

VI-2-5-4-1-3 高圧炉心注水系ストレナ部ティーの  
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
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.2.2 許容応力	8
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	8
4.2.4 設計荷重	13
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	15
4.5 設計用地震力	16
4.6 計算方法	17
4.6.1 応力の計算方法	17
4.6.2 応力解析に用いるモーメント	17
4.7 計算条件	18
4.8 応力の評価	18
5. 評価結果	19
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	19
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	19

## 1. 概要

本計算書は、技術基準規則の解釈第 17 条 4 において記載される「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及び VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、高圧炉心注水系ストレーナ部ティーが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの応力評価により行う。

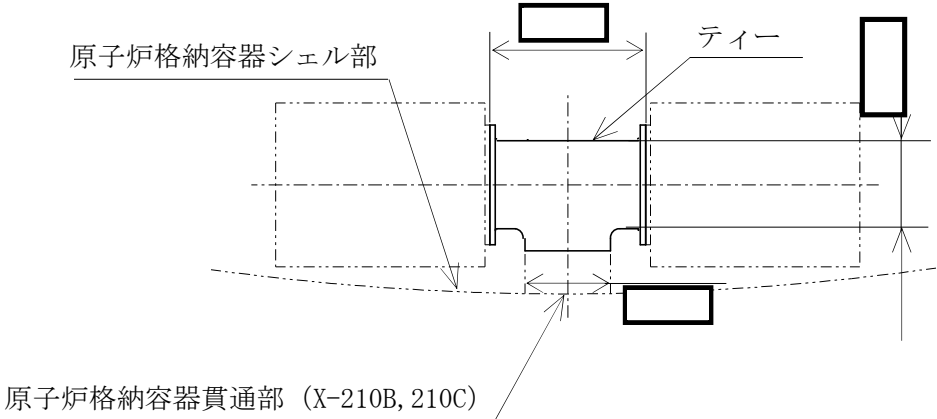
高圧炉心注水系ストレーナ部ティーは、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの構造計画を表 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>ストレーナ部ティーは、サプレッションプール内に水没された状態で設置されており、原子炉格納容器貫通部に取り付けられている。</p>	<p>ティー形の管継手</p>	 <p>原子炉格納容器貫通部 (X-210B, 210C)</p> <p>高圧炉心注水系ストレーナ部ティー (B系及びC系ストレーナ)</p> <p>(単位：mm)</p>



## 2.2 評価方針

高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの応力評価は、「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及び VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

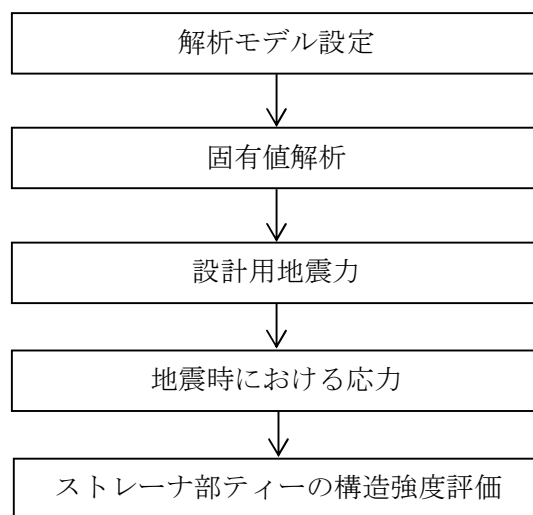


図 2-1 高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの耐震評価フロー

### 2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984  
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）  
（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$S_{p r m}$	発生応力	MPa
$P_m$	内面に受ける最高の圧力	MPa
$D_o$	管の外径	mm
$t$	管の厚さ	mm
$B_1$	設計・建設規格 表 PPB-3812. 1-1 で規定する応力係数(= <input type="text"/> )	—
$B_{2 b}$	設計・建設規格 式 PPB-4. 29 により計算した分岐管の応力係数 $= 0.4 \cdot \left( \frac{R_m}{T_r} \right)^{\frac{2}{3}}$ (= <input type="text"/> )	—
$R_m$	主管の平均半径	mm
$T_r$	主管の厚さ	mm
$B_{2 r}$	設計・建設規格 式 PPB-4. 30 により計算した主管の応力係数 $= 0.5 \cdot \left( \frac{R_m}{T_r} \right)^{\frac{2}{3}}$ (= <input type="text"/> )	—
$M_{a b}$	分岐管の機械的荷重（自重その他の長期荷重に限る）により生じるモーメント	N・mm
$M_{a r}$	主管の機械的荷重（自重その他の長期荷重に限る）により生じるモーメント	N・mm
$M_{b b}$	分岐管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期荷重に限る）により生じるモーメント	N・mm
$M_{b r}$	主管の機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期荷重に限る）により生じるモーメント	N・mm
$Z_b$	分岐管の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_r$	主管の断面係数	mm <sup>3</sup>
$S_d^*$	弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力又は静的地震力	—
$S_s$	基準地震動 $S_s$ により定まる地震力	—

注：ここで定義されない記号については、各計算の項目において説明する。

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位* <sup>1</sup>
温度	℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
質量	kg	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* <sup>2</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>3</sup>
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>3</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>3</sup>
縦弾性係数	MPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
計算応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>4</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記\*1：必要に応じて小数点以下第3位とする。

\*2：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*3：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*4：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力、設計降伏点及び設計引張強さは、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、ティーについて実施する。なお、高圧炉心注水系ストレーナ部ティーのフランジの評価は、ストレーナ側フランジより板厚を大きく設計しており（ティー側フランジ厚さ  mm, ストレーナ側フランジ厚さ  mm），ティー側フランジにかかる荷重はストレーナ側フランジと同じであり，VI-2-5-4-1-2「高圧炉心注水系ストレーナの耐震性についての計算書」に示すストレーナ側フランジの評価に包含されるため，ここでは記載を省略する。

高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの形状及び主要寸法を図3-1及び表3-1に示す。

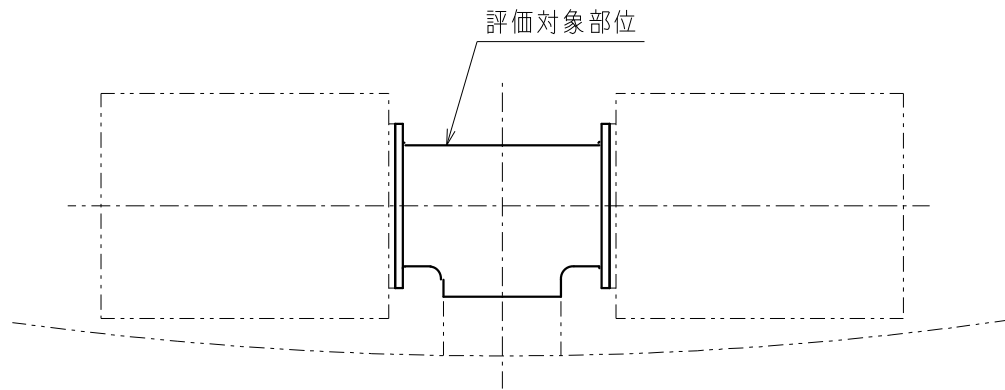


図3-1 高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの形状（B系及びC系ストレーナ）

表3-1 高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの主要寸法

（単位：mm）

貫通部番号	外径	板厚	フランジ間距離
X-210B, 210C	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

#### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

##### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ストレーナ部ティーは、ストレーナ部を含む一体モデルでの応答解析から得られたモーメントとストレーナ部から作用する荷重を用いて構造強度評価を行う。
- (2) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心注水系ストレーナ部ティー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 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。また、荷重の組合せの整理表を表 4-3 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの許容応力は「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））及び VI-2-1-9 「機能維持の基本方針」に基づき表 4-4 に示す。なお、評価対象は、基本板厚計算書で膜応力を考慮した最小板厚の評価を実施していることから、一次一般膜応力の評価結果の記載については省略する。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心注水系ストレーナ部ティー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 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

なお、各評価部位の使用材料については以下のとおり。

ティー



表4-1 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	非常用炉心冷却 設備その他 原子炉注水設備	高圧炉心注水系 ストレーナ部ティー	S	クラス2	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢAS
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	ⅢAS
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣAS

