

補足-60-2【水密扉の強度及び耐震性に関する説明書
の補足説明資料】

■ 強度計算（原子炉建屋原子炉棟水密扉No14）【Cタイプ】

1. 強度評価に用いる条件

強度計算条件を下記に示す。

扉枠取付箇所	ヒンジ形式	余震係数		水頭 (m)		水の密度 (t/m ³)	
		水平	鉛直	正圧	逆圧	正圧	逆圧
躯体開口内	2軸タイプ	0.64	0.53	14.8	0.15	1.03	1.00

上記の条件より下表の部位を評価する。

凡例 ○ : 評価箇所を示す。
 - : 評価対象外を示す。

G	kN	扉体自重	<i>1</i>	262.82
---	----	------	----------	--------

G : 扉体自重

自重の内訳は次の通り

G1	: 扉本体(カンヌキ装置、ヒンジ含む)	26800	kg	262.82	kN
G2	: 枠本体(強度計算では含めない)	4100	kg	40.21	kN
G	: 合計(強度計算では枠本体の自重は含めない)	26800	kg	262.82	kN

凡例:

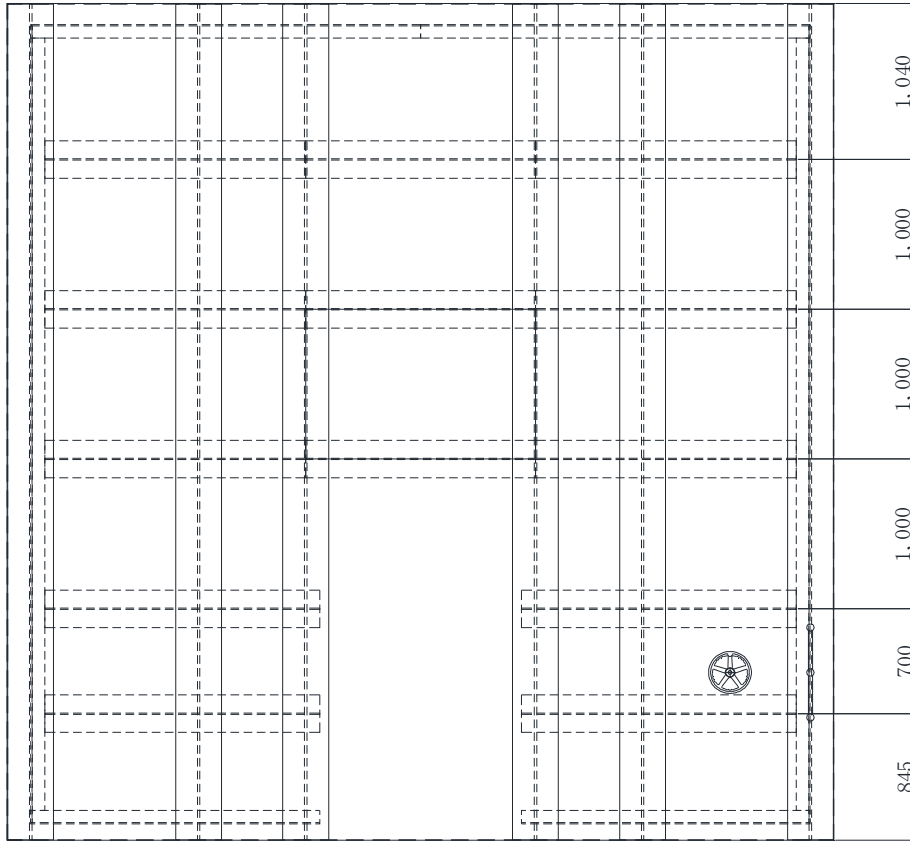
	は入力値
	は計算値
	は既に入力又は計算された値

注) 補足資料の数値計算説明書においては水密扉の自重に枠本体自重を含める

L	m	区画短辺の長さ	2	1.000
---	---	---------	---	-------

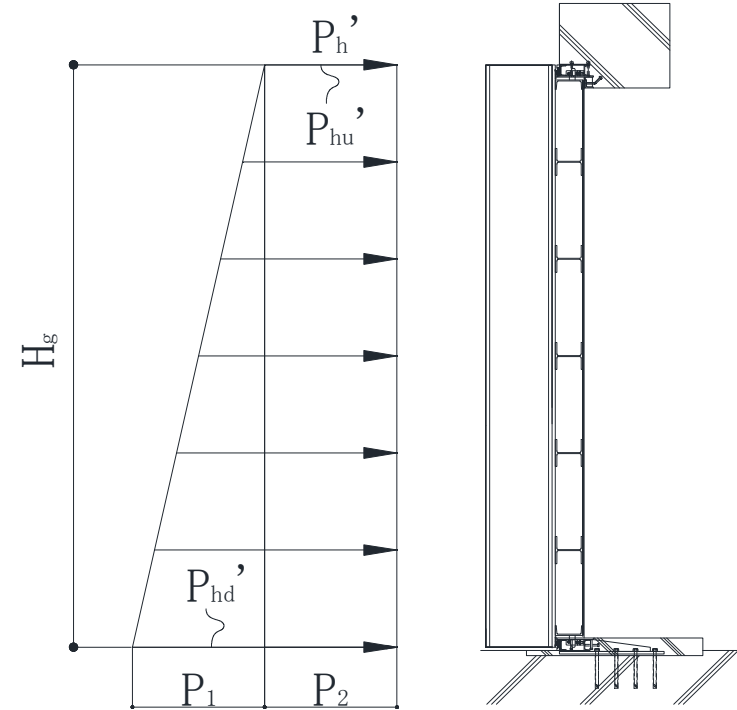
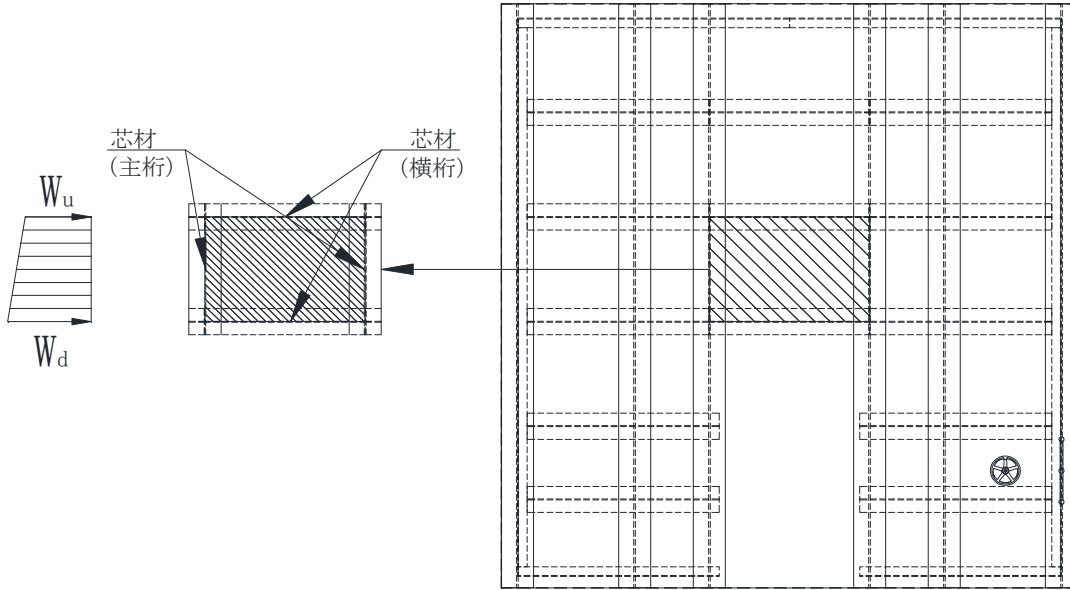
L:扉体の区画短辺の長さ
 該当部位は、次の通り。

L	区画短辺の長さ
L ₁	1.040
L ₂	1.000
L ₃	
L ₄	1.000
L ₅	0.700
L ₆	0.845



W_u	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重	3	54.43
-------	------	-------------------	---	-------

W_u : 区画上端の単位長さ当たりの作用荷重



扉板評価に必要な作用荷重を算定する。

添付資料○ 4.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_u = (P_{hu}' + P_s) \cdot L_y$$

ここで

P_{hu}' : 評価区画上端部の浸水による静水圧荷重

$$P_{hu}' = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times 3.040 = 30.70658 = 30.71 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度9.80665(m/s²)

h_u : 当該部分の浸水深さ(区画上端高さ)図より = 3.040 (m)

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重

$$P_s = G \cdot K_H / (H_g \cdot B) = \text{#####} \times 0.64 / (5.585 \times 5.400) = 5.577267151 = 5.577 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

G : 扉体自重 262.82 (kN)

KH : 水平震度 0.64

Hg : 受圧高 5.585 (m)

B1 : 扉全体受圧幅 5.400 (m)

L_y : 受圧幅 = 1.500 (m)

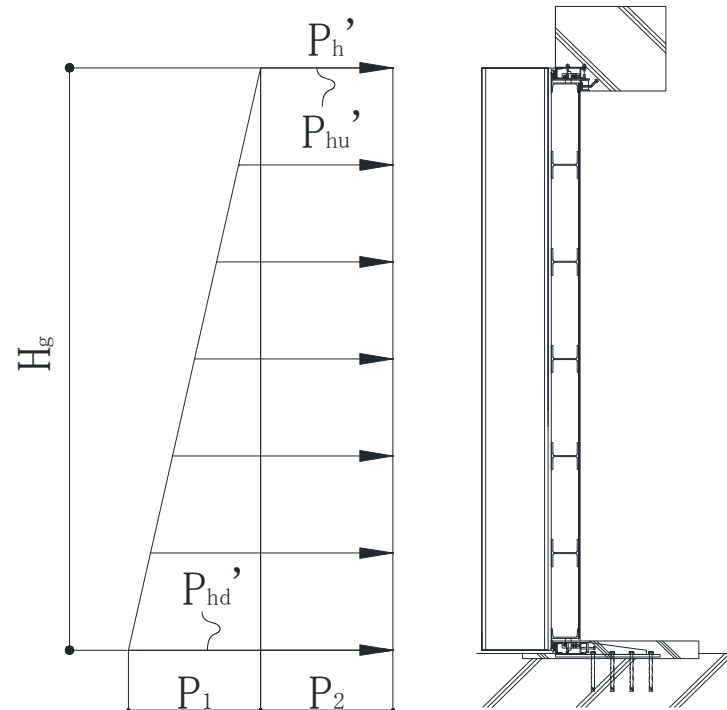
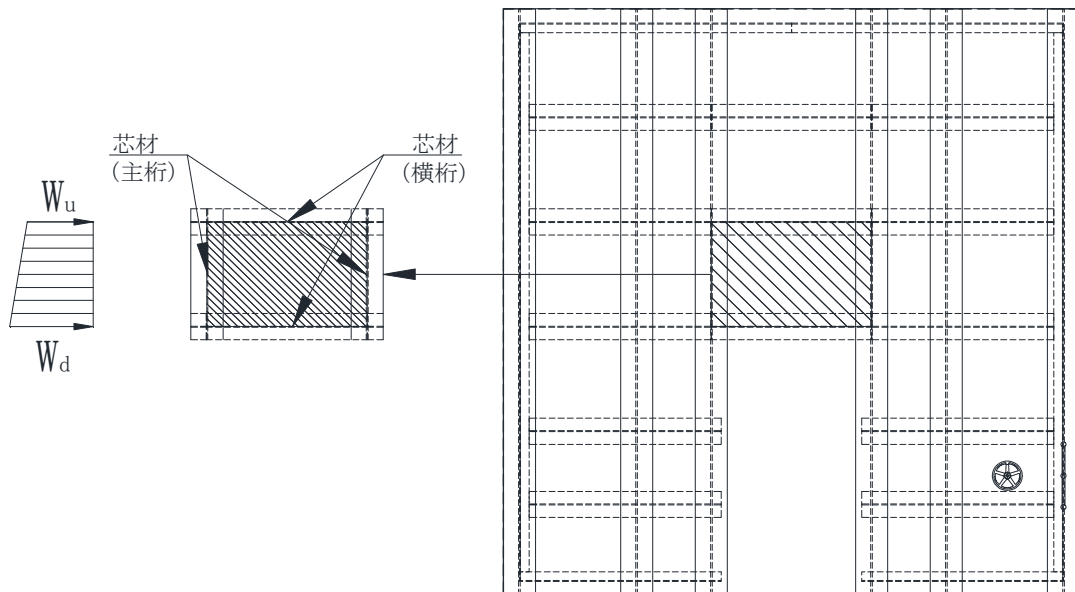
$$W_u = (P_{hu}' + P_s) \cdot L_y = (30.71 + 5.577) \cdot 1.500 = 54.43050 = 54.43 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

採用→

L	区画短辺の長さ	h_u	P_{hu}'	P_s	W_u
L_1	1.040	1.000	10.10	5.577	23.52
L_2	1.000	2.040	20.61	5.577	39.28
L_3	1.000	3.040	30.71	5.577	54.43
L_4	1.000	4.040	40.81	5.577	69.58
L_5	0.700	5.040	50.91	5.577	84.73
L_6	0.845	5.740	57.98	5.577	95.34

W_d	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重	4	69.58
-------	------	-------------------	---	-------

W_d : 区画下端の単位長さ当たりの作用荷重



扉板評価に必要な作用荷重を算定する。

添付資料○ 4.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_d = P_{hd}' \cdot L_y$$

ここで

P_{hd}' : 評価区画下端部の浸水による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$P_{hd}' = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times 4.040 = 40.80743 = 40.81 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度9.80665(m/s²)

$$h_d : \text{当該部分の浸水深さ(区画下端高さを考慮) 図より} = 3.040 + 1.000 = 4.04 \text{ (m)}$$

$$L_y : \text{受圧幅} = 1.500$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重 = 5.577 (kN/m²)

$$W_u = (P_{hu}' + P_s) \cdot L_y = (40.81 + 5.577) \cdot 1.500 = 69.58050 = 69.58 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

L	区画短辺の長さ	h_d	P_{hd}'	P_s	W_d
L ₁	1.040	2.040	20.61	5.577	39.28
L ₂	1.000	3.040	30.71	5.577	54.43
採用→ L ₃	1.000	4.040	40.81	5.577	69.58
L ₄	1.000	5.040	50.91	5.577	84.73
L ₅	0.700	5.740	57.98	5.577	95.34
L ₆	0.845	6.585	66.51	5.577	108.13

M_{x1}	—	等分布荷重による曲げ 応力算定用の係数	5	0.08
----------	---	------------------------	---	------

M_{x1} : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数

建築構造学体系11 平板構造 図5-1 等分布荷重四辺固定スラブ
の曲げモーメントとたわみより

l_x : 短辺方向2より 1.000

l_y : 長辺方向図面より 1.500

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{1.500}{1.000} = 1.500 \text{ グラフより } 0.08 \text{ を採用}$$

	l_y	計算値	M_{x1}
L	$\frac{l_y}{l_x}$		
L ₁	1.500	1.442	0.08
L ₂	1.000	1.5	0.08
L ₃	1.500	1.5	0.08
L ₄	1.000	1.5	0.08
L ₅	1.500	2.143	0.085
L ₆	0.700	1.775	0.085
L ₇	1.500	1.775	0.085
L ₈	0.845	1.775	0.085

採用→

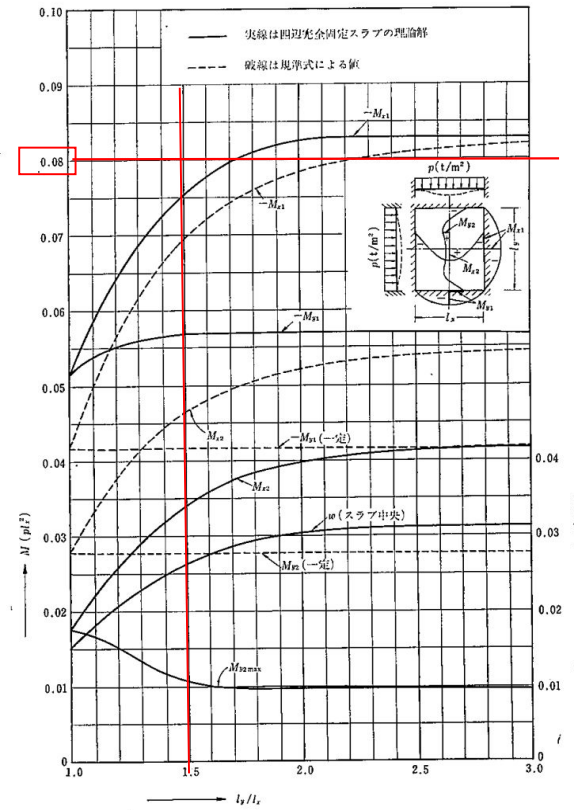


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{x2}	—	等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	6	0.05
----------	---	---------------------	---	------

M_{x2} : 等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数

建築構造学体系11 平板構造 図5-2 等変分布荷重四辺固定スラブ

の曲げモーメントとたわみより

l_x : 短辺方向2より 1.000

l_y : 長辺方向図面より 1.500

$\frac{l_y}{l_x} = \frac{1.500}{1.000} = 1.5$ グラフより 0.05 を採用

	l_y	計算値	M_{x2}
L	$\frac{l_y}{l_x}$		
L ₁	1.500	1.442	0.05
L ₂	1.040	1.5	0.05
L ₃	1.500	1.5	0.05
L ₄	1.000	1.5	0.05
L ₅	1.500	2.143	0.05
L ₆	0.700	1.775	0.05

採用→

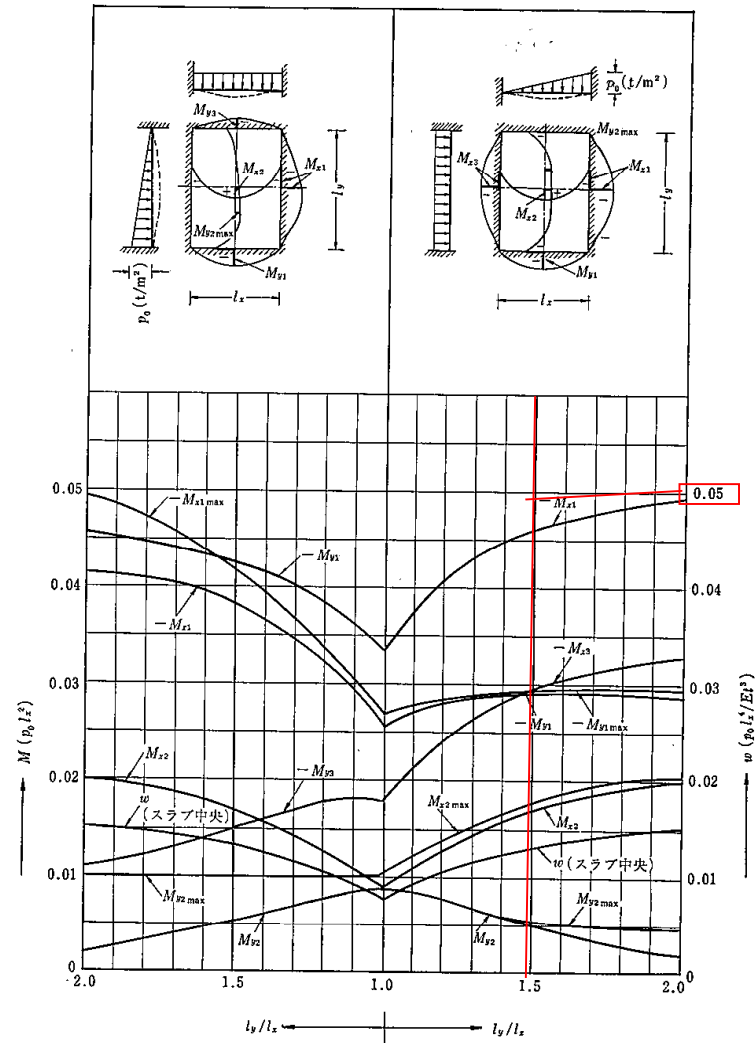
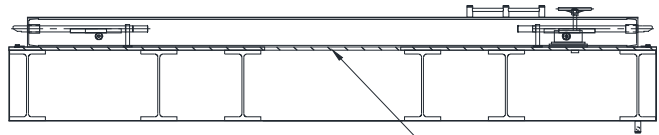


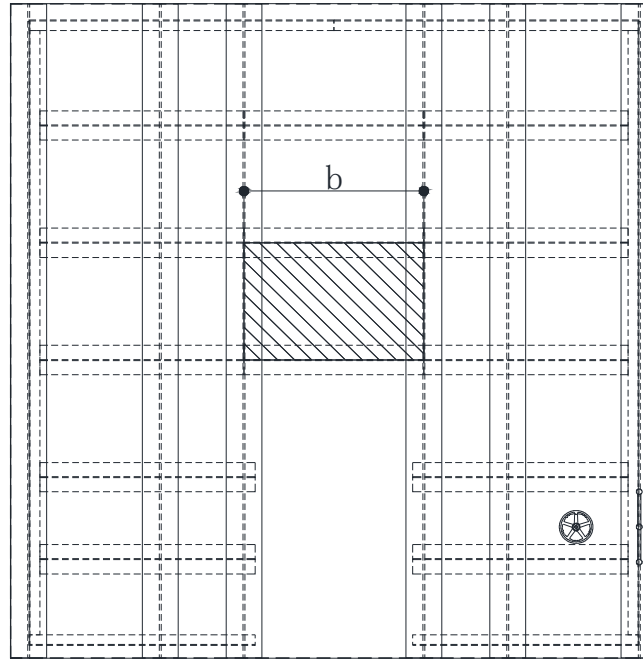
図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

Z	mm ³	最小断面係数	7	196000
---	-----------------	--------	---	--------

Z : 扉板の断面係数
 扉板の最小断面係数を算定する。



扉板
 (パネル厚さ:h)



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 1500 \times (28)^2 = 196000 \text{ (mm}^3\text{)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

b: 弱軸側評価となる長辺方向距離 1.500 m = 1500 mm

※保守的に芯材受部距離含む

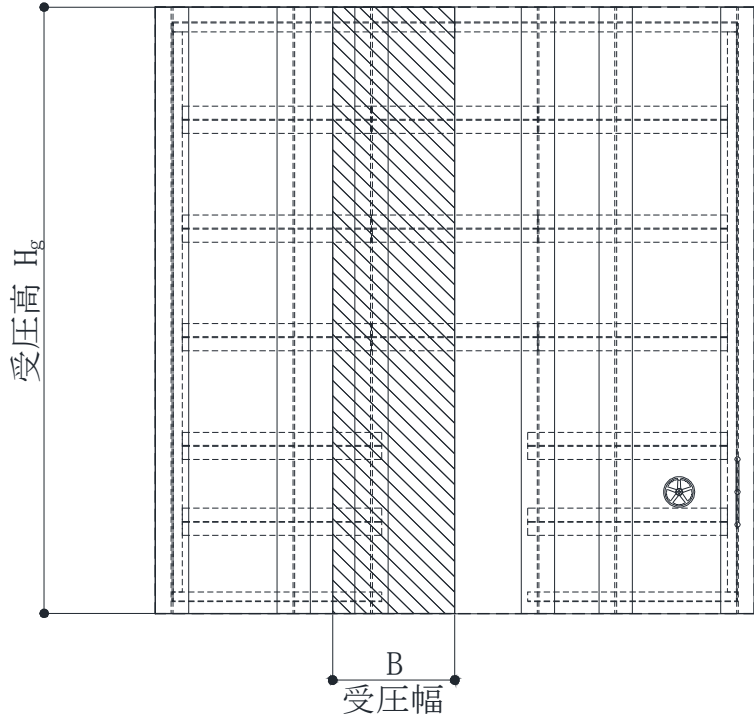
h: パネル厚さ PL- 28 mm

採用→

b	h	Z
1.500	28	196000
1.500	28	196000
1.500	28	196000
1.500	28	196000
1.500	28	196000
1.500	28	196000

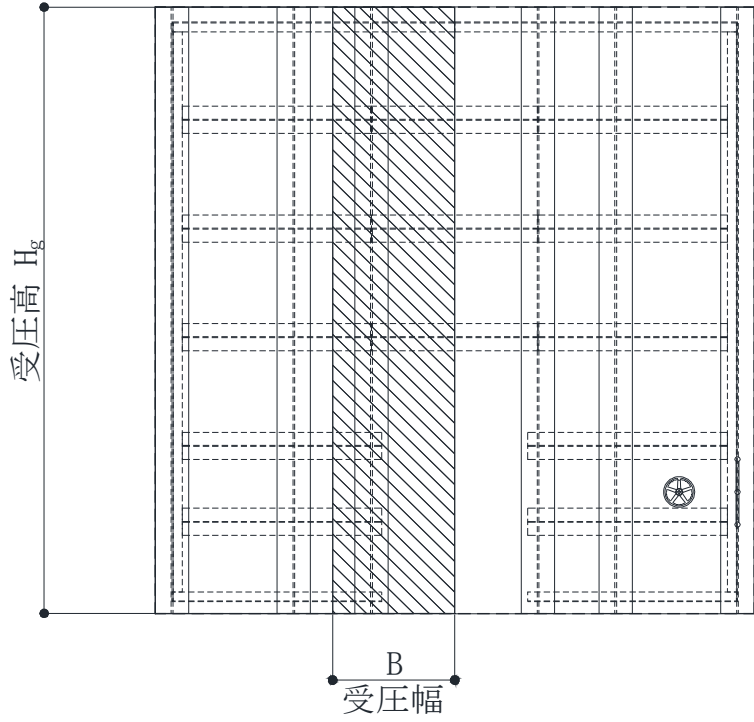
H_g	m	受圧高	δ	5.585
-------	---	-----	----------	-------

H_g : 芯材の受圧高
 当該部分は、以下のとおり。



B	m	受圧幅	9	1.100
---	---	-----	---	-------

B : 芯材の受圧幅
 当該部は、以下のとおり。



P_{hu}	kN/m^2	浸水津波荷重又は溢水による静水圧及び余震による荷重(上部)	10	15.68
----------	-----------------	-------------------------------	-----------	-------

P_{hu} : 芯材に作用する浸水津波荷重又は溢水による静水圧及び余震荷重(上部)

添付資料○水密扉計算書 4.3(1) 荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(P_h)算定式より

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_u$$

上部静水圧荷重算定のため、

添付資料○第3-2表より

ρ : 水の密度 **1.03** (t/m^3)

水圧作用高さE.L. **6.615** (m)

g : 重力加速度 **9.80665** (m/s^2)

h_u : 当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) 図より = **1.000** (m)

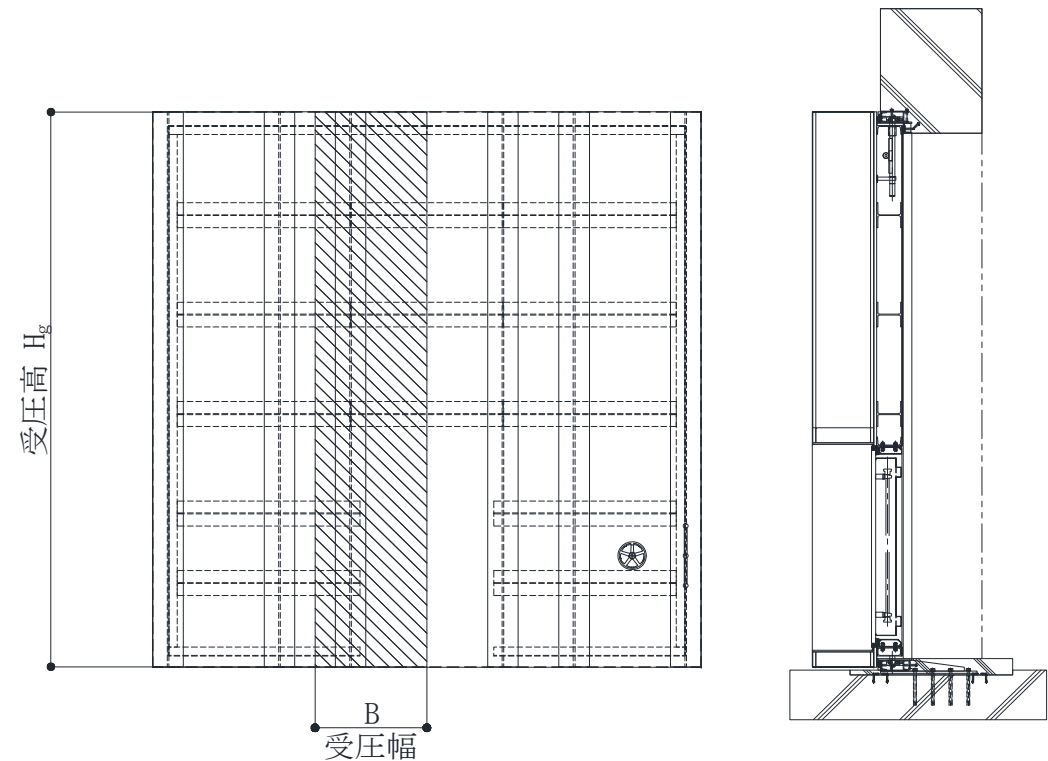
P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重 **5.577** (kN/m^2)

$$P_{hu} = \rho \cdot g \cdot h_u + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times (6.62 - 0.030 - 5.585) + 5.577$$

$$= 1.03 \times 9.80665 \times 1.000 + 5.577 = 15.6778495$$

$$= 15.68 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

採用→	L	区画短辺の長さ	h_u	P_s	P_{hu}
	L_1	1.040	1.0000	5.577	15.68
	L_2	1.000	2.040	5.577	26.18
	L_3	1.000	3.040	5.577	36.28
	L_4	1.000	4.040	5.577	46.38
	L_5	0.700	5.040	5.577	56.49
	L_6	0.845	5.740	5.577	63.56



P_{hd}	kN/m^2	浸水津波荷重又は溢水による静水圧及び余震による荷重(下部)	11	72.09
----------	-----------------	-------------------------------	----	-------

P_{hu} : 芯材に作用する浸水津波荷重又は溢水による静水圧及び余震による荷重(下部)

添付資料○水密扉計算書 4.3(1)荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(P_h)算定式より

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_d$$

上部静水圧荷重算定のため、

添.付資料○4第3-2表より

ρ : 水の密度 1.03 (t/m^3)

水圧作用高さE.L. 6.615 (m)

g : 重力加速度9.80665 (m/s^2)

h_d : 当該部分の浸水深さ(区画下端高さ)図より= 14.77 (m)

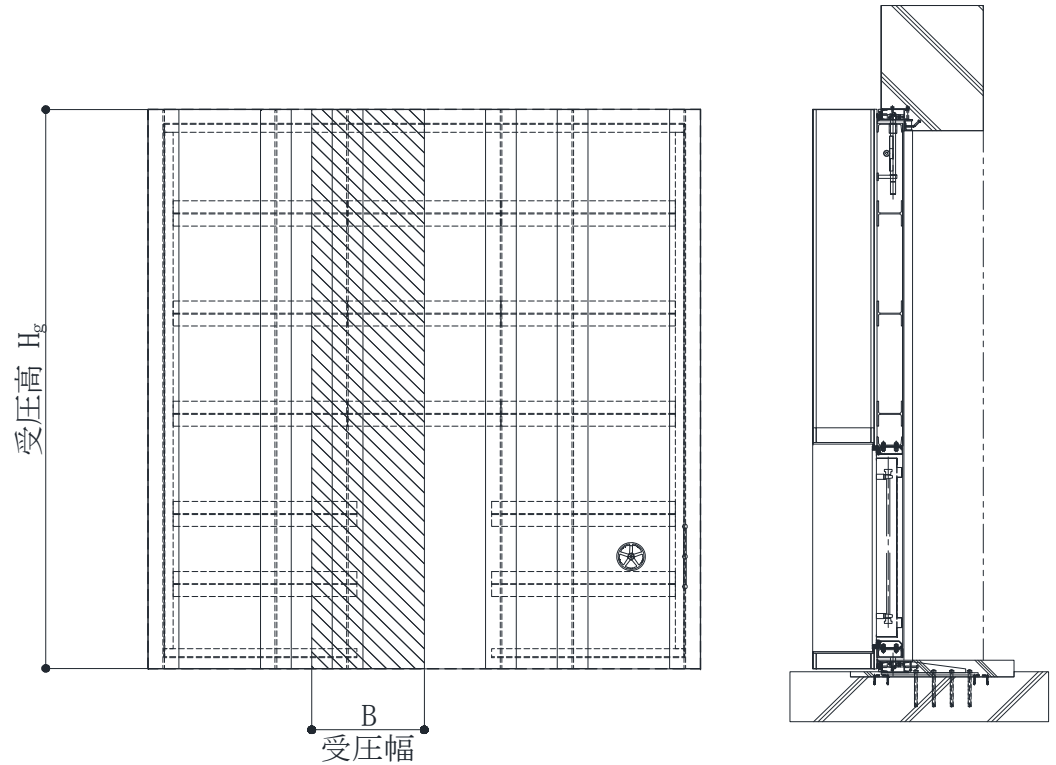
P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重 5.577 (kN/m^2)

$$P_{hd} = \rho \cdot g \cdot h_d + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times (6.615 - 0.030) + 5.577$$

$$= 1.03 \times 9.80665 \times 6.585 + 5.577 = 72.09109396$$

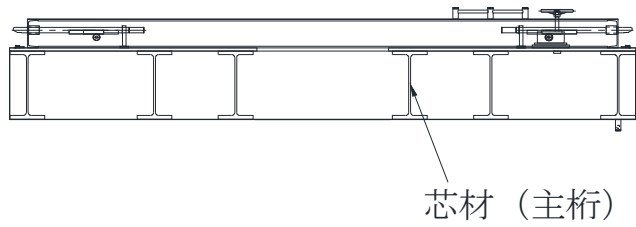
$$= 72.09 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

L	区画短辺の長さ	h_d	P_s	P_{hd}
L_1	1.040	2.04	5.577	26.18
L_2	1.000	3.04	5.577	36.28
L_3	1.000	4.04	5.577	46.38
L_4	1.000	5.04	5.577	56.49
L_5	0.700	5.74	5.577	63.56
採用→ L_6	0.845	6.59	5.577	72.09



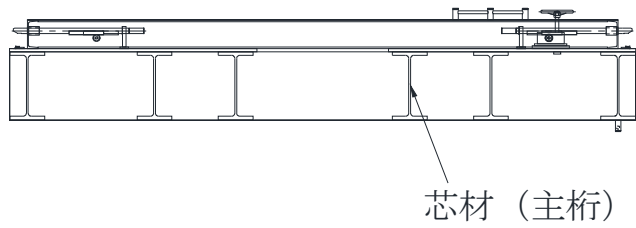
Z	mm ³	断面係数	12	5890000
---	-----------------	------	----	---------

Z : 芯材(主桁)の断面係数
芯材の断面係数を算定する。
主桁 H-600×300×16×32
(JIS G 3192-2000より)



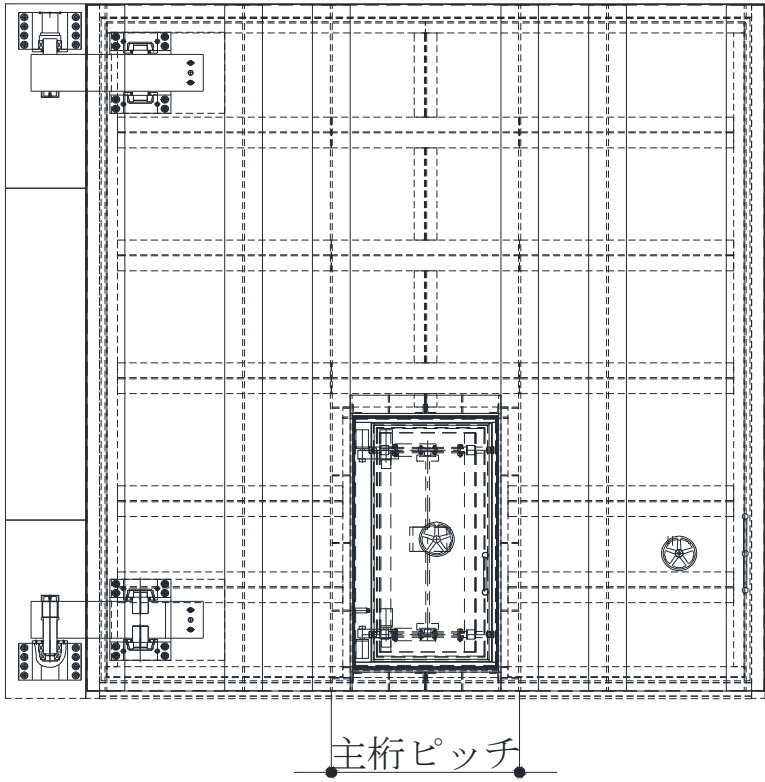
A	mm ²	断面積	13	27920
---	-----------------	-----	----	-------

A : 芯材(主桁)の断面積
芯材の断面積を算定する。
(JIS G 3192-2000より)



Y	m	主桁ピッチ	14	1.500
---	---	-------	----	-------

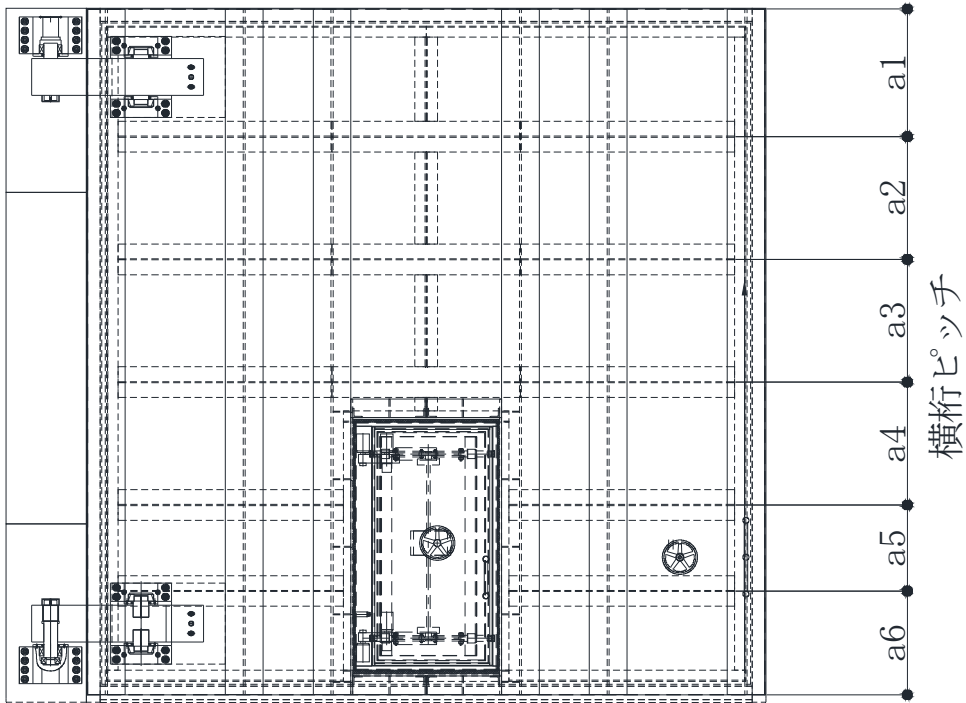
Y: 芯材(主桁)の主桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



a1	m	横桁ピッチ	15	1.040
----	---	-------	----	-------

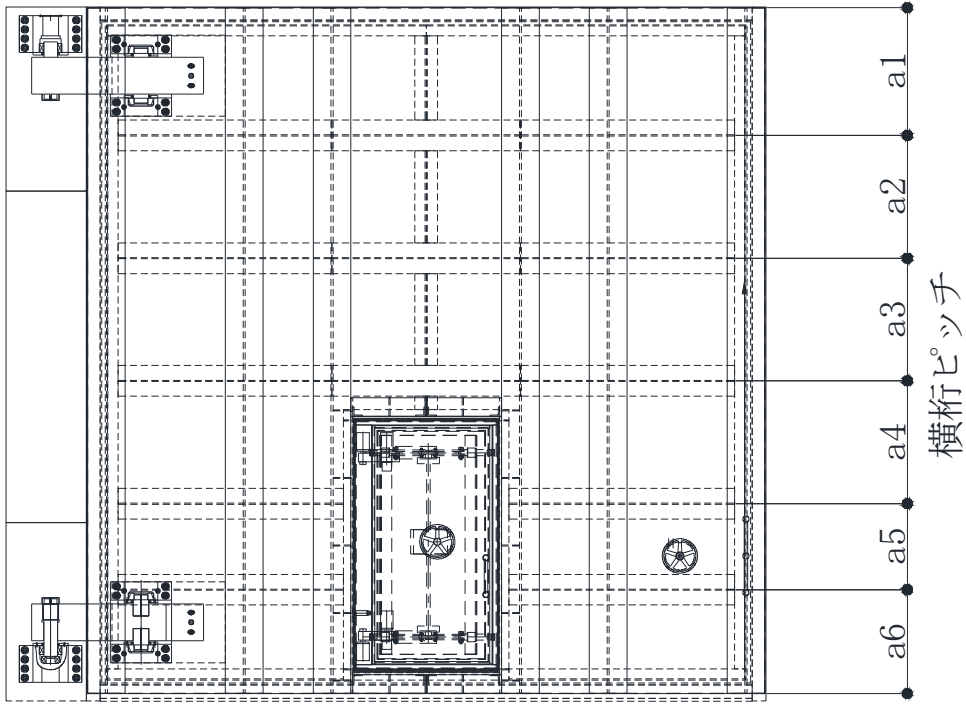
a1	m	横桁ピッチ	15	1.040
a2	m	横桁ピッチ	16	1.000
a3	m	横桁ピッチ	17	1.000
a4	m	横桁ピッチ	18	1.000
a5	m	横桁ピッチ	19	0.700
a6	m	横桁ピッチ	20	0.845

a1～a7: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



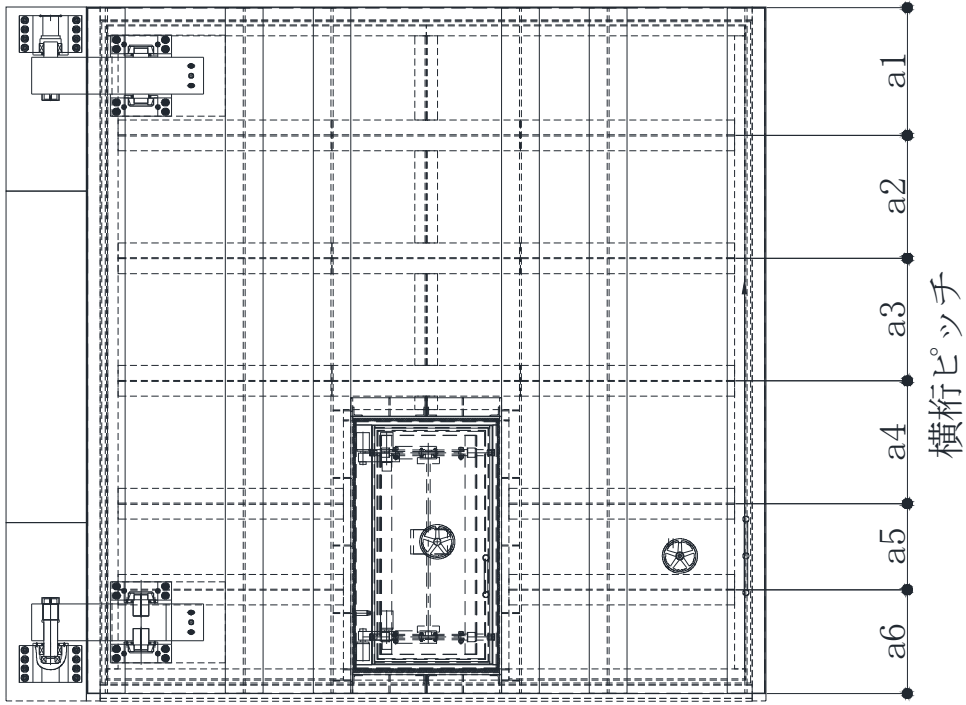
a2	m	横桁ピッチ	16	1.000
----	---	-------	----	-------

a2: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



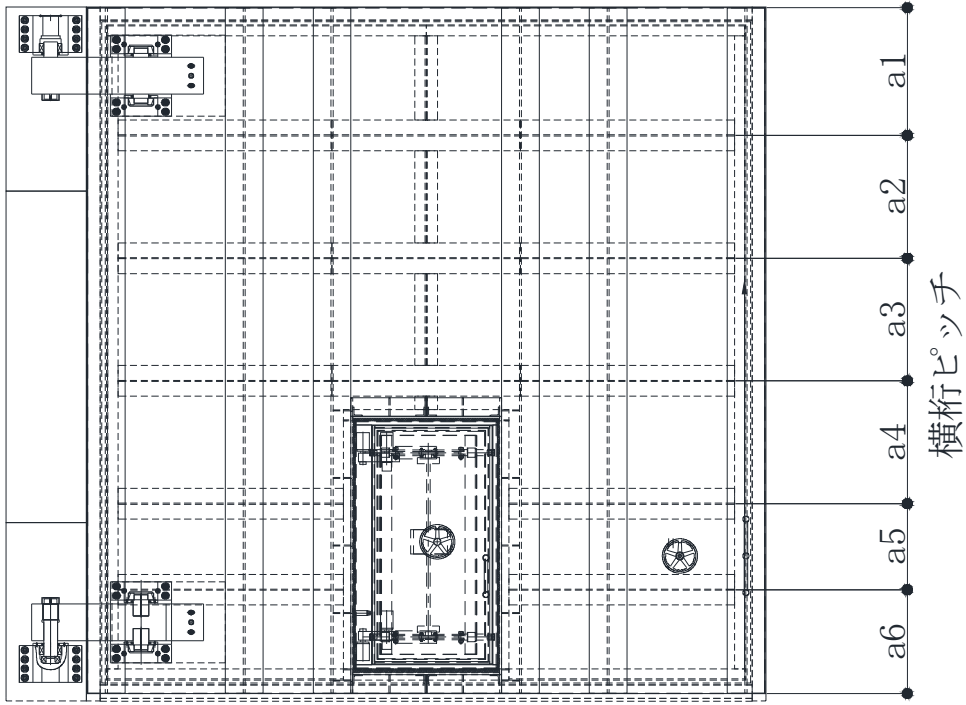
a3	m	横桁ピッチ	17	1.000
----	---	-------	----	-------

a3: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



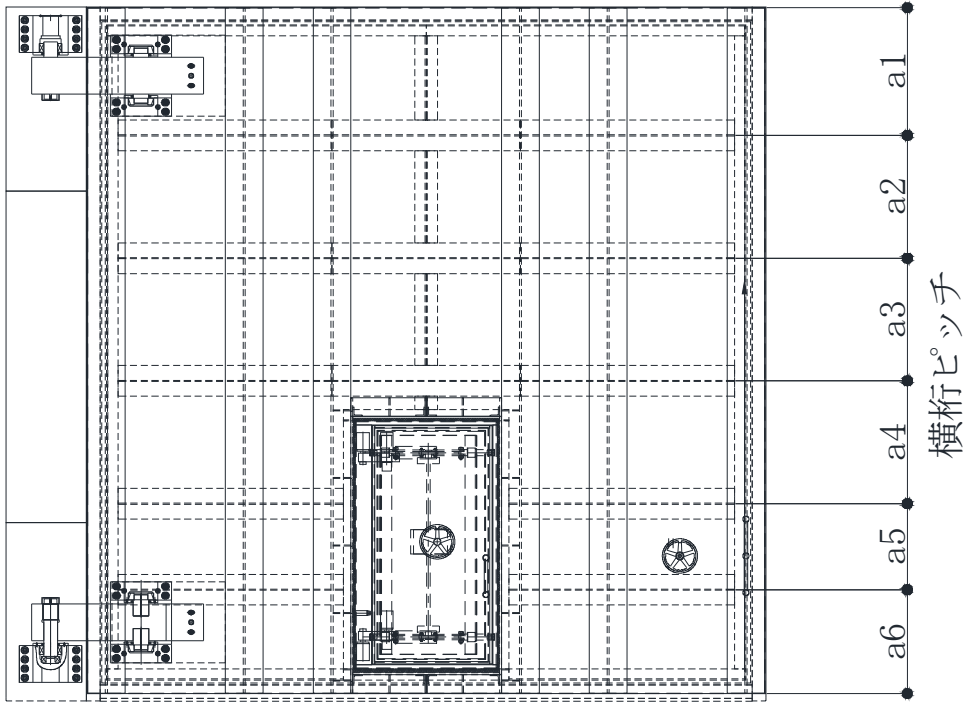
a4	m	横桁ピッチ	18	1.000
----	---	-------	----	-------

a4: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



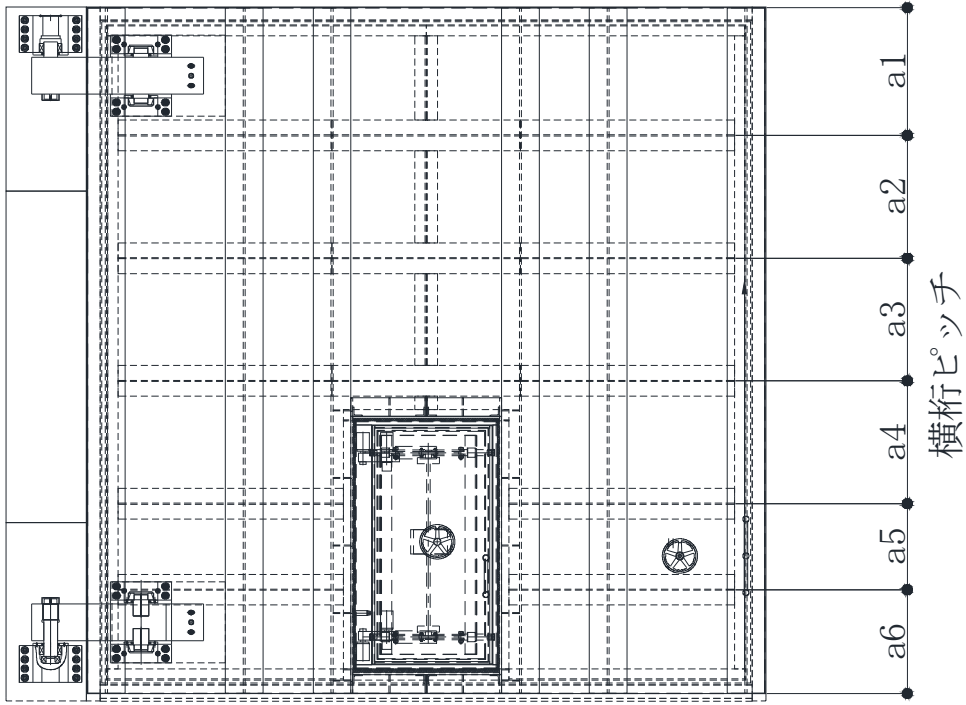
a5	m	横桁ピッチ	19	0.700
----	---	-------	----	-------

a5: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



a6	m	横桁ピッチ	20	0.845
----	---	-------	----	-------

a6: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



P1	kN/m ²	津波及び余震荷重	21	20.93
----	-------------------	----------	----	-------

P1: 芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P1 = P_{hl}' + P_s$$

ここで

P_{hl}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

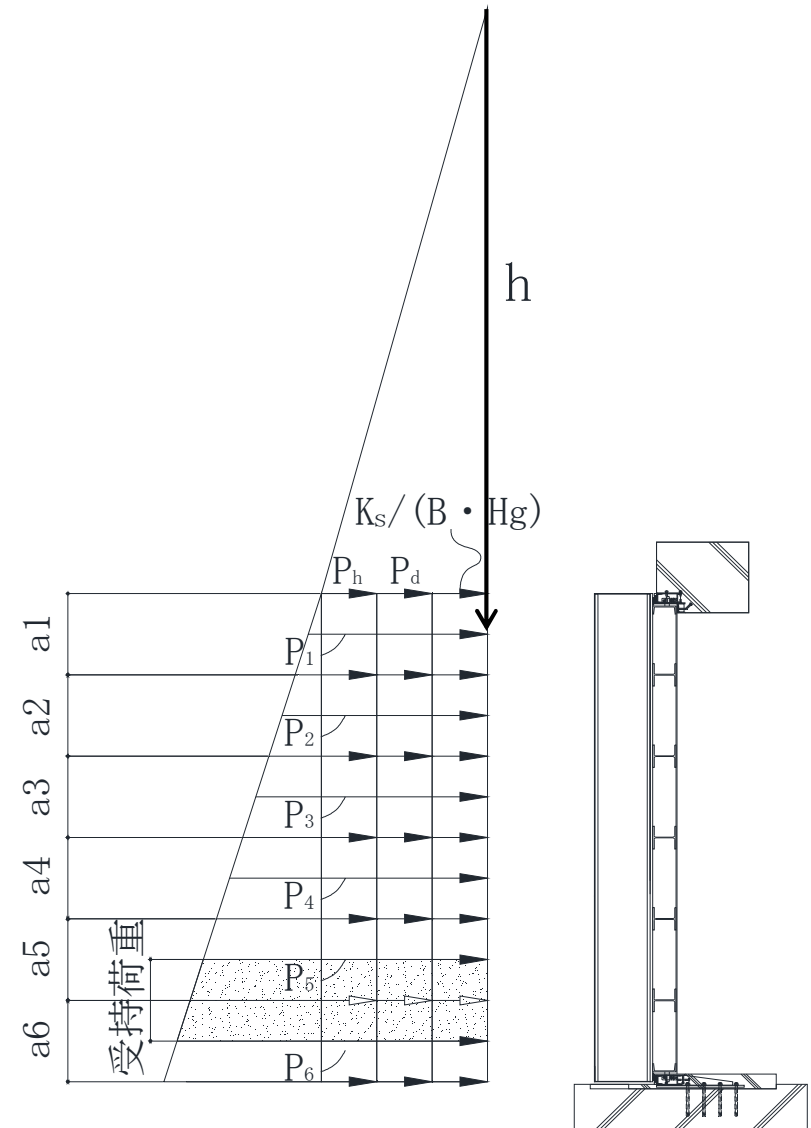
$$P_{hl}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 1.520 = 15.35329$$

$$= 15.35 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)
 g : 重力加速度9.80665(m/s²)
 h : 当該部分の浸水深さ図より = 1.520 (m)

$$P1 = P_{hl}' + P_s = 15.35 + 5.577 = 20.927 = 20.93 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_s: \text{余震による受圧面積に対する地震荷} = 5.577 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P2	kN/m ²	津波及び余震荷重	22	31.24
----	-------------------	----------	----	-------

P2: 芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P2 = P_{h1}' + P_s$$

ここで

P_{h2}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h2}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 2.540 = 25.65616$$

$$= 25.66 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

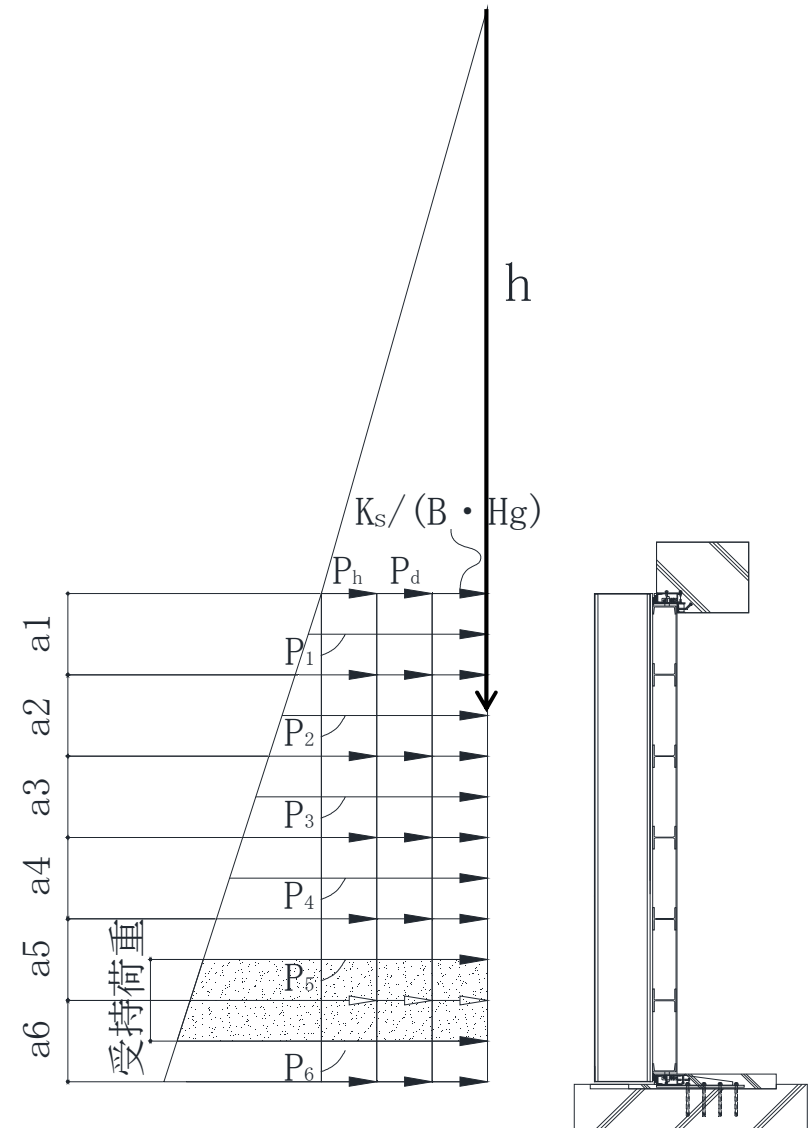
ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度9.80665(m/s²)

h : 当該部分の浸水深さ図より = 2.540 (m)

$$P2 = P_{h2}' + P_s = 25.66 + 5.577 = 31.237 = 31.24 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷 = 5.577 (kN/m²)



P3	kN/m ²	津波及び余震荷重	23	41.34
----	-------------------	----------	----	-------

P3: 芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P3 = P_{h3}' + P_s$$

ここで

P_{h3}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h3}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 3.540 = 35.75701$$

$$= 35.76 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

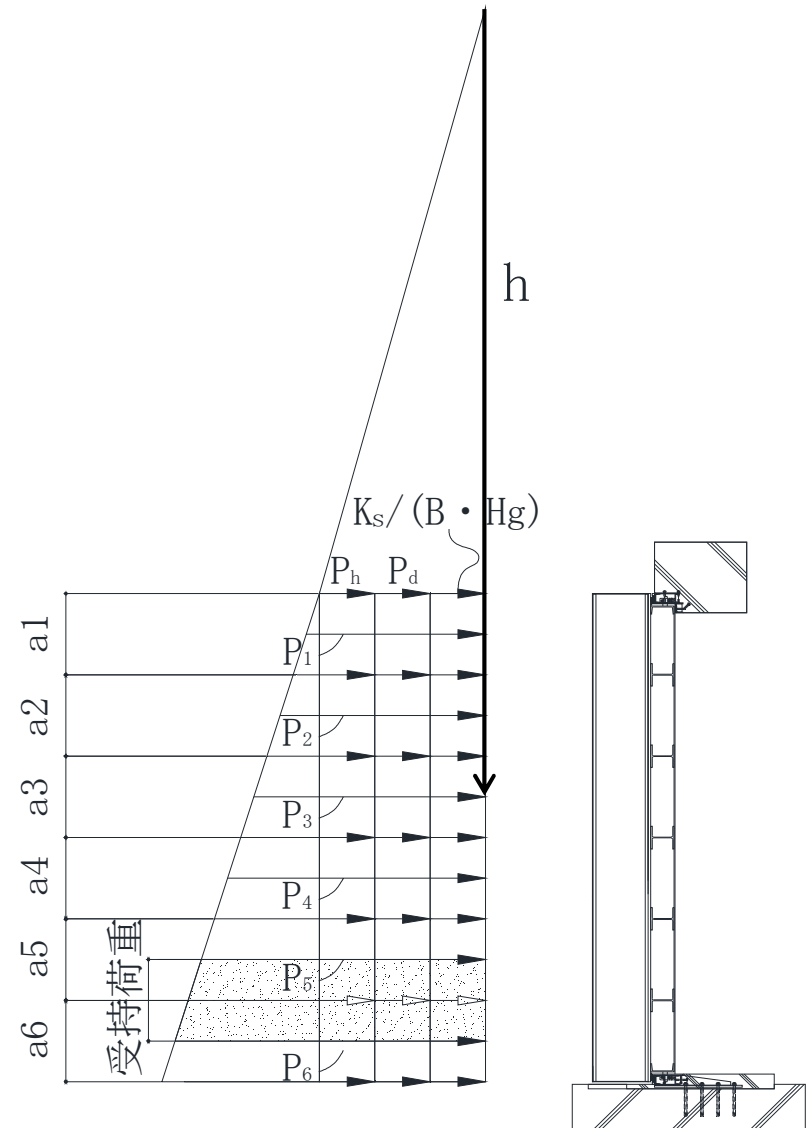
ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

h : 当該部分の浸水深さ図より = 3.540 (m)

$$P3 = P_{h3}' + P_s = 35.76 + 5.577 = 41.337 = 41.34 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷 = 5.577 (kN/m²)



P4	kN/m ²	津波及び余震荷重	24	51.44
----	-------------------	----------	----	-------

P4: 芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P4 = P_{h4}' + P_s$$

ここで

P_{h4}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h4}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 4.540 = 45.85786$$

$$= 45.86 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

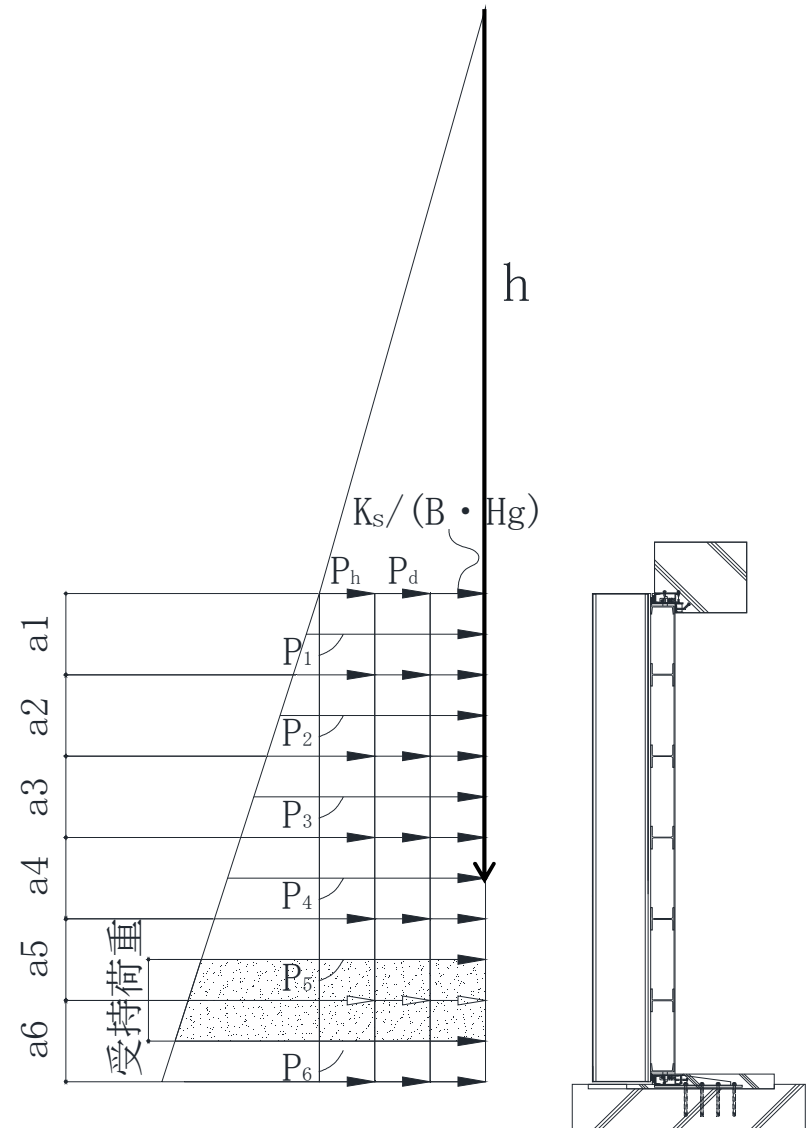
ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

h : 当該部分の浸水深さ図より = 4.540 (m)

$$P4 = P_{h4}' + P_s = 45.86 + 5.577 = 51.437 = 51.44 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷 = 5.577 (kN/m²)



P5	kN/m ²	津波及び余震荷重	25	60.02
----	-------------------	----------	----	-------

P5: 芯材(横桁)に作用する浸水津波及び荷重

浸水津波及び余震慮した荷重となることから添付資料〇 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P5 = P_{h5}'$$

ここで

P_{h5}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h5}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 5.390 = 54.44358$$

$$= 54.44 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

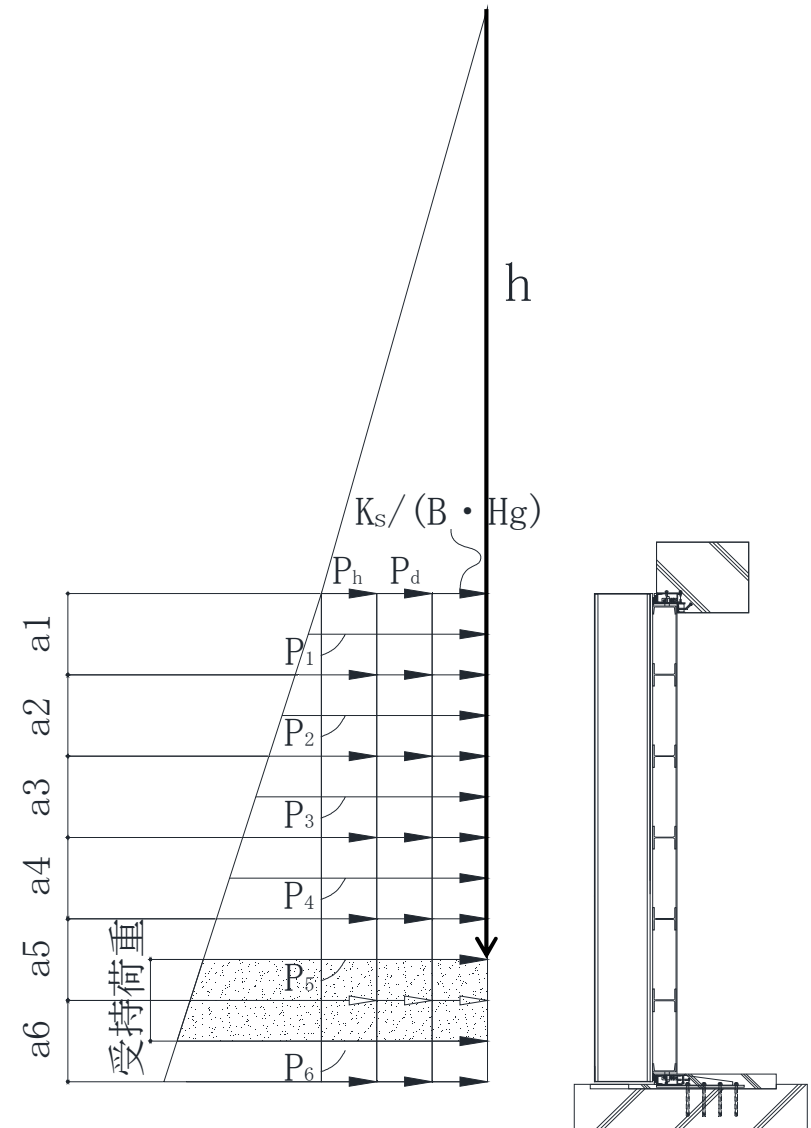
ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度9.80665(m/s²)

h : 当該部分の浸水深さ図より = 5.390 (m)

$$P5 = P_{h5}' + P_s = 54.44 + 5.577 = 60.017 = 60.02 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷 = 5.577 (kN/m²)



