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-19-0085_改 0				
提出年月日	2021年8月3日				

# VI-2-4-3-1-3 管の耐震性についての計算書 (燃料プール冷却浄化系)

2021年8月

東北電力株式会社

# 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 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
3.1 計算方法 ······	
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
3.3 設計条件	11
3.4 材料及び許容応力 <mark>評価条件</mark> ····································	20
3.5 設計用地震力	21
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	42
4.2.1 管の応力評価結果	42
4.2.2 支持構造物評価結果 ······	45
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	46
4.0.4. 小妻ェデュの限力仕用フバ人ェデュの証何仕用	4.5

#### 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、燃料プール冷却浄化系の管、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

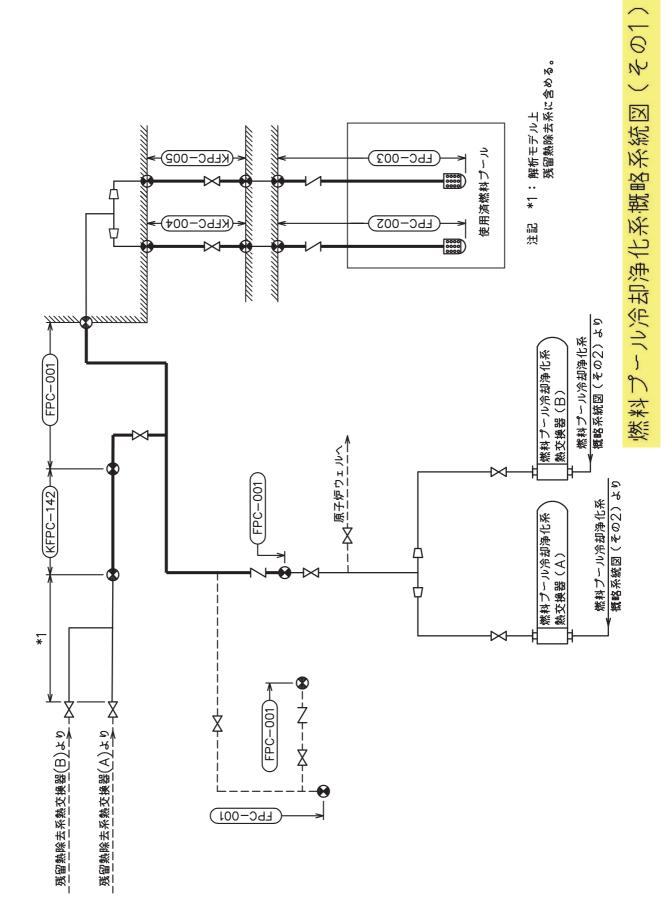
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

