

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-773 改1
提出年月日	平成30年8月9日

V-2-9-4-3-1 格納容器スプレイヘッダの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	7
4.1 設計荷重	7
4.2 材料及び許容応力	12
5. 応力計算	16
5.1 応力評価点	16
5.2 計算方針	19
6. 評価結果	20
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	20
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器スプレイヘッド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。その耐震評価は格納容器スプレイヘッドの地震応答解析、応力評価により行う。

格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側）は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）は設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

格納容器スプレイヘッドの構造計画を表 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>・格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）の耐震サポートは、ドライウエルシェルよりとる。</p> <p>・格納容器スプレイヘッド（サプレッション・チェンバ側）の耐震サポートは、ダイヤフラムフロアコラムサポートよりとる。</p>	<p>・格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）は、外径 <input type="text"/> mm, <input type="text"/> mm の管で作られ、上部スプレイヘッドは直径約 <input type="text"/> m, 下部スプレイヘッドは直径約 <input type="text"/> m の円環構造となっている。</p> <p>・格納容器スプレイヘッド（サプレッション・チェンバ側）は、外径 <input type="text"/> mm の管で作られ、直径約 <input type="text"/> m の円環構造となっている。</p>	<p>格納容器 スプレイヘッド</p> <p>格納容器スプレイヘッド詳細図</p>

2.2 評価方針

- (1) 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）の応力評価は，東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号（既工認），格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）の応力評価は，昭和 48 年 10 月 22 日付け 48 公第 8316 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。各荷重による応力は，実績のある三次元ビームモデルによる有限要素解析手法を適用する。
- (2) 解析コードは **MSC NASTRAN** を用いる。なお，評価に用いる解析コード **MSC NASTRAN** の検証及び妥当性確認等の概要については，「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 本計算書における評価部位は，格納容器スプレイヘッドの形状及び応力レベルを考慮し，ドライウエルスプレイヘッド案内管直管部及びエルボ管並びにサブプレッション・チェンバスプレイヘッドスプレイ幹部，ティー部及び案内管部とする。