P6	kN/m ²	津波及び余震荷重	26	67.83
----	-------------------	----------	-----------	-------

P6: 芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P6 = P_{h6}' + P_s$$

ここで

P_{h6}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h6}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 6.1625 = 62.24649$$

$$= 62.25 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

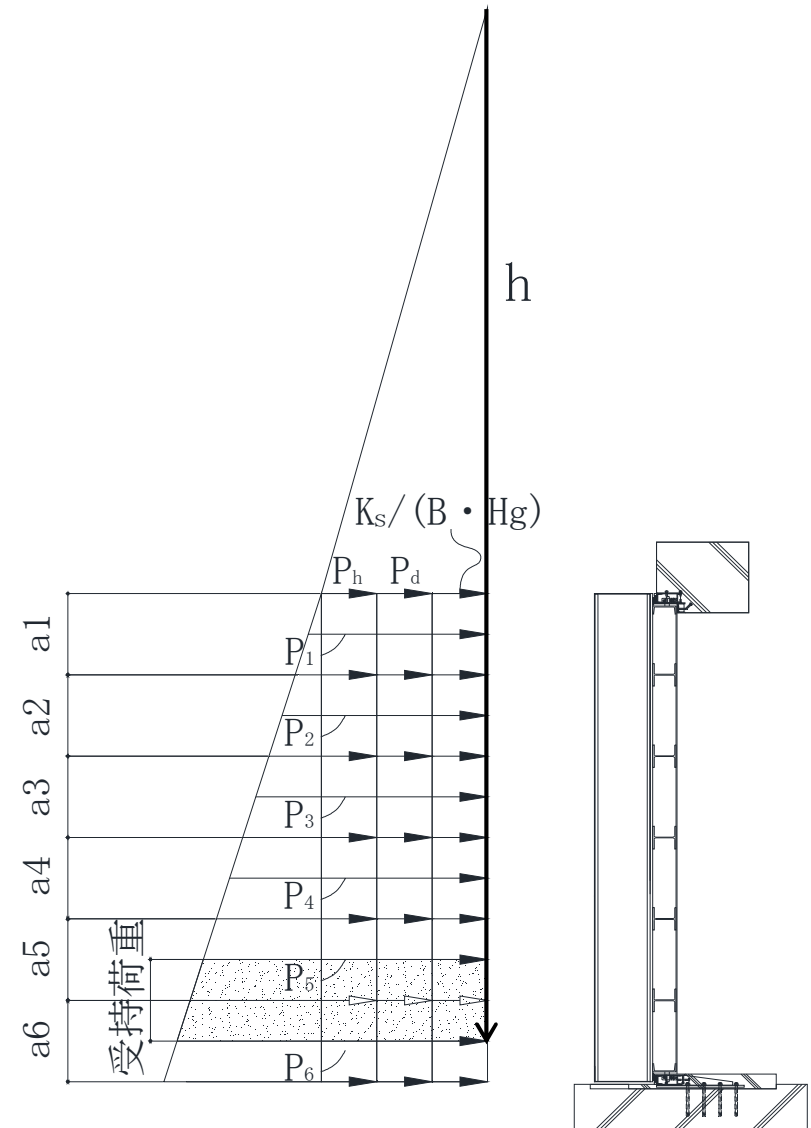
h : 当該部分の浸水深さ図より = 6.1625 (m)

$$P6 = P_{h6}' + P_s = 62.25 + 5.577 = 67.827 = 67.83 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷 = 5.577 (kN/m²)

以上を纏めると下表となる。

記号	単位	番号	津波及び余震荷重	h: 浸水深さ	単位
P1	kN/m ²	24	20.93	1.520	m
P2		25	31.24	2.540	
P3		26	41.34	3.540	
P4		27	51.44	4.540	
P5		28	60.02	5.390	
P6		29	67.83	6.1625	



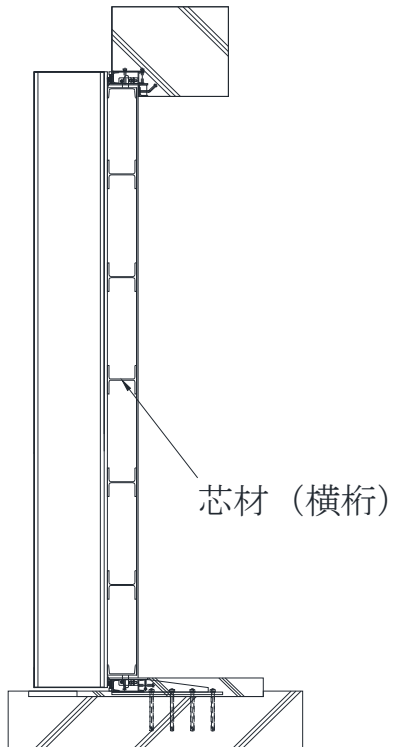
Z	mm ³	断面係数	27	860000
---	-----------------	------	----	--------

Z : 芯材(横桁)の断面係数

芯材(横桁)の断面係数を算定する。

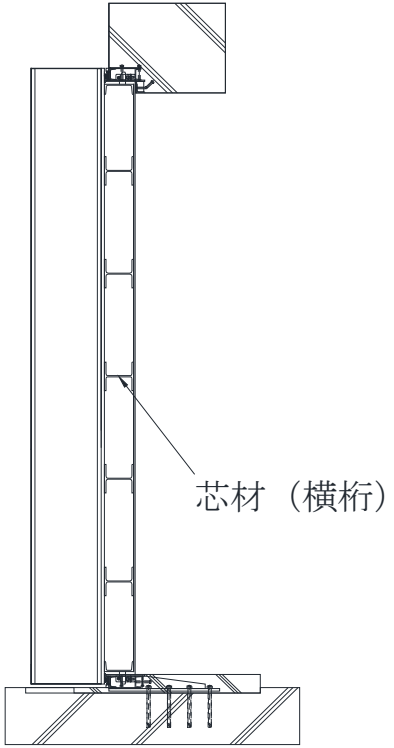
横桁 H-250×250×9×14

(JIS G 3192-2000より)



A	mm ²	断面積	28	9143
---	-----------------	-----	----	------

A : 芯材(横桁)の断面積
 芯材(横桁)の断面積を算定する。
 (JIS G 3192-2000より)



逆圧(カンヌキ)

F	kN	作用荷重	29	13.25
---	----	------	----	-------

カンヌキ

扉枠に発生する荷重は、

○水密扉の設計に関する補足資料 ○強度評価方法

(1) 荷重算定 a. 扉枠より算定する。

(1) 荷重算定(逆圧)

a. 扉枠

扉枠に生じる荷重は、次式により算定する。

$$F = R_p + P_s$$

ここで、

F : 作用荷重(kN)

R_p : 溢水に伴う荷重による反力(kN)

P_s : 余震に伴う地震荷重(kN)

F: カンヌキにかかる作用荷重

カンヌキへは、溢水及び余震に伴う荷重が反力として作用することから本式より算出する。

$$F = R_p + P_s = 0.381 + 12.87 = 13.2513 = 13.25 \text{ (kN)}$$

R_p : 溢水に伴う荷重によるカンヌキ部に発生する反力(kN)

溢水により発生する荷重(逆圧)は、カンヌキ部2か所が支持部となることことから荷重のつり合いより次の式で表すことが出来る。

$$R_p = P_0 = 0.3813$$

$$= 0.3813$$

$$= 0.3813 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_0 : 設計水圧荷重(kN)

水圧作用高さ及び扉設置高さより次のとおり算出する。

$$P_0 = g \cdot \rho \cdot B \cdot \frac{(H_0^2 - H_1^2)}{2} = 9.80665 \times 1.00 \times 5.400 \times \frac{(0.120^2 - 0.000^2)}{2}$$

$$= 0.381283$$

$$= 0.3813 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで

g : 重力加速度

9.80665 (m/s²)

ρ : 水の密度(海水)

1.00 (t/m³)

B : 受圧幅(添付図寸法より)

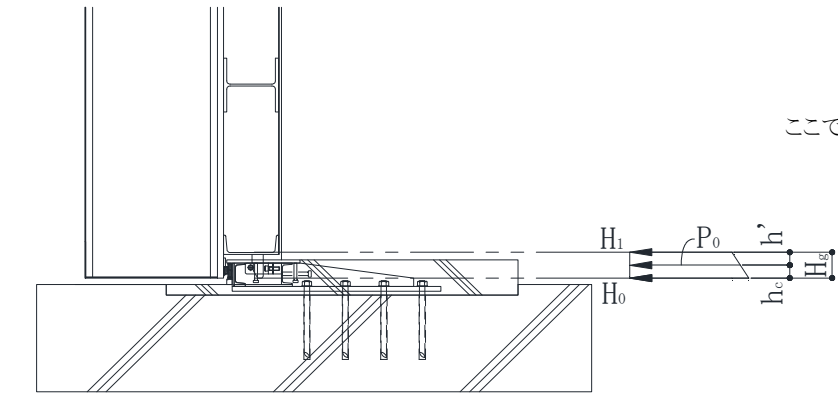
5.400 (m)

H_0 : 受圧高さ下端水位(添付図寸法より)

0.120 (m)

H_1 : 受圧高さ上端水位(添付図寸法より)

0.000 (m)



P_s : 余震に伴う地震荷重

$$P_s = G \cdot K_H / 2 = 40.21 \times 0.64 / 2 = 12.8672 = 12.87 \text{ (kN)}$$

G : 枠本体自重 40.21 (kN)

K_H : 水平震度 0.64

h_c	m	水圧中心位置	30	0.040
-------	---	--------	----	-------

h_c : 水圧中心位置

h_c : 水圧中心位置
台形重心位置高さより

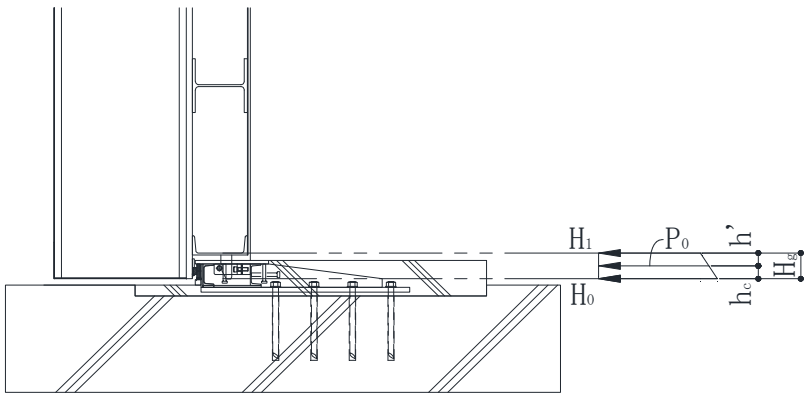
$$h_c = \frac{H_g \cdot H_0 + 2H_1}{3 \cdot H_0 + H_1} = \frac{0.120}{3} \times \frac{0.120 + 2 \times 0}{0.120 + 0}$$

$$= 0.04000$$

$$= 0.0400 \text{ (m) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで

H_g : 受圧高さ(添付図寸法より) 0.120 (m)

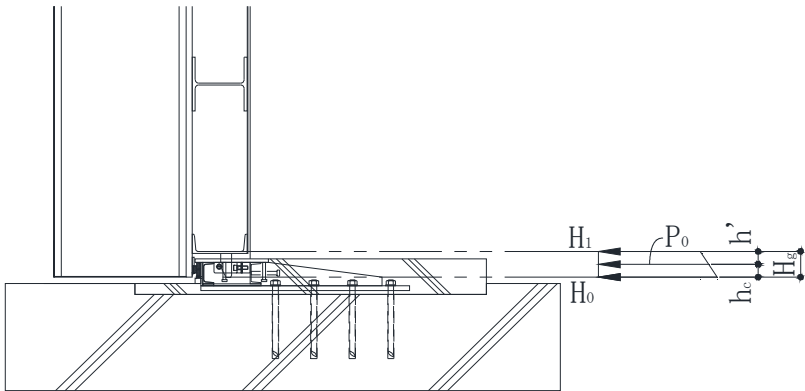


H_g	m	受圧高	31	0.120
-------	---	-----	----	-------

H_g : 水圧受圧高

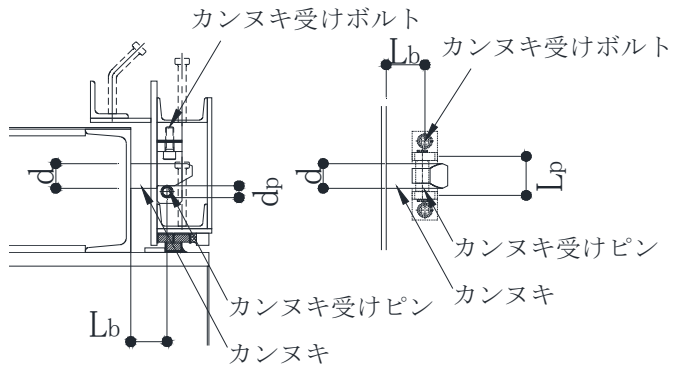
H_g : 受圧高さ(添付図寸法より) 0.120 (m)

$$H_g = H_0 - H_1 = 0.120 - 0 = 0.120 \text{ (m)}$$



L_b	mm	軸支持間距離	32	66.0
-------	----	--------	-----------	------

A : 水圧時カンヌキに作用する軸支持間距離

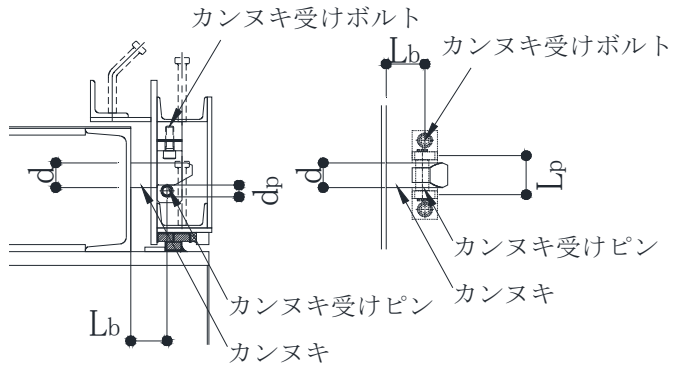


n	本	本数	33	4
---	---	----	----	---

n : カンヌキの本数(下部)

Z	mm ³	断面係数	34	12270
---	-----------------	------	----	-------

Z : カンヌキの断面係数
 カンヌキの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

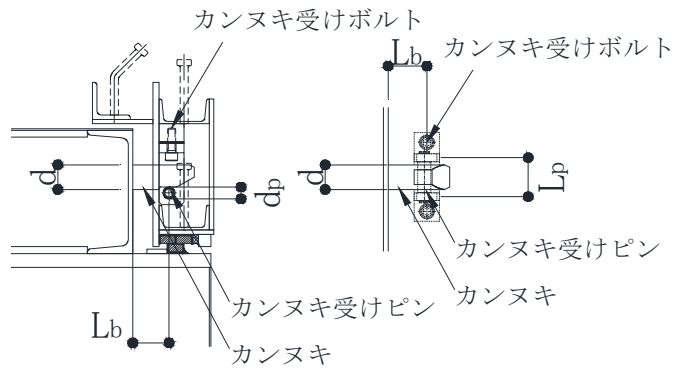
$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (50)^3 = 12271.8463$$

$$\Rightarrow 12270 \text{ mm}^3 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

d = 50 mm : カンヌキ径

A	mm ²	断面積	35	1963
---	-----------------	-----	----	------

A : カンヌキの断面積
 カンヌキの断面積を算定する

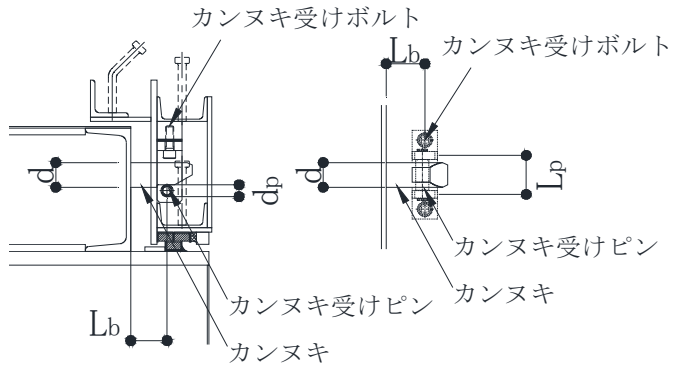


$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (50)^2 = 1963.495$$

$$\Rightarrow 1963 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

L_p	mm	軸支持間距離	36	91.0
-------	----	--------	-----------	------

L_p : 水圧時カンヌキ受けピンに作用する軸支持間距離

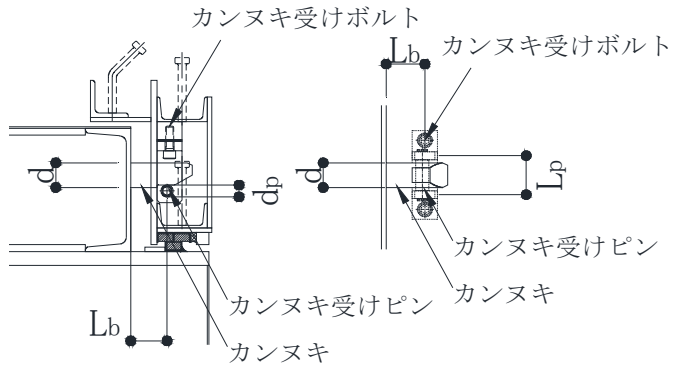


n	本	本数	37	1
---	---	----	----	---

n : カンヌキ受けピンの本数

Z	mm ³	断面係数	38	1534
---	-----------------	------	----	------

Z : カンヌキ受けピンの断面係数
 カンヌキ受けピンの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

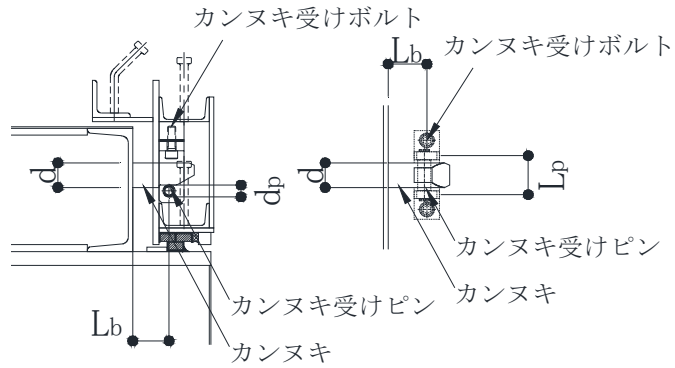
$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d_p^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (25)^3 = 1533.980788$$

$$\Rightarrow 1534 \text{ mm}^3 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

$$d_p = 25 \text{ mm} : \text{カンヌキ受けピン径}$$

A	mm ²	断面積	39	490.9
---	-----------------	-----	----	-------

A : カンヌキ受けピンの断面積
 カンヌキ受けピンの断面積を算定する



$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d_p^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (25)^2 = 490.8739$$

$$\Rightarrow 490.9 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

n	本	本数	40	2
---	---	----	----	---

n : カンヌキ受けボルトの本数

A_b	mm^2	1本当たりの断面積	41	157.0
-------	---------------	-----------	----	-------

A_b : カンヌキ受けボルト (M 16) 1本あたりの断面積
(JIS B 1082より)

$A_b = 157 \text{ mm}^2$

—B 1082—

表 1

単位 mm^2

メートル並目ねじ			メートル細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 (A_s)	ねじの呼び	有効断面積 (A_s)
M 1	0.25	0.460	M 8×1	39.2
M 1.1	0.25	0.588	M 10×1.25	61.2
M 1.2	0.25	0.732	M 12×1.25	92.1
M 1.4	0.3	0.983	M 14×1.5	125
M 1.6	0.35	1.27	M 16×1.5	167
*M 1.7	0.35	1.48	M 18×1.5	216
M 1.8	0.35	1.70	M 20×1.5	272
M 2	0.4	2.07	M 22×1.5	333
M 2.2	0.45	2.48	M 24×2	384
*M 2.3	0.4	2.91	M 27×2	496
M 2.5	0.45	3.39	M 30×2	621
*M 2.6	0.45	3.73	M 33×2	761
M 3	0.5	5.03	M 36×3	865
M 3.5	0.6	6.78	M 39×3	1030
M 4	0.7	8.78	M 72×6	3460
M 4.5	0.75	11.3	M 76×6	3890
M 5	0.8	14.2	M 80×6	4340
M 6	1	20.1	M 85×6	4950
M 7	1	28.9	M 90×6	5590
M 8	1.25	36.6	M 95×6	6270
M 9	1.25	48.1	M 100×6	6990
M 10	1.5	58.0	M 105×6	7760
M 11	1.5	72.3	M 110×6	8560
M 12	1.75	84.3	M 115×6	9390
M 14	2	115	M 120×6	10300
M 16	2	157	M 125×6	11200
M 18	2.5	192	M 130×6	12100
M 20	2.5	245		
M 22	2.5	303		
M 24	3	353		
M 27	3	459		
M 30	3.5	561		
M 33	3.5	694		

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
扉板	51 26

扉板部の発生応力度は

添付資料〇「水密扉の耐震評価書」 3.5 評価方法 (1)応力算定

a.扉板より発生応力を算定し、(2)断面検定 a. 扉板より曲げ応力度を算定する。なお、扉板にせん断力は発生しない。

(1) 応力算定

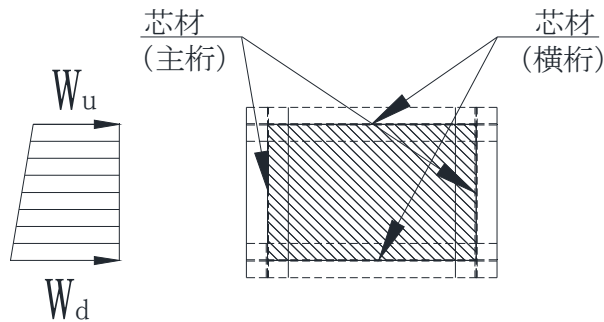
a. 扉板

扉板に生じる荷重は、浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重に余震荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、次式により算定する。

$$M = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2 \longrightarrow M: \text{扉板に発生する曲げモーメント}$$

扉板に発生するモーメントは、評価区画扉部において、作用する荷重は台形荷重となることから等分布荷重と不等分布荷重に分けることができる。このことから、芯材による4辺固定における扉板の曲げモーメントは、等変分布荷重四辺固定スラブ曲げモーメント式と不等分布荷重四辺固定スラブの曲げモーメント式を足した次式であらわされる。なお、算定式は、Mx1,Mx2 説明添付図参照。

$$\begin{aligned} M &= M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2 \\ &= 0.080 \times 54.43 \times (1.000)^2 + 0.050 \times (69.58 - 54.43) \times (1.000)^2 \\ &= 5.1119 \\ &= 5.112 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$



ここで、

- M_{x1} : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数(-) 5 より
- W_u : 区画上端の単位長さ当たりの作用荷重(kN/m) 3 より
- L : 区間短辺の長さ(m) 2 より
- M_{x2} : 等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数(-) 6 より
- W_d : 区画下端の単位長さ当たりの作用荷重(kN/m) 4 より

$$M = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$$

扉板に発生する曲げモーメントの諸元表

L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	単位
0.080	0.080	0.080	0.080	0.085	0.085	(-)
23.52	39.28	54.43	69.58	84.73	95.34	(kN/m)
1.040	1.000	1.000	1.000	0.700	0.845	(m)
0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	(-)
5.58	5.58	69.58	5.58	5.58	5.58	(kN/m)
1.065	1.457	5.112	2.366	1.590	2.582	(kN·m)

採用 \rightarrow ぐり戸のため扉板なし

(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

a. 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z} \longrightarrow \sigma : \text{扉板に生じる曲げ応力度}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{5.112 \times 10^6}{196000} = 26.08163265$$

$$= 26 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (\text{小数点第一位切り上げ, 整数表示})$$

ここで、

M: 扉板の曲げモーメント(k・m) 上述算定結果より

Z: 扉板の断面係数(mm³) 7より

$$\sigma = \frac{M}{Z} \longrightarrow$$

扉板に生じる曲げ応力度の諸元表

L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₆	単位
1.07	1.457	5.112	2.366	1.59	2.582		(kN・m)
196000	196000	196000	196000	196000	196000		(mm ³)
6	8	27	13	9	14		(N/mm ²)
		○					採用

くぐり戸のため扉板なし

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)	
芯材	52	33

芯材の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」 3.5 評価方法 (1)応力算定

b. 芯材より発生応力を算定し、(2)断面検定 a. 芯材より応力度を算定する。

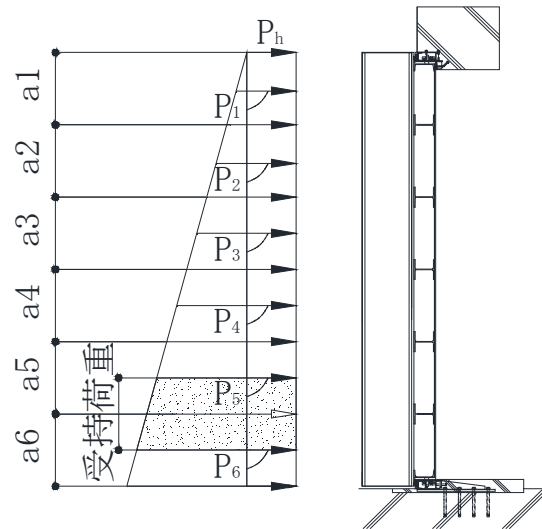
なお、ここでは横桁のせん断、曲げにおいて発生応力度結果が一番厳しい主桁の曲げの値を記載している。

b. 芯材

芯材に生じる荷重は、浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重を負担する芯材について算定する。

荷重負担は横桁で負担するものとして算定する。

水平方向に取付く、横桁については、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。



(a) 主桁

$$M = H_g^2 \cdot \left(\frac{P_1 + P_2}{9\sqrt{3}} + \frac{P_2}{8} \right) \longrightarrow M: \text{主桁に作用する曲げモーメント}$$

$$Q = H_g \cdot \left(\frac{P_1 + P_2}{3} + \frac{P_2}{2} \right) \longrightarrow \text{主桁に作用する荷重は台形荷重であることから、受圧高上下部を支点とした}$$

$$P_1 = P'_{hd} - P'_{hu} \longrightarrow ※ 2$$

$$P_2 = P'_{hu} \longrightarrow ※ 3$$

$$P'_{hu} = P_{hu} \cdot B \longrightarrow ※ 4$$

$$P'_{hd} = P_{hd} \cdot B \longrightarrow ※ 5$$

梁の等分布荷重による曲げモーメントと三角形荷重による曲げモーメントを足し合わせた本式であらわされる。ここでは、発生モーメントが厳しくなる中間主桁を算出する。



(b) 横桁

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} \longrightarrow ※ 7$$

$$Q = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} \longrightarrow ※ 8$$

$$\sigma_{bmax} = \frac{1}{n} \cdot \frac{W \cdot l \cdot e}{I}$$

(機械工学便覧 基礎編 第2章はり A4-33頁より: 両端支持三角形荷重における最大曲げ応力)

$$\sigma_{bmax} = \frac{1}{n} \cdot \frac{W \cdot l \cdot e}{I} \quad \text{より}$$

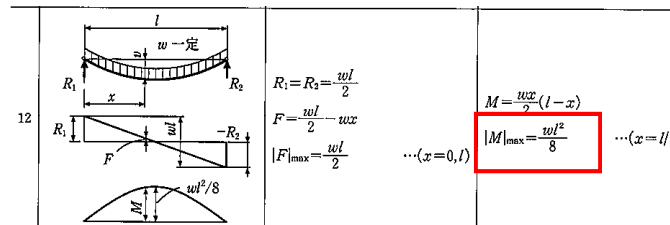
$$\text{最大曲げモーメント: } M = \frac{1}{n} \cdot W \cdot l = \frac{2}{9\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} W \cdot l \cdot l = \frac{p \cdot H_g^2}{9\sqrt{3}}$$

ここで

$$n = 9\sqrt{3}/2$$

$$W = P \cdot H_g$$

$$l = H_g$$



(機械工学便覧 基礎編 3-27より: 両端支持等分布荷重における最大モーメント)

$$\begin{aligned} \text{中間主桁 } M &= H_g^2 \cdot \left(\frac{P_1}{9\sqrt{3}} + \frac{P_2}{8} \right) = 5.585^2 \times \left(\frac{62.05}{9\sqrt{3}} + \frac{17.25}{8} \right) = 191.419179 \\ &= 191.4 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

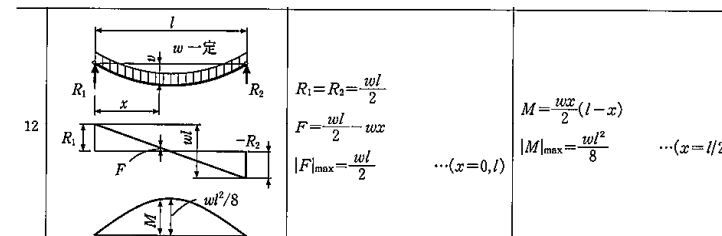
ここで,

※ 1

Hg: 受圧高(m)	8より	5.585 (m)
P1: 主桁に作用する三角形荷重(kN/m)	下述算定結果より	62.05 (kN/m)
P2: 主桁に作用する等分布荷重(kN/m)	下述算定結果より	17.25 (kN/m)
c: 主桁の作用荷重に対する係数(-)		

Q: 主桁に作用するせん断力

曲げモーメント同様梁の等分布荷重によるせん断力と三角形荷重によるせん断力を足し合わせ本式であらわされる。ここでは、せん断力が厳しくなる中間主桁(C=1/2)を算出する。
なお、中間主桁と端主桁の断面積はその形状より(C=1/2)にはならない。



(機械工学便覧 基礎編 3-27より: 両端支持等分布荷重における最大せん断力)

$$\begin{aligned} \text{中間主桁 } Q &= H_g \cdot \left(\frac{P_1}{3} + \frac{P_2}{2} \right) \cdot c = 5.585 \times \left(\frac{62.05}{3} + \frac{17.25}{2} \right) \times \frac{1}{2} = 81.8435208 \\ &= 81.84 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

ここで、

Hg:受圧高(m)	8より	5.585 (m)
P1:主桁に作用する三角形荷重(kN/m)	下述算定結果より	62.05 (kN/m)
P2:主桁に作用する等分布荷重(kN/m)	下述算定結果より	17.25 (kN/m)
c:主桁の作用荷重に対する係数(-)		

※2

P1: 主桁に作用する三角形荷重

扉に作用する浸水による静水圧荷重(下部)から扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)を差し引いた本式であらわすことが出来る。

$$P_1 = P'_{hd} - P'_{hu} = 79.30 - 17.25 = 62.05 \text{ (kN/m)}$$

ここで、

P'hd:扉に作用する浸水による静水圧荷重(下部)(kN/m) 下述算定結果より 79.30 (kN/m)

P'hu:扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)(kN/m) 下述算定結果より 17.25 (kN/m)

※3

P2:主桁に作用する等分布荷重

扉に作用する等分布荷重は、扉に作用する浸水静水圧荷重(上部)で本式で算出する。

$$P_2 = P'_{hu} = 17.25 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

ここで

P'hu:扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)(kN/m) 下述算定結果より 17.25 (kN/m)

※4

B:受圧幅 9より 1.100 (m)

P'hu:扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)(kN/m)

10で算出した扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことが出来る。

$$P'_{hu} = P_{hu} \cdot B = 15.68 \times 1.100 = 17.248 \\ = 17.25 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

※5

P'hd:扉に作用する浸水による静水圧荷重(下部)(kN/m)

11で算出した扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことが出来る。

$$P'_{hd} = P_{hd} \cdot B = 72.09 \times 1.100 = 79.299 \\ = 79.30 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

(b) 横桁

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8}$$

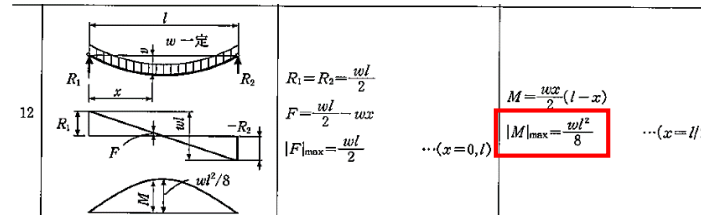
→ ※ 7

M : 横桁に作用する曲げモーメント

横桁に作用する荷重は、受圧幅左右を支持点とした梁の両端支持等分布荷重における曲げモーメントの公式であらわすことができる。

$$Q = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2}$$

→ ※ 8



(機械工学便覧 基礎編 3-27より: 両端支持等分布荷重における曲げモーメント)

n=1の場合

$$M_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{20.93 + 31.24}{2} \times \frac{1.040 + 1.000}{2} \times \frac{1.500^2}{8}$$

$$= 7.483134375$$

$$= 7.483 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=2の場合

$$M_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{31.24 + 41.34}{2} \times \frac{1.000 + 1.000}{2} \times \frac{1.500^2}{8}$$

$$= 10.2065625$$

$$= 10.21 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=3の場合

$$M_3 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{41.34 + 51.44}{2} \times \frac{1.000 + 1.000}{2} \times \frac{1.500^2}{8}$$

$$= 13.0471875$$

$$= 13.05 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=4の場合

$$M_4 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{51.44 + 60.02}{2} \times \frac{1.000 + 0.700}{2} \times \frac{1.500^2}{8}$$

$$= 13.32295313$$

$$= 13.32 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=5の場合

$$M_5 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{60.02 + 67.83}{2} \times \frac{0.700 + 0.845}{2} \times \frac{1.500^2}{8}$$

$$= 13.88870508$$

$$= 13.89 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=6の場合

$$M_6 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{67.83 + 0}{2} \times \frac{0.845 + 0.000}{2} \times \frac{1.500^2}{8}$$

$$= 4.030055859$$

$$= 4.030 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

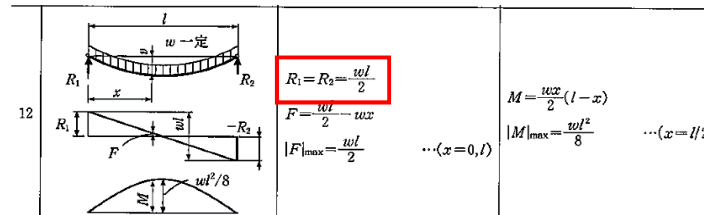
ここで、

Y : 主桁ピッチ(m)	16 より	1.500 (m)		
a1 : 横桁ピッチ(m)	17 より	1.040 (m)	P1 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	24 より 20.93 (kN/m ²)
a2 : 横桁ピッチ(m)	18 より	1.000 (m)	P2 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	25 より 31.24 (kN/m ²)
a3 : 横桁ピッチ(m)	19 より	1.000 (m)	P3 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	26 より 41.34 (kN/m ²)
a4 : 横桁ピッチ(m)	20 より	1.000 (m)	P4 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	27 より 51.44 (kN/m ²)
a5 : 横桁ピッチ(m)	21 より	0.700 (m)	P5 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	28 より 60.02 (kN/m ²)
a6 : 横桁ピッチ(m)	22 より	0.845 (m)	P6 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	29 より 67.83 (kN/m ²)

※8

Q: 横桁に作用するせん断力

横桁に作用する荷重は、受圧幅左右を支持点とした梁の両端支持等分布荷重におけるせん断力の公式であらわすことができる。



(機械工学便覧 基礎編 3-27より: 両端支持等分布荷重におけるせん断力)

n=1の場合

$$Q_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{20.93 + 31.24}{2} \times \frac{1.040 + 1.000}{2} \times \frac{1.500}{2}$$

$$= 19.955025$$

$$= 19.96 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=2の場合

$$Q_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{31.24 + 41.34}{2} \times \frac{1.000 + 1.000}{2} \times \frac{1.500}{2}$$

$$= 27.2175$$

$$= 27.22 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=3の場合

$$Q_3 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{41.34 + 51.44}{2} \times \frac{1.000 + 1.000}{2} \times \frac{1.500}{2}$$

$$= 34.7925$$

$$= 34.79 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=4の場合

$$Q_4 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{51.44 + 60.02}{2} \times \frac{1.000 + 0.700}{2} \times \frac{1.500}{2}$$

$$= 35.527875$$

$$= 35.53 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=5の場合

$$Q_5 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{60.02 + 67.83}{2} \times \frac{0.700 + 0.845}{2} \times \frac{1.500}{2}$$

$$= 37.03654688$$

$$= 37.04 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=6の場合

$$Q_6 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{67.83 + 0}{2} \times \frac{0.845 + 0.000}{2} \times \frac{1.500}{2}$$

$$= 10.74681563$$

$$= 10.75 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

ここで、

	Y : 主桁ピッチ(m)	16 より	1.500 (m)		
1	a1 : 横桁ピッチ(m)	17 より	1.040 (m)	P1 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	24 より 20.93 (kN/m ²)
2	a2 : 横桁ピッチ(m)	18 より	1.000 (m)	P2 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	25 より 31.24 (kN/m ²)
3	a3 : 横桁ピッチ(m)	19 より	1.000 (m)	P3 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	26 より 41.34 (kN/m ²)
4	a4 : 横桁ピッチ(m)	20 より	1.000 (m)	P4 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	27 より 51.44 (kN/m ²)
5	a5 : 横桁ピッチ(m)	21 より	0.700 (m)	P5 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	28 より 60.02 (kN/m ²)
6	a6 : 横桁ピッチ(m)	22 より	0.845 (m)	P6 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	29 より 67.83 (kN/m ²)

b. 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

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

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

σ : 芯材に生じる曲げ応力度

中間主桁

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{191.4 \times 10^6}{5890000} = 32.49575552$$

$$= 33 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

ここで,

M : 中間主桁の曲げモーメント(kN・m) 上述算定結果より 191.4 (kN・m)
 Z : 中間主桁の断面係数(mm³) **23**より 5890000 (mm³)

横主桁

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{13.89 \times 10^6}{860000} = 16.149651163$$

$$= 17 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

ここで,

M : 横桁の曲げモーメント(kN・m) 上述算定結果より 13.89 (kN・m)
 Z : 横桁の断面係数(mm³) **23**より 860000 (mm³)

τ : 芯材に生じるせん断応力度

中間主桁

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{81.84 \times 10^3}{27920} = 2.931232092$$

$$= 3 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

ここで,

Q : 中間主桁のせん断力(kN) 上述算定結果より 81.84 (kN)
 A : 中間主桁の断面積(mm²) **24**より 27920 (mm²)

横主桁

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{37.04 \times 10^3}{9143} = 4.0511867$$

$$= 4 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

ここで,

Q : 横桁のせん断力(kN) 上述算定結果より 37.04 (kN)
 A : 横桁の断面積(mm²) **24**より 9143 (mm²)

逆圧

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)	
カンヌキ	53	73

カンヌキ部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の強度評価書」3.5 評価方法 (1)応力算定

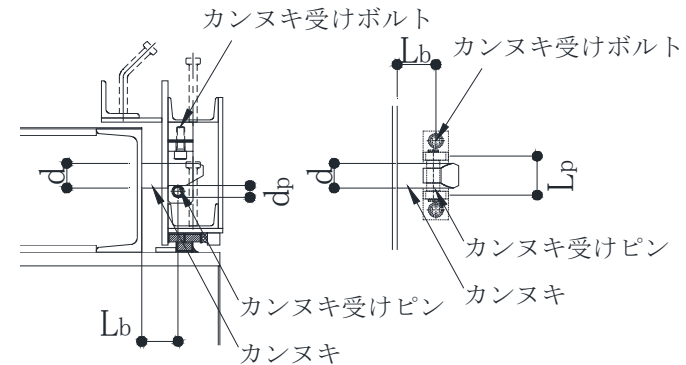
b.扉枠より発生応力を算定し、(2)断面検定 a. カンヌキより曲げ応力度を算定する。

荷重

b. カンヌキ部

(a) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。カンヌキに生じる荷重の例を第○-○図に示す。



$$M = F \cdot L_b$$

M : カンヌキ部に発生する水平荷重により、カンヌキ受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はカンヌキで負担する

$$M = F \cdot L_b = 13.25 \times 66.00 = 874.50 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 874.5 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・mm)

F : 作用荷重 (kN)

L_b : 軸支持間距離 (mm)

$$Q = F$$

Q : カンヌキ部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

$$Q = F = 13.25 \text{ (kN)}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

F : 作用荷重 (kN)

応力

- b. カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定
 カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{カンヌキに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

- σ_x : 組合せ応力度 (N/mm²)
- M : 曲げモーメント (kN・m)
- Q : せん断力 (kN)
- Z : カンヌキの断面係数 (mm³)
- A : カンヌキの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{874.5}{12270}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{13.25}{1963}\right)^2} \\ &= 0.0722239150 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 72.223915 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= \boxed{73} \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ここで、

M : 曲げモーメント	上記より	874.5 (kN・m)
Q : せん断力	上記より	13.25 (kN)
Z : カンヌキの断面係数	34 より	12270 (mm ³)
A : カンヌキの断面積	35 より	1963 (mm ²)

逆圧

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)	
カンヌキ受けピン	54	197

カンヌキ部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の強度評価書」3.5 評価方法 (1)応力算定

b.扉枠より発生応力を算定し、(2)断面検定 a. カンヌキ受けピンより曲げ応力度を算定する。

荷重

b. カンヌキ部

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる応力は、次式により算定する。

$$M = \frac{R_p \cdot L_p}{4}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・mm)

F : 作用荷重 (kN)

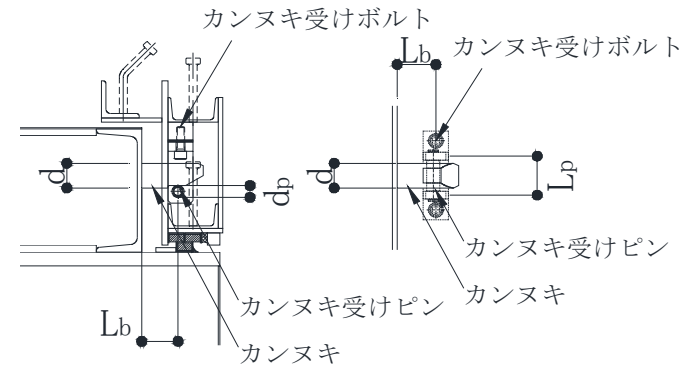
L_p : 軸受け間距離 (mm)

$$Q = R_p$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

F : 作用荷重 (kN)



M : カンヌキ部に発生する水平荷重により、カンヌキ受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はカンヌキで負担する

$$M = \frac{F \cdot L_p}{4} = \frac{13.25 \times 91.0}{4} = 301.4375 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 301.4 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

Q : カンヌキ部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

$$Q = 13.25 \text{ (kN)}$$

逆圧

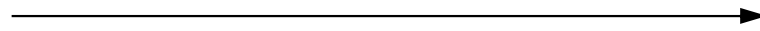
評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)	
カンヌキ受けボルト	55	43

カンヌキ受けボルト部の発生応力度は
 添付資料○「水密扉の強度評価書」3.5 評価方法 (1)応力算定
 b.(c)より算定する荷重から(2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

- (c) カンヌキ受けボルト
 カンヌキ受けボルトに生じる荷重は、次式により算定する。

$$T = F$$

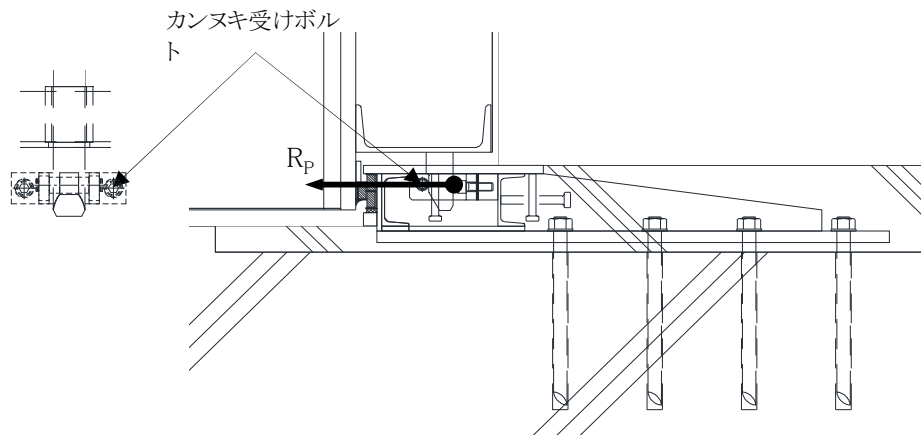


T : カンヌキ部に発生する水平荷重がカンヌキ受けボルトに引張力として作用することから次式より求める

$$T = F = 13.25 \text{ (kN)}$$

ここで、

- T : 引張力(kN)
- F : 作用荷重(kN)



応力

c. カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる引張応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_T = \frac{T}{n \cdot A_b}$$

ここで、

σ_T : 引張応力度 (N/mm²)

T : 引張力 (kN)

n : 本数

A_b : M16 1本当たりの断面積

σ_T : カンヌキ受けボルトに発生する引張力による引張応力度を次式より求める。ここでカンヌキ部1か所における引張力を負担するボルト本数は 2 本である。

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{T}{n \cdot A_b} = \frac{13.25}{2 \cdot 157.0} = 0.0421974522 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 42.19745223 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 43 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)		
扉板	61	235	曲げ

扉板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SS400

扉板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101」(2015年版)より

降伏点 235 N/mm², 引張強さ 400 N/mm²(保守的下限值)から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(235, 400 \times 0.7) = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、 235 (N/mm²)

表 3—機械的性質

種類の記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	伸び			曲げ性		
	厚さ ^{a)} mm					試験片	%	曲げ 角度	内側半径	試験 片 ^{b)}	
	16以下	16を超え 40以下	40を超え 100以下	100を超 えるもの							
SS330	205以上	195以上	175以上	165以上	330~430	鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5以下	5号	26以上	180°	厚さの 0.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	21以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	26以上			
						鋼板, 平鋼の厚さ40を超えるもの	4号	28以上 ^{b)}	180°	径, 辺又は対辺距離の0.5倍	2号
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	25以上			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	28以上			
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5以下	5号	21以上	180°	厚さの 1.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	17以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	21以上			
						鋼板, 平鋼, 形鋼の厚さ40を超えるもの	4号	23以上 ^{b)}	180°	径, 辺又は対辺距離の1.5倍	2号
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	20以上			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	22以上			

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)				
芯材	62	235	曲げ	135	せん断

芯材の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SS400

芯材の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101」(2015年版)より

降伏点 235 N/mm², 引張強さ 400 N/mm²(保守的下限值)から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(235, 400 \times 0.7) = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、 235 (N/mm²)

許容せん断応力度f_s, F:基準値

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}} = \frac{235}{\sqrt{3}} = 135.6773 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

⇒ 135 (N/mm²) (小数点第一位切り捨て、整数表示)

表 3-機械的性質

種類の記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	伸び			曲げ性		
	厚さ ^{a)} mm					厚さ ^{a)} mm	試験片	%	曲げ 角度	内側半径	試験 片 ^{b)}
	16以下	16を超え 40以下	40を超え 100以下	100を超 えるもの							
SS330	205以上	195以上	175以上	165以上	330~430	鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5以下	5号	26以上	180°	厚さの 0.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	21以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	26以上			
						鋼板, 平鋼の厚さ40を超えるもの	4号	28以上 ^{b)}			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	25以上			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	28以上			
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5以下	5号	21以上	180°	厚さの 1.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	17以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	21以上			
						鋼板, 平鋼, 形鋼の厚さ40を超えるもの	4号	23以上 ^{b)}			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	20以上			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	22以上			

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)		
カンヌキ	63	205	曲げ

カンヌキの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SUS304

原子炉建屋水密扉○のカンヌキの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303」P1213より

降伏点 205 N/mm², 引張強さ 520 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表 7 オーステナイト系の機械的性質

種類(記号)	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り(°) %	硬さ(°)		
					HBW	HRBS 又は HRBW	HV
SUS 201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下
SUS 202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下
SUS 304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)		
カンヌキ受けピン	64	686	曲げ

カンヌキ受けピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM440

カンヌキ受けピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 835 N/mm², 引張強さ 980 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(835, 980 \times 0.7) = 686 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表2 (続き)

種類の記号	熱処理℃		引張試験(1号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 (水冷)又は925 保持後850~900 油冷	150~200 空冷	—	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後850 ~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830~880油冷	520~620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830~880油冷	520~620 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCr 440	830~880油冷	520~620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830~880油冷	520~620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上
SCM 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830~880油冷	530~630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830~880油冷	530~630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830~880油冷	530~630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830~880油冷	530~630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)		
カンヌキ受けボルト	65	651	引張

カンヌキ受けボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM435

カンヌキ受けボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 785 N/mm², 引張強さ 930 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値

$$F = \text{MIN}(785, 930 \times 0.7) = 651 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表2 (続き)

種類の記号	熱処理℃		引張試験(1号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 (水冷)又は925 保持後850~900 油冷	150~200 空冷	—	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後850 ~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830~880油冷	520~620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830~880油冷	520~620 急冷	735以上	880以上	15以上	50以上
SCr 440	830~880油冷	520~620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830~880油冷	520~620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上

SCM 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830~880油冷	530~630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830~880油冷	530~630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830~880油冷	530~630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830~880油冷	530~630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
扉板	71 0.11

扉板の許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **51**、**61** から

$$26 / 235 = 0.110638298$$

⇒ **0.11** (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
芯材	72 0.14

芯材の許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

主桁

発生応力度/許容限界値より前ページ **52**、**62** から

$$33 / 235 = 0.140425532$$

⇒ **0.14** (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
カンヌキ	73 0.36

カンヌキの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **53**、**63** から

$$73 / 205 = 0.35609756$$

⇒ **0.36** (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
カンヌキ受けピン	74 0.29

カンヌキ受けピンの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **54**、**64** から

$$197 / 686 = 0.287172012$$

⇒ **0.29** (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
カンヌキ受けボルト	75 0.07

カンヌキ受けボルトの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **55**、**65** から

$$43 / 651 = 0.06605223$$

⇒ **0.07** (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

■ 強度計算（原子炉建屋付属棟東側水密扉No.11）【A”タイプ】

1. 強度評価に用いる条件(原子炉建屋水密扉)

強度計算条件を下記に示す。

扉枠取付箇所	ヒンジ形式	余震係数		水頭 (m)		水の密度		漂流物衝突荷重①					
						(t/m ³)		車両重量	車両幅	車両高さ	流速	漂流物の衝突荷重(道示)	漂流物の衝突荷重
		水平	鉛直	正圧	逆圧	正圧	逆圧	(kg)	(mm)	(mm)	(m/s)	$P_H = 0.1 \times W \times g \times V$ (N)	P_H (kN)
躯体開口内	2軸タイプ	0.64	0.53	4.1	—	1.03	—	1500	—	—	2	2942	2.9

上記の条件より下表の部位を評価する。

扉枠取付箇所		躯体壁面	
水圧方向		正圧	
ヒンジ形式		2軸	
評価対象部位	扉板		○
	芯材		—
	ヒンジ部	ヒンジアーム	—
		ヒンジピン	—
		ヒンジボルト	—
		ヒンジアンカー	—
	カンヌキ部	カンヌキ	—
		カンヌキ受けピン	—
カンヌキボルト		—	
カンヌキアンカー		—	

凡例 ○ :評価箇所を示す。
— :評価対象外を示す。

想定津波高さ T.P.+30.7m

RB床面高さ T.P.+8.2m

漂流物衝突荷重②						
足場板重量	足場板幅	足場板長さ	足場板高さ	流速	漂流物の衝突荷重(FEMA)	漂流物の衝突荷重
(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(m/s)	$F = 1.3 \cdot V \sqrt{Km(1+c)}$ (N)	P_H (kN)
10	200	1200	35	2	12.7	12.7

G	kN	扉体自重	<i>I</i>	58.84
---	----	------	----------	-------

G : 扉体自重

自重の内訳は次の通り

G1 : 扉本体(カンヌキ装置、ヒンジ含む)	6000	kg	58.84	kN
G2 : 枠本体(強度計算では含めない)	4000	kg	39.23	kN
G : 合計(強度計算では枠本体の自重は含めない)	6000	kg	58.84	kN

凡例:

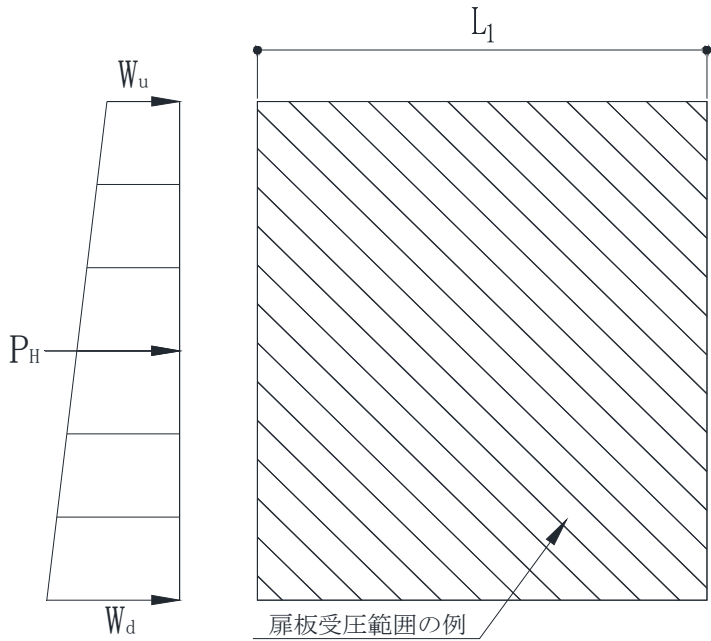
	は入力値
	は計算値
	は既に入力又は計算された値

注) 補足資料の数値計算説明書においては水密扉の自重に枠本体自重を含める

L	m	区画の長さ	2	1.600
---	---	-------	---	-------

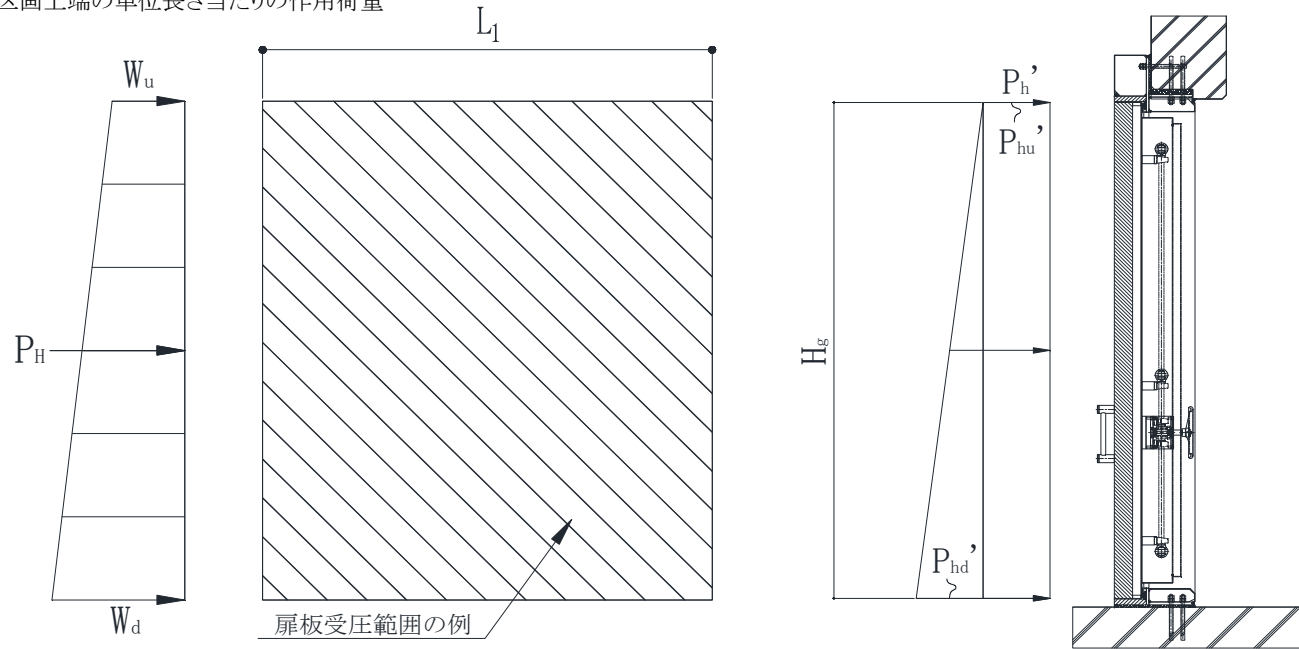
L:扉体の区画短辺の長さ
 該当部位は、次の通り。

L	区画の長さ
L ₁	1.600



W_u	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重	3	28.61
-------	------	-------------------	---	-------

W_u : 区画上端の単位長さ当たりの作用荷重



扉板評価に必要な作用荷重を算定する。ここでは、重量を考慮した荷重となることから

添付資料〇 7.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_u = (P_{hu}' + P_s) \cdot B$$

ここで

P_{hu}' : 評価区画上端部の浸水による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$P_{hu}' = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times 1.000 = 10.10085 = 10.10 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

h_u : 当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) = 1.000 (m)

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重

$$P_s = G \cdot K_H / (H_g \cdot B) = 58.84 \times 0.64 / (3.025 \times 1.60) = 7.780495868 = 7.780 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

G : 扉体自重	58.84 (kN)
K_H : 水平震度	0.64
H_g : 受圧高	3.025 (m)
B : 受圧幅	1.60 (m)

$$g \text{ より受圧幅 } B = 1.600$$

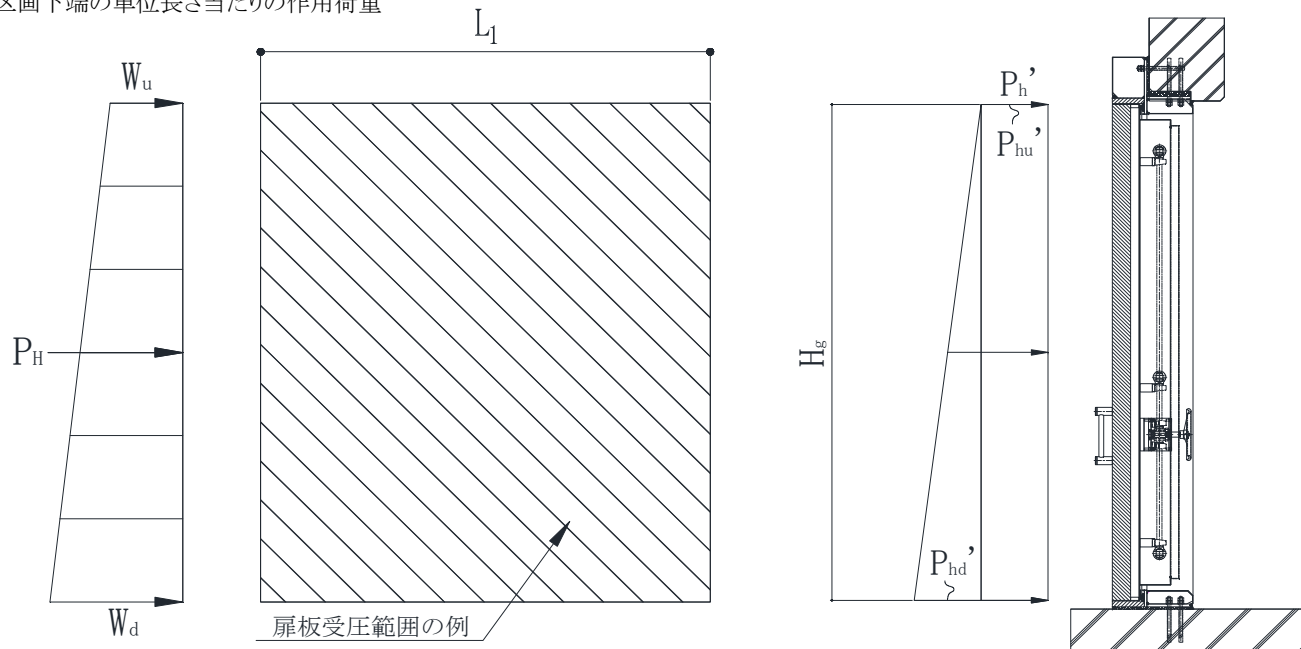
$$W_u = (P_{hu}' + P_s) \cdot B = (10.100 + 7.780) \times 1.600 = 28.608 = 28.61 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

区画上端の単位長さ当たりの作用荷重表

L	区画の長さ	h_u	P_{hu}'	P_s	W_u
L_1	1.600	1.000	10.10	7.780	28.61

W_d	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重	4	77.50
-------	------	-------------------	---	-------

W_d : 区画下端の単位長さ当たりの作用荷重



扉板評価に必要な作用荷重を算定する。ここでは、重量を考慮した荷重となることから

添付資料〇 7.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_d = P_{hd}' \cdot B$$

ここで

P_{hd}' : 評価区画下端部の浸水による静水圧荷重

$$P_{hd}' = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times 4.025 = 40.65592 = 40.66 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

$$h_d : \text{当該部分の浸水深さ(区画下端高さを考慮)} = 1.00 + 3.025 = 4.025 \text{ (m)}$$

$$P_s : \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 7.780 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$g \text{ より受圧幅} B = 1.600$$

$$W_u = (P_{hu}' + P_s) \cdot B = (40.66 + 7.780) \times 1.600 = 77.504 = 77.50 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

区画下端の単位長さ当たりの作用荷重表

L	区画の長さ	h_u	P_{hu}'	P_s	W_u
L_1	1.600	4.025	40.66	7.780	77.50

M_{x1}	—	等分布荷重による曲げ 応力算定用の係数	5	0.085
----------	---	------------------------	---	-------

M_{x1} : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数

建築構造学体系11 平板構造 図5-1 等分布荷重四辺固定スラブ
の曲げモーメントとたわみより

l_x : 短辺方向図面より 1.600

l_y : 長辺方向図面より 3.025

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{3.025}{1.600} = 1.90 \quad \text{グラフより } 0.085 \text{ を採用}$$

	$\frac{l_y}{l_x}$	計算値	M_{x1}
L	$\frac{l_y}{l_x}$		
	3.025	1.90	0.085
L_1	1.600		

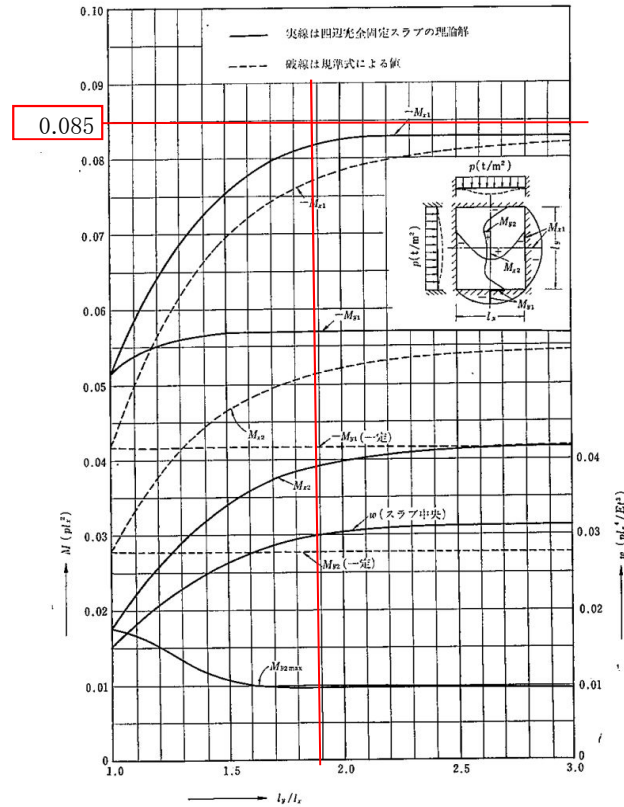


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{x2}	—	等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	6	0.050
----------	---	---------------------	---	-------

M_{x2} : 等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数

建築構造学体系11 平板構造 図5-2 等変分布荷重四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみより

l_x : 短辺方向図面より 1.600

l_y : 長辺方向図面より 3.025

$\frac{l_y}{l_x} = \frac{3.025}{1.600} = 1.90$ グラフより 0.050 を採用

	$\frac{l_y}{l_x}$	計算値	M_{x2}
L	$\frac{l_y}{l_x}$		
	3.025	1.90	0.050
L_1	1.600		

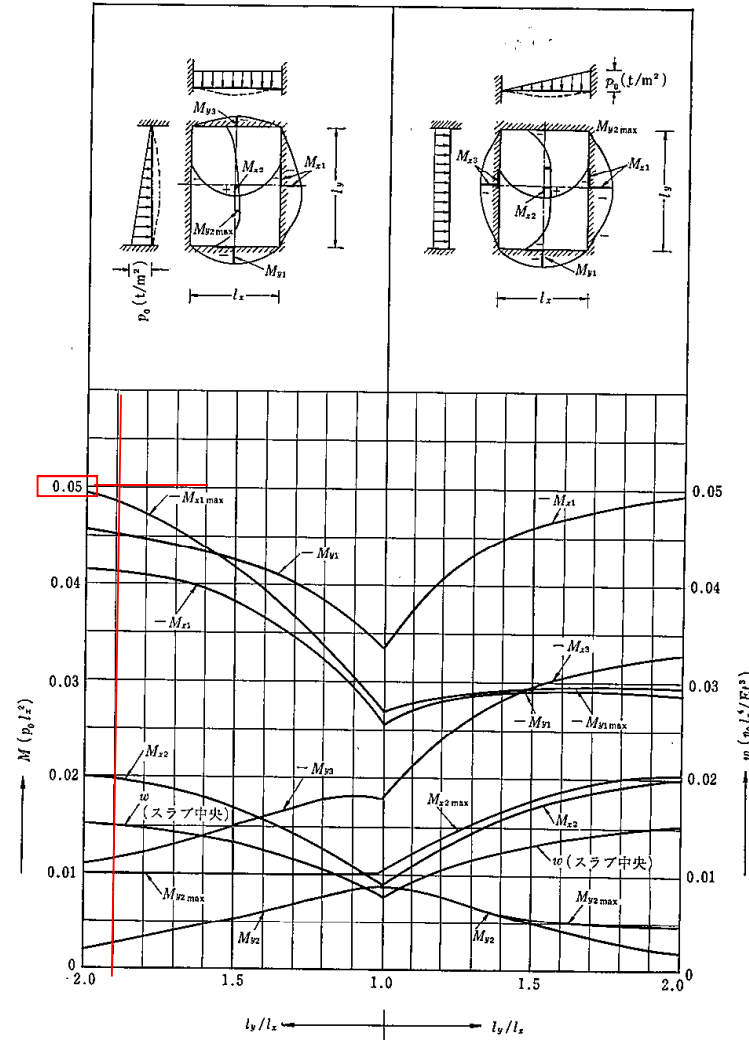
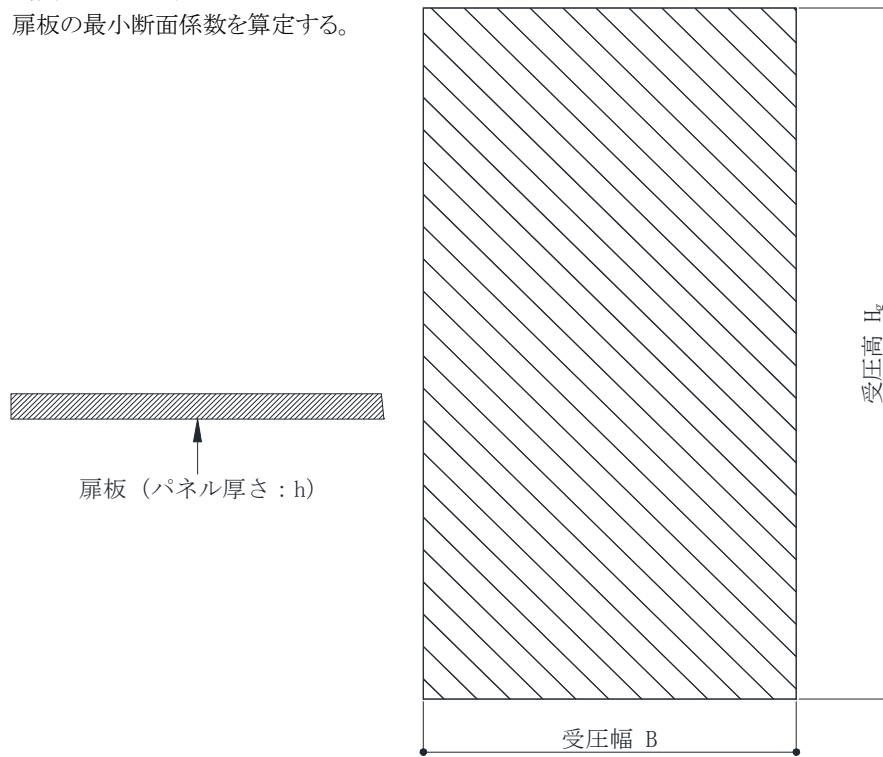