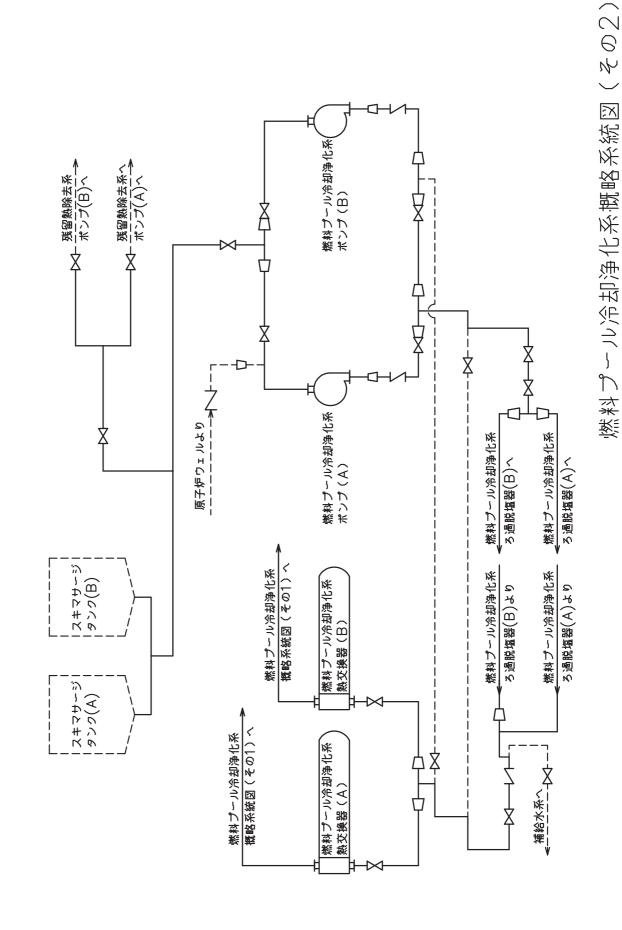
# 2. 概略系統図及び鳥瞰図

# 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





# 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
3 300	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。)

			_	せん。
				る関できま
			FPC-002	枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。
			真脚図	

	ら公開できません
FPC-003	枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません
高勝図	枠囲みの内容

	つ公開できません
KFPC-142	枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません
(国)	枠囲みの内容

#### 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」及び「SAP-V」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	E	C <sub>A</sub> III	и, с	C <sub>A</sub> VI			
荷重の組合せ*2, *3		$P S +_{\perp} I$	$\Pi_L + S d$	$I_L + S_S$	$\Pi_{L} + S s$			
耐震重要度	分類		ŭ	o				
機器等	の医分		カニフの体	見。マイベ				
珠ンノギュー	成"佣"为"纵	1						
施設	分類*1	DB						
华女彩交	光亮石色	燃料プール冷却 浄化系						
华夕新证	以 浦 石 你	使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備						
松凯及杂	加取石外	大學心學所不可		収高収入の出産権を	月月四月			

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 FPC-002

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. 37	66	165. 2	7. 1	SUS304TP	S	191720

0

#### 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 FPC-002

管名称					対	応	す		3	評	価	点				
1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

#### 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		7		10		13		16	
5		8		11		14			
6		9		12		15			

#### 弁部の質量を下表に示す。

#### 弁1

評価点	質量(kg)
2	
3	
4	

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	3			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FPC-002

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各車	曲方向ばね定数(N/	mm)	各軸回り	回転ばね定数(N・	mm/rad)
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
9						
12						
15						

# 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 FPC-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. 37	66	165. 2	7. 1	SUS304TP	S	191720

0

#### 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 FPC-003

管名称					対	応	す	Ž	3	評	価	点				
1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

#### 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		7		10		13		16	
5		8	1	11		14			
6		9		12		15			

弁部の質量を下表に示す。

#### 弁1

評価点	質量(kg)
2	
3	
4	

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	3			

#### 支持点及び貫通部ばね定数

# 鳥 瞰 図 FPC-003

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各車	曲方向ばね定数(N/	mm)	各軸回り	回転ばね定数(N・	mm/rad)
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
9						
12						
15						

# 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 KFPC-142

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	3. 73	66	216. 3	8. 2	STS410	S	200360

#### 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 KFPC-142

管名称					対	応	す	` ;	5	評	価	点				
1	1										11	12	13	14	15	
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	901	902					

#### 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)								
]		7		13		19		901	
2		8		14		20	l I	902	ldot
3		9		15		21	l I		
4		10		16		22	l I		
		11		17		23	l I		
(		12		18		24			

#### 支持点及び貫通部ばね定数

# 鳥 瞰 図 KFPC-142

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各車	あおっぱね定数(N/≤	mm)	各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)				
	X	Y	Z	X	Y	Z		
1								
7								
13								
19								
24								
901								
902								

# 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 (MPa)	S h
SUS304TP	66	1—1	188	479	_
STS410	66	( <del>,</del> )	231	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(%)
F P C - 0 0 2	原子炉建屋		