3. 形状及び主要寸法

格納容器スプレイヘッダの形状及び主要寸法を図 3-1～図 3-3 に示す。

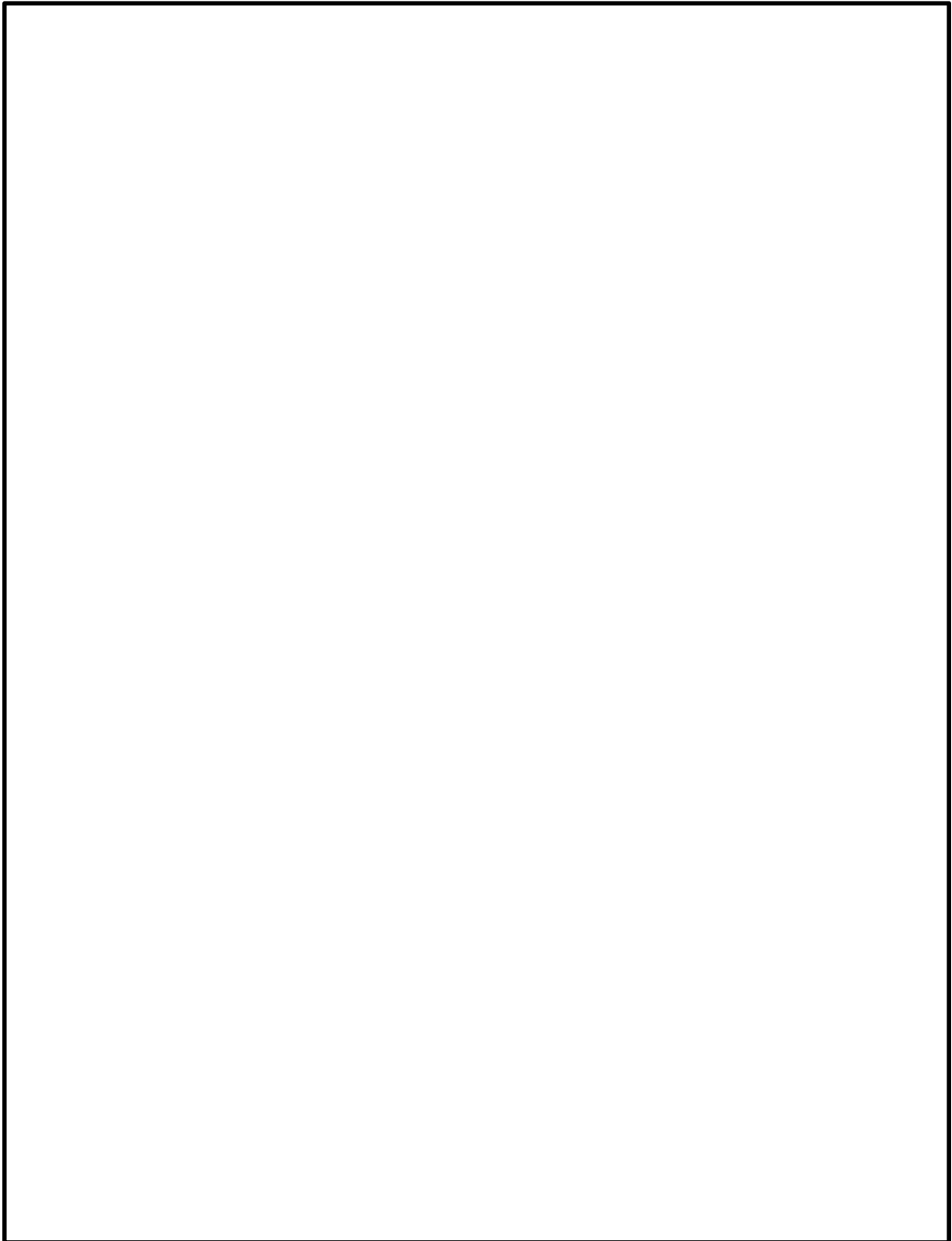


図 3-1 格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）及びサポートの形状及び主要寸法
（単位：mm）