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

Z	mm ³	最小断面係数	7	3227000
---	-----------------	--------	---	---------

Z : 扉板の断面係数
 扉板の最小断面係数を算定する。



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

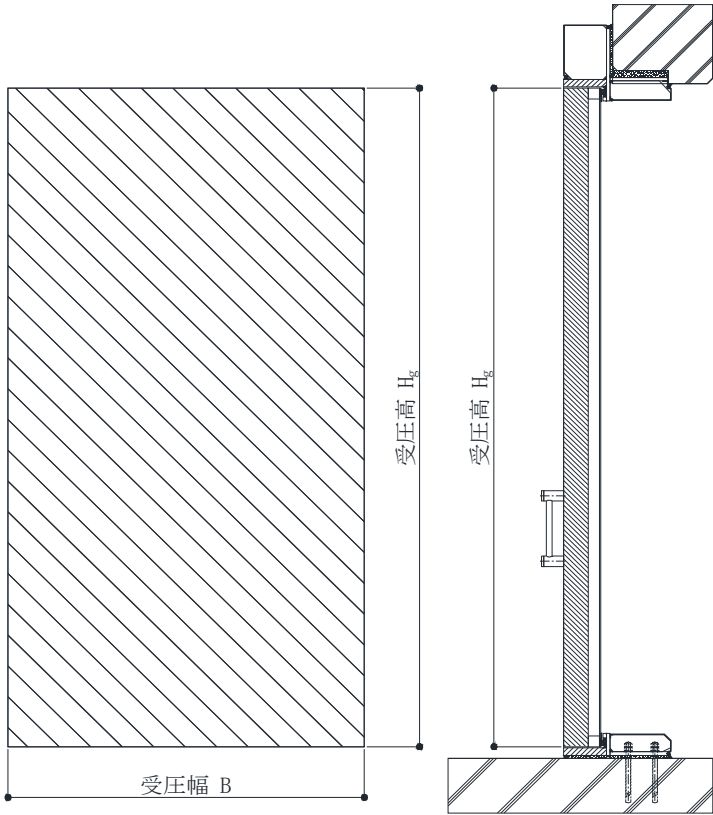
$$Z = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 1600 \times (110)^2 = 3227000 \text{ (mm}^3\text{)}$$

b: 弱軸側評価となる長辺方向距離 1.600 m = 1600 mm

h: パネル厚さ PL- 110 mm

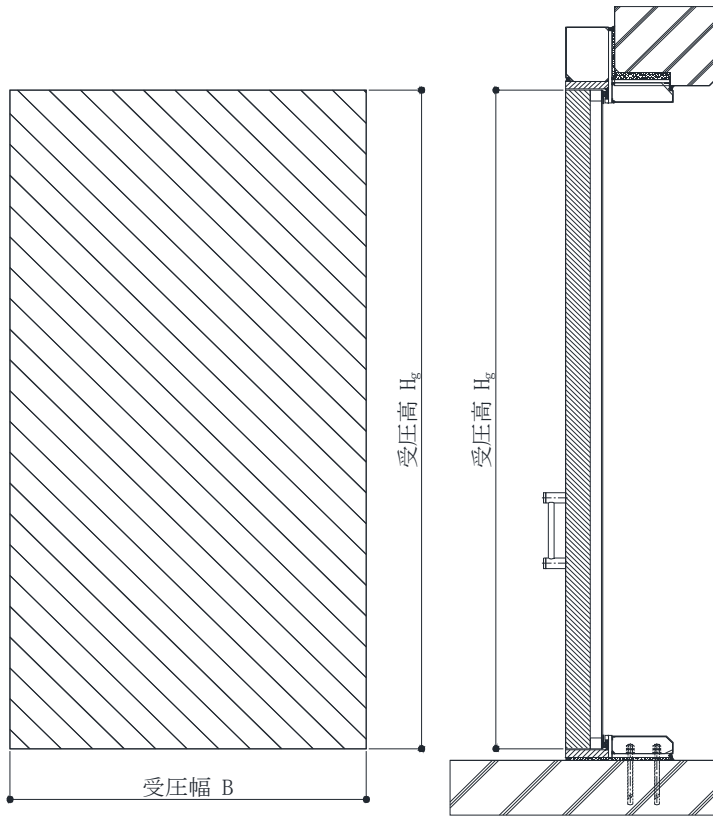
H_g	m	受圧高	δ	3.025
-------	---	-----	----------	-------

H_g : 芯材の受圧高
 当該部分は、以下のとおり。



B	m	受圧幅	9	1.600
---	---	-----	---	-------

B : 芯材の受圧幅
当該部は、以下のとおり。



P_{hu}	kN/m ²	溢水による静水圧及び余震による荷重(上部)	10	17.88
----------	-------------------	-----------------------	----	-------

P_{hu} : 芯材に作用する浸水津波荷重又は溢水による静水圧及び余震による荷重(上部)

添付資料○水密扉計算書 7.3(1) 荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(P_h)算定式より

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_u$$

上部静水圧荷重算定のため、

添付資料○第3.2-1表より

ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

水圧作用高さE.L. 4.080 (m)

g : 重力加速度9.80665 (m/s²)

h_u : 当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) = 1.000 (m)

$$P_{hu} = \rho \cdot g \cdot h_u + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times (4.080 - 0.055 - 3.025) + 7.780$$

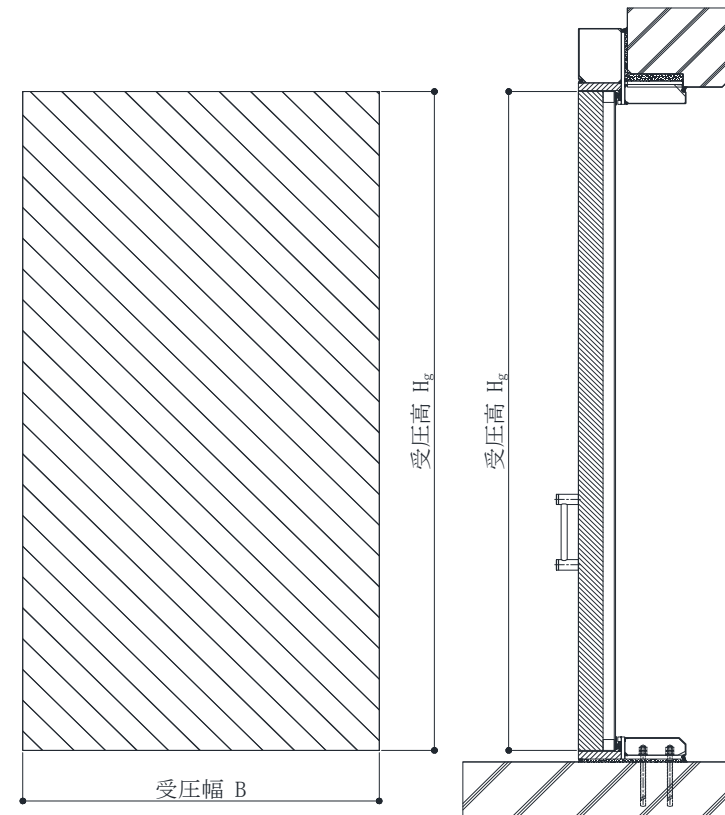
$$= 1.03 \times 9.80665 \times 1.000 + 7.780 = 17.8808495$$

$$= 17.88 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重 = 7.780 (kN/m²)

溢水による静水圧荷重(上部)表

L	区画短辺の長さ	h_u	P_s	P_{hu}
L_1	1.600	1.000	7.780	17.88



P_{hd}	kN/m^2	溢水による静水圧荷重(下部)	II	48.44
----------	-----------------	----------------	----	-------

P_{hu} : 芯材に作用する浸水津波荷重又は溢水による静水圧荷重(下部)

添付資料○水密扉計算書 7.3(1) 荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(P_h)算定式より

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_d$$

上部静水圧荷重算定のため、

$$\rho : \text{水の密度 } 1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$\text{水圧作用高さE.L. } 4.080 \text{ (m)}$$

$$g : \text{重力加速度 } 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$h_d : \text{当該部分の浸水深さ(区画下端高さ)} = 4.025 \text{ (m)}$$

$$P_{hd} = \rho \cdot g \cdot h_u + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times (4.080 - 0.055) + 7.780$$

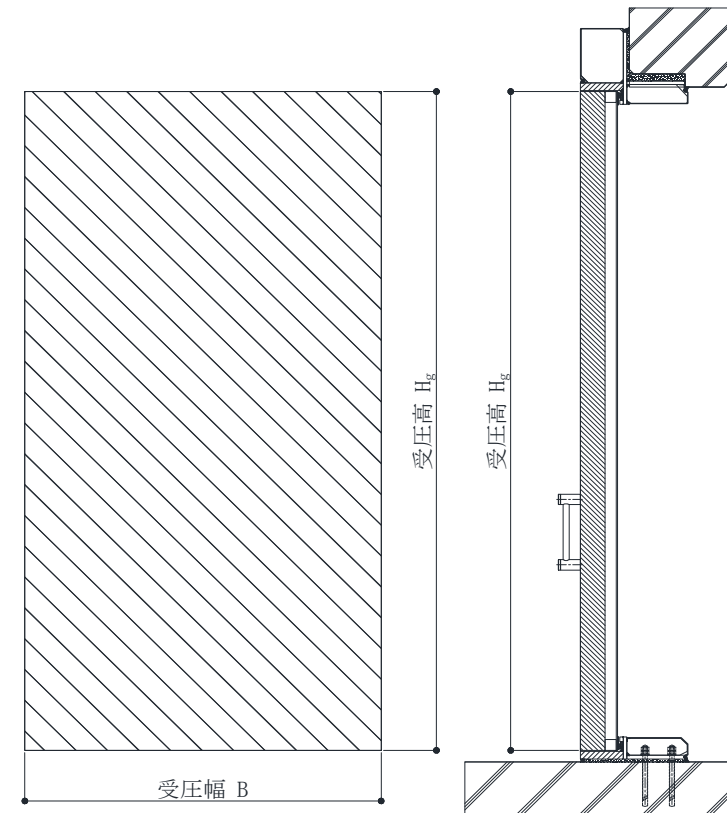
$$= 1.03 \times 9.80665 \times 4.025 + 7.780 = 48.43591924$$

$$= 48.44 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$$P_s : \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 7.780 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

溢水による静水圧荷重(下部)表

L	区画短辺の長さ	h_d	P_s	P_{hd}
L_1	区画短辺の長さ	4.025	7.780	48.44



評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
扉板	51 5

扉板部の発生応力度は

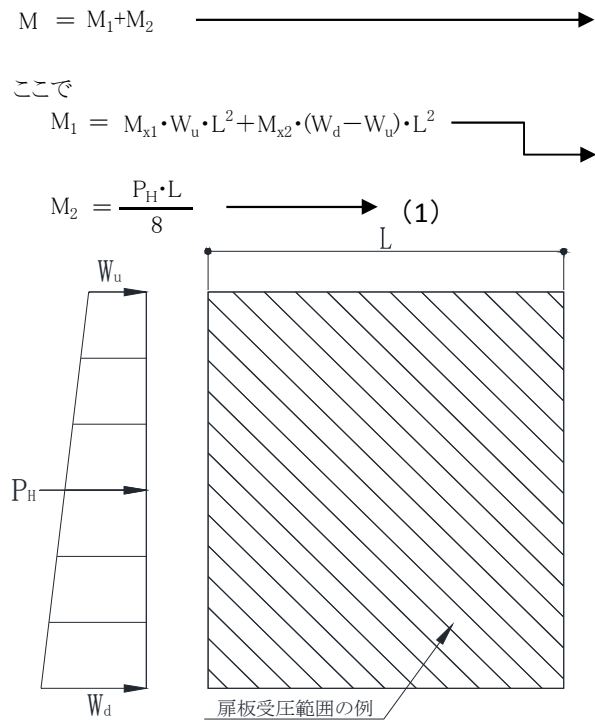
添付資料〇「水密扉の耐震評価書」 3.5 評価方法 (1)応力算定

a.扉板より発生応力を算定し、(2)断面検定 a. 扉板より曲げ応力度を算定する。なお、扉板にせん断力は発生しない。

(1) 応力算定

a. 扉板

扉板に生じる荷重は、浸水津波及び余震荷重を考慮し、等変分布荷重、等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板及び漂流物衝突荷重を考慮し、集中荷重を受ける両端固定支持の梁として、次式により算定する。



$M = M_1 + M_2$ → M: 扉板に発生する曲げモーメント
 $M = M_1 + M_2 = 12.48 + 3.25 = 15.73$ (kN・m) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

ここで

$M_1 = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$

$M_2 = \frac{P_H \cdot L}{8}$ → (1)

M₁: 浸水津波及び余震荷重による扉板に発生する曲げモーメント
 扉板に発生するモーメントは、評価区画扉部において、作用する荷重は台形荷重となることから等分布荷重と不等分布荷重に分けることができる。このことから、芯材による4辺固定における扉板の曲げモーメントは、等変分布荷重四辺固定スラブ曲げモーメント式と不等分布荷重四辺固定スラブの曲げモーメント式を足した次式であらわされる。

$M_1 = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$
 $= 0.085 \times 28.61 \times (1.600)^2 + 0.050 \times (77.50 - 28.61) \times (1.600)^2$
 $= 12.483456$
 $= 12.48$ (kN・m) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

ここで、

- M_{x1} : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数(-) 5 より →
- W_u : 区画上端の単位長さ当たりの作用荷重(kN/m) 3 より →
- L : 区間短辺の長さ(m) 9 より →
- M_{x2} : 等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数(-) 6 より →
- W_d : 区画下端の単位長さ当たりの作用荷重(kN/m) 4 より →

扉板に発生する曲げモーメントの諸元表

L ₁	単位
0.085	(-)
28.61	(kN/m)
1.600	(m)
0.050	(-)
77.50	(kN/m)
12.48	(kN・m)

$M_1 = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$ →

(1)

→ M_2 : 漂流物衝突荷重及び風荷重による扉板に発生する曲げモーメント
 扉板に発生するモーメントは、評価区画扉部において、作用する荷重は集中荷重となる。
 このことから、芯材による両端固定における扉板の曲げモーメントは、次式であらわされる。

$$M_2 = \frac{(P_H + W_k) \cdot L}{8} = \frac{16.3 \times 1.600}{8}$$

$$= 3.25 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

ここで、

P_H : 漂流物衝突荷重 下記より 12.7 (kN)
 L : 区間短辺の長さ(m) 9 より 1.600

ここで、

$$F = 1.3 \cdot u_{max} \sqrt{Kmd(1+c)}$$

$$= \text{###} \times 2 \times 2.4 \times 10^6 \times 10(1+0) = 12737 \text{ (N)}$$

$$= 12.7 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

m_d : 漂流物の質量(kg) 10 (kg)
 c : 付加質量係数(0~0.3) 0 (m/s²)
 u_{max} : 漂流物を運ぶ流体の最大流速(m/s) 2 (m/s)
 k : 漂流物の有効軸剛性(N/m) 2.4×10^6

【V-3-別添2-1-6 建屋の強度計算書より】

風荷重 $W_k = q \times C \times A$
 $= 3567.55 \text{ N}$
 $= 3.57 \text{ kN}$

風力係数 C 0.41
 受圧面積 A $3025 \times 1600 = 4.84$

原子炉建屋高さ	H	55.65
告示1454	ZG	350.00
告示1454	Zb	5.00
告示1454	α	0.15
ガスト影響係数	G	2.00
基準風速	VD	30.00
	Er	1.29
	E	3.33
	q	1797.80
原子炉建屋原子炉棟 受圧面積A:5585*5400	W	22230.11
原子炉建屋付属棟東 受圧面積A:3025*1600	W	3567.55

(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

a. 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z} \longrightarrow \sigma : \text{扉板に生じる曲げ応力度}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{15.73 \times 10^6}{3227000} = 4.8745$$

$$= 5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (\text{小数点第一位切り上げ, 整数表示})$$

ここで、

M: 扉板の曲げモーメント(k・m) 上述算定結果より→

Z: 扉板の断面係数(mm³) Zより→

$\sigma = \frac{M}{Z}$ →

扉板に生じる曲げ応力度の諸元表

L ₁	単位
15.73	(kN・m)
3227000	(mm ³)
5	(N/mm ²)

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)		
扉板	61	205	曲げ ³⁾

扉板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質: SUS304
- ・厚さ: 110 (mm)

扉板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303」P1213より

降伏点 205 N/mm², 引張強さ 520 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表 7 オーステナイト系の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り(%)	硬さ(°)		
					HBW	HRBS 又は HRBW	HV
SUS 201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下
SUS 202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下
SUS 304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
扉板	71 / 0.03

扉板の許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 51、61 から

$$5 / 205 = 0.02439$$

⇒ 0.03 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

G	kN	扉体自重	<i>I</i>	10.30
---	----	------	----------	-------

凡例:

 は入力値

--

 は計算値

G : 扉体自重

自重の内訳は次の通り

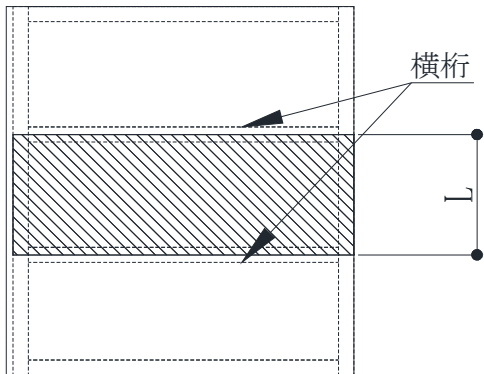
G1 : 扉本体(カンヌキ装置、ヒンジ含む)	1050	kg	10.30	kN	(小数点第三位切り上げ、小数点第二位表示)
G2 : 枠本体(強度計算では含めない)	450	kg	4.42	kN	(小数点第三位切り上げ、小数点第二位表示)
G : 合計(強度計算では枠本体の自重は含めない)	1050	kg	10.30	kN	

注) 補足資料の数値計算説明書においては水密扉の自重に枠本体自重を含める

L	m	区画短辺の長さ	2	0.280
---	---	---------	---	-------

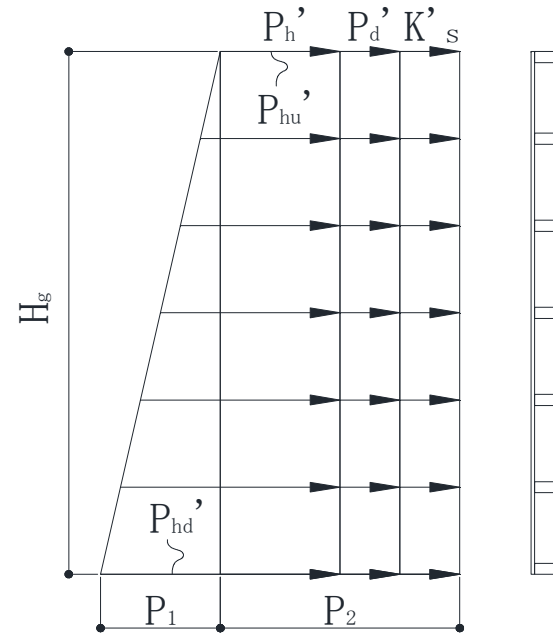
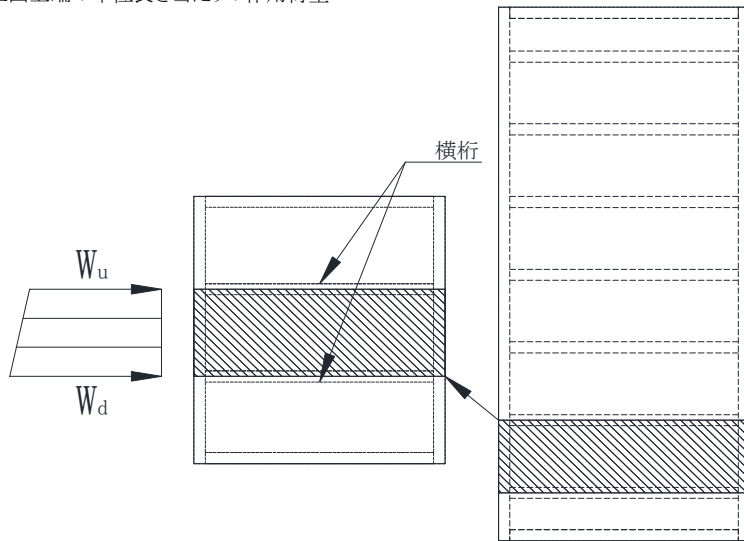
L:扉体の区画短辺の長さ
 該当部位は, 次の通り。

L	区画短辺の長さ
L ₁	0.280
L ₂	0.240
L ₃	0.300
L ₄	0.300
L ₅	0.300
L ₆	0.240
採用→ L ₇	0.280



W_u	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重	3	30.40
-------	------	-------------------	----------	--------------

W_u : 区画上端の単位長さ当たりの作用荷重



扉板評価に必要な作用荷重を算定する。

ここでは、浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから

添付資料○ 9.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_u = (P_{hu}' + P_s) \cdot B$$

ここで

P_{hu}' : 評価区画上端部の浸水による静水圧荷重

$$P_{hu}' = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times 2.660 = 26.86826 = 26.87 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

$$h_u : \text{当該部分の浸水深さ(区画上端高さ)} = 2.660 \text{ (m)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重

$$P_s = G \cdot K_H / (H_g \cdot B) = 10.30 \times 0.64 / (1.940 \times 1.005) = 3.381032979 = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

G : 扉体自重 10.30 (KN)

K_H : 水平震度 0.64

H_g : 受圧高 1.940 (m)

B : 受圧幅 1.005 (m)

$$g \text{ より受圧幅} B = 1.005$$

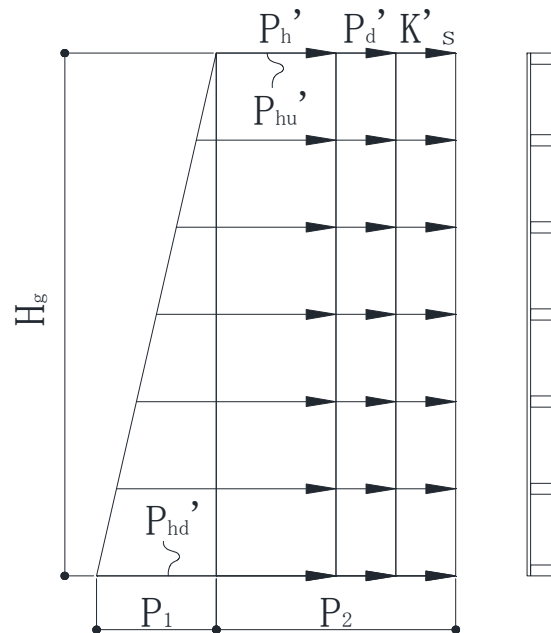
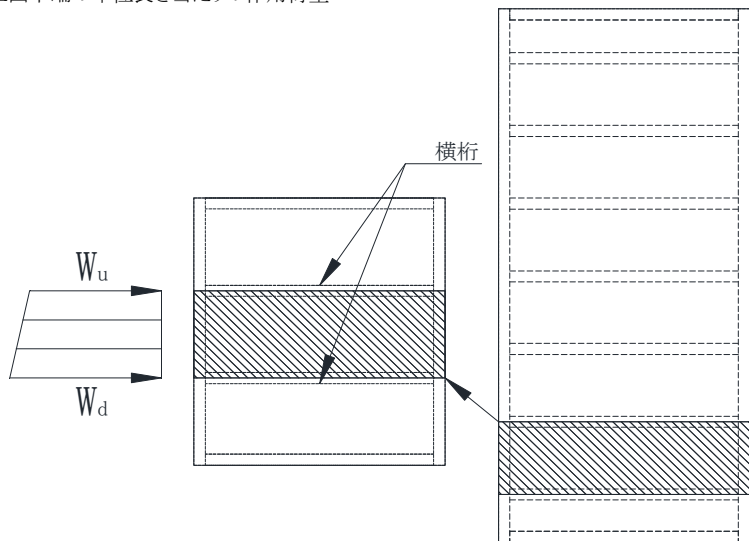
$$W_u = (P_{hu}' + P_s) \cdot B = (26.87 + 3.381) \times 1.005 = 30.402255 = 30.40 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

区画上端の単位長さ当たりの作用荷重表

L	区画短辺の長さ	h_u	P_{hu}'	P_s	W_u
L_1	0.280	1.000	10.10	3.381	13.55
L_2	0.240	1.280	12.93	3.381	16.39
L_3	0.300	1.520	15.35	3.381	18.82
L_4	0.300	1.820	18.38	3.381	21.87
L_5	0.300	2.120	21.41	3.381	24.91
L_6	0.240	2.420	24.44	3.381	27.96
採用→ L_7	0.280	2.660	26.87	3.381	30.40

W_d	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重	4	33.25
-------	------	-------------------	---	-------

W_d : 区画下端の単位長さ当たりの作用荷重



扉板評価に必要な作用荷重を算定する。

ここでは、浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから

添付資料○ 9.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_d = P_{hd}' \cdot B$$

ここで

P_{hd}' : 評価区画下端部の浸水による静水圧荷重

$$P_{hd}' = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times 2.940 = 29.6965 = 29.70 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

h_d : 当該部分の浸水深さ(区画下端高さを考慮) = 2.940 (m)

$$P_s : \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$g \text{ より受圧幅} B = 1.005$$

$$W_d = (P_{hd}' + P_s) \cdot B = (29.70 + 3.381) \times 1.005 = 33.246405 = 33.25 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

区画下端の単位長さ当たりの作用荷重表

L	区画短辺の長さ	h_d	P_{hd}'	P_s	W_d
L_1	0.280	1.280	12.93	3.381	16.39
L_2	0.240	1.520	15.35	3.381	18.82
L_3	0.300	1.820	18.38	3.381	21.87
L_4	0.300	2.120	21.41	3.381	24.91
L_5	0.300	2.420	24.44	3.381	27.96
L_6	0.240	2.660	26.87	3.381	30.40
採用→ L_7	0.280	2.940	29.70	3.381	33.25

M_{x1}	—	等分布荷重による曲げ 応力算定用の係数	5	0.085
----------	---	------------------------	---	-------

M_{x1} : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数

建築構造学体系11 平板構造 図5-1 等分布荷重四辺固定スラブ
の曲げモーメントとたわみより

l_x : 短辺方向より 0.280

l_y : 長辺方向図面より 1.005

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{1.005}{0.280} = 3.59 \text{ グラフより } 0.085 \text{ を採用}$$

	$\frac{l_y}{l_x}$	計算値	M_{x1}
L	$\frac{l_y}{l_x}$		
L ₁	1.005 0.280	3.59	0.085
L ₂	1.005 0.240	4.19	0.085
L ₃	1.005 0.300	3.35	0.085
L ₄	1.005 0.300	3.35	0.085
L ₅	1.005 0.300	3.35	0.085
L ₆	1.005 0.240	4.19	0.085
採用→ L ₇	1.005 0.280	3.59	0.085

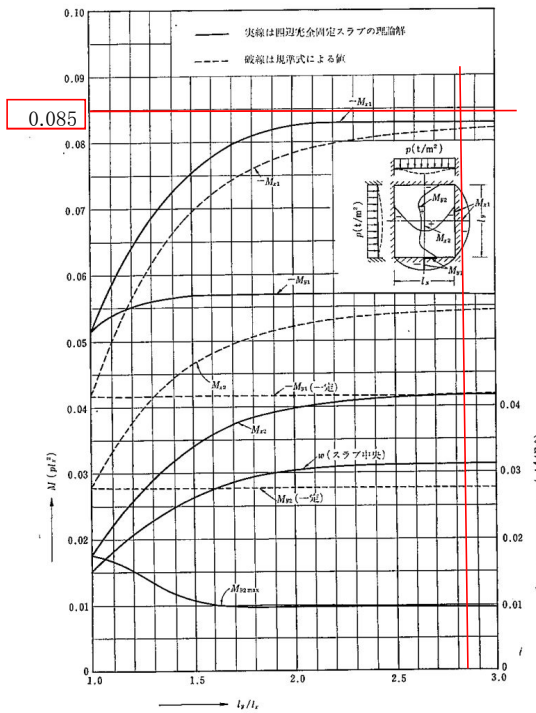


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{x2}	—	等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	6	0.05
----------	---	---------------------	---	------

M_{x2} : 等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数

建築構造学体系11 平板構造 図5-2 等変分布荷重四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみより

l_x : 短辺方向より 0.280
 l_y : 長辺方向図面より 1.005

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{1.005}{0.280} = 3.59 \quad \text{グラフより} \quad 0.05 \quad \text{を採用}$$

	$\frac{l_y}{l_x}$	計算値	M_{x2}
L	1.005	3.59	0.05
L ₁	0.280	4.19	0.05
L ₂	1.005	4.19	0.05
L ₃	0.240	3.35	0.05
L ₄	1.005	3.35	0.05
L ₅	0.300	3.35	0.05
L ₆	1.005	4.19	0.05
L ₇	0.280	3.59	0.05

採用→

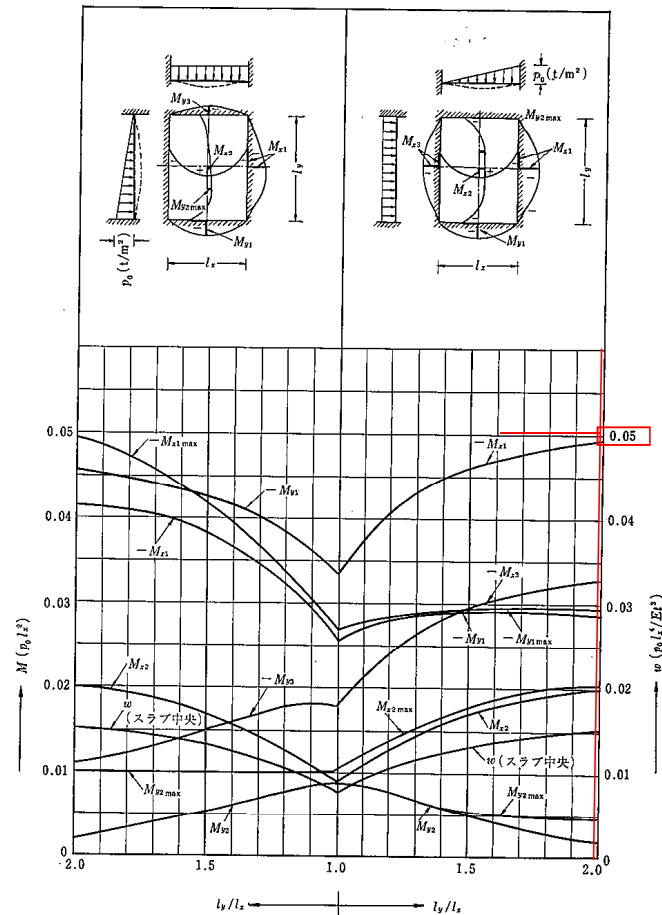
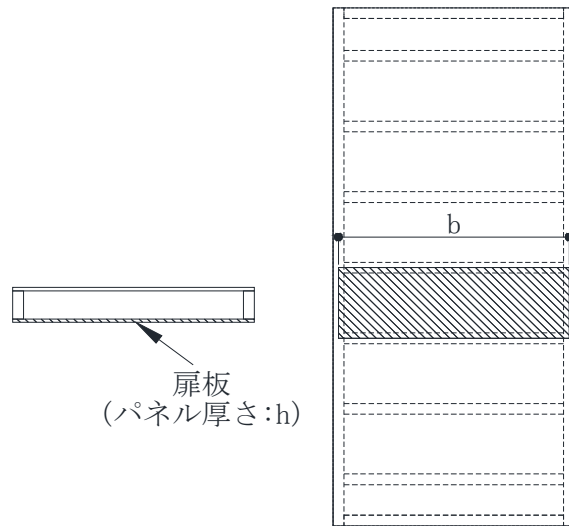


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

Z	mm ³	断面係数	7	19660
---	-----------------	------	---	-------

Z : 扉板の断面係数
扉板の断面係数を算定する。



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 819 \times (12)^2 = 19660 \text{ (mm}^3\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

b: 弱軸側評価となる長辺方向距離 0.819 m = 819 mm

※芯材受部距離含む

h: パネル厚さ PL- 12 mm

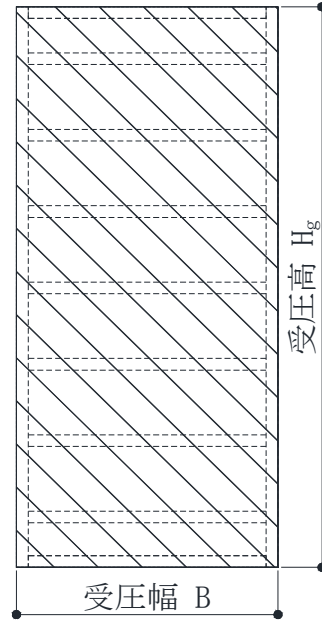
L	b	h	Z
L ₁	0.819	12	19660
L ₂	0.819	12	19660
L ₃	0.819	12	19660
L ₄	0.819	12	19660
L ₅	0.819	12	19660
L ₆	0.819	12	19660
L ₇	0.819	12	19660

採用→

H_g	m	受圧高	δ	1.940
-------	---	-----	----------	-------

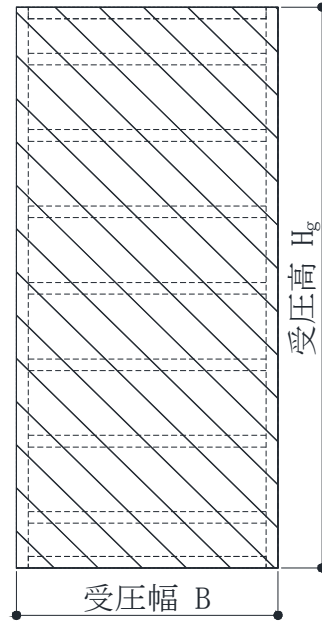
H_g : 芯材の受圧高

当該部分は、以下のとおり。



B	m	受圧幅	<i>g</i>	1.005
---	---	-----	----------	-------

B : 芯材の受圧幅
 当該部は, 以下のとおり。



P_{hu}	kN/m^2	浸水津波による静水圧及び余震による荷重(上部)	10	13.48
----------	-----------------	-------------------------	----	-------

P_{hu} : 芯材に作用する浸水津波による静水圧及び余震による荷重(上部)

添付資料○水密扉計算書 (1) 荷重の設定

b. 浸水津波に伴う静水圧(P_h)算定式より

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_u$$

上部静水圧算定のため、

添付資料○第3-2表より

ρ : 水の密度 1.03 (t/m^3)

水圧作用高さE.L. 2.99 (m)

g : 重力加速度9.80665 (m/s^2)

h_u : 当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) = 1.000 (m)

$$P_{hu} = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times (2.99 - 0.050 - 1.940) + 3.381$$

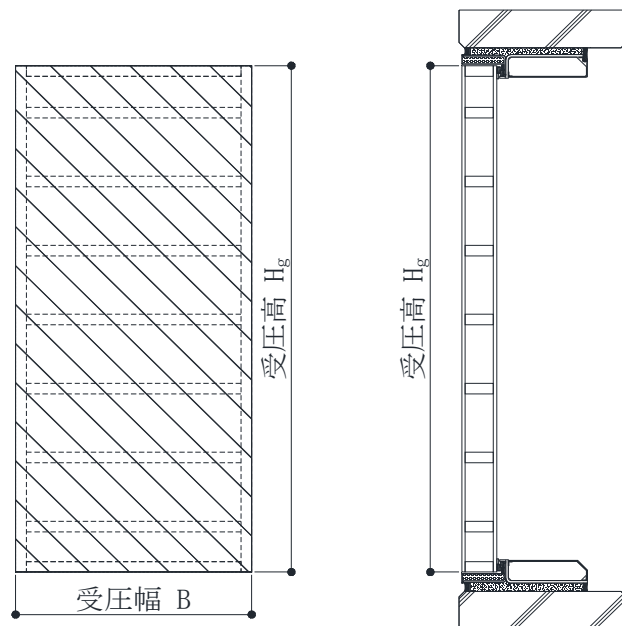
$$= 1.03 \times 9.80665 \times 1.000 + 3.381 = 13.4818495$$

$$= 13.48 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

$$P_s: \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

浸水津波による静水圧及び余震荷重(上部)表

採用→	L	区画短辺の長さ	h_u	P_s	P_{hu}
	L_1	0.280	1.000	3.381	13.48
	L_2	0.240	1.280	3.381	16.31
	L_3	0.300	1.520	3.381	18.73
	L_4	0.300	1.820	3.381	21.76
	L_5	0.300	2.120	3.381	24.79
	L_6	0.240	2.420	3.381	27.83
	L_7	0.280	2.660	3.381	30.25



P_{hd}	kN/m^2	浸水津波による静水圧及び余震による荷重(下部)	11	33.08
----------	-----------------	-------------------------	----	-------

P_{hd} : 芯材に作用する浸水津波による静水圧及び余震による荷重(下部)

添付資料○水密扉計算書 (1) 荷重の設定

b. 浸水津波に伴う静水圧(P_h)算定式より

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_d$$

下部静水圧算定のため、

ρ : 水の密度 1.03 (t/m^3)

水圧作用高さE.L. 2.99 (m)

g : 重力加速度9.80665 (m/s^2)

h_d : 当該部分の浸水深さ(区画下端高さ) = 2.940 (m)

$$P_{hu} = \rho \cdot g \cdot h_u + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times (2.99 - 0.050) + 3.381$$

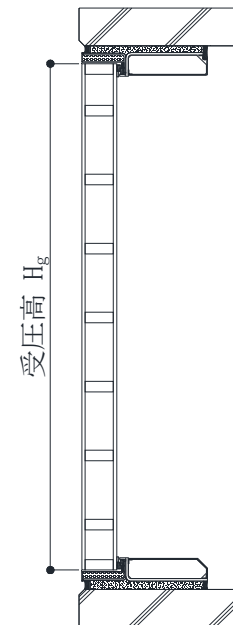
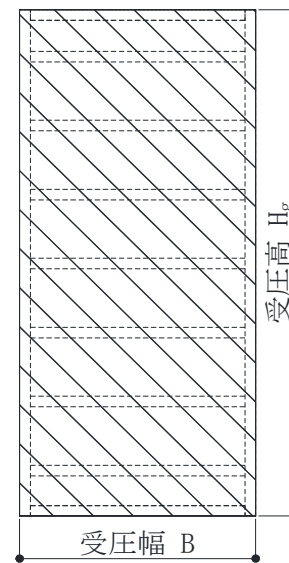
$$= 1.03 \times 9.80665 \times 2.940 + 3.381 = 33.07749753$$

$$= 33.08 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

$$P_s: \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

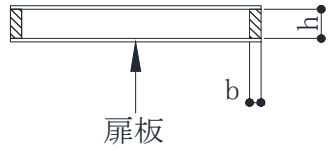
浸水津波による静水圧及び余震荷重(下部)表

L	区画短辺の長さ	h_u	P_s	P_{hu}
L_1	0.280	1.280	3.381	16.31
L_2	0.240	1.520	3.381	18.73
L_3	0.300	1.820	3.381	21.76
L_4	0.300	2.120	3.381	24.79
L_5	0.300	2.420	3.381	27.83
L_6	0.240	2.660	3.381	30.25
採用→ L_7	0.280	2.940	3.381	33.08



Z	mm ³	断面係数	14	31670
---	-----------------	------	----	-------

Z : 芯材(主桁)の断面係数
 芯材の断面係数を算定する。

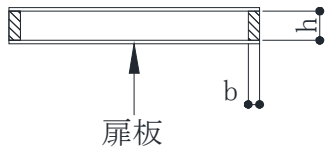


(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-23ページより)

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{1}{6}bh^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 19 \times 100^2 \\
 &= 31666.67 \text{ (mm}^3\text{)} \\
 &= 31670 \text{ (mm}^3\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}
 \end{aligned}$$

A	mm ²	断面積	15	1900
---	-----------------	-----	----	------

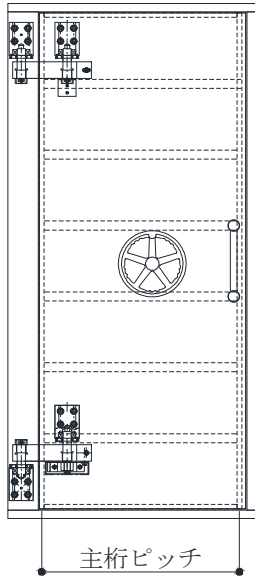
A : 芯材(主桁)の断面積
芯材の断面積を算定する。



$$A = 19 \times 100 = 1900 \text{ (mm}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

Y	m	主桁ピッチ	16	0.969
---	---	-------	----	-------

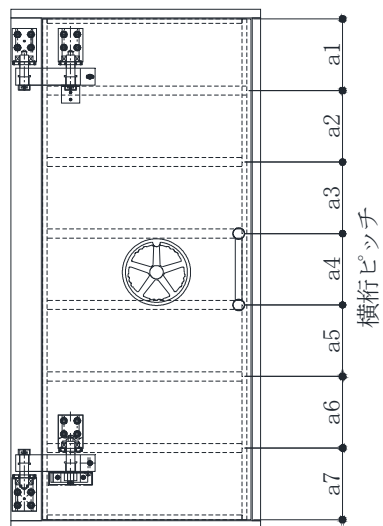
Y:芯材(主桁)の主桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



a1	m	横桁ピッチ	17	0.280
a2	m	横桁ピッチ	18	0.240
a3	m	横桁ピッチ	19	0.300
a4	m	横桁ピッチ	20	0.300
a5	m	横桁ピッチ	21	0.300
a6	m	横桁ピッチ	22	0.240
a7	m	横桁ピッチ	23	0.280

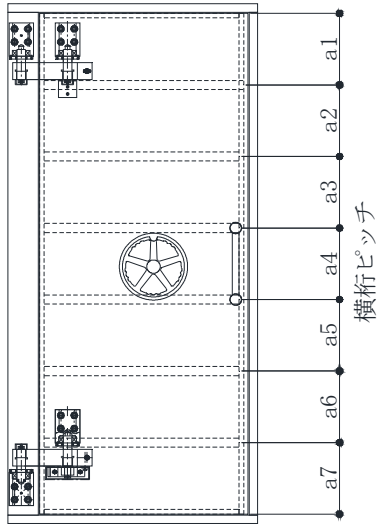
a1～a7: 芯材(横桁)の横桁ピッチ

当該部分は、以下のとおり。



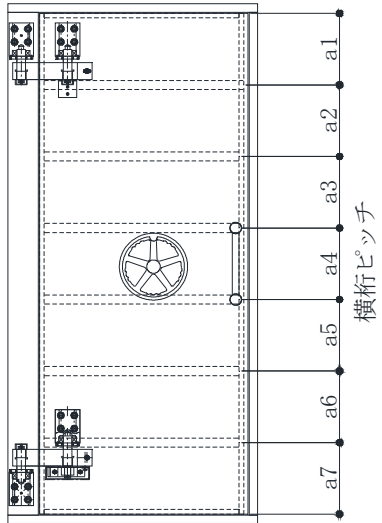
a1	m	横桁ピッチ	17	0.280
----	---	-------	----	-------

a1: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



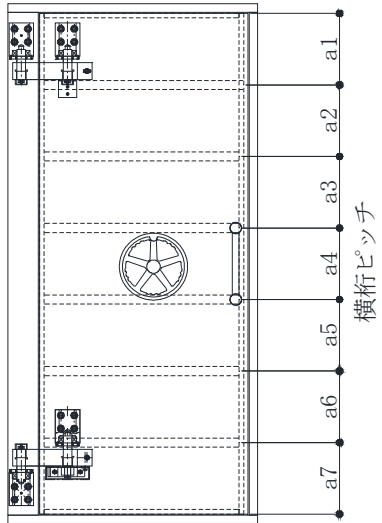
a2	m	横桁ピッチ	18	0.240
----	---	-------	----	-------

a2: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



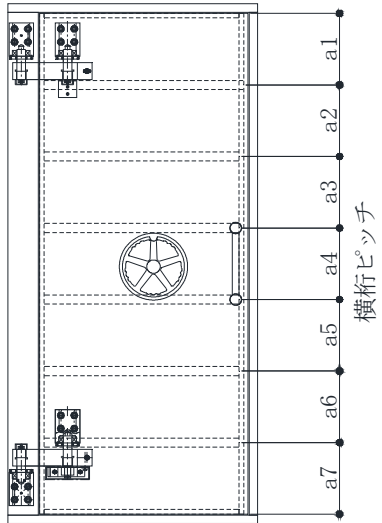
a3	m	横桁ピッチ	19	0.300
----	---	-------	----	-------

a3: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



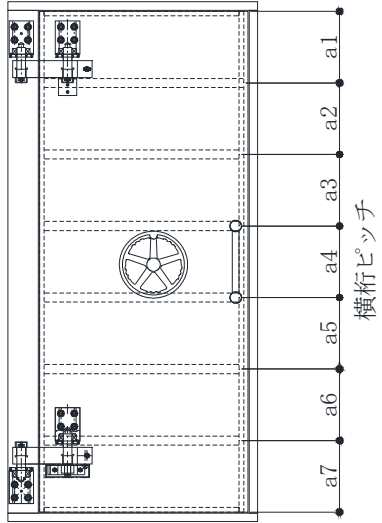
a4	m	横桁ピッチ	20	0.300
----	---	-------	----	-------

a4: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



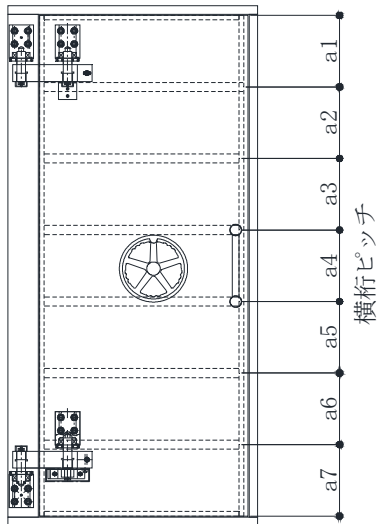
a5	m	横桁ピッチ	21	0.300
----	---	-------	----	-------

a5: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



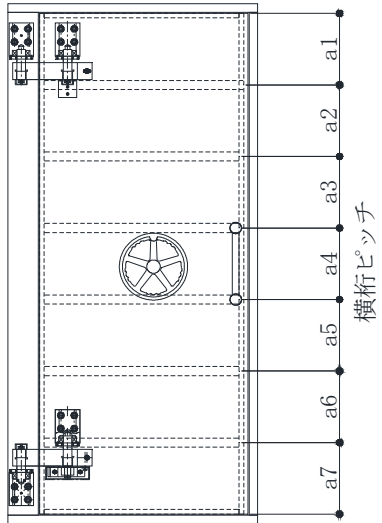
a6	m	横桁ピッチ	22	0.240
----	---	-------	----	-------

a6: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



a7	m	横桁ピッチ	23	0.280
----	---	-------	----	-------

a7: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



P1	kN/m ²	津波及び余震荷重	24	14.89
----	-------------------	----------	----	-------

P1:芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P1 = P_{hi}' + P_s$$

ここで

P_{hi}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{hi}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 1.140 = 11.51497$$

$$= 11.51 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

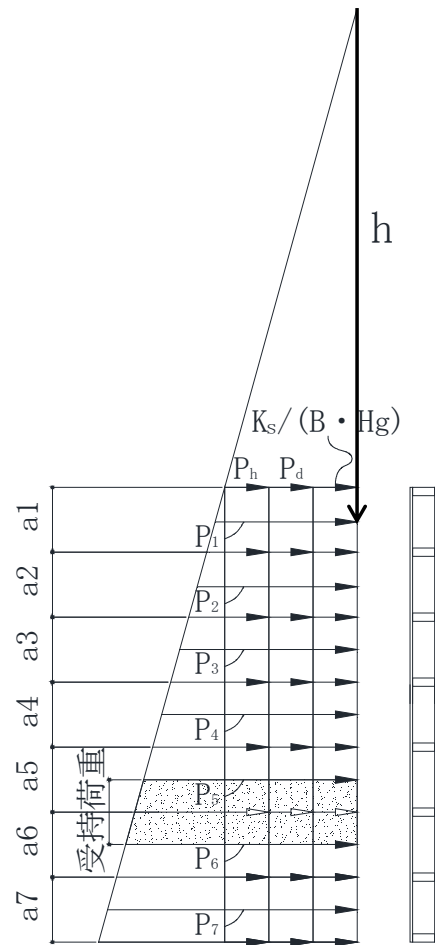
第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

h : 当該部分の浸水深さ = 1.140 (m)

$$P1 = P_{hi}' + P_s = 11.51 + 3.381 = 14.89 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重 = 3.381 (kN/m²)



P2	kN/m ²	津波及び余震荷重	25	17.52
----	-------------------	----------	----	-------

P2:芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P2 = P_{h2}' + P_s$$

ここで

P_{h2}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

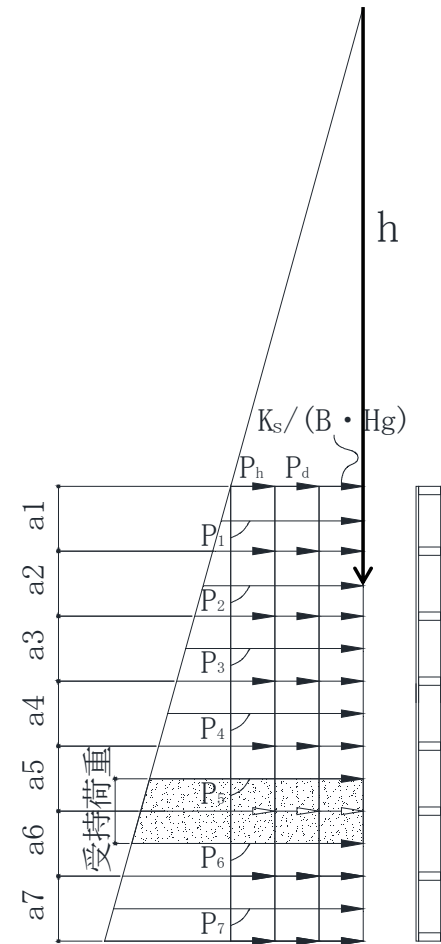
$$P_{h2}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 1.400 = 14.14119$$

$$= 14.14 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)
 g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)
 h : 当該部分の浸水深さ = 1.400 (m)

$$P2 = P_{h1}' + P_s = 14.14 + 3.381 = 17.52 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_s: \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P3	kN/m ²	津波及び余震荷重	26	20.25
----	-------------------	----------	----	-------

P3:芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P3 = P_{h3}' + P_s$$

ここで

P_{h3}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

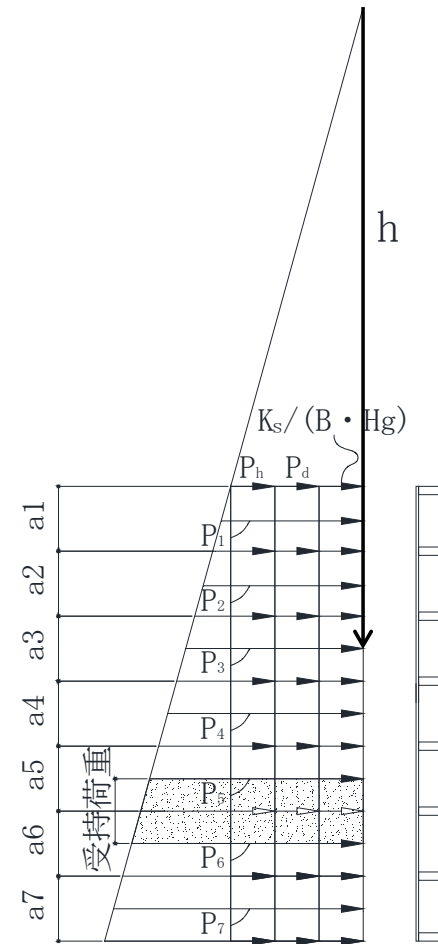
$$P_{h3}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 1.670 = 16.86842$$

$$= 16.87 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)
 g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)
 h : 当該部分の浸水深さ = 1.670 (m)

$$P3 = P_{h1}' + P_s = 16.87 + 3.381 = 20.25 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_s: \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P4	kN/m ²	津波及び余震荷重	27	23.28
----	-------------------	----------	----	-------

P4:芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P4 = P_{h4}' + P_s$$

ここで

P_{h4}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

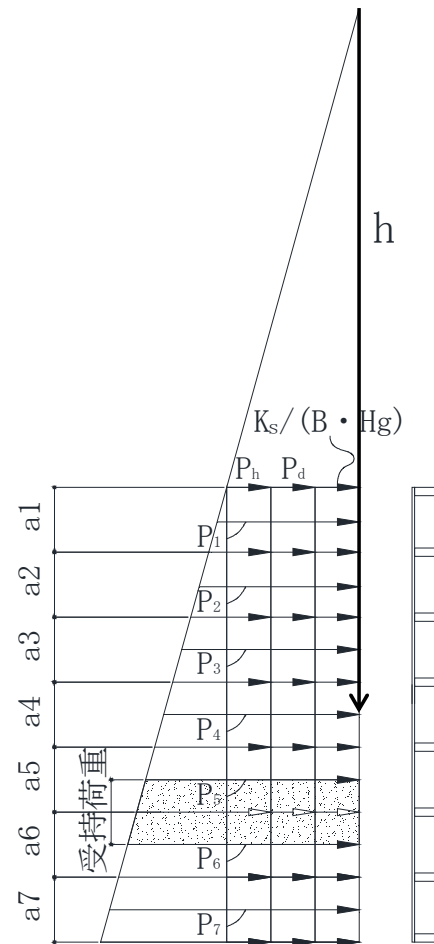
$$P_{h4}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 1.970 = 19.89867$$

$$= 19.90 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)
 g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)
 h : 当該部分の浸水深さ = 1.970 (m)

$$P4 = P_{h4}' + P_s = 19.90 + 3.381 = 23.28 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_s: \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P5	kN/m ²	津波及び余震荷重	28	26.31
----	-------------------	----------	----	-------

P5:芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P5 = P_{h5}' + P_s$$

ここで

P_{h5}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

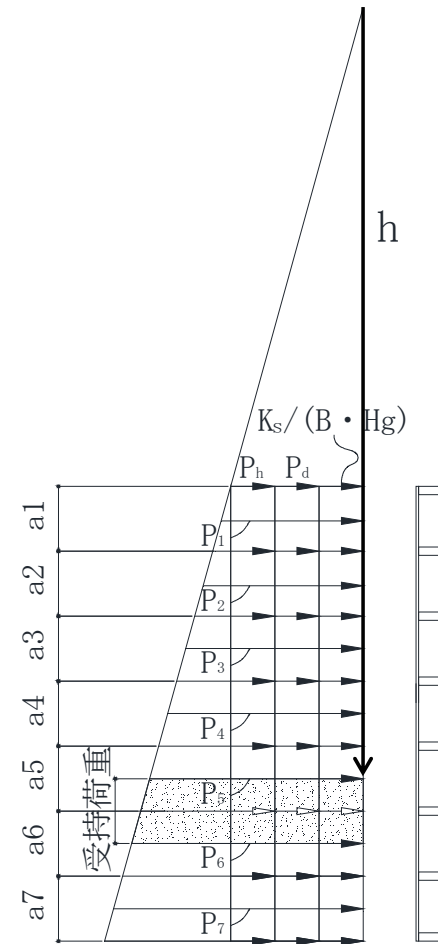
$$P_{h5}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 2.270 = 22.92893$$

$$= 22.93 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)
 g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)
 h : 当該部分の浸水深さ = 2.270 (m)

$$P5 = P_{h1}' + P_s = 22.93 + 3.381 = 26.31 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_s: \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P6	kN/m ²	津波及び余震荷重	29	29.04
----	-------------------	----------	----	-------

P6:芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P6 = P_{h6}' + P_s$$

ここで

P_{h6}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h6}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 2.540 = 25.65616$$

$$= 25.66 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

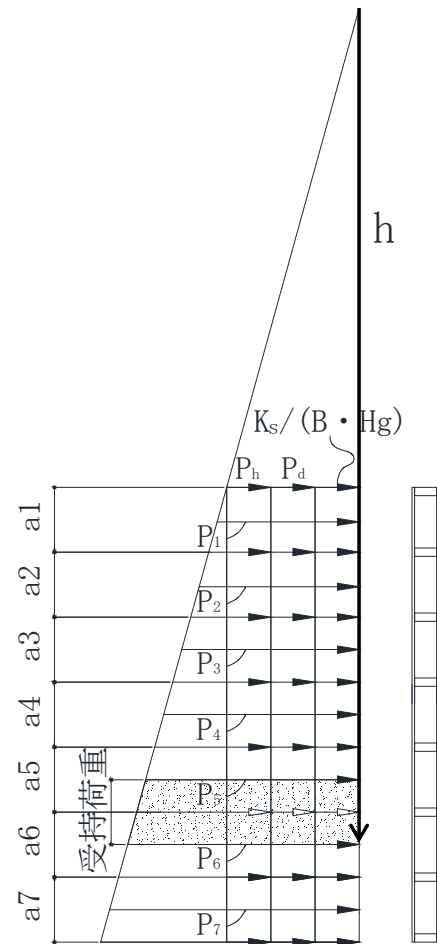
ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

h : 当該部分の浸水深さ = 2.540 (m)

$$P6 = P_{h1}' + P_s = 25.66 + 3.381 = 29.04 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

P_s : 余震による受圧面積に対する地震荷重 = 3.381 (kN/m²)



P7	kN/m ²	津波及び余震荷重	30	31.66
----	-------------------	----------	----	-------

P7:芯材(横桁)に作用する浸水津波及び余震荷重

浸水津波及び余震を考慮した荷重となることから添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P7 = P_{h7}' + P_s$$

ここで

P_{h7}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h7}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 2.800 = 28.28238$$

$$= 28.28 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

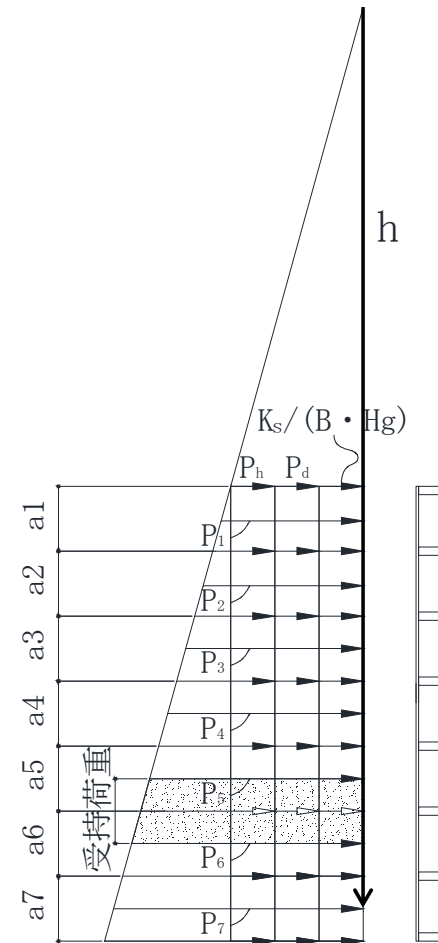
第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)
 g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)
 h : 当該部分の浸水深さ = 2.800 (m)

$$P7 = P_{h7}' + P_s = 28.28 + 3.381 = 31.66 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_s: \text{余震による受圧面積に対する地震荷重} = 3.381 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

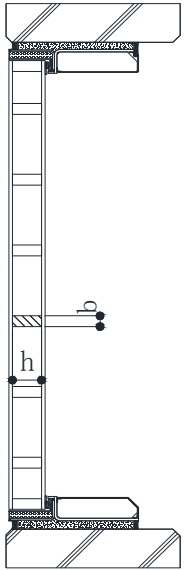
以上を纏めると下表となる。

記号	単位	番号	津波荷重	h:浸水深さ	単位
P1	kN/m ²	24	14.89	1.140	m
P2		25	17.52	1.400	
P3		26	20.25	1.670	
P4		27	23.28	1.970	
P5		28	26.31	2.270	
P6		29	29.04	2.540	
P7		30	31.66	2.800	



Z	mm ³	断面係数	31	63330
---	-----------------	------	----	-------

Z : 芯材(横桁)の断面係数
 芯材(横桁)の断面係数を算定する。

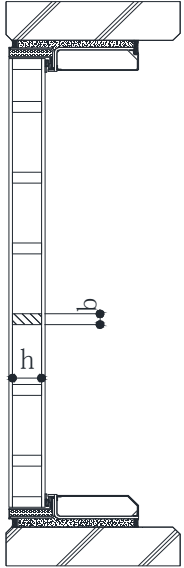


(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-23ページより)

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 38 \times 100^2 \\
 &= 63333.33 \\
 &= 63330 \text{ (mm}^3\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数4桁表示)}
 \end{aligned}$$

A	mm ²	断面積	32	3800
---	-----------------	-----	----	------

A : 芯材(横桁)の断面積
芯材(横桁)の断面積を算定する。



$$A = 38 \times 100 = 3800 \text{ (mm}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数4桁表示)}$$

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
扉板	51 11

扉板部の発生応力度は

添付資料〇「水密扉の耐震評価書」 3.5 評価方法 (1)応力算定

a.扉板より発生応力を算定し, (2)断面検定 a. 扉板より曲げ応力度を算定する。なお, 扉板にせん断力は発生しない。

(1) 応力算定

a. 扉板

扉板に生じる荷重は, 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重に余震荷重を考慮し, 等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として, 次式により算定する。

$$M = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2 \longrightarrow M: \text{扉板に発生する曲げモーメント}$$

扉板に発生するモーメントは, 評価区画扉部において, 作用する荷重は台形荷重となることから等分布荷重と不等分布荷重に分けることができる。このことから, 芯材による4辺固定における扉板の曲げモーメントは, 等変分布荷重四辺固定スラブ曲げモーメント式と不等分布荷重四辺固定スラブの曲げモーメント式を足した次式であらわされる。

$$\begin{aligned} M &= M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2 \\ &= 0.085 \times 30.40 \times (0.280)^2 + 0.05 \times (33.25 - 30.40) \times (0.280)^2 \\ &= 0.213758 \\ &= 0.2138 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$

ここで,

M_{x1} : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数(-)

W_u : 区画上端の単位長さ当たりの作用荷重(kN/m)

L : 区間短辺の長さ(m)

M_{x2} : 等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数(-)

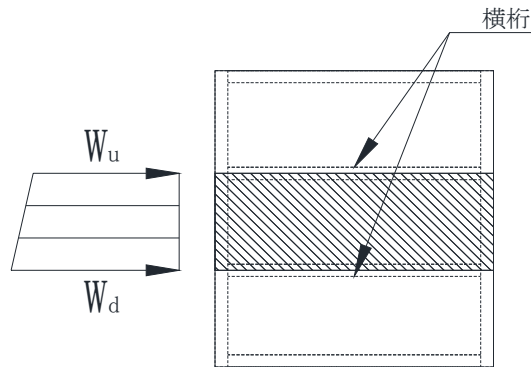
W_d : 区画下端の単位長さ当たりの作用荷重(kN/m)

$$M = M_{x1} \cdot W_u \cdot L + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2 \longrightarrow$$

扉板に発生する曲げモーメントの諸元表

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	単位
5 より	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	(-)
3 より	13.55	16.39	18.82	21.87	24.91	27.96	30.40	(kN/m)
2 より	0.280	0.240	0.300	0.300	0.300	0.240	0.280	(m)
6 より	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	(-)
4 より	16.39	18.82	21.87	24.91	27.96	30.40	33.25	(kN/m)
	0.1014	0.0872	0.1577	0.1810	0.2043	0.1439	0.2138	(kN·m)

↑
採用



(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。

a. 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z} \longrightarrow \sigma : \text{扉板に生じる曲げ応力度}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{0.2138 \times 10^6}{19660} = 10.87487284$$

$$= 11 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ、整数表示)}$$

ここで、

M: 扉板の曲げモーメント(k・m) 上述算定結果より

Z: 扉板の断面係数(mm³) 7より

$$\sigma = \frac{M}{Z} \longrightarrow$$

扉板に生じる曲げ応力度の諸元表

L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	単位
0.1014	0.0872	0.1577	0.1810	0.2043	0.1439	0.2138	(kN・m)
19660	19660	19660	19660	19660	19660	19660	(mm ³)
6	5	9	10	11	8	11	(N/mm ²)
				○		○	採用

