能官及び文村ભ垣物のIII 震計算について」参照		49	06

支持構造物評価結果(応力評価)

	禁 点	(MPa)	280	141	127
評価結果	計算工力	(MPa)	136	91	111
lii h	応力	分類	組合せ	せん断	組合社
	m)	$M_{\rm Z}$	I	1	30
支持点荷重	モーメント (kN·m)	$ m M_{Y}$	_		20
	计	$M_{\rm X}$	Ι	l	0.39
		\mathbf{F}_{Z}	59	133	13
	反力(kN)	FY	22	0	19
		Fx	36	33	66
	順 (°C)			40	90
	材質		STKR400	SS400	SGV410
	社社		架構	リプレート	ラゲ
	種類		HPSW-003-030R レストレイント	HPSW-003-907R レストレイント Uプレート SS400	アンカ
	支持構造物番号		HPSW-003-030R	HPSW-003-907R	HPSW-001-044A

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	悉式	要求機能	機能維持評(×9.8	機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)	機能確認済加速度 (×9.8m/s²)	済加速度 8m/s ²)	構造強度評価結果 (MPa)	評価結果 'a)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力	
	1	1					1	I	

4.2.4 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、応力分類ごとに裕度が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(クラス2管)

		代表			
	疲労評価	被 器 器 数 数			
	N.	評価点			
		代表			0
許容応力状態 IVAS 一次+二次応力*	7*	裕度	2.43	1.78	1.21
	+二次応	許容 応力 (MPa)	478	478	478
	一次-	計算 応力 (MPa)	196	268	394
	評価点	421	411	98	
		代表	I		0
一次応力	裕度	5.49	2.45	1.79	
	- 狹応力	許容 応力 (MPa)	368	368	368
		計算 応力 (MPa)	29	150	202
		評価点	421	801	54
II A S		代表	ı		0
		裕度	5.19	2.43	1.95
力狀態]	一次応力	許容 応力 (MPa)	239	239	239
許容応)	許容応力状態 IIIAS 一次応力	計算 応力 (MPa)	46	86	122
		評価点	421	801	54
3		配管モデル	HPSW-001	HPSW-002	HPSW-003
	1		H	I	T

注記 $*: \Pi_A S の - \chi_H$ 二次応力の許容値は $\Pi_A S 2$ 同様であることから,地震荷重が大きい $\Pi_A S の - \chi_H$ 二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目次

1.	概	要	1
2.	概	略系統図及び鳥瞰図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
2	2. 1	概略系統図	2
2	2. 2	鳥瞰図	4
3.	計	算条件	8
3	B. 1	計算方法	8
3	3. 2	荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	Ĉ
3	3. 3	設計条件	10
3	3. 4	材料及び許容応力 <mark>評価条件</mark>	13
3	8. 5	設計用地震力 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	14
4.	解	析結果及び評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
4	ł. 1	固有周期及び設計震度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
4	4. 2	評価結果	21
	4.	2.1 管の応力評価結果	21
	4.	2.2 支持構造物評価結果	22
	4.	2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
	4.	2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の管、支持構造物及び弁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。 評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3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(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
————(細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
000-000	鳥瞰図番号
•	アンカ

R 0

VI-2-5-7-2-5(2)($\mathbf{\underline{\mathfrak{a}}}$)

(C)

02

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内 容
	工事計画記載範囲の管のうち,本計算書記載範囲の管
申請範囲外	工事計画記載範囲外の管
€ 000系	工事計画記載範囲の管のうち,他系統の管であって解析モデル として本系統に記載する管
•	質点
•	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を 示す。スナッバについても同様とする。)
H.	スナッバ
	ハンガ
3 5 5 5	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内 に変位量を記載する。)

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「ISAP-V」及び「MSAP」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

許容応力 状態*5	$\mathbf{V}_{ ext{AS}}$
荷重の組合せ*3, *4	$V_L + S s$
耐震重要度 分類	l
機器等の区分	重大事故等 クラス2管
設備分類*2	常設/防止 (DB 拡張)
施設 分類*1	SA
系統名称	高圧炉心スプレイ 補機冷却海水系
設備名称	原子炉補機冷却設備
施設名称	原子炉冷却系統施設

注記*1:DB は設計基準対象施設,SA は重大事故等対処設備を示す。

*2:「常設/防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張)を示す。

*3:運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4: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。

*5: 許容応力状態 V_AS は許容応力状態 IV_AS の許容限界を使用し,許容応力状態 IV_AS として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 HPSW-003

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.78	50	216. 3	8. 2	STS410	_	201000

設計条件

管名称と対応する評価点 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 HPSW-003

管名称					対	応	す	-	る	評	価	点				
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	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	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	
	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
	78	94	97	98	801	802	803	804	805	806	810	811	812	901	902	
	903	904	907	912												

配管の質量(付加質量含む)