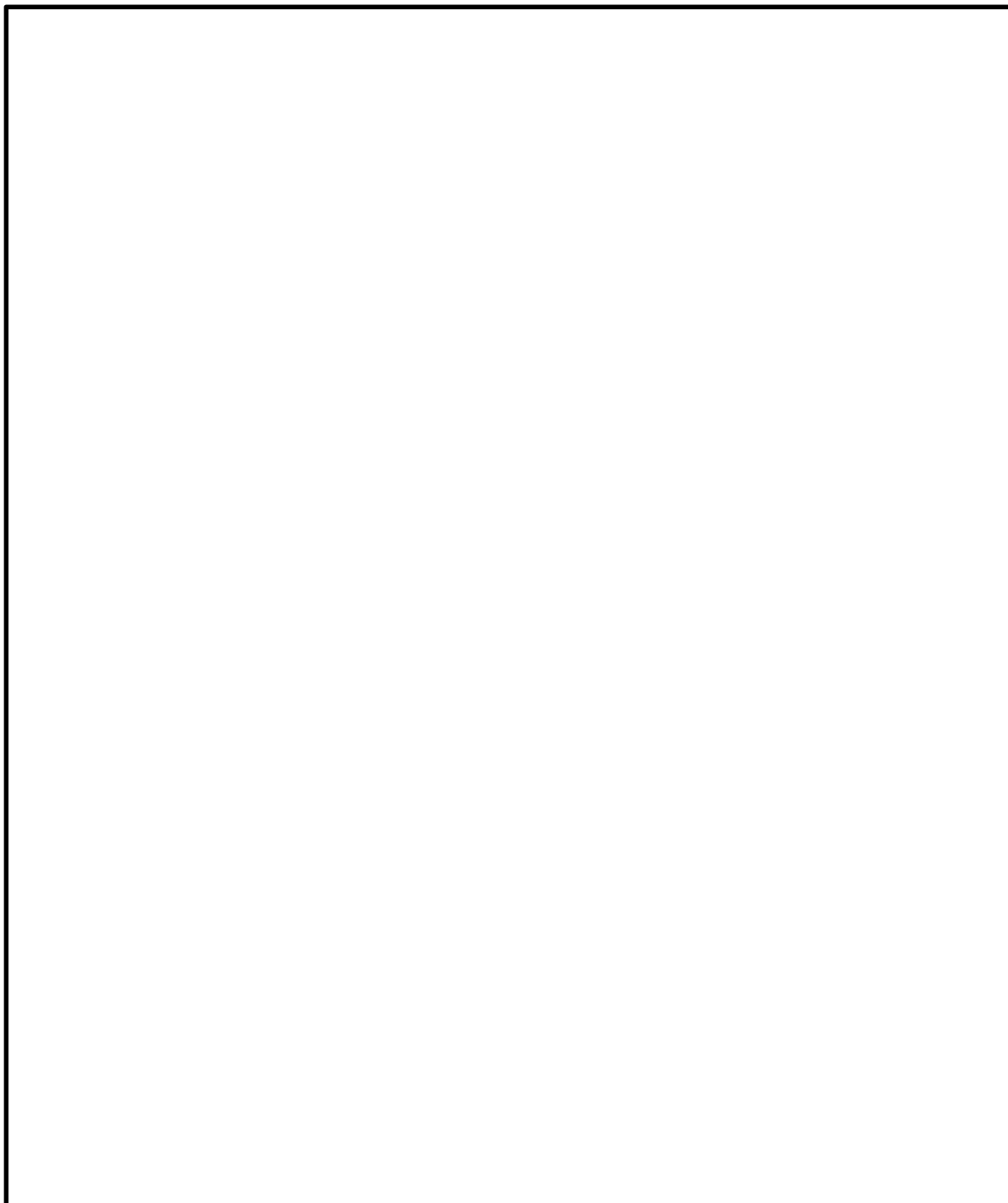


図 3-2 格納容器スプレイヘッダ（ドライウエル側）案内管の形状及び主要寸法
（単位：mm）

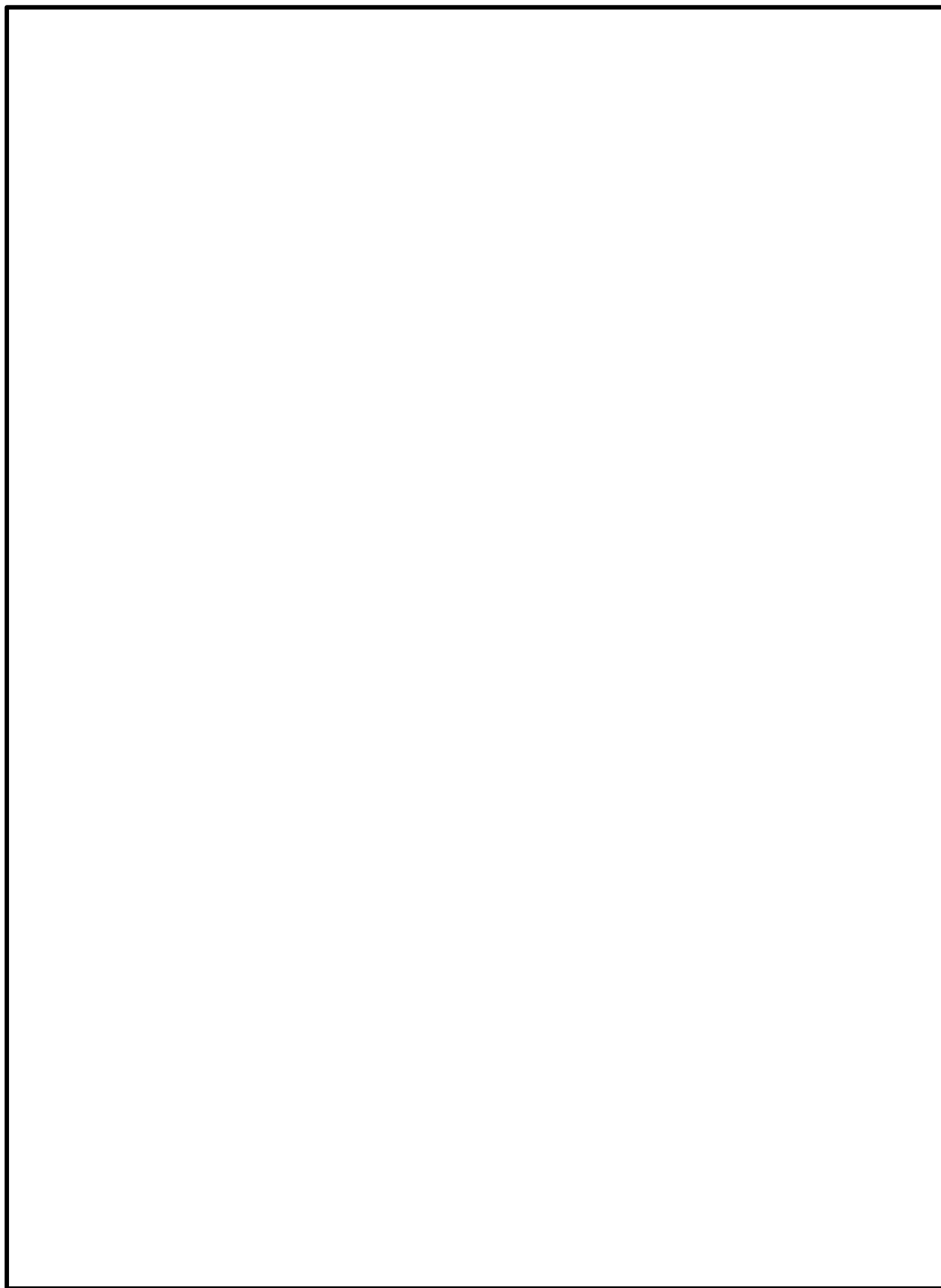


図 3-3 格納容器スプレイヘッダ（サプレッション・チェンバ側）の形状及び主要寸法
（単位：mm）

4. 設計条件

4.1 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

a. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）

内圧 P_D 3450 kPa

温度 T_D 76.7 °C

b. 格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）

内圧 P_D 3450 kPa

温度 T_D 76.7 °C

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

a. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）

内圧 P_D 3450 kPa

温度 T_{SAL} 171 °C（SA後長期）

温度 T_{SALL} 150 °C（SA後長々期）

b. 格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）