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)	
芯材	52	15

芯材の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」 3.5 評価方法 (1)応力算定

b.芯材より発生応力を算定し、(2)断面検定 a. 芯材より応力度を算定する。

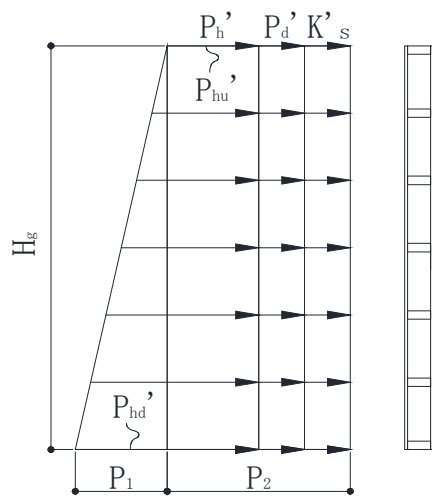
なお、ここでは横桁のせん断、曲げにおいて発生
 応力度結果が一番厳しい主桁の曲げの値を記載している。

b. 芯材

芯材に生じる荷重は、浸水津波及び余震荷重に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材について算定する。

荷重負担は横桁で負担するものとして算定する。

水平方向に取付く、横桁については、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。

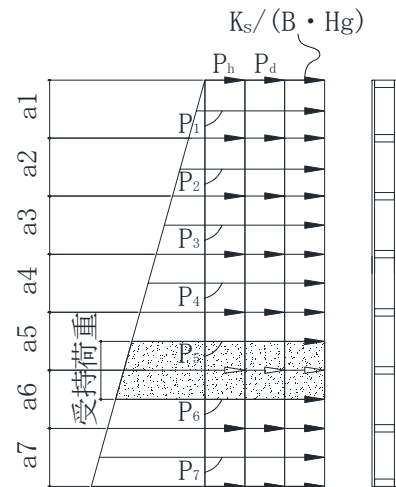


(a) 横桁

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8}$$

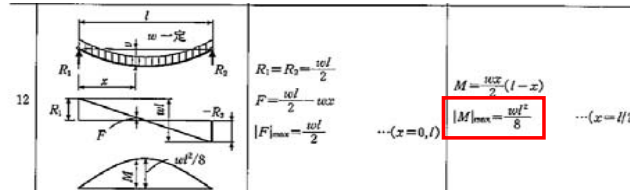
$$Q = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2}$$

※1



M : 横桁に作用する曲げモーメント

横桁に作用する荷重は、受圧幅左右を支持点とした梁の両端支持等分布荷重における曲げモーメントの公式であらわすことができる。



(機械工学便覧 基礎編 3-27より: 両端支持等分布荷重における曲げモーメント)

n=1の場合

$$M_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{14.89 + 17.52}{2} \times \frac{0.280 + 0.240}{2} \times \frac{0.969}{8}^2$$

$$= 0.4945155$$

$$= 0.4945 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=2の場合

$$M_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{17.52 + 20.25}{2} \times \frac{0.240 + 0.300}{2} \times \frac{0.969}{8}^2$$

$$= 0.5984644$$

$$= 0.5985 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=3の場合

$$M_3 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{20.25 + 23.28}{2} \times \frac{0.300 + 0.300}{2} \times \frac{0.969}{8}^2$$

$$= 0.766368$$

$$= 0.7664 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=4の場合

$$M_4 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{23.28 + 26.31}{2} \times \frac{0.300 + 0.300}{2} \times \frac{0.969}{8}^2$$

$$= 0.873058$$

$$= 0.8731 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=5の場合

$$M_5 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{26.31 + 29.04}{2} \times \frac{0.300 + 0.240}{2} \times \frac{0.969^2}{8}$$

$$= 0.877019$$

$$= 0.8770 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=6の場合

$$M_6 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{29.04 + 31.66}{2} \times \frac{0.240 + 0.280}{2} \times \frac{0.969^2}{8}$$

$$= 0.926168$$

$$= 0.9262 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

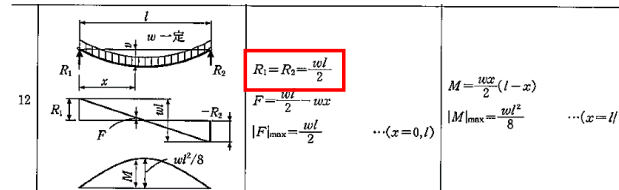
ここで、

Y : 主桁ピッチ(m)	16 より	0.969 (m)		
a1 : 横桁ピッチ(m)	17 より	0.280 (m)	P1 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	24 より 14.89 (kN/m ²)
a2 : 横桁ピッチ(m)	18 より	0.240 (m)	P2 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	25 より 17.52 (kN/m ²)
a3 : 横桁ピッチ(m)	19 より	0.300 (m)	P3 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	26 より 20.25 (kN/m ²)
a4 : 横桁ピッチ(m)	20 より	0.300 (m)	P4 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	27 より 23.28 (kN/m ²)
a5 : 横桁ピッチ(m)	21 より	0.300 (m)	P5 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	28 より 26.31 (kN/m ²)
a6 : 横桁ピッチ(m)	22 より	0.240 (m)	P6 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	29 より 29.04 (kN/m ²)
a7 : 横桁ピッチ(m)	23 より	0.280 (m)	P7 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	30 より 31.66 (kN/m ²)

※1

Q: 横桁に作用するせん断力

横桁に作用する荷重は、受圧幅左右を支持点とした梁の両端支持等分布荷重におけるせん断力の公式であらわすことが出来る。



(機械工学便覧 基礎編 3-27より: 両端支持等分布荷重におけるせん断力)

n=1の場合

$$Q_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{14.89 + 17.52}{2} \times \frac{0.280 + 0.240}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 2.041344$$

$$= 2.041 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=2の場合

$$Q_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{17.52 + 20.25}{2} \times \frac{0.240 + 0.300}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 2.470441$$

$$= 2.470 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=3の場合

$$Q_3 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{20.25 + 23.28}{2} \times \frac{0.300 + 0.300}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 3.163543$$

$$= 3.164 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=4の場合

$$Q_4 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{23.28 + 26.31}{2} \times \frac{0.300 + 0.300}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 3.603953$$

$$= 3.604 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=5の場合

$$Q_5 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{26.31 + 29.04}{2} \times \frac{0.300 + 0.240}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 3.620305$$

$$= 3.620 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

n=6の場合

$$Q_6 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{29.04 + 31.66}{2} \times \frac{0.240 + 0.280}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 3.82319$$

$$= 3.823 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

	Y : 主桁ピッチ(m)	16 より	0.969 (m)			
1	a1 : 横桁ピッチ(m)	17 より	0.280 (m)	P1 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	24 より	14.89 (kN/m ²)
2	a2 : 横桁ピッチ(m)	18 より	0.240 (m)	P2 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	25 より	17.52 (kN/m ²)
3	a3 : 横桁ピッチ(m)	19 より	0.300 (m)	P3 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	26 より	20.25 (kN/m ²)
4	a4 : 横桁ピッチ(m)	20 より	0.300 (m)	P4 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	27 より	23.28 (kN/m ²)
5	a5 : 横桁ピッチ(m)	21 より	0.300 (m)	P5 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	28 より	26.31 (kN/m ²)
6	a6 : 横桁ピッチ(m)	22 より	0.240 (m)	P6 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	29 より	29.04 (kN/m ²)
7	a7 : 横桁ピッチ(m)	23 より	0.280 (m)	P7 : 津波及び余震荷重(kN/m ²)	30 より	31.66 (kN/m ²)

b. 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

$\sigma = \frac{M}{Z}$ → σ : 芯材に生じる曲げ応力度

$\tau = \frac{Q}{A}$ → ※2

横主桁 $\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{0.9262 \times 10^6}{63330} = 14.62498$
 $= 15 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ、整数表示)}$

ここで、

M : 横桁の曲げモーメント(kN・m) 上述算定結果 より 0.9262 (kN・m)
 Z : 横桁の断面係数(mm³) 31より 63330 (mm³)

※2

→ τ : 芯材に生じるせん断応力度

横主桁 $\tau = \frac{Q}{A} = \frac{3.823 \times 10^3}{3800} = 1.006053$
 $= 1 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ、整数表示)}$

ここで、

Q : 横桁のせん断力(kN) 上述算定結果 より 3.823 (kN)
 A : 横桁の断面積(mm²) 32より 3800 (mm²)

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)		
扉板	61	235	曲げ

扉板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質: SS400
- ・厚さ: 12 (mm)

扉板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101」(2015年版)より

降伏点 235 N/mm², 引張強さ 400 N/mm²(保守的下限值)から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(235, 400 \times 0.7) = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、 235 (N/mm²)

表 3—機械的性質

種類の 記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	伸び			曲げ性		
	厚さ ^{*)} mm					厚さ ^{*)} mm	試験片	%	曲げ 角度	内側半径	試験 片 ^{o)}
	16以下	16を超え 40以下	40を超え 100以下	100を超 えるもの							
SS330	205以上	195以上	175以上	165以上	330~430	鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5以下	5号	26以上	180°	厚さの 0.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5を超 え16以下	1A号	21以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ16を超 え50以下	1A号	26以上			
						鋼板, 平鋼の厚さ40を超えるも の	4号	28 以上 ^{*)}			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以 下	2号	25以上			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を 超えるもの	14A号	28以上			
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ 5以下	5号	21以上	180°	厚さの 1.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ 5を超え16以下	1A号	17以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ 16を超え50以下	1A号	21以上			
						鋼板, 平鋼, 形鋼の厚さ40を超 えるもの	4号	23 以上 ^{*)}			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以 下	2号	20以上			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を 超えるもの	14A号	22以上			

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)				
芯材	62	235	曲げ	135	せん断

芯材の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質: SS400
- ・厚さ: 19 , 38 (mm)

芯材の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101」(2015年版)より

降伏点 235 N/mm², 引張強さ 400 N/mm²(保守的下限值)から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \min(235, 400 \times 0.7) = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、 235 (N/mm²)

許容せん断応力度f_s, F:基準値

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}} = \frac{235}{\sqrt{3}} = 135.6773 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

⇒ 135 (N/mm²) (小数点第一位切り捨て、整数表示)

表 3—機械的性質

種類の記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	伸び			曲げ性		
	厚さ ^{*)} mm					厚さ ^{*)} mm	試験片	%	曲げ角度	内側半径	試験片 ^{o)}
	16以下	16を超え40以下	40を超え100以下	100を超えるもの							
SS330	205以上	195以上	175以上	165以上	330~430	鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5以下	5号	26以上	180°	厚さの0.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	21以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	26以上			
						鋼板, 平鋼の厚さ40を超えるもの	4号	28以上 ^{*)}			
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5以下	5号	21以上	180°	厚さの1.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	17以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	21以上			
						鋼板, 平鋼, 形鋼の厚さ40を超えるもの	4号	23以上 ^{*)}			
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	20以上	180°	径, 辺又は対辺距離の1.5倍	2号
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	22以上			

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
扉板	71 / 0.05

扉板の許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。
発生応力度/許容限界値より前ページ 51、61 から

$$11 / 235 = 0.046809$$

⇒ 0.05 (小数点以下第3位切上げ、小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
芯材	72 / 0.07

芯材の許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

横桁

発生応力度/許容限界値より前ページ 52、62 から

$$15 / 235 = 0.06383$$

⇒ 0.07 (小数点以下第3位切上げ、小数点第2位表示)

その1 耐震評価

水密扉の耐震計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟北側水密扉1）
（原子炉建屋付属棟北側水密扉2）

1. 一般事項

本数値説明書は、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 における各水密扉の計算条件及び計算結果の内容を示す。

1.1 計算条件

計算結果算出にあたっては、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 のとおりとする。

1.2 計算精度と数値の丸め方

「東海第二発電所 工事認可申請における本文及び添付資料の作成要領について」を準拠する。該当頁を次頁に添付する。

4.4 工認図書に用いる計算数値の丸め方

- (1) 各種計算書（ただし、計算機アウトプットを使用する場合は除く。）について
- 工認図書中の数値は、評価に用いる許容応力、算出応力及び最小厚さ等を除き、四捨五入を原則とする。
ただし、計算途中の数値については、計算機の保有の数値を使用してもよい。
また、計算途中の計算数値を表示する場合は、規格値及び設計値を除き有効4桁表示（（設計・建設規格記載の許容応力=3桁）+1桁）を原則とする。
 - 規格、基準等により決まる数値については丸めないことを原則とする。なお、詳細については、当該工認図書作成要領書による。要領書のない個別計算書は類似計算書の作成要領書による。
 - 当該又は類似要領書がない計算書等については、共通する項目を表4-1に示す。
 - 耐震・応力計算書の計算の計算数値の丸め方を表4-2に示す。
 - 強度計算書（基本板厚計算書）の計算数値の丸め方を表4-3に示す。
 - 工認添付書類の付録（作成要領書）によらない個別の計算書は、類似計算書の作成要領書に示す工認図書計算数値の丸め方一覧表に基づき、該当する項目について、数値の丸め方一覧表を記載する。
 - 円周率(π)を用いて計算する場合は、計算精度(有効数字6桁以上)を考慮した値を使用する。
- (2) 図面に記載する数値
- 工事計画の記載値を記載する。
 - 工事計画に記載のない数値については、数値の丸めは行わず、設計計画値を記載する。
- (3) 輸入品の数値の記載
フィート、インチからの換算による表示桁数は他表示と同様となるように丸める。また、その処理方法は四捨五入とする。
- (4) 別途作成要領書で規定（準用）する場合
当該計算書作成要領書の規定による。

表4-1 工認図書計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処 理 桁	処 理 法	表示最小桁	備 考
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数	*1
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数	
最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 て	小数点以下第2位	
力	N	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2

注記*1： 規格、基準等により決まる数値については、丸めないで計算及び表示する。

(例：レール鋼の S_u 値=784.5N/mm²(規格値)は、784N/mm²とは丸めない。)

*2： 計算の精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表4-2 耐震・応力計算における計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁	備考
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	
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
ボルト断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断面係数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
極断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位	
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
座屈の評価	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位	
角度	rad	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位	
設計震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位	

表4-3 強度計算（基本板厚計算）における計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁	備考
圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
降伏点	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位	
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
	最小厚さ	mm	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
	開放タンクの水頭及び管台の内径	m	小数点以下第5位	四捨五入	小数点以下第4位
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
角度	°	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位	
慣性モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	

第4-5表 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
共通		W_X	kN	扉体自重	① 4.95
		k_H	—	水平震度	② 1.13
		k_V	—	鉛直震度	③ 0.99
ヒンジ	共通	L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.595 (595mm)
		L_j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.44 (1440mm)
	板	L_1	mm	作用点間距離	⑥ 67.5
		Z_1	mm ³	断面係数	⑦ 10666
		A_1	mm ²	断面積	⑧ 1600
	ピン	L_2	mm	軸支持間距離	⑨ 130
		B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 80
		Z_2	mm ³	断面係数	⑪ 6283
		A_2	mm ²	断面積	⑫ 1257
	ヒンジボルト	n_1	本	本数	⑬ 4
		A_{b1}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑭ 157

第4-5表 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
ロックバー		L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
		Z_3	mm ³	断面係数	⑯ 12271
		A_3	mm ²	断面積	⑰ 1963
ロックボルト		n_3	本	本数	⑱ 4
		A_{b3}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑲ 157

第5-1表 原子炉建屋水密扉の耐震評価結果

名称	評価対象部位		発生応力度 (N/mm ²)	許容 限界値 (N/mm ²)	発生応力 度/許容 限界値
原子炉建屋付属棟 北側水密扉1 原子炉建屋付属棟 北側水密扉2 ^(注3)	ヒンジ部	板	⑳ 67	㉕ 205	㉓ 0.33
		ピン ^(注1)	㉑ 14	㉖ 345	㉔ 0.04
		ヒンジボルト	㉒ 20	㉗ 118	㉔ 0.17
	ロックバー部	ロックバー	㉓ 3	㉘ 345	㉔ 0.01
		ロックボルト	㉓ 3	㉙ 118	㉔ 0.03

(注1) せん断及び曲げのうち評価結果が厳しくなる曲げによる値を記載

(注2) 枠体を固定するアンカーについては、より荷重の大きな水圧荷重により強度計算書
の方で評価する。

(注3) 原子炉建屋付属棟北側水密扉1と同一構造

(水圧荷重 : $P_o=277.5$ (kN) > 耐震荷重 : $F_H=8.267$ (kN), $F_V=7.227$ (kN))
(P_o : 水圧荷重は強度計算書による。)

W_x	kN	扉体自重	① 4.95
-------	----	------	--------

K_H	—	水平震度	② 1.13
-------	---	------	--------

K_V	—	鉛直震度	③ 0.99
-------	---	------	--------

L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.595
-------	---	---------------	---------

L_r : 扉重心位置からヒンジ中心間距離

(添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照)

L_j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.44
-------	---	----------	--------

L_j : 最遠端ヒンジ間のヒンジ中心間水平距離

(添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照)

L_1	mm	作用点間距離	⑥ 67.5
-------	----	--------	--------

L_1 : ヒンジ板において地震による荷重が作用するヒンジ板枠体取付部からヒンジ板
ヒンジピン取付中心部間の水平距離

(添付 枠体組立図「SWT-7-003」参照)

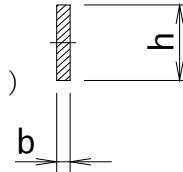
Z_1	mm^3	断面係数	⑦ 10666
-------	---------------	------	---------

Z_1 : ヒンジ板の断面係数

ヒンジ板の断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 $\alpha 3$ 材料力学 $\alpha-22$ ページより)



$$Z_1 = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 40 \times 40^2 = 10666.666666\text{mm}^2$$

10666mm^2 (少数点以下第1位切下げ整数表示)

A_1	mm^2	断面積	⑧ 1600
-------	---------------	-----	--------

A_1 : ヒンジ板の断面積

ヒンジ板の断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

$$A_1 = 40 \times 40 = \span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> $1600\text{mm}^2$$$

L_2	mm	作用点間距離	⑨ 130
-------	----	--------	-------

L_2 : ヒンジピンにおいて地震による荷重が作用するヒンジ板支持部におけるヒンジピン軸支持間の水平距離

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 80
-------	----	--------	------

B_2 : 地震時ヒンジピンに作用するブッシュ長さ

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

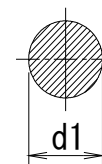
Z_2	mm^3	断面係数	⑪ 6283
-------	---------------	------	--------

Z_2 : ヒンジピンの断面係数

ヒンジピンの断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 $\alpha 3$ 材料力学 $\alpha-22$ ページより)



$$Z_2 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 40^3 = 6283.185307$$

$$\Rightarrow 6283\text{mm}^3 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

A_2	mm^2	断面積	⑫ 1257
-------	---------------	-----	--------

A_2 : ヒンジピンの断面積

ヒンジピンに断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 40^2 = 1256.637061$$

$$\Rightarrow 1257\text{mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

n_1	本	本数	⑬ 4
-------	---	----	-----

n_1 : 扉体重量をうけもつヒンジ1ヶ所あたりのヒンジボルト (枠体側) の本数

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

A_{b1}	mm^2	断面積	⑭ 157
----------	---------------	-----	-------

A_{b1} : ヒンジボルト (枠体側) (M16) 1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表1に示す。

表1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 $A_{s, \text{nom}}$	ねじの呼び	有効断面積 $A_{s, \text{nom}}$
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272
M 6	1	20.1	M22 × 2	318
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621
M14	2	115	M33 × 2	761
M16	2	157	M36 × 3	865
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400
M24	3	353	M48 × 3	1 600

$$A_{b1} = 157\text{mm}^2$$

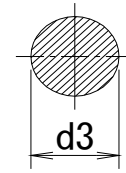


L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
-------	----	--------	------

L_3 : 地震時ロックバーに作用する軸支持間距離
(添付 ロック装置組立図「SWT-7-005」参照)

Z_3	mm^3	断面係数	⑯ 12271
-------	---------------	------	---------

Z_3 : ロックバーの断面係数
ロックバーの断面係数を算定する。
(添付 ロック装置組立図「SWT-7-005」参照)



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z_3 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 50^3 = 12271.8463$$

⇒ 12271 mm^3 (少数点以下第1位切下げ整数表示)

A_3	mm^2	断面積	⑰ 1963
-------	---------------	-----	--------

A_3 : ロックバーの断面積
ロックバーの断面積を算定する。
(添付 ロック装置組立図「SWT-7-005」参照)

$$A_3 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 50^2 = 1963.495408$$

⇒ 1963 mm^2 (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)

n_2	本	本数	⑱ 4
-------	---	----	-----

n_2 : 扉体重量をうけもつロックバー1ヶ所あたりのロックボルトの本数
(添付 ロック装置組立図「SWT-7-005」参照)

A_{b2}	mm^2	断面積	① 157
----------	---------------	-----	-------

A_{b2} : ロックボルト1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表 1 に示す。

表 1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 $A_{k, \text{nom}}$	ねじの呼び	単位 mm^2
				有効断面積 $A_{k, \text{nom}}$
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272
M 6	1	20.1	M22 × 2	318
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621
M14	2	115	M33 × 2	761
M16	2	157	M36 × 3	865
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400
M24	3	353	M48 × 3	1 600

$$A_{b3} = 157 \text{mm}^2$$



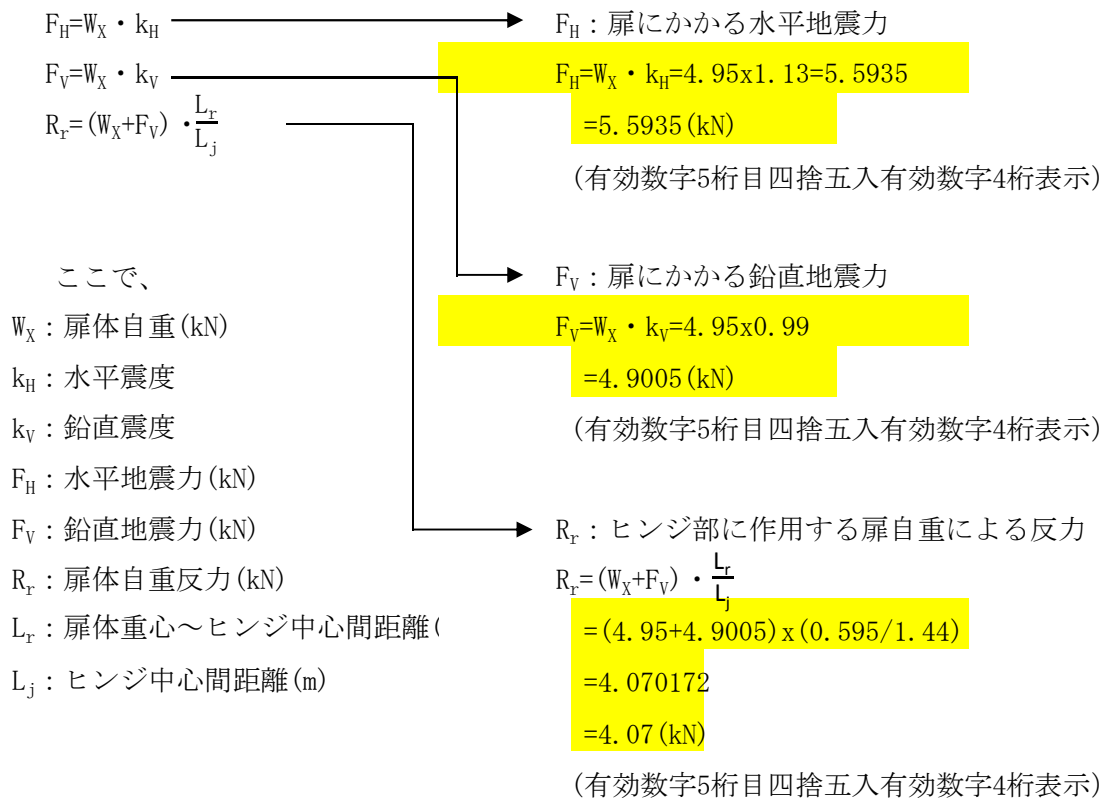
評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジ板	⑳ 67

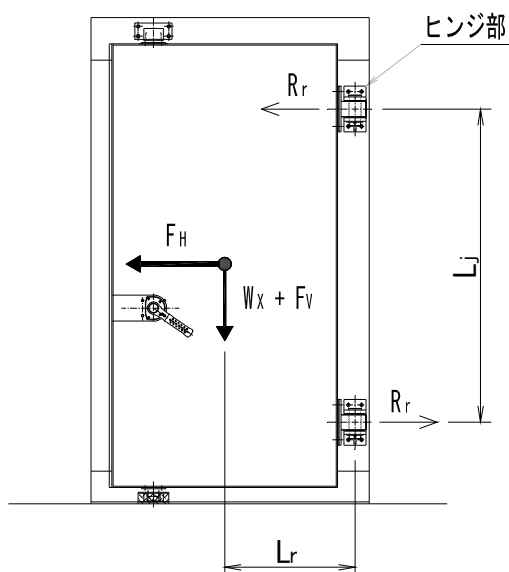
原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジ板部の発生応力度は
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び(a)より算定する荷重から(2)断面検定a.(a)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を第4-3図に示す。





第4-3図 ヒンジ部に生じる荷重の例

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジ板に生じる荷重の例を第4-4図に示す。

$$M = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1 \longrightarrow M: \text{ヒンジ板に発生する扉自重による曲げモーメント}$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (kN・m)
- W_X : 扉体自重 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- F_V : 鉛直地震力 (kN)
- R_r : 扉体自重反力 (kN)
- L_1 : 作用点間距離 (mm)

扉から扉枠へ地震荷重を伝達する部位ヒンジ部（扉部）、ヒンジアーム、ヒンジ板（扉枠部）において、一番厳しくなる評価部位となるヒンジ板（扉部）を評価する。ここでは、評価上厳しくなる弱軸方向に発生する曲げモーメントに対し保守的に、水平及び鉛直方向の荷重を考慮したものから次式のとおり算出する。

$$M = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(5.5935/2)+4.070}{2}\right)^2 + (4.95+4.9005)^2 \times 0.0675}$$

$$= 0.704142 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$= 704.2 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2}$$

Q : ヒンジ板に発生するせん断力

は、水平方向荷重及び鉛直方向を考慮し
次式より算定する。

ここで、

Q : せん断力 (kN)

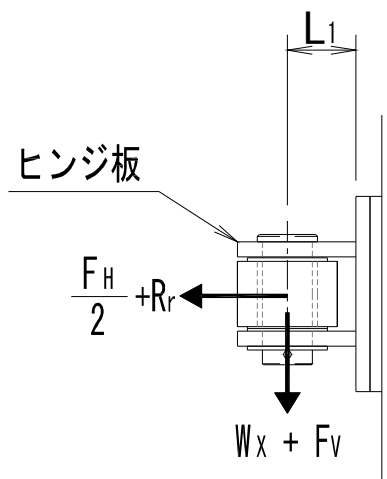
$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(5.5935/2)+4.070}{2}\right)^2 + (4.95+4.9005)^2}$$

$$= 10.43173$$

$$= 10.44 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-4図 ヒンジ板に生じる荷重の例

(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

a. ヒンジ部

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジ板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ヒンジ板に曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₁ : 断面係数 (mm³)

A₁ : 断面積 (mm²)

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(704.2/10666)^2 + 3 \cdot (10.44/1600)^2}$$

$$= \sqrt{(0.082336396)^2 + 3 \cdot (0.00813125)^2}$$

$$= 0.066976299 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2)$$

$$= 67 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジピン	② 14

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジピン部の発生応力度は
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び
 (b)より算定する荷重から(2)断面検定a. (b)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジピンに生じる荷重の例を
 第4-5図に示す。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8} \longrightarrow M: \text{ヒンジピンに発生する荷重として、ヒン}$$

ここで

M: 曲げモーメント(kN・m)

F_H: 水平地震力(kN)

R_r: 扉体自重反力(kN)

L₂: 軸支持間距離(mm)

B₂: ブッシュ長さ(mm)

ジ板支持部を支持間隔とした水平方向荷重
 がブッシュ幅でヒンジピンに作用すること
 から、曲げモーメントを次式より求める。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8}$$

$$= \frac{((5.5935/2) + 4.0701) \times (2 \times 130 - 80)}{8}$$

$$= 85.83652 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 85.9 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} \longrightarrow Q: \text{上記水平荷重を負担する支持部の反力と}$$

ここで、

Q: せん断力(kN)

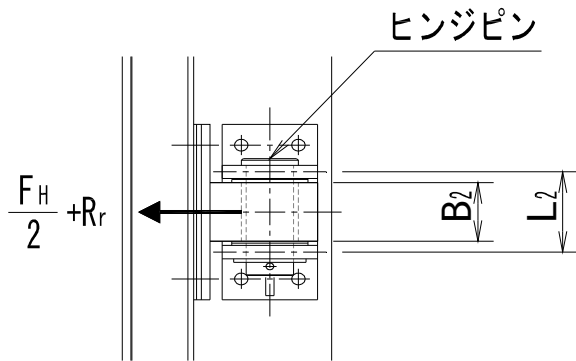
してせん断力が発生することから次式よ
 り求める。

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} = \frac{(5.5935/2) + 4.0701}{2}$$

$$= 3.433461$$

$$= 3.433 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-5図 ヒンジピンに生じる荷重の例

(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z_2}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_2}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 (N・mm²)

τ : せん断応力度 (N・mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₂ : 断面係数 (mm³)

A₂ : 断面積 (mm²)

σ : ヒンジピンに水平方向荷重による曲げモーメントが作用する場合の応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z_2} = 85.9 / 6283 = 0.032818717 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 13.66170992 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 14 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

τ : ヒンジピンにせん断が作用する場合の応力度

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_2} = 4.582 / 1257 = 0.003645186 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 2.7314725043 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 3 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジボルト	②② 19

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジボルト部（枠体側）の発生応力度は、
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a. (c)より重
 算定する荷から(2)断面検定 a. (c) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重
 の例を第4-6図に示す。

$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

→ Q : ヒンジボルト（枠体側）に発生する荷重
 は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力
 として発生することから次式よりもとめる

ここで、

Q : せん断力(kN)

W_x : 扉体自重(kN)

F_H : 水平地震力(kN)

F_V : 鉛直地震力(kN)

R_r : 扉体自重反力(kN)

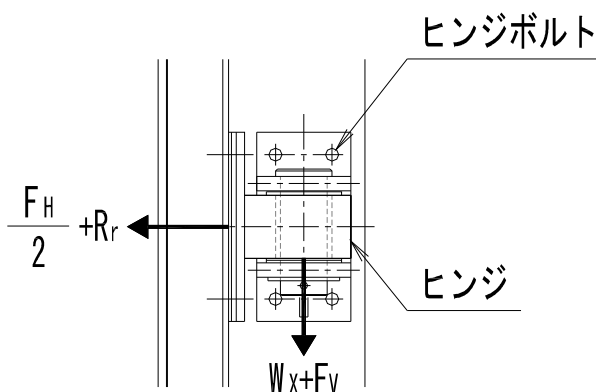
$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{5.5935}{2} + 4.0701\right)^2 + (4.95 + 4.9005)^2}$$

$$= 12.00779 \text{ (kN)}$$

$$= 12.01 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-6図 ヒンジボルト（枠体側）に生じる荷重の例

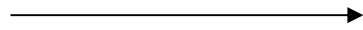
(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}}$$



τ : ヒンジボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでヒンジ部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は ⑬のとおり4本である。

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

Q : せん断力 (kN)

n_1 : 本数 (本)

A_{b1} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}} = 15.24 / (4 \times 157) \\ &= 0.019121 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 19.121 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= \boxed{19 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックバー	②3 3

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックバー部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定

b. (a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

b. ロックバー部

ロックバー部は、ロックバー及びロックボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を第4-7図に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H \longrightarrow F_H: \text{ロックバーに発生する荷重は、扉閉鎖時において発生する水平方向荷重が発生する}$$

$$F_H = W_X \cdot k_H = 4.95 \cdot 1.13 = 5.5935$$

$$= 5.5935 \text{ (kN)}$$

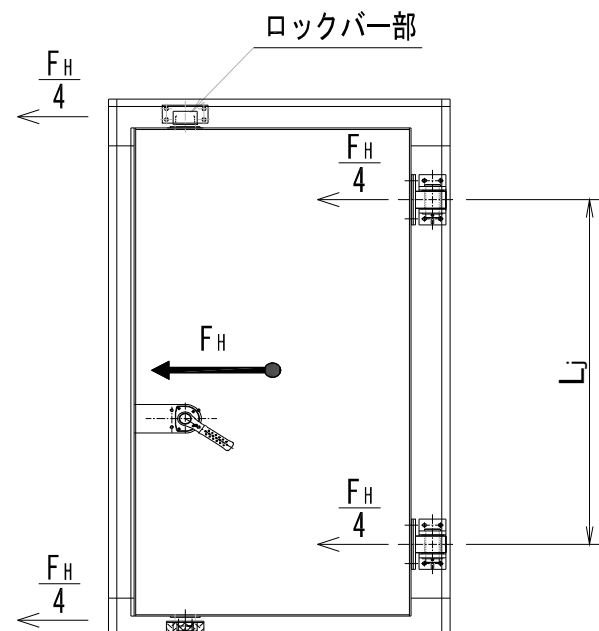
ここで

F_H : 水平地震力 (kN)

W_X : 扉体自重 (kN)

k_H : 水平震度

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-7図 ロックバー部に生じる荷重の例

(a) ロックバー

ロックバーに生じる応力は、次式により算定する。ロックバーに生じる荷重の例を第4-8図に示す。

$$M = \frac{F_H}{4} \cdot L_3 \longrightarrow M : \text{ロックバー部に発生する水平荷重により}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

F_H : 水平地震力 (kN)

L₃ : 作用点間距離 (mm)

ロックバー受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はヒンジ部とロックバーの4か所で負担する。

$$M = \frac{F_H}{4} \cdot L_3 = (5.5935/4) \times 19 = 26.56913 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$
$$= 26.57 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{F_H}{4} \longrightarrow Q : \text{ロックバー部に発生する水平荷重がせん}$$

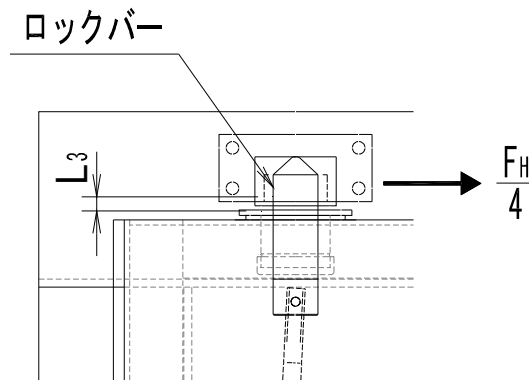
ここで、

Q : せん断力 (kN)

断力として作用することから次式より求める。

$$Q = \frac{F_H}{4} = 5.5935/4 = 1.398375 \text{ (kN)}$$
$$= 1.399 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-8図 ロックバー部に生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(a) ロックバー

ロックバーに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ロックバーの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ロックバーに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₃ : 断面係数 (mm³)

A₃ : 断面積 (mm²)

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A_3)^2}$$

$$= \sqrt{(39.27/12271)^2 + 3 \cdot (2.067/1963)^2}$$

$$= \sqrt{(0.003200228)^2 + 3 \cdot (0.00105298)^2}$$

$$= 0.002166719 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2)$$

$$= 2.167 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)$$

$$= 3 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックボルト	②4 3

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックボルト部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定

b. (b)より算定する荷重から(2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ロックボルトに生じる荷重の例を第4-9図に示す。

$$Q = \frac{F_H}{4}$$

→ Q : ロックバー部に発生する水平荷重がロックボルトにせん断力として作用することから次式より求める。

ここで、

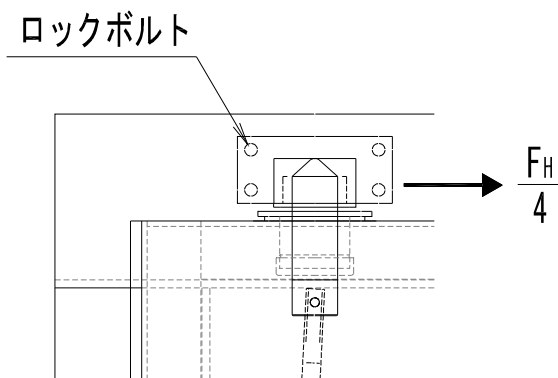
Q : せん断力 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

$$Q = \frac{F_H}{4} = \frac{5.5935}{4} = 1.398375 \text{ (kN)}$$

$$= 1.399 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-9図 ロックボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} \longrightarrow \tau : \text{ロックボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでロックバー部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は⑱のとおり4本である。}$$

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

Q : せん断力 (kN)

n_2 : 本数 (本)

A_{b2} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} = 1.399 / (4 \times 157) \\ &= 0.002226712 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 2.226712 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 3 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジ板	②6 205

ヒンジ板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジ板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

ここで、曲げ許容応力度は、 $F/1.5$ となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジピン	②6 345

ヒンジピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ40mm

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、 $F/1.5$ となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト	②7 118

ヒンジボルト（枠体側）の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジボルト（枠体側）の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、118 (N/mm²)

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックバー	⑳ 345

ロックバーの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ50mm

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックバーの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、 $F/1.5$ となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^㉑ %	硬さ ^㉒			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^㉓ 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックボルト	② 118

ロックボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

せん断許容応力度は、 $F = 205 \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、 $118 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジ板	③① 0.33

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジ板の許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ②① 25 から

から

$$84/205=0.409756097$$

⇒0.41 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジピン	③① 0.04

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジピンの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ②① 26 から

$$33/345=0.095652173$$

⇒0.10 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジボルト	③② 0.17

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する

発生応力度/許容限界値より前ページ②② 27 から

$$25/118=0.211864406$$

⇒0.22 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックバー	③③ 0.01

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックバーの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ②③ 28 から

$$4/345=0.011594202$$

⇒0.02 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックボルト	③④ 0.03

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する
発生応力度/許容限界値より前ページ②④ 29 から

$$4/118=0.033898305$$

⇒0.04 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

その1 耐震評価
水密扉の耐震計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟南側水密扉）

1. 一般事項

本数値説明書は、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 における各水密扉の計算条件及び計算結果の内容を示す。

1.1 計算条件

計算結果算出にあたっては、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 のとおりとする。

1.2 計算精度と数値の丸め方

「東海第二発電所 工事認可申請における本文及び添付資料の作成要領について」を準拠する。該当頁を次頁に添付する。

4.4 工認図書に用いる計算数値の丸め方

- (1) 各種計算書（ただし、計算機アウトプットを使用する場合は除く。）について
- a. 工認図書中の数値は、評価に用いる許容応力、算出応力及び最小厚さ等を除き、四捨五入を原則とする。
ただし、計算途中の数値については、計算機の保有の数値を使用してもよい。
また、計算途中の計算数値を表示する場合は、規格値及び設計値を除き有効4桁表示（（設計・建設規格記載の許容応力＝3桁）＋1桁）を原則とする。
 - b. 規格、基準等により決まる数値については丸めないことを原則とする。なお、詳細については、当該工認図書作成要領書による。要領書のない個別計算書は類似計算書の作成要領書による。
 - c. 当該又は類似要領書がない計算書等については、共通する項目を表4-1に示す。
 - d. 耐震・応力計算書の計算の計算数値の丸め方を表4-2に示す。
 - e. 強度計算書（基本板厚計算書）の計算数値の丸め方を表4-3に示す。
 - f. 工認添付書類の付録（作成要領書）によらない個別の計算書は、類似計算書の作成要領書に示す工認図書計算数値の丸め方一覧表に基づき、該当する項目について、数値の丸め方一覧表を記載する。
 - g. 円周率(π)を用いて計算する場合は、計算精度(有効数字6桁以上)を考慮した値を使用する。
- (2) 図面に記載する数値
- a. 工事計画の記載値を記載する。
 - b. 工事計画に記載のない数値については、数値の丸めは行わず、設計計画値を記載する。
- (3) 輸入品の数値の記載
- フィート、インチからの換算による表示桁数は他表示と同様となるように丸める。また、その処理方法は四捨五入とする。
- (4) 別途作成要領書で規定（準用）する場合
当該計算書作成要領書の規定による。

表4-1 工認図書計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処 理 桁	処 理 法	表 示 最 小 桁	備 考
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数	*1
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数	
最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 て	小数点以下第2位	
力	N	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2

注記*1： 規格、基準等により決まる数値については、丸めないで計算及び表示する。

(例：レール鋼の S_u 値＝784.5N/mm²(規格値)は、784N/mm²とは丸めない。)

*2： 計算の精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表4-2 耐震・応力計算における計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁	備考
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	
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
ボルト断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断面係数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
極断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位	
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
座屈の評価	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位	
角度	rad	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位	
設計震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位	

表4-3 強度計算（基本板厚計算）における計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁	備考
圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
降伏点	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位	
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
	最小厚さ	mm	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
	開放タンクの水頭及び管台の内径	m	小数点以下第5位	四捨五入	小数点以下第4位
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
角度	°	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位	
慣性モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	

第4-7表 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
共通		W_X	kN	扉体自重	① 8.85
		k_H	—	水平震度	② 1.13
		k_V	—	鉛直震度	③ 0.99
ヒンジ	共通	L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.865 (865mm)
		L_j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.745 (1745mm)
	板	L_1	mm	作用点間距離	⑥ 111
		Z_1	mm ³	断面係数	⑦ 16666
		A_1	mm ²	断面積	⑧ 20000
	ピン	L_2	mm	軸支持間距離	⑨ 140
		B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 90
		Z_2	mm ³	断面係数	⑪ 6283
		A_2	mm ²	断面積	⑫ 1257
	ヒンジボルト	n_1	本	本数	⑬ 4
		A_{b1}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑭ 157

第4-7表 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
ロックバー		L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
		Z_3	mm ³	断面係数	⑯ 12271
		A_3	mm ²	断面積	⑰ 1963
ロックボルト		n_2	本	本数	⑱ 4
		A_{b2}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑲ 157

第5-1表 原子炉建屋水密扉の耐震評価結果

名称	評価対象部位		発生応力度 (N/mm ²)	許容 限界値 (N/mm ²)	発生応力 度/許容 限界値
原子炉建屋付属棟 南側水密扉	ヒンジ部	板	⑳ 127	㉕ 205	㉓ 0.62
		ピン ^(注1)	㉑ 28	㉖ 345	㉔ 0.09
		ヒンジボルト	㉒ 36	㉗ 118	㉔ 0.31
	ロックバー部	ロックバー	㉓ 3	㉘ 345	㉔ 0.01
		ロックボルト	㉔ 3	㉙ 118	㉔ 0.03

(注1) せん断及び曲げのうち評価結果が厳しくなる曲げによる値を記載

(注2) 枠体を固定するアンカーについては、より荷重の大きな水圧荷重により強度計算書
の方で評価する。

(水圧荷重：Po=477.5(kN) > 耐震荷重：F_H=14.78(kN), F_V=12.92(kN))
(Po：水圧荷重は強度計算書による。)

W _x	kN	扉体自重	① 8.85
----------------	----	------	--------

K _H	—	水平震度	② 1.13
----------------	---	------	--------

K _V	—	鉛直震度	③ 0.99
----------------	---	------	--------

L _r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.865
----------------	---	---------------	---------

L_r：扉重心位置からヒンジ中心間距離
(添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照)

L _j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.745
----------------	---	----------	---------

L_j：最遠端ヒンジ間のヒンジ中心間水平距離
(添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照)

L ₁	mm	作用点間距離	⑥ 111
----------------	----	--------	-------

L₁：ヒンジ板において地震による荷重が作用するヒンジ板枠体取付部からヒンジ板
ヒンジピン取付中心部間の水平距離
(添付 枠体組立図「SWT-13-003」参照)

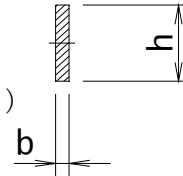
Z_1	mm^3	断面係数	⑦ 16666
-------	---------------	------	---------

Z_1 : ヒンジ板の断面係数

ヒンジ板の断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)



$$Z_1 = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 40 \times 50^2 = 16666.666$$

16666 mm^3 (少数点以下第1位切下げ整数表示)

A_1	mm^2	断面積	⑧ 2000
-------	---------------	-----	--------

A_1 : ヒンジ板の断面積

ヒンジ板の断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

$$A_1 = 40 \times 50 = 2000 \text{mm}^2$$

L_2	mm	作用点間距離	⑨ 140
-------	----	--------	-------

L_2 : ヒンジピンにおいて地震による荷重が作用するヒンジ板支持部におけるヒンジピン軸支持間の水平距離

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 90
-------	----	--------	------

B_2 : 地震時ヒンジピンに作用するブッシュ長さ

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

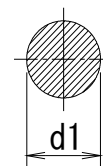
Z_2	mm^3	断面係数	⑪ 6283
-------	---------------	------	--------

Z_2 : ヒンジピンの断面係数

ヒンジピンの断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)



$$Z_2 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 40^3 = 6283.185307$$

$$\Rightarrow \boxed{6283\text{mm}^3} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

A ₂	mm ²	断面積	⑫ 1257
----------------	-----------------	-----	--------

A₂ : ヒンジピンの断面積

ヒンジピンに断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 40^2 = 1256.637061$$

$$\Rightarrow \boxed{1257\text{mm}^2} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

n ₁	本	本数	⑬ 4
----------------	---	----	-----

n₁ : 扉体重量をうけもつヒンジ1ヶ所あたりのヒンジボルトの本数

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

A _{b1}	mm ²	断面積	⑭ 157
-----------------	-----------------	-----	-------

A_{b1} : ヒンジボルト (M16) 1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表 1 に示す。

表 1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 A _{s, nom}	ねじの呼び	有効断面積 A _{s, nom}
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272
M 6	1	20.1	M22 × 2	318
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621
M14	2	115	M33 × 2	761
M16	2	157	M36 × 3	865
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400
M24	3	353	M48 × 3	1 600

$$A_{b1} = \boxed{157\text{mm}^2}$$



L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
-------	----	--------	------

L_3 : 地震時ロックバーに作用する軸支持間距離
(添付 ロック装置組立図「SWT-13-005」参照)

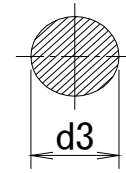
Z_3	mm^3	断面係数	⑯ 12271
-------	---------------	------	---------

Z_3 : ロックバーの断面係数

ロックバーの断面係数を算定する。

(添付 ロック装置組立図「SWT-13-005」参照)

(機械工学便覧 基礎編 α 3 材料力学 α -22ページより)



$$Z_3 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 50^3 = 12271.8463$$

$$\Rightarrow \boxed{12271\text{mm}^3} \text{ (少数点以下第1位切下げ整数表示)}$$

A_3	mm^2	断面積	⑰ 1963
-------	---------------	-----	--------

A_3 : ロックバーの断面積

ロックバーの断面積を算定する。

(添付 ロック装置組立図「SWT-13-005」参照)

$$A_3 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 50^2 = 1963.495408$$

$$\Rightarrow \boxed{1963\text{mm}^2} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

n_2	本	本数	⑱ 4
-------	---	----	-----

n_2 : 扉体重量をうけもつロックバー1ヶ所あたりのロックボルトの本数

(添付 ロック装置組立図「SWT-13-005」参照)

A_{b2}	mm^2	断面積	① 157
----------	---------------	-----	-------

A_{b2} : ロックボルト1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表 1 に示す。

表 1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 $A_{k, \text{nom}}$	ねじの呼び	有効断面積 $A_{k, \text{nom}}$
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272
M 6	1	20.1	M22 × 2	318
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621
M14	2	115	M33 × 2	761
M16	2	157	M36 × 3	865
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400
M24	3	353	M48 × 3	1 600

$$A_{b2} = 157 \text{mm}^2$$



評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジ板	⑳ 127

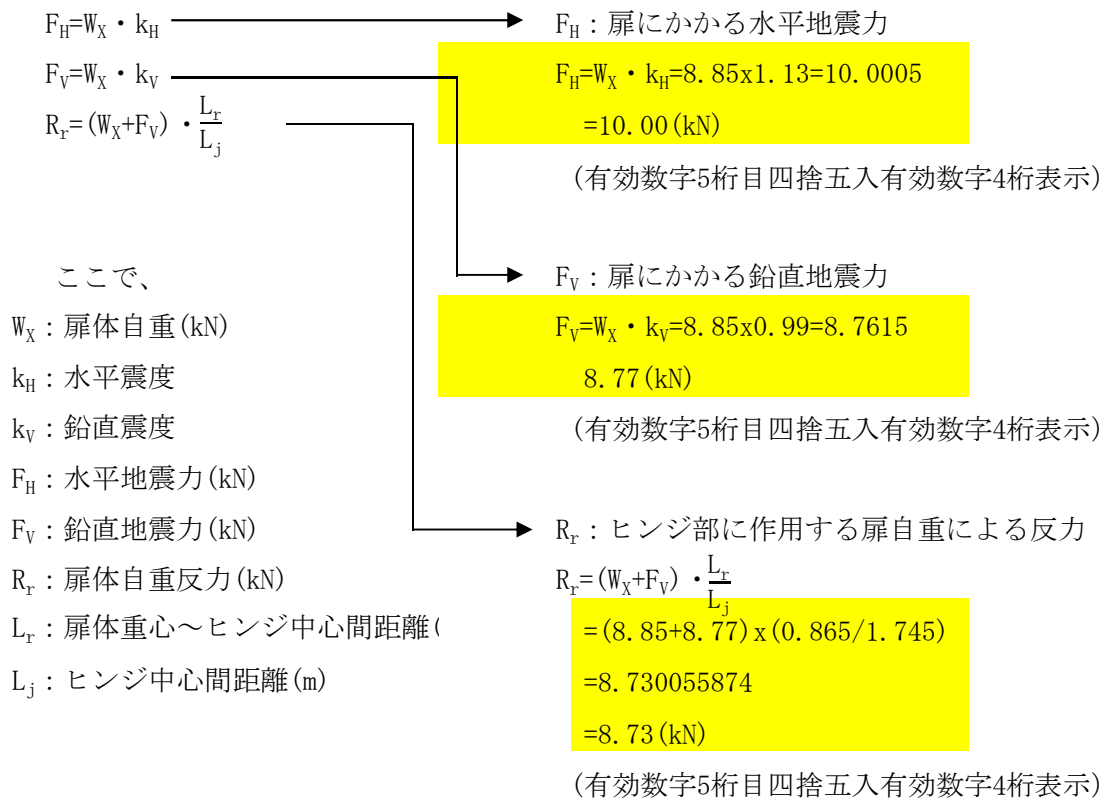
原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジ板部の発生応力度は

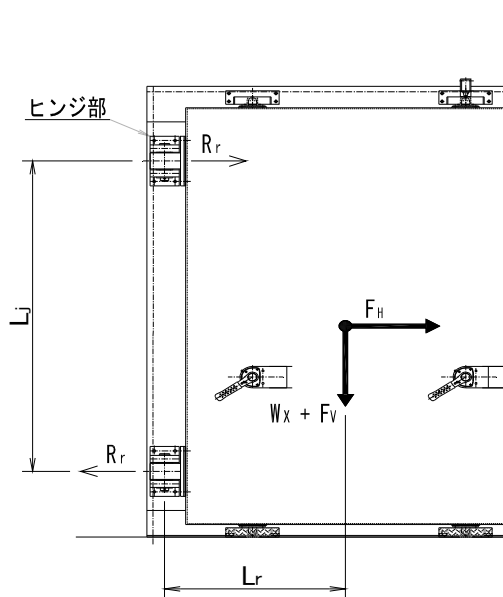
添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a. 及び(a)より算定する荷重から(2)断面検定a. (a)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を第4-3図に示す。





第4-3図 ヒンジ部に生じる荷重の例

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジ板に生じる荷重の例を第4-4図に示す。

$$M = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1 \longrightarrow M: \text{ヒンジ板に発生する扉自重による曲げモーメント}$$

ここで、

M: 曲げモーメント (kN・m)

W_X : 扉体自重 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

F_V : 鉛直地震力 (kN)

R_r : 扉体自重反力 (kN)

L_1 : 作用点間距離 (mm)

扉から扉枠へ地震荷重を伝達する部位ヒンジ部（扉部）、ヒンジアーム、ヒンジ板（枠体部）において、一番厳しくなる評価部位となるヒンジ板（枠体部）を評価する。ここでは、評価上厳しくなる弱軸方向に発生する曲げモーメントに対し保守的に、水平及び鉛直方向の荷重を考慮したもものから次式のとおり算出する。

$$M = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(10.00/2) + 8.73}{2}\right)^2 + (8.85 + 8.77)^2} \times 0.111$$

$$=2.098150343 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$=209.8 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_x + F_V)^2} \longrightarrow Q : \text{ヒンジ板に発生するせん断力}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

は、水平方向荷重及び鉛直方向を考慮し
次式より算定する。

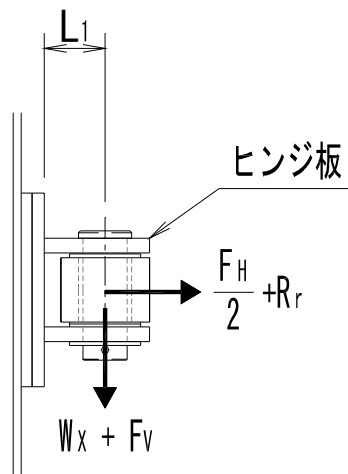
$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(10.00/2) + 8.73}{2}\right)^2 + (8.85 + 8.77)^2}$$

$$=18.90225534$$

$$=18.91 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-4図 ヒンジ板に生じる荷重の例

(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

a. ヒンジ部

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジ板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ヒンジ板に曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₁ : 断面係数 (mm³)

A₁ : 断面積 (mm²)

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(2619/16666)^2 + 3 \cdot (23.59/2000)^2}$$

$$= \sqrt{(0.1571463)^2 + 3 \cdot (0.011795)^2}$$

$$= 0.126953869 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2)$$

$$\boxed{= 127 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジピン	㊦ 28

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジピン部の発生応力度は
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び
 (b)より算定する荷重から(2)断面検定a. (b)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジピンに生じる荷重の例を
 第4-5図に示す。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8} \longrightarrow M: \text{ヒンジピンに発生する荷重として、ヒン}$$

ここで

M: 曲げモーメント(kN・m)

F_H: 水平地震力(kN)

R_r: 扉体自重反力(kN)

L₂: 軸支持間距離(mm)

B₂: ブッシュ長さ(mm)

ジ板支持部を支持間隔とした水平方向荷重
 がブッシュ幅でヒンジピンに作用すること
 から、曲げモーメントを次式より求める。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8}$$

$$= \frac{((10.00/2) + 8.73) \times (2 \times 140 - 90)}{8}$$

$$= 171.629 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 171.7 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} \longrightarrow Q: \text{上記水平荷重を負担する支持部の反力と}$$

ここで、

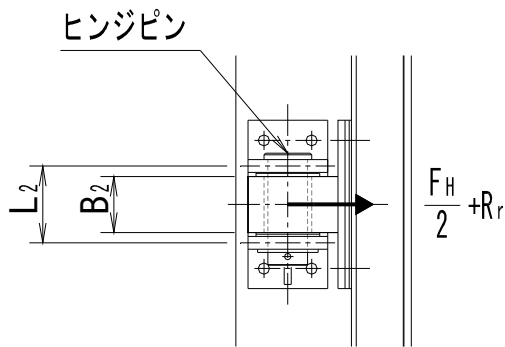
Q: せん断力(kN)

してせん断力が発生することから次式よ
 り求める。

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} = \frac{(10.00/2) + 8.73}{2}$$

$$= 6.866 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-5図 ヒンジピンに生じる荷重の例

(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z_2}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_2}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 (N・mm²)

τ : せん断応力度 (N・mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₂ : 断面係数 (mm³)

A₂ : 断面積 (mm²)

σ : ヒンジピンに水平方向荷重による曲げモーメントが作用する場合の応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z_2} = 171.7 / 6283 = 0.027316381 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 27.3164 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 28 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

τ : ヒンジピンにせん断が作用する場合の応力度

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_2} = 6.866 / 1257 = 0.005461538 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 5.461537738 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 6 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジボルト	② 36

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジボルト部の発生応力度は、
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a. (c)より重
 算定する荷から(2)断面検定 a. (c) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重
 の例を第4-6図に示す。

$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

→ Q : ヒンジボルトに発生する荷重は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力として発生することから次式よりもとめる。

ここで、

Q : せん断力 (kN)

W_x : 扉体自重 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

F_V : 鉛直地震力 (kN)

R_r : 扉体自重反力 (kN)

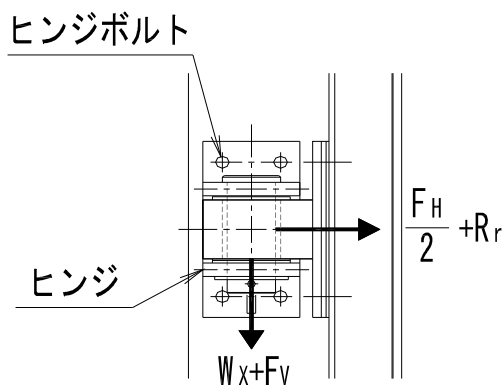
$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{10.00}{2} + 8.73\right)^2 + (8.85 + 8.77)^2}$$

$$= 22.3312837 \text{ (kN)}$$

$$= 22.34 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-6図 ヒンジボルトに生じる荷重の例

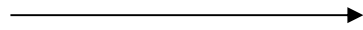
(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}}$$



τ : ヒンジボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでヒンジ部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は⑬のとおり4本である。

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

Q : せん断力 (kN)

n_1 : 本数 (本)

A_{b1} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}} = 22.34 / (4 \times 157) \\ &= 0.035559369 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 35.559369 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 36 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックバー	②3 3

原子炉建屋付属棟南側水密扉のロックバー部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定

b. (a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

b. ロックバー部

ロックバー部は、ロックバー及びロックボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を第4-7図に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H \longrightarrow F_H: \text{ロックバーに発生する荷重は、扉閉鎖時において発生する水平方向荷重が発生する}$$

$$F_H = W_X \cdot k_H = 8.85 \cdot 1.13 = 10.0005$$

$$= 10.00 \text{ (kN)}$$

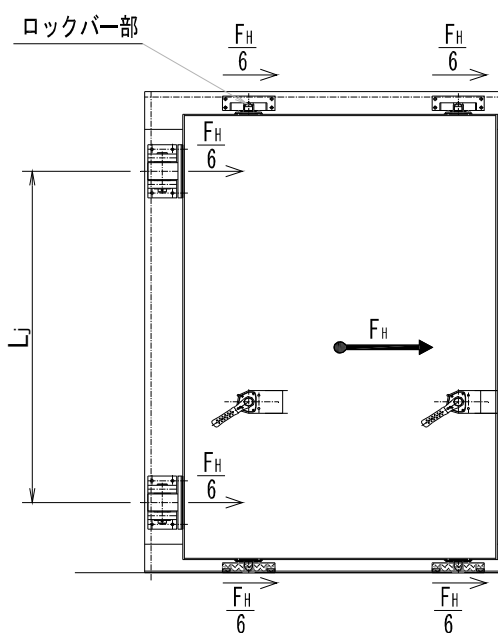
ここで

F_H : 水平地震力 (kN)

W_X : 扉体自重 (kN)

k_H : 水平震度

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-7図 ロックバー部に生じる荷重の例

(a) ロックバー

ロックバーに生じる応力は、次式により算定する。ロックバーに生じる荷重の例を第4-8図に示す。

$$M = \frac{F_H}{6} \cdot L_3 \longrightarrow M: \text{ロックバー部に発生する水平荷重により}$$

ここで、

M: 曲げモーメント (kN・m)

F_H: 水平地震力 (kN)

L₃: 作用点間距離 (mm)

ロックバー受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はヒンジ部とロックバーの6か所で負担する。

$$\begin{aligned} M &= \frac{F_H}{6} \cdot L_3 = (10.00/6) \times 19 \\ &= 31.66825 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \\ &= 31.67 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{F_H}{6} \longrightarrow Q: \text{ロックバー部に発生する水平荷重がせん}$$

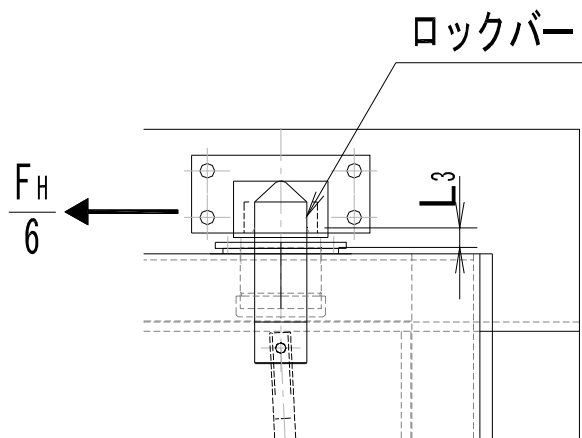
ここで、

Q: せん断力 (kN)

断力として作用することから次式より求

$$\begin{aligned} Q &= \frac{F_H}{6} = 10.00/6 = 1.66675 \text{ (kN)} \\ &= 1.667 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-8図 ロックバー部に生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(a) ロックバー

ロックバーに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ロックバーの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ロックバーに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₃ : 断面係数 (mm³)

A₃ : 断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A_3)^2} \\ &= \sqrt{(31.67/12271)^2 + 3 \cdot (1.667/1963)^2} \\ &= \sqrt{(0.002581)^2 + 3 \cdot (0.0008493)^2} \\ &= 0.002582902 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 2.582902 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{3 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックボルト	②d 3

原子炉建屋付属棟南側水密扉のロックボルト部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定

b. (b)より算定する荷重から(2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

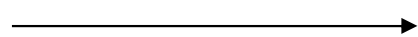
(1) 荷重算定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ロックボルトに生じる荷重の例を第4-9図に示す。

$$Q = \frac{F_H}{6}$$



Q：ロックバー部に発生する水平荷重がロックボルトにせん断力として作用することから次式より求める。

ここで、

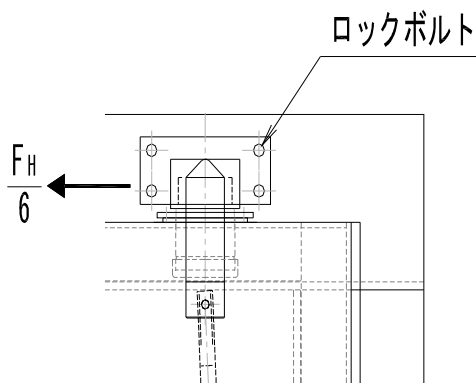
Q：せん断力(kN)

F_H：水平地震力(kN)

$$Q = \frac{F_H}{6} = 10.00/6 = 1.66675 \text{ (kN)}$$

$$= 1.667 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-9図 ロックボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} \longrightarrow \tau : \text{ロックボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでロックバー部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は⑱のとおり4本である。}$$

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$)

Q : せん断力 (kN)

n_2 : 本数 (本)

A_{b2} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} = 1.667 / (4 \times 157) \\ &= 0.002654061 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 2.654061 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 3 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジ板	㊟ 205

ヒンジ板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟南側水密扉ヒンジ板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

ここで、曲げ許容応力度は、 $F/1.5$ となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^㉞ %	硬さ ^㉟			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^㉞ 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジピン	② 345

ヒンジピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ40mm

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、 $F/1.5$ となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト	② 118

ヒンジボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、118 (N/mm²)

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックバー	⑳ 345

ロックバーの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ50mm

原子炉建屋付属棟南側水密扉のロックバーの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303：2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^㉑ %	硬さ ^㉒			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^㉓ 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックボルト	② 118

ロックボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟南側水密扉のロックボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、118 (N/mm²)

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジ板	③⑩ 0.62

原子炉建屋付属棟南側水密扉ヒンジ板の許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ ②④ ②⑤ から

から

$$159/205=0.77561$$

$$\Rightarrow 0.78 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジピン	③⑪ 0.09

原子炉建屋付属棟南側水密扉ヒンジピンの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ ②④ ②⑥ から

$$69/345=0.20$$

$$\Rightarrow 0.20 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジボルト	③⑫ 0.31

原子炉建屋付属棟南側水密扉ヒンジボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ ②② ②⑦ から

$$46/118=0.389830508$$

$$\Rightarrow 0.39 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックバー	③⑬ 0.01

原子炉建屋付属棟南側水密扉ロックバーの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ ②③ ②⑧ から

$$4/345=0.011594202$$

$$\Rightarrow 0.02 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックボルト	③④ 0.03

原子炉建屋付属棟南側水密扉ロックボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出す。
発生応力度/許容限界値より前ページ ②④ ②⑨ から

$$4/118=0.033898305$$

⇒0.04 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

1. 一般事項

本数値説明書は、添付資料その2 強度評価「水密扉強度計算書」における各水密扉の計算条件及び計算結果の内容を示す。

1.1 計算精度と数値の丸め方

「東海第二発電所 工事認可申請における本文及び添付資料の作成要領について」を準拠する。該当頁を次頁に添付する。

4.4 工認図書に用いる計算数値の丸め方

- (1) 各種計算書（ただし、計算機アウトプットを使用する場合は除く。）について
- a. 工認図書中の数値は、評価に用いる許容応力、算出応力及び最小厚さ等を除き、四捨五入を原則とする。
ただし、計算途中の数値については、計算機の保有の数値を使用してもよい。
また、計算途中の計算数値を表示する場合は、規格値及び設計値を除き有効4桁表示（（設計・建設規格記載の許容応力=3桁）+1桁）を原則とする。
 - b. 規格、基準等により決まる数値については丸めないことを原則とする。なお、詳細については、当該工認図書作成要領書による。要領書のない個別計算書は類似計算書の作成要領書による。
 - c. 当該又は類似要領書がない計算書等については、共通する項目を表4-1に示す。
 - d. 耐震・応力計算書の計算の計算数値の丸め方を表4-2に示す。
 - e. 強度計算書（基本板厚計算書）の計算数値の丸め方を表4-3に示す。
 - f. 工認添付書類の付録（作成要領書）によらない個別の計算書は、類似計算書の作成要領書に示す工認図書計算数値の丸め方一覧表に基づき、該当する項目について、数値の丸め方一覧表を記載する。
 - g. 円周率(π)を用いて計算する場合は、計算精度(有効数字6桁以上)を考慮した値を使用する。
- (2) 図面に記載する数値
- a. 工事計画の記載値を記載する。
 - b. 工事計画に記載のない数値については、数値の丸めは行わず、設計計画値を記載する。
- (3) 輸入品の数値の記載
- フィート、インチからの換算による表示桁数は他表示と同様となるように丸める。また、その処理方法は四捨五入とする。
- (4) 別途作成要領書で規定（準用）する場合
- 当該計算書作成要領書の規定による。

表4-1 工認図書計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理法	表示最小桁	備考
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨	整数	*1
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数	
最小厚さ	mm	小数点以下第3位	切捨	小数点以下第2位	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	*2

注記*1： 規格、基準等により決まる数値については、丸めないで計算及び表示する。

(例：レール鋼のSu値=784.5N/mm²(規格値)は、784N/mm²とは丸めない。)

*2： 計算の精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表4-2 耐震・応力計算における計算数値の丸め方一覧表

数 値 の 種 類	単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁	備 考
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	
縦 弾 性 係 数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
断 面 積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
ボルト断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断 面 係 数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
極断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数 位	
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
座 屈 の 評 価	—	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位	
角 度	rad	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位	
設 計 震 度	—	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位	

