

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-702 改1
提出年月日	平成30年7月12日

#### V-2-9-2-6 機器搬入用ハッチ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	5
4.1 設計荷重	5
4.2 材料及び許容応力	8
5. 応力計算	10
5.1 応力評価点	10
5.2 計算方針	12
6. 評価結果	13
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	13
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	16

## 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、機器搬入用ハッチ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。その耐震評価は機器搬入用ハッチの地震応答解析、応力評価により行う。

機器搬入用ハッチ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

機器搬入用ハッチの構造計画を表 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>機器搬入用ハッチは原子炉格納容器に支持される。</p>	<p>内径 <input type="text"/> mm, 板厚 <input type="text"/> mm, 長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板で構成される鋼製構造物である。</p>	

## 2.2 評価方針

- (1) 機器搬入用ハッチの応力評価は、東海第二発電所 昭和48年4月9日付け47公第1207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、実績のある三次元シェル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NASTRANを用いる。なお、評価に用いる解析コード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. 形状及び主要寸法

機器搬入用ハッチの形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

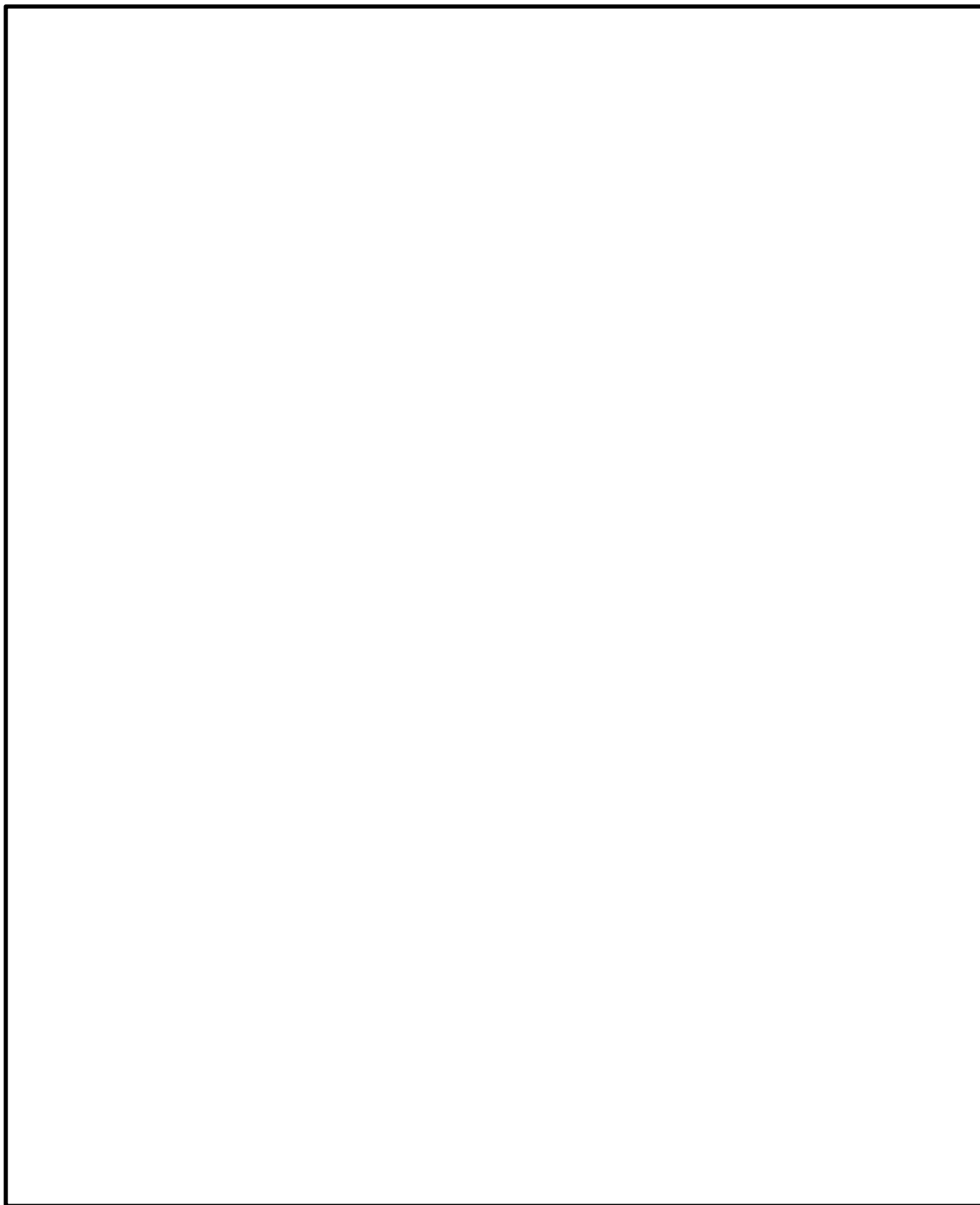


図 3-1 機器搬入用ハッチの形状及び主要寸法 (単位 : mm)

#### 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

内圧 $P_D$	310 kPa
外圧 $P_{D0}$	14 kPa
温度 $T_D$	171 °C

(2) 冷却材喪失事故後の最大内圧  $P_{DBA}$  255 kPa

(3) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

内圧 $P_{SAL}$	465 kPa (S A後長期)
内圧 $P_{SALL}$	200 kPa (S A後長々期)
温度 $T_{SAL}$	171 °C (S A後長期)
温度 $T_{SALL}$	150 °C (S A後長々期)

(4) 死荷重

- a. 機器搬入用ハッチの自重  N (補強板重量含む)
- b. ドライウエルの自重

機器搬入用ハッチより上部の原子炉格納容器の自重及び付加物の重量を死荷重とする。

(5) 活荷重

- a. 床に加わる荷重  N
- b. ドライウエルの荷重

機器搬入用ハッチより上部の活荷重を考慮する。

(6) 地震力による荷重

- a. 機器搬入用ハッチ

機器搬入用ハッチの設計震度について、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 設計震度 (設計基準対象施設)

方向	$S_d^*$	$S_s$
鉛直方向		
水平方向		

表 4-2 設計震度 (重大事故等対処設備)

方向	$S_d$	$S_s$
鉛直方向		
水平方向		

b. 原子炉格納容器

