

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密また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-1028 改0
提出年月日	平成30年8月16日

V-3-9-1-3-4 サプレッション・チェンバアクセスハッチの強度計算書

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	4
3. 形状及び主要寸法	5
4. 設計条件	6
4.1 設計荷重	6
4.2 材料及び許容応力	7
5. 応力計算	9
5.1 応力評価点	9
5.2 計算方針	11
6. 評価結果	18
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、サプレッション・チェンバアクセスハッチの強度計算書である。

サプレッション・チェンバアクセスハッチは、設計基準対象施設のサプレッション・チェンバアクセスハッチを重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

設計基準対象施設としては、東海第二発電所 昭和48年4月9日付け47公第12076号にて認可された工事計画書の添付書類「Ⅲ-3-3-11 サプレッションチェンバ・アクセスハッチ強度計算書」に評価結果があり、強度が十分であることを確認している。

以下、重大事故等クラス2容器としての強度評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

サプレッション・チェンバアクセスハッチの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

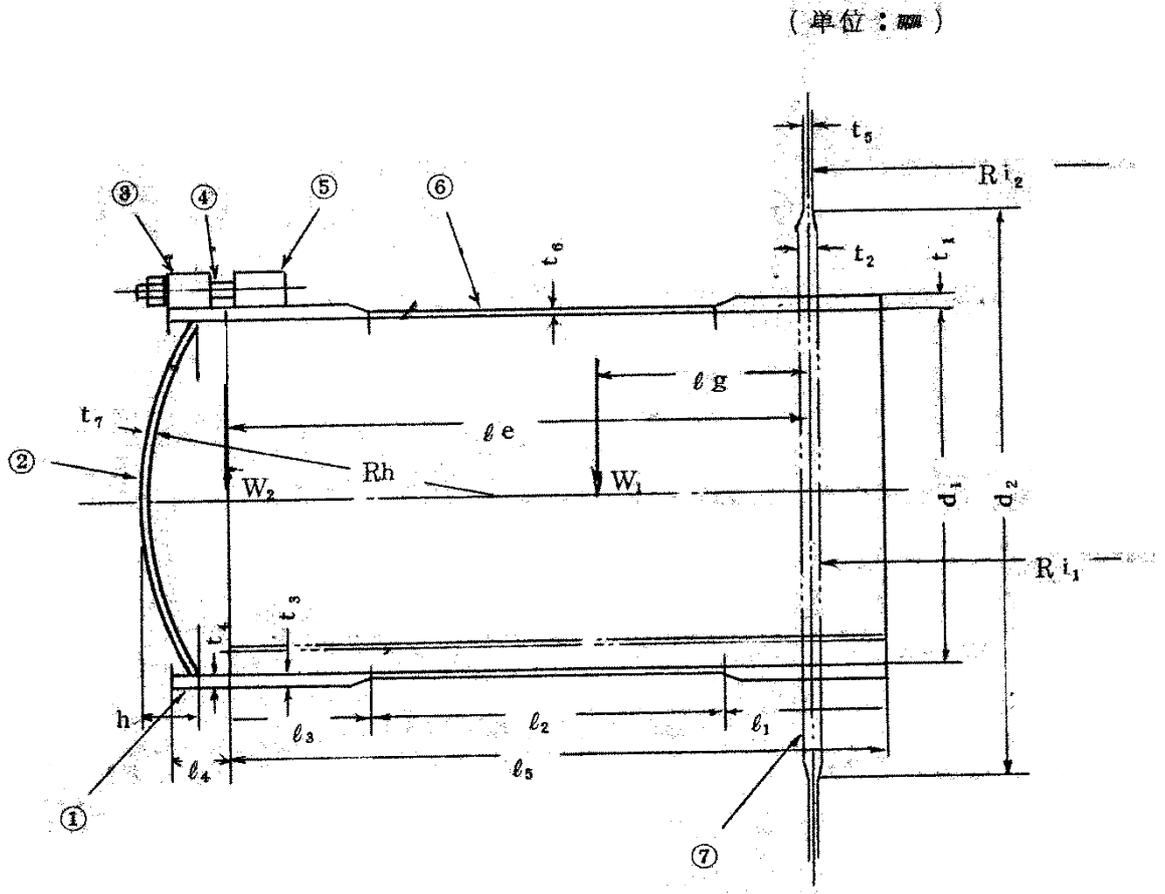
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>・サプレッション・チェンバ アクセスハッチは原子炉格納 容器に支持される。</p>	<p>・内径 <input type="text"/> mm, 板厚 <input type="text"/> mm, 長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板で構成される鋼製 構造物である。</p>	<p>サプレッション・チェンバ アクセスハッチ</p>