内圧 P_D 3450 kPa

温度 T_{SAL} 171 °C（SA後長期）

温度 T_{SALL} 150 °C（SA後長々期）

(3) 地震荷重

a. 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）

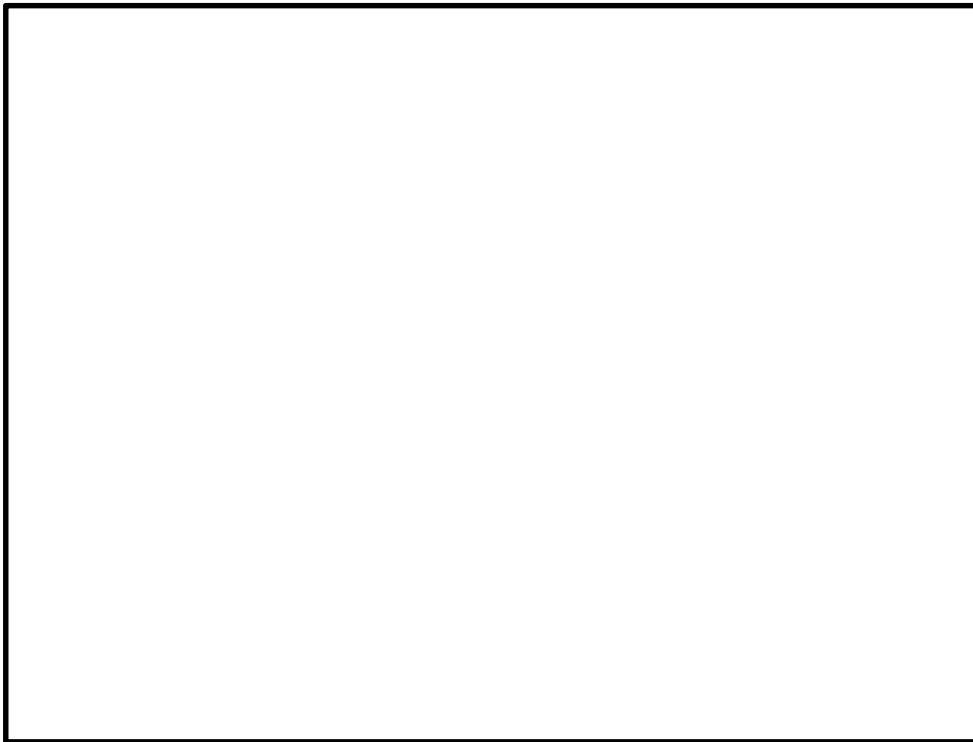
格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）の設計震度について、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した応答スペクトルの作成方針に基づき、作成した設計用床応答曲線を用いる。設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。表 4-1 及び表 4-2 に示す設計震度により格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）に加わる荷重を解析コード MSC NASTRAN を使用して計算する。計算モデルを図 4-1 に示す。

表 4-1 設計震度（設計基準対象施設）

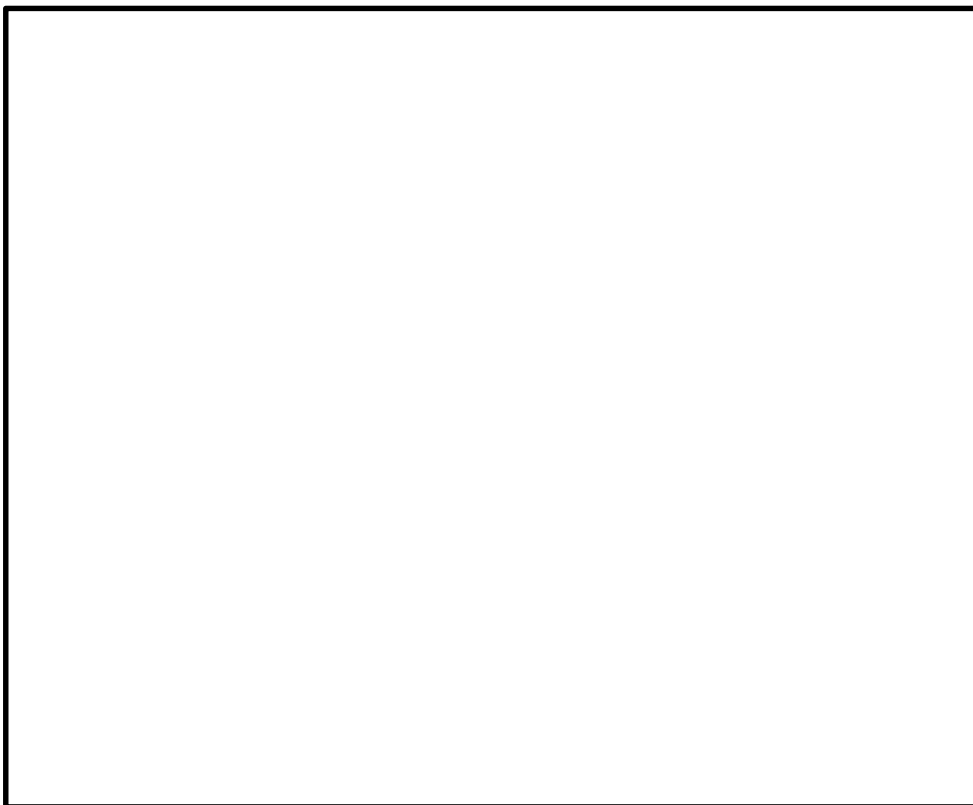
機器	床面高さ (m)	方向	S_d^*	S_s
上部スプレイヘッド				
下部スプレイヘッド				