0

#### 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(%)
F P C - 0 0 3	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(%)
K F P C - 1 4 2	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

F P C - 0 0 2 $\mathbb{X}$ 顄

1

L	固有周期 (s)	応答水平震度*! x 方向 Z 方向	応答鉛直震度*! ▼ 方 向	広答水平震度**I X 方向 Z 方 F	応答鉛直震度*1 向 Y 方 向
L	(s) (s)	Z ħ	书	方向 2 方	Y ħ
- 於					
2 次					
3 X					
<b>4</b> 於					
<b>5</b> X* <sup>2</sup>					
動的震	<b>声</b> *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: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。 \*4:3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>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 FPC-002

*	Z 方 向				
激 係 数	Y 方 向				
刺	X 方 向				
H H H					
22 ] H	-	1 次	2 次	3 次	4 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。

27

固有周期及び設計震度

ಣ
0
0
C
Ъ
ĹΤ
M
15/7
顄
重

適用する	適用する地震動等		Sd及び静的震度			S	
<u>ን</u> ነ	田本田田	拉	平 震 度*!	応答鉛直震度*1	2 参 公	平 震 度*1	「応答鉛直震度*1
<u>`</u>	回有周期 (s)	X 方 向	Z 坊 向	Y 方 向	X 方 向	Z 方 向	Y方向
1 次							
2 次							
3 X							
4 次							
5 K*2							
動的	震 庚*3						
9 梯	震 度**						

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: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。 \*4:3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図匠

F P C - 0 0 3

ት   ፣ፖ	固有周期		激係	***
	(s)	X 方 向	Y 方 向	Z 方 向
1 次				
2 次				
3 次				
4 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

2
4
$\vdash$
Ö
Д
ĹŢ
$\times$
×
瞰
4

	F 1 0 1 1VI	7					
適用す	適用する地震動等		Sd及び静的震度			S	
<i>ድ</i> ረ ] ዘ	田平田	5	平 震 度*!	応答鉛直震度*1	松 松	平 震 度*1	応答鉛直震度*1
	国作问题 (s)	X方向	Z 方 向	Y 方 向	X 方 向	Z 方向	Y 方 向
1 茨							
2 茨							
3 ※							
<b>4</b> %							
5 次							
<b>6</b>							
動的	震 庚*3						
静的	震 庚**						

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0.050s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。 \*4:3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>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 KFPC-142

***	Z 方 向					
激	Y 方 向					
	X 方 向					
田田田	(s)					
) 1	, ,	1 次	2 次	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。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下記に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれ許容値以下である。

クラス2以下の管

				一次応力評価 (MPa)	価 (MPa)	一次十二次応力評価 (MPa)	り評価 (MPa)	疲労評価
直	許容応力	最大応力	最 七大 十	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
<b>河葵</b>		評価点		Sprm(Sd)	S y *1	Sn(Sd)	$2 \cdot S$ y	p s n
				Sprm(Ss)	0. 9.Su	S n (S s)	$2 \cdot S$ y	n S s
	II S ■	12	Sprm (Sd)	127	188	I	I	I
1 0 0	$\mathbb{I}_A$ S	12	Sn (Sd)	I	I	239	376	I
1 1 0 0 0 1 1	$IV_AS$	12	Sprm (Ss)	224	431	I	I	ı
	$ m IV_A S$	12	S n (S s)	I	-	436 *	376	0.0034

\*印は一次十二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が 1 以下であり許容値を満足している。 \*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。

管の応力評価結果

下記に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれ許容値以下である。

クラス2以下の管

				一次応力評価 (MPa)	価 (MPa)	一次十二次応力評価 (MPa)	力評価 (MPa)	疲労評価
四州	許容応力	最大応力	最 七大 七	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
河栗区	米 龍	評価点	スシ 文 文	Sprm(Sd)	S y *1	Sn(Sd)	2 · S y	psn
				Sprm(Ss) 0.9·Su	0.9.Su	S n (S s)	2 · S y	n S s
	III A S	12	Sprm (Sd)	127	188	I	I	I
11 () () ()	III S ■	12	Sn (Sd)	I	I	239	376	I
F F C O O	$IV_AS$	12	Sprm (Ss)	224	431	I	I	I
	$ m IV_A S$	12	Sn (Ss)	ı	I	436 *	376	0.0034