2.2 評価方針

- (1) サプレッション・チェンバアクセス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 12076 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 3 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、添付書類「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、サプレッション・チェンバアクセスハッチの形状及び応力レベルを考慮し、鏡板中央部、鏡板とフランジの結合部、フランジ、サプレッション・チェンバアクセスハッチ本体と補強板との結合部、サプレッションチェンバ円筒部シェルと補強板との結合部、ブラケットとフランジの結合部、ブラケットと円筒胴の結合部、ボルトとする。

3. 形状及び主要寸法

サプレッション・チェンバアクセスハッチの形状及び主要寸法を図3-1に示す。



- ① フランジ
- ② 鏡板
- ③ ブラケット
- ④ ボルト
- ⑤ ブラケット
- ⑥ 円筒胴
- ⑦ 補強板

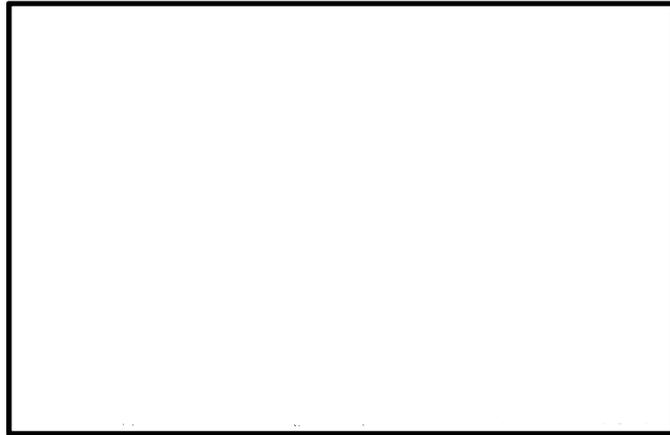


図3-1 サプレッション・チェンバアクセスハッチの形状及び主要寸法 (単位: mm)

4. 設計条件

4.1 設計荷重

(1) 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_{SA} 620 kPa

温度 T_{SA} 200 °C

(2) 死荷重

a. サプレッション・チェンバアクセスハッチの自重

b. ドライウエルの自重

サプレッション・チェンバアクセス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。

(3) 水荷重

サプレッション・チェンバアクセスハッチ内保有水重量

N

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、下記の冠水水位による水頭圧を考慮する。

冠水水位 mm

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

使用材料及び使用部位を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用材料表

使用部位	使用材料		備考
フランジ	SGV49 相当		SGV480*
鏡板	SGV49 相当		SGV480*
円筒胴	SGV49 相当		SGV480*
サプレッションチェンバ円筒部シェル	SGV49 相当		SGV480*
補強板	SGV49 相当		SGV480*
ブラケット	SGV49 相当		SGV480*
ボルト	SNM439 相当		

注記 * : 新 JIS を示す。

(2) 荷重の組合せ及び許容応力

重大事故等対処設備の評価における荷重の組合せ及び供用状態を表 4-2 に、供用状態に対する許容応力を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	サプレッション・チェンバアクセスハッチ	重大事故等クラス 2 容器	$D + P_{SA} + M_{SA}$	E (EとしてDの許容限界を用いる)