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		23		42		62		98	
2		24		43		63		801	
3		25		44		64		802	
4	1	26		45	1	65	1	803	
5		27		46		66		804	
6		28		47		67		805	
7		29		48		68		806	
8		30		49		69		810	
9		31		50		70		811	
10		32		51		71		812	
11		33		52	1	72		901	
12		34		53		73		902	
16		35		54	1	74	1	903	
17		36		55		75		904	
18		37		57		76		907	
19		38		58		77		912	
20		39		59]	78]		
21		40		60		94	1		
22		41		61		97			

弁部の質量を下表に示す。

弁1

/1 -	
評価点	質量(kg)
13	
14	
15	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	14			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPSW-003

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各	軸方向ばね定数(N/r	nm)	各軸回り	回転ばね定数(N・	mm/rad)
	X	Y	Z	X	Y	Z
1		'		'	'	
9						
21						
27						
30						
34						
40						
48						
52						
61						
66						
73						
77						
94						
** 901 **						
** 902 **						
903						
904						
907						
912						

3.4 材料及び許容応力<mark>評価条件</mark>

使用する材料の最高使用温度での許容応力<mark>評価条件</mark>を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	S m	S y	S u	S h
STS410	50	_	239	409	_

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線は,添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき 策定したものを用いる。また,減衰定数は,添付書類「VI-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。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(0.P. (m))	減衰定数(%)
H P S W - 0 0 3	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

HPSW - 003 \mathbb{X} 礟 ₽Į.

適用する	適用する地震動等		Sd及び静的震度			S	
<u>2</u>	H H H	2	平 震 度*!	応答鉛直震度*1	1 参 本	平 震 度*!	応答鉛直震度*!
<u>-</u>	回有周期 (s)	X 方 向	2 方向	Y 方 向	X 方 向	2 方 向	Y 方 向
- ₹							
2 次							
3 🛠							
4							
₹							
8 ₹							
7 次							
8 ☆							
21 次							
22							
動的	震 度*3						
静的	震 度*4						

注記*1: 各モードの固有周期に対し, 設計用床応答曲線より得られる震度を示す。 *2: 固有周期が0.050 s 以下であることを示す。 *3: S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。 *4: 3.6C,及び1.2C、より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 HPSW-003

22] H	######################################		激	****
-	(s)	X 方 向	Y 方 向	Z 方 向
1 次	0.158	0.007	0.017	0.347
2 次				
3 次				
4 次				
5 X				
6 次				
7 次				
8 次				
21 次				

注記*:刺激係数は,モード質量を正規化し,固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

	十 七 七 十	+ 12 + =	千 七 十	一次応力評価 (MPa)	力評価 a)	一次+二次応力評価 (MPa)	v応力評価 'a)	疲労評価
鳥瞰図	計を応り 大能	東へぶろ評価点	取入心力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				Sprm(Ss) 0.9·Su	0.9 · S u	Sn(Ss)	$2 \cdot S_y$	US s
600 W2011	V _A S	54	Sprm(Ss)	205	368			
000 M & 4 H	V _A S	86	S n (S s)			394	478	1

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

					評価	評価結果
支持構造物 番号	種類	型	材質	調度 (℃)	草草	幸 香 重
					(kN)	(kN)
HPSW-003-901S	メカニカルスナッバ	SMS-3-100		I-2-1-12-1	15	75
			西然及水井柱建法MC西	# 法 是 正		
			は大くとなる	一番は初り三		
HPSW-001-902R	ロッドレストレイント	RSA 6	震計算について」参照	いて」参照	49	06

支持構造物評価結果 (応力評価)

	容力	(a)	0:	1	L
	許容 応力 (MPa)		280	141	127
評価結果	計算	(MPa)	981	16	111
INE.	応力	分類	組合せ	せん断	組合せ
	·m)	${ m M}_{ m Z}$	I	l	30
	モーメント (kN·m)	$ m M_{Y}$	I	I	20
支持点荷重	H 1	$ m M_{X}$	_	l	0.39
	反力 (kN)	\mathbf{F}_{Z}	29	133	13
		${ m F}_{ m Y}$	22	0	19
		Fx	36	33	66
	高 (C)。			40	20
	材質			SS400	SGV410
型			架構	イーイルロ	ラガ
	種類		HPSW-003-030R レストレイント	HPSW-003-907R レストレイント Uプレート SS400	アンカ
支持構造物番号			HPSW-003-030R	HPSW-003-907R	HPSW-001-044A

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番 号	光	要求機能	機能維持評価用加 (×9.8m/s²)	機能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)	機能確認済加速度 (×9.8m/s²)	済加速度 Sm/s²)	構造強度評価結果 (MPa)	度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力	
		_		_					

4.2.4 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、応力分類ごとに裕度が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(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

		代表			
許容応力状態 VAS	疲労評価	嵌 緊 係労 勸 敷			
		評価点			
		代表			0
	一次+二次応力	裕	2.43	1.78	1.21
		許容 応力 (MPa)	478	478	824
		計算 応力 (MPa)	196	268	394
		評価点	421	411	86
		代表		-	0
	一狹応力	裕度	5.49	2, 45	1.79
		許容 応力 (MPa)	368	368	368
		計算 応力 (MPa)	29	150	205
		計 用 点	421	801	12
		配管モデル	HPSW-001	HPSW-002	HPSW-003
No.			1	2	3