表4-2 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	非常用炉心冷却 設備その他 原子炉注水設備	高圧炉心注水系 ストレーナ部ティー	常設／防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2	$D + P_D + M_D + S_s^{*2}$	ⅣAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	ⅤAS (ⅤASとしてⅣAS の許容限界を用いる)

注記\*1：「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。

\*2：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 荷重の組合せ整理表

組合せ No.	運転状態	死荷重	異物荷重	差圧	SRV荷重		LOCA荷重			地震荷重		許容応力状態	
					運転時	中小破断時	プールスウェル	蒸気凝縮(CO)	チャギング(CH)	S d*荷重	S s荷重		
DBA* <sup>1</sup>	DBA-1	運転状態 I	○								○		ⅢAS
	DBA-2	運転状態 I	○									○	ⅣAS
	DBA-3	運転状態 II	○			○					○		ⅢAS
	DBA-4	運転状態 II	○			○						○	ⅣAS
	DBA-5	運転状態Ⅳ(L)	○	○	○						○		ⅢAS
SA* <sup>2</sup>	SA-1	運転状態Ⅴ(L)* <sup>3</sup>	○	○	○						○		ⅤAS* <sup>4</sup>
	SA-2	運転状態Ⅴ(LL)	○	○	○							○	ⅤAS* <sup>4</sup>

注記\*1：設計基準対象施設

\*2：重大事故等対処設備

\*3：運転状態Ⅴ(L)の評価は、温度条件を重大事故等時における最高使用温度 120℃とした運転状態Ⅴ(LL)の評価で代表される。

\*4：許容応力状態ⅤASとしてⅣASの許容応力を用いる。



表4-4 許容応力（クラス2，3管及び重大事故等クラス2管（クラス2，3管））

許容応力 状態	許容限界*1			
	一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力*2	一次+二次応力 +ピーク応力*2
ⅢAS	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし、オーステナイト系ステン レス鋼及び高ニッケル合金につい ては上記値と $1.2 \cdot S$ との大きい 方	$S_y$ ただし、オーステナイト系ステン レス鋼及び高ニッケル合金につい ては上記値と $1.2 \cdot S$ との大きい 方	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は基準地震動 $S_s$ 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。	
ⅣAS				
ⅤAS (ⅤASとしてⅣASの 許容限界を用いる。)	$0.6 \cdot S_u$	左欄の1.5倍の値	基準地震動 $S_s$ 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：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

\*2：二次応力が発生する場合のみ考慮する。

表4-5 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 (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		ティー		最高使用温度	104		

表4-6 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 (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		ティー		最高使用温度	120		

#### 4.2.4 設計荷重

ストレーナ部に作用する荷重（死荷重，水力的動的荷重，地震荷重等）はフランジを介してティーに伝達され，最終的に貫通部に伝達される。このため，ティーの設計荷重としては，ティー自身に作用する荷重に加え，ストレーナ部に作用する荷重を考慮する。

##### (1) 死荷重

ティーの評価点の死荷重を表 4-7 に示す。

表 4-7 死荷重

(単位：N)

部位	高压炉心注水系
ティー	<input type="text"/>

##### (2) 内圧

原子炉格納容器の最高使用圧力  MPa を内圧として考慮する。

#### 4.3 解析モデル及び諸元

高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの応答解析用モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。解析モデルはVI-2-5-4-1-2「高圧炉心注水系ストレーナの耐震性についての計算書」に示す応答解析用モデルと同じモデルである。また、機器の諸元を本計算書の【高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 応答解析用モデルではストレーナ部から原子炉格納容器貫通部までをはり要素を用いた有限要素モデルとしてモデル化して解析を行い、固有値及び荷重を算出する。
- (2) ストレーナ部ティーと原子炉格納容器貫通部は溶接構造で取り付けられており、付根部は完全拘束とする。
- (3) 各部の質量は、ティー及び原子炉格納容器貫通部については各節点に分布荷重として与え、ストレーナについては図 4-1 の△部に集中質量を与える。
- (4) 本設備はサプレッションプールに水没している機器であるため、応答解析では内包水の影響を加味し、質量に含める。また、異物の質量も応答解析において考慮する。
- (5) 解析コードは「I S A P」及び「M S C N A S T R A N」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

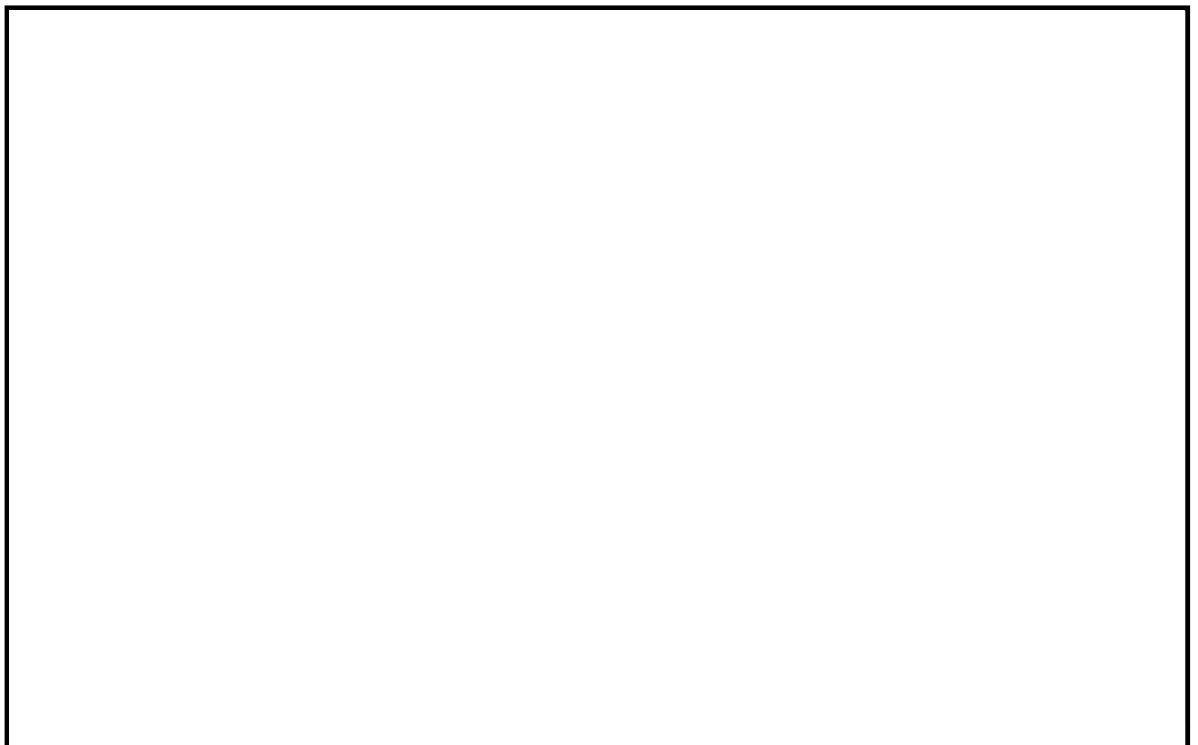


図 4-1 応答解析用モデル

#### 4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-8 に示す。設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の固有周期は共に、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-8 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平	0.027	—	—	—

#### 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-9 及び表 4-10 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7 「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）

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	
	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
原子炉建屋 T. M. S. L. <input type="text"/> (T. M. S. L. -1.700*)	0.027	0.05 以下	C <sub>H</sub> =0.58	C <sub>V</sub> =0.50	C <sub>H</sub> =1.02	C <sub>V</sub> =1.02

注記\*：基準床レベルを示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）

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	
	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
原子炉建屋 T. M. S. L. <input type="text"/> (T. M. S. L. -1.700*)	0.027	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.02	C <sub>V</sub> =1.02

注記\*：基準床レベルを示す。

#### 4.6 計算方法

##### 4.6.1 応力の計算方法

ティーに発生する応力は、設計・建設規格 PPC-3520 に従い算出する。

$$S_{prfm} = \frac{B_1 \cdot P_m \cdot D_0}{2 \cdot t} + \frac{B_{2b}(M_{ab} + M_{bb})}{Z_b} + \frac{B_{2r}(M_{ar} + M_{br})}{Z_r}$$

##### 4.6.2 応力解析に用いるモーメント

応力解析に用いるモーメントは、主管と分岐管に作用するモーメントを用いる。主管のモーメントは4.2.4項に示したようにストレナ部からの伝達される荷重を考慮し、分岐管のモーメントはストレナ部からの伝達荷重に加え、ティー自身に作用する荷重から算出したモーメントを考慮する。