表4-3 許容応力（重大事故等対処設備）

（単位：MPa）

材料	供用状態	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	E	281	422	—

表4-4 ボルトの許容応力（重大事故等対処設備）

（単位：MPa）

材料	供用状態	許容応力	
		一次応力	
		平均引張応力	平均引張応力 + 曲げ応力
SGV480	E	576	—

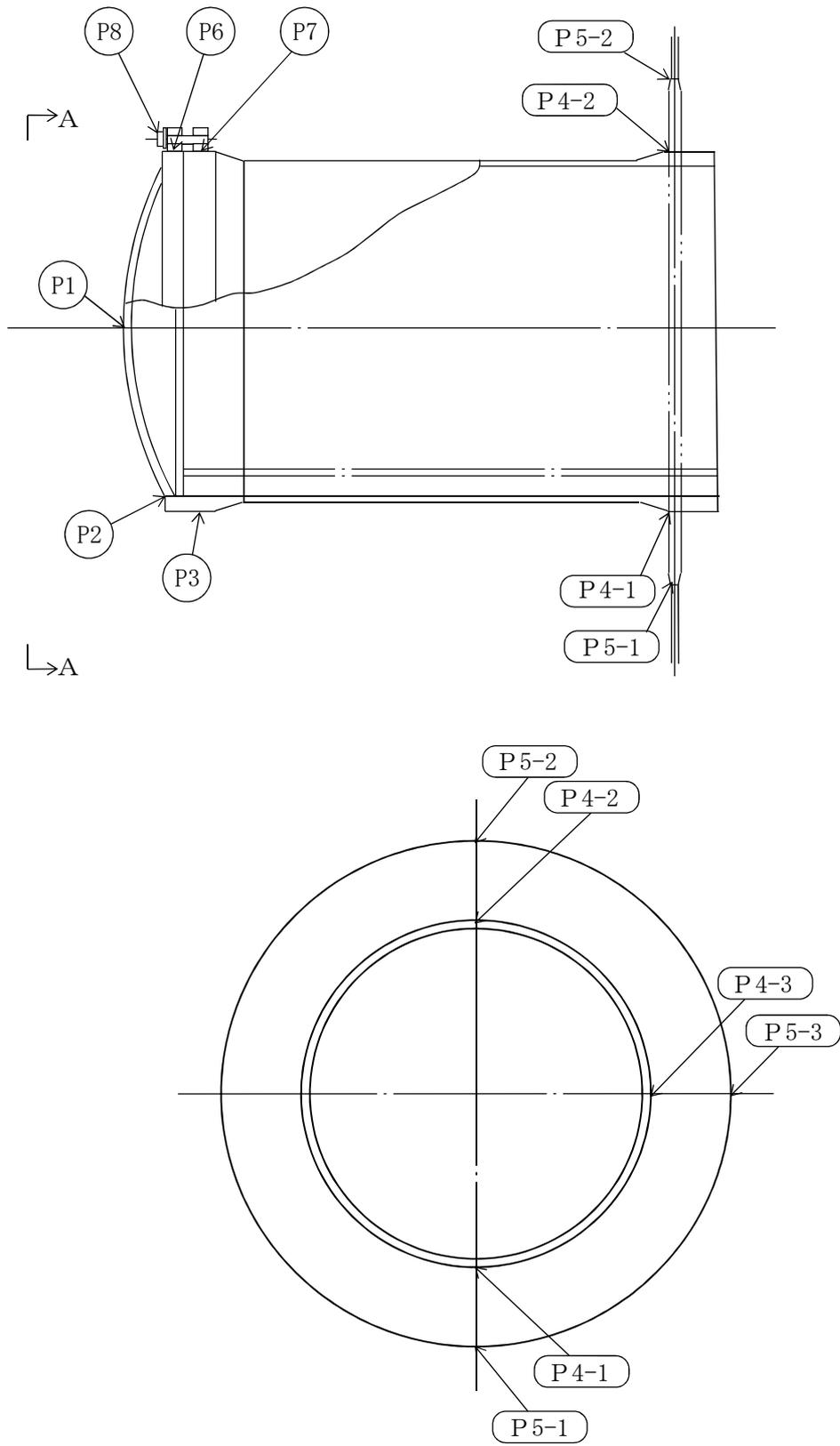
5. 応力計算

5.1 応力評価点

サプレッション・チェンバアクセス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 1	鏡板中央部
P 2	鏡板とフランジの結合部
P 3	フランジ
P 4	サプレッション・チェンバアクセスハッチ本体と補強板との結合部 (P 4-1 ~ P 4-3)
P 5	サプレッションチェンバ円筒部シェルと補強板との結合部 (P 5-1 ~ P 5-3)
P 6	ブラケットとフランジの結合部
P 7	ブラケットと円筒胴の結合部
P 8	ボルト



A-A 視図

図 5-1 サプレッション・チェンバアクセスハッチの応力評価点

5.2 計算方針

各荷重によりサプレッション・チェンバアクセスハッチに生じる応力は、応力評価点P 1～P 3及び応力評価点P 6～P 8は理論解で計算し、応力評価点P 4及びP 5は解析コードMSC NASTRANを使用して計算する。