表4-3 強度計算（基本板厚計算）における計算数値の丸め方一覧表

数 値 の 種 類	単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁	備 考
圧 力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
降 伏 点	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数 位	
長 さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位
	最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 て	小数点以下第2位
	開放タンクの水頭及び管台の内径	m	小数点以下第5位	四捨五入	小数点以下第4位
面 積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
角 度	°	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位	
慣性モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	

4. 評価条件

「3.5 評価方法」に用いる評価条件を第4-1表及び第4-2表に示す。

第4-1表 強度評価に用いる条件(1/2)

対象部位	記号	単位	定義	数値	
					立坑水密扉
扉板	L	m	区画短辺の長さ	①	0.490
	W_u	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重	②	62.07
	W_d	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重	③	68.13
	M_{x1}	-	等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	④	0.066
	M_{x2}	-	等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑤	0.039
	Z	mm ³	断面係数	⑥	20910
芯材(主桁)	Hg	m	受圧高	⑦	3.1
	B	m	受圧幅	⑧	2.1
	P_{c1}	kN/m ²	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重(最上部)	⑨	55
	P_{c2}	kN/m ²	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重(上から2番目)	⑩	62.1
	P_{c3}	kN/m ²	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重(上から3番目)	⑪	68.1
	P_{c4}	kN/m ²	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重(上から4番目)	⑫	74.19
	P_{c5}	kN/m ²	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重(上から5番目)	⑬	80.25
	P_{c6}	kN/m ²	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重(上から6番目)	⑭	86.31
	Z	mm ³	断面係数	⑮	830700
	A	mm ²	断面積	⑯	4096

第4-1表 強度評価に用いる条件(2/2)

対象部位	記号	単位	定義	数値	
					立坑水密扉
芯材 (縦桁)	a1	m	主桁ピッチ	⑰	0.7
	a2	m	主桁ピッチ	⑱	0.6
	a3	m	主桁ピッチ	⑲	0.6
	a4	m	主桁ピッチ	⑳	0.6
	a5	m	主桁ピッチ	㉑	0.6
	Y	m	縦桁ピッチ	㉒	0.49
	p1	kN/m ²	浸水及び余震による 水圧荷重	㉓	14.8
	p2	kN/m ²	浸水及び余震による 水圧荷重	㉔	12.8
	p3	kN/m ²	浸水及び余震による 水圧荷重	㉕	12.7
	p4	kN/m ²	浸水及び余震による 水圧荷重	㉖	12.7
	p5	kN/m ²	浸水及び余震による 水圧荷重	㉗	12.8
	Z	mm ³	断面係数	㉘	173400
	A	mm ³	断面積	㉙	2619

5. 強度評価結果

立坑水密扉の強度評価結果を第5-1表に示す。水密扉の各部材の断面検定を行った結果、発生応力度又は荷重は許容限界値以下である。

第5-1表 立坑水密扉の強度評価結果

名 称	評価対象部位	発生応力度	許容限界値	発生応力度/許容限界
		(N/mm ²)	(N/mm ²)	
立坑水密扉	扉板	③① 50	③② 245	③④ 0.21
	芯材 ^(注1)	③① 13	③③ 235	③⑤ 0.14

(注1) 主桁及び縦桁のせん断及び曲げのうち評価結果が最も厳しくなる中間縦桁区画1の曲げによる値を記載

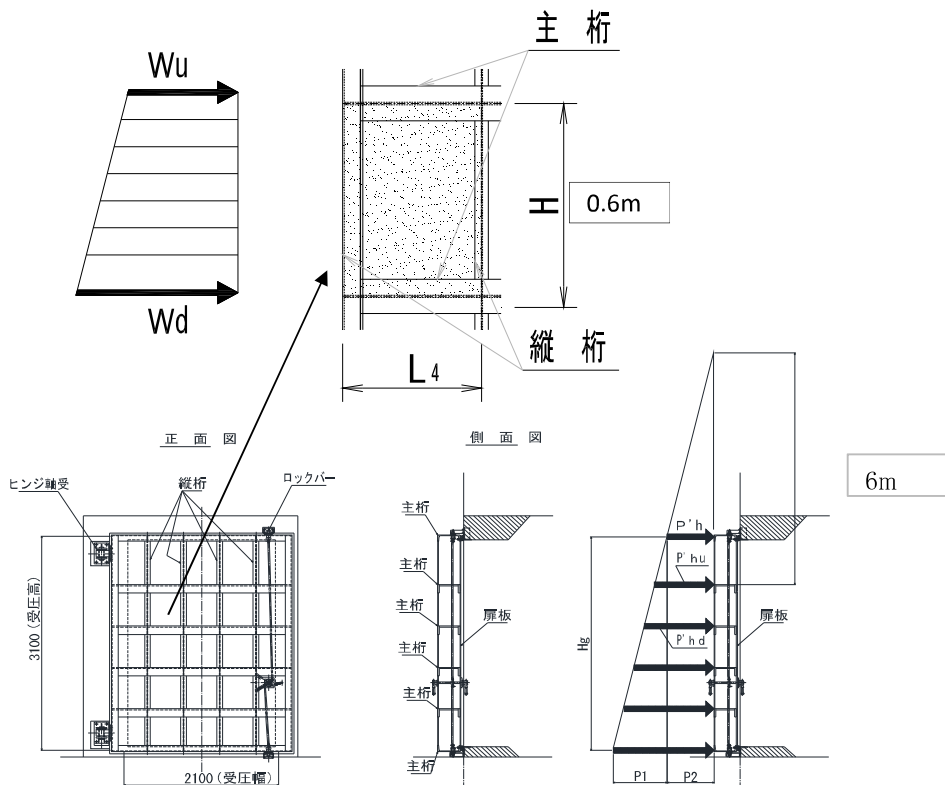
L	m	区画短辺の長さ	0.49	①
---	---	---------	------	---

L₄ : 立坑水密扉の扉体の区画短辺の長さ

該当部位は、添付 扉体組立図「V-01-133Z-001-125」参照。

Wu	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重	②	62.07
----	------	-------------------	---	-------

Wu : 立坑水密扉の区画上端の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$Wu = P'hu + Ps = 60.605097 + 1.462 = 62.067 \approx 62.07 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

ここで

P'hu : 評価区画上端部の浸水による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$P'hu = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 6 = 60.605097 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

第3-2表より

ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

g : 重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

h : 当該部分の浸水深さ (区画上端高さ) 図より = 6(m)

Ps : 余震による受圧面積に対する地震荷重

$$Ps = G \cdot C_H / (H g \cdot B) = 28 \times 0.34 / (3.1 \times 2.1) = 1.462365591 \approx 1.462 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

第3-2表より

G : 水密扉自重 28 (kN)

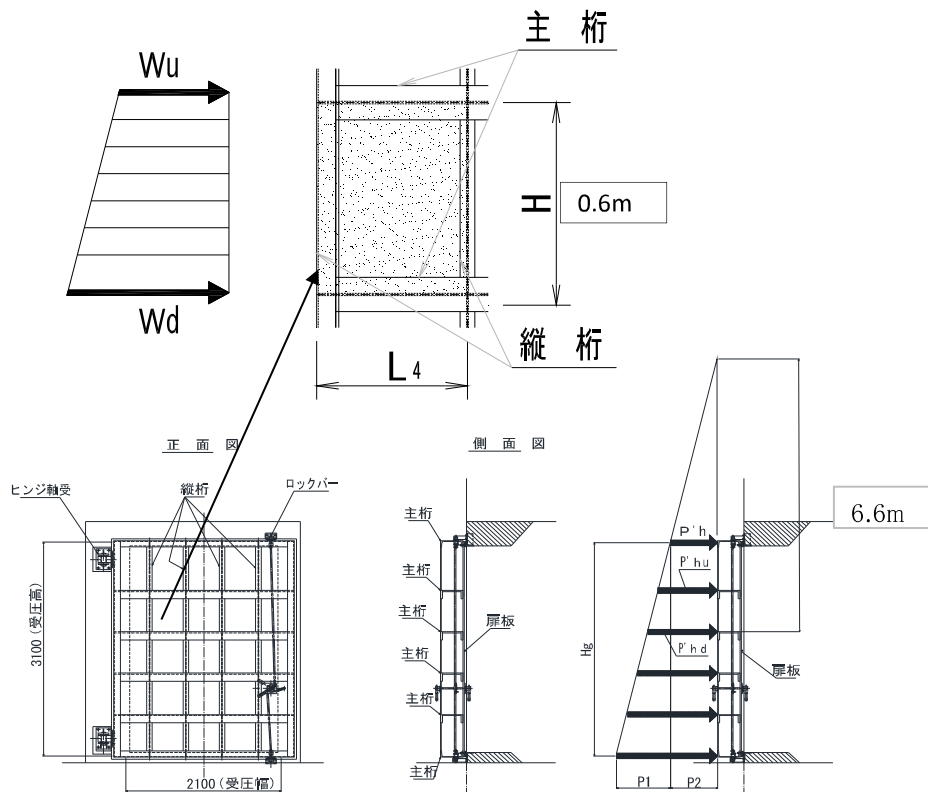
C_H : 水平震度 0.34 (一)

H_g : 立坑水密扉芯材の受圧高 3.1(m)

B : 立坑水密扉芯材の受圧幅 2.1(m)

Wd	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重	③	68.13
----	------	-------------------	---	-------

Wd : 立坑水密扉の区画下端の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料○ 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$Wd = P'hd + Ps = 66.6656067 + 1.462 = 68.127 \approx 68.13$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

ここで

$P'hd$: 評価区画下端部の浸水による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$P'hd = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 6.6 = 66.6656067 \text{ (kN/m)}$$

第3-2表より

ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

g : 重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

h : 当該部分の浸水深さ (区画上端高さ) 図より $= 22.6 \text{ (m)}$

$$Ps = G \cdot C_H / (Hg \cdot B) = 28 \times 0.34 / (3.1 \times 2.1) = 1.462365591 \approx 1.462 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

Mx1	-	等分布荷重による曲げ応力算定用の係数④	0.066
-----	---	---------------------	-------

Mx1 : 立坑水密扉等分布荷重による曲げ応力算定用の係数

建築構造学体系11 平板構造 図5-1

等分布荷重四辺固定スラブの曲げモー

メントとたわみより

l_x : 短辺方向①より0.490

l_y : 長辺方向図面より0.600

$$l_y/l_x = 0.600/0.490 = 1.224\dots$$

グラフより0.066を採用

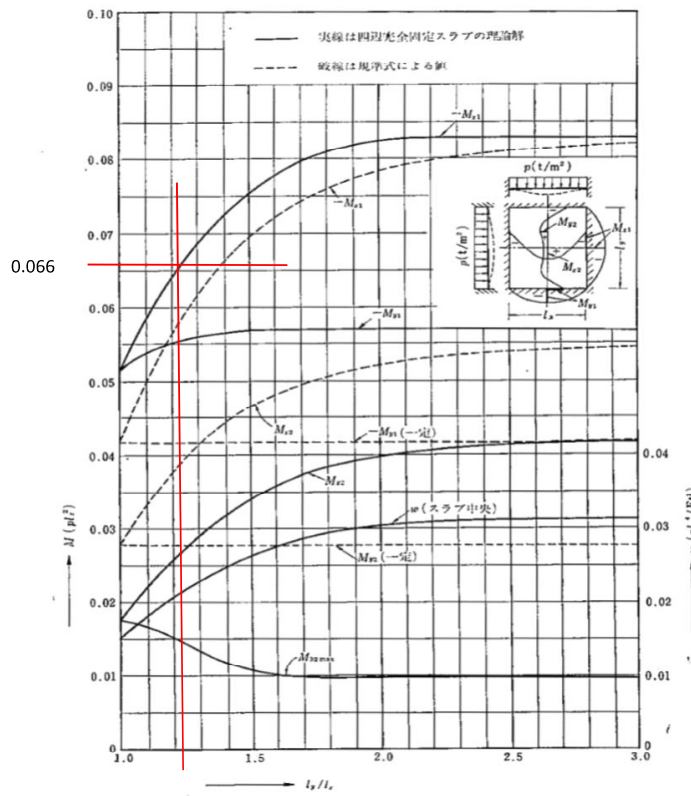


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

Mx2	-	等変分布荷重による 曲げ応力算定用の係 数	⑤	0.039
-----	---	-----------------------------	---	-------

Mx2：立坑水密扉等分布荷重による曲げ応力算定用の係数

建築構造学体系11 平板構造 図5-1

等分布荷重四辺固定スラブの曲げモー

メントとたわみより

l_x：短辺方向①より0.490

l_y：長辺方向図面より0.600

l_y/l_x=0.60/0.490= 1.224...

グラフより0.039を採用

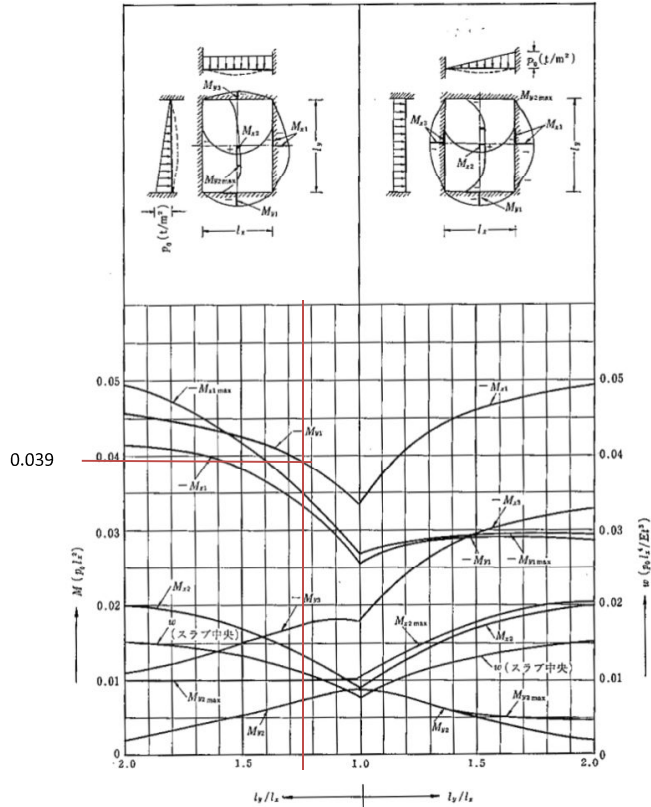


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ (ν=0)

Z	mm ³	断面係数	⑥	20910
---	-----------------	------	---	-------

Z：立坑水密扉扉板の断面係数

扉板の断面係数を算定する。

(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = (1/6) \cdot b h^2$$

$$= (1/6) \times 490 \times 16^2 = 20906 \div 20910 \text{ (mm}^3\text{)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

Hg	m	受圧高	⑦ 3.1 (3100mm)
----	---	-----	----------------

Hg：立坑水密扉芯材の受圧高

該当部位は、添付 水密詳細図「V-01-133Z-001-124」参照。

B	m	受圧幅	⑧ 2.1 (2100mm)
---	---	-----	----------------

B：立坑水密扉芯材の受圧幅

該当部位は、添付 水密詳細図「V-01-133Z-001-124」参照。

P_{c1}	kN/m^2	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重(最上部)	⑨ 55.00
----------	-----------------	----------------------------	---------

P_{c1} ：立坑水密扉芯材（主桁）に作用する浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重

水密扉計算書 (1) 荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(Ph)算定式より

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h + P_s$$

静水圧荷重算定のため、

$$\rho : \text{水の密度} 1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$g : \text{重力加速度} 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$h : \text{当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) 図より} = 5.3 \text{ m}$$

$$P_{c1} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 5.3 + 1.462$$

$$= 54.996$$

$$= \boxed{55.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_{c2}	kN/m^2	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重（上から2番目）	⑩ 62.07
----------	-----------------	-------------------------------	---------

P_{c2} : 立坑水密扉芯材（主桁）に作用する浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重

水密扉計算書 （1）荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(Ph)算定式より

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h + P_s$$

静水圧荷重算定のため、

$$\rho : \text{水の密度} 1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$g : \text{重力加速度} 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$h : \text{当該部分の浸水深さ（区画上端高さ）図より} = 6.0 \text{ m}$$

$$P_{c2} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 6.0 + 1.462$$

$$= 62.067$$

$$= \boxed{62.07 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_{c3}	kN/m^2	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重（上から3番目）	⑪ 68.13
----------	-----------------	-------------------------------	---------

P_{c3} : 立坑水密扉芯材（主桁）に作用する浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重

水密扉計算書 （1）荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(Ph)算定式より

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h + P_s$$

静水圧荷重算定のため、

$$\rho : \text{水の密度} 1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$g : \text{重力加速度} 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$h : \text{当該部分の浸水深さ（区画上端高さ）図より} = 6.6 \text{ m}$$

$$P_{c3} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 6.6$$

$$= 68.127$$

$$= \boxed{68.13 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_{c4}	kN/m^2	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重（上から4番目）	⑫ 74.19
----------	-----------------	-------------------------------	---------

P_{c4} ：立坑水密扉芯材（主桁）に作用する浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重

水密扉計算書 （1）荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(Ph)算定式より

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h + P_s$$

静水圧荷重算定のため、

$$\rho : \text{水の密度} 1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$g : \text{重力加速度} 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$h : \text{当該部分の浸水深さ（区画上端高さ）図より} = 7.2\text{m}$$

$$\begin{aligned} P_{c4} &= \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 7.2 + 1.462 \\ &= 74.188 \\ &= \boxed{74.19 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

P_{c5}	kN/m^2	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重（上から5番目）	⑬ 80.25
----------	-----------------	-------------------------------	---------

P_{c5} ：立坑水密扉芯材（主桁）に作用する浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重

水密扉計算書 （1）荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(Ph)算定式より

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h + P_s$$

静水圧荷重算定のため、

$$\rho : \text{水の密度} 1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$g : \text{重力加速度} 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$h : \text{当該部分の浸水深さ（区画上端高さ）図より} = 7.8\text{m}$$

$$\begin{aligned} P_{c5} &= \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 7.8 + 1.462 \\ &= 80.248 \approx \boxed{80.25 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \\ &\text{(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

P_{c6}	kN/m^2	浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重（上から6番目）	⑭ 86.31
----------	-----------------	-------------------------------	---------

P_{c6} ：立坑水密扉芯材（主桁）に作用する浸水又は溢水による静水圧及び余震による荷重

水密扉計算書 （1）荷重の設定

b. 浸水津波荷重又は溢水に伴う荷重(Ph)算定式より

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h + P_s$$

静水圧荷重算定のため、

ρ ：水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

g ：重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

h ：当該部分の浸水深さ（区画上端高さ）図より $=8.4\text{m}$

$$P_{c6} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 8.4 + 1.462$$

$$= 86.309 \approx 86.31 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

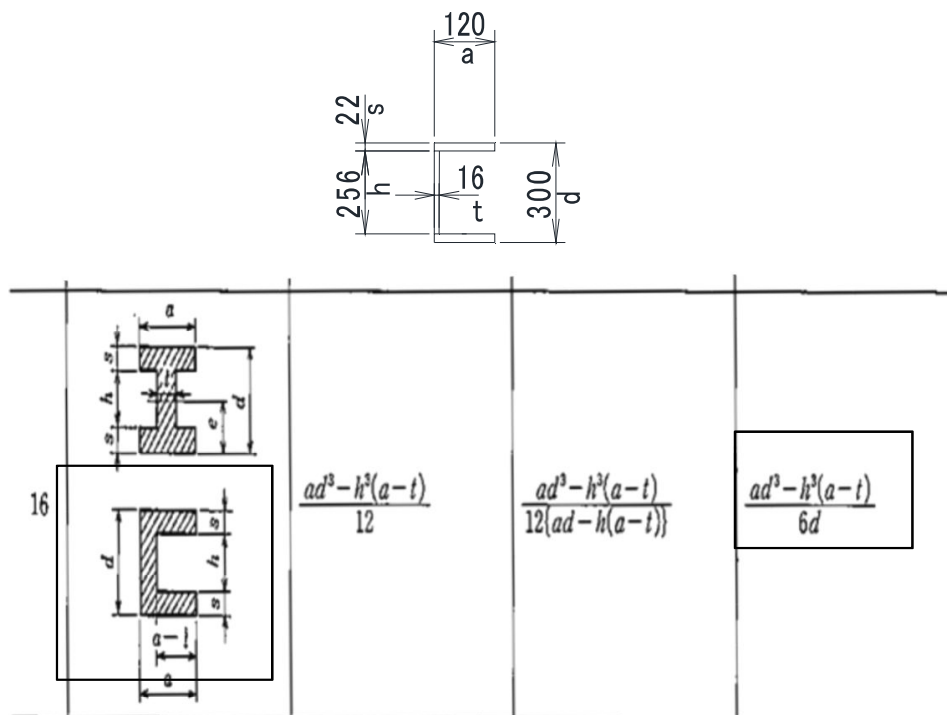
（有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示）

Z	mm ³	断面係数	⑮	830600
---	-----------------	------	---	--------

Z : 芯材の断面係数

芯材（主桁）の断面係数を算定する。

ここでは、主桁強度評価結果で用いた中間主桁の断面係数を記載する。



$$Z = \frac{a \cdot d^3 - h^3(a-t)}{6d} = \frac{120 \times 300^3 - 256^3 \times (120 - 16)}{6 \times 300}$$

$$= \frac{3240000000 - 1744830464}{1800} = \frac{1495169536.0}{1800}$$

$$= 830649.7422$$

$$= \boxed{830600 \text{ (mm}^3\text{)}} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

A	mm ²	断面積	⑯	4096
---	-----------------	-----	---	------

A : 芯材（主桁）の断面積

ここでは、強度評価において負担する強軸側の面積（ウェブ部）を算定する。

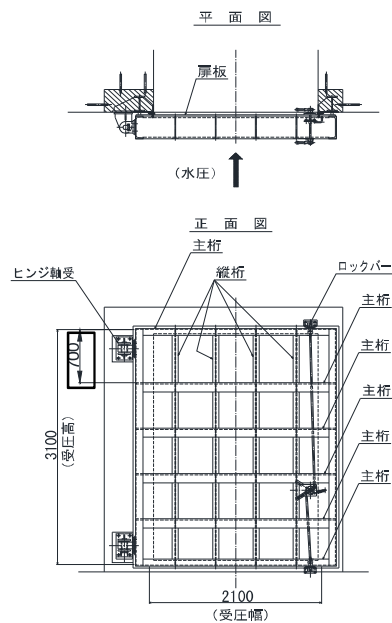
$$A = (300 - 22 - 22) \times 16$$

$$= \boxed{4096 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

a1	m	主桁ピッチ	⑰ 0.700
----	---	-------	---------

a1：立坑水密扉芯材（横桁）の主桁ピッチ

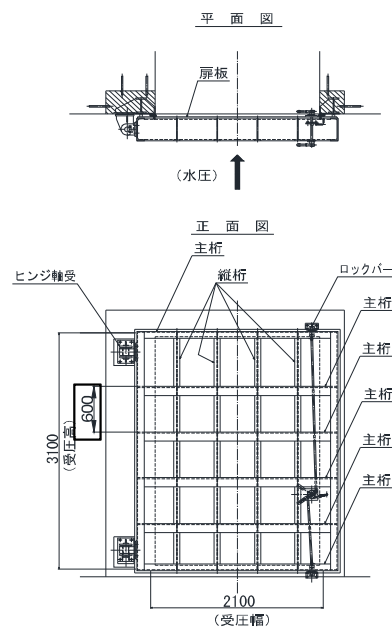
当該部分は、以下のとおり。



a2	m	主桁ピッチ	⑱ 0.600
----	---	-------	---------

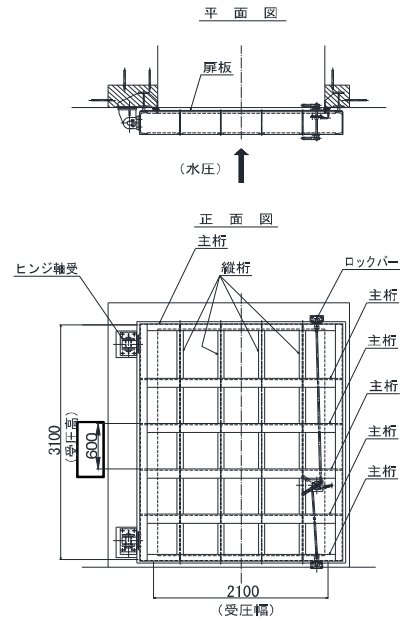
a2：立坑水密扉芯材（横桁）の主桁ピッチ

当該部分は、以下のとおり。



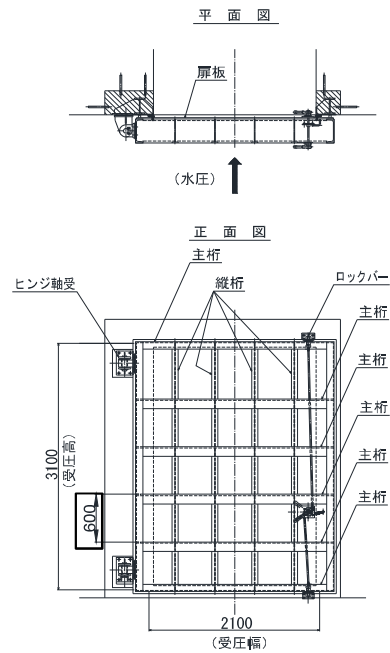
a3	m	主桁ピッチ	⑱	0.600
----	---	-------	---	-------

a3：立坑水密扉芯材（横桁）の主桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



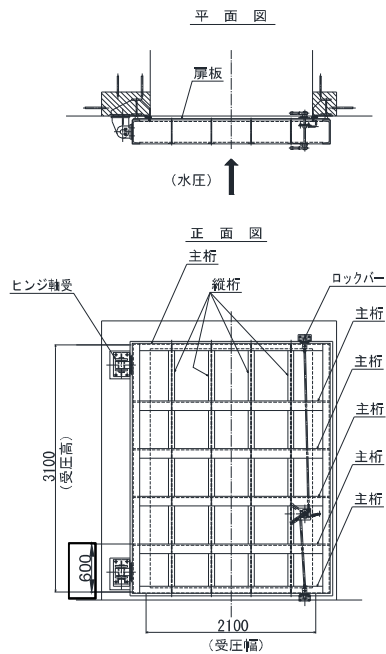
a4	m	主桁ピッチ	⑳	0.600
----	---	-------	---	-------

a4：立坑水密扉芯材（横桁）の主桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



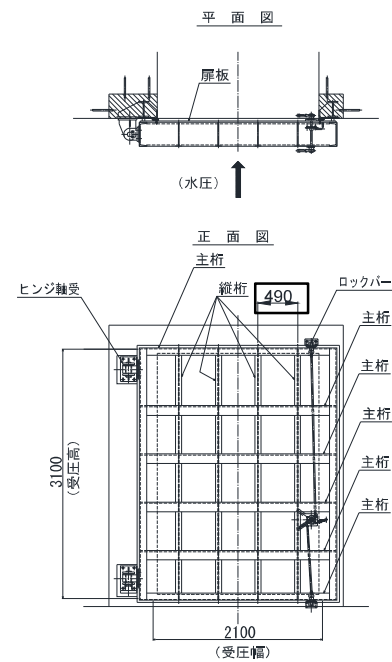
a5	m	主桁ピッチ	㉑	0.6
----	---	-------	---	-----

a5：立坑水密扉芯材（横桁）の主桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



Y	m	縦桁ピッチ	㉒	0.49
---	---	-------	---	------

a：立坑水密扉芯材（縦桁）の縦桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



p1	kN/m ²	浸水による水圧荷重 (23)	58.53
----	-------------------	----------------	-------

p1 : 立坑水密扉芯材（主桁）下図に作用する荷重

評価作用位置における浸水による荷重

$$p1 = \rho \cdot g \cdot h + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times 5.65 + 1.462 = 58.531$$

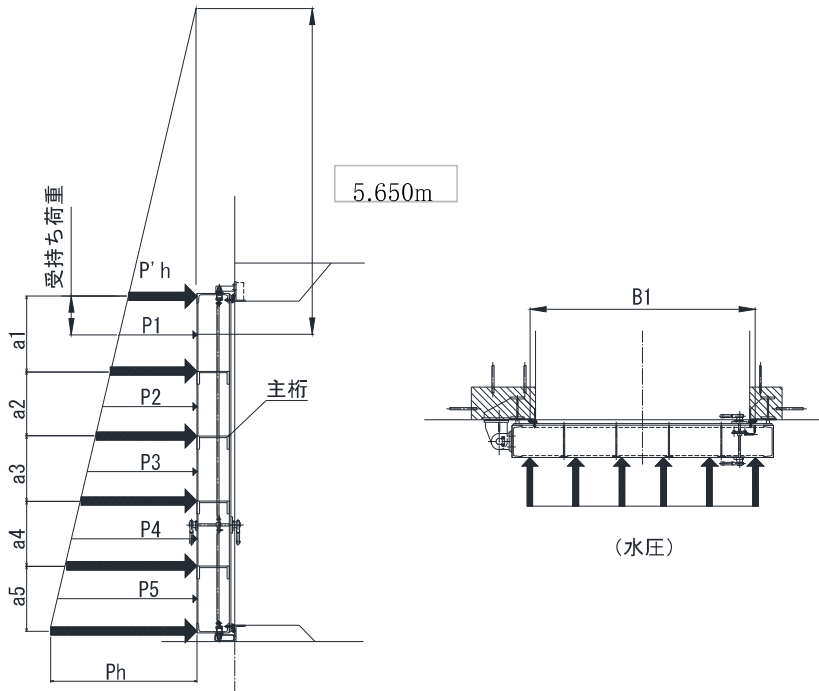
$$= \boxed{58.53 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

g : 重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

h : 当該部分の浸水深さ図より $= 5.650 \text{ (m)}$



主桁に生じる荷重の例

p2	kN/m ²	浸水による水圧荷重	㊦ 65.10
----	-------------------	-----------	---------

p2 : 立坑水密扉芯材（主桁）下図に作用する荷重

評価作用位置における浸水による荷重

$$p2 = \rho \cdot g \cdot h + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times 6.3 + 1.462 = 65.097$$

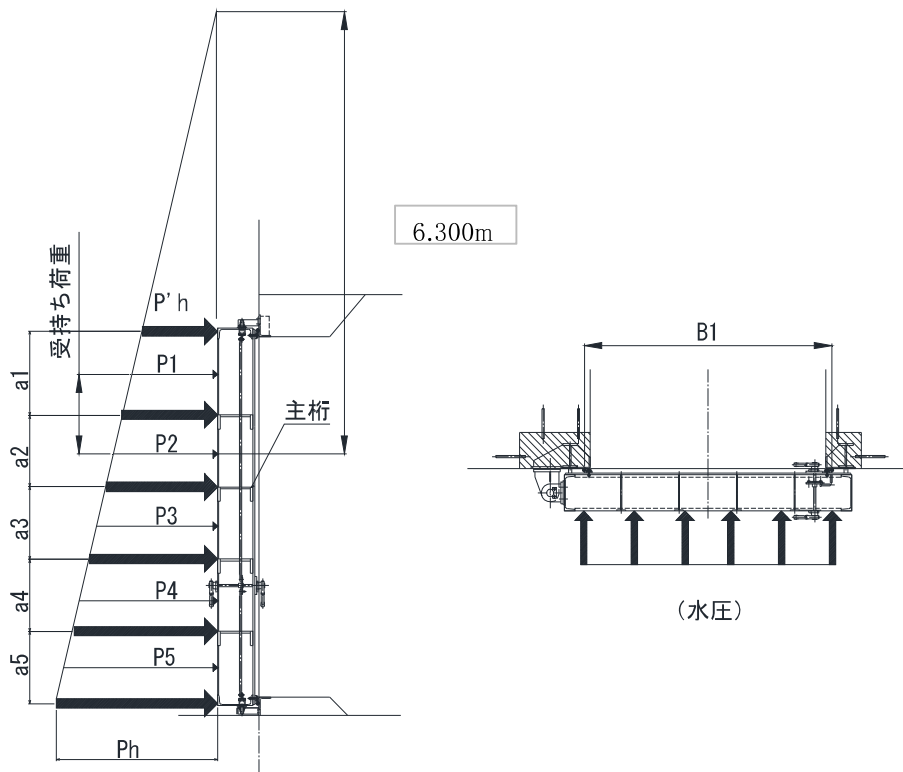
$$= \boxed{65.10 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

g : 重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

h : 当該部分の浸水深さ図より $= 6.300 \text{ (m)}$



主桁に生じる荷重の例

p3	kN/m ²	浸水による水圧荷重 ㊟ 77.22
----	-------------------	-------------------

p3 : 立坑水密扉芯材（主桁）下図に作用する荷重

評価作用位置における浸水による荷重

$$p3 = \rho \cdot g \cdot h + Ps = 1.03 \times 9.80665 \times 7.5 + 1.462 = 77.218$$

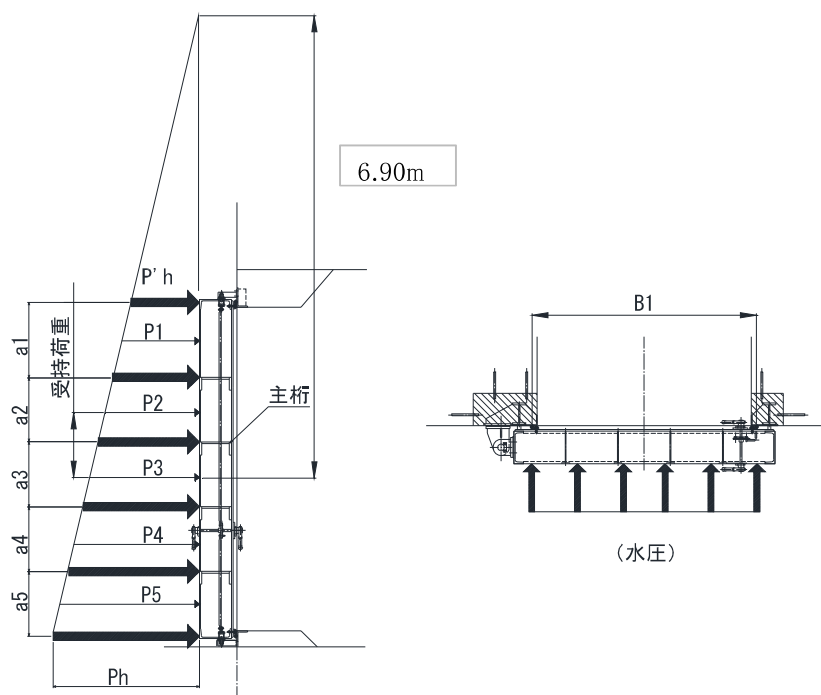
$$= 77.22 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

g : 重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

h : 当該部分の浸水深さ図より $= 6.90 \text{ (m)}$



主桁に生じる荷重の例

p4	kN/m ²	浸水による水圧荷重	㊦ 77.22
----	-------------------	-----------	---------

p4：立坑水密扉芯材（主桁）下図に作用する荷重

評価作用位置における浸水による荷重

$$p4 = \rho \cdot g \cdot h + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times 7.5 + 1.462 = 77.218$$

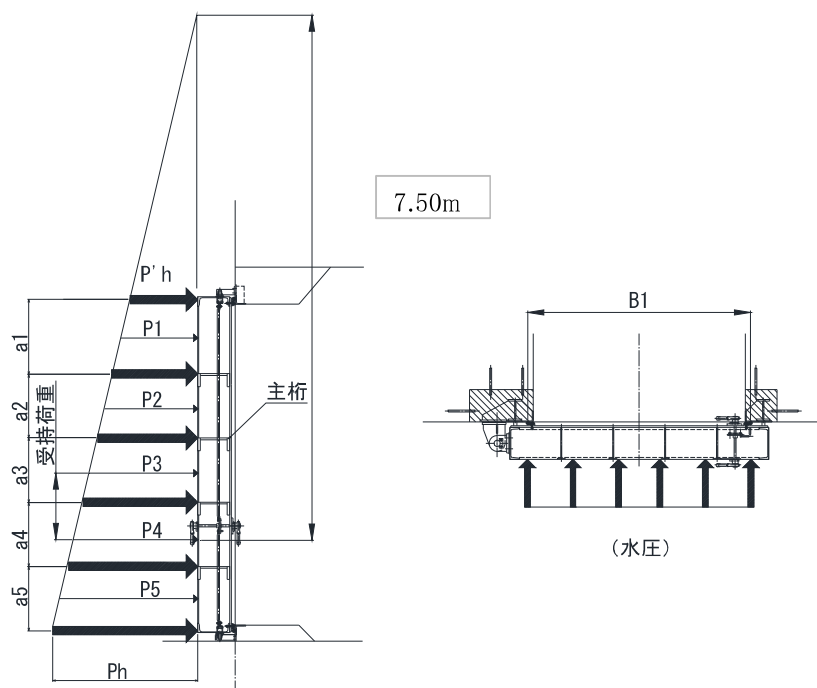
$$= \boxed{77.22 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

第3-2表より ρ ：水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

g ：重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

h ：当該部分の浸水深さ図より $= 7.50 \text{ (m)}$



主桁に生じる荷重の例

p5	kN/m ²	浸水による水圧荷重	㊦	83.28
----	-------------------	-----------	---	-------

p5 : 立坑水密扉芯材（主桁）下図に作用する荷重

評価作用位置における浸水による荷重

$$p5 = \rho \cdot g \cdot h + P_s = 1.03 \times 9.80665 \times 8.1 + 1.462 = 83.278$$

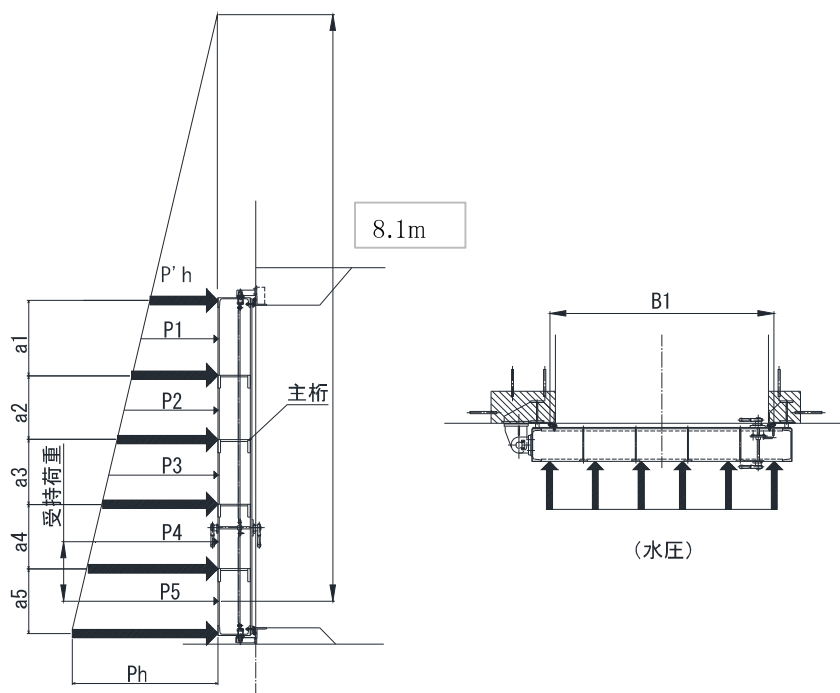
$$= \boxed{83.28 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

g : 重力加速度 $9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

h : 当該部分の浸水深さ図より $= 8.1 \text{ (m)}$

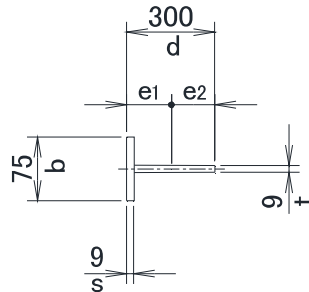


主桁に生じる荷重の例

Z	mm ³	断面係数	㊸ 173400
---	-----------------	------	----------

Z : 芯材 (縦桁) の断面係数を算定する。

ここでは、主桁強度評価結果で用いた中間縦桁の断面係数を記載する。



17		$I = \frac{1}{3} \{ t e_1^3 + b e_2^3 - (b-t)(e_2-s)^3 \}$ <p>ただし、</p> $e_1 = d - \frac{d^2 t + s^2 (b-t)}{2(bs+ht)}$ $e_2 = \frac{d^2 t + s^2 (b-t)}{2(bs+ht)}$	$k^2 = \frac{I}{A}$ <p>ただし、</p> $A = bs + ht$	$Z_1 = \frac{I}{e_1}$ $Z_2 = \frac{I}{e_2}$
----	--	--	---	---

(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-23ページより)

$$e_1 = d - \frac{d^2 \cdot t + s^2 \cdot (b-t)}{2 \cdot (b \cdot s + h \cdot t)} = 300 - \frac{300^2 \times 9 + 9^2 \times (75-9)}{2 \times (75 \times 9 + 291 \times 9)}$$

$$= 300 - \frac{815346}{6588} = 176.2377049$$

= 176.2mm (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$e_2 = \frac{d^2 \cdot t + s^2 \cdot (b-t)}{2 \cdot (b \cdot s + h \cdot t)} = \frac{300^2 \times 9 + 9^2 \times (75-9)}{2 \times (75 \times 9 + 291 \times 9)}$$

$$= \frac{815346}{6588} = 123.7622951$$

= 123.8(mm) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$I = \frac{1}{3} \cdot \{ t \cdot e_1^3 + b \cdot e_2^3 - (b-t) \cdot (e_2-s)^3 \}$$

$$= \frac{1}{3} \times \{ 9 \times 176.2^3 + 75 \times 123.8^3 - (75-9) \times (123.8-9)^3 \}$$

$$= \frac{1}{3} \times \{ 49233444.55 + 142305995.4 - 66 \times 1512953.792 \} = \frac{1}{3} \times 91684489 = 30561496$$

= 30560000(mm) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Z = I/e_1 = 30560000/176.2 = 173439.2736$$

= 173400(mm³) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

A	mm ²	断面積	②9 2619
---	-----------------	-----	---------

A : 芯材（縦桁）の断面積

ここでは、強度評価において負担する強軸側の面積（ウェブ部）を算定する。

$$A = (300 - 9) \times 9$$

$$= 2619 \text{ (mm}^2\text{)}$$

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
扉板	③0 50

立坑水密扉の扉板部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の強度評価書」 3.5 評価方法 (1) 応力算定

a. 扉板より発生応力を算定し、(2)断面検定 a. 扉板より曲げ応力度を算定する。なお、扉板にせん断力は発生しない。

(1) 応力算定

a. 扉板

扉板に生じる荷重は、浸水又は溢水に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、次式により算定する。扉板に生じる荷重の例を第3-2図に示す。

$$M = Mx_1 \cdot W_u \cdot L^2 + Mx_2 \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2 \longrightarrow M : \text{扉板に発生する曲げモーメント}$$

扉板に発生するモーメントは、評価区画扉部において、作用する荷重は台形荷重となることから等分布荷重と不等分布荷重に分けることができる。このことから、芯材による4辺固定における扉板の曲げモーメントは、等変分布荷重四辺固定スラブ曲げモーメント式と不等分布荷重四辺固定スラブの曲げモーメント式を足した次式であらわされる。

なお、算定式は、Mx説明添付図参照。

$$M = Mx_1 \cdot W_u \cdot L^2 + Mx_2 \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$$

$$= 0.066 \times 62.07 \times 0.490^2$$

$$+ 0.039 \times (68.13 - 62.07) \times 0.490^2$$

$$= 1.0403$$

$$= 1.040 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

ここで、

M_{x1} : 等分布荷重による

曲げ応力算定用の係数 (-)

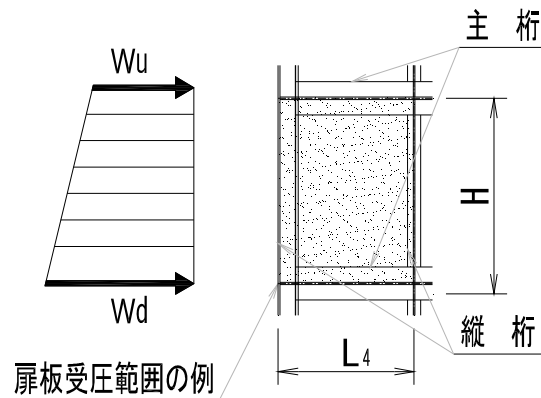
W_u : 区画上端の単位長さ当たりの
作業荷重 (kN/m)

L : 区間短辺の長さ (m)

M_{x2} : 等分布荷重による

曲げ応力算定用の係数 (-)

W_d : 区画下端の単位長さ当たりの
作業荷重 (kN/m)



(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

a. 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = M/Z$$

σ : 扉板に生じる曲げ応力度

$$\sigma = M/Z$$

$$= 1040000/20910=49.7$$

$$= \boxed{50 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

ここで、

M : 扉板の曲げモーメント (N・mm)

Z : 扉板の断面係数 (mm³)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
芯材(注1)	⑤1 32

立坑水密扉No. 13の芯材の発生応力度は
添付資料○「水密扉の強度評価書」 3.5 評価方法 (1)応力算定

b. 芯材より発生応力を算定し、(2)断面検定 a. 芯板より応力度を算定する。なお、ここでは芯材主桁及び縦桁のせん断、曲げにおいて発生応力度結果が一番厳しい主桁の曲げの値を記載している。

b. 芯材

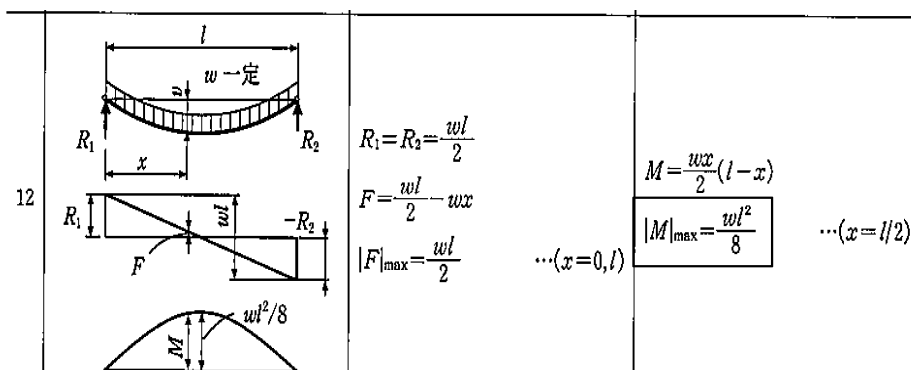
芯材に生じる荷重は、浸水又は溢水に伴う荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（水平又は鉛直）に応じて、それぞれ算定する。水平方向に取付く主桁については、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として次式により算定する。鉛直方向に取付く縦桁については、扉に生じる荷重を算定し、各桁（中間主桁及び端主桁）に分担することとし、次式により算定する。芯材に生じる荷重の例を第3-4図に示す。

(a) 主桁

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1^2}{8} \longrightarrow M: \text{主桁に作用する曲げモーメント}$$

$$Q = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1}{2} \quad \downarrow \quad \text{※1}$$

主桁に作用する荷重は、受圧幅の左右を支持点とした梁の両端支持等分布荷重における曲げモーメントの公式であらわすことが出来る。



(機械工学便覧 基礎編 3-27より：両端支持等分布荷重における曲げモーメント)

ここで、
 B_1 : 受圧幅 (m)
 a_1 : 主桁ピッチ (m)
 a_2 : 主桁ピッチ (m)
 a_3 : 主桁ピッチ (m)
 a_4 : 主桁ピッチ (m)
 a_5 : 主桁ピッチ (m)
 P_1 : 水圧荷重 (kN/m^2)
 P_2 : 水圧荷重 (kN/m^2)
 P_3 : 水圧荷重 (kN/m^2)
 P_4 : 水圧荷重 (kN/m^2)
 P_5 : 水圧荷重 (kN/m^2)

n_1 の場合

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B^2}{8}$$

$$= \frac{58.53 + 65.10}{2} \times \frac{0.700 + 0.600}{2} \times \frac{2.100^2}{8}$$

$$= 22.149$$

$$= 22.15 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

n_2 の場合

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B^2}{8}$$

$$= \frac{65.10 + 71.16}{2} \times \frac{0.600 + 0.600}{2} \times \frac{2.100^2}{8}$$

$$= 22.533$$

$$= 22.53 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

n_3 の場合

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B^2}{8}$$

$$= \frac{71.16 + 77.22}{2} \times \frac{0.600 + 0.600}{2} \times \frac{2.100^2}{8}$$

$$= 24.538$$

$$= 24.54 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

n_4 の場合

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B^2}{8}$$

$$= \frac{77.22 + 83.28}{2} \times \frac{0.600 + 0.600}{2} \times \frac{2.100^2}{8}$$

$$= 26.542$$

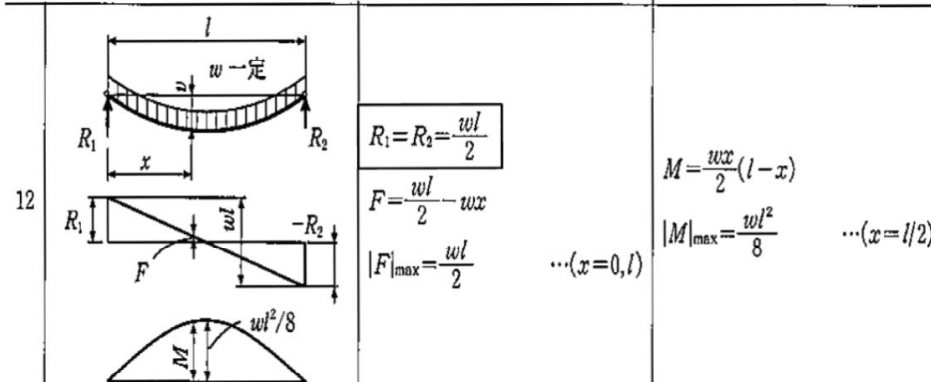
$$= 26.54 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※1

→ Q : 主桁に作用するせん断力

主桁に作用する荷重は、受圧幅の左右を支持点とした梁の両端支持等分布荷重におけるせん断力の公式であらわすことが出来る。



(機械工学便覧 基礎編 3-27より：両端支持等分布荷重におけるせん断力)

n_1 の場合

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B}{2} \\
 &= \frac{58.53 + 65.10}{2} \times \frac{0.700 + 0.600}{2} \times \frac{2.100}{2} \\
 &= 42.188 \\
 &= 42.19 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

n_2 の場合

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B}{2} \\
 &= \frac{65.10 + 71.16}{2} \times \frac{0.600 + 0.600}{2} \times \frac{2.100}{2} \\
 &= 42.921 \\
 &= 42.92 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

n_3 の場合

$$\begin{aligned} Q &= \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B}{2} \\ &= \frac{71.16 + 77.22}{2} \times \frac{0.600 + 0.600}{2} \times \frac{2.100}{2} \\ &= 46.739 \\ &= 46.74 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

n_4 の場合

$$\begin{aligned} Q &= \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B}{2} \\ &= \frac{77.22 + 83.28}{2} \times \frac{0.600 + 0.600}{2} \times \frac{2.100}{2} \\ &= 50.557 \\ &= 50.56 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

(b) 縦桁

$$M = a_n^2 \cdot \{(P_{(1\sim5)}/(3)) + (P_{(6\sim10)}/8)\} \cdot c \longrightarrow M: \text{縦桁に作用する曲げモーメント}$$

縦桁に作用する荷重は、台形荷重であることから、受圧高上下部を支点とした梁の等分布荷重による曲げモーメントと三角形荷重による曲げモーメントを足し合わせた本式であらわされる。ここでは、発生モーメントが厳しくなる中間縦桁($c=1/5$)を算出する。

$$Q = a_n \cdot \{ (P_{(1\sim5)}/3) + (P_{(6\sim10)}/2) \} \cdot c \longrightarrow \text{※1}$$

$$P_1 = P'_{c2} - P'_{c1} \longrightarrow \text{※2}$$

$$P_2 = P'_{c3} - P'_{c2} \longrightarrow \text{※3}$$

$$P_3 = P'_{c4} - P'_{c3} \longrightarrow \text{※4}$$

$$P_4 = P'_{c5} - P'_{c4} \longrightarrow \text{※5}$$

$$P_5 = P'_{c6} - P'_{c5} \longrightarrow \text{※6}$$

$$P_6 = P'_{c1} \longrightarrow \text{※7}$$

$$P_7 = P'_{c2} \longrightarrow \text{※8}$$

$$P_8 = P'_{c3} \longrightarrow \text{※9}$$

$$P_9 = P'_{c4} \longrightarrow \text{※10}$$

$$P_{10} = P'_{c5} \longrightarrow \text{※11}$$

$$P'_{c1} = P_{c1} \cdot B_1 \longrightarrow \text{※12}$$

$$P'_{c2} = P_{c2} \cdot B_1 \longrightarrow \text{※13}$$

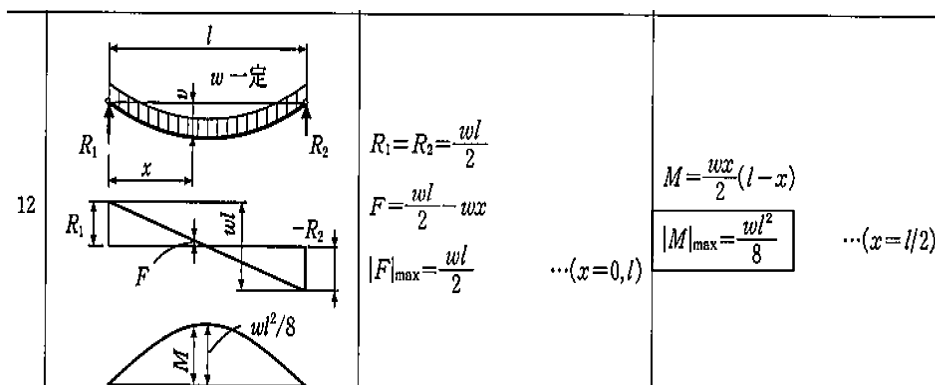
$$P'_{c3} = P_{c3} \cdot B_1 \longrightarrow \text{※14}$$

$$P'_{c4} = P_{c4} \cdot B_1 \longrightarrow \text{※15}$$

$$P'_{c5} = P_{c5} \cdot B_1 \longrightarrow \text{※16}$$

$$P'_{c6} = P_{c6} \cdot B_1 \longrightarrow \text{※17}$$

中間縦桁 $c=1/5$, 端縦桁 $c=1/10$ (P. 35の縦桁に生じる荷重の例 参照)



(機械工学便覧 基礎編 3-27より：両端支持等分布荷重における曲げモーメント)

ここで、

a_1 : 主桁ピッチ (m) (区画1の縦桁長さ)

a_2 : 主桁ピッチ (m) (区画2の縦桁長さ)

a_3 : 主桁ピッチ (m) (区画3の縦桁長さ)

a_4 : 主桁ピッチ (m) (区画4の縦桁長さ)

a_5 : 主桁ピッチ (m) (区画5の縦桁長さ)

P_1 : 区画1縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_2 : 区画2縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_3 : 区画3縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_4 : 区画4縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_5 : 区画5縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_6 : 区画1縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_7 : 区画2縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_8 : 区画3縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_9 : 区画4縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_{10} : 区画5縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

c : 縦桁の作用荷重に対する係数 (-)

中間縦桁

$$\begin{aligned}M_1 &= a_1^2 \cdot \{(P_1/(9 \sqrt{3})) + (P_6/8)\} \cdot c \\ &= 0.700^2 \times \{(14.8/(9 \times \sqrt{3})) + (115.5/8)\} \times (1/5) \\ &= 1.5079 \\ &= 1.508 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}M_2 &= a_2^2 \cdot \{(P_2/(9 \sqrt{3})) + (P_7/8)\} \cdot c \\ &= 0.6^2 \times \{(12.8/(9 \times \sqrt{3})) + (130.3/8)\} \times (1/5) \\ &= 1.2318 \\ &= 1.232 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}M_3 &= a_3^2 \cdot \{(P_3/(9 \sqrt{3})) + (P_8/8)\} \cdot c \\ &= 0.6^2 \times \{(12.7/(9 \times \sqrt{3})) + (143.1/8)\} \times (1/5) \\ &= 1.3465 \\ &= 1.347 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}M_4 &= a_4^2 \cdot \{(P_4/(9 \sqrt{3})) + (P_9/8)\} \cdot c \\ &= 0.6^2 \times \{(12.7/(9 \times \sqrt{3})) + (155.8/8)\} \times (1/5) \\ &= 1.4608 \\ &= 1.461 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}M_5 &= a_5^2 \cdot \{(P_5/(9 \sqrt{3})) + (P_{10}/8)\} \cdot c \\ &= 0.6^2 \times \{(12.8/(9 \times \sqrt{3})) + (168.5/8)\} \times (1/5) \\ &= 1.5756 \\ &= 1.576 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

端縦桁

$$\begin{aligned}M_6 &= a_1^2 \cdot \{(P_1/(9 \sqrt{3})) + (P_6/8)\} \cdot c \\ &= 0.700^2 \times \{(14.8/(9 \times \sqrt{3})) + (115.5/8)\} \times (1/10) \\ &= 0.75395 \\ &= 0.7540 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}M_7 &= a_2^2 \cdot \{(P_2/(9 \sqrt{3})) + (P_7/8)\} \cdot c \\ &= 0.600^2 \times \{(12.8/(9 \times \sqrt{3})) + (130.3/8)\} \times (1/10) \\ &= 0.61591 \\ &= 0.6159 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}M_8 &= a_3^2 \cdot \{(P_3/(9 \sqrt{3})) + (P_8/8)\} \cdot c \\ &= 0.600^2 \times \{(12.7/(9 \times \sqrt{3})) + (143.1/8)\} \times (1/10) \\ &= 0.67327 \\ &= 0.6733 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

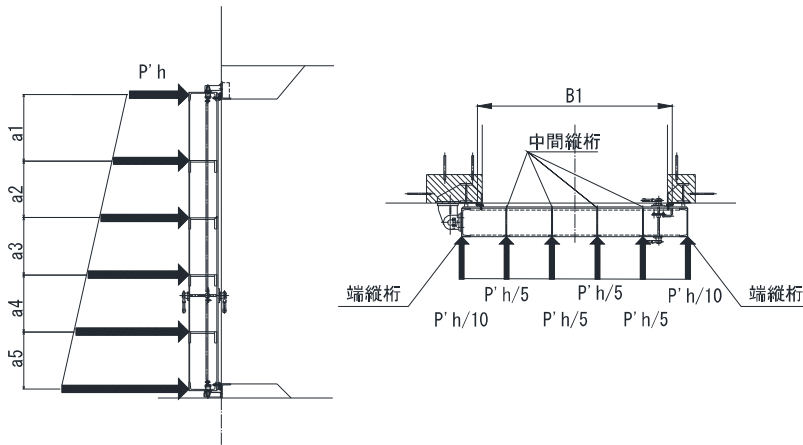
(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}M_9 &= a_4^2 \cdot \{(P_4/(9 \sqrt{3})) + (P_9/8)\} \cdot c \\ &= 0.600^2 \times \{(12.7/(9 \times \sqrt{3})) + (155.8/8)\} \times (1/10) \\ &= 0.73042 \\ &= 0.7304 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}M_{10} &= a_5^2 \cdot \{(P_5/(9 \sqrt{3})) + (P_{10}/8)\} \cdot c \\ &= 0.600^2 \times \{(12.8/(9 \times \sqrt{3})) + (168.5/8)\} \times (1/10) \\ &= 0.78781 \\ &= 0.7878 \text{ (kN}\cdot\text{m)}\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

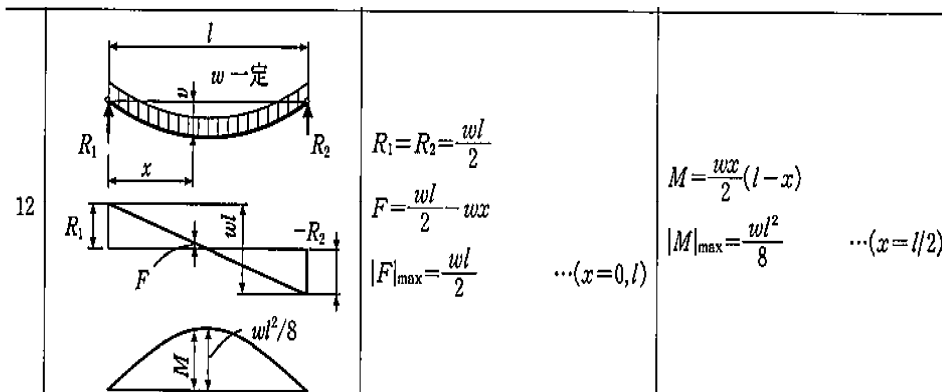


縦桁に生じる荷重の例

※1

Q : 縦桁に作用するせん断力

曲げモーメント同様梁の等分布荷重によるせん断力と三角形荷重によるせん断力を足し合わせ本式であらわされる。ここでは、せん断力が厳しくなる中間縦桁(c=1/5)を算出する。なお、中間縦桁と端縦桁の断面積はその形状より=1/2にはならない。



(機械工学便覧 基礎編 3-27より：両端支持等分布荷重における曲げモーメント)

ここで、

a_1 : 主桁ピッチ (m) (区画1の縦桁長さ)

a_2 : 主桁ピッチ (m) (区画2の縦桁長さ)

a_3 : 主桁ピッチ (m) (区画3の縦桁長さ)

a_4 : 主桁ピッチ (m) (区画4の縦桁長さ)

a_5 : 主桁ピッチ (m) (区画5の縦桁長さ)

P_1 : 区画1縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_2 : 区画2縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_3 : 区画3縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_4 : 区画4縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_5 : 区画5縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P_6 : 区画1縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_7 : 区画2縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_8 : 区画3縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_9 : 区画4縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_{10} : 区画5縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

c : 縦桁の作用荷重に対する係数 (-)

中間縦桁

$$\begin{aligned} Q_1 &= a_1 \cdot \{ (P_1/3) + (P_6/2) \} \cdot c \\ &= 0.700 \times \{ (14.8/3) + (115.5/2) \} \times (1/5) \\ &= 8.7756 \\ &= 8.776 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= a_2 \cdot \{(P_2/3) + (P_7/2)\} \cdot c \\
 &= 0.6x \{(12.8/3) + (130.3/2)\} \times (1/5) \\
 &= 8.33 \\
 &= 8.330 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= a_3 \cdot \{(P_3/3) + (P_8/2)\} \cdot c \\
 &= 0.6x \{(12.7/3) + (143.1/2)\} \times (1/5) \\
 &= 9.094 \\
 &= 9.094 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
 Q_4 &= a_4 \cdot \{(P_4/3) + (P_9/2)\} \cdot c \\
 &= 0.6x \{(12.7/3) + (155.8/2)\} \times (1/5) \\
 &= 9.856 \\
 &= 9.856 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
 Q_5 &= a_5 \cdot \{(P_5/3) + (P_{10}/2)\} \cdot c \\
 &= 0.6x \{(12.8/3) + (168.5/2)\} \times (1/5) \\
 &= 10.622 \\
 &= 10.62 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

端縦桁

$$\begin{aligned}
 Q_6 &= a_1 \cdot \{(P_1/3) + (P_6/2)\} \cdot c \\
 &= 0.700x \{(14.8/3) + (115.5/2)\} \times (1/10) \\
 &= 4.3878 \\
 &= 4.388 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
Q_7 &= a_2 \cdot \{(P_2/3) + (P_7/2)\} \cdot c \\
&= 0.6 \times \{(12.8/3) + (130.3/2)\} \times (1/10) \\
&= 4.165 \\
&= 4.165 \text{ (kN)}
\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
Q_8 &= a_3 \cdot \{(P_3/3) + (P_8/2)\} \cdot c \\
&= 0.6 \times \{(12.7/3) + (143.1/2)\} \times (1/10) \\
&= 4.547 \\
&= 4.547 \text{ (kN)}
\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)


$$\begin{aligned}
Q_9 &= a_4 \cdot \{(P_4/3) + (P_9/2)\} \cdot c \\
&= 0.6 \times \{(12.7/3) + (155.8/2)\} \times (1/10) \\
&= 4.928 \\
&= 4.928 \text{ (kN)}
\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
Q_{10} &= a_5 \cdot \{(P_5/3) + (P_{10}/2)\} \cdot c \\
&= 0.6 \times \{(12.8/3) + (168.5/2)\} \times (1/10) \\
&= 5.311 \\
&= 5.311 \text{ (kN)}
\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※


 P_1 : 区画1の縦桁に作用する三角形荷重
 扉に作用する浸水による静水圧荷重
 (区画上部) から扉に作用する浸水に
 による静水圧荷重 (区画下部) から差し引い
 た本式であらわすことが出来る。

$$P_1 = P'_{c2} - P'_{c1} = 130.3 - 115.5 = 14.80 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※



→ P_2 : 区画2の縦桁に作用する三角形荷重

扉に作用する浸水による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する浸水による静水圧荷重 (区画下部) から差し引いた本式であらわすことが出来る。

$$P_2 = P'_{c3} - P'_{c2} = 143.1 - 130.3 = 12.80 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※



→ P_3 : 区画3の縦桁に作用する三角形荷重

扉に作用する浸水による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する浸水による静水圧荷重 (区画下部) から差し引いた本式であらわすことが出来る。

$$P_3 = P'_{c4} - P'_{c3} = 155.8 - 143.1 = 12.70 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※



→ P_4 : 区画4の縦桁に作用する三角形荷重

扉に作用する浸水による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する浸水による静水圧荷重 (区画下部) から差し引いた本式であらわすことが出来る。

$$P_4 = P'_{c5} - P'_{c4} = 168.5 - 155.8 = 12.70 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※



→ P_5 : 区画5の縦桁に作用する三角形荷重

扉に作用する浸水による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する浸水による静水圧荷重 (区画下部) から差し引いた本式であらわすことが出来る。

$$P_5 = P'_{c6} - P'_{c5} = 181.3 - 168.5 = 12.80 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※



P_6 : 区画1の縦桁に作用する等分布荷重
扉に作用する等分布荷重は、扉に
作用する浸水静水圧荷重(区画上部)に
等しい。

$$P_6 = P'_{c1} = 115.5 \text{ (kN/m)}$$

※



P_7 : 区画2の縦桁に作用する等分布荷重
扉に作用する等分布荷重は、扉に
作用する浸水静水圧荷重(区画上部)に
等しい。

$$P_7 = P'_{c2} = 130.3 \text{ (kN/m)}$$

※



P_8 : 区画3の縦桁に作用する等分布荷重
扉に作用する等分布荷重は、扉に
作用する浸水静水圧荷重(区画上部)に
等しい。

$$P_8 = P'_{c3} = 143.1 \text{ (kN/m)}$$

※10



P_9 : 区画4の縦桁に作用する等分布荷重
扉に作用する等分布荷重は、扉に
作用する浸水静水圧荷重(区画上部)に
等しい。

$$P_9 = P'_{c4} = 155.8 \text{ (kN/m)}$$

※11



P_{10} : 区画5の縦桁に作用する等分布荷重
扉に作用する等分布荷重は、扉に
作用する浸水静水圧荷重(区画上部)に
等しい。

$$P_{10} = P'_{c5} = 168.5 \text{ (kN/m)}$$

※12

→ P'_{c1} : 扉に作用する浸水による静水圧荷重
(kN/m)⑨に算出した扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

$$P'_{c1} = P_{c1} \cdot B = 55.00 \times 2.100 = 115.5 \\ = 115.5 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※13