算出したモーメントを表4-11(1)及び表4-11(2)に示す。ここでのモーメントとは、設計・建設規格 解説 PPC-3520 の考え方に基づいて設定した3方向のモーメントを二乗和平方根で合成したものである。

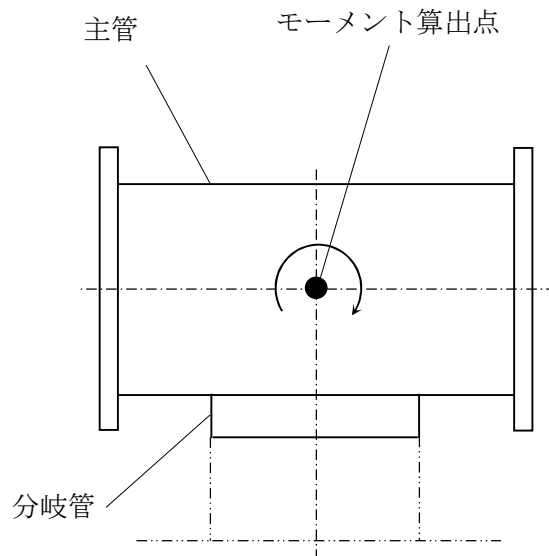


図4-2 ティーのモーメント算出点

表 4-11 (1) ティーの設計荷重 (設計基準対象施設)

(単位 : N・mm)

荷重		モーメント	
		主管	分岐管
1	死荷重		
2	死荷重+異物荷重		
3	差圧		
4	S R V 荷重		
5	S d *地震荷重		
6	S s 地震荷重		
7	異物 S d *地震荷重		

表 4-11 (2) ティーの設計荷重 (重大事故等対処設備)

(単位 : N・mm)

荷重		モーメント	
		主管	分岐管
1	死荷重+異物荷重		
2	差圧		
3	異物 S s 地震荷重		

#### 4.7 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの耐震性についての計算結果】に示す。

#### 4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が表 4-4, 表 4-5 及び表 4-6 を用いて算出した許容応力以下であること。



## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心注水系ストレーナ部ティー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を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお、各評価点における算出応力は表 4-3 に示す荷重の組合せのうち、各許容応力状態 IIIAS 及び IVAS で、発生値が高い方の評価を記載している。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心注水系ストレーナ部ティー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を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお、各評価点における算出応力は表 4-3 に示す荷重の組合せのうち、許容応力状態 VAS で、発生値が高い方の評価を記載している。

【高圧炉心注水系ストレーナ部ティー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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			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		
高圧炉心注水系 ストレーナ部ティー	S	原子炉建屋 T. M. S. L. <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> (T. M. S. L. -1.700*)	0.027	0.05 以下	C <sub>H</sub> =0.58	C <sub>V</sub> =0.50	C <sub>H</sub> =1.02	C <sub>V</sub> =1.02	104	—

注記\* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

(単位：mm)

貫通部番号	部位	外径 $D_o$	板厚 $t$	フランジ間距離 $L$
X-210B, 210C	主管			
	分岐管			

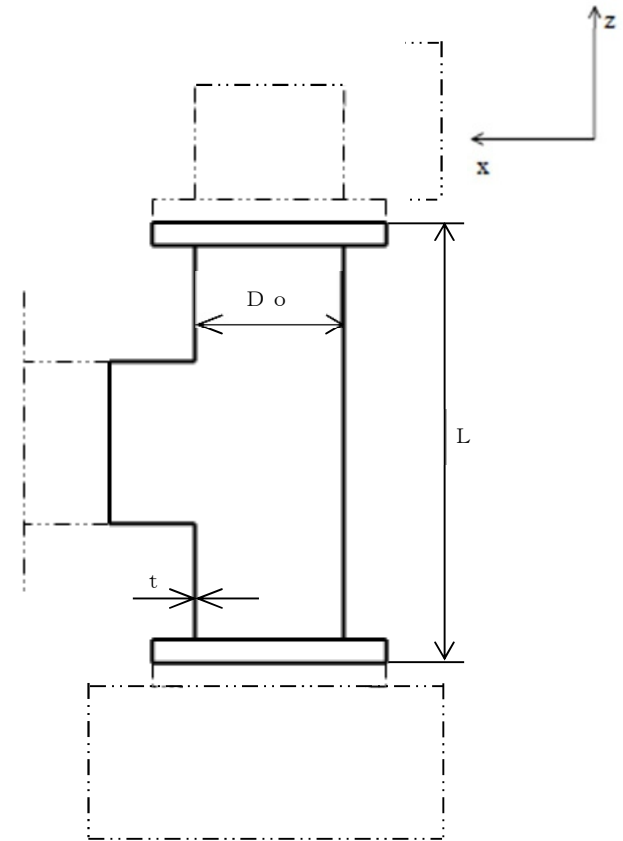
$B_1$ (—)	$B_{2b}$ (—)	$B_{2r}$ (—)	$Z_b$ ( $\text{mm}^3$ )	$Z_r$ ( $\text{mm}^3$ )

(単位：MPa)

部材	材料	S	$S_y$	$S_u$	$S_y$ (RT)
ティー					—

(解析モデルの諸元)

項目	単位	入力値
高压炉心注水系ストレーナ部ティーの材質	—	
高压炉心注水系ストレーナ部ティーの質量	kg	
高压炉心注水系ストレーナ部ティーの内包水の質量	kg	
ストレーナ 1 個あたりの異物の質量	kg/個	
縦弾性係数	MPa	
ポアソン比	—	
要素数	個	
節点数	個	



1.3 計算数値

1.3.1 水力的動的荷重

逃がし安全弁作動時荷重

(単位：N)

荷重		X方向	Y方向	Z方向
1	S R V 荷重			

1.3.2 ティーの設計荷重

自重 (N)	設計圧力 P <sub>m</sub> (MPa)

(単位：N・mm)

荷重		モーメント	
		主管	分岐管
1	死荷重		
2	死荷重 + 異物荷重		
3	差圧		
4	S R V 荷重		
5	S <sub>d</sub> *地震荷重		
6	S <sub>s</sub> 地震荷重		
7	異物 S <sub>d</sub> *地震荷重		

## 1.4 結論

## 1.4.1 固有周期

(単位 : s)

モード	方向	固有周期
1次モード	水平	0.027

## 1.4.2 応力

(単位 : MPa)

評価対象設備	材料	応力分類	Ⅲ A S			Ⅳ A S		
			計算 応力	許容 応力	荷重 組合せ	計算 応力	許容 応力	荷重 組合せ
高圧炉心注水系 ストレナ部ティ		一次応力	53	143	DBA-3	71	365	DBA-4

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>		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		
高圧炉心注水系 ストレーナ部ティ-	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> (T. M. S. L. -1.700*)	0.027	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> = 1.02	C <sub>V</sub> = 1.02	120	—

注記\* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

(単位：mm)

貫通部番号	部位	外径 $D_o$	板厚 $t$	フランジ間距離 $L$
X-210B, 210C	主管			
	分岐管			

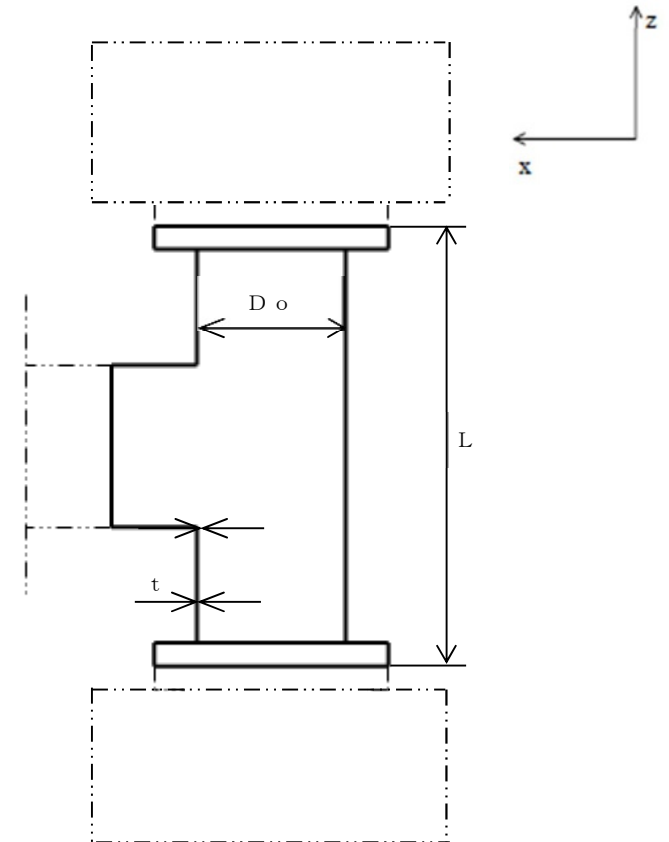
$B_1$ (—)	$B_{2b}$ (—)	$B_{2r}$ (—)	$Z_b$ ( $\text{mm}^3$ )	$Z_r$ ( $\text{mm}^3$ )