5.2.1 鏡板（応力評価点P 1及びP 2）

(1) 形状及び寸法

鏡板の形状及び寸法を図5-2に示す。

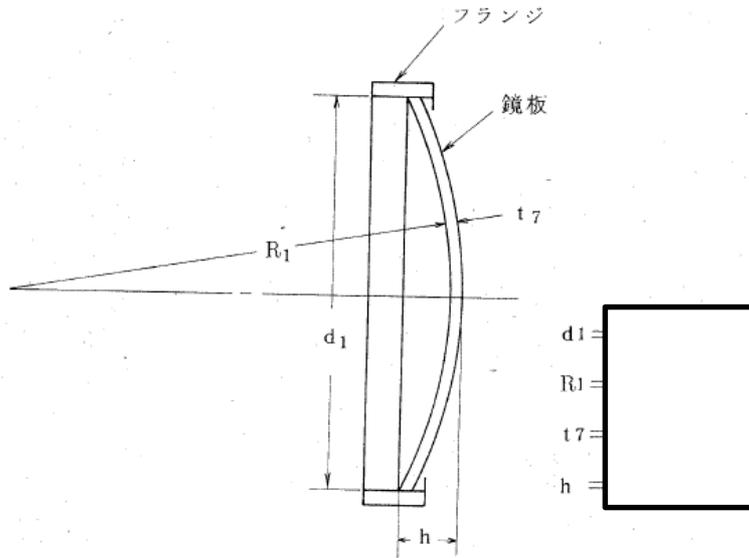


図5-2 鏡板の形状及び寸法（単位：mm）

(2) 評価圧力による応力

a. 応力評価点P 1

評価圧力による発生応力を計算する。

$$\sigma_m = \frac{P \cdot R_1}{2 \cdot t_7}$$

b. 応力評価点 P 2

鏡板が両端で固定されていると仮定すると、端部で曲げモーメント M_p 及び水平力 H を生じる。計算モデルを図 5-3 に示す。

曲げモーメント

$$M_p = -\frac{P \cdot R_m \cdot t_\gamma}{4} \cdot \sqrt{\frac{1-\nu}{3 \cdot (1+\nu)}}$$

水平力

$$H = -\frac{P \cdot R_m \cdot (1-\nu)}{2 \cdot \lambda \cdot \sin \alpha}$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot M_p}{t_\gamma^2}$$

一次局部膜応力

$$\sigma_L = \frac{H \cdot \cos \alpha}{t_\gamma}$$

ここに、 $R_m = R_1 + t_\gamma / 2$

$$t_\gamma = \square$$

$$\alpha = \square$$

$$\lambda = \sqrt[4]{3 \cdot (1-\nu^2) \cdot \left(\frac{R_m}{t_\gamma}\right)^2}$$