\*印は一次十二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が 1 以下であり許容値を満足している。 \*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。

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

5カ評価 疲労評価	許容応力 疲労累積係数	2 · S y US s			469
一次十二次応力評価 (MPa)	計算応力	S n (S s)			347
一次応力評価 (MPa)	許容応力	S y*1 0. 9 · S u	231	366	
ー次応力 (MPa)	計算応力	Sprm(Sd) Sy*1 Sprm(Ss) 0.9·Su	115	196	
	Sprm(Sd)	Sprm(Ss)	(8,8)		
	最大応力 評価点		2	2	7
	許容応力 状態		III S	${ m IV}_{ m A}$ S	<i>σ</i> . Δ
	鳥瞰図			KFPC-142	

\*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)

(価結果	許容	荷重	(kN)		
	計算	荷重	(kN)		
	温度	(S)			
	五十十			l	
	11	₹ <del>1</del>	l	•	
	朱	/里.大		I	-
	支持構造物	番号		l	

## 支持構造物評価結果(応力評価)

	本 4	(MPa)	280	280
評価結果	計 算 七	(MPa)	139	101
/址皇	京力	分類	組合せ	組合せ
	N·m)	$\mathrm{M}_\mathrm{Z}$	2	
	モーメント (kN·m)	$ m M_{Y}$	30	-
京荷重	ポ     イ	$ m M_{X}$	2	
支持点		$\mathbf{F}_{\mathrm{Z}}$	14	11
		${\rm F}_{ m Y}$	9	16
	Ĩ	$\mathbf{F}_{\mathrm{X}}$	20	28
	高 (S (C)		40	40
	材質	STKR400	STKR400	
	附至	架構	架構	
	種類		アンカ	レストレイント
	支持構造物 番号		FPC-001-001A	KFPC-142-007R

O 2 ③ VI-2-4-3-1-3(説) R 0

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	
構造強度(M	計算応力	_
E確認済加速度 (×9.8m/s²)	鉛直	
機能確認済加速 (×9.8m/s²)	水平	_
能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)	車場	_
機能維持評(×9.8		
要求機能	_	
岩		
中番号		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以下の管)

		1						
		代表		0	0			
	疲労評価	海 難 潑 類 類 類 類 類 類 類 類 類 類 類 類		0.0034	0.0034			
	21	評価点		12	12			
		代表		0	0			
	7*	裕度	2.13	0.86	0.86	94.00	94.00	1.33
$IV_AS$	一次十二次応力*	許容 応力 (MPa)	376	376	376	376	376	462
許容応力狀態 ]		計算 応力 (MPa)	176	436	436	4	4	347
F容応		評価点	19	12	12	2	2	2
1		代表						0
— ※ ~ ~ ~		裕度	7.62	1.92	1.92	35.91	35.91	1.86
	一次応力	許 が力 (MPa)	366	431	431	431	431	366
		計算 応力 (MPa)	48	224	224	12	12	196
		評価点	901	12	12	2	2	2
		代表		0	0			
$\Pi_A$ S		裕度	5.92	1.48	1.48	15.66	15.66	2.00
り状態 ]	一次応力	許 が力 (MPa)	231	188	188	188	188	231
許容応力狀態 IIAS			計算 応力 (MPa)	39	127	127	12	12
		評領点	901	12	12	1	1	2
	3	配管モデル	FPC-001	FPC-002	FPC-003	KFPC-004	KFPC-005	KFPC-142
		Š.	П	2	3	4	2	9
L		-		l				