表 4-2 設計震度（重大事故等対処設備）

機器	床面高さ(m)	方向	S _d	S _s
上部スプレイヘッド				
下部スプレイヘッド				



上部ドライウェルスプレイヘッダ案内管



下部ドライウェルスプレイヘッダ案内管

図 4-1 格納容器スプレイヘッダ（ドライウェル側）の計算モデル

b. 格納容器スプレイヘッダ（サブプレッション・チェンバ側）

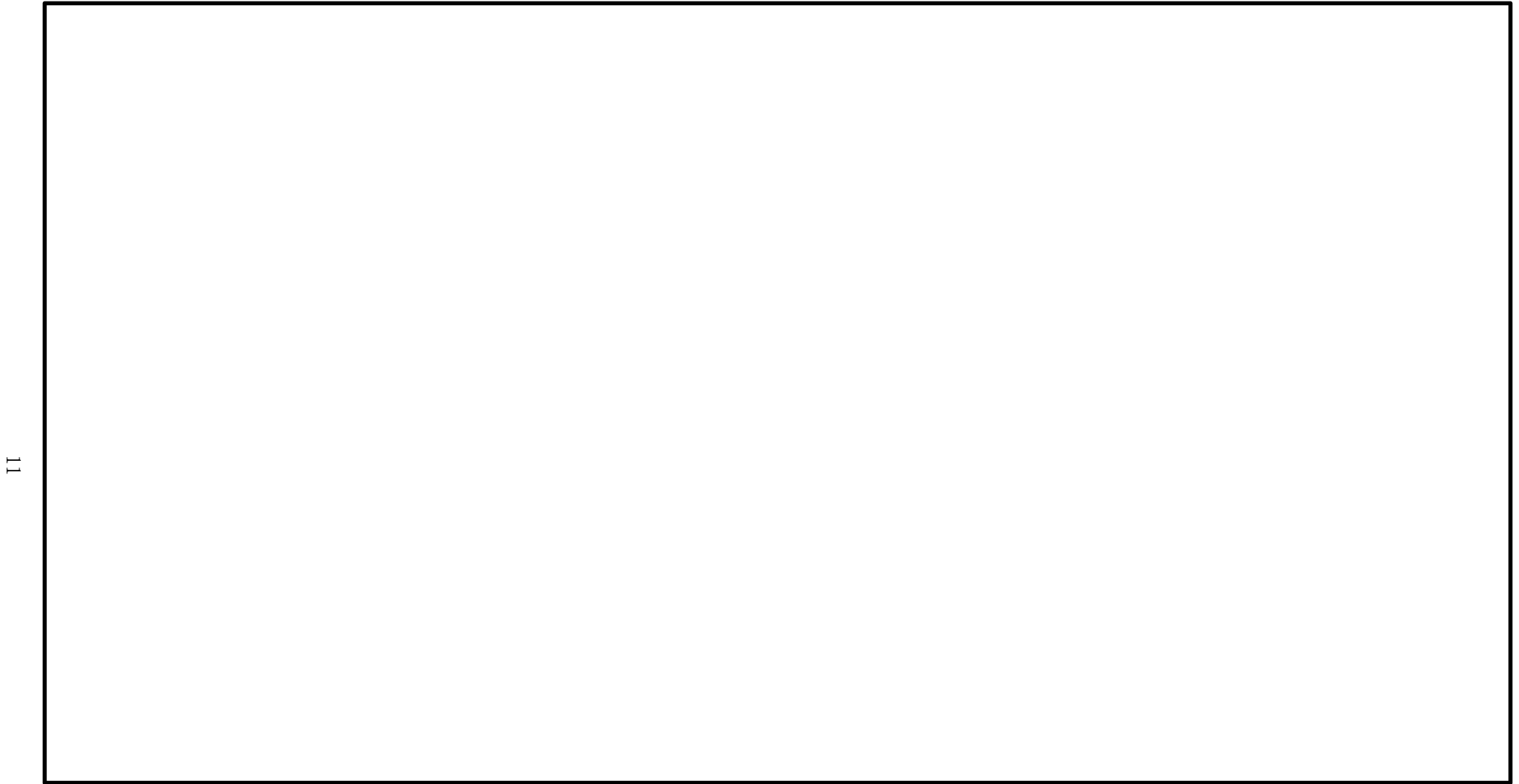
格納容器スプレイヘッダ（サブプレッション・チェンバ側）の設計震度について、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した応答スペクトルの作成方針に基づき、作成した設計用床応答曲線を用いる。表 4-3 及び表 4-4 に示す設計震度により格納容器スプレイヘッダ（サブプレッション・チェンバ側）に加わる荷重を解析コード **MSC NASTRAN** を使用して計算する。計算モデルを図 4-2 に示す。