ν : ポアソン比 = 0.3

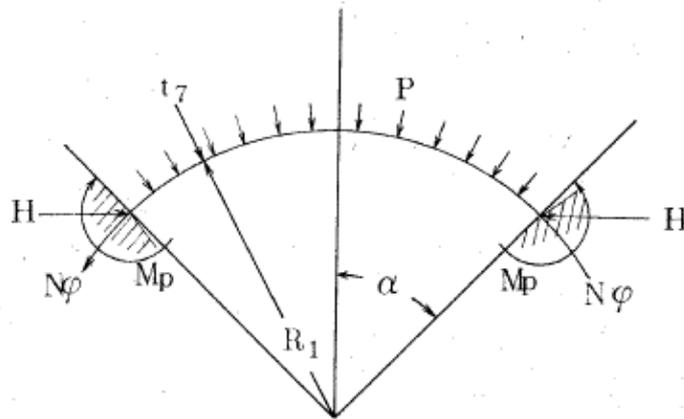


図 5-3 計算モデル

5.2.2 フランジ（応力評価点 P 3）

(1) 形状及び寸法

フランジの形状及び寸法を図 5-4 に示す。

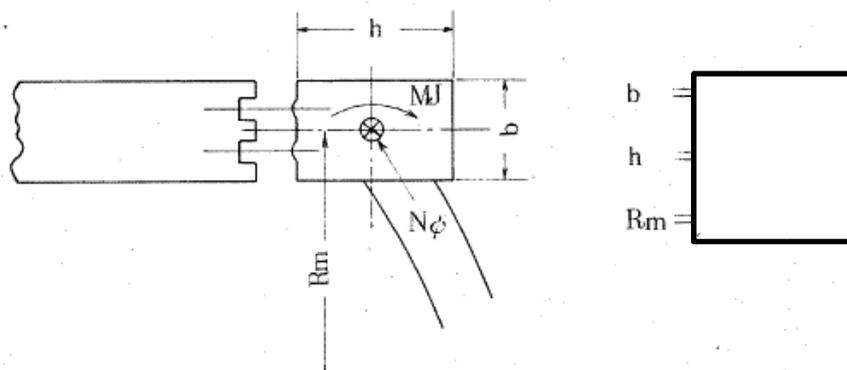


図5-4 フランジの形状及び寸法（単位：mm）

(2) フランジの応力

鏡板端部に発生する曲げモーメントによるフランジの応力を計算する。

a. 評価圧力による応力

曲げ応力

$$\sigma_m = \frac{M_p \cdot R_m \cdot h}{2 \cdot I}$$

ここに、 I ：フランジの断面二次モーメント $= \frac{b \cdot h^3}{12}$

5.2.3 サプレッション・チェンバアクセスハッチ本体と補強板との結合部及びドライウェル円筒部シェルと補強板との接合部（応力評価点P 4及びP 5）

サプレッション・チェンバアクセスハッチ本体と補強板との結合部及びドライウェル円筒部シェルと補強板との接合部については、解析コードMSC NASTRANを使用して計算する。計算モデルを図 5-5 に示す。