(単位：MPa)

部材	材料	S	$S_y$	$S_u$	$S_y$ (RT)
ティー					—

(解析モデルの諸元)

項目	単位	入力値
高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの材質	—	
高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの質量	kg	
高圧炉心注水系ストレーナ部ティーの内包水の質量	kg	
ストレーナ 1 個あたりの異物の質量	kg/個	
縦弾性係数	MPa	
ポアソン比	—	
要素数	個	
節点数	個	



2.3 計算数値

2.3.1 ティーの設計荷重

自重 (N)	設計圧力 $P_m$ (MPa)

(単位：N・mm)

荷重		モーメント	
		主管	分岐管
1	死荷重+異物荷重		
2	差圧		
3	異物 $S_s$ 地震荷重		



## 2.4 結論

## 2.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	方向	固有周期
1次モード	水平	0.027

## 2.4.2 応力

(単位：MPa)

評価対象設備	材料	応力分類	V A S		
			計算 応力	許容 応力	荷重 組合せ
高圧炉心注水系 ストレーナ部ティー	<input type="text"/>	一次応力	71	360	SA-2

すべて許容応力以下である。

VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書

## 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	10
3.1 計算方法	10
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	11
3.3 設計条件	12
3.4 材料及び許容応力	30
3.5 設計用地震力	31
4. 解析結果及び評価	32
4.1 固有周期及び設計震度	32
4.2 評価結果	50
4.2.1 管の応力評価結果	50
4.2.2 支持構造物評価結果	54
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	55
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	56

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、高圧炉心注水系の管、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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点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

設計及び工事の計画書に記載される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。



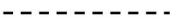
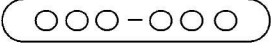

### (3) 弁

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。

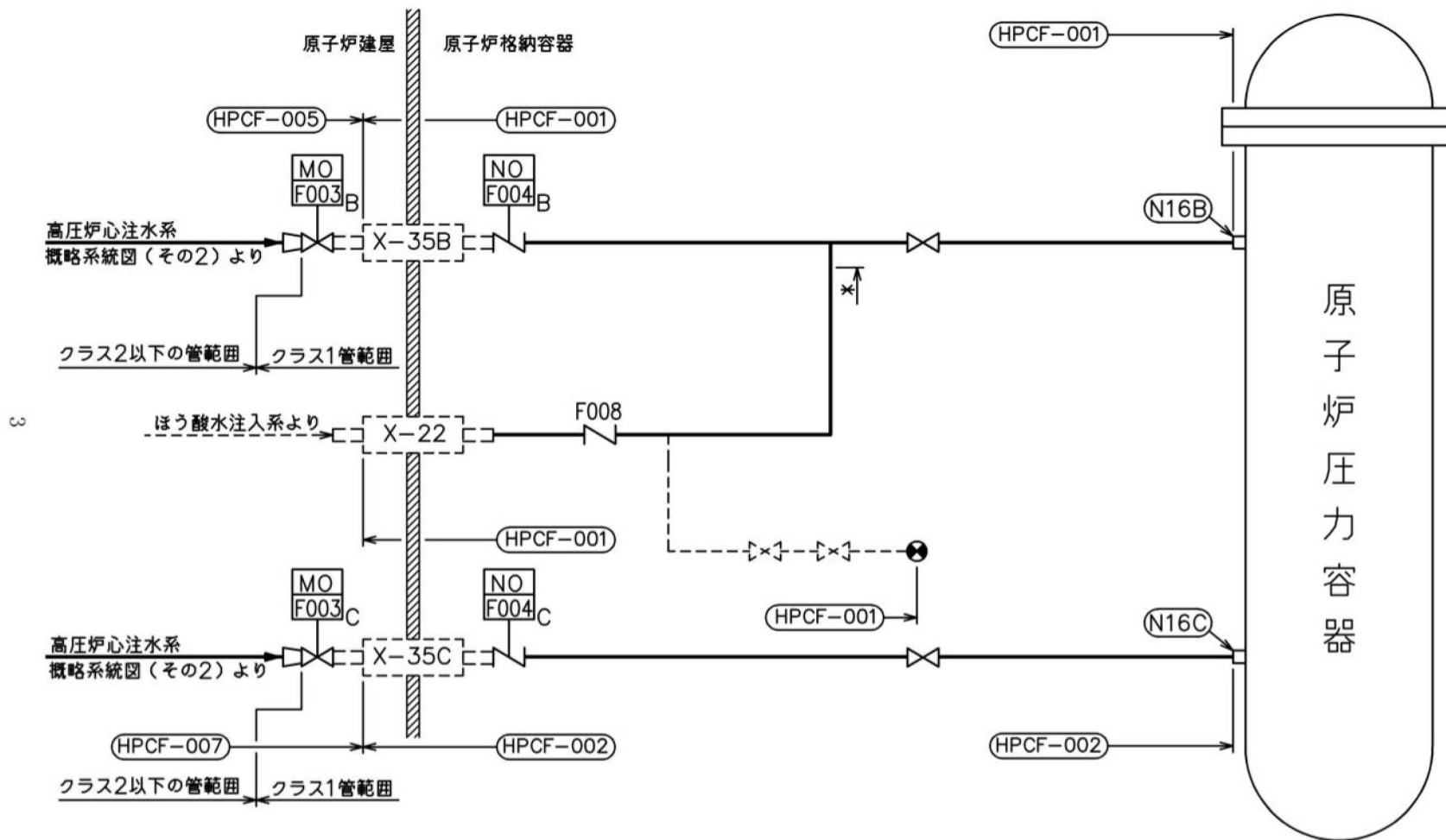
## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図