表 4-3 設計震度（設計用床応答曲線）（設計基準対象施設）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S_d				水平方向は X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。
S_s				水平方向は X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。

表 4-4 設計震度（設計用床応答曲線）（重大事故等対処設備）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S_d				水平方向は X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。
S_s				水平方向は X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。



11

図 4-2 格納容器スプレイヘッド（サプレッション・チェンバ側）の計算モデル

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

表 4-5 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
格納容器スプレイヘッド (ドライウエル側)	GSTPL 相当	
格納容器スプレイヘッド (サプレッション・チェンバ側)	GSTPL 相当	

(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、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 4-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-7 に、許容応力状態に対する許容限界について表 4-8 に示す。各材料の許容応力状態に対する許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-8 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-9 に示す。

表 4-6 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分	機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備	S	クラス 2 管	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
				$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
	格納容器スプレイヘッド (ドライウエル側)			$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
	格納容器スプレイヘッド (サプレッション・チェンバ側)			$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

表4-7 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	圧力低 減設備	格納容器 スプレイ ヘッド (ドライ ウエル 側)	常設耐震/ 防止 常設 /緩和	重大事故 等クラス 2管	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} と して IV_{AS} の許容限 界を用い る。)
					$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$	
		格納容器 スプレイ ヘッド (サプレ ッション・チェ ンバ側)	常設耐震/ 防止 常設 /緩和		$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} と して IV_{AS} の許容限 界を用い る。)
					$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$	

注記 * : 「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」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備, 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

表4-8 許容限界 (クラス2, 3管及び重大事故等クラス2管)

許容応力状態	許容限界			
	一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
Ⅲ _A S	*1 S _y と0.6・S _u の小さい方。 ただし, ASS及びHNAについては上記値と1.2・S _h との大きい方。	S _y ただし, ASS及びHNAについては上記値と1.2・S _h との大きい方。	*2 S _s 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	
Ⅳ _A S	0.6・S _u *1	左欄の1.5倍の値		
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)				

注記 *1: 軸力による全断面平均応力については, 許容応力状態Ⅲ_ASの一次一般膜応力の許容値の0.8倍とする。

*2: 2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PPB-3536(1), (2), (4)及び(5)(ただし, S_mは2/3・S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表4-9 許容応力状態に対する許容応力（設計基準対象施設）

（単位：MPa）

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次+二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
GSTPL	76.7	Ⅲ _A S	226		453
		Ⅳ _A S	348		453

表4-10 許容応力状態に対する許容応力（重大事故等対処設備）

（単位：MPa）

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次+二次応力
			P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
GSTPL	150	V _A S	339		428
	171	V _A S	339		422

5. 応力計算

5.1 応力評価点

格納容器スプレイヘッドの設計基準対象施設としての形状及び応力レベルを考慮して設定した応力評価点を表 5-1 及び表 5-2 並びに図 5-1, 図 5-2 及び図 5-3 に示す。

表 5-1 格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）の応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	上部ドライウエルスプレイヘッド案内管直管部
P 2	上部ドライウエルスプレイヘッド案内管エルボ部
P 3	下部ドライウエルスプレイヘッド案内管直管部
P 4	下部ドライウエルスプレイヘッド案内管エルボ部

表 5-2 格納容器スプレイヘッド（サプレッション・チェンバ側）の応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	サプレッション・チェンバスプレイヘッドスプレイ管部
P 2	サプレッション・チェンバスプレイヘッドティー部
P 3	サプレッション・チェンバスプレイヘッド案内管部