注記 $*: \Pi_A S$ の一次+二次応力の許容値は $\Pi_A S$ 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. 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 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	• 12
3.1 計算方法 ·····	• 12
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 13
3.3 設計条件	• 14
3.4 材料及び許容応力 <mark>評価条件</mark> ····································	• 24
3.5 設計用地震力	• 25
4. 解析結果及び評価	• 28
4.1 固有周期及び設計震度	· 28
4.2 評価結果	• 46
4.2.1 管の応力評価結果	• 46
4.2.2 支持構造物評価結果	• 49
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	• 50
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	. 51

### 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、燃料プール冷却浄化系の管、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8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

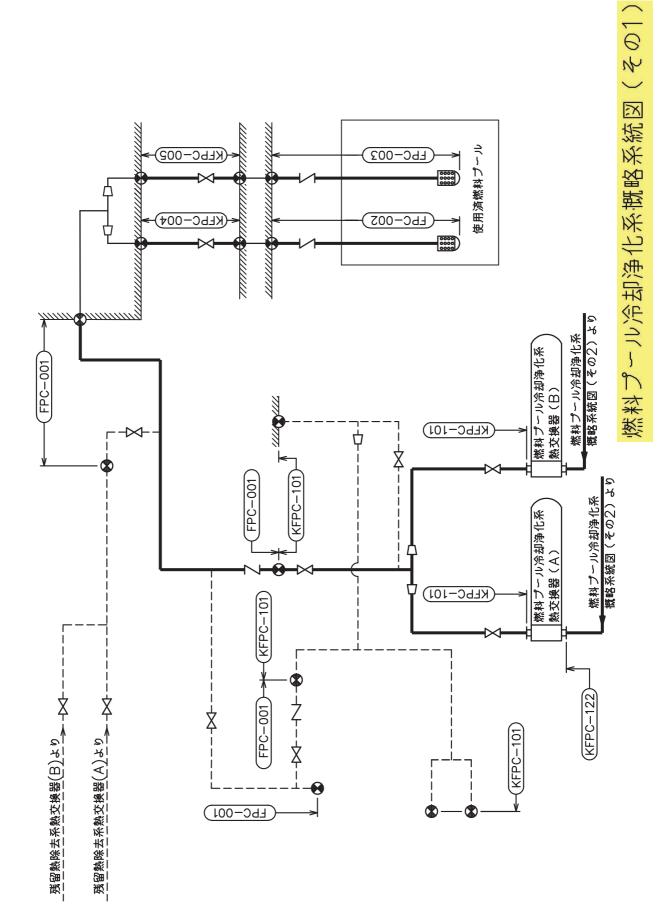
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

### 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



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
\$\frac{1}{5}\frac{1}{5	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	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。)

	せん。
	の公開
1/4	観点か
KFPC-122-1/4	後密の
- Jd:	商業機
	内容は
	<b>囲みの</b>
	幸

	鳥瞰図 KFPC-122-2/4	

### 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」及び「SAP-V」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。

National Action		許容応力 状態*5	$V_{_{ m A}}S$
設備名称     系統名称     A類*1     設備分類*2     機器等     耐震重要       使用済燃料貯蔵槽     燃料プール冷却     SA     常設耐度/防止     カラス2管			$V_L + S$ s
設備名称     系統名称     施設     設備分類*2       使用済燃料貯蔵槽     燃料プール冷却     SA     常設耐農/防止		耐震重要度 分類	l
設備名称     系統名称     分類*1       使用済燃料貯蔵槽     燃料プール冷却       冷却浄化設備     浄化系		機器等 の区分	重大事故等 クラス2管
	1 4/1/1/20	設備分類*2	常設耐震/防止
施設名称     設備名称     系統名称       核燃料物質     機料子ール冷却       及び     冷却浄化設備       財産施設		施設分類*1	SA
施設名称     設備名称       核燃料物質     使用済燃料貯蔵槽       及び     冷却浄化設備       貯蔵施設	単く后口で入り目の	系統名称	燃料プール冷却 浄化系
施設名称 核燃料物質 の取扱施設 及び 財職施設	三の、のぼり、ノ・ころし	設備名称	使用済燃料貯蔵槽 冷却浄化設備
	三十二十二	施設名称	核燃料物質 の取扱施設 及び 貯蔵施設