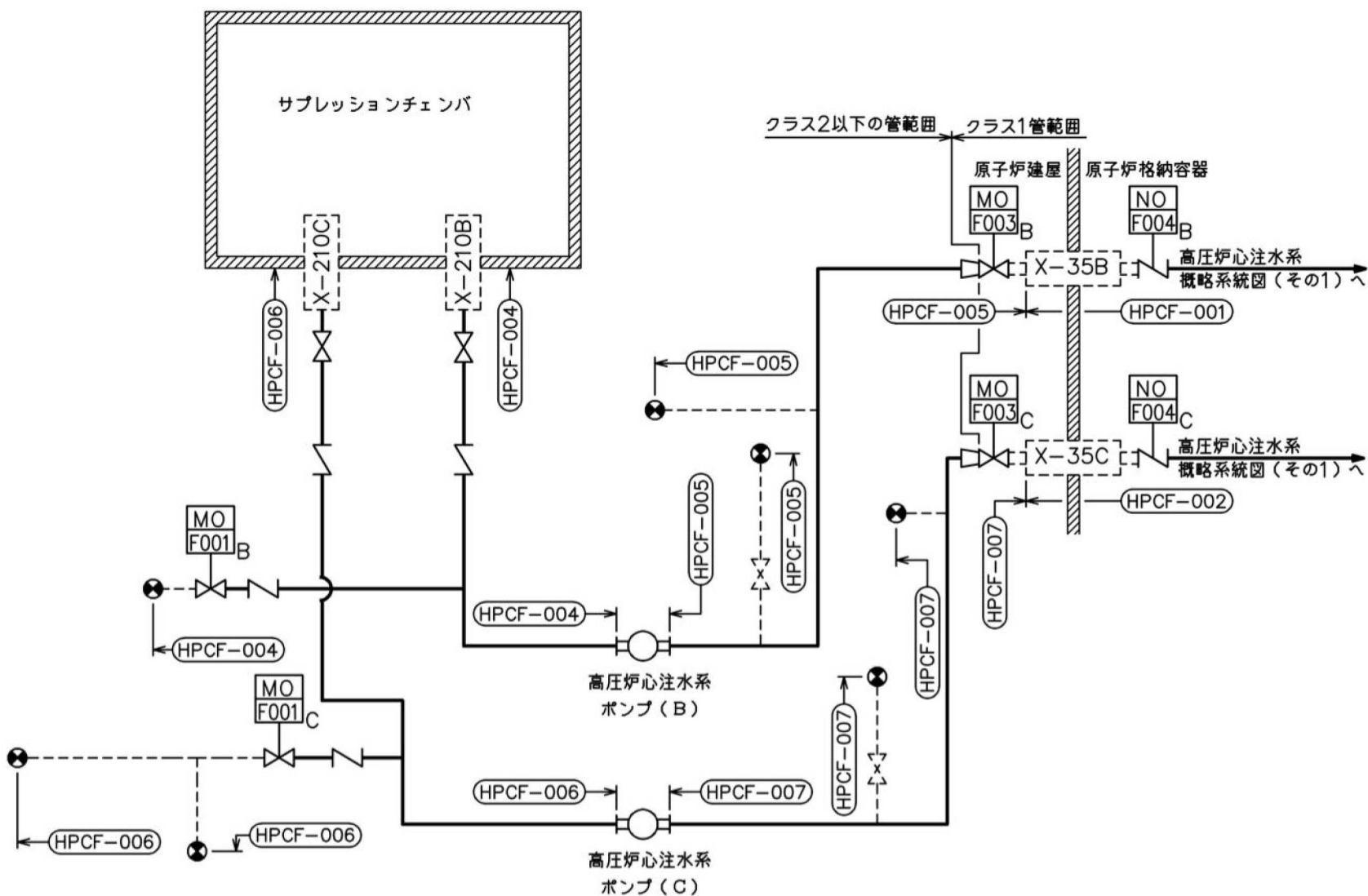
概略系統図記号凡例

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

注記 \* : ほう酸水注入系  
解析モデル上本系統に含める。



高圧炉心注水系概略系統図(その1)


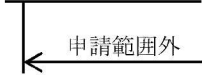
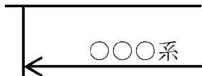


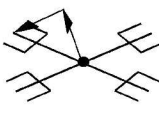
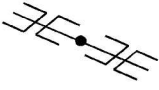

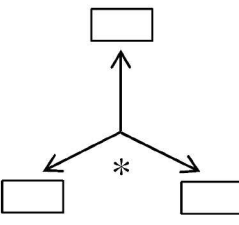


高圧炉心注水系概略系統図 (その2)



2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>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。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>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, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。)</p>

9

鳥瞰図	HPCF-001-1/2
-----	--------------

7

鳥瞰図 HPCF-001-2/2

8

鳥瞰図	HPCF-002
-----	----------

6

鳥瞰図	HPCF-004
-----	----------

### 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、「I S A P」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、別紙「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。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, 3	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高圧炉心注水系	DB	-	クラス1管 クラス2管	S	I <sub>L</sub> +S <sub>d</sub>	III <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> +S <sub>d</sub>	
							IV <sub>L(L)</sub> +S <sub>d</sub>	
							I <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	DB	-	クラス1管	S	I <sub>L</sub> +S <sub>d</sub>	III <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> +S <sub>d</sub>	
							IV <sub>L(L)</sub> +S <sub>d</sub>	IV <sub>A</sub> S
							I <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	
							II <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	

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，(L)は荷重が長期間作用している状態を示す。

\*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                    H P C F - 0 0 1

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	8.62	302	216.3	15.1	STS410	S	184760
2	8.62	302	48.6	7.1	SFVC2B	S	184760
3	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP	S	175840
4	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP	S	175840
5	8.62	302	48.6	7.1	STS410	S	184760



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            H P C F - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25											
2	7	52	71												
3	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	48	49	50	51	64	65	66	67	68	341	342	907		
4	32	33	46	47	48	49	50								
5	51	52													

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 1

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)
7		19		32		42		51	
8		20		33		43		52	
12		21		35		44		64	
13		22		36		45		65	
14		23		37		46		66	
15		24		38		47		67	
16		25		39		48		68	
17		30		40		49		71	
18		31		41		50		907	

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 1

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
4		9		341	
5		10		34	
6		11		342	

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 1

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	5			
弁2	10			
弁3	34			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 1

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/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
8						
** 8 **						
14						
** 18 **						
31						
** 31 **						
38						
** 38 **						
42						
** 907 **						

[Redacted area]

K6 ① VI-2-5-4-1-4 (設) R0

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            H P C F - 0 0 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	8.62	302	216.3	15.1	STS410	S	184760

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            H P C F - 0 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26										

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 2

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)
7		14		18		22		26	
11		15		19		23			
12		16		20		24			
13		17		21		25			



鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 2

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)
4		8	
5		9	
6		10	

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 2

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	5			
弁2	9			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 2

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/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)			
	X	Y	Z	X	Y	Z	
7	[Redacted]						
** 7 **							
17							

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                    H P C F - 0 0 4

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	100	406.4	9.5	SGV410	S	198000
2	0.31	104	406.4	9.5	SGV410	S	197680

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            H P C F - 0 0 4

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	26	27	29	30	31	32	100	101	800	801					
2	23	24													

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 4

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)
7		14		18		23		100	
11		15		19		30		101	
12		16		20		31		800	
13		17		21		32		801	

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 4

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
4		8		24		27	
5		9		25		28	
6		10		26		29	
33				35			
34				36			

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 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	5			
弁2	9			
弁3	25			
弁4	28			



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 4

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/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)			
	X	Y	Z	X	Y	Z	
7							
15							
21							
30							

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		$S_m$	$S_y$	$S_u$	$S_h$
SFVC2B	302	125	—	—	—
STS410	302	122	—	—	—
SUS316LTP	302	94	—	—	—
SGV410	100	—	201	373	—
	104	—	200	372	—

### 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	建屋・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)
HPCF-001	原子炉遮蔽壁		
HPCF-002	原子炉遮蔽壁		
HPCF-004	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

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 1

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*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								
7 次								
8 次								
11 次								
12 次								
動的震度*2								
静的震度*3								

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：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*3： $3.6C_1$  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 H P C F - 0 0 1

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		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				
11 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。

代表的振動モード図(1次)

35

鳥瞰図 HPCF-001

代表的振動モード図(2次)

36

鳥瞰図 HPCF-001



代表的振動モード図(3次)

37

鳥瞰図 HPCF-001

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 2

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*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								
動的震度*2								
静的震度*3								

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：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*3： $3.6C_I$  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

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 2

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 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。

代表的振動モード図(1次)

鳥瞰図 HPCF-002

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 4

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*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	[Blank]	[Blank]						
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
動的震度*2								
静的震度*3								

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：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*3： $3.6C_1$  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 H P C F - 0 0 4

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>			
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 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。

代表的振動モード図(1次)

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力 $S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$	許容応力 $2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	ねじり応力* $S_t(S d)$ $S_t(S s)$	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	一次+二次 応力 $S_n(S s)$	許容応力 $3 \cdot S_m$	疲労累積係数 $U+U S s$
H P C F - 0 0 1	III <sub>A</sub> S	7	TEE	$S_{p r m}(S d)$	92	274	—	—	—	—	—
	III <sub>A</sub> S	47	TEE	$S_t(S d)$	—	—	41	51	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	7	TEE	$S_{p r m}(S s)$	171	366	—	—	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	47	TEE	$S_t(S s)$	—	—	95	68	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	47	TEE	$S_n(S s)$	—	—	—	—	543	282	0.0497
	IV <sub>A</sub> S	7	TEE	$U+U S s$	—	—	—	—	—	—	0.1242

注記\*：ねじり応力が許容応力状態III<sub>A</sub>Sのとき $0.55 \cdot S_m$ ，又は許容応力状態IV<sub>A</sub>Sのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える場合は，曲げ+ねじり応力評価を実施する。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sのとき $0.55 \cdot S_m$ 、又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (MPa)			
		ねじり応力 $S_t(S_d)$ $S_t(S_s)$	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b(S_d)$ $S_t + S_b(S_s)$	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
HPCF-001	47	41	51	58	169
		95	68	134	225