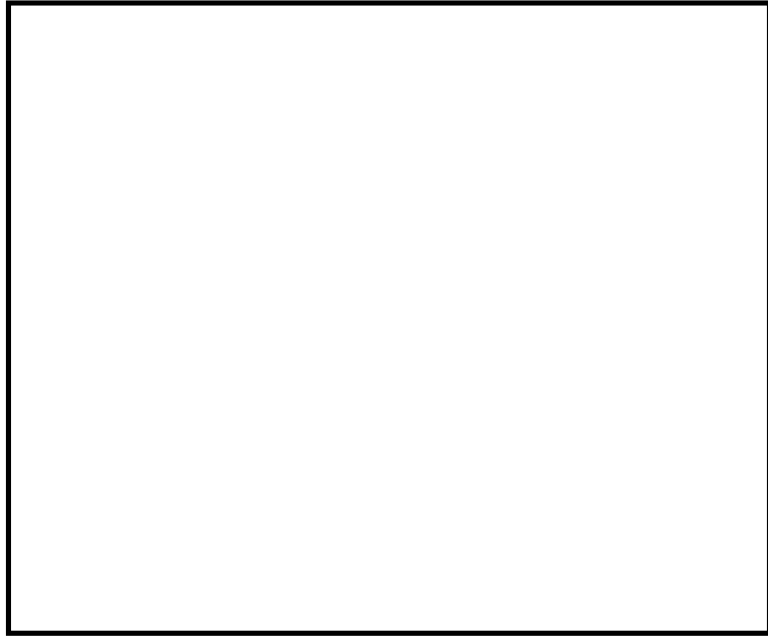


図 5-1 格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側）（上部）の応力評価点

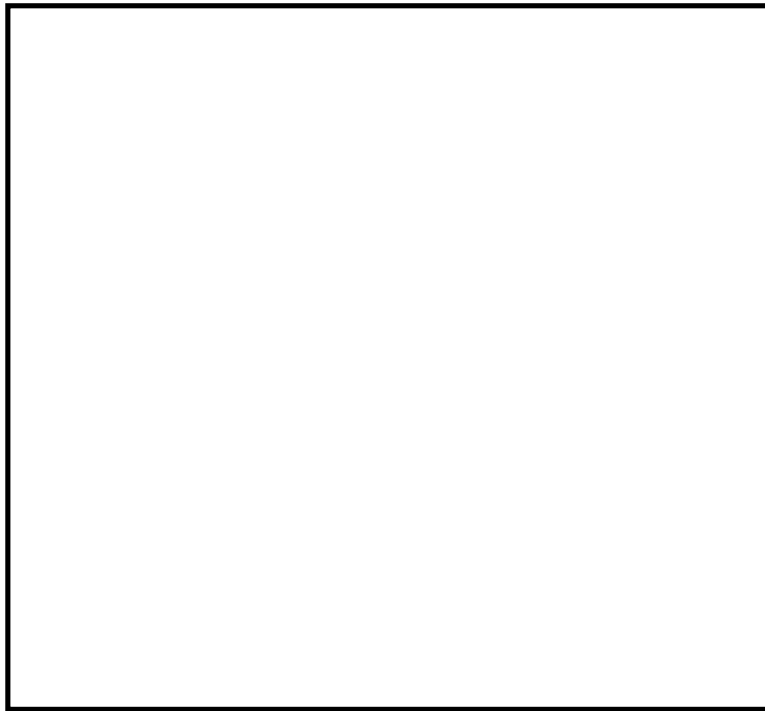


図 5-2 格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側）（下部）の応力評価点

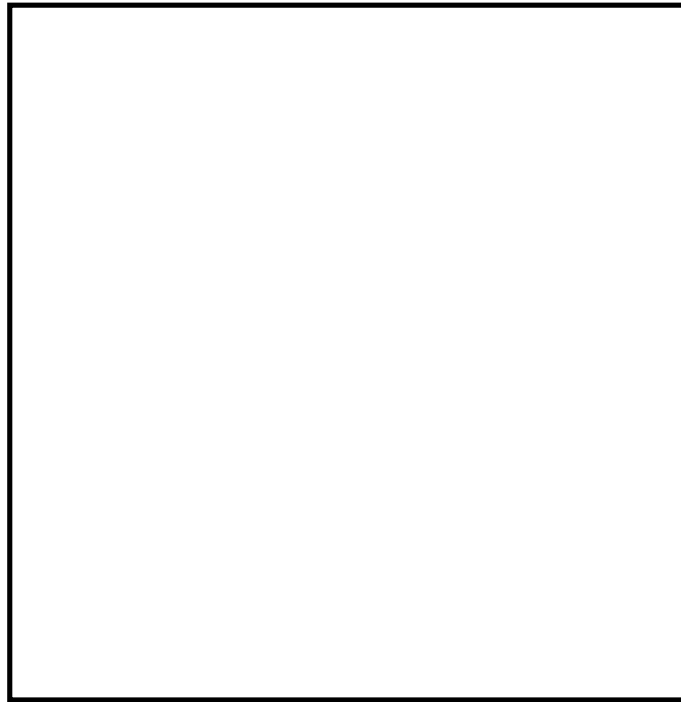


図 5-3 格納容器スプレイヘッダ（サプレッション・チェンバ側）の応力評価点

5.2 計算方針

各荷重により格納容器スプレイヘッドに生じる応力は、解析コード **M S C N A S T** **R A N** を使用して計算する。格納容器スプレイヘッド（ドライウエル側）の計算モデルを図 4-1 に、格納容器スプレイヘッド（サブプレッション・チェンバ側）の計算モデルを図 4-2 に示す。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器スプレイヘッド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。
発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態Ⅳ_ASに対する評価