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:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*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 FPC-002

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	1.37	66	165. 2	7. 1	SUS304TP	_	191720

0

### 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 FPC-002

管名称					対	応	す	Ž	3	評	価	点				
1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

### 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)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		10		13		16	
5		8		11	1 I	14			
6		9		12	$ldsymbol{ld}}}}}}$	15			

弁部の質量を下表に示す。

### 弁1

評価点	質量(kg)
2	
3	
4	

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	3			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FPC-002

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各車	曲方向ばね定数(N/	mm)	各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)			
	X	Y	Z	X	Y	Z	
1							
5	1						
9	1						
12							
15							

### 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 FPC-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	1.37	66	165. 2	7. 1	SUS304TP	_	191720

0

### 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 FPC-003

管名称					対	応	す		3	評	価	点				
1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

### 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		7		10		13		16	
5		8		11	1	14			
6		9		12		15			

弁部の質量を下表に示す。

### 弁1

評価点	質量(kg)
2	
3	
4	

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	3			

### 支持点及び貫通部ばね定数

### 鳥 瞰 図 FPC-003

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各車	曲方向ばね定数(N/	mm)	各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)			
	X	Y	Z	X	Y	Z	
1							
5							
9							
12							
15							

### 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 KFPC-122

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	1.37	66	114. 3	6.0	STS410	_	200360
2	1.37	66	165. 2	7. 1	STS410	_	200360
3	1.37	66	216. 3	8. 2	STS410	_	200360
4	1. 37	66	216. 3	8. 2	SUS304TP	_	191720
5	1. 37	66	165. 2	7. 1	SUS304TP	_	191720

### 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 KFPC-122

管名称					対	応	す	-	る	評	価	点			
1	1	2	3	4	46	47	48	49							
2	4	5	7	9	10	12	13	14	15	16	17	21	22	24	26
	27	32	33	35	36	37	38	39	41	43	44	45	46	85	92
	180	181	182	183	210	217	800	801	802	803	804	805	907	908	
3	17	18	19	20	21	27	28	29	31	32	91	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103	105	121	128	140	141	142	143	144
	145	146	901	903											
4	6	25	90	102	104	107	108	135	136	137	138	139	146	147	149
	152	153	154	155	156	168	169	905	906						
5	30	156	157	158	169	170	301	302	303	304	305	306	308	309	310
	401	402	403	404	405	406	407	409	410	411					

### 配管の質量(付加質量含む)

### 鳥 瞰 図 KFPC-122

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		30		98		152		310	
2		31		99		153		401	
3		32		100		154		402	
4		36		101		155		403	
5		37		102	1	156		404	
6		38		103	1	157		405	
7		43		105	1	158		406	
9		44		108	1	168		410	1
13	1	45		121	1	169		411	1
14		46		128	1	170		800	1
15		47		135	1	180		801	1
16		48		136	1	181		802	1
17		49		137	1	182		803	1
18		85		138	1	183		804	1
19		90		139	1	210		805	1
20	1	91		140	1	217		901	1
21		92		141	1	301		903	1
25		93		142	1	302		905	
26		94		143	1	303		906	1
27		95		144		304		907	
28		96		145		305		908	
29		97		146	1	309	1		

### 弁部の質量を下表に示す。

 弁1
 弁2
 弁3
 弁4
 弁5

評価点	質量(kg)								
10		22		35		41		104	
11		23		34		40		106	
12		24		33		39		107	
								109	
								110	