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力 $S_{pr m}(S d)$ $S_{pr m}(S s)$	許容応力 $2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	ねじり応力 $S_t(S d)$ $S_t(S s)$	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	一次+二次 応力 $S_n(S s)$	許容応力 $3 \cdot S_m$	疲労累積係数 $U+U S s$
HPCF-002	III <sub>A</sub> S	12	ELBOW	$S_{pr m}(S d)$	100	274	—	—	—	—	—
	III <sub>A</sub> S	22	ELBOW	$S_t(S d)$	—	—	36	67	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	12	ELBOW	$S_{pr m}(S s)$	182	366	—	—	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	22	ELBOW	$S_t(S s)$	—	—	72	89	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	12	ELBOW	$S_n(S s)$	—	—	—	—	487	366	0.0642
	IV <sub>A</sub> S	26	BUTT WELD	$U+U S s$	—	—	—	—	—	—	0.2816



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

鳥瞰図	許容応力 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 $S_{pr m}(S_d)$ $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $S_y$ $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
HPCF- 004	III <sub>A</sub> S	20	$S_{pr m}(S_d)$	65	201	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	20	$S_{pr m}(S_s)$	104	335	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	24	$S_n(S_s)$	—	—	186	400	—

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）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
HPCF-001-018S	メカニカルスナッパ	SMS-3-100	VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算につ いて」参照		13	45
HPCF-001-014B	ロッドレストレイント	RST-2			20	67

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
HPCF-006-019R	レストレイント	ラグ	SGV410	100	84	83	84	—	—	—	せん断	35	116

## 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	形式	要求機能	機能維持評価用 加速度* ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
E22-F003C	止め弁	$\beta$ (Ss)	3.0	1.1	6.0	6.0	—	—
E22-F004C	逆止め弁	$\beta$ (Ss)	2.1	2.8	6.0	6.0	—	—

注記\* : 機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

## 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(クラス1管)

No.	配管 モデル	許容応力状態 III <sub>A</sub> S					許容応力状態 IV <sub>A</sub> S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					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	代 表	評 価 点	疲 勞 累 積 係 数	代 表
1	HPCF-001	7	92	274	2.97	—	7	171	366	2.14	—	47	543	282	0.51	○	7	0.1242	—
2	HPCF-002	12	100	274	2.74	○	12	182	366	2.01	○	12	487	366	0.75	—	26	0.2816	○

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

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)

No.	配管 モデル	許容応力状態 III <sub>A</sub> S					許容応力状態 IV <sub>A</sub> S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					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	代 表	評 価 点	疲 勞 累 積 係 数	代 表
1	HPCF-004	20	65	201	3.09	○	20	104	335	3.22	○	24	186	400	2.15	○	—	—	—
2	HPCF-005	26	67	220	3.28	—	19	83	364	4.38	—	35	124	440	3.54	—	—	—	—
3	HPCF-006	19	52	201	3.86	—	32	72	335	4.65	—	36	108	400	3.70	—	—	—	—
4	HPCF-007	34	68	220	3.23	—	34	87	364	4.18	—	34	141	440	3.12	—	—	—	—

注記\* : III<sub>A</sub>Sの一次+二次応力の許容値はIV<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub>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 .....	6
3. 計算条件 .....	14
3.1 計算方法 .....	14
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....	15
3.3 設計条件 .....	17
3.4 材料及び許容応力 .....	41
3.5 設計用地震力 .....	42
4. 解析結果及び評価 .....	43
4.1 固有周期及び設計震度 .....	43
4.2 評価結果 .....	67
4.2.1 管の応力評価結果 .....	67
4.2.2 支持構造物評価結果 .....	72
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....	73
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 .....	74

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、高圧炉心注水系の管、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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点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

設計及び工事の計画書に記載される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




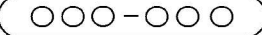

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。



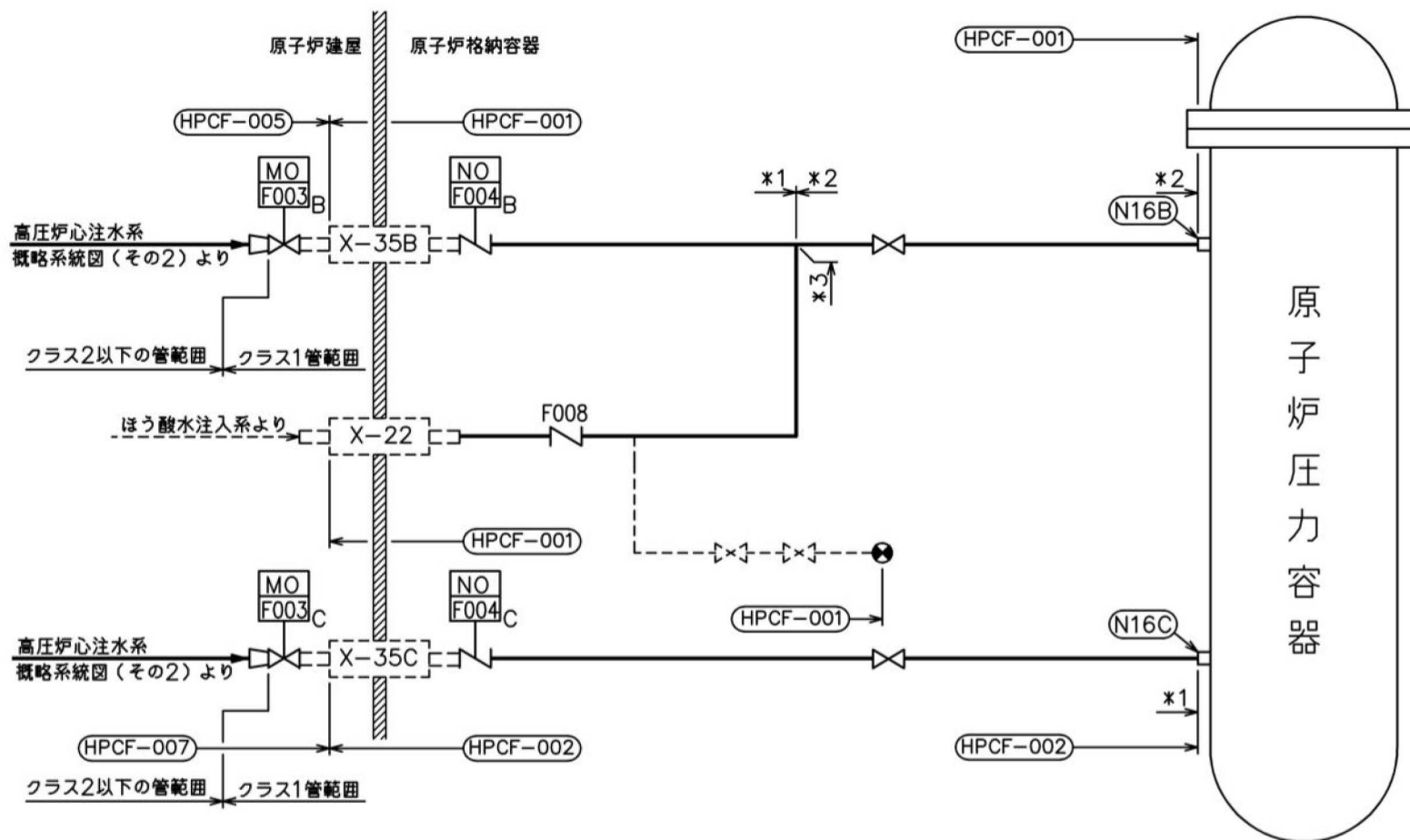
## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