→ P'_{c2} : 扉に作用する浸水による静水圧荷重
(kN/m)⑩に算出した扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

$$P'_{c2} = P_{c2} \cdot B = 62.07 \times 2.100 = 130.34 \\ = 130.3 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※14

→ P'_{c3} : 扉に作用する浸水による静水圧荷重
(kN/m)⑪に算出した扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

$$P'_{c3} = P_{c3} + P_s \cdot B = 68.13 \times 2.100 = 143.07 \\ = 143.1 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

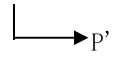
※15

→ P'_{c4} : 扉に作用する浸水による静水圧荷重
(kN/m)⑫に算出した扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

$$P'_{c4} = P_{c4} \cdot B = 74.19 \times 2.100 = 155.79 \\ = 155.8 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

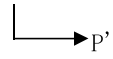
※16


 P'_{c5} : 扉に作用する浸水による静水圧荷重
 (kN/m)⑬に算出した扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

$$\begin{aligned}
 P'_{c5} &= P_{c5} \cdot B = 80.25 \times 2.100 = 168.52 \\
 &= 168.5 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※17

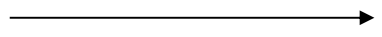

 P'_{c6} : 扉に作用する浸水による静水圧荷重
 (kN/m)⑭に算出した扉に作用する浸水による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

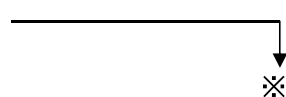
$$\begin{aligned}
 P'_{c6} &= P_{c6} \cdot B = 86.31 \times 2.100 = 181.25 \\
 &= 181.3 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

b. 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

$\sigma = M/Z$  σ : 芯材に生じる曲げ応力度

$\tau = Q/A$ 

主桁

$$\begin{aligned}
 \sigma &= M/Z = 26540000 / 830700 = 31.9 \\
 &= \boxed{32 \text{ (N/mm}^2\text{)}}
 \end{aligned}$$

(小数点第一位切り上げ、整数表示)

ここで、

M : 主桁の曲げモーメント (N・mm)

M : 中間縦桁の曲げモーメント (N・mm)

M : 端縦桁の曲げモーメント (N・mm)

Z : 主桁の断面係数 (mm³)

Z : 中間縦桁の断面係数 (mm³)

Z : 端縦桁の断面係数 (mm³)

中間縦桁

$$\sigma = M/Z = 1576000 / 173400 = 9.08$$

$$= 10 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ、整数表示)

端縦桁仕様 C 300 x 90 x 10/15.5

$$Z = \frac{a \cdot d^3 - h^3 (a-t)}{6d}$$

$$= \frac{90 \times 300^3 - 269^3 \times (90-10)}{6 \times 300}$$

$$= 484884.0444$$

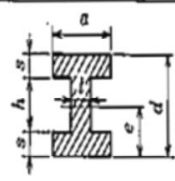
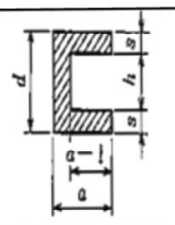
$$= 484885 \text{ (mm}^3\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ、整数表示)}$$

端縦桁

$$\sigma = M/Z = 787800 / 484900 = 1.6$$

$$= 2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ、整数表示)

16		$\frac{ad^3 - h^3(a-t)}{12}$	$\frac{ad^3 - h^3(a-t)}{12(ad-h(a-t))}$	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\frac{ad^3 - h^3(a-t)}{6d}$ </div>
				

※1

→ τ : 芯材に生じるせん断応力度

ここで、

Q_1 : 主桁のせん断力 (N)

Q_2 : 中間縦桁のせん断力 (N)

Q_3 : 端縦桁のせん断力 (N)

A_1 : 主桁の断面積 (mm^2)

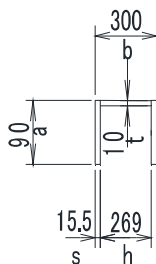
A_2 : 中間縦桁の断面積 (mm^2)

A_3 : 端縦桁の断面積 (mm^2)

端縦桁仕様 C 300 x 90 x 10/15.5

荷重負担はウェブ部になる。

$$A = 269 \times 10 = 2690 (\text{mm}^2)$$



主桁

$$\tau = Q_1 / A_1 = 50560 / 4096 = 12.3$$

$$= 13 (\text{N}/\text{mm}^2)$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

中間縦桁

$$\tau = Q_2 / A_2 = 10620 / 2619 = 4.05$$

$$= 5 (\text{N}/\text{mm}^2)$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

端縦桁

$$\tau = Q_3 / A_3 = 5311 / 2690 = 1.9$$

$$= 2 (\text{N}/\text{mm}^2)$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

許容限界値 (N/mm ²)
㉔ 245

扉板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SS400
- ・板厚：PL16

立坑水密扉の扉板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101」P26より

降伏点 245N/mm²、引張強さ 400N/mm² (保守的下限值) から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (245, 400 \times 0.7) = 245 (\text{N/mm}^2)$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、245 (N/mm²)

表3—機械的性質

種類の 記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	伸び			曲げ性		
	厚さ ^{a)} mm					厚さ ^{b)} mm	試験片	%	曲げ 角度	内側半径	試験 片 ^{c)}
	16以下	16を超え 40以下	40を超え 100以下	100を超 えるもの							
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	鋼板、鋼帯、平鋼、形鋼の厚さ 5以下	5号	21以上	180°	厚さの 1.5倍	1号
						鋼板、鋼帯、平鋼、形鋼の厚さ 5を超え16以下	1A号	17以上			
						鋼板、鋼帯、平鋼、形鋼の厚さ 16を超え50以下	1A号	21以上			
						鋼板、平鋼、形鋼の厚さ40を超 えるもの	4号	23 以上 ^{b)}			
						棒鋼の径、辺又は対辺距離25以 下	2号	20以上	180°	径、辺又 は対辺 距離の 1.5倍	2号
						棒鋼の径、辺又は対辺距離25を 超えるもの	14A号	22以上			

許容限界値 (N/mm ²)
㉓ 235

芯材の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SS400
- ・板厚：PL22

立坑水密扉の芯材の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101」P26より

降伏点 235N/mm²、引張強さ 400N/mm² (保守的下限值) から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (235, 400 \times 0.7) = 235 (\text{N/mm}^2)$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、235 (N/mm²)

表 3—機械的性質

種類の 記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	伸び			曲げ性		
	厚さ ^㉑ mm					厚さ ^㉑ mm	試験片	%	曲げ 角度	内側半径	試験 片 ^㉒
	16以下	16を超え 40以下	40を超え 100以下	100を超 えるもの							
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	鋼板、鋼帯、平鋼、形鋼の厚さ 5以下	5号	21以上	180°	厚さの 1.5倍	1号
						鋼板、鋼帯、平鋼、形鋼の厚さ 5を超え16以下	1A号	17以上			
						鋼板、鋼帯、平鋼、形鋼の厚さ 16を超え50以下	1A号	21以上			
						鋼板、平鋼、形鋼の厚さ40を超 えるもの	4号	23 以上 ^㉑			
						棒鋼の径、辺又は対辺距離25以 下	2号	20以上	180°	径、辺又 は対辺 距離の 1.5倍	2号
						棒鋼の径、辺又は対辺距離25を 超えるもの	14A号	22以上			

発生応力度/ 許容限界値	
③④	0.21

立坑水密扉の扉板の許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する
発生応力度/許容限界値より前ページ ③②から
から

$$50/245=0.204$$

⇒0.21(小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

発生応力度/ 許容限界値	
③⑤	0.14

立坑水密扉の芯材の許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。
発生応力度/許容限界値より前ページ ③③から

$$32/235=0.135$$

⇒0.14(小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

■ 耐震計算（原子炉建屋原子炉棟水密扉No14）【Cタイプ】

1. 耐震評価に用いる条件（原子炉建屋原子炉棟水密扉）

地震係数		扉枠	ヒンジ		カンヌキ受け	
水平	鉛直	取付箇所	取付箇所	アンカー	取付箇所	アンカー
1.13	0.99	躯体開口内	扉枠	無	扉枠	無
		壁面	取付板	有	取付板	有

共通

W_x	kN	扉体自重	<i>I</i>	262.82
-------	----	------	----------	--------

W_x : 扉体自重

自重の内訳は次の通り

・ 扉本体(カンヌキ装置, ヒンジ含む)	26800	kg	262.82	kN
・ 枠本体(耐震計算では含めない)	4100	kg	40.21	kN
合計(耐震計算では枠本体の自重は含めない)	26800	kg	262.82	kN

凡例:

	は入力値
	は計算値
	は既に入力又は計算された値

注) 補足資料の数値計算説明書においては扉体自重に枠本体自重を含める

共通

$K_H \cdot K_V$	—	震度(水平)	2	1.13
		震度(鉛直)	3	0.99

K_H : 水平方向設計震度

K_V : 鉛直方向設計震度

原子炉建屋地震応答解析結果より最大応答加速度から設計震度を求める。なお、加速度を保守的に評価するため、設置位置EL. +8.2 mの部質点となるEL. +14.0 mの最大応答加速度より求める。

水平方向評価用震度

1.13

$K_H = 1.13$

⇒ 1.13

鉛直方向評価用震度

0.99

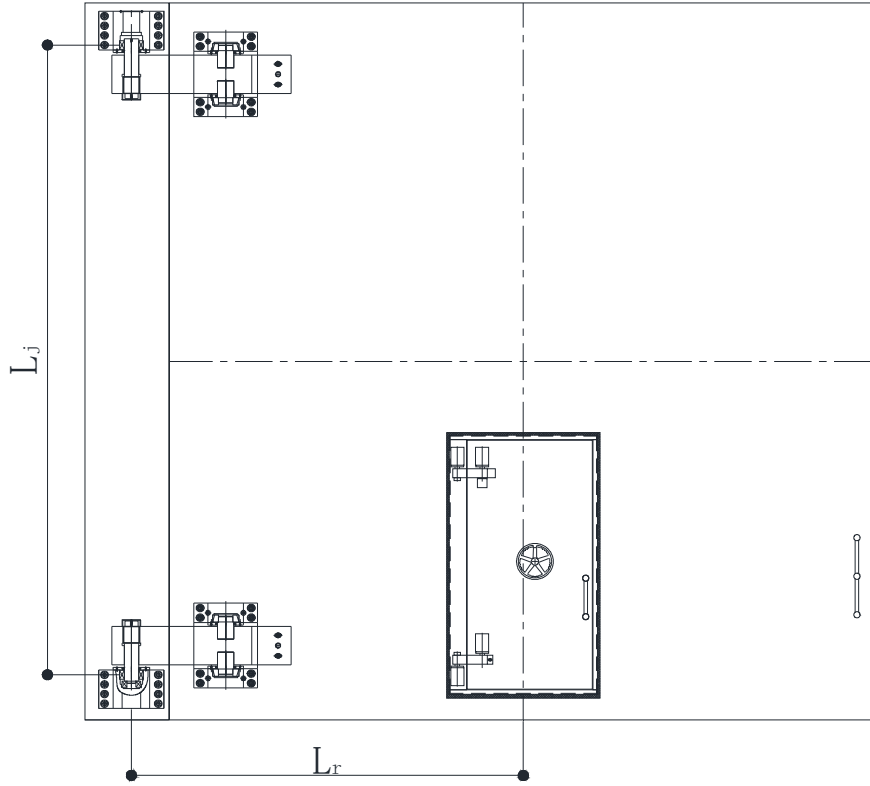
$K_V = 0.99$

⇒ 0.99

ヒンジ部共通

L_r	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離	4	2.921
-------	---	--------------	---	-------

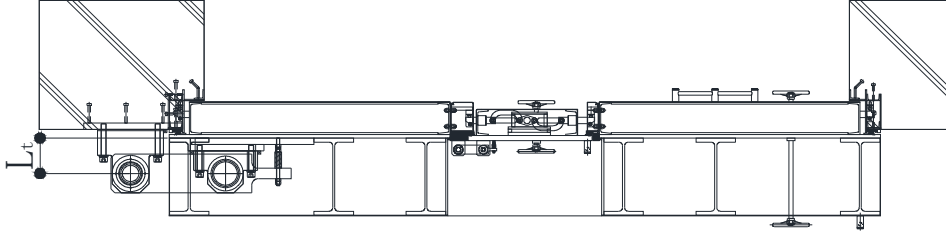
L_r : 枠付きヒンジ芯から扉幅方向の重心までの距離



ヒンジ部共通

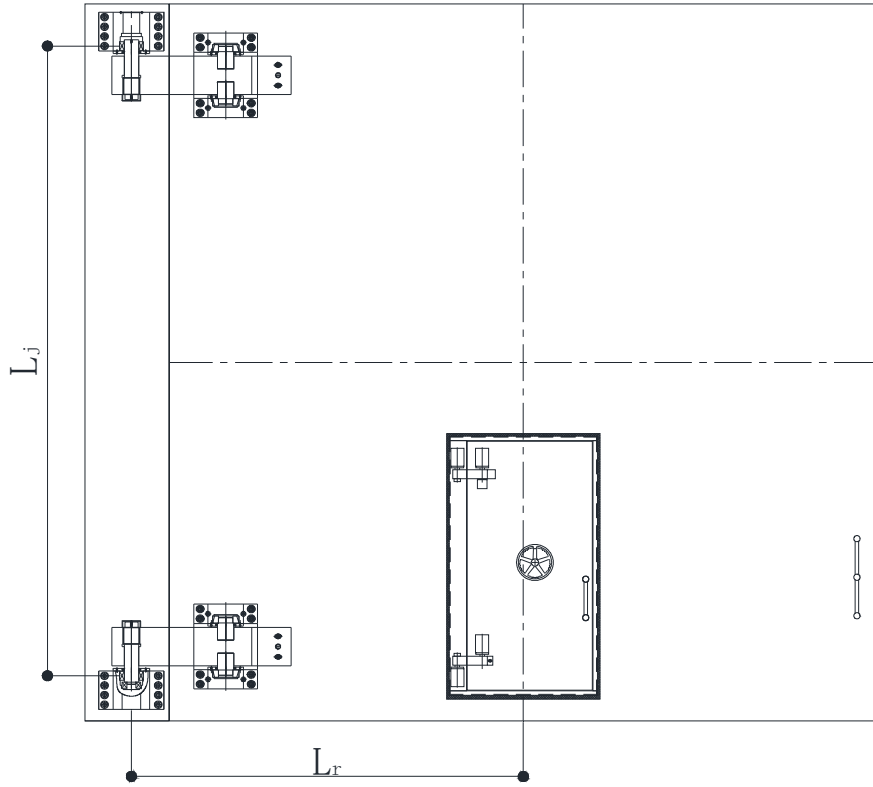
L_t	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離	5	0.275
-------	---	--------------	---	-------

L_t : 枠付きヒンジ芯から扉厚さ方向の重心までの距離



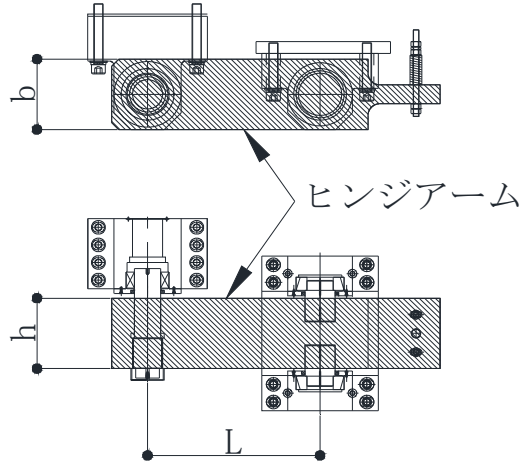
ヒンジ部共通

L_j	m	ヒンジ間距離	6	4.920
-------	---	--------	----------	-------



ヒンジアーム

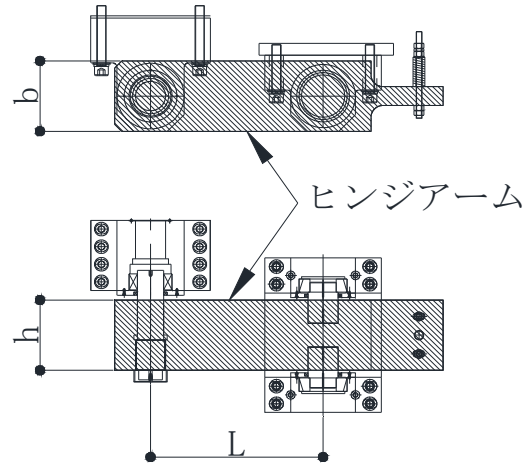
L	m	作用点間距離	7	0.720
---	---	--------	---	-------



ヒンジアーム

Z	mm ³	断面係数	8	4500000
---	-----------------	------	---	---------

Z : ヒンジアームの断面係数
ヒンジアームの断面係数を算定する

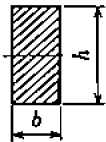


(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 300 \cdot (300)^2 = 4500000$$

$$\Rightarrow 4500000 \text{ mm}^3$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

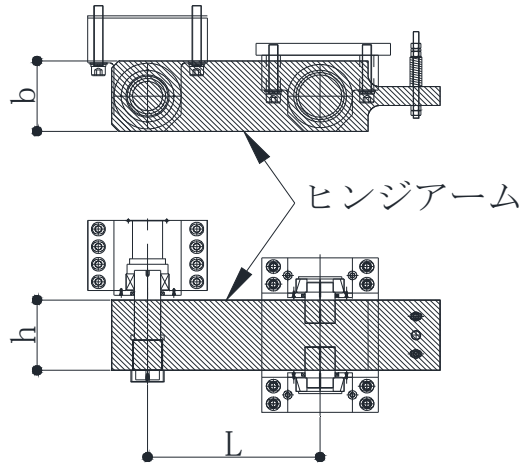


b = 300 mm : ヒンジアーム厚み寸法
h = 300 mm : ヒンジアーム高さ寸法

ヒンジアーム

A	mm ²	断面積	9	90000
---	-----------------	-----	---	-------

A : ヒンジアームの断面積
ヒンジアームの断面積を算定する

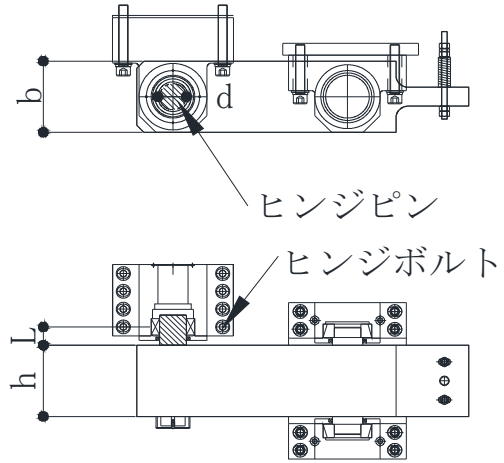


$$A = b \cdot h = 300 \cdot 300 = 90000 \text{ mm}^2$$

ヒンジピン

L	mm	軸支持間距離	10	77.5
---	----	--------	----	------

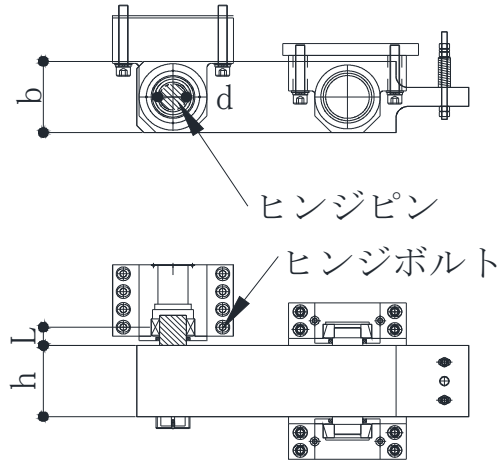
L : ヒンジピンにおいて地震による荷重が作用するヒンジアーム支持部におけるヒンジピン軸支持間の距離



ヒンジピン

Z	mm ³	断面係数	11	130700
---	-----------------	------	----	--------

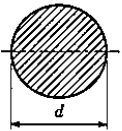
Z : ヒンジピンの断面係数
ヒンジピンの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (110)^3 = 130670.6194$$

$$\Rightarrow 130700 \text{ mm}^3 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

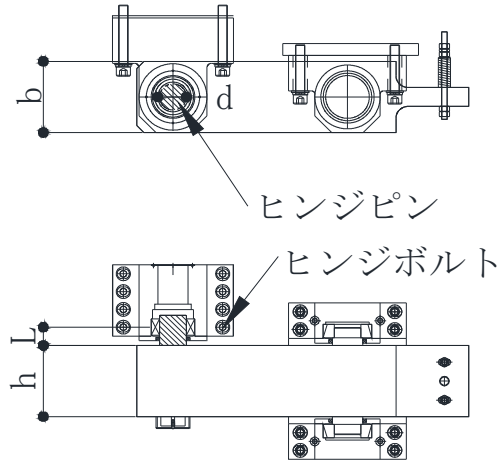


d = 110 mm : ヒンジピン径

ヒンジピン

A	mm ²	断面積	12	9503
---	-----------------	-----	----	------

A : ヒンジピンの断面積
ヒンジピンの断面積を算定する



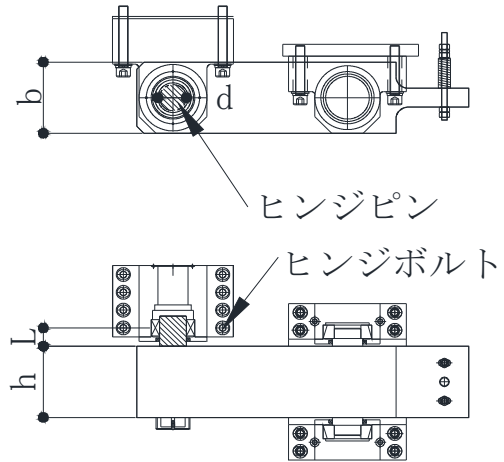
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (110)^2 = 9503.3178$$

$$\Rightarrow 9503 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ヒンジボルト

n	本	本数	13	8
---	---	----	----	---

n : 扉体重量をうけもつヒンジ1か所あたりのヒンジボルト本数



ヒンジボルト

A	mm ²	断面積	14	976
---	-----------------	-----	----	-----

A : ヒンジボルト (M 39) 1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082より)

A = 976 mm²

— B 1082 —

表 1 単位 mm²

メートル並目ねじ			メートル細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 (A _s)	ねじの呼び	有効断面積 (A _s)
M 1	0.25	0.460	M 8×1	39.2
M 1.1	0.25	0.588	M 10×1.25	61.2
M 1.2	0.25	0.732	M 12×1.25	92.1
M 1.4	0.3	0.983	M 14×1.5	125
M 1.6	0.35	1.27	M 16×1.5	167
*M 1.7	0.35	1.48	M 18×1.5	216
M 1.8	0.35	1.70	M 20×1.5	272
M 2	0.4	2.07	M 22×1.5	333
M 2.2	0.45	2.48	M 24×2	384
*M 2.3	0.4	2.91	M 27×2	496
M 2.5	0.45	3.39	M 30×2	621
*M 2.6	0.45	3.73	M 33×2	761
M 3	0.5	5.03	M 36×3	865
M 3.5	0.6	6.78	M 39×3	1 030
M 4	0.7	8.78	M 72×6	3 460
M 4.5	0.75	11.3	M 76×6	3 890
M 5	0.8	14.2	M 80×6	4 340
M 6	1	20.1	M 85×6	4 950
M 7	1	28.9	M 90×6	5 590
M 8	1.25	36.6	M 95×6	6 270
M 9	1.25	48.1	M 100×6	6 990
M 10	1.5	58.0	M 105×6	7 760
M 11	1.5	72.3	M 110×6	8 560
M 12	1.75	84.3	M 115×6	9 390
M 14	2	115	M 120×6	10 300
M 16	2	157	M 125×6	11 200
M 18	2.5	192	M 130×6	12 100
M 20	2.5	245		
M 22	2.5	303		
M 24	3	353		
M 27	3	459		
M 30	3.5	561		
M 33	3.5	694		
M 36	4	817		
M 39	4	976		
M 42	4.5	1 120		

(ヒンジ部)アンカー

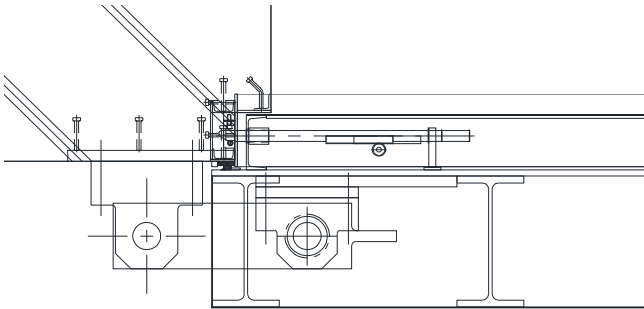
n	本	本数	15	15
---	---	----	----	----

n : (ヒンジ部)アンカー本数

原子炉建屋水密扉のヒンジは下表の2種類の取り付けとなっている。
ヒンジの取付箇所により(ヒンジ部)アンカーの耐震計算を行うか否かを判断する。

ヒンジ取付箇所	(ヒンジ部)アンカー 有・無
扉枠	無
ヒンジ取付板	有

原子炉建屋原子炉棟水密扉は **ヒンジ取付板** に取付いているため本項の計算は **行う**。



(ヒンジ部)アンカー

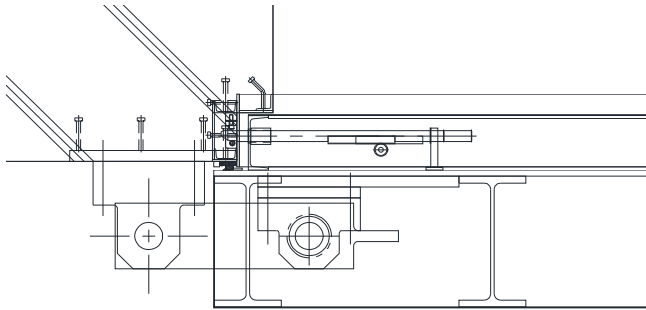
A_b	mm^2	1本当たりの断面積	16	283.5
-------	---------------	-----------	-----------	--------------

A_b : (ヒンジ部)アンカー1本あたりの断面積
(ヒンジ部)アンカー1本あたりの断面積を算定する。

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot (19.00)^2 = 283.528737$$

$$\Rightarrow 283.5 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$d = 19.00 \text{ mm}$: アンカーの径 $\phi 19$ の有効径 (JIS B 0205 より)



(ヒンジ部)アンカー

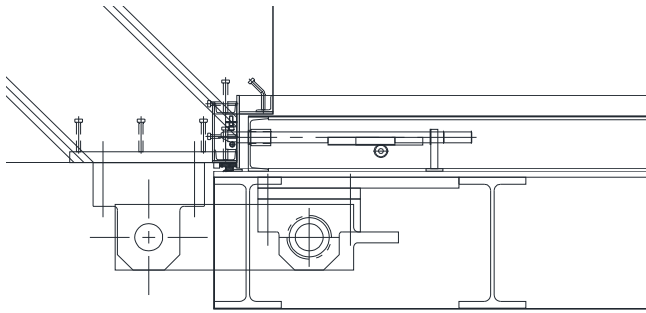
A_a	mm^2	1本当りの表面積	17	11340
-------	---------------	----------	----	-------

A_a : (ヒンジ部)アンカー1本あたりの表面積
(ヒンジ部)アンカー1本あたりの表面積を算定する。

$$A_a = \pi \cdot d \cdot L = \pi \times 19.00 \times 190 = 11341.14948$$

$$\Rightarrow 11340 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

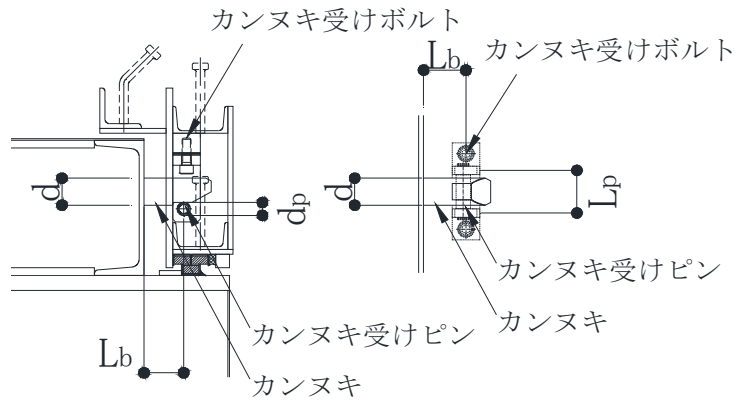
$d = 19.00$ mm : アンカーの径 $\phi 19$ の外径)
 $L = 190$ mm : アンカーの有効深さ



カンヌキ

L_b	mm	軸支持間距離	18	66.0
-------	----	--------	-----------	------

L_b : 地震時カンヌキに作用する軸支持間距離

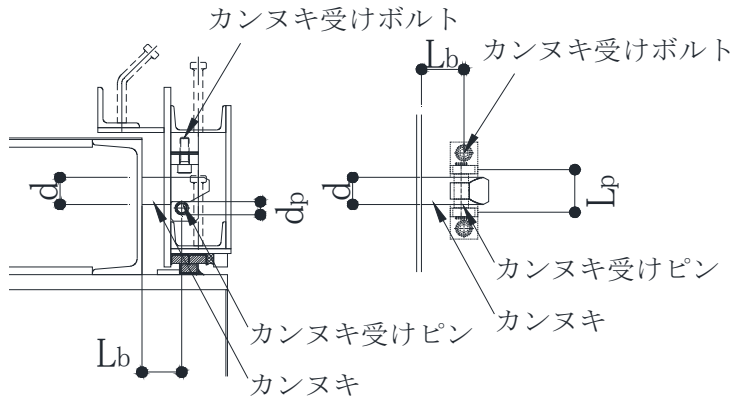


カンヌキ

Z	mm ³	断面係数	19	12270
---	-----------------	------	----	-------

Z : カンヌキの断面係数

カンヌキの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (50)^3 = 12271.8463$$

$$\Rightarrow 12270 \text{ mm}^3 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

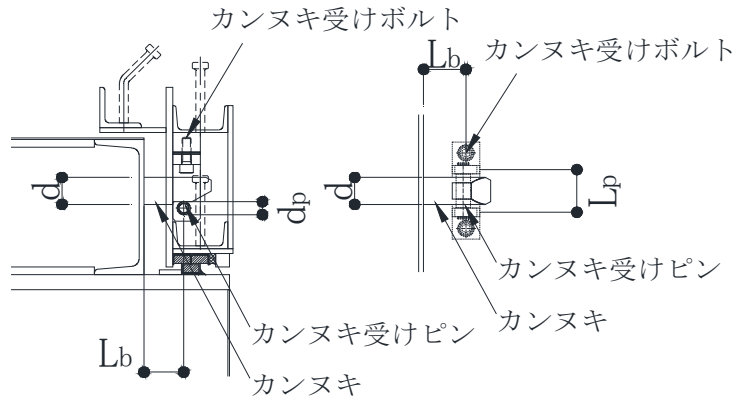
$$d = 50 \text{ mm} \quad : \text{カンヌキ径}$$

カンヌキ

A	mm ²	断面積	20	1963
---	-----------------	-----	----	------

A : カンヌキの断面積

カンヌキの断面積を算定する



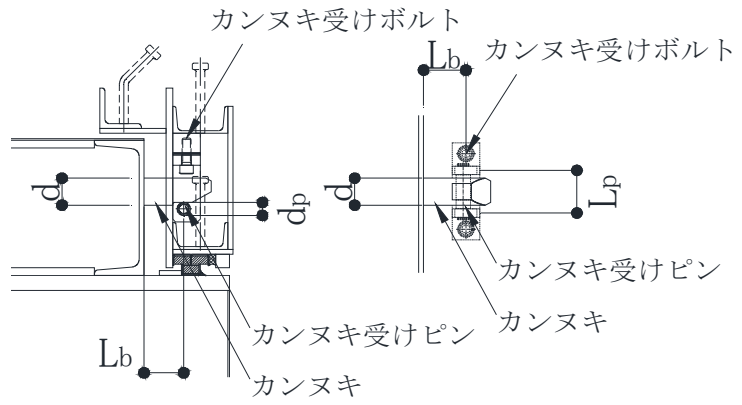
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (50)^2 = 1963.495408$$

$$\Rightarrow 1963 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

カンヌキ受けピン

L_p	mm	軸支持間距離	21	91.0
-------	----	--------	----	------

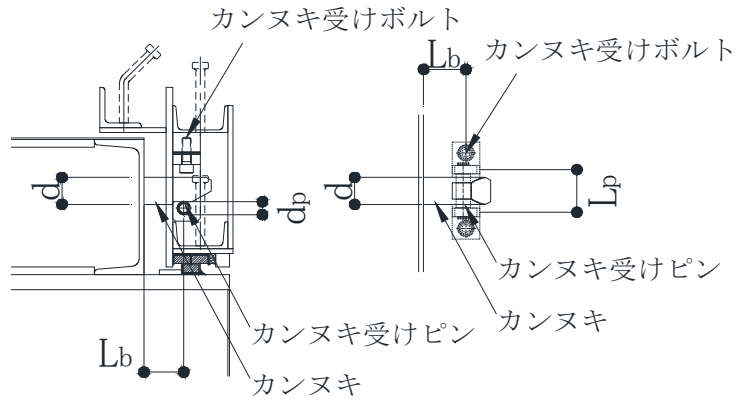
L_p : 地震時カンヌキ受けピンに作用する軸支持間距離



カンヌキ受けピン

Z	mm ³	断面係数	22	1534
---	-----------------	------	----	------

Z : カンヌキ受けピンの断面係数
カンヌキ受けピンの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d_p^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (25)^3 = 1533.9807879$$

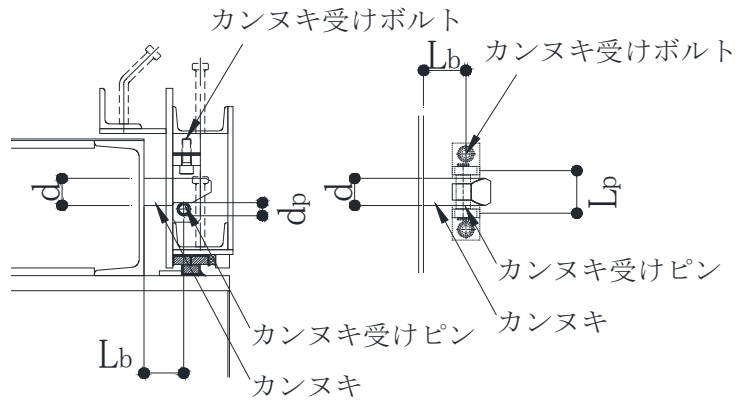
⇒ 1534 mm³ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$d_p = 25$ mm : カンヌキ受けピン径

カンヌキ受けピン

A	mm ²	断面積	23	490.9
---	-----------------	-----	----	-------

A : カンヌキ受けピンの断面積
カンヌキ受けピンの断面積を算定する



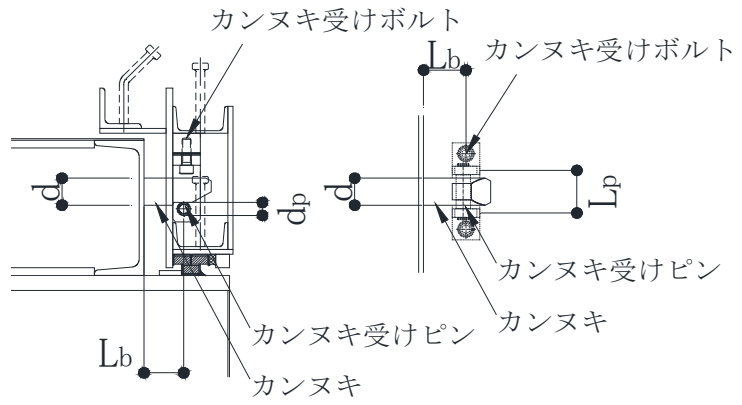
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (25)^2 = 490.8738521$$

$$\Rightarrow 490.9 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

カンヌキ受けボルト

n	本	本数	24	2
---	---	----	----	---

n : カンヌキ受けボルトの本数



カンヌキ受けボルト

A_b	mm ²	1本当たりの断面積	25	157.0
-------	-----------------	-----------	----	-------

A_b : カンヌキ受けボルト (M 16) 1本あたりの断面積
(JIS B 1082より)

$$A_b = 157.0 \text{ mm}^2$$

—B 1082—

表 1

単位 mm²

メートル並目ねじ			メートル細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 (A_s)	ねじの呼び	有効断面積 (A_s)
M 1	0.25	0.460	M 8×1	39.2
M 1.1	0.25	0.588	M 10×1.25	61.2
M 1.2	0.25	0.732	M 12×1.25	92.1
M 1.4	0.3	0.983	M 14×1.5	125
M 1.6	0.35	1.27	M 16×1.5	167
* M 1.7	0.35	1.48	M 18×1.5	216
M 1.8	0.35	1.70	M 20×1.5	272
M 2	0.4	2.07	M 22×1.5	333
M 2.2	0.45	2.48	M 24×2	384
* M 2.3	0.4	2.91	M 27×2	496
M 2.5	0.45	3.39	M 30×2	621
* M 2.6	0.45	3.73	M 33×2	761
M 3	0.5	5.03	M 36×3	865
M 3.5	0.6	6.78	M 39×3	1 030
M 4	0.7	8.78	M 42×3	1 200
M 4.5	0.75	11.3	M 45×3	1 380
M 5	0.8	14.2	M 48×3	1 560
M 6	1	20.1	M 51×3	1 740
M 7	1	28.9	M 54×3	1 920
M 8	1.25	36.6	M 57×3	2 100
M 9	1.25	48.1	M 60×3	2 280
M 10	1.5	58.0	M 63×3	2 460
M 11	1.5	72.3	M 66×3	2 640
M 12	1.75	84.3	M 69×3	2 820
M 14	2	115	M 72×3	3 000
M 16	2	157	M 75×3	3 180
M 18	2.5	192	M 78×3	3 360
M 20	2.5	245	M 81×3	3 540
M 22	2.5	303	M 84×3	3 720
M 24	3	353	M 87×3	3 900
M 27	3	459	M 90×3	4 080
M 30	3.5	561	M 93×3	4 260
M 33	3.5	694	M 96×3	4 440

2. 発生応力度

ヒンジアーム

発生応力度 (N/mm ²)	
31	85

ヒンジアーム部の発生応力度は添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4評価方法(1)荷重算定a.及び(a)より算定する荷重から

(2)断面検定a. (a)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ、ヒンジアーム、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次'式により算定する水平地震力及び扉体自重反力(鉛直地震力を含む)から、各部材に発生する荷重を算定する。

$$F_H = W_X \cdot K_H \quad \xrightarrow{\text{2より } K_H = 1.13} \quad F_H: \text{扉にかかる水平地震力}$$

$$F_H = W_X \cdot K_H = 262.82 \cdot 1.13 = 296.9866 = 297.0 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

$$F_V = W_X \cdot K_V \quad \xrightarrow{\text{2より } K_V = 0.99} \quad F_V: \text{扉にかかる鉛直地震力}$$

$$F_V = W_X \cdot K_V = 262.82 \cdot 0.99 = 260.1918 = 260.2 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j} \quad \xrightarrow{\text{3より } K_V = 0.99} \quad R_r, R_t: \text{ヒンジ部に作用する扉自重による反力}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j}$$

ここで、

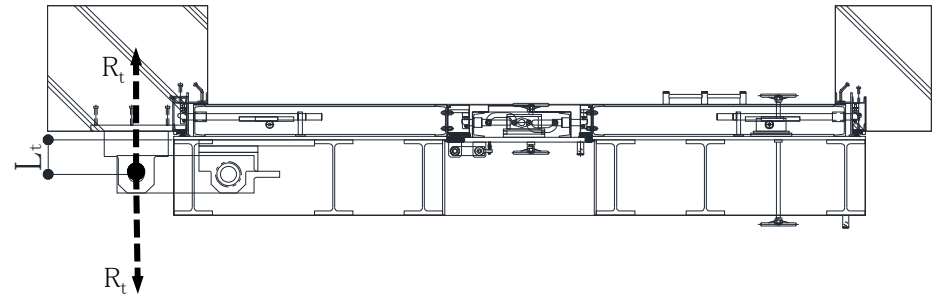
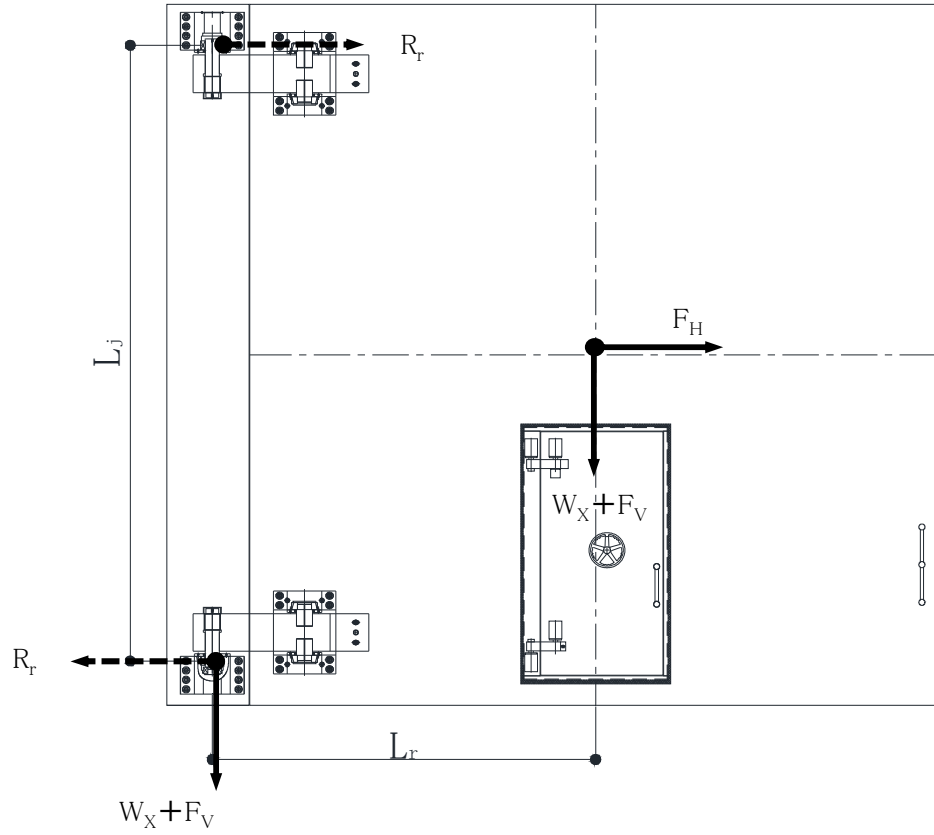
- W_X : 扉体自重 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- F_V : 鉛直地震力 (kN)
- K_H : 水平震度
- K_V : 鉛直震度
- R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)
- R_t : 扉厚方向水平地震力 (kN)
- L_r : 扉体重心(幅方向)～ヒンジ中心距離 (m)
- L_j : ヒンジ中心間距離 (m)
- L_t : 扉体重心(厚方向)～ヒンジ中心距離 (m)

ここで反力Rは、水平方向に作用する荷重であるが鉛直地震力を考慮することから水平地震力として考慮する場合JEAC 4601で規定された組合係数を用いるところを、ここでは保守的に絶対和法を用いる

$$F_V = W_X \cdot K_V = 262.82 \cdot 0.99 = 260.1918 = 260.2 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j} = (262.82 + 260.2) \cdot \frac{2.921}{4.92} = 310.5165 = 310.5 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j} = (262.82 + 260.2) \cdot \frac{0.275}{4.92} = 29.23384 = 29.23 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$



荷重

(a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる荷重は、次式により算定する。

$$M = (W_x + F_v) \cdot L \longrightarrow M : \text{ヒンジアームに発生する曲げモーメント}$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (kN・m)
- W_x : 扉体自重 (kN)
- F_v : 鉛直地震力
- L : 作用点間距離

扉から扉枠へ地震荷重を伝達する部位でヒンジ(扉部)、ヒンジアーム、ヒンジ(扉枠部)において、一番厳しくなる評価部位となるヒンジアームを評価する。ここでは、評価上厳しくなる強軸方向に発生する曲げモーメントに対し保守的に、鉛直方向の荷重を考慮したものから次式のとおり算出する。

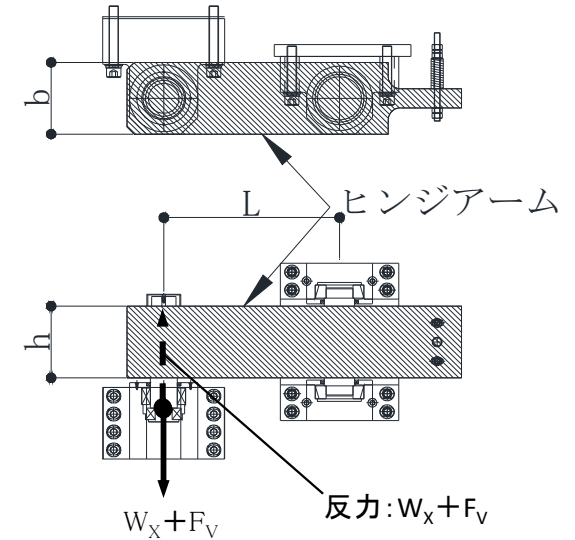
$$\begin{aligned} M &= (W_x + F_v) \cdot L = (262.82 + 260.2) \cdot 0.720 \\ &= 376.5744 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ &= 376574.4 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \\ &= 376600 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$

$$Q = W_x + F_v \longrightarrow Q : \text{ヒンジアームに発生するせん断力は、鉛直方向を考慮し次式より算定する。}$$

ここで、

- Q : せん断力 (kN)

$$\begin{aligned} Q &= W_x + F_v = 262.82 + 260.2 = 523.02 \\ &= 523.0 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$



(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。

なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

応力

a . ヒンジ部

(a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジアームの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{ヒンジアームに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ_x : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : ヒンジアームの断面係数 (mm³)

A : ヒンジアームの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{376600}{4500000}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{523.0}{90000}\right)^2} \\ &= 0.084291975 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 84.291975 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 85 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ヒンジピン

発生応力度 (N/mm ²)	
32	286

ヒンジピン部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び(b)より算定する荷重から

(2)断面検定a. (b)の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジピンに生じる荷重の例を第○-○図に示す。

$$M = \sqrt{(R_r + \frac{F_H}{2})^2 + R_t^2} \cdot L \rightarrow M : \text{ヒンジピンに発生する荷重として、ヒンジアームと扉付ヒンジのラジアルベアリング間を支持間隔とした水平方向荷重がヒンジピンに作用することから、曲げモーメントを次式より求める。}$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (kN・m)
- R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- R_t : 扉厚方向水平地震力 (kN)
- L : 作用点間距離

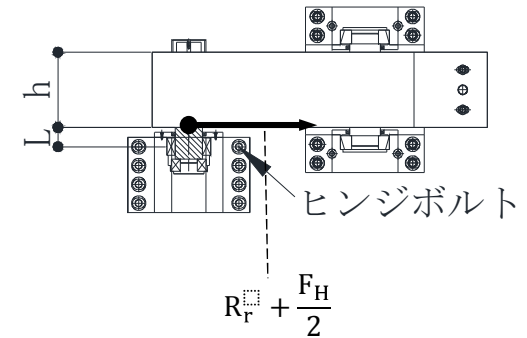
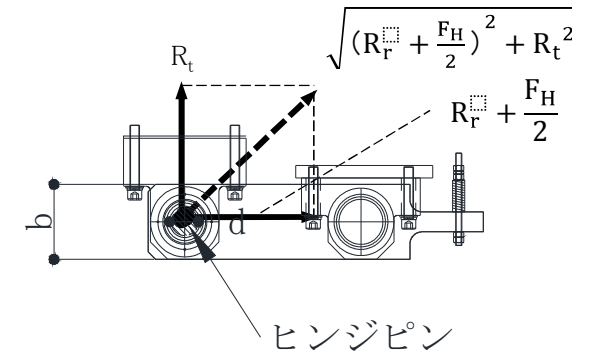
$$\begin{aligned} M &= \sqrt{(R_r + \frac{F_H}{2})^2 + R_t^2} \cdot L \\ &= \sqrt{((310.5 + \frac{297.0}{2})^2 + (29.23)^2)} \times 77.5 \\ &= 35644.56 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \\ &= 35640 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

$$Q = \sqrt{(R_r + \frac{F_H}{2})^2 + R_t^2} \rightarrow Q : \text{上記水平荷重を負担する支持部の反力としてせん断力が発生することから次式より求める}$$

ここで、

- Q : せん断力 (kN)

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{(R_r + \frac{F_H}{2})^2 + R_t^2} \\ &= \sqrt{((310.5 + \frac{297.0}{2})^2 + (29.23)^2)} \\ &= 459.930 \text{ (kN)} \\ &= 459.9 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$



応力

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{ヒンジピンに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ_x : 組合せ応力度(N/mm²)

M : 曲げモーメント(kN・m)

Q : せん断力(kN)

Z : ヒンジアームの断面係数(mm³)

A : ヒンジアームの断面積(mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{35640}{130700}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{459.9}{9503}\right)^2} \\ &= 0.285278289 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 285.278289 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 286 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ヒンジボルト

発生応力度 (N/mm ²)	
33	90

ヒンジボルト部の発生応力度は
 添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.(c)より算定する荷重から
 (2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(c) ヒンジボルト
 ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。

$$Q = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + (W_x + F_V)^2} \rightarrow Q : \text{ヒンジボルトに発生する荷重は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力として発生することから次式よりとめる。}$$

ここで、
 Q : せん断力 (kN)

- W_x : 扉体重量 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- F_V : 鉛直地震力 (kN)
- R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)

$$Q = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(310.5 + \frac{297.0}{2}\right)^2 + (262.8 + 260.2)^2}$$

$$= 695.867 \text{ (kN)}$$

$$= 695.9 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$$T = R_r + \frac{F_H}{2} \rightarrow T : \text{ヒンジボルトに発生する水平荷重は次式よりとめる。}$$

ここで、
 T : 引張力 (kN)

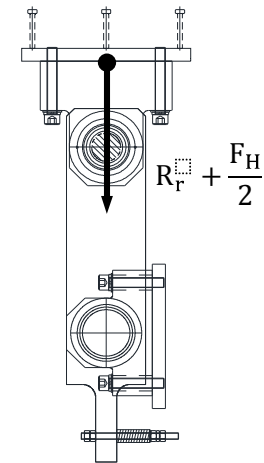
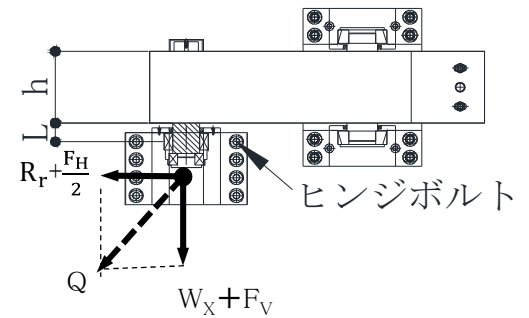
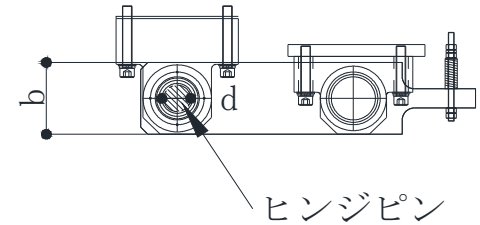
- R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)

$$T = R_r + \frac{F_H}{2}$$

$$= 310.5 + \frac{297.0}{2}$$

$$= 459.000 \text{ (kN)}$$

$$= 459.0 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$



応力

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度及び引張応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n \cdot A_b} \longrightarrow \tau : \text{ヒンジボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでヒンジ部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は}$$

ここで、

τ : せん断応力度 (N/mm²)

Q : せん断力 (kN)

n : ヒンジボルト本数(本)

A_b : 1本当たりの断面積 (mm²)

13のとおり 8本である

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n \cdot A_b} = \frac{695.9}{8 \cdot 976} = 0.089126537 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 89.1265 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 90 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

$$\sigma_T = \frac{T}{n \cdot A_b} \longrightarrow \sigma_T : \text{ヒンジボルトに発生する引張力は, 扉90}^\circ \text{ 開放時に水平方向}$$

ここで、

σ_T : 引張応力度 (N/mm²)

T : 引張力 (kN)

荷重として発生するが, せん断力としては, 180° 開放時の水平, 鉛直荷重が最大となることから, 荷重負担本数が同数であるため, せん断応力度検定にて引張応力度は包絡される。

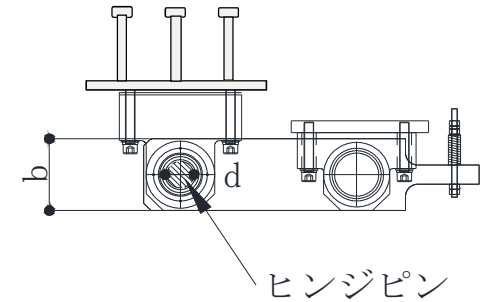
(ヒンジ部)アンカー

発生応力度 (kN)		
34	引張	せん断
	30.60	23.20

(ヒンジ部)アンカーの発生応力度は
 添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.(d)より算定する荷重から
 (2)断面検定c.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(d) (ヒンジ部)アンカー
 (ヒンジ部)アンカーに生じる荷重は、次式により算出する。(ヒンジ部)アンカーに生じる荷重の例を第4-〇図に示す。

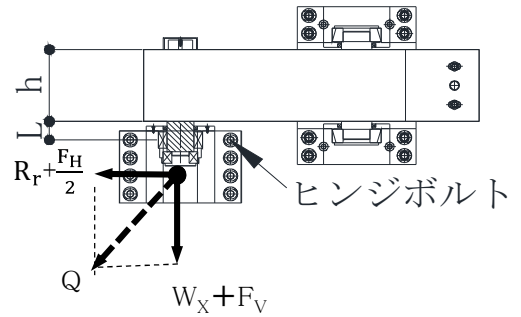


$$T = (R_r + \frac{F_H}{2})/n \rightarrow T : \text{(ヒンジ部)アンカーに生じる荷重は、扉開放時において水平方向荷重による水平地震力と扉自重反力が引張力として生じることから次式より求める。}$$

ここで、
 T : アンカー1本当たりの引張力 (kN)

- R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- n : アンカー本数 (本)

$$T = (R_r + \frac{F_H}{2})/n = (310.5 + \frac{297.0}{2}) / 15 = 30.60000 \text{ (kN)} = 30.60 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

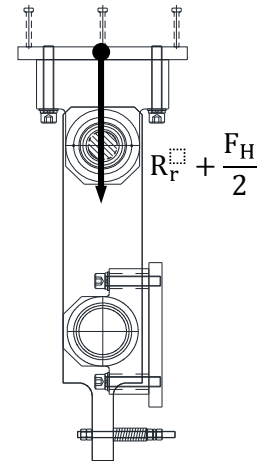


$$Q = \sqrt{((R_r + \frac{F_H}{2})^2 + (W_x + F_v)^2)}/2n \rightarrow Q : \text{(ヒンジ部)アンカーに発生する荷重は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力として発生することから次式より求める。}$$

ここで、
 Q : アンカー1本当たりのせん断力 (kN)

- W_x : 扉体重量 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- F_V : 鉛直地震力 (kN)
- R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)
- n : アンカー本数 (本)

$$Q = \sqrt{((R_r + \frac{F_H}{2})^2 + (W_x + F_v)^2)}/2n = \sqrt{((310.5 + \frac{297.0}{2})^2 + (262.82 + 260.2)^2)} / (2 \times 15) = 23.19557 \text{ (kN)} = 23.20 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$



カンヌキ

発生応力度(N/mm ²)	
35	116

カンヌキ部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」 4.4 評価方法 (1)荷重算定

b.(a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

b. カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。

$$F_H = W_X \cdot K_H \longrightarrow F_H : \text{カンヌキに発生する荷重は、扉閉鎖時において発生する水平方向荷重が発生する。}$$

ここで、

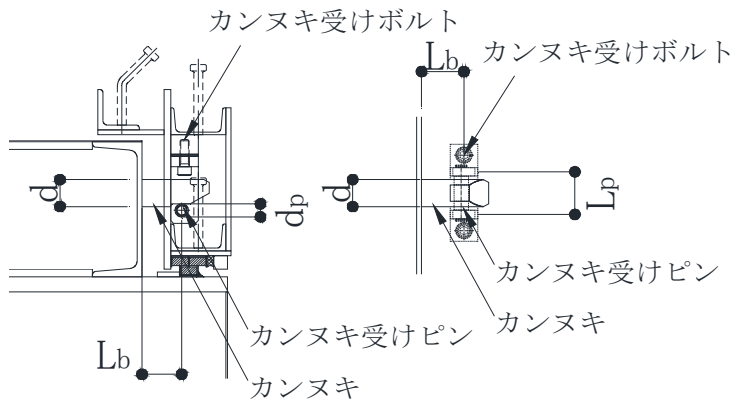
F_H : 水平地震力(kN)

W_X : 扉体自重(kN)

K_H : 水平震度

$$F_H = W_X \cdot K_H = 262.82 \times 1.13 = 296.9866$$

$$= 297 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$



(a) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b \longrightarrow M : \text{カンヌキ部に発生する水平荷重により、カンヌキ受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。}$$

ここで、

M : 曲げモーメント(kN・mm)

F_H : 水平地震力(kN)

L_b : 作用点間距離(mm)

n : カンヌキ本数(本)

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はカンヌキの14か所で負担する。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b = \frac{297.0}{14} \cdot 66.0 = 1400.143 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 1400 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

$$Q = \frac{F_H}{n}$$

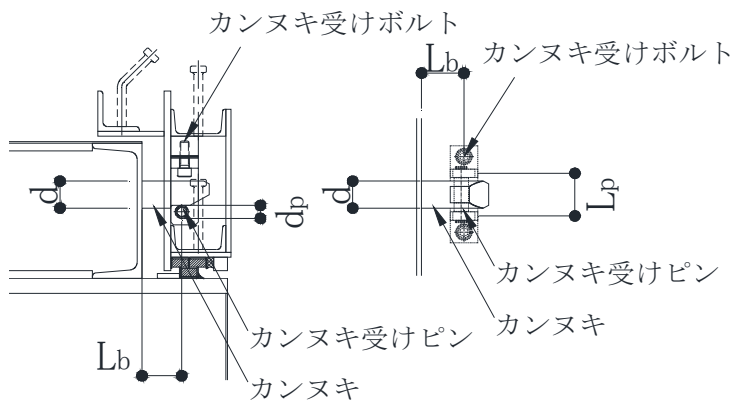
ここで、

Q : せん断力(kN)

Q : カンヌキ部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{297.0}{14} = 21.21429 \text{ (kN)}$$

$$= 21.21 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$



応力

- b. カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{カンヌキに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ_x : 組合せ応力度(N/mm²)

M : 曲げモーメント(kN・mm)

Q : せん断力(kN)

Z : カンヌキの断面係数(mm³)

A : カンヌキの断面積(mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{1400}{12270}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{21.21}{1963}\right)^2} \\ &= 0.115624032 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 115.624 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 116 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

カンヌキ受けピン

発生応力度(N/mm ²)	
36	315

カンヌキ部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定

b.(a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる応力は、次式により算定する。

$$M = \frac{F_H \cdot L_P}{4 \cdot n}$$

M : カンヌキ部に発生する水平荷重により、カンヌキ受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はカンヌキ受けピン 14 か所で負担する。

$$M = \frac{F_H \cdot L_P}{4 \cdot n} = \frac{297.0}{4 \cdot 14} \times 91.0 = 482.625 \text{ (kN}\cdot\text{mm)}$$

$$= 482.6 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

M : 曲げモーメント(kN・mm)

F_H : 水平地震力(kN)

L_P : 作用点間距離(mm)

n : カンヌキ受けピン数(本)

$$Q = \frac{F_H}{n}$$

Q : カンヌキ部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{297}{14} = 21.21429 \text{ (kN)}$$

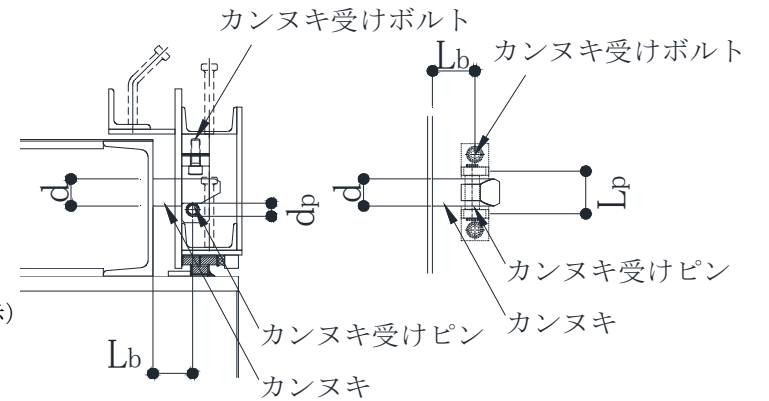
$$= 21.21 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

Q : せん断力(kN)

F_H : 水平地震力(kN)

n : カンヌキ受けピン数(本)



応力

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度が
カンヌキ受けピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z} \longrightarrow \sigma : \text{カンヌキ受けピンに曲げモーメントが作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Z : カンヌキ受けピンの断面係数 (mm³)

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z} = \frac{482.6}{1534} = 0.314602 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 314.6023 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 315 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ここで、

M : 曲げモーメント 482.6 (kN・m)

Z : カンヌキ受けピンの断面係数 1534 (mm³)

$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot A} \longrightarrow \tau : \text{カンヌキ受けピンにせん断力が発生する場合の応力度}$$

ここで、

τ : せん断応力度 (N/mm²)

Q : せん断力 (kN)

A : カンヌキ受けピンの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{2 \cdot A} = \frac{21.21}{2 \times 490.9} = 0.021603 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 21.60318 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 22 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ここで、

Q : せん断力 21.21 (kN)

A : カンヌキ受けピンの断面積 490.9 (mm²)

上記より

$$315 > 22$$

せん断に対して曲げモーメントが厳しくなる。

カンヌキ受けボルト

発生応力度(N/mm ²)	
37	68

カンヌキ受けボルト部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定

b.(b)より算定する荷重から(2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(b) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる荷重は、次式により算定する。カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例を第○-○図に示す。

$$T = \frac{F_H}{n}$$

ここで、

T : 引張力(kN)

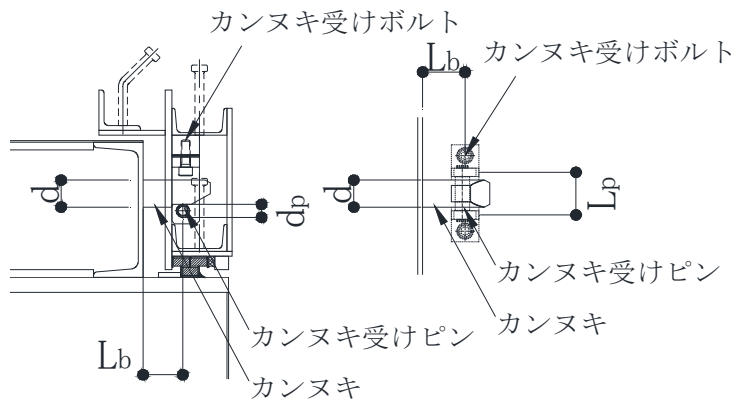
F_H : 水平地震力(kN)

n : カンヌキの数(本)

T : カンヌキ部に発生する水平荷重がカンヌキ受けボルトに引張力として作用することから次式より求める

$$T = \frac{F_H}{n} = \frac{297}{14} = 21.21429 \text{ (kN)}$$

$$= 21.21 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$



応力

(b) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる引張応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_T = \frac{T}{n \cdot A_b} \longrightarrow \sigma_T : \text{カンヌキ受けボルトに発生する引張力による引張応力度を次式より}$$

求める。ここでカンヌキ部1か所における引張り力負担ボルト本数は 2 本である。

ここで、

σ_T : 引張応力度(N/mm²)

T : 引張力(kN)

n : カンヌキ受けボルト本数(本)

A_b : M16 1本当たりの断面積(mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{T}{n \cdot A_b} = \frac{21.21}{2 \cdot 157.0} = 0.067548 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 67.54777 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 68 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

2. 許容限界値

ヒンジアーム

許容限界値(N/mm ²)	
41	205

ヒンジアームの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質:SS400
- ・板厚:300mm(長辺方向寸法)

ヒンジアームの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101 2009年版」P26より

降伏点 205 N/mm², 引張強さ 400 N/mm²(保守的下限值)から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(205, 400 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから

許容限界値は、 205 (N/mm²)

表 3 機械的性質 (続き)

種類の 記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	鋼材の厚さ (t) mm	引張試 験片	伸び %	曲げ性		
	鋼材の厚さ (t) mm								曲げ 角度	内側半 径	試験 片
	16以下	16を超え 40以下	40を超え 100以下	100を 超える もの							
SS400	245 以上	235 以上	215 以上	205 以上	400~510	鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼 の厚さ 5 以下	5号	21 以上	180°	厚さの 1.5 倍	1号
					鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼 の厚さ 5 を超え 16 以下	1A号	17 以上				
					鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼 の厚さ 16 を超え 50 以下	1A号	21 以上				
					鋼板, 平鋼, 形鋼の厚さ 40 を超えるもの	4号	23 以上				
					棒鋼の径, 辺又は対辺距 離 25 以下	2号	20 以上	180°	径, 辺又 は対辺 距離の 1.5 倍	2号	
					棒鋼の径, 辺又は対辺距 離 25 を超えるもの	14A号	22 以上				

ヒンジピン

許容限界値(N/mm ²)		
42	686	曲げ

ヒンジピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM440

ヒンジピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 835 N/mm², 引張強さ 980 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(835, 980 \times 0.7) = 686 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから

許容限界値は、 686 (N/mm²)

表2 (続き)

種類の 記号	熱処理℃		引張試験(4号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 (水冷)又は925 保持後850~900 油冷	150~200 空冷	—	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後850 ~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830~880油冷	520~620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830~880油冷	520~620 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCr 440	830~880油冷	520~620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830~880油冷	520~620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上

SCM 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830~880油冷	530~630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830~880油冷	530~630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830~880油冷	530~630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830~880油冷	530~630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルト

許容限界値(N/mm ²)				
43	375	せん断	651	引張

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM435

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 785 N/mm², 引張強さ 930 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値

$$F = \text{MIN}(785, 930 \times 0.7) = 651 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

「鋼構造設計基準 - 許容応力度設計法-」より,

f_s: 許容せん断応力度, F: 基準値(弾性設計のため, 降伏点)

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}} = \frac{651}{\sqrt{3}} = 375.855 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

⇒ 375 (N/mm²) (小数点第一位以下切捨て整数表示)

$$F_s = 375 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表2 (続き)

種類の記号	熱処理℃		引張試験(4号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850-900油冷 2次800-850油冷 (水冷)又は925 保持後850-900 油冷	150-200 空冷	-	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後850 -900油冷	150-200 空冷	-	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830-880油冷	520-620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830-880油冷	520-620 急冷	735以上	880以上	15以上	50以上
SCr 440	830-880油冷	520-620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830-880油冷	520-620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上

SCM 415	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830-880油冷	530-630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830-880油冷	530-630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830-880油冷	530-630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830-880油冷	530-630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

カンヌキ

許容限界値(N/mm ²)		
44	205	曲げ

カンヌキの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SUS304

カンヌキの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303」P1213より

降伏点 205 N/mm², 引張強さ 520 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表 7 オーステナイト系の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り(°) %	硬さ(°)		
					HBW	HRBS 又は HRBW	HV
SUS 201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下
SUS 202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下
SUS 304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下

カンヌキ受けピン

許容限界値(N/mm ²)		
45	686	曲げ

カンヌキ受けピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM440

カンヌキ受けピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 835 N/mm², 引張強さ 980 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(835, 980 \times 0.7) = 686 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、1/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから

許容限界値は、 686 (N/mm²)

表2 (続き)

種類の記号	熱処理℃		引張試験(4号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 (水冷)又は925 保持後850~900 油冷	150~200 空冷	--	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後850 ~900油冷	150~200 空冷	--	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830~880油冷	520~620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830~880油冷	520~620 急冷	735以上	880以上	15以上	50以上
SCr 440	830~880油冷	520~620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830~880油冷	520~620 急冷	885以上	980以上	12以上	40以上
SCM 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	--	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	--	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	--	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	--	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830~880油冷	530~630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830~880油冷	530~630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830~880油冷	530~630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830~880油冷	530~630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

アンカー

許容限界値 (kN)				
46	66.50	引張	39.71	せん断

(ヒンジ部)アンカーに発生する荷重は、

○水密扉の設計に関する補足資料 ○耐震評価方法

(2)荷重算定 a.ヒンジ部(d)(ヒンジ部)アンカーより算定する。

(d). (ヒンジ部)アンカー

(ヒンジ部)アンカーに生じる引張力が、次式により算定したアンカーの短期許容力以下であることを確認する。

・許容引張力

$$T_a = 1 \cdot s_{\sigma_{pa}} \cdot s_c a$$

ここで、

T_a : 短期許容引張力(kN)

$s_c a$: 頭付きアンカーボルトの引張強度(N/mm²)

$s_{\sigma_{pa}}$: 頭付きアンカーボルトの断面積(mm²)

T_a : アンカーの短期許容引張力(kN)

添付「各種合成構造設計指針・同解説 日本建築学会
2010」P36 頭付きアンカーボルトの設計より

$$\begin{aligned} P_{a1} &= 1 \cdot s_{\sigma_{pa}} \cdot s_c a = 1 \times 235 \times 283 = 66505 \text{ (N)} \\ &= 66.505 \text{ (kN)} \\ &= 66.50 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(小数点以下第3位切下げ小数点第2位表示)

ここで、

$s_{\sigma_{pa}}$: アンカーの規格降伏点
スタッドジベル仕様 ϕ 19 より 235 (N/mm²)

添付「各種合成構造設計指針・同解説 日本建築学会

2010」P332 付録3. 頭付きスタッド 4. 機械的性質より

降伏点 235 N/mm², 引張強さ 400 N/mm²

(保守的下限值)から許容引張応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(235, 400 \times 0.7) = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5 となり、短期に生じる応力は、

1.5倍とすることから 235 (N/mm²)

付表2 機械的性質

降伏点又は0.2%耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %
235	400~550	20以上

s_c^a : アンカーの断面積

アンカー最少断面積

$$s_c^a = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 = \frac{\pi}{4} \times 19^2 = 283.5287$$

$$= 283 \text{ (mm}^2\text{)} \text{ (小数点以下第1位切下げ整数表示)}$$

$$p_{a2} = \frac{2}{3} \cdot {}_c\sigma_t \cdot A_c = \frac{2}{3} \times 1.454 \times 119900$$

$$= 116223.1 \text{ (N)}$$

$$= 116.2231 \text{ (kN)}$$

$$= 116.22 \text{ (kN)} \text{ (小数点以下第3位切下げ小数点第2位表示)}$$

ここで

$${}_c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c}$$

$$= 0.31 \times \sqrt{22}$$

$$= 1.454029$$

$$= 1.454 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$$A_c = \pi \cdot l_{ce} (l_{ce} + D)$$

$$= \pi \times 180 \times (180 + 32)$$

$$= 119883.2$$

$$= 119900 \text{ (mm}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで

$$l_{ce} = l_e - l_T = 190 - 10 = 180$$

4.2 頭付きアンカーボルトの設計

4.2.1 引張力を受ける場合

(1) 既存コンクリート躯体中に定着された頭付きアンカーボルト 1 本当当たりの許容引張力 p_a は、(1)式および(2)式で算定される値のうち小なる値とする。

ただし、短期許容引張力において、アンカーボルトの降伏を保証する設計が要求される場合には、(2)式による短期許容引張力が、アンカーボルトの上限強度により算出した(1)式による値を上回るようにする。なお、その場合においても短期許容引張力は規格降伏点強度により算出した(1)式による値とする。

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a \quad (1)$$

$$p_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_c \quad (2)$$

記号 p_a ：頭付きアンカーボルト 1 本当当たりの許容引張力
 p_{a1} ：頭付きアンカーボルトの降伏により定まる場合のアンカーボルト 1 本当当たりの許容引張力。
 p_{a2} ：定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により定まる場合の頭付きアンカーボルト 1 本当当たりの許容引張力
 ϕ_1, ϕ_2 ：低減係数であり、表 1 の値を用いる。

表 1 低減係数

	ϕ_1	ϕ_2
長期荷重用	2 / 3	1 / 3
短期荷重用	1.0	2 / 3

$s\sigma_{pa}$: 頭付きアンカーボルトの引張強度で, $s\sigma_{pa} = s\sigma_y$ とする. ただし, アンカーボルトの降伏を保証する設計が要求される場合の上限引張力を算定するときには, $s\sigma_{pa} = \alpha_{yu} \cdot s\sigma_y$ とする.