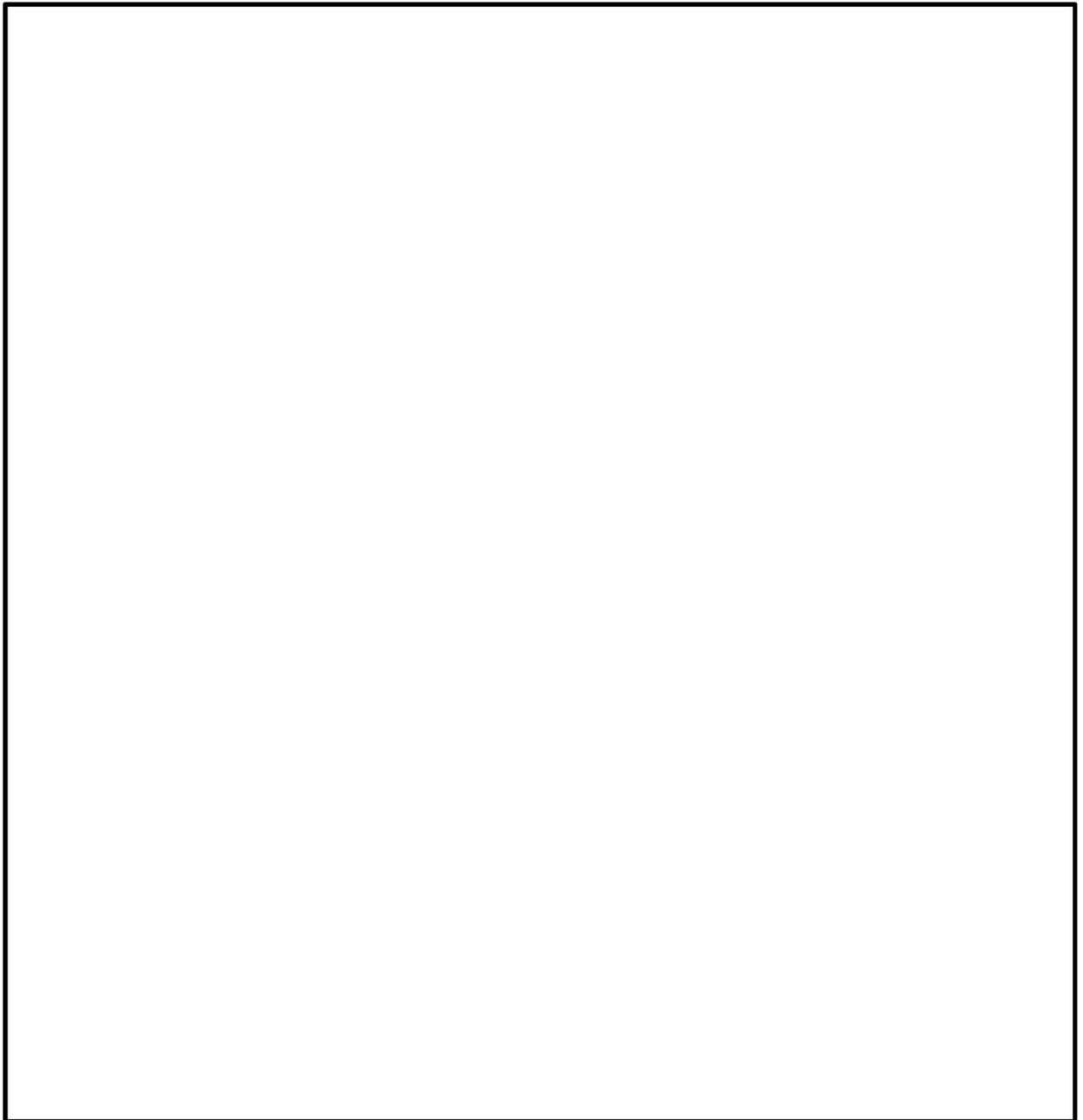


図 5-5 計算モデル

5.2.4 ブラケット及びボルト（応力評価点P6～P8）

(1) 形状及び寸法

ブラケット及びボルトの形状及び寸法を図5-6に示す。

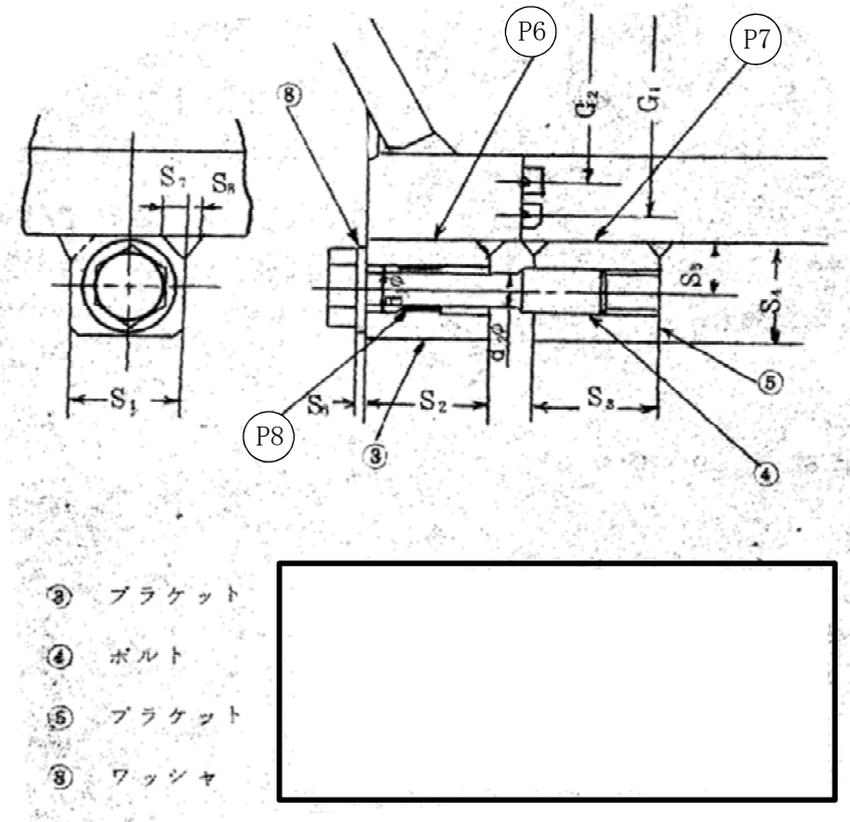


図5-6 ブラケット及びボルトの形状及び寸法（単位：mm）

(2) 応力算出に係わる構成部材

a. ボルト

(a) 呼び

(b) ボルトの谷径

(c) ボルトの本数

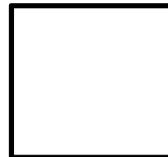
(d) ボルトの有効断面積

d

n

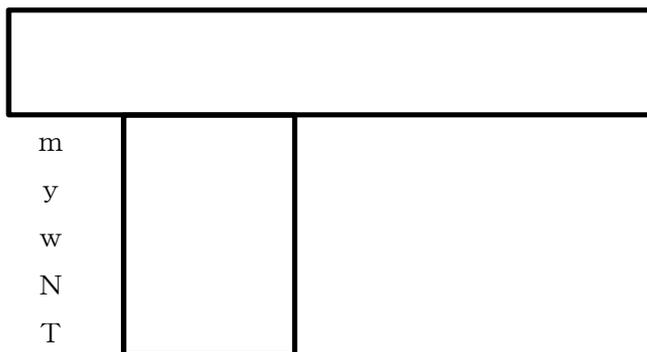
A_b

$A_b = 0.785 \cdot d^2 \cdot n =$ mm^2



b. ガスケット

(a) 材料



(b) ガスケット係数 m

(c) 設計締付圧力 y

(d) シート面の接触幅 w

(e) ガスケットの幅 N

(f) ガスケットの厚さ T

(g) ガスケット座面の基本幅 b

$$b_0 = \frac{(w + T)}{2} = \boxed{} \text{ mm}$$

$$b_{0\max} = \frac{(w + N)}{4} = \boxed{} \text{ mm}$$

ゆえに,

$$b_0 = \boxed{} \text{ mm} > 1/4 \text{ in} = 6.35 \text{ mm}$$

$$b : \text{有効ガスケット幅} = \sqrt{25.4 b_0} / 2 = \boxed{} \text{ mm}$$

(3) ボルトに加わる荷重

a. 内圧によってフランジに作用する荷重

$$H = 0.785 \cdot G_1^2 \cdot P$$

b. ガスケットに加える圧縮力

$$H_p = 2 \cdot b \cdot 3.14 \cdot m \cdot P \cdot (G_1 + G_2)$$

c. 設計ボルト荷重

$$W_m = H - H_p$$

(4) 評価圧力による応力

a. ボルト 1 本あたりの荷重

$$W_b = \frac{W_m}{n}$$

b. ブラケット溶接部の断面積及び断面係数

(a) 溶接部の断面積

$$A = 2 \cdot b' \cdot h$$

ここに, b' : 溶接部ののど厚 = $\boxed{}$ mm

$$h = S_2 \text{ (応力評価点 P 6)}$$

$$= S_3 \text{ (応力評価点 P 7)}$$

(b) 溶接部の断面係数

$$Z = 2 \cdot \frac{b' \cdot h^2}{6}$$

- c. ブラケット溶接部の応力（応力評価点 P 6 及び P 7）

ブラケットは応力が最も厳しくなるブラケット溶接部について算出する。

曲げモーメント

$$M = W_b \cdot S_5$$

せん断応力

$$\tau = \frac{W_b}{A}$$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

応力強さ

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau^2}$$