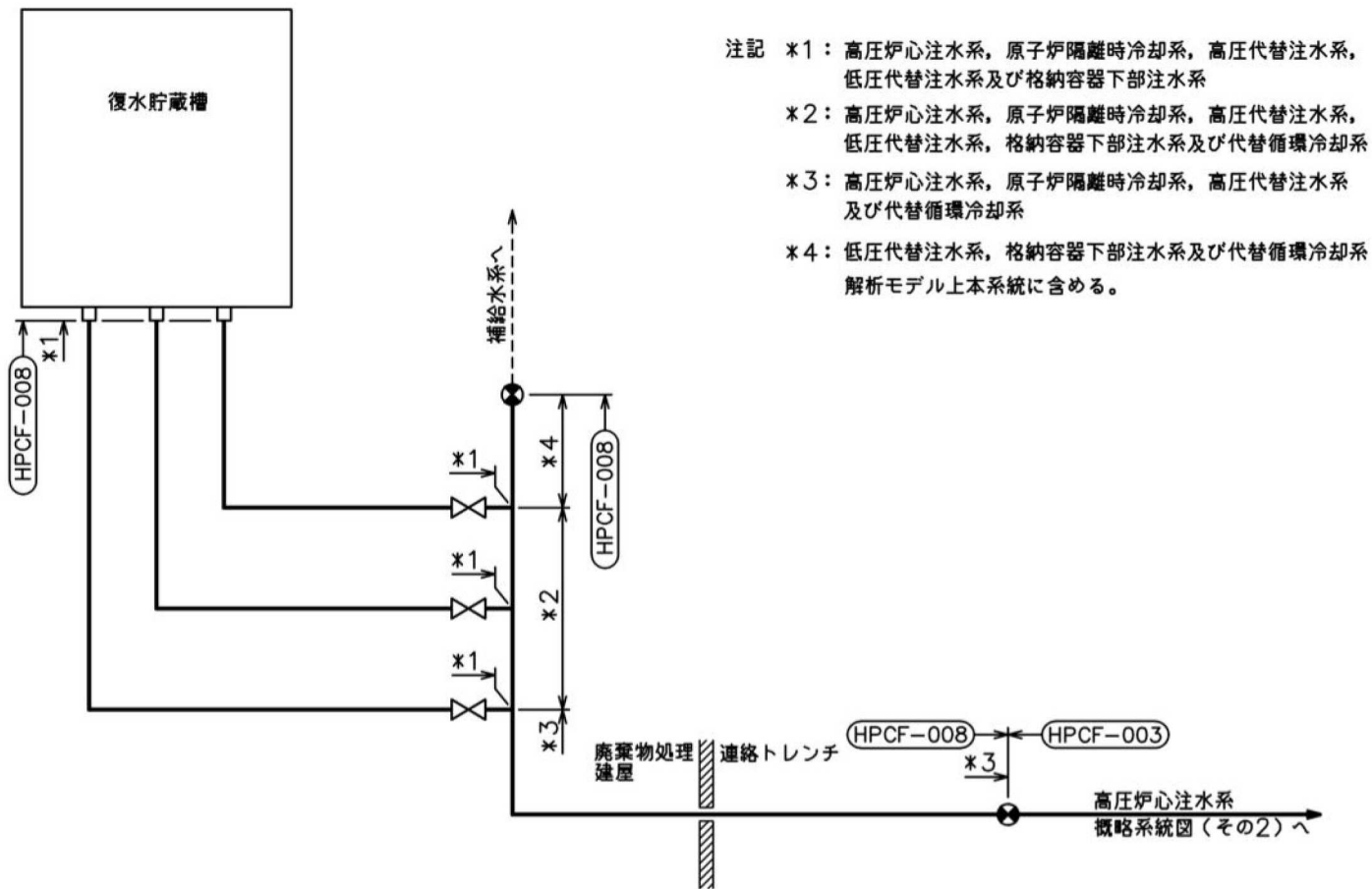
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

注記 \*1: 高压炉心注水系  
 \*2: 高压炉心注水系及びほう酸水注入系  
 \*3: ほう酸水注入系  
 解析モデル上本系統に含める。



高压炉心注水系概略系統図 (その1)




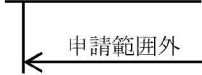
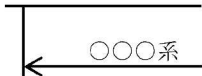


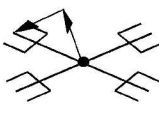
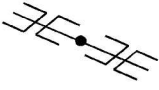

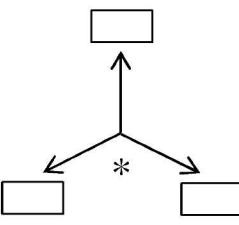


- 注記 \*1： 高圧炉心注水系，原子炉隔離時冷却系，高圧代替注水系，  
 低圧代替注水系及び格納容器下部注水系
- \*2： 高圧炉心注水系，原子炉隔離時冷却系，高圧代替注水系，  
 低圧代替注水系，格納容器下部注水系及び代替循環冷却系
- \*3： 高圧炉心注水系，原子炉隔離時冷却系，高圧代替注水系  
 及び代替循環冷却系
- \*4： 低圧代替注水系，格納容器下部注水系及び代替循環冷却系  
 解析モデル上本系統に含める。

高圧炉心注水系概略系統図 (その3)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	設計及び工事の計画書記載範囲外の管
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であっ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。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	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, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。)

K6 ① VI-2-5-4-1-4 (重) R0

7

鳥瞰図	HPCF-001-1/2
-----	--------------

8

6

鳥瞰図	HPCF-002
-----	----------



10

鳥瞰図 HPCF-003-1/2



鳥瞰図	HPCF-008-1/2
-----	--------------



### 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、「I S A P」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、別紙「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。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高压炉心注水系	S A	常設/防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2管	-	$V_L(L) + S_d$	$V_{AS}$
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系	S A	常設/防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2管	-	$V_L + S_s$	$V_{AS}$
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	ほう酸水注入系	S A	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	-	$V_L(L) + S_d$	$V_{AS}$
							$V_L(LL) + S_s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	低压代替注水系	S A	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	-	$V_L + S_s$	$V_{AS}$
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高压代替注水系	S A	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	-	$V_L + S_s$	$V_{AS}$
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	S A	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	-	$V_L(L) + S_d$	$V_{AS}$
							$V_L(LL) + S_s$	

(続き)

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	格納容器 下部注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_{AS}$
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	低圧代替注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_{AS}$
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	高圧代替注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_{AS}$
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	代替格納容器 スプレイ冷却系	S A	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_{AS}$
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	代替循環冷却系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_{AS}$
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	ほう酸水注入系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$ $V_L(LL) + S_s$	$V_{AS}$

16

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，「常設/防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3：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，(LL)は(L)より更に長期間荷重が作用している状態を示す。

\*4：許容応力条件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 H P C F - 0 0 1

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	9.22	306	216.3	15.1	STS410	—	184280
2	9.22	306	48.6	7.1	SFVC2B	—	184280
3	9.22	306	48.6	5.1	SUS316LTP	—	175520
4	9.22	306	48.6	5.1	SUS316LTP	—	175520
5	9.22	306	48.6	7.1	STS410	—	184280



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                    H P C F - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25											
2	7	52	71												
3	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	48	49	50	51	64	65	66	67	68	341	342	907		
4	32	33	46	47	48	49	50								
5	51	52													

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 1

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)
7		19		32		42		51	
8		20		33		43		52	
12		21		35		44		64	
13		22		36		45		65	
14		23		37		46		66	
15		24		38		47		67	
16		25		39		48		68	
17		30		40		49		71	
18		31		41		50		907	

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 1

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
4		9		341	
5		10		34	
6		11		342	

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 1

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	5			
弁2	10			
弁3	34			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 1

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/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
8						
** 8 **						
14						
** 18 **						
31						
** 31 **						
38						
** 38 **						
42						
** 907 **						

--

K6 ① VI-2-5-4-1-4 (重) R0

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            H P C F - 0 0 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	9.22	306	216.3	15.1	STS410	—	184280

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            H P C F - 0 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26										

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 2

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)
7		14		18		22		26	
11		15		19		23			
12		16		20		24			
13		17		21		25			



鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 2

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)
4		8	
5		9	
6		10	

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 2

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	5			
弁2	9			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 2

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/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)			
	X	Y	Z	X	Y	Z	
7	[Redacted]						
** 7 **							
17							

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 H P C F - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	85	508.0	9.5	SUS304	—	190600
2	1.37	85	406.4	9.5	SUS304	—	190600
3	1.37	66	508.0	9.5	SUS304	—	191720
4	1.37	66	406.4	9.5	SUS304	—	191720
5	1.37	85	216.3	8.2	SUS304	—	190600
6	1.37	85	216.3	8.2	SUS304TP	—	190600
7	1.37	85	165.2	7.1	SUS304TP	—	190600
8	3.43	182	165.2	7.1	STS410	—	192440
9	1.37	85	165.2	7.1	STS410	—	199200
10	1.37	85	165.2	7.1	SUS304TP	—	190600