原子炉格納容器に加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  による水平方向地震荷重のうち，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。

表 4-3 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（設計基準対象施設）

(単位：N)

通常運転時			燃料交換時		
鉛直荷重	地震荷重		鉛直荷重	地震荷重	
	$S_d^*$	$S_s$		$S_d^*$	$S_s$

表 4-4 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（重大事故等対処設備）

(単位：N)

重大事故等時		
鉛直荷重	地震荷重	
	$S_d^*$	$S_s$

表 4-5 水平方向地震荷重（設計基準対象施設）

弾性設計用地震動 $S_d^*$ による地震荷重		基準地震動 $S_s$ による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)



表 4-6 水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）

弾性設計用地震動 $S_d^*$ による地震荷重		基準地震動 $S_s$ による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)

## 4.2 材料及び許容応力

### (1) 材料

ドライウェル円錐部シェル



(SGV480 相当)

補強板

(SGV480 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 4-7 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 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 4-9 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-10 に示す。

表4-7 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
原子炉格納施設	原子炉格納容器	機器搬入用ハッチ	S	クラス MC 容器	$D + P + M + S d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_L + M_L + S d^*$	Ⅳ <sub>A</sub> S

表4-8 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	原子炉格納容器	機器搬入用ハッチ	常設耐震／防止 常設 ／緩和	重大事故等クラス 2 容器	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)
					$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d^*$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)

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4-9 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
			$P_m$	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
[ ] (SGV480 相 当)	171	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	344	393
		Ⅳ <sub>A</sub> S	—	380	393

表4-10 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
			$P_m$	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
[ ] (SGV480 相 当)	150	Ⅳ <sub>A</sub> S	—	381	393
	171	Ⅳ <sub>A</sub> S	—	380	393