許容応力状態Ⅳ_ASに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 4-6 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_D + M_D + S_s$ の評価について記載している。

(2) 許容応力状態Ⅲ_ASに対する評価

許容応力状態Ⅲ_ASに対する応力評価結果を表 6-2 に示す。

表 4-6 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_D + M_D + S_d^*$ の評価について記載している。

表 6-1 許容応力状態IV_ASに対する応力評価結果 (D + P_D + M_D + S_S)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				(MPa)	(MPa)		
格納容器スプレイ ヘッド (ドライウエル 側)	P 1	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	21	348	○	
			一次+二次応力	6	453	○	
	P 2	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	20	348	○	
			一次+二次応力	2	453	○	
	P 3	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	25	348	○	
			一次+二次応力	14	453	○	
	P 4	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	21	348	○	
			一次+二次応力	4	453	○	
格納容器スプレイ ヘッド (サブプレッショ ン・チェンバ側)	P 1	サブプレッション・チェンバ スプレイヘッドスプレイ管部	膜応力+曲げ応力	32	348	○	
			一次+二次応力	75	453	○	
	P 2	サブプレッション・チェンバ スプレイヘッドティー部	膜応力+曲げ応力	41	348	○	
			一次+二次応力	284	453	○	
	P 3	サブプレッション・チェンバ スプレイヘッド案内管部	膜応力+曲げ応力	34	348	○	
			一次+二次応力	60	453	○	

表 6-2 許容応力状態Ⅲ_ASに対する応力評価結果 (D + P_D + M_D + S_d*)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				(MPa)	(MPa)		
格納容器スプレイ ヘッド (ドライウエル 側)	P 1	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	20	226	○	
			一次+二次応力	4	453	○	
	P 2	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	20	226	○	
			一次+二次応力	2	453	○	
	P 3	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	22	226	○	
			一次+二次応力	8	453	○	
	P 4	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	20	226	○	
			一次+二次応力	2	453	○	
格納容器スプレイ ヘッド (サブプレッショ ン・チェンバ側)	P 1	サブプレッション・チェンバ スプレイヘッドスプレイ管部	膜応力+曲げ応力	29	226	○	
			一次+二次応力	50	453	○	
	P 2	サブプレッション・チェンバ スプレイヘッドティー部	膜応力+曲げ応力	34	226	○	
			一次+二次応力	192	453	○	
	P 3	サブプレッション・チェンバ スプレイヘッド案内管部	膜応力+曲げ応力	30	226	○	
			一次+二次応力	39	453	○	

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器スプレイヘッダの重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態 V_{AS} に対する評価

許容応力状態 V_{AS} に対する応力評価結果を表 6-3 に示す。

表 4-7 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$ 及び $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ の評価について、それぞれ評価基準値に対する発生値の割合が高い方の評価を記載している。

表 6-3 許容応力状態V_ASに対する応力評価結果 (D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_S及びD + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				(MPa)	(MPa)		
格納容器スプレイ ヘッド (ドライウエル 側)	P 1	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	21	339	○	①*
			一次+二次応力	6	428	○	①*
	P 2	上部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	20	339	○	①*②*
			一次+二次応力	2	422	○	②*
	P 3	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管直管部	膜応力+曲げ応力	25	339	○	①*
			一次+二次応力	14	428	○	①*
	P 4	下部ドライウエル スプレイヘッド案内管エルボ部	膜応力+曲げ応力	21	339	○	①*
			一次+二次応力	4	428	○	①*
格納容器スプレイ ヘッド (サプレッション・チェンバ ン・チェンバ側)	P 1	サプレッション・チェンバ スプレイヘッドスプレイ管部	膜応力+曲げ応力	32	339	○	①*
			一次+二次応力	75	428	○	①*
	P 2	サプレッション・チェンバ スプレイヘッドティー部	膜応力+曲げ応力	41	339	○	①*
			一次+二次応力	284	428	○	①*
	P 3	サプレッション・チェンバ スプレイヘッド案内管部	膜応力+曲げ応力	34	339	○	①*
			一次+二次応力	60	428	○	①*

注記 * : ① : D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_S / ② : D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_dにおける結果を示す。