弁6 弁7 弁8

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
147		306		407	
148		307		408	
149		308		409	
150		311		412	
151		312		413	

### 弁部の寸法を下表に示す。

21 86 2 4 6	A C   A(-			
弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	11			
弁2	23			
弁3	34			
弁4	40	l		
弁5	106	1		
弁6	148			
弁7	307			
弁8	408			

### 支持点及び貫通部ばね定数

### 鳥 瞰 図 KFPC-122

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各車	曲方向ばね定数(N/	mm)	各軸回り	回転ばね定数(N・1	mm/rad)
	X	Y	Z	X	Y	Z
1				·		
6						
25						
30						
49						
85						
92						
103						
105						
** 110 **						
121						
128						
** 151 **						
210						
217						
310						
312						
312						
411						
** 413 **						
413						
901						
903						
905						
906						
907						
908						

### 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	S y	S u (MPa)	S h
SUS304TP	66	_	188	479	_
STS410	66	_	231	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(%)
F P C - 0 0 2	原子炉建屋		

0

### 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(%)
F P C - 0 0 3	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(%)
K F P C - 1 2 2	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

F P C -002X 顧

重

適用する	適用する地震動等		Sd及び静的震度			S	
F)	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	松 松	平 震 度*!	応答鉛直震度*1	2 参 公	平 震 度*1	応答鉛直震度*1
<u>-</u>		X 方 向	Z 方向	Y 方 向	X 方 向	Z 方向	Y 方 向
1 次							
2 次							
3 次							
<b>4</b> %							
<b>5</b> K* <sup>2</sup>							
動的	震 庚*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: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。 \*4:3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>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 FPC-002

	Z 方向				
禁					
激	Y方向				
庫	X 方 向				
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	(s)				
24 ] H	, 	1 次	2 茨	3 次	4 X

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

F P C - 0 0 3

 $\mathbb{X}$ 

颞 1

適用す	2. ] H	<u>-</u>	74 1	2 次	3 %	4 X	<b>5</b>	動的	
適用する地震動等	田大田井							震 庚*3	
	5	X方向							
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							
	松 松 大	X 方 向							
S	平 震 度*1	Z 方向							
	応答鉛直震度*1	Y 方向							

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1.2Cvより定めた震度を示す。

承\*4

寰 纪

静

各モードに対応する刺激係数

鳥

図

下

F P C - 0 0 3

孫 数*	5 向 Z 方 向				
激	Y ħ				
	X 方 向				
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	(s)				
	۲ .	1	2 次	3 次	4 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

KFPC-122
<u>×</u>
顧
₫Ę

適用する地震動等			Sd及び	d 及び静的震度			Ss		
田山山田		5 条 次 2	平 震 度*1	** 	応答鉛直震度*1	5 茶 % 5	平 震 度*!	応答鉛直震度*1	#X 
	X	方 向	Z 为	〕 向	Y 方 向	X 方 向	Z 方向	Y 方 I	向
1 次									
2 🖔									
3 %									
<b>4</b>									
<b>₹</b>									
<b>8</b>									
7 次									
<b>8</b>									
17 次									
18 K*2									
動的震度*3									
静的震度**									

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0.050s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。 \*4:3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

KFPC-122
<u>×</u>
顧
重

<u>ይ</u> ! ዞ	庫	激	<b>※</b>
۲ ۲	X 方 向	Y 方 向	Z 方 向
1 茨			
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。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

	-1 -1: -1:	-1 -1 -1	- 1 - 1 - 1	一次応力評価 (MPa)	力評価 'a)	一次十二次応力評価 (MPa)	τ応力評価 'a)	疲労評価
鳥瞰図	14から人 栄養 大	東入心人評価点	東入心 <i>人</i> 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	S n (S s)	2 · S y	S S U
() () ()	V <sub>A</sub> S	12	Sprm(Ss)	223	431			
F F C - 0 0 2	$V_A$ S	12	S n (S s)			436 *	376	0.0034