## 5. 応力計算

### 5.1 応力評価点

機器搬入用ハッチ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 及び図 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 5	機器搬入用ハッチ本体と補強板との結合部 (P 5-1 ~ P 5-3)
P 6	ドライウェル円錐胴と補強板との接合部 (P 6-1 ~ P 6-3)

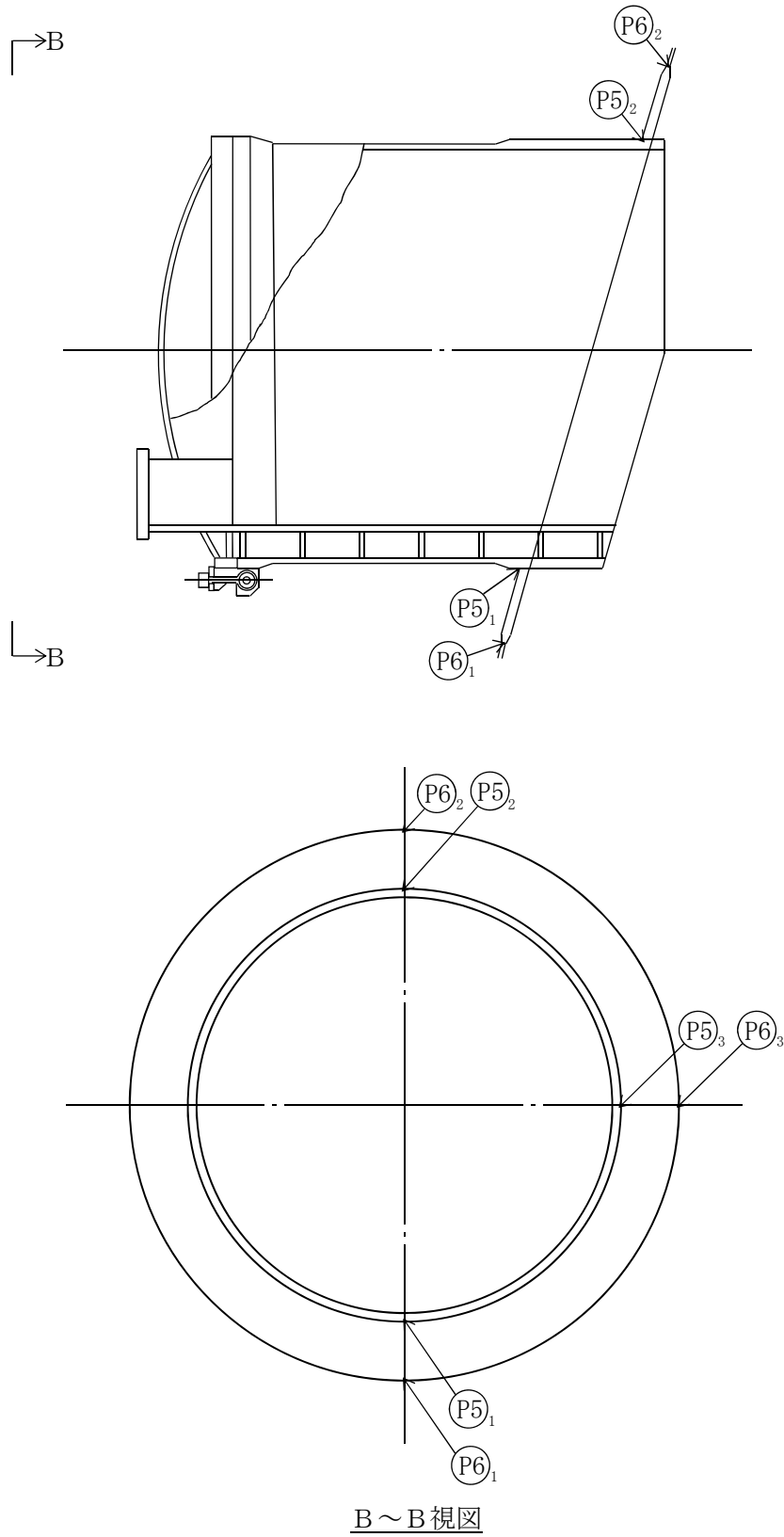
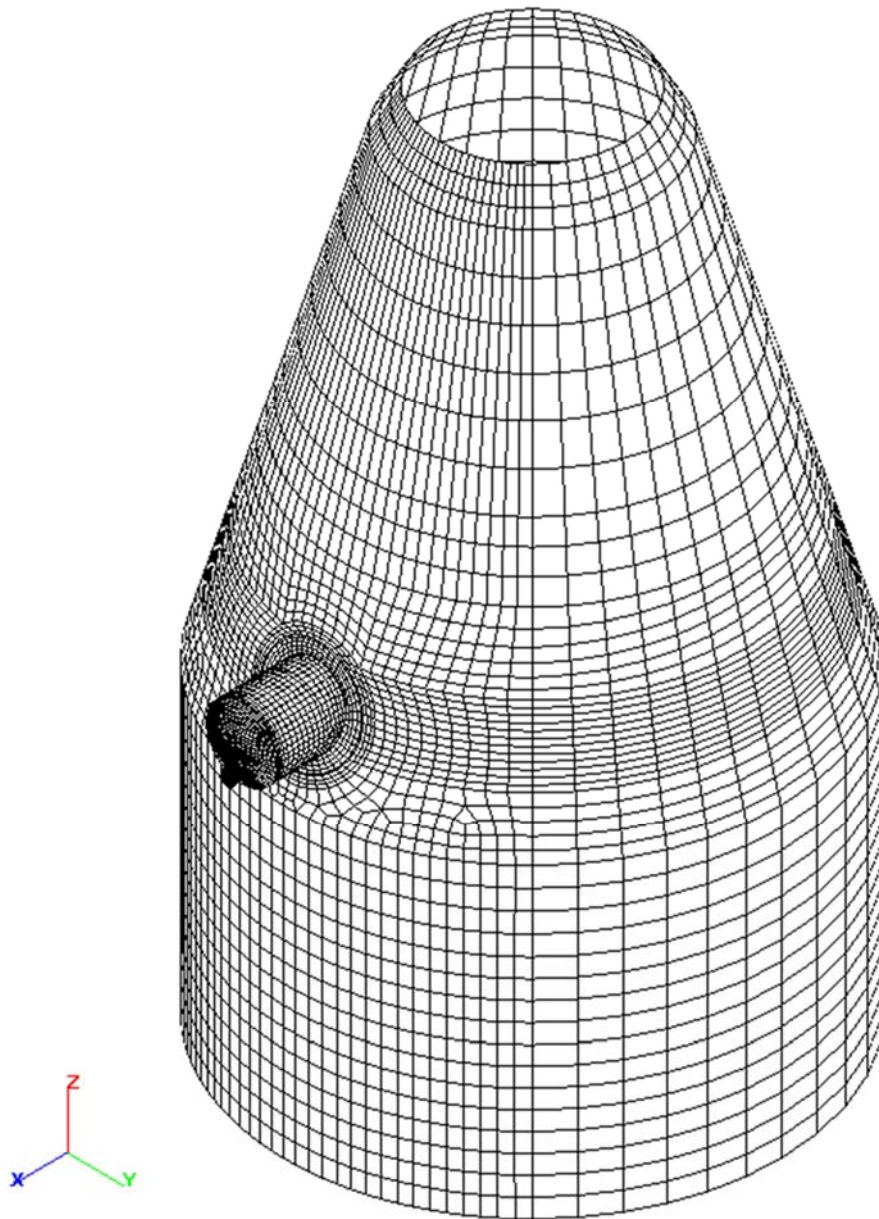