$s\sigma_y$: 頭付きアンカーボルトの規格降伏点強度

α_{yu} : 頭付きアンカーボルトの材料強度のばらつきを考慮した規格降伏点強度に対する割増係数であり, 1.25 以上を用いる.

sca : 頭付きアンカーボルトの断面積で, 軸部断面積とねじ部有効断面積の小さなほうの値とする.

$c\sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で, $c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c}$ とする. ただし, 軽量コンクリートを用いる場合は, この値の 90% とする. (N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積で, $A_c = \pi \cdot l_{ce}(l_{ce} + D)$ とする [図 1 参照].

ただし, 複数本の頭付きアンカーボルトを近接して設ける場合の有効水平投影面積は, 図 2 による.

l_{ce} : 頭付きアンカーボルトの強度算定用埋込み長さで, $l_{ce} = l_e$ とする.

l_e : 頭付きアンカーボルトのコンクリート内への有効埋込み長さ

d : 頭付きアンカーボルト軸部の直径

D : 頭付きアンカーボルト頭部の直径

(2) 頭付きアンカーボルトの許容引張力時の頭部支圧応力度は、コンクリートの支圧強度 f_n 以下となるようにする。

$$\frac{P_a}{A_0} \leq f_n \quad (3)$$

記号 A_0 ：頭付きアンカーボルト頭部の支圧面積で、 $A_0 = \pi(D^2 - d^2)/4$ とする〔図1参照〕。

f_n ：コンクリートの支圧強度で、 $f_n = \sqrt{A_c/A_0} \cdot F_c$ とする。ただし、 $\sqrt{A_c/A_0}$ が6を超える場合は6とする。(N/mm²)

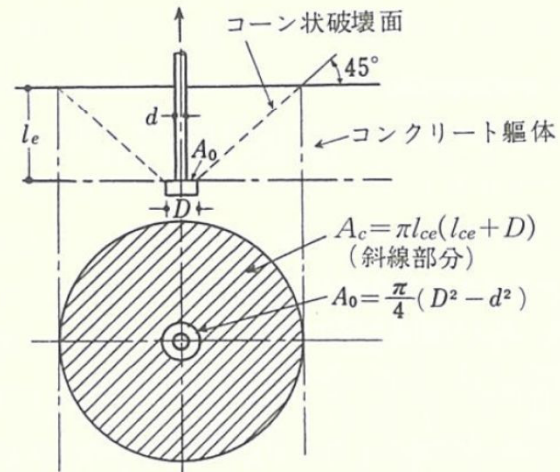


図1 頭付きアンカーボルトの有効水平投影面積 A_c

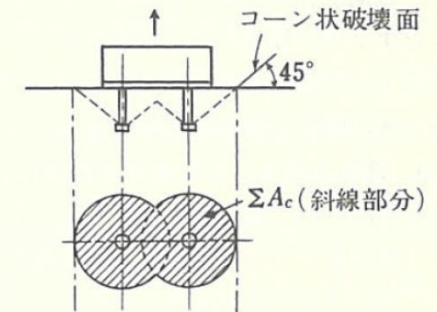


図2 頭付きアンカーボルトが複数の場合の有効水平投影面積 ΣA_c

・許容せん断力

$$Q_a = 1 \cdot 0.7 \cdot s \cdot \sigma_y \cdot s_c^a$$

ここで、

Q_a : 短期許容せん断力(kN)

$s \cdot \sigma_y$: 頭付きアンカーボルトの引張強度(N/mm²)

s_c^a : 頭付きアンカーボルトの断面積(mm²)

Q_a : アンカーの短期許容せん断力(kN)

添付「各種合成構造設計指針・同解説 日本建築学会
2010」P36 頭付きアンカーボルトの設計より

$$q_{a1} = 1 \cdot 0.7 \cdot s \cdot \sigma_y \cdot s_c^a$$

$$= 1 \times 0.7 \times 235 \times 283 = 46553.5 \text{ (N)}$$

$$= 46.55 \text{ (kN)} \quad (\text{小数点以下第3位切下げ小数点第2位表示})$$

ここで

$s \cdot \sigma_y$: 頭付きアンカーボルトの規格降伏点強度 235 (N/mm²)

s_c^a : 頭付きアンカーボルトの断面積 283 (mm²)

$$q_{a2} = \frac{2}{3} \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c^a = \frac{2}{3} \times 347.9 \times 283 = 65637.13333 \text{ (N)}$$

$$= 65.63713 \text{ (kN)}$$

$$= 65.63 \text{ (kN)} \quad (\text{小数点以下第3位切下げ小数点第2位表示})$$

ここで

$c \cdot \sigma_{qa}$: コンクリート支圧強度

$$c \cdot \sigma_{qa} = 0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c}$$

$$= 0.5 \times \sqrt{22 \times 22000}$$

$$= 347.9 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで

F_c : コンクリートの設計基準強度 審査資料○より22.0(N/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 審査資料○より22.0(kN/mm²)

s_c^a : アンカーの断面積 引張力計算書より 283 (mm²)

$$q_{a3} = \frac{2}{3} \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc} = \frac{2}{3} \times 1.454 \times 40970$$

$$= 39713.58667 \text{ (N)}$$

$$= 39.71358667 \text{ (kN)}$$

$$= 39.71 \text{ (kN)} \quad (\text{小数点以下第3位切下げ小数点第2位表示})$$

ここで

σ_t : コーン状破壊に対する引張強度

$$\begin{aligned}\sigma_t &= 0.31 \sqrt{F_c} \\ &= 0.31 \times \sqrt{22} \\ &= 1.45402889 \\ &= 1.454 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}\end{aligned}$$

ここで

F_c : コンクリートの設計基準強度 審査資料○より22.0(N/mm²)

A_{qc} : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積

$$\begin{aligned}A_{qc} &= 0.5 \cdot \pi \cdot c^2 \\ &= 0.5 \times \pi \times 161.5^2 \\ &= 40969.90249 \\ &= 40970 \text{ (mm}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}\end{aligned}$$

以上より許容せん断力は、Min (q_{a1} , q_{a2} , q_{a3}) から

$q_{a1} = 39.71 \text{ (kN)}$ となる。

4.2.2 セン断力を受ける場合

(1) コンクリート躯体中に定着された頭付きアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 q_a は、(4)式、(5)式および(6)式で算定される値のうち、いずれか小なるほうの値とする。

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot scA \quad (4)$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot c\sigma_{qa} \cdot scA \quad (5)$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_{qc} \quad (6)$$

記号 q_a : 頭付きアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力
 q_{a1} : 頭付きアンカーボルトのせん断強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力
 q_{a2} : 定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる場合の頭付きアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力
 q_{a3} : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合の頭付きアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力
 ϕ_1, ϕ_2 : 低減係数であり、表 1 の値を用いる。
 $s\sigma_{qa}$: 頭付きアンカーボルトのせん断強度で、 $s\sigma_{qa} = 0.7 \cdot s\sigma_y$ とする。
 $s\sigma_y$: 頭付きアンカーボルトの規格降伏点強度
 scA : 頭付きアンカーボルトの軸部断面積とねじ部有効断面積の小なるほうの値とする。
 $c\sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度で、 $c\sigma_{qa} = 0.5\sqrt{F_c \cdot E_c}$ とする。
 $c\sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で、 $c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c}$ とする。ただし、軽量コンクリートを用いる場合は、この値の 90% とする。(N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

A_{qc} : せん断力方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積で、 $A_{qc} = 0.5\pi c^2$ とする [図3参照].

c : へりあき寸法

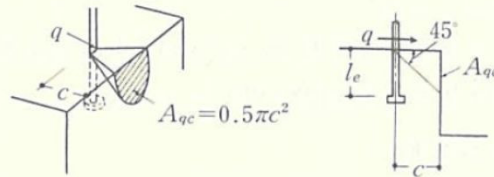


図3 側面の有効投影面積

- (2) 短期許容せん断力を確保するための頭付きアンカーボルトの有効埋込み長さ l_e は、(7)式を満たすように算定するものとする。

$$s\sigma_{pa} \cdot s_c \alpha \leq c\sigma_t \cdot A_c \quad (7)$$

- (3) せん断力を受ける方向により、へりあき寸法 c の影響を考慮する必要がある。

4.2.3 埋込み長さ、へりあきまたははしあき寸法、および組合せ応力など

前2項のほか、頭付きアンカーボルトの設計に関しては、下記の各項を考慮すること。

- (1) 頭付きアンカーボルトの有効埋込み長さ l_e は、アンカーボルトの径 d の4倍以上とする。
- (2) コンクリート躯体のへりあきに対する頭付きアンカーボルトのへりあき寸法およびはしあき寸法は、アンカーボルトの径 d の3倍以上とする。
- (3) ピッチ・ゲージなどは「第1編 合成梁構造設計指針」6.5節に準ずる。
- (4) 引張力とせん断力を同時に受ける場合にはその組合せ効果を考慮して算定する。
- (5) 小規模建築物等の基礎梁に頭付きアンカーボルトを定着し、基礎梁のせん断耐力を期待する場合には、アンカーボルトの先端位置は線材置換した位置（構造心）よりも深い位置とすることを原則とする。

3. 発生応力度

ヒンジアーム

発生応力度/ 許容限界値
51 0.42

ヒンジアームの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **31** **41**

から

$$85 / 205 = 0.414634$$

$$\Rightarrow 0.42 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

ヒンジピン

発生応力度/ 許容限界値
52 0.42

ヒンジピンの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **32** **42** から

$$286 / 686 = 0.41691$$

$$\Rightarrow 0.42 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

ヒンジボルト

発生応力度/ 許容限界値
53 0.24

ヒンジボルトの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **33** **43** から

$$90 / 375 = 0.24$$

$$\Rightarrow 0.24 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

(ヒンジ部)アンカー

発生応力度/ 許容限界値
54 0.59

(ヒンジ部)アンカーの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **34** **46** から

$$\text{引張} \quad 30.60 / 66.50 = 0.46015 = 0.47 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

$$\text{せん断} \quad 23.20 / 39.71 = 0.584236 = 0.59 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

カンヌキ

発生応力度/ 許容限界値	
55	0.57

カンヌキの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 35 44 から

$$116 / 205 = 0.565854$$

⇒ 0.57 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

カンヌキ受けピン

発生応力度/ 許容限界値	
56	0.46

カンヌキ受けピンの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 36 45 から

$$315 / 686 = 0.459184$$

⇒ 0.46 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

カンヌキ受けボルト

発生応力度/ 許容限界値	
57	0.11

カンヌキ受けボルトの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 37 43 から

$$68 / 651 = 0.104455$$

⇒ 0.11 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

■ 耐震計算（原子炉建屋付属棟東側水密扉No.11）【A”タイプ】

1. 耐震評価に用いる条件(原子炉建屋水密扉)

地震係数		扉枠	ヒンジ		カンヌキ受け	
水平	鉛直	取付箇所	取付箇所	アンカー	取付箇所	アンカー
1.13	0.99	躯体開口内	扉枠	無	扉枠	無
		壁面	取付板	有	取付板	有

共通

W_x	kN	扉体自重	I	58.84
-------	----	------	-----	-------

W_x : 扉体自重

自重の内訳は次の通り

・ 扉本体(カンヌキ装置, ヒンジ含む)	6000	kg	58.84	kN
・ 枠本体(耐震計算では含めない)	4000	kg	39.23	kN
合計(耐震計算では枠本体の自重は含めない)	6000	kg	58.84	kN

凡例:

	は入力値
	は計算値
	は既に入力又は計算された値

注) 補足資料の数値計算説明書においては扉体自重に枠本体自重を含める

共通

$K_H \cdot K_V$	—	震度(水平1.0)	2	1.13
		震度(鉛直1.0)	3	0.99

K_H : 水平方向設計震度

K_V : 鉛直方向設計震度

原子炉建屋地震応答解析結果より最大応答加速度から設計震度を求める。なお、加速度を保守的に評価するため、設置位置EL. +8.20 mの部質点となるEL. +14.00 mの最大応答加速度より求める。

水平方向最大応答加速度 1.13

$K_H = 1.13$

⇒ 1.13

鉛直方向最大応答加速度 0.99

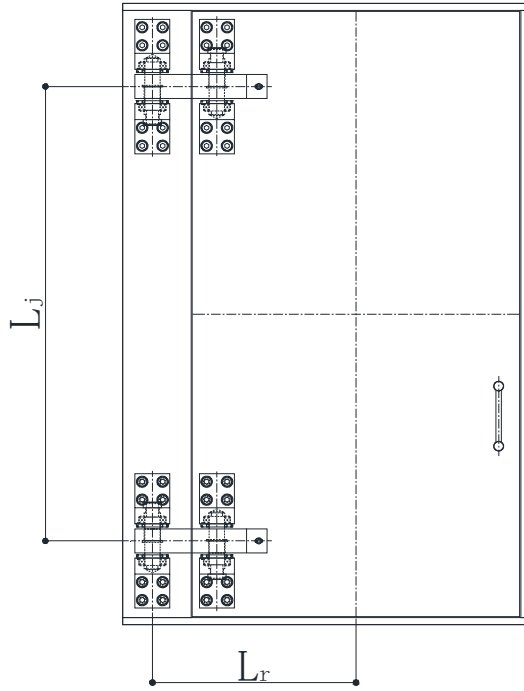
$K_V = 0.99$

⇒ 0.99

ヒンジ部共通

L_r	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離	4	0.930
-------	---	--------------	---	-------

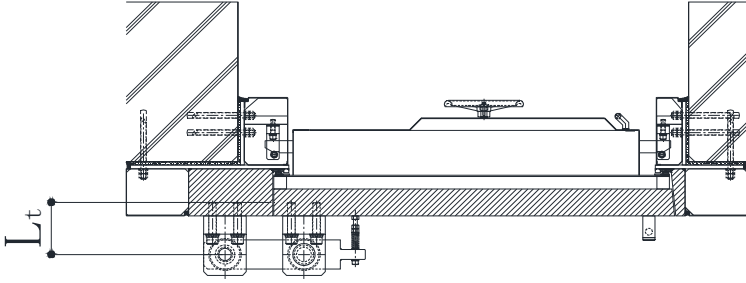
L_r : 枠付きヒンジ芯から扉幅方向の重心までの距離



ヒンジ部共通

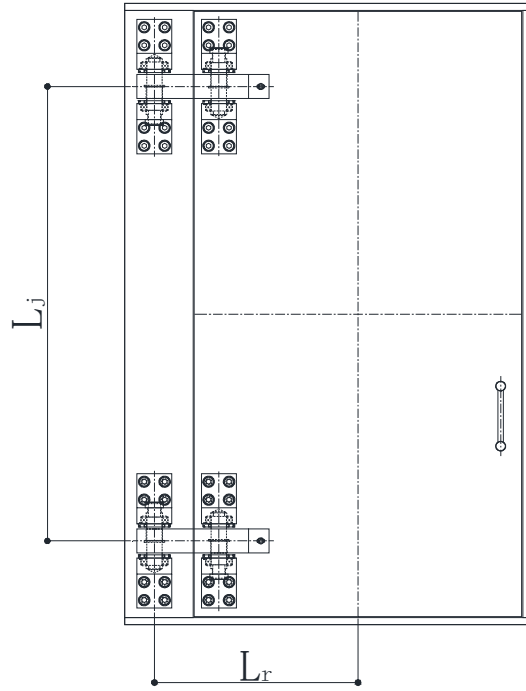
L_t	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離	5	0.245
-------	---	--------------	---	-------

L_t : 枠付きヒンジ芯から扉厚さ方向の重心までの距離



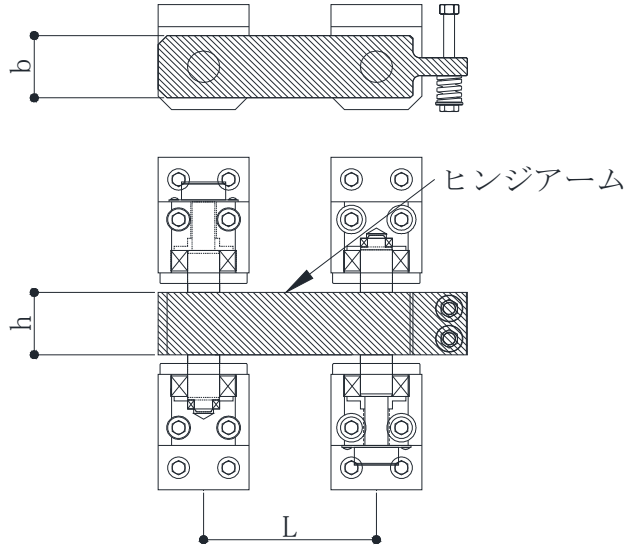
ヒンジ部共通

L_j	m	ヒンジ間距離	6	2.273
-------	---	--------	---	-------



ヒンジアーム

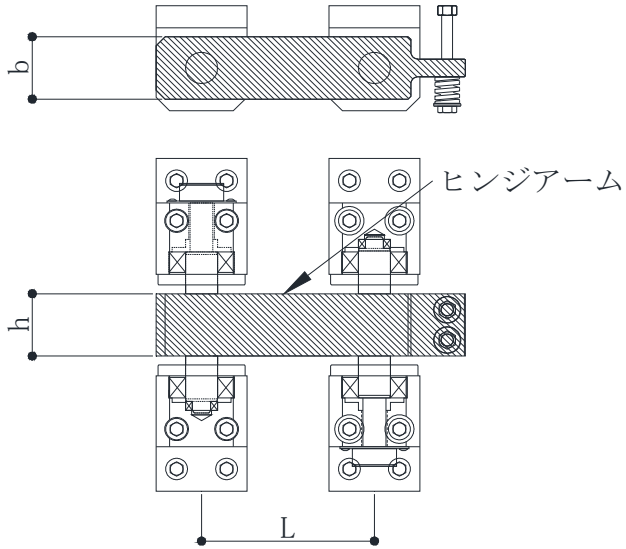
L	m	作用点間距離	7	0.300
---	---	--------	---	-------



ヒンジアーム

Z	mm ³	断面係数	8	288000
---	-----------------	------	---	--------

Z : ヒンジアームの断面係数
 ヒンジアームの断面係数を算定する

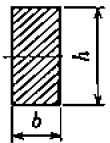


(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 120 \cdot (120)^2 = 288000$$

$$\Rightarrow 288000 \text{ mm}^3$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)

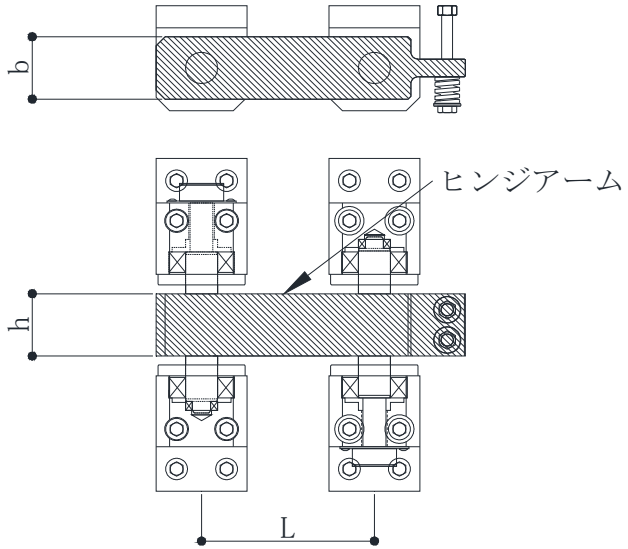


b = 120 mm : ヒンジアーム厚み寸法
 h = 120 mm : ヒンジアーム高さ寸法

ヒンジアーム

A	mm ²	断面積	9	14400
---	-----------------	-----	---	-------

A : ヒンジアームの断面積
ヒンジアームの断面積を算定する

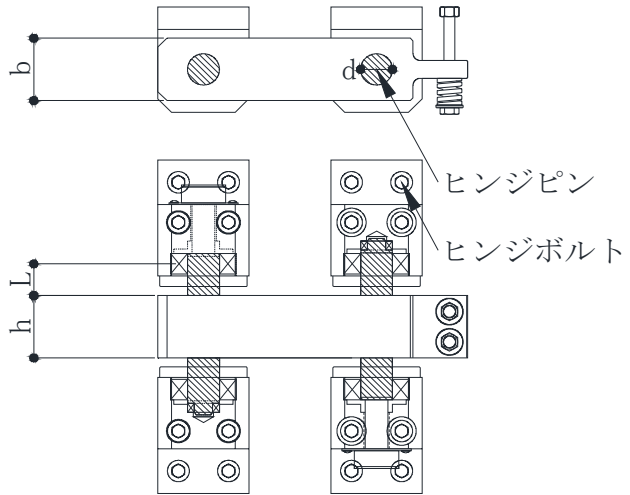


$$A = b \cdot h = 120 \cdot 120 = 14400 \text{ mm}^2$$

ヒンジピン

L	mm	軸支持間距離	10	43.5
---	----	--------	----	------

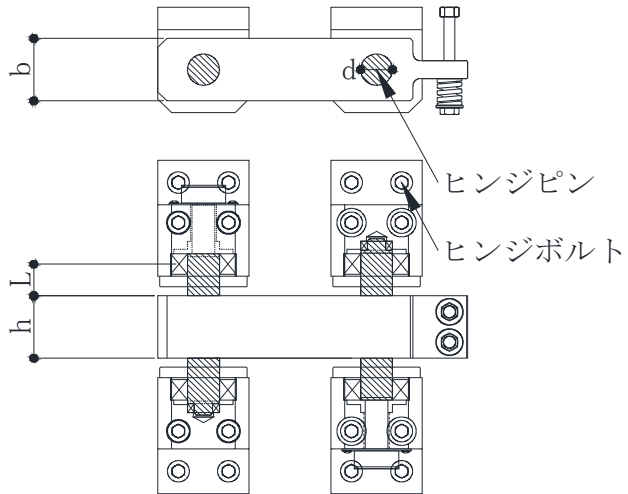
L : ヒンジピンにおいて地震による荷重が作用するヒンジアーム支持部におけるヒンジピン軸支持間の距離



ヒンジピン

Z	mm ³	断面係数	11	41420
---	-----------------	------	----	-------

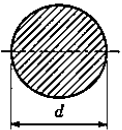
Z : ヒンジピンの断面係数
ヒンジピンの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (75)^3 = 41417.48127$$

$$\Rightarrow 41420 \text{ mm}^3 \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

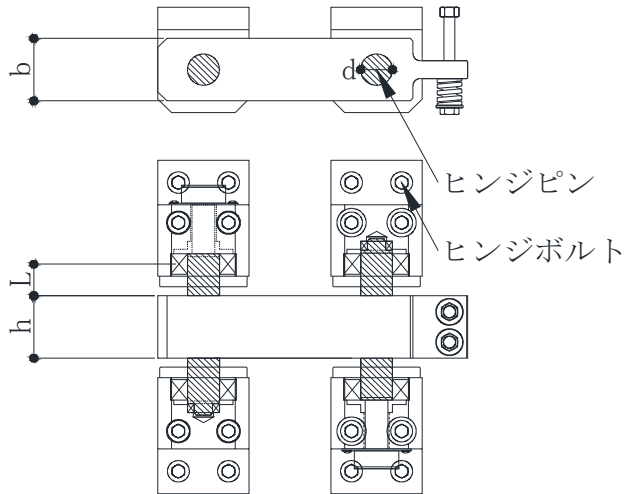


$$d = 75 \text{ mm} \quad : \text{ヒンジピン径}$$

ヒンジピン

A	mm ²	断面積	12	4418
---	-----------------	-----	----	------

A : ヒンジピンの断面積
ヒンジピンの断面積を算定する



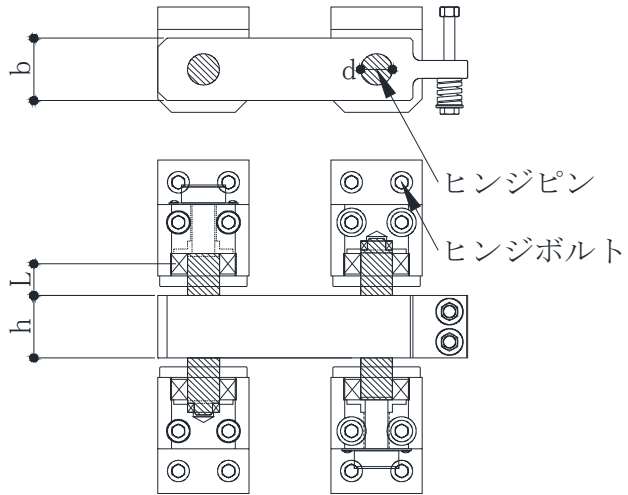
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (75)^2 = 4417.865$$

$$\Rightarrow 4418 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

ヒンジボルト

n	本	本数	13	4
---	---	----	----	---

n : 扉体重量をうけもつヒンジ1か所あたりのヒンジボルト本数



ヒンジボルト

A	mm ²	断面積	14	561
---	-----------------	-----	----	-----

A : ヒンジボルト (M 30) 1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082より)

A = 561 mm²

— B 1082 —

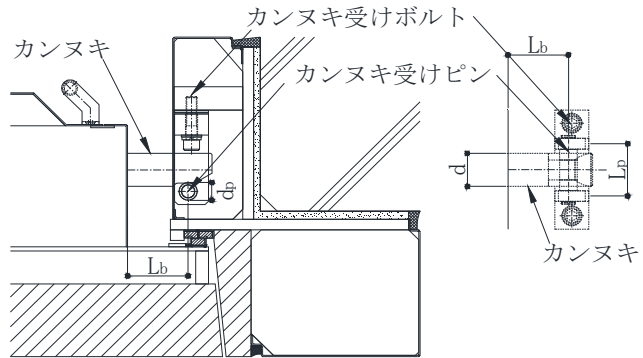
表 1 単位 mm²

メートル並目ねじ			メートル細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 (A _s)	ねじの呼び	有効断面積 (A _s)
M 1	0.25	0.460	M 8×1	39.2
M 1.1	0.25	0.588	M 10×1.25	61.2
M 1.2	0.25	0.732	M 12×1.25	92.1
M 1.4	0.3	0.983	M 14×1.5	125
M 1.6	0.35	1.27	M 16×1.5	167
*M 1.7	0.35	1.48	M 18×1.5	216
M 1.8	0.35	1.70	M 20×1.5	272
M 2	0.4	2.07	M 22×1.5	333
M 2.2	0.45	2.48	M 24×2	384
*M 2.3	0.4	2.91	M 27×2	496
M 2.5	0.45	3.39	M 30×2	621
*M 2.6	0.45	3.73	M 33×2	761
M 3	0.5	5.03	M 36×3	865
M 3.5	0.6	6.78	M 39×3	1 030
M 4	0.7	8.78	M 72×6	3 460
M 4.5	0.75	11.3	M 76×6	3 890
M 5	0.8	14.2	M 80×6	4 340
M 6	1	20.1	M 85×6	4 950
M 7	1	28.9	M 90×6	5 590
M 8	1.25	36.6	M 95×6	6 270
M 9	1.25	48.1	M 100×6	6 990
M 10	1.5	58.0	M 105×6	7 760
M 11	1.5	72.3	M 110×6	8 560
M 12	1.75	84.3	M 115×6	9 390
M 14	2	115	M 120×6	10 300
M 16	2	157	M 125×6	11 200
M 18	2.5	192	M 130×6	12 100
M 20	2.5	245		
M 22	2.5	303		
M 24	3	353		
M 27	3	450		
M 30	3.5	561		
M 33	3.5	694		

カンヌキ

L_b	mm	軸支持間距離	18	106.0
-------	----	--------	-----------	-------

L_b : 地震時カンヌキに作用する軸支持間距離

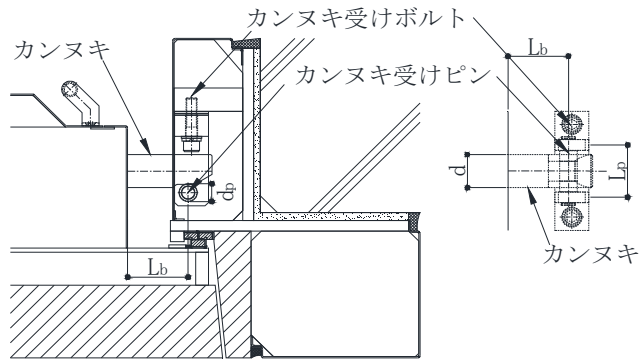


カンヌキ

Z	mm ³	断面係数	19	12270
---	-----------------	------	----	-------

Z : カンヌキの断面係数

カンヌキの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (50)^3 = 12271.8463$$

$$\Rightarrow 12270 \text{ mm}^3 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

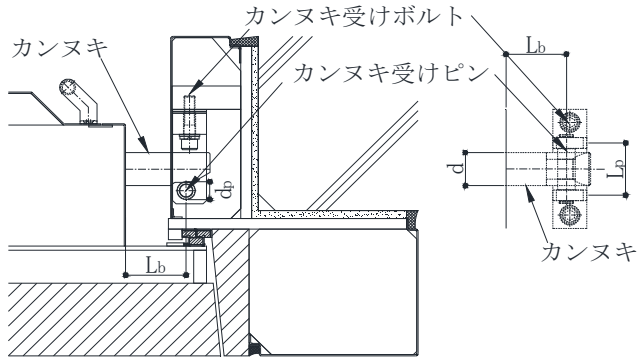
$$d = 50 \text{ mm} : \text{カンヌキ径}$$

カンヌキ

A	mm ²	断面積	20	1963
---	-----------------	-----	----	------

A : カンヌキの断面積

カンヌキの断面積を算定する



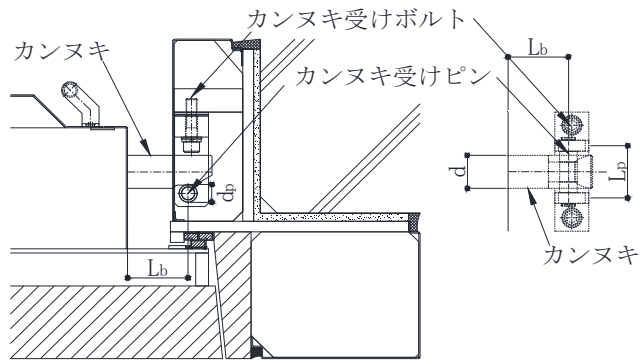
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (50)^2 = 1963.495$$

$$\Rightarrow 1963 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

カンヌキ受けピン

L_p	mm	軸支持間距離	21	79.0
-------	----	--------	----	------

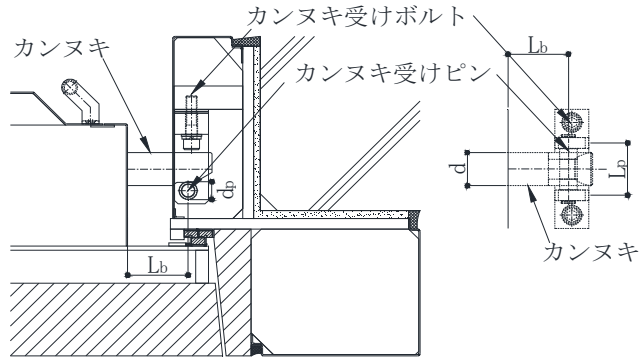
L_p : 地震時カンヌキ受けピンに作用する軸支持間距離



カンヌキ受けピン

Z	mm ³	断面係数	22	785.4
---	-----------------	------	----	-------

Z : カンヌキ受けピンの断面係数
カンヌキ受けピンの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d_p^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (20)^3 = 785.398$$

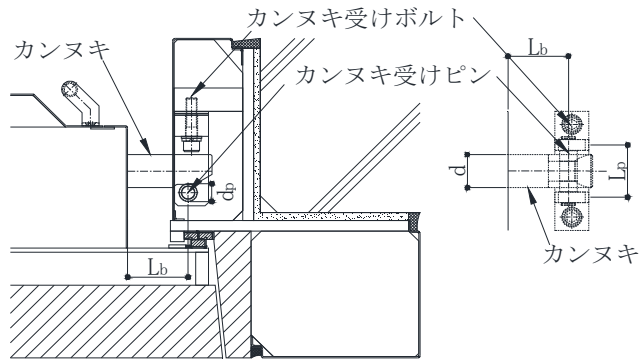
⇒ 785.4 mm³ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$d_p = 20$ mm : カンヌキ受けピン径

カンヌキ受けピン

A	mm ²	断面積	23	314.2
---	-----------------	-----	----	-------

A : カンヌキ受けピンの断面積
 カンヌキ受けピンの断面積を算定する



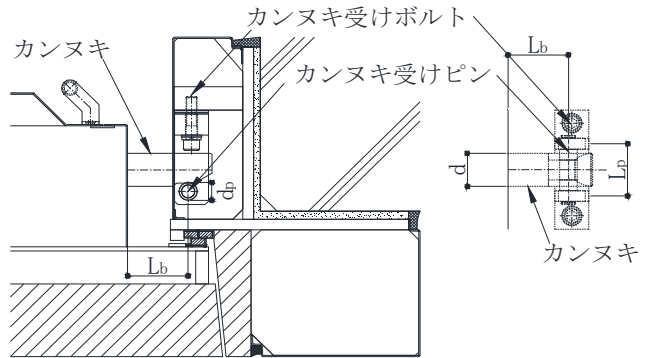
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (20)^2 = 314.159$$

$$\Rightarrow 314.2 \text{ mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

カンヌキ受けボルト

n	本	本数	24	2
---	---	----	----	---

n : カンヌキ受けボルトの本数



カンヌキ受けボルト

A_b	mm ²	1本当たりの断面積	25	157.0
-------	-----------------	-----------	----	-------

A_b : カンヌキ受けボルト (M 16) 1本あたりの断面積
(JIS B 1082より)

$$A_b = 157.0 \text{ mm}^2$$

— B 1082 —

表 1

単位 mm²

メートル並目ねじ			メートル細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 (A_s)	ねじの呼び	有効断面積 (A_s)
M 1	0.25	0.460	M 8×1	39.2
M 1.1	0.25	0.588	M 10×1.25	61.2
M 1.2	0.25	0.732	M 12×1.25	92.1
M 1.4	0.3	0.983	M 14×1.5	125
M 1.6	0.35	1.27	M 16×1.5	167
* M 1.7	0.35	1.48	M 18×1.5	216
M 1.8	0.35	1.70	M 20×1.5	272
M 2	0.4	2.07	M 22×1.5	333
M 2.2	0.45	2.48	M 24×2	384
* M 2.3	0.4	2.91	M 27×2	496
M 2.5	0.45	3.39	M 30×2	621
* M 2.6	0.45	3.73	M 33×2	761
M 3	0.5	5.03	M 36×3	865
M 3.5	0.6	6.78	M 39×3	1 030
M 4	0.7	8.78	M 42×3	1 200
M 4.5	0.75	11.3	M 45×3	1 380
M 5	0.8	14.2	M 48×3	1 560
M 6	1	20.1	M 51×3	1 740
M 7	1	28.9	M 54×3	1 920
M 8	1.25	36.6	M 57×3	2 100
M 9	1.25	48.1	M 60×3	2 280
M 10	1.5	58.0	M 63×3	2 460
M 11	1.5	72.3	M 66×3	2 640
M 12	1.75	84.3	M 69×3	2 820
M 14	2	115	M 72×3	3 000
M 16	2	157	M 75×3	3 180
M 18	2.5	192	M 78×3	3 360
M 20	2.5	245	M 81×3	3 540
M 22	2.5	303	M 84×3	3 720
M 24	3	353	M 87×3	3 900
M 27	3	459	M 90×3	4 080
M 30	3.5	561	M 93×3	4 260
M 33	3.5	694	M 96×3	4 440

2. 発生応力度

ヒンジアーム

発生応力度 (N/mm ²)	
31	123

ヒンジアーム部の発生応力度は添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4評価方法(1)荷重算定a.及び(a)より算定する荷重から

(2)断面検定a. (a)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ、ヒンジアーム、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次'式により算定する水平地震力及び扉体自重反力(鉛直地震力を含む)から、各部材に発生する荷重を算定する。

$$F_H = W_X \cdot K_H \quad \xrightarrow{\text{2より } K_H = 1.13} \quad F_H: \text{扉にかかる水平地震力}$$

$$F_H = W_X \cdot K_H = 58.84 \cdot 1.13 = 66.4892 = 66.49 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$$F_V = W_X \cdot K_V \quad \xrightarrow{\text{2より } K_V = 0.99} \quad F_V: \text{扉にかかる鉛直地震力}$$

$$F_V = W_X \cdot K_V = 58.84 \cdot 0.99 = 58.2516 = 58.25 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j} \quad \xrightarrow{\text{3より } K_V = 0.99} \quad R_r, R_t: \text{ヒンジ部に作用する扉自重による反力}$$

ここで、

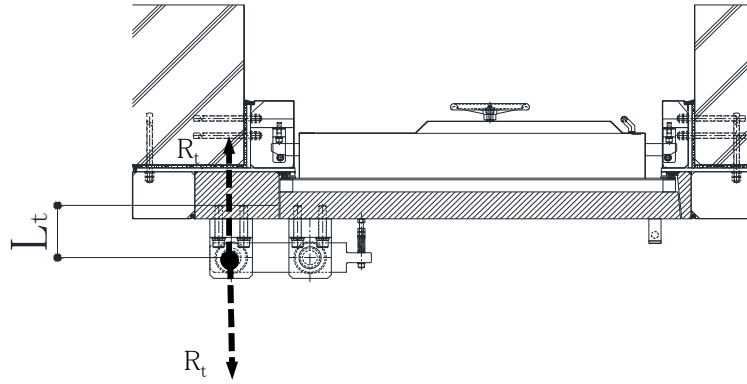
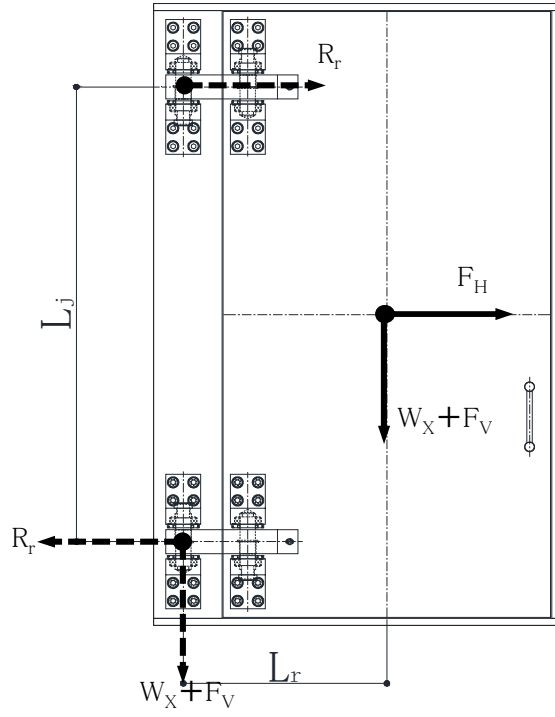
- W_X : 扉体自重 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- F_V : 鉛直地震力 (kN)
- K_H : 水平震度
- K_V : 鉛直震度
- R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)
- R_t : 扉厚方向水平地震力 (kN)
- L_r : 扉体重心(幅方向)～ヒンジ芯距離 (m)
- L_j : ヒンジ間距離 (m)
- L_t : 扉体重心(厚方向)～ヒンジ芯距離 (m)

ここで反力Rは、水平方向に作用する荷重であるが鉛直地震力を考慮することから水平地震力として考慮する場合JEAC 4601で規定された組合係数を用いるところを、ここでは保守的に絶対和法を用いる

$$F_V = W_X \cdot K_V = 58.84 \cdot 0.99 = 58.2516 = 58.25 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j} = (58.84 + 58.25) \cdot \frac{0.930}{2.273} = 47.90748 = 47.91 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j} = (58.84 + 58.25) \cdot \frac{0.245}{2.273} = 12.62079 = 12.62 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$



荷重

(a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる荷重は、次式により算定する。

$$M = (W_x + F_v) \cdot L \longrightarrow M : \text{ヒンジアームに発生する曲げモーメント}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

W_x : 扉体自重 (kN)

F_v : 鉛直地震力

L : 作用点間距離

扉から扉枠へ地震荷重を伝達する部位でヒンジ(扉部)、ヒンジアーム、ヒンジ(扉枠部)において、一番厳しくなる評価部位となるヒンジアームを評価する。ここでは、評価上厳しくなる強軸方向に発生する曲げモーメントに対し保守的に、鉛直方向の荷重を考慮したものから次式のとおり算出する。

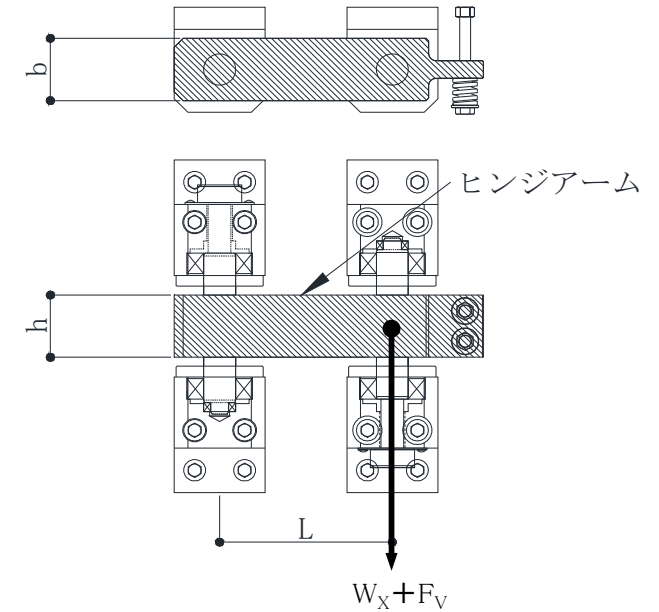
$$\begin{aligned} M &= (W_x + F_v) \cdot L = (58.84 + 58.25) \cdot 0.300 \\ &= 35.127 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ &= 35127 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \\ &= 35130 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

$$Q = W_x + F_v \longrightarrow Q : \text{ヒンジアームに発生するせん断力は、鉛直方向を考慮し次式より算定する。}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

$$\begin{aligned} Q &= W_x + F_v = 58.84 + 58.25 = 117.090 \\ &= 117.1 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$



(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。

なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

応力

a . ヒンジ部

(a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジアームの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{ヒンジアームに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ_x : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : ヒンジアームの断面係数 (mm³)

A : ヒンジアームの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{35130}{288000}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{117.1}{14400}\right)^2} \\ &= 0.122789668 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 122.7897 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 123 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ヒンジピン

発生応力度 (N/mm ²)	
32	47

ヒンジピン部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び(b)より算定する荷重から

(2)断面検定a. (b)の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる荷重は、次式により算定する。

$$M = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} / 2 \cdot L \rightarrow M : \text{ヒンジピンに発生する荷重として、ヒンジアームと扉付ヒンジのラジアルベアリング間を支持間隔とした水平方向荷重がヒンジピンに作用することから、曲げモーメントを次式より求める。}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

R : 扉体自重反力 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

L : 作用点間距離

$$\begin{aligned} M &= \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} / 2 \cdot L = \sqrt{\left(47.91 + \frac{66.49}{2}\right)^2 + (12.62)^2} / 2 \times 43.5 \\ &= 1786.336 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \\ &= 1786 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$

$$Q = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} / 2 \rightarrow Q : \text{上記水平荷重を負担する支持部の反力としてせん断力が発生することから次式より求める}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} / 2 = \sqrt{\left(47.91 + \frac{66.49}{2}\right)^2 + (12.62)^2} / 2 \\ &= 41.06519 \text{ (kN)} \\ &= 41.07 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$

応力

(b) ヒンジピン

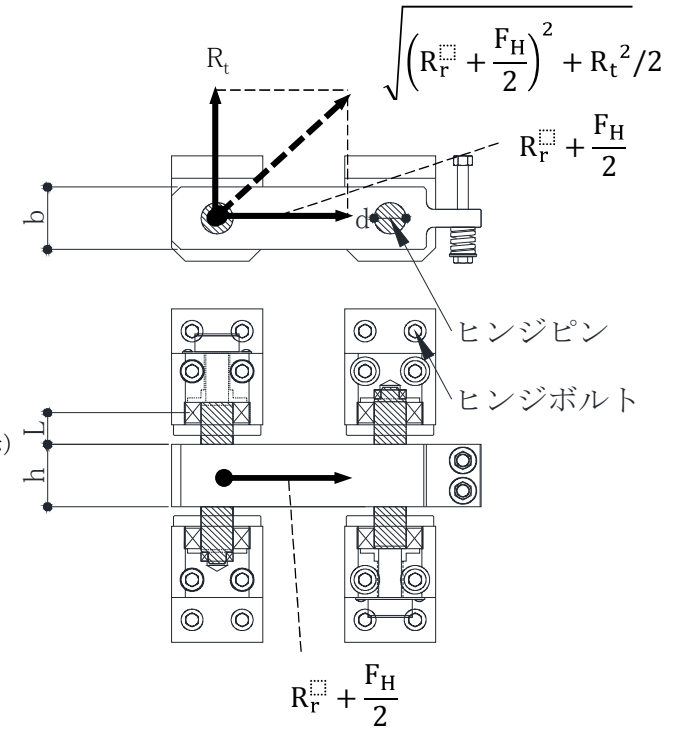
ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{ヒンジピンに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

- σ_x : 組合せ応力度(N/mm²)
- M : 曲げモーメント(kN・m)
- Q : せん断力(kN)
- Z : ヒンジピンの断面係数(mm³)
- A : ヒンジピンの断面積(mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{1786}{41420}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{41.07}{4418}\right)^2} \\ &= 0.046027398 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 47 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$



ヒンジボルト

発生応力度 (N/mm ²)	
33	56

ヒンジボルト部の発生応力度は

添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.(c)より算定する荷重から
 (2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。

$$Q = \sqrt{\left(\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right) / 2\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

Q : ヒンジボルトに発生する荷重は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力として発生することから次式よりとめる。

ここで、

Q : せん断力 (kN)

W_x : 扉体重量 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

F_V : 鉛直地震力 (kN)

R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)

$$Q = \sqrt{\left(\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right) / 2\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\left(47.91 + \frac{66.49}{2}\right) / 2\right)^2 + (58.84 + 58.25)^2}$$

$$= 123.9218 \text{ (kN)}$$

$$= 123.9 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

$$T = R_t + \frac{F_H}{2}$$

T : ヒンジボルトに発生する荷重は水平荷重により引張力として発生することから次式よりとめる。

ここで、

T : 引張力 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

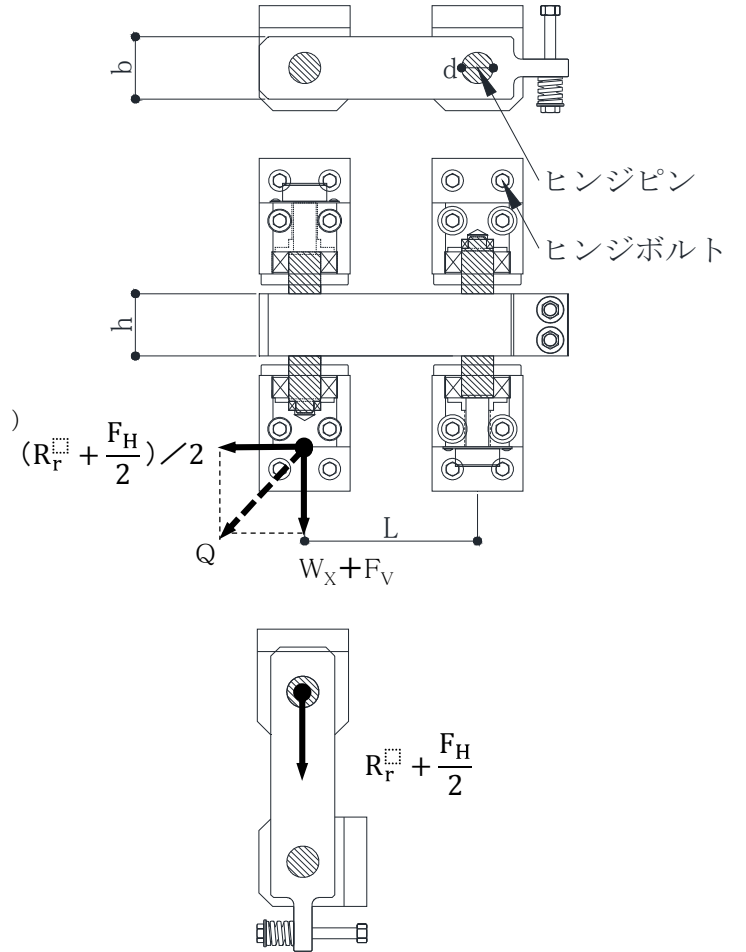
R_t : 扉厚方向水平地震力 (kN)

$$T = R_t + \frac{F_H}{2}$$

$$= 12.62 + \frac{66.49}{2}$$

$$= 45.8650 \text{ (kN)}$$

$$= 45.87 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$



応力

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度、取付ボルトに生じるせん断応力度及び引張応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n \cdot A_b} \longrightarrow \tau : \text{ヒンジボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より}$$

求める。ここでヒンジ部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は13のとおり 4本である

ここで、

τ : せん断応力度 (N/mm²)

Q : せん断力 (kN)

n : ヒンジボルト本数 (本)

A_b : 1本当たりの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n \cdot A_b} = \frac{123.9}{4 \cdot 561} = 0.055214 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 55.2139 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 56 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

$$\sigma_T = \frac{T}{n \cdot A_b} \longrightarrow \sigma_T : \text{ヒンジボルトに発生する引張力は, 扉90}^\circ \text{ 開放時に水平方向}$$

荷重として発生するが, せん断力としては, 180° 開放時の水平, 鉛直荷重が最大となることから, 荷重負担本数が同数であるため, せん断応力度検定にて引張応力度は包絡される。

ここで、

σ_T : 引張応力度 (N/mm²)

T : 引張力 (kN)

カンヌキ

発生応力度(N/mm ²)	
35	97

カンヌキ部の発生応力度は

添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定
b.(a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度
を算定する。

荷重

b. カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成されており、次式により算定する
水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。

$$F_H = W_X \cdot K_H \longrightarrow F_H : \text{カンヌキに発生する荷重は、扉閉鎖時において発生する水平方向荷重が発生する。}$$

ここで、

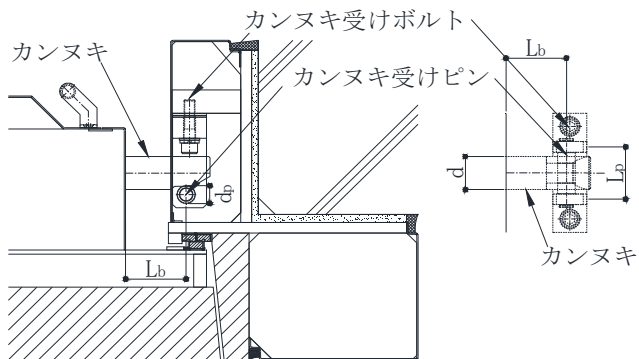
F_H : 水平地震力(kN)

W_X : 扉体自重(kN)

K_H : 水平震度

$$F_H = W_X \cdot K_H = 58.84 \cdot 1.13 = 66.4892$$

$$= 66.49 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示})$$



(a) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b \longrightarrow M : \text{カンヌキ部に発生する水平荷重により、カンヌキ受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。}$$

ここで、

M : 曲げモーメント(kN・mm)

F_H : 水平地震力(kN)

L_b : 作用点間距離(mm)

n : カンヌキ本数(本)

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はカンヌキの6か所で負担する。

$$\begin{aligned} M &= \frac{F_H}{n} \cdot L_b = \frac{66.49}{6} \cdot 106.0 = 1174.657 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \\ &= 1175 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$

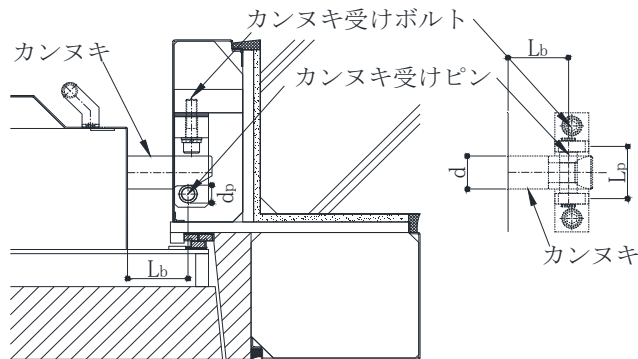
$$Q = \frac{F_H}{n}$$

ここで、

Q : せん断力(kN)

Q : カンヌキ部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

$$\begin{aligned} Q &= \frac{F_H}{n} = \frac{66.49}{6} = 11.08167 \text{ (kN)} \\ &= 11.08 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$



応力

- b. カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定
 カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定
 し、カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{カンヌキに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ_x : 組合せ応力度(N/mm²)

M : 曲げモーメント(kN・mm)

Q : せん断力(kN)

Z : カンヌキの断面係数(mm³)

A : カンヌキの断面積(mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{1175}{12270}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{11.08}{1963}\right)^2} \\ &= 0.09625977 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 96.25977 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 97 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

カンヌキ受けピン

発生応力度(N/mm ²)	
36	279

カンヌキ部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定
b.(a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度
を算定する。

荷重

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる応力は、次式により算定する。

$$M = \frac{F_H \cdot L_P}{4 \cdot n}$$

M : カンヌキ部に発生する水平荷重により、カンヌキ受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はカンヌキ受けピン6か所で負担する。

$$M = \frac{F_H \cdot L_P}{4 \cdot n} = \frac{66.49}{4 \cdot 6} \times 79.0 = 218.8629 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 218.9 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

- M : 曲げモーメント(kN・mm)
- F_H : 水平地震力(kN)
- L_P : 作用点間距離(mm)
- n : カンヌキ受けピン数(本)

$$Q = \frac{F_H}{n}$$

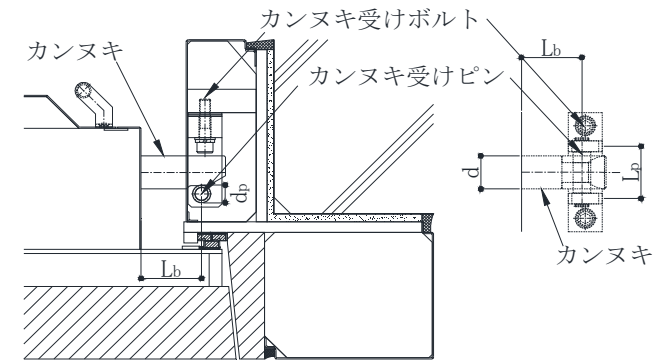
Q : カンヌキ部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{66.49}{6} = 11.08167 \text{ (kN)}$$

$$= 11.08 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

- Q : せん断力(kN)
- F_H : 水平地震力(kN)
- n : カンヌキ受けピン数(本)



応力

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度が
カンヌキ受けピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z} \longrightarrow \sigma : \text{カンヌキ受けピンに曲げモーメントが作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Z : カンヌキ受けピンの断面係数 (mm³)

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z} = \frac{218.9}{785.4} = 0.2787115 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 278.7115 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 279 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ここで、

M : 曲げモーメント 218.9 (kN・m)

Z : カンヌキ受けピンの断面係数 785.4 (mm³)

$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot A} \longrightarrow \tau : \text{カンヌキ受けピンにせん断力が発生する場合の応力度}$$

ここで、

τ : せん断応力度 (N/mm²)

Q : せん断力 (kN)

A : カンヌキ受けピンの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{2 \cdot A} = \frac{11.08}{2 \times 314.2} = 0.017632 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 17.632 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 18 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ここで、

Q : せん断力 11.08 (kN)

A : カンヌキ受けピンの断面積 314.2 (mm²)

上記より

$$279 > 18$$

曲げモーメントが厳しくなる。

カンヌキ受けボルト

発生応力度(N/mm ²)	
37	36

カンヌキ受けボルト部の発生応力度は
 添付資料○「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定
 b.(b)より算定する荷重から(2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(b) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる荷重は、次式により算定する。

$$T = \frac{F_H}{n}$$

T : カンヌキ部に発生する水平荷重がカンヌキ受けボルトに引張力として作用することから次式より求める

ここで、

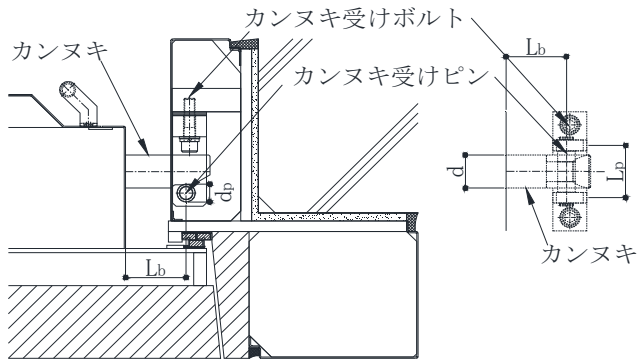
T : 引張力(kN)

F_H : 水平地震力(kN)

n : カンヌキの数(本)

$$T = \frac{F_H}{n} = \frac{66.49}{6} = 11.08167 \text{ (kN)}$$

$$= 11.08 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$



応力

(b) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる引張応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_T = \frac{T}{n \cdot A_b} \longrightarrow \sigma_T : \text{カンヌキ受けボルトに発生する引張力による引張応力度を次式より}$$

求める。ここでカンヌキ部1か所における引張り力負担ボルト本数は 2 本である。

ここで、

σ_T : 引張応力度 (N/mm²)

T : 引張力 (kN)

n : カンヌキ受けボルト本数 (本)

A_b : M16 1本当たりの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{T}{n \cdot A_b} = \frac{11.08}{2 \cdot 157.0} = 0.0352866 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 35.2866 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 36 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

2. 許容限界値

ヒンジアーム

許容限界値(N/mm ²)	
41	205

ヒンジアームの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質:SS400
- ・板厚:120mm(長辺方向寸法)

ヒンジアームの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101」(2015年版)より

降伏点 205 N/mm², 引張強さ 400 N/mm²(保守的下限值)から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(205, 400 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、 205 (N/mm²)

表3-機械的性質

種類の 記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	伸び			曲げ性		
	厚さ ^{a)} mm					試験片	%	曲げ 角度	内側半径	試験 片 ^{a)}	
	16以下	16を超え 40以下	40を超え 100以下	100を超 えるもの							
SS330	205以上	195以上	175以上	165以上	330~430	鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5以下	5号	26以上	180°	厚さの 0.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	21以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	26以上			
						鋼板, 平鋼の厚さ40を超えるもの	4号	28以上 ^{b)}			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	25以上			
棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	28以上									
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5以下	5号	21以上	180°	厚さの 1.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	17以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	21以上			
						鋼板, 平鋼, 形鋼の厚さ40を超えるもの	4号	23以上 ^{b)}			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	20以上			
棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	22以上									

ヒンジピン

許容限界値(N/mm ²)		
42	686	曲げ

ヒンジピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM440

ヒンジピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 835 N/mm², 引張強さ 980 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(835, 980 \times 0.7) = 686 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、686 (N/mm²)

表2 (続き)

種類の記号	熱処理℃		引張試験(4号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 (水冷)又は925 保持後850~900 油冷	150~200 空冷	—	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後850 ~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830~880油冷	520~620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830~880油冷	520~620 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCr 440	830~880油冷	520~620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830~880油冷	520~620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上

SCM 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830~880油冷	530~630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830~880油冷	530~630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830~880油冷	530~630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830~880油冷	530~630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルト

許容限界値(N/mm ²)				
43	375	せん断	651	引張

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM435

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 785 N/mm², 引張強さ 930 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値

$$F = \text{MIN}(785, 930 \times 0.7) = 651 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

「鋼構造設計基準 -許容応力度設計法-」より、

f_s: 許容せん断応力度, F: 基準値(弾性設計のため, 降伏点)

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}} = \frac{651}{\sqrt{3}} = 375.855 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

⇒ 375 (N/mm²) (小数点第一位以下切捨て整数表示)

$$F_s = 375 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表2 (続き)

種類の記号	熱処理℃		引張試験(4号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850-900油冷 2次800-850油冷 (水冷)又は925 保持後850-900 油冷	150-200 空冷	-	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後850 -900油冷	150-200 空冷	-	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830-880油冷	520-620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830-880油冷	520-620 急冷	735以上	880以上	15以上	50以上
SCr 440	830-880油冷	520-620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830-880油冷	520-620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上

SCM 415	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830-880油冷	530-630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830-880油冷	530-630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830-880油冷	530-630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830-880油冷	530-630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

カンヌキ

許容限界値(N/mm ²)		
44	205	曲げ

カンヌキの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SUS304

カンヌキの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303」P1213より

降伏点 205 N/mm², 引張強さ 520 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表 7 オーステナイト系の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り(%) %	硬さ(°)		
					HBW	HRBS 又は HRBW	HV
SUS 201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下
SUS 202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下
SUS 304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下

カンヌキ受けピン

許容限界値(N/mm ²)		
45	686	曲げ

カンヌキ受けピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM440

カンヌキ受けピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 835 N/mm², 引張強さ 980 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(835, 980 \times 0.7) = 686 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、686 (N/mm²)

表2 (続き)