\*印は一次十二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

### 0 2

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

疲労評価	疲労累積係数	n S s		0.0034
t応力評価 a)	許容応力	2 · S y		376
一次十二次応力評価 (MPa)	計算応力	Sn(Ss)		436 *
力評価 a)	許容応力	0.9 · S u	431	1
一次応力評価 (MPa)	計算応力	Sprm(Ss) 0.9·Su	223	1
千 七 十 叫	東へ応り区分		Sprm(Ss)	S n (S s)
두 난 구 피	東人で入野作用		12	12
於於七十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十	计分形分析		V <sub>A</sub> S	V <sub>A</sub> S
	鳥瞰図		() () ()	r r C   0 0 3

\*印は一次十二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

0 2

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

		- - - 0	- - - -	一次応力評価 (MPa)	力評価 'a)	——次十二次応 (MPa)	一次+二次応力評価 (MPa)	疲労評価
鳥瞰図	許谷心力 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(Ss) 0.9·Su	0.9 · S u	S n (S s)	2 · S y	u S s
100	$V_A$ S	32	Sprm(Ss)	241	366			
	$V_AS$	32	S n (S s)			460	462	

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
支持構造物番号	種類	式 副	女質	温度 (°C)	計算 荷重 (kN)	群谷 荷庫 (kN)
			※付書類「Ⅵ-2-1-12-1	VI-2-1-12-1		
KFPC-122-151BA	ロッドレストレイント	RTS-3	配管及び支持構造物の耐	<b>脊精造物の耐</b>	29	45
			震計算について」参照	いて」参照		

## 支持構造物評価結果(応力評価)

							支持、	<b>寺</b> 点荷重			111111111111111111111111111111111111111	評価結果	
支持構造物 番号	種類	社	材質	高 (SC)	N 区	反力 (kN)		十一十	モーメント (kN·m)	N·m)	応力	草 七	华 点 公 本
					Fx	$F_{Y}$	$\mathbf{F}_{\mathrm{Z}}$	$ m M_{X}$	$ m M_{Y}$	$M_{Z}$	分類	(MPa)	(MPa)
KFPC-102-901R	レストレイント	リプレート	SS400	99	0	71	73		ı	1	せん断	108	135
FPC-001-013A	アンカ	架構	STKR400	99	35	17	25	14	13	8	曲げ	115	433

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。

<u></u>	応力	1
構造強度評価結果 (MPa)	許容応	
構造強[	計算応力	
3確認済加速度 (×9.8m/s²)	鉛直	
機能確認済加速] (×9.8m/s²)	水平	
能維持評価用加速度 (×9.8m/s²)	鉛直	
機能維持評(×9.8		
要求機能		
米		
弁番号		

# 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)

許容応力状態 VAS	疲労評価	代表		0	$\circ$					
		斑 緊 と と な な な な な な な な な な な な な な な な な		0.0034	0.0034	_				
		<u></u> 岸 恒 点		12	12					
	一次応力 一次十二次応力	代表		0	$\circ$					
		裕度	2.13	0.86	0.86	94	94	2.29	1.03	1.00
		許容 応力 (MPa)	376	928	928	928	928	928	462	797
		計算 応力 (MPa)	176	436	436	4	4	164	448	460
		評価点	19	12	12	2	2	37	40	32
		代表								0
		裕度	11.05	1.93	1.93	39. 18	39. 18	13.90	1.65	1.51
		許容 応力 (MPa)	431	431	431	431	431	431	366	366
		計算 応力 (MPa)	39	223	223	11	11	31	221	241
		評価点	19	12	12	2	2	12	40	32
配管モデル			FPC-001	FPC-002	FPC-003	KFPC-004	KFPC-005	KFPC-101	KFPC-102	KFPC-122
		No.		2	3	4	2	9	2	8