図 5-1 機器搬入用ハッチの応力評価点

## 5.2 計算方針

各荷重により機器搬入用ハッチに生じる応力は、解析コードNASTRANを使用して計算する。機器搬入用ハッチの計算モデルを図5-2に示す。



節点数 5942  
要素数 5880

図5-2 解析モデル

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

機器搬入用ハッチ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ⅣASに対する評価

許容応力状態ⅣASに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 4-7 に示す荷重の組合せのうち， $D + P + M + S_s$  及び  $D + P_L + M_L + S_{d^*}$  の評価について，それぞれ発生値が高い方の評価を記載している。

#### (2) 許容応力状態ⅢASに対する評価

許容応力状態ⅢASに対する応力評価結果を表 6-2 に示す。

表 4-7 に示す荷重の組合せのうち， $D + P + M + S_{d^*}$  の評価について記載している。

表 6-1 許容応力状態IVAS に対する評価結果 (D + P + M + S<sub>s</sub> 又は D + P<sub>L</sub> + M<sub>L</sub> + S<sub>d</sub>\*)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IVAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
機器搬入用 ハッチ	P 5-1	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	113	380	○	②*1
			一次+二次応力	362	393	○	①*1
	P 5-2	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	115	380	○	②*1
			一次+二次応力	232	393	○	①*1
	P 5-3	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	118	380	○	①*1
			一次+二次応力	462	393	×*2	①*1
			疲労評価	0.392	1	○	単位なし
	P 6-1	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	116	380	○	①*1
			一次+二次応力	336	393	○	①*1
	P 6-2	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	113	380	○	②*1
			一次+二次応力	178	393	○	①*1
	P 6-3	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	112	380	○	②*1
			一次+二次応力	718	393	×*2	①*1
			疲労評価	0.570	1	○	単位なし

注記 \*1: ①: D + P + M + S<sub>s</sub> / ②: D + P<sub>L</sub> + M<sub>L</sub> + S<sub>d</sub> における結果を示す。

\*2: P 5-3 及び P 6-3 の一次+二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが、設計・建設規格 (J S M E S N C 1-2005) PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、この結果より耐震性を有することを確認した。



表 6-2 許容応力状態ⅢAS に対する評価結果 (D + P + M + S d\*)

評価対象設備	評価部位		応力分類	ⅢAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
機器搬入用 ハッチ	P 5-1	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	53	344	○	
			一次+二次応力	198	393	○	
	P 5-2	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	51	344	○	
			一次+二次応力	128	393	○	
	P 5-3	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	72	344	○	
			一次+二次応力	272	393	○	
	P 6-1	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	71	344	○	
			一次+二次応力	184	393	○	
	P 6-2	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	49	344	○	
			一次+二次応力	98	393	○	
	P 6-3	ドライウェル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	62	344	○	
			一次+二次応力	424	393	×*	
			疲労評価	0.032	1	○	単位なし

注記 \* : P 6-3 の一次+二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが、設計・建設規格 (J S M E S N C 1-2005) PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、この結果より耐震性を有することを確認した。

## 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

機器搬入用ハッチ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<sub>AS</sub>に対する評価

許容応力状態V<sub>AS</sub>に対する応力評価結果を表 6-3 に示す。

表 4-8 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 A S に対する評価結果 (D + P SALL + MSALL + S s 又はD + P SAL + MSAL + S d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IVAS		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
機器搬入用 ハッチ	P 5 - 1	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	194	380	○	②*
			一次+二次応力	228	393	○	①*
	P 5 - 2	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	196	380	○	②*
			一次+二次応力	162	393	○	①*
	P 5 - 3	機器搬入用ハッチ本体と 補強板との結合部	一次膜応力+曲げ応力	185	380	○	②*
			一次+二次応力	254	393	○	①*
	P 6 - 1	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	189	380	○	②*
			一次+二次応力	214	393	○	①*
	P 6 - 2	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	194	380	○	②*
			一次+二次応力	128	393	○	①*
	P 6 - 3	ドライウエル円錐胴と補強板と の接合部	一次膜応力+曲げ応力	193	380	○	②*
			一次+二次応力	390	393	○	①*

注記 \* : ① : D + P SALL + MSALL + S s / ② : D + P SAL + MSAL + S d における結果を示す。