K6 ① VI-2-5-4-1-4 (重) R0

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                    H P C F - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	801	803												
2	2	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
	802	805	806	811	814											
3	3	803														
4	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	49	50	51	52	53	54	55	804	806	812	813	815	816	
	817	818	819	820	821	900										
5	48	56														
6	56	57	58	59	60	61	214	215	219	220						
7	212	213	214													
8	201	202	203	204												
9	206	207														
10	207	208	209	210	211	212										

K6 ① VI-2-5-4-1-4 (重) R0

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 3

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		20		39		58		802	
2		21		40		59		803	
3		22		41		60		804	
4		23		42		61		805	
5		24		43		201		806	
6		25		44		202		811	
7		26		45		203		812	
8		27		46		207		813	
9		28		47		208		814	
10		29		48		209		815	
11		30		49		210		816	
12		31		50		211		817	
13		32		51		212		818	
14		33		52		213		819	
15		34		53		214		820	
16		35		54		215		821	
17		36		55		219		900	
18		37		56		220			
19		38		57		801			

K6 ① VI-2-5-4-1-4 (重) R0

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 3

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
204	
205	
206	
217	
218	

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 3

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	205			



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 3

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/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
8						
12						
16						
20						
23						
28						
31						
34						
37						
40						
43						
46						
52						
55						
58						
201						
212						
** 218 **						
900						

--

K6 ① VI-2-5-4-1-4 (重) R0

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 H P C F - 0 0 8

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	静水頭	66	318.5	10.3	SUS304TP	—	191720
2	1.37	85	318.5	10.3	SUS304	—	190600
3	1.37	85	508.0	9.5	SUS304	—	190600

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                    H P C F - 0 0 8

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	41	42	46	47										
2	4	5	9	12	44	49										
3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35	36	
	37	38	39	45	51	55	59	60	61	62	63	64	66	800	801	
	802	901	902	903	904											

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 8

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		15		27		39		64	
5		16		28		41		66	
6		17		29		45		800	
7		19		31		46		801	
8		20		32		51		802	
9		21		33		55		901	
10		22		34		59		902	
11		23		35		60		903	
12		24		36		61		904	
13		25		37		62			
14		26		38		63			

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 8

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
2		42		47	
3		43		48	
4		44		49	
76		78		80	
77		79		81	

鳥 瞰 図            H P C F - 0 0 8

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			
弁2	43			
弁3	48			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 8

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/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
25						
31						
34						
37						
51						
55						
59						
60						
77						
79						
81						
901						
902						
903						
904						

K6 ① VI-2-5-4-1-4 (重) R0

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		$S_m$	$S_y$	$S_u$	$S_h$
SFVC2B	306	125	—	—	—
STS410	85	—	224	406	—
	182	—	209	404	—
	306	122	—	—	—
SUS316LTP	306	94	—	—	—
SUS304	66	—	188	479	—
	85	—	178	456	—
SUS304TP	66	—	188	479	—
	85	—	178	456	—



### 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	建屋・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)
HPCF-001	原子炉遮蔽壁		
HPCF-002	原子炉遮蔽壁		
HPCF-003	原子炉建屋		
HPCF-008	原子炉建屋		
	タービン建屋		
	廃棄物処理建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 1

適用する地震動等		S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X方向	Z方向	Y方向	
1 次					
2 次					
3 次					
4 次					
5 次					
6 次					
7 次					
8 次					
11 次					
12 次					
動的震度*2					

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：S s地震動に基づく設計用最大応答加速度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 H P C F - 0 0 1

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		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				
11 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。

代表的振動モード図(1次)

46

鳥瞰図 HPCF-001

代表的振動モード図(2次)

47

鳥瞰図 HPCF-001

代表的振動モード図(3次)

48

鳥瞰図 HPCF-001

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 2

適用する地震動等		S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X方向	Z方向	Y方向	
1 次					
2 次					
3 次					
4 次					
動的震度*2					

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：S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度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 H P C F - 0 0 2

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 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。

代表的振動モード図(1次)

52

鳥瞰図 HPCF-002

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 3

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
32 次				
33 次				
動的震度*2				

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：S s地震動に基づく設計用最大応答加速度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 H P C F - 0 0 3

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		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				
32 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。



代表的振動モード図(1次)

58

鳥瞰図 HPCF-003

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

60

鳥瞰図 HPCF-003

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C F - 0 0 8

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
15 次				
16 次				
動的震度*2				

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：S s地震動に基づく設計用最大応答加速度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 H P C F - 0 0 8

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		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				
15 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。

代表的振動モード図(1次)

代表的振動モード図(2次)

65

鳥瞰図 HPCF-008



代表的振動モード図(3次)

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力	許容応力	ねじり応力*	許容応力	一次+二次 応力	許容応力	疲労累積係数
					$S_{p r m}(S s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S s$
H P C F - 0 0 1	$V_{\Delta} S$	7	TEE	$S_{p r m}(S s)$	173	366	—	—	—	—	—
	$V_{\Delta} S$	47	TEE	$S_t(S s)$	—	—	95	68	—	—	—
	$V_{\Delta} S$	47	TEE	$S_n(S s)$	—	—	—	—	543	282	0.0692
	$V_{\Delta} S$	7	TEE	$U+U S s$	—	—	—	—	—	—	0.1542

注記\* : ねじり応力が許容応力状態 $V_{\Delta} S$ のとき $0.73 \cdot S_m$ を超える場合は、曲げ+ねじり応力評価を実施する。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態 $V_A S$ のとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (MPa)			
		ねじり応力 $S_t (S_s)$	許容応力 $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b (S_s)$	許容応力 $2.4 \cdot S_m$
HPCF-001	47	95	68	134	225

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力	許容応力	ねじり応力	許容応力	一次+二次 応力	許容応力	疲労累積係数
					$S_{p r m}(S s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	
H P C F - 0 0 2	V <sub>A</sub> S	12	ELBOW	$S_{p r m}(S s)$	184	366	—	—	—	—	—
	V <sub>A</sub> S	22	ELBOW	$S_t(S s)$	—	—	72	89	—	—	—
	V <sub>A</sub> S	12	ELBOW	$S_n(S s)$	—	—	—	—	487	366	0.0839
	V <sub>A</sub> S	26	BUTT WELD	U+U S s	—	—	—	—	—	—	0.2935

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

鳥瞰図	許容応力 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 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
HPCF- 003	$V_A S$	2	$S_{pr m}(S_s)$	142	410	—	—	—
	$V_A S$	2	$S_n(S_s)$	—	—	220	356	—

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

鳥瞰図	許容応力 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 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
HPCF- 008	V <sub>A</sub> S	21	$S_{pr m}(S_s)$	137	410	—	—	—
	V <sub>A</sub> S	22	$S_n(S_s)$	—	—	388	356	0.3815

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）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
HPCF-001-018S	メカニカルスナッパ	SMS-3-100	VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算につ いて」参照		13	45
HPCF-006-004B	ロッドレストレイント	RST-2			45	67

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
HPCF-008-034R	レストレイント	ラグ	SUS304	85	260	99	144	—	—	—	せん断	107	118
HPCF-003-001A	アンカ	ラグ	SUS304	85	124	31	571	62	95	23	組合せ	144	240

## 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	形式	要求機能	機能維持評価用 加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (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(重大事故等クラス2管であってクラス1管)

No.	配管 モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					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	疲労 累積 係数	代 表
1	HPCF-001	7	173	366	2.11	—	47	543	282	0.51	○	7	0.1542	—
2	HPCF-002	12	184	366	1.98	○	12	487	366	0.75	—	26	0.2935	○

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)

No.	配管 モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					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	疲労 累積 係数	代 表
1	HPCF-003	2	142	410	2.88	○	2	220	356	1.61	—	—	—	—
2	HPCF-004	1	110	431	3.91	—	1	233	376	1.61	—	—	—	—
3	HPCF-005	19	83	363	4.37	—	35	124	434	3.50	—	—	—	—
4	HPCF-006	13	74	431	5.82	—	13	116	376	3.24	—	—	—	—
5	HPCF-007	34	87	363	4.17	—	34	141	434	3.07	—	—	—	—
6	HPCF-008	21	137	410	2.99	—	22	388	356	0.91	○	22	0.3815	○