- d. ボルトの引張応力（応力評価点 P 8）

$$\sigma_T = \frac{W_b}{A}$$

ここに、A：ボルトねじ部の断面積 = $\pi \cdot d^2 / 4$

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サブプレッション・チェンバアクセスハッチの重大事故等対処設備としての強度評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足している。

(1) 供用状態 E に対する評価

供用状態 E に対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 4-1 に示す荷重の組合せについて記載している。

表 6-1 供用状態Eに対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	E		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
サブプレッショ ン・チェンバア クセスハッチ	P 1	鏡板中央部	一次一般膜応力	18	281	○	
	P 2	鏡板とフランジの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	26	422	○	
	P 3	フランジ	一次膜応力+一次曲げ応力	29	422	○	
	P 4-1	サブプレッション・チェンバアクセスハッチ本体と補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	269	422	○	
	P 4-2	サブプレッション・チェンバアクセスハッチ本体と補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	284	422	○	
	P 4-3	サブプレッション・チェンバアクセスハッチ本体と補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	276	422	○	
	P 5-1	サブプレッションチェンバ円筒部シェルと補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	270	422	○	
	P 5-2	サブプレッションチェンバ円筒部シェルと補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	283	422	○	
	P 5-3	サブプレッションチェンバ円筒部シェルと補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	277	422	○	

表 6-1 供用状態Eに対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	E		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				MPa	MPa		
サプレッション・チェンバークセスハッチ	P 6	ブラケットとフランジの結合部	応力強さ	98	422	○	
	P 7	ブラケットと円筒胴の結合部	応力強さ	98	422	○	
	P 8	ボルト	平均引張応力	176	576	○	