種類の記号	熱処理℃		引張試験(4号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 (水冷)又は925 保持後850~900 油冷	150~200 空冷	—	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後850 ~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830~880油冷	520~620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830~880油冷	520~620 急冷	735以上	880以上	15以上	50以上
SCr 440	830~880油冷	520~620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830~880油冷	520~620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上
SCM 415	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850~900油冷 2次800~850油冷 又は925保持後 850~900油冷	150~200 空冷	—	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830~880油冷	530~630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830~880油冷	530~630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830~880油冷	530~630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830~880油冷	530~630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

3. 発生応力度

ヒンジアーム

発生応力度/ 許容限界値	
51	0.60

ヒンジアームの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 31 41

から

$$123 / 205 = 0.6$$

$$\Rightarrow 0.6 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

ヒンジピン

発生応力度/ 許容限界値	
52	0.07

ヒンジピンの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 32 42 から

$$47 / 686 = 0.068513$$

$$\Rightarrow 0.07 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

ヒンジボルト

発生応力度/ 許容限界値	
53	0.15

ヒンジボルトの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 33 43 から

$$56 / 375 = 0.149333$$

$$\Rightarrow 0.15 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

カンヌキ

発生応力度/ 許容限界値	
55	0.48

カンヌキの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 35 44 から

$$97 / 205 = 0.473171$$

$$\Rightarrow 0.48 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

カンヌキ受けピン

発生応力度/ 許容限界値	
56	0.41

カンヌキ受けピンの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 36 45 から

$$279 / 686 = 0.406706$$

$$\Rightarrow 0.41 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

カンヌキ受けボルト

発生応力度/ 許容限界値	
57	0.06

カンヌキ受けボルトの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 37 43 から

$$36 / 651 = 0.0553$$

$$\Rightarrow 0.06 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

■ 耐震計算（原子炉建屋付属棟西側水密扉No.23）【A'タイプ】

1. 耐震評価に用いる条件(原子炉建屋水密扉)

地震係数		扉枠	ヒンジ		カンヌキ受け	
水平	鉛直	取付箇所	取付箇所	アンカー	取付箇所	アンカー
1.13	0.99	躯体開口内	扉枠	有	扉枠	有
		壁面	取付板	有	取付板	有

共通

W_x	kN	扉体自重	I	10.30
-------	----	------	-----	-------

凡例:

 は入力値

--

 は計算値

W_x : 扉体自重

自重の内訳は次の通り

・ 扉本体(カンヌキ装置, ヒンジ含む)	1050	kg	10.30	kN	(小数点第三位切り上げ、小数点第二位表示)
・ 枠本体(耐震計算では含めない)	450	kg	4.42	kN	(小数点第三位切り上げ、小数点第二位表示)
合計(耐震計算では枠本体の自重は含めない)	1050	kg	10.30	kN	

注) 補足資料の数値計算説明書においては扉体自重に枠本体自重を含める

共通

$K_H \cdot K_V$	—	震度(水平1.0)	2	1.13
		震度(鉛直1.0)	3	0.99

K_H : 水平方向設計震度

K_V : 鉛直方向設計震度

原子炉建屋地震応答解析結果より最大応答加速度から設計震度を求める。なお、加速度を保守的に評価するため、設置位置EL. -8.2 mの部質点となるEL. +14.0 mの最大応答加速度より求める。

水平方向最大応答加速度 1.13

$K_H = 1.13$

⇒ 1.13 (小数点第三位切り上げ、小数点第二位表示)

鉛直方向最大応答加速度 0.99

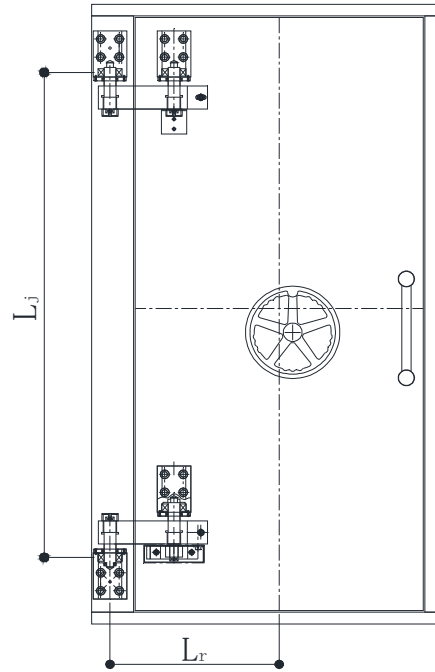
$K_V = 0.99$

⇒ 0.99 (小数点第三位切り上げ、小数点第二位表示)

ヒンジ部共通

L_r	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離	4	0.5775
-------	---	--------------	---	--------

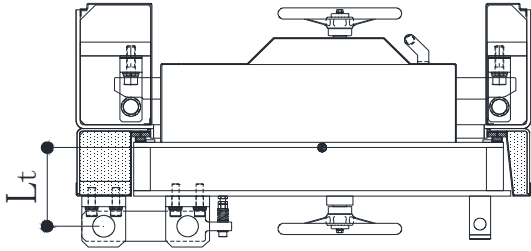
L_r : 枠付きヒンジ芯から扉幅方向の重心までの距離



ヒンジ部共通

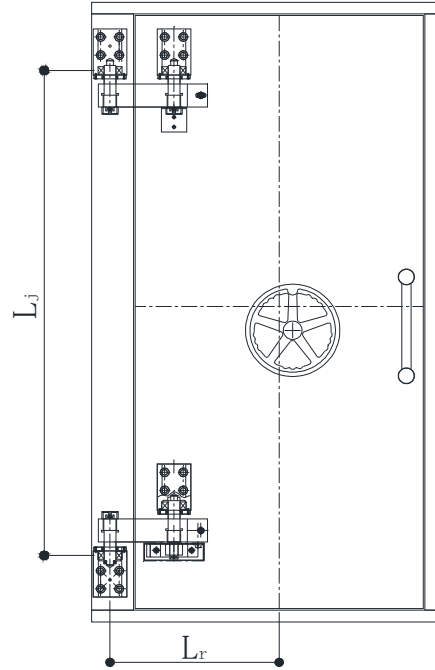
L_t	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離	5	0.182
-------	---	--------------	---	-------

L_t : 枠付きヒンジ芯から扉厚さ方向の重心までの距離



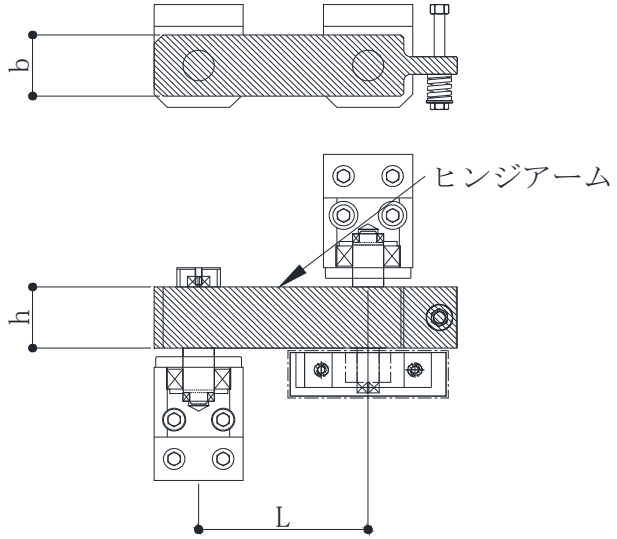
ヒンジ部共通

L_j	m	ヒンジ間距離	6	1.607
-------	---	--------	----------	-------



ヒンジアーム

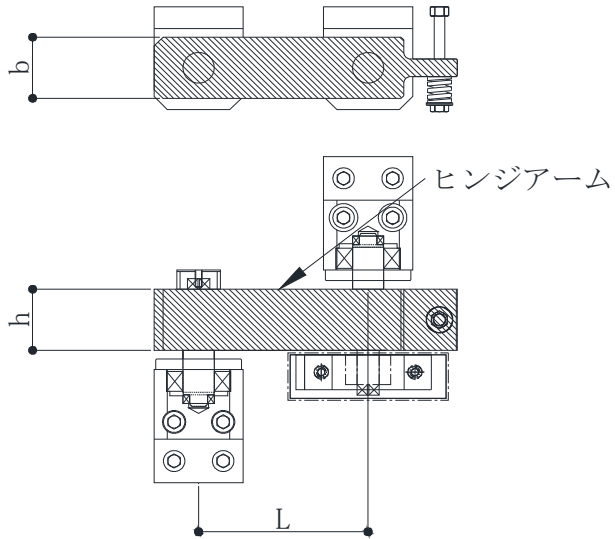
L	m	作用点間距離	7	0.190
---	---	--------	---	-------



ヒンジアーム

Z	mm ³	断面係数	8	57170
---	-----------------	------	---	-------

Z : ヒンジアームの断面係数
ヒンジアームの断面係数を算定する

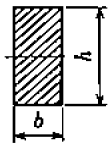


(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 70 \cdot (70)^2 = 57166.67$$

$$\Rightarrow 57170 \text{ mm}^3$$

(有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)

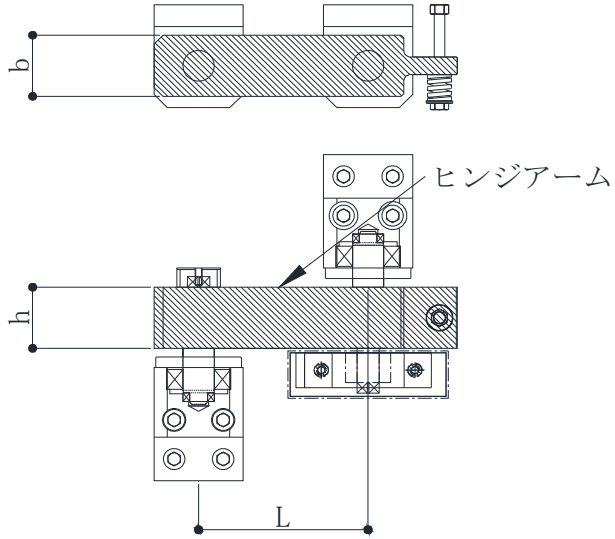


b = 70 mm : ヒンジアーム厚み寸法
h = 70 mm : ヒンジアーム高さ寸法

ヒンジアーム

A	mm ²	断面積	9	4900
---	-----------------	-----	---	------

A : ヒンジアームの断面積
ヒンジアームの断面積を算定する

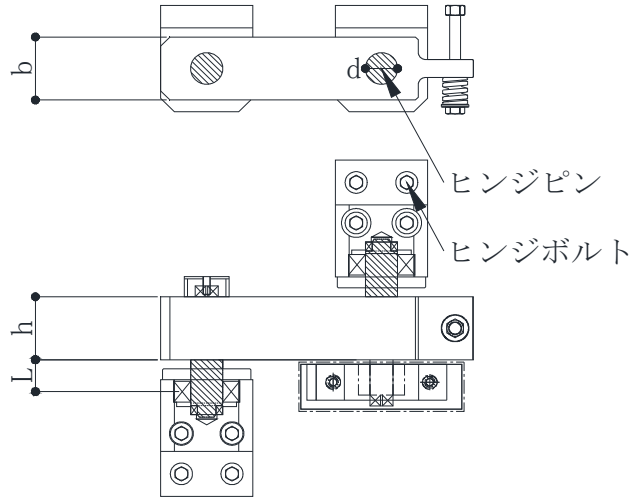


$$A = b \cdot h = 70 \cdot 70 = 4900 \text{ mm}^2 \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

ヒンジピン

L	mm	軸支持間距離	10	40.5
---	----	--------	----	------

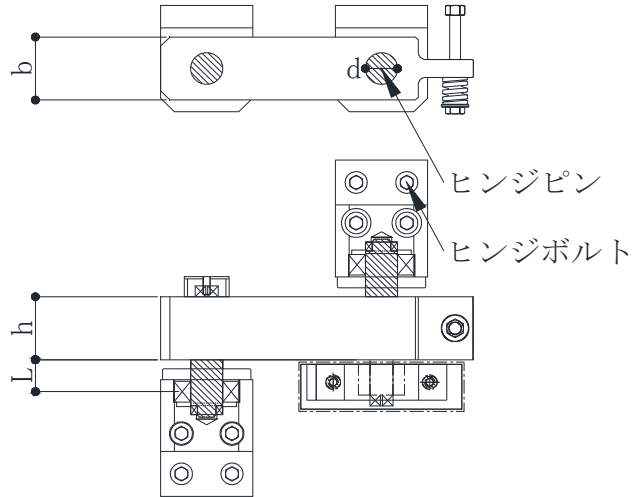
L : ヒンジピンにおいて地震による荷重が作用するヒンジアーム支持部におけるヒンジピン軸支持間の距離



ヒンジピン

Z	mm ³	断面係数	11	4209
---	-----------------	------	----	------

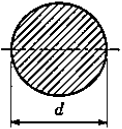
Z : ヒンジピンの断面係数
ヒンジピンの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (35)^3 = 4209.243282$$

$$\Rightarrow 4209 \text{ mm}^3 \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

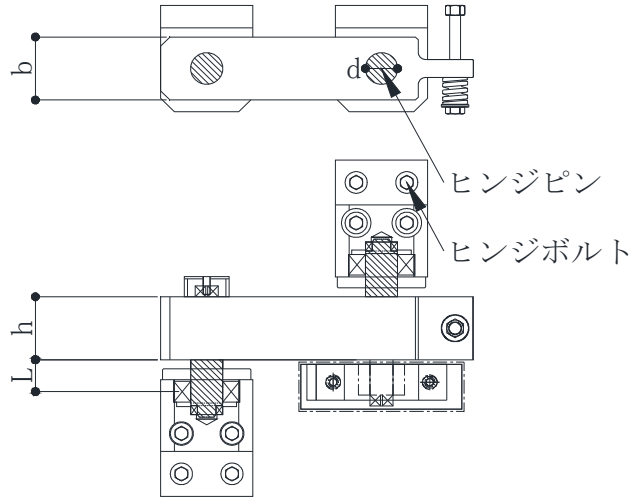


d = 35 mm : ヒンジピン径

ヒンジピン

A	mm ²	断面積	12	962.1
---	-----------------	-----	----	-------

A : ヒンジピンの断面積
ヒンジピンの断面積を算定する



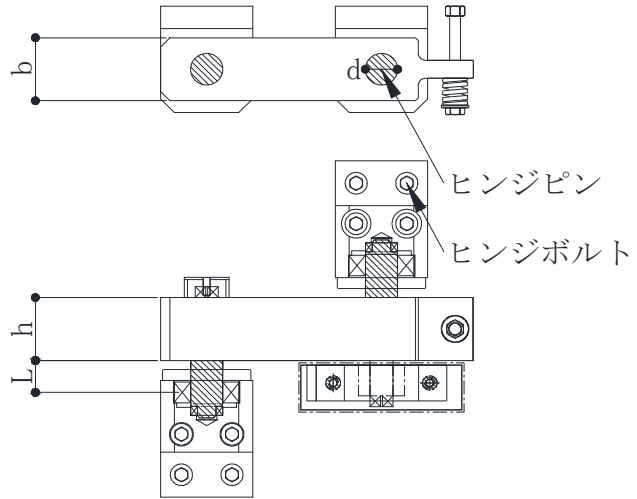
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (35)^2 = 962.113$$

$$\Rightarrow 962.1 \text{ mm}^2 \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

ヒンジボルト

n	本	本数	13	4
---	---	----	----	---

n : 扉体重量をうけもつヒンジ1か所あたりのヒンジボルト本数



ヒンジボルト

A	mm ²	断面積	14	157
---	-----------------	-----	----	-----

A : ヒンジボルト (M 16) 1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082より)

A = 157 mm²

— B 1082 —

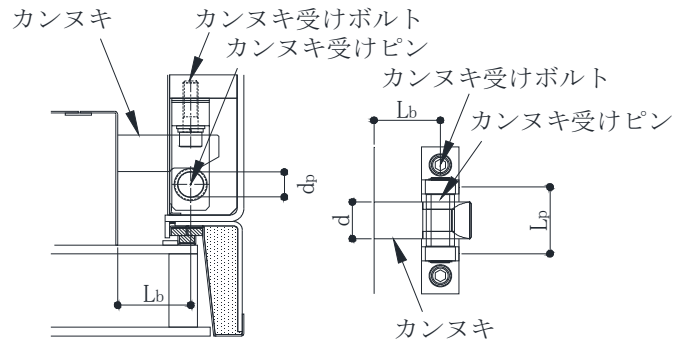
表 1 単位 mm²

メートル並目ねじ			メートル細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 (A _s)	ねじの呼び	有効断面積 (A _s)
M 1	0.25	0.460	M 8×1	39.2
M 1.1	0.25	0.588	M 10×1.25	61.2
M 1.2	0.25	0.732	M 12×1.25	92.1
M 1.4	0.3	0.983	M 14×1.5	125
M 1.6	0.35	1.27	M 16×1.5	167
*M 1.7	0.35	1.48	M 18×1.5	216
M 1.8	0.35	1.70	M 20×1.5	272
M 2	0.4	2.07	M 22×1.5	333
M 2.2	0.45	2.48	M 24×2	384
*M 2.3	0.4	2.91	M 27×2	496
M 2.5	0.45	3.39	M 30×2	621
*M 2.6	0.45	3.73	M 33×2	761
M 3	0.5	5.03	M 36×3	865
M 3.5	0.6	6.78	M 39×3	1 030
M 4	0.7	8.78	M 72×6	3 460
M 4.5	0.75	11.3	M 76×6	3 890
M 5	0.8	14.2	M 80×6	4 340
M 6	1	20.1	M 85×6	4 950
M 7	1	28.9	M 90×6	5 590
M 8	1.25	36.6	M 95×6	6 270
M 9	1.25	48.1	M 100×6	6 990
M 10	1.5	58.0	M 105×6	7 760
M 11	1.5	72.3	M 110×6	8 560
M 12	1.75	84.3	M 115×6	9 390
M 14	2	115	M 120×6	10 300
M 16	2	157	M 125×6	11 200
M 18	2.5	192	M 130×6	12 100
M 20	2.5	245		
M 22	2.5	303		
M 24	3	353		
M 27	3	459		
M 30	3.5	561		
M 33	3.5	694		

カンヌキ

L_b	mm	軸支持間距離	18	95.0
-------	----	--------	-----------	------

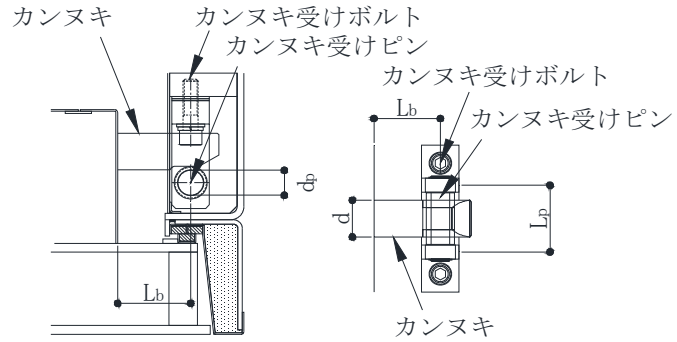
L_b : 地震時カンヌキに作用する軸支持間距離



カンヌキ

Z	mm ³	断面係数	19	12270
---	-----------------	------	----	-------

Z : カンヌキの断面係数
カンヌキの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (50)^3 = 12271.8463$$

$$\Rightarrow 12270 \text{ mm}^3 \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

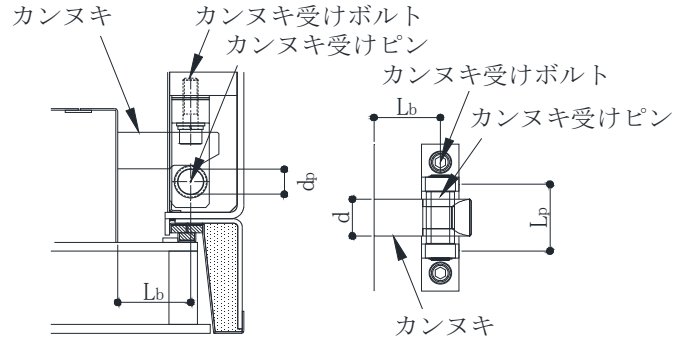
d = 50 mm : カンヌキ径

カンヌキ

A	mm ²	断面積	20	1963
---	-----------------	-----	----	------

A : カンヌキの断面積

カンヌキの断面積を算定する



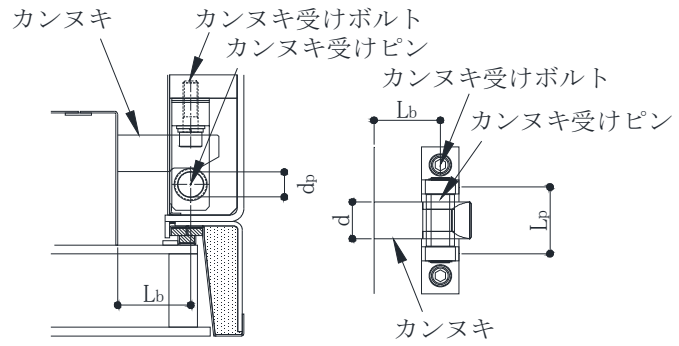
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (50)^2 = 1963.495$$

$$\Rightarrow 1963 \text{ mm}^2 \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

カンヌキ受けピン

L_p	mm	軸支持間距離	21	90.0
-------	----	--------	----	------

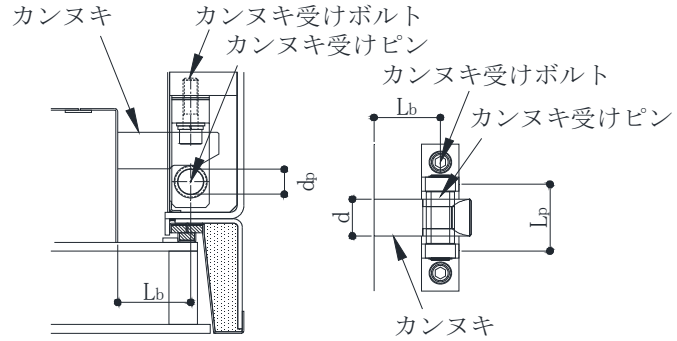
L_p : 地震時カンヌキ受けピンに作用する軸支持間距離



カンヌキ受けピン

Z	mm ³	断面係数	22	785.4
---	-----------------	------	----	-------

Z : カンヌキ受けピンの断面係数
カンヌキ受けピンの断面係数を算定する



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot d_p^3 = \frac{\pi}{32} \cdot (20)^3 = 785.398$$

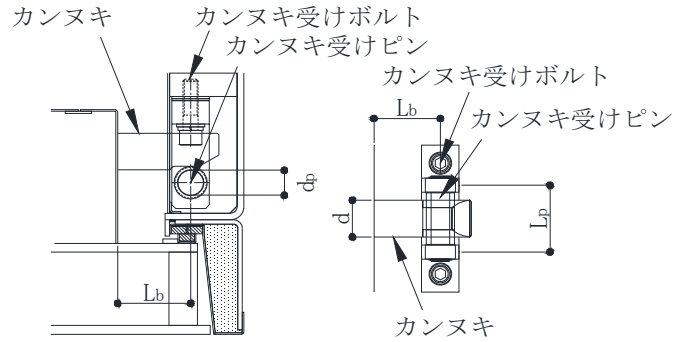
⇒ 785.4 mm³ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)

$d_p = 20$ mm : カンヌキ受けピン径

カンヌキ受けピン

A	mm ²	断面積	23	314.2
---	-----------------	-----	----	-------

A : カンヌキ受けピンの断面積
カンヌキ受けピンの断面積を算定する



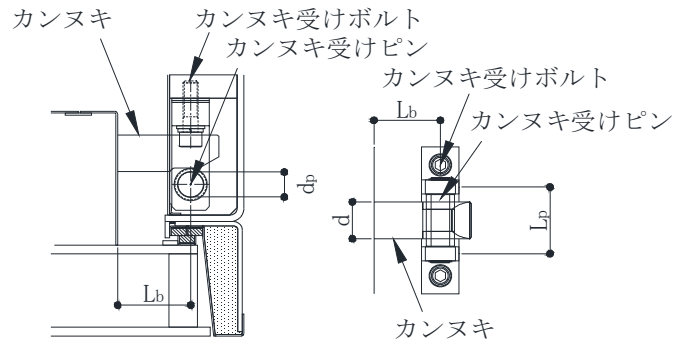
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (20)^2 = 314.159$$

$$\Rightarrow 314.2 \text{ mm}^2 \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

カンヌキ受けボルト

n	本	本数	24	2
---	---	----	----	---

n : カンヌキ受けボルトの本数



カンヌキ受けボルト

A_b	mm ²	1本当たりの断面積	25	157
-------	-----------------	-----------	----	-----

A_b : カンヌキ受けボルト (M 16) 1本あたりの断面積
(JIS B 1082より)

$A_b = 157 \text{ mm}^2$

— B 1082 —

表 1 単位 mm²

メートル並目ねじ			メートル細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 (A_s)	ねじの呼び	有効断面積 (A_s)
M 1	0.25	0.460	M 8×1	39.2
M 1.1	0.25	0.588	M 10×1.25	61.2
M 1.2	0.25	0.732	M 12×1.25	92.1
M 1.4	0.3	0.983	M 14×1.5	125
M 1.6	0.35	1.27	M 16×1.5	167
* M 1.7	0.35	1.48	M 18×1.5	216
M 1.8	0.35	1.70	M 20×1.5	272
M 2	0.4	2.07	M 22×1.5	333
M 2.2	0.45	2.48	M 24×2	384
* M 2.3	0.4	2.91	M 27×2	496
M 2.5	0.45	3.39	M 30×2	621
* M 2.6	0.45	3.73	M 33×2	761
M 3	0.5	5.03	M 36×3	865
M 3.5	0.6	6.78	M 39×3	1 030
M 4	0.7	8.78	M 42×3	1 200
M 4.5	0.75	11.3	M 45×3	1 380
M 5	0.8	14.2	M 48×3	1 560
M 6	1	20.1	M 51×3	1 740
M 7	1	28.9	M 54×3	1 920
M 8	1.25	36.6	M 57×3	2 100
M 9	1.25	48.1	M 60×3	2 280
M 10	1.5	58.0	M 63×3	2 460
M 11	1.5	72.3	M 66×3	2 640
M 12	1.75	84.3	M 69×3	2 820
M 14	2	115	M 72×3	3 000
M 16	2	157	M 75×3	3 180
M 18	2.5	192	M 78×3	3 360
M 20	2.5	245	M 81×3	3 540
M 22	2.5	303	M 84×3	3 720
M 24	3	353	M 87×3	3 900
M 27	3	459	M 90×3	4 080
M 30	3.5	561	M 93×3	4 260
M 33	3.5	694	M 96×3	4 440

2. 発生応力度

ヒンジアーム

発生応力度 (N/mm ²)	
31	69

ヒンジアーム部の発生応力度は添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4評価方法(1)荷重算定a.及び(a)より算定する荷重から

(2)断面検定a. (a)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ、ヒンジアーム、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次'式により算定する水平地震力及び扉体自重反力(鉛直地震力を含む)から、各部材に発生する荷重を算定する。

$$F_H = W_X \cdot K_H \quad \xrightarrow{\text{2より } K_H = 1.13} \quad F_H: \text{扉にかかる水平地震力}$$

$$F_H = W_X \cdot K_H = 10.30 \cdot 1.13 = 11.639 = 11.64 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

$$F_V = W_X \cdot K_V \quad \xrightarrow{\text{2より } K_V = 0.99} \quad F_V: \text{扉にかかる鉛直地震力}$$

$$F_V = W_X \cdot K_V = 10.30 \cdot 0.99 = 10.197 = 10.20 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j}$$

$$\xrightarrow{\text{3より } K_V = 0.99} \quad R_r, R_t: \text{ヒンジ部に作用する扉自重による反力}$$

ここで、

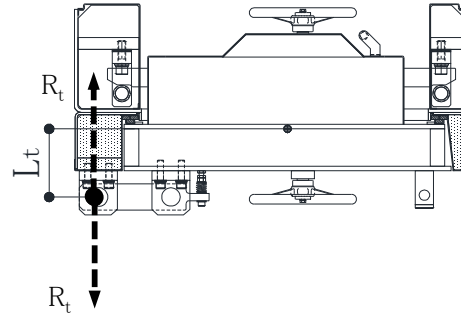
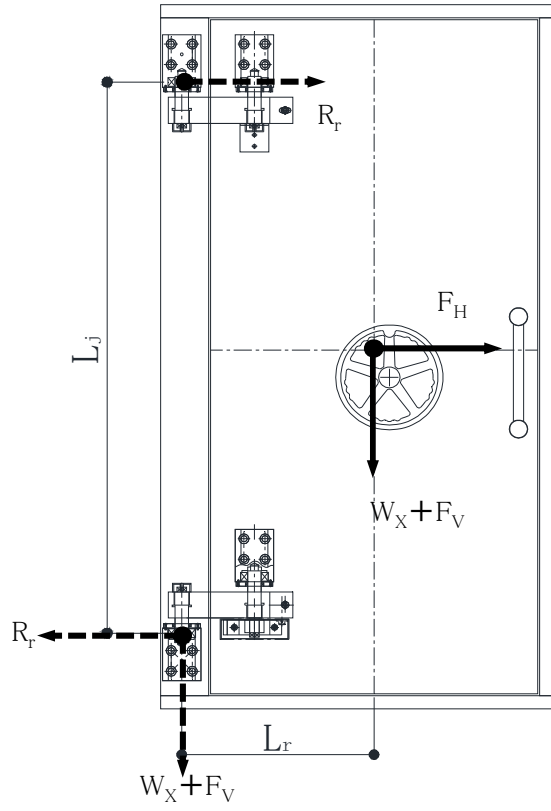
- W_X : 扉体自重 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- F_V : 鉛直地震力 (kN)
- K_H : 水平震度
- K_V : 鉛直震度
- R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)
- R_t : 扉厚方向水平地震力 (kN)
- L_r : 扉体重心(幅方向)～ヒンジ芯距離 (m)
- L_j : ヒンジ間距離 (m)
- L_t : 扉体重心(厚方向)～ヒンジ芯距離 (m)

ここで反力Rは、水平方向に作用する荷重であるが鉛直地震力を考慮することから水平地震力として考慮する場合JEAC 4601で規定された組合係数を用いるところを、ここでは保守的に絶対和法を用いる

$$F_V = W_X \cdot K_V = 10.30 \cdot 0.99 = 10.197 = 10.2 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j} = (10.30 + 10.2) \cdot \frac{0.5775}{1.607} = 7.366988 = 7.367 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j} = (10.30 + 10.2) \cdot \frac{0.182}{1.607} = 2.321717 = 2.322 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$



荷重

(a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる荷重は、次式により算定する。

$$M = (W_x + F_v) \cdot L \longrightarrow M : \text{ヒンジアームに発生する曲げモーメント}$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (kN・m)
- W_x : 扉体自重 (kN)
- F_v : 鉛直地震力
- L : 作用点間距離

扉から扉枠へ地震荷重を伝達する部位でヒンジ(扉部), ヒンジアーム, ヒンジ(扉枠部)において, 一番厳しくなる評価部位となるヒンジアームを評価する。ここでは, 評価上厳しくなる強軸方向に発生する曲げモーメントに対し保守的に, 鉛直方向の荷重を考慮したものから次式のとおり算出する。

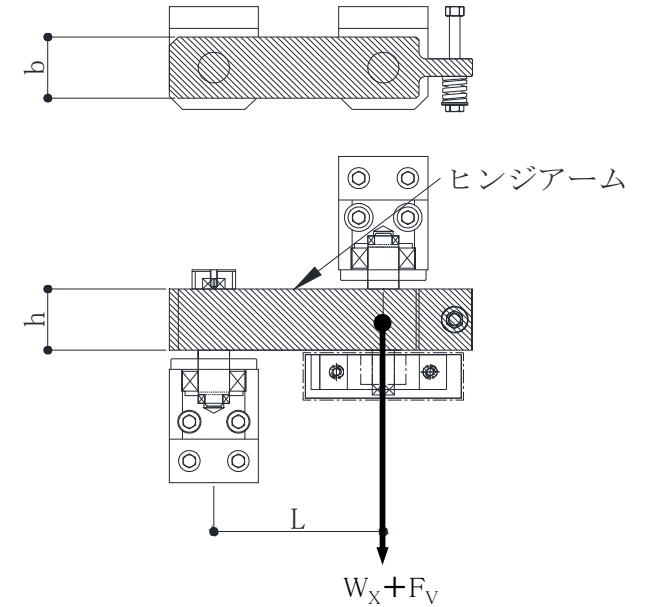
$$\begin{aligned} M &= (W_x + F_v) \cdot L = (10.30 + 10.20) \cdot 0.190 \\ &= 3.895 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \\ &= 3895 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \\ &= 3895 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

$$Q = W_x + F_v \longrightarrow Q : \text{ヒンジアームに発生するせん断力は、鉛直方向を考慮し次式より算定する。}$$

ここで、

- Q : せん断力 (kN)

$$\begin{aligned} Q &= W_x + F_v = 10.30 + 10.2 = 20.500 \\ &= 20.50 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$



(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。

なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

応力

a . ヒンジ部

(a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジアームの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{ヒンジアームに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ_x : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : ヒンジアームの断面係数 (mm³)

A : ヒンジアームの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{3895}{57170}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{20.50}{4900}\right)^2} \\ &= 0.068514415 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 68.51442 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 69 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

ヒンジピン

発生応力度 (N/mm ²)	
32	132

ヒンジピン部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び(b)より算定する荷重から

(2)断面検定a. (b)の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる荷重は、次式により算定する。

$$M = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} \cdot L \rightarrow M : \text{ヒンジピンに発生する荷重として、ヒンジアームと枠付ヒンジのラジアルベアリング間を支持間隔とした水平方向荷重がヒンジピンに作用することから、曲げモーメントを次式より求める。}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

R : 扉体自重反力 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

L : 作用点間距離

$$\begin{aligned} M &= \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} \cdot L = \sqrt{\left(7.367 + \frac{11.64}{2}\right)^2 + (2.322)^2} \times 40.5 \\ &= 542.2898 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \\ &= 542.3 \text{ (kN}\cdot\text{mm)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$

$$Q = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} \rightarrow Q : \text{上記水平荷重を負担する支持部の反力としてせん断力が発生することから次式より求める}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} = \sqrt{\left(7.367 + \frac{11.64}{2}\right)^2 + (2.322)^2} \\ &= 13.38987 \text{ (kN)} \\ &= 13.39 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$

応力

(b) ヒンジピン

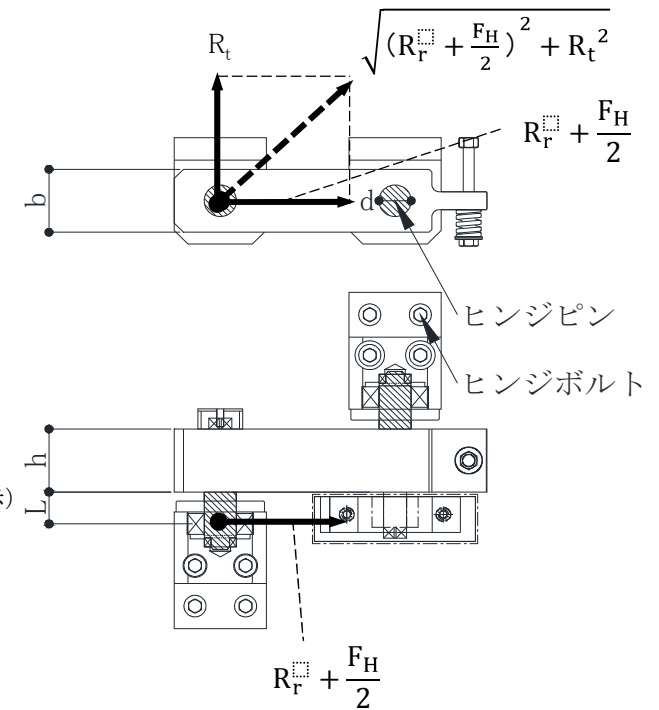
ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{ヒンジピンに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

- σ_x : 組合せ応力度(N/mm²)
- M : 曲げモーメント(kN・m)
- Q : せん断力(kN)
- Z : ヒンジピンの断面係数(mm³)
- A : ヒンジピンの断面積(mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{542.3}{4209}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{13.39}{962.1}\right)^2} \\ &= 0.1310786 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 131.0786 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 132 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$



ヒンジボルト

発生応力度 (N/mm ²)	
33	39

ヒンジボルト部の発生応力度は

添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.(c)より算定する荷重から
 (2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。

$$Q = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + (W_x + F_V)^2} \rightarrow Q : \text{ヒンジボルトに発生する荷重は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力として発生することから次式よりとめる。}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

W_x : 扉体重量 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

F_V : 鉛直地震力 (kN)

R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + (W_x + F_V)^2} \\ &= \sqrt{\left(7.367 + \frac{11.64}{2}\right)^2 + (10.30 + 10.20)^2} \\ &= 24.37513 \text{ (kN)} \\ &= 24.38 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$

$$T = R_r + \frac{F_H}{2} \rightarrow T : \text{ヒンジボルトに発生する荷重は水平荷重により引張力として発生することから次式よりとめる。}$$

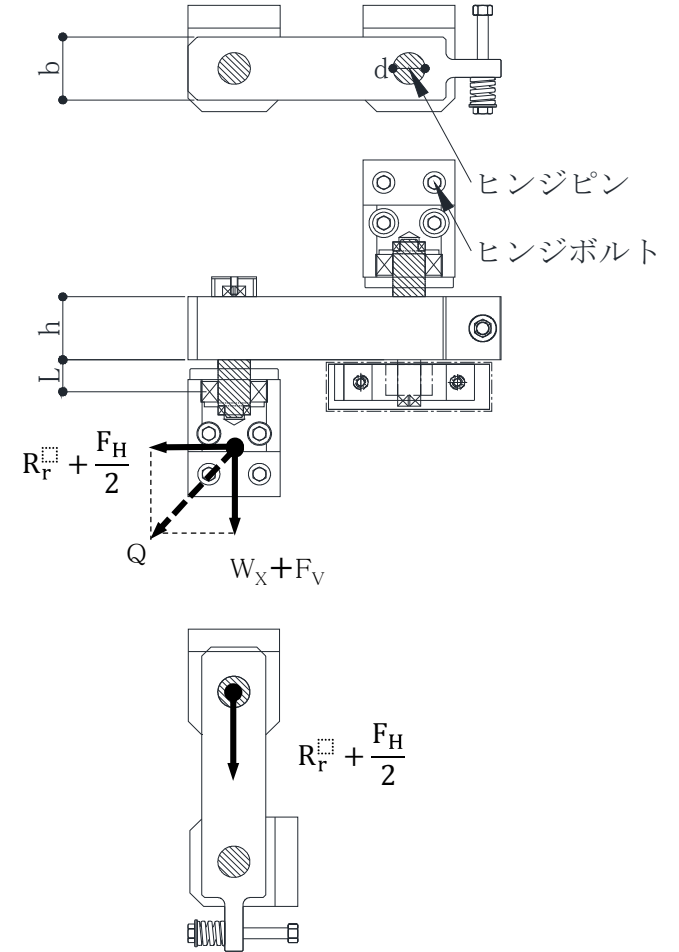
ここで、

T : 引張力 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

R_r : 扉幅方向水平地震力 (kN)

$$\begin{aligned} T &= R_r + \frac{F_H}{2} \\ &= 7.367 + \frac{11.64}{2} \\ &= 13.1870 \text{ (kN)} \\ &= 13.19 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$



応力

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度及び引張応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n \cdot A_b} \longrightarrow \tau : \text{ヒンジボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より}$$

求める。ここでヒンジ部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は13のとおり 4本である

ここで、

τ : せん断応力度 (N/mm²)

Q : せん断力 (kN)

n : ヒンジボルト本数 (本)

A_b : 1本当たりの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n \cdot A_b} = \frac{24.38}{4 \cdot 157} = 0.0388217 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 38.8217 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 39 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

$$\sigma_T = \frac{T}{n \cdot A_b} \longrightarrow \sigma_T : \text{ヒンジボルトに発生する引張力は, 扉90}^\circ \text{ 開放時に水平方向}$$

荷重として発生するが, せん断力としては, 180° 開放時の水平, 鉛直荷重が最大となることから, 荷重負担本数が同数であるため, せん断応力度検定にて引張応力度は包絡される。

ここで、

σ_T : 引張応力度 (N/mm²)

T : 引張力 (kN)

カンヌキ

発生応力度(N/mm ²)	
35	23

カンヌキ部の発生応力度は

添付資料〇「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定
 b.(a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度
 を算定する。

荷重

b. カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成されており、次式により算定する
 水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。

$$F_H = W_X \cdot K_H \longrightarrow F_H : \text{カンヌキに発生する荷重は、扉閉塞時において発生する水平方向荷重が発生する。}$$

ここで、

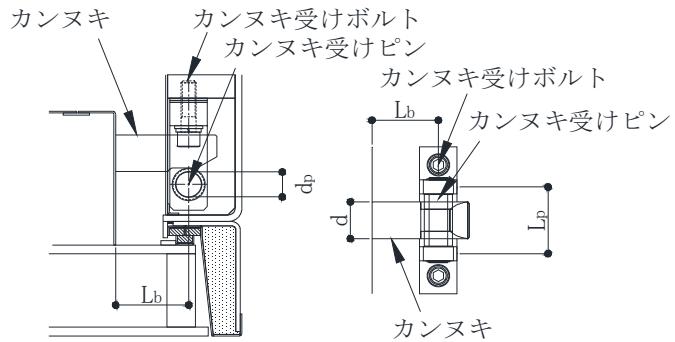
F_H : 水平地震力(kN)

W_X : 扉体自重(kN)

K_H : 水平震度

$$F_H = W_X \cdot K_H = 10.30 \cdot 1.13 = 11.639$$

$$= 11.64 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$



(a) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b$$

M : カンヌキ部に発生する水平荷重により、カンヌキ受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。

ここで、

M : 曲げモーメント(kN・mm)

F_H : 水平地震力(kN)

L_b : 作用点間距離(mm)

n : カンヌキ本数(本)

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はカンヌキ4か所で負担する。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b = \frac{11.64}{4} \cdot 95.0 = 276.45 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 276.5 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

$$Q = \frac{F_H}{n}$$

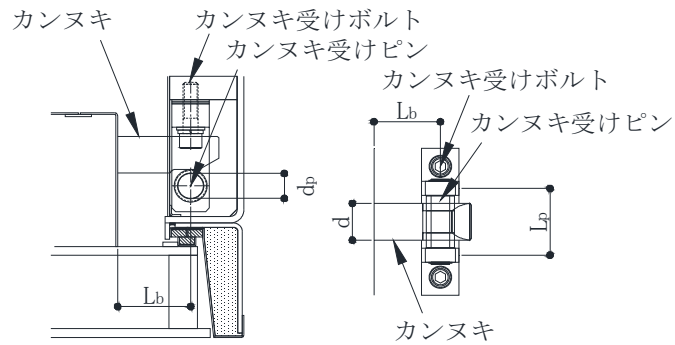
Q : カンヌキ部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

ここで、

Q : せん断力(kN)

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{11.64}{4} = 2.91 \text{ (kN)}$$

$$= 2.910 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$



応力

- b. カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定
 カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定
 し、カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \longrightarrow \sigma_x : \text{カンヌキに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ_x : 組合せ応力度(N/mm²)

M : 曲げモーメント(kN・mm)

Q : せん断力(kN)

Z : カンヌキの断面係数(mm³)

A : カンヌキの断面積(mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{276.5}{12270}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{2.910}{1963}\right)^2} \\ &= 0.022680446 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 22.68045 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 23 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)} \end{aligned}$$

カンヌキ受けピン

発生応力度(N/mm ²)	
36	84

カンヌキ部の発生応力度は

添付資料○「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定
b.(a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度
を算定する。

荷重

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる応力は、次式により算定する。

$$M = \frac{F_H \cdot L_P}{4 \cdot n}$$

M : カンヌキ部に発生する水平荷重により、カンヌキ受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。

この時の水平荷重は、扉閉塞時に発生することから水平荷重はカンヌキ受けピン4か所で負担する。

$$M = \frac{F_H \cdot L_P}{4 \cdot n} = \frac{11.64}{4 \cdot 4} \times 90.0 = 65.475 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 65.48 \text{ (kN} \cdot \text{mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

ここで、

M : 曲げモーメント(kN・mm)

F_H : 水平地震力(kN)

L_P : 作用点間距離(mm)

n : カンヌキ受けピン数(本)

$$Q = \frac{F_H}{n}$$

Q : カンヌキ部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

$$Q = \frac{F_H}{n} = \frac{11.64}{4} = 2.9 \text{ (kN)}$$

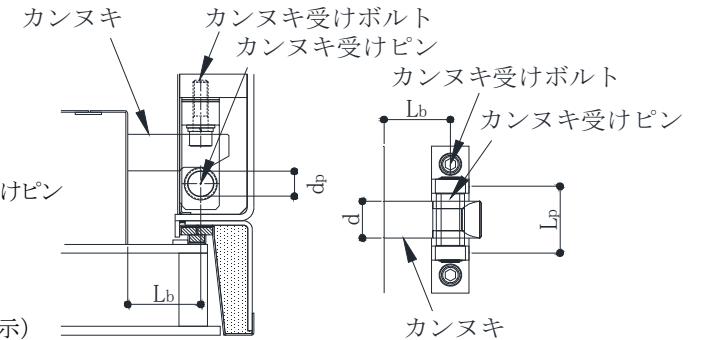
$$= 2.910 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

ここで、

Q : せん断力(kN)

F_H : 水平地震力(kN)

n : カンヌキ受けピン数(本)



応力

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度が
カンヌキ受けピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z} \longrightarrow \sigma : \text{カンヌキ受けピンに曲げモーメントが作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・mm)

Z : カンヌキ受けピンの断面係数 (mm³)

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z} = \frac{65.48}{785.4} = 0.083372 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 83.3715 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 84 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ、整数表示)} \end{aligned}$$

ここで、

M : 曲げモーメント 65.48 (kN・mm)

Z : カンヌキ受けピンの断面係数 785.4 (mm³)

$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot A} \longrightarrow \tau : \text{カンヌキ受けピンにせん断力が発生する場合の応力度}$$

ここで、

τ : せん断応力度 (N/mm²)

Q : せん断力 (kN)

A : カンヌキ受けピンの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{2 \cdot A} = \frac{2.910}{2 \times 314.2} = 0.004631 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 4.631 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ、整数表示)} \end{aligned}$$

ここで、

Q : せん断力 2.910 (kN)

A : カンヌキ受けピンの断面積 314.2 (mm²)

上記より

$$84 > 5$$

曲げモーメントが厳しくなる。

カンヌキ受けボルト

発生応力度(N/mm ²)	
37	10

カンヌキ受けボルト部の発生応力度は
 添付資料○「水密扉の耐震評価書」4.4 評価方法 (1)荷重算定
 b.(b)より算定する荷重から(2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

荷重

(b) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる荷重は、次式により算定する。

$$T = \frac{F_H}{n}$$

→ T : カンヌキ部に発生する水平荷重がカンヌキ受けボルトに引張力として作用することから次式より求める

ここで、

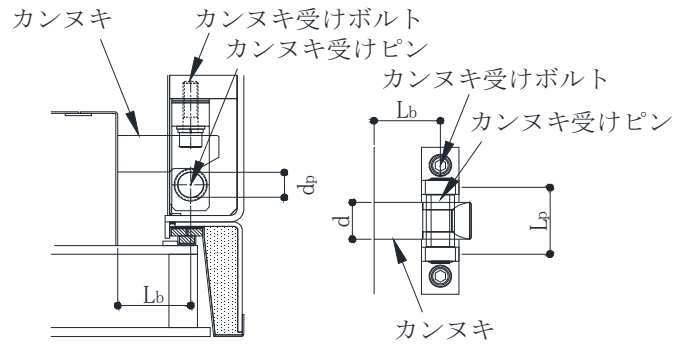
T : 引張力(kN)

F_H : 水平地震力(kN)

n : カンヌキの数(本)

$$T = \frac{F_H}{n} = \frac{11.64}{4} = 2.91 \text{ (kN)}$$

$$= 2.910 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$



応力

(b) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる引張応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_T = \frac{T}{n \cdot A_b} \longrightarrow \sigma_T : \text{カンヌキ受けボルトに発生する引張力による引張応力度を次式より}$$

求める。ここでカンヌキ部1か所における引張り力負担ボルト本数は 2 本である。

ここで、

σ_T : 引張応力度 (N/mm²)

T : 引張力 (kN)

n : カンヌキ受けボルト本数 (本)

A_b : M16 1本当たりの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{T}{n \cdot A_b} = \frac{2.910}{2 \cdot 157.0} = 0.009268 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 9.2675 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 10 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ、整数表示)} \end{aligned}$$

2. 許容限界値

ヒンジアーム

許容限界値(N/mm ²)	
41	215

ヒンジアームの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質:SS400
- ・板厚:70mm(長辺方向寸法)

ヒンジアームの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101」(2015年版)より

降伏点 215 N/mm², 引張強さ 400 N/mm²(保守的下限值)から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(215, 400 \times 0.7) = 215 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、 215 (N/mm²)

表3-機械的性質

種類の記号	降伏点又は耐力 N/mm ²				引張強さ N/mm ²	伸び			曲げ性		
	厚さ ^{a)} mm					試験片	%	曲げ 角度	内側半径	試験片 ^{b)}	
	16以下	16を超え 40以下	40を超え 100以下	100を超 えるもの							
SS330	205以上	195以上	175以上	165以上	330~430	鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5以下	5号	26以上	180°	厚さの 0.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	21以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	26以上			
						鋼板, 平鋼の厚さ40を超えるもの	4号	28以上 ^{b)}			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	25以上			
棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	28以上									
SS400	245以上	235以上	215以上	205以上	400~510	鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5以下	5号	21以上	180°	厚さの 1.5倍	1号
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ5を超え16以下	1A号	17以上			
						鋼板, 鋼帯, 平鋼, 形鋼の厚さ16を超え50以下	1A号	21以上			
						鋼板, 平鋼, 形鋼の厚さ40を超えるもの	4号	23以上 ^{b)}			
						棒鋼の径, 辺又は対辺距離25以下	2号	20以上			
棒鋼の径, 辺又は対辺距離25を超えるもの	14A号	22以上									

ヒンジピン

許容限界値(N/mm ²)		
42	651	曲げ

ヒンジピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SCM435

ヒンジピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 785 N/mm²，引張強さ 930 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(785, 930 \times 0.7) = 651 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、651 (N/mm²)

表2 (続き)

種類の 記号	熱処理℃		引張試験(4号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850-900油冷 2次800-850油冷 (水冷)又は925 保持後850-900 油冷	150-200 空冷	—	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後850 -900油冷	150-200 空冷	—	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830-880油冷	520-620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830-880油冷	520-620 急冷	735以上	880以上	15以上	50以上
SCr 440	830-880油冷	520-620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830-880油冷	520-620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上
SCM 415	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	—	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	—	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	—	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	—	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830-880油冷	530-630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830-880油冷	530-630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830-880油冷	530-630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830-880油冷	530-630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルト

許容限界値(N/mm ²)				
43	375	せん断	651	引張

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SCM435

ヒンジボルト及びカンヌキ受けボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4053」P1890より

降伏点 785 N/mm², 引張強さ 930 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値

$$F = \text{MIN}(785, 930 \times 0.7) = 651 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

「鋼構造設計基準 -許容応力度設計法-」より,

f_s: 許容せん断応力度, F: 基準値(弾性設計のため, 降伏点)

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}} = \frac{651}{\sqrt{3}}$$

$$= 375.855 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$= 375 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位以下切捨て整数表示)}$$

表2 (続き)

種類の記号	熱処理 ℃		引張試験 (4号試験片)			
	焼入れ	焼もどし	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %
SCr 415	1次850-900油冷 2次800-850油冷 (水冷)又は925 保持後850-900 油冷	150-200 空冷	-	780以上	15以上	40以上
SCr 420	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後850 -900油冷	150-200 空冷	-	830以上	14以上	35以上
SCr 430	830-880油冷	520-620 急冷	635以上	780以上	18以上	55以上
SCr 435	830-880油冷	520-620 急冷	735以上	880以上	15以上	50以上
SCr 440	830-880油冷	520-620 急冷	785以上	930以上	13以上	45以上
SCr 445	830-880油冷	520-620 急冷	835以上	980以上	12以上	40以上

SCM 415	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	830以上	16以上	40以上
SCM 418	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	880以上	15以上	40以上
SCM 420	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	930以上	14以上	40以上
SCM 421	1次850-900油冷 2次800-850油冷 又は925保持後 850-900油冷	150-200 空冷	-	980以上	14以上	35以上
SCM 430	830-880油冷	530-630 急冷	685以上	830以上	18以上	55以上
SCM 432	830-880油冷	530-630 急冷	735以上	880以上	16以上	50以上
SCM 435	830-880油冷	530-630 急冷	785以上	930以上	15以上	50以上
SCM 440	830-880油冷	530-630 急冷	835以上	980以上	12以上	45以上

カンヌキ

許容限界値(N/mm ²)		
44	205	曲げ

カンヌキの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:SUS304

原子炉建屋水密扉○のカンヌキの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303」P1213より

降伏点 205 N/mm², 引張強さ 520 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

表 7 オーステナイト系の機械的性質

種類記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り(°) %	硬さ(°)		
					HBW	HRBS 又は HRBW	HV
SUS 201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下
SUS 202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下
SUS 302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下
SUS 304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下
SUS 304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下
SUS 305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下

カンヌキ受けピン

許容限界値(N/mm ²)		
45	345	曲げ

カンヌキ受けピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質:S45C

カンヌキ受けピンの許容限界値を算出する。

「JIS 鉄鋼 I 参考」P1886より

降伏点 345 N/mm², 引張強さ 570 N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN}(345, 570 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

許容限界値は、 345 (N/mm²)

— 機械構造用炭素鋼、合金鋼及びばね鋼の材料特性 —

表1 (続き)

区分	記号	機 械 的 性 質							
		熱処理	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %	シャルピー衝撃値 J/cm ²	硬さ HBW	有効直径 mm
0.05C	S10C	N	205以上	310以上	33以上	—	—	109~156	—
		A	—	—	—	—	—	109~149	—
0.15C	S09CK	A	—	—	—	—	—	109~149	—
		H	245以上	390以上	23以上	55以上	137以上	121~179	—
0.10C	S12C	N	235以上	370以上	30以上	—	—	111~167	—
		A	—	—	—	—	—	111~149	—
0.20C	S15CK	A	—	—	—	—	—	111~149	—
		H	345以上	490以上	20以上	50以上	118以上	143~235	—
0.15C	S17C	N	245以上	400以上	28以上	—	—	116~174	—
		A	—	—	—	—	—	114~153	—
0.25C	S20CK	A	—	—	—	—	—	114~153	—
		H	390以上	540以上	18以上	45以上	98以上	159~241	—
0.20C ↓ 0.30C	S22C	N	265以上	440以上	27以上	—	—	123~183	—
		A	—	—	—	—	—	121~156	—
0.25C ↓ 0.35C	S28C	N	285以上	470以上	25以上	—	—	137~197	—
		A	—	—	—	—	—	126~156	—
0.30C ↓ 0.40C	S30C	H	335以上	540以上	23以上	57以上	108以上	152~212	30
		N	305以上	510以上	23以上	—	—	149~207	—
0.30C ↓ 0.40C	S35C	A	—	—	—	—	—	126~163	—
		H	390以上	570以上	22以上	55以上	98以上	167~235	32
0.35C ↓ 0.45C	S38C	N	325以上	540以上	22以上	—	—	156~217	—
		A	—	—	—	—	—	131~163	—
0.35C ↓ 0.45C	S40C	H	440以上	610以上	20以上	50以上	88以上	179~255	35
		N	345以上	570以上	20以上	—	—	167~229	—
0.40C ↓ 0.50C	S43C	A	—	—	—	—	—	137~170	—
		H	490以上	690以上	17以上	45以上	78以上	201~269	37

3. 発生応力度

ヒンジアーム

発生応力度/ 許容限界値
51 0.33

ヒンジアームの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **31** **41**

から

$$69 / 215 = 0.32093$$

$$\Rightarrow 0.33 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

ヒンジピン

発生応力度/ 許容限界値
52 0.21

ヒンジピンの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **32** **42** から

$$132 / 651 = 0.202765$$

$$\Rightarrow 0.21 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

ヒンジボルト

発生応力度/ 許容限界値
53 0.11

ヒンジボルトの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ **33** **43** から

$$39 / 375 = 0.104$$

$$\Rightarrow 0.11 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

カンヌキ

発生応力度/ 許容限界値	
55	0.12

カンヌキの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 35 44 から

$$23 / 205 = 0.112195$$

⇒ 0.12 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

カンヌキ受けピン

発生応力度/ 許容限界値	
56	0.25

カンヌキ受けピンの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 36 45 から

$$84 / 345 = 0.243478$$

⇒ 0.25 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

カンヌキ受けボルト

発生応力度/ 許容限界値	
57	0.02

カンヌキ受けボルトの許容限界値に対する発生応力度の応力度比を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ 37 43 から

$$10 / 651 = 0.015361$$

⇒ 0.02 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

その1 耐震評価
水密扉の耐震計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟北側水密扉1）

1. 一般事項

本数値説明書は、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 における各水密扉の計算条件及び計算結果の内容を示す。

1.1 計算条件

計算結果算出にあたっては、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 のとおりとする。

1.2 計算精度と数値の丸め方

「東海第二発電所 工事認可申請における本文及び添付資料の作成要領について」を準拠する。該当頁を次頁に添付する。

4.4 工認図書に用いる計算数値の丸め方

- (1) 各種計算書（ただし、計算機アウトプットを使用する場合は除く。）について
- 工認図書中の数値は、評価に用いる許容応力、算出応力及び最小厚さ等を除き、四捨五入を原則とする。
ただし、計算途中の数値については、計算機の保有の数値を使用してもよい。
また、計算途中の計算数値を表示する場合は、規格値及び設計値を除き有効4桁表示（（設計・建設規格記載の許容応力＝3桁）＋1桁）を原則とする。
 - 規格、基準等により決まる数値については丸めないことを原則とする。なお、詳細については、当該工認図書作成要領書による。要領書のない個別計算書は類似計算書の作成要領書による。
 - 当該又は類似要領書がない計算書等については、共通する項目を表4-1に示す。
 - 耐震・応力計算書の計算の計算数値の丸め方を表4-2に示す。
 - 強度計算書（基本板厚計算書）の計算数値の丸め方を表4-3に示す。
 - 工認添付書類の付録（作成要領書）によらない個別の計算書は、類似計算書の作成要領書に示す工認図書計算数値の丸め方一覧表に基づき、該当する項目について、数値の丸め方一覧表を記載する。
 - 円周率(π)を用いて計算する場合は、計算精度(有効数字6桁以上)を考慮した値を使用する。
- (2) 図面に記載する数値
- 工事計画の記載値を記載する。
 - 工事計画に記載のない数値については、数値の丸めは行わず、設計計画値を記載する。
- (3) 輸入品の数値の記載
フィート、インチからの換算による表示桁数は他表示と同様となるように丸める。また、その処理方法は四捨五入とする。
- (4) 別途作成要領書で規定（準用）する場合
当該計算書作成要領書の規定による。

表4-1 工認図書計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処 理 桁	処 理 法	表示最小桁	備 考
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数	*1
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数	
最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 て	小数点以下第2位	
力	N	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2

注記*1： 規格、基準等により決まる数値については、丸めないで計算及び表示する。

(例：レール鋼の S_u 値＝784.5N/mm²(規格値)は、784N/mm²とは丸めない。)

*2： 計算の精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表4-2 耐震・応力計算における計算数値の丸め方一覧表

数 値 の 種 類	単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁	備 考
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	
縦 弾 性 係 数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
断 面 積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
ボルト断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断 面 係 数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
極断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数 位	
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
座 屈 の 評 価	—	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位	
角 度	rad	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位	
設 計 震 度	—	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位	

表4-3 強度計算（基本板厚計算）における計算数値の丸め方一覧表

数 値 の 種 類	単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁	備 考
圧 力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
降 伏 点	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数 位	
長 さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位
	最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 て	小数点以下第2位
	開放タンクの水頭及び管台の内径	m	小数点以下第5位	四捨五入	小数点以下第4位
面 積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
角 度	°	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位	
慣 性 モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	

第4-5表 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
共通		W_X	kN	扉体自重	① 4.95
		k_H	—	水平震度	② 1.67
		k_V	—	鉛直震度	③ 1.46
ヒンジ	共通	L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.595 (595mm)
		L_j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.44 (1440mm)
	板	L_1	mm	作用点間距離	⑥ 67.5
		Z_1	mm ³	断面係数	⑦ 10666
		A_1	mm ²	断面積	⑧ 1600
	ピン	L_2	mm	軸支持間距離	⑨ 130
		B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 80
		Z_2	mm ³	断面係数	⑪ 6283
		A_2	mm ²	断面積	⑫ 1257
	ヒンジボルト	n_1	本	本数	⑬ 4
		A_{b1}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑭ 157

第4-5表 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
ロックバー		L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
		Z_3	mm ³	断面係数	⑯ 12271
		A_3	mm ²	断面積	⑰ 1963
ロックボルト		n_3	本	本数	⑱ 4
		A_{b3}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑲ 157

第5-1表 原子炉建屋水密扉の耐震評価結果

名称	評価対象部位		発生応力度 (N/mm ²)	許容 限界値 (N/mm ²)	発生応力 度/許容 限界値
原子炉建屋付属棟 北側水密扉1	ヒンジ部	板	⑳ 84	㉕ 205	㉓ 0.41
		ピン ^(注1)	㉑ 33	㉖ 345	㉔ 0.10
		ヒンジボルト	㉒ 25	㉗ 118	㉔ 0.22
	ロックバー部	ロックバー	㉓ 4	㉘ 345	㉔ 0.02
		ロックボルト	㉓ 4	㉙ 118	㉔ 0.04

(注1) せん断及び曲げのうち評価結果が厳しくなる曲げによる値を記載

(注2) 枠体を固定するアンカーについては、より荷重の大きな水圧荷重により強度計算書
の方で評価する。

(水圧荷重：Po=277.5(kN) > 耐震荷重：F_H=8.267(kN), F_V=7.227(kN))
(Po：水圧荷重は強度計算書による。)

W _x	kN	扉体自重	① 4.95
----------------	----	------	--------

K _H	—	水平震度	② 1.67
----------------	---	------	--------

K _V	—	鉛直震度	③ 1.46
----------------	---	------	--------

L _r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.595
----------------	---	---------------	---------

L_r：扉重心位置からヒンジ中心間距離
(添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照)

L _j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.44
----------------	---	----------	--------

L_j：最遠端ヒンジ間のヒンジ中心間水平距離
(添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照)

L ₁	mm	作用点間距離	⑥ 67.5
----------------	----	--------	--------

L₁：ヒンジ板において地震による荷重が作用するヒンジ板枠体取付部からヒンジ板
ヒンジピン取付中心部間の水平距離
(添付 枠体組立図「SWT-7-003」参照)

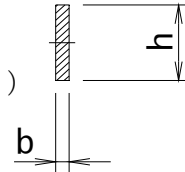
Z_1	mm^3	断面係数	⑦ 10666
-------	---------------	------	---------

Z_1 : ヒンジ板の断面係数

ヒンジ板の断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 $\alpha 3$ 材料力学 $\alpha-22$ ページより)



$$Z_1 = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 40 \times 40^2 = 10666.666666\text{mm}^2$$

10666mm^2 (少数点以下第1位切下げ整数表示)

A_1	mm^2	断面積	⑧ 1600
-------	---------------	-----	--------

A_1 : ヒンジ板の断面積

ヒンジ板の断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

$$A_1 = 40 \times 40 = \text{1600mm}^2$$

L_2	mm	作用点間距離	⑨ 130
-------	----	--------	-------

L_2 : ヒンジピンにおいて地震による荷重が作用するヒンジ板支持部におけるヒンジピン軸支持間の水平距離

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 80
-------	----	--------	------

B_2 : 地震時ヒンジピンに作用するブッシュ長さ

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

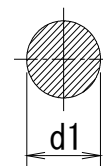
Z_2	mm^3	断面係数	⑪ 6283
-------	---------------	------	--------

Z_2 : ヒンジピンの断面係数

ヒンジピンの断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 $\alpha 3$ 材料力学 $\alpha-22$ ページより)



$$Z_2 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 40^3 = 6283.185307$$

$$\Rightarrow 6283\text{mm}^3 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

A_2	mm^2	断面積	⑫ 1257
-------	---------------	-----	--------

A_2 : ヒンジピンの断面積

ヒンジピンに断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 40^2 = 1256.637061$$

$$\Rightarrow 1257\text{mm}^2 \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

n_1	本	本数	⑬ 4
-------	---	----	-----

n_1 : 扉体重量をうけもつヒンジ1ヶ所あたりのヒンジボルト (枠体側) の本数

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

A_{b1}	mm^2	断面積	⑭ 157
----------	---------------	-----	-------

A_{b1} : ヒンジボルト (枠体側) (M16) 1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表1に示す。

表1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 $A_{s, \text{nom}}$	ねじの呼び	有効断面積 $A_{s, \text{nom}}$
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272
M 6	1	20.1	M22 × 2	318
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621
M14	2	115	M33 × 2	761
M16	2	157	M36 × 3	865
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400
M24	3	353	M48 × 3	1 600

$$A_{b1} = 157\text{mm}^2$$

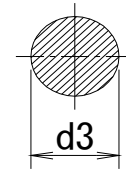


L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
-------	----	--------	------

L_3 : 地震時ロックバーに作用する軸支持間距離
(添付 ロック装置組立図「SWT-7-005」参照)

Z_3	mm^3	断面係数	⑯ 12271
-------	---------------	------	---------

Z_3 : ロックバーの断面係数
ロックバーの断面係数を算定する。
(添付 ロック装置組立図「SWT-7-005」参照)



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z_3 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 50^3 = 12271.8463$$

⇒ 12271 mm^3 (少数点以下第1位切下げ整数表示)

A_3	mm^2	断面積	⑰ 1963
-------	---------------	-----	--------

A_3 : ロックバーの断面積
ロックバーの断面積を算定する。
(添付 ロック装置組立図「SWT-7-005」参照)

$$A_3 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 50^2 = 1963.495408$$

⇒ 1963 mm^2 (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)

n_2	本	本数	⑱ 4
-------	---	----	-----

n_2 : 扉体重量をうけもつロックバー1ヶ所あたりのロックボルトの本数
(添付 ロック装置組立図「SWT-7-005」参照)

A_{b2}	mm^2	断面積	⑬ 157
----------	---------------	-----	-------

A_{b2} : ロックボルト1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表 1 に示す。

表 1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 $A_{k, \text{nom}}$	ねじの呼び	有効断面積 $A_{k, \text{nom}}$
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272
M 6	1	20.1	M22 × 2	318
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621
M14	2	115	M33 × 2	761
M16	2	157	M36 × 3	865
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400
M24	3	353	M48 × 3	1 600

$$A_{b3} = 157\text{mm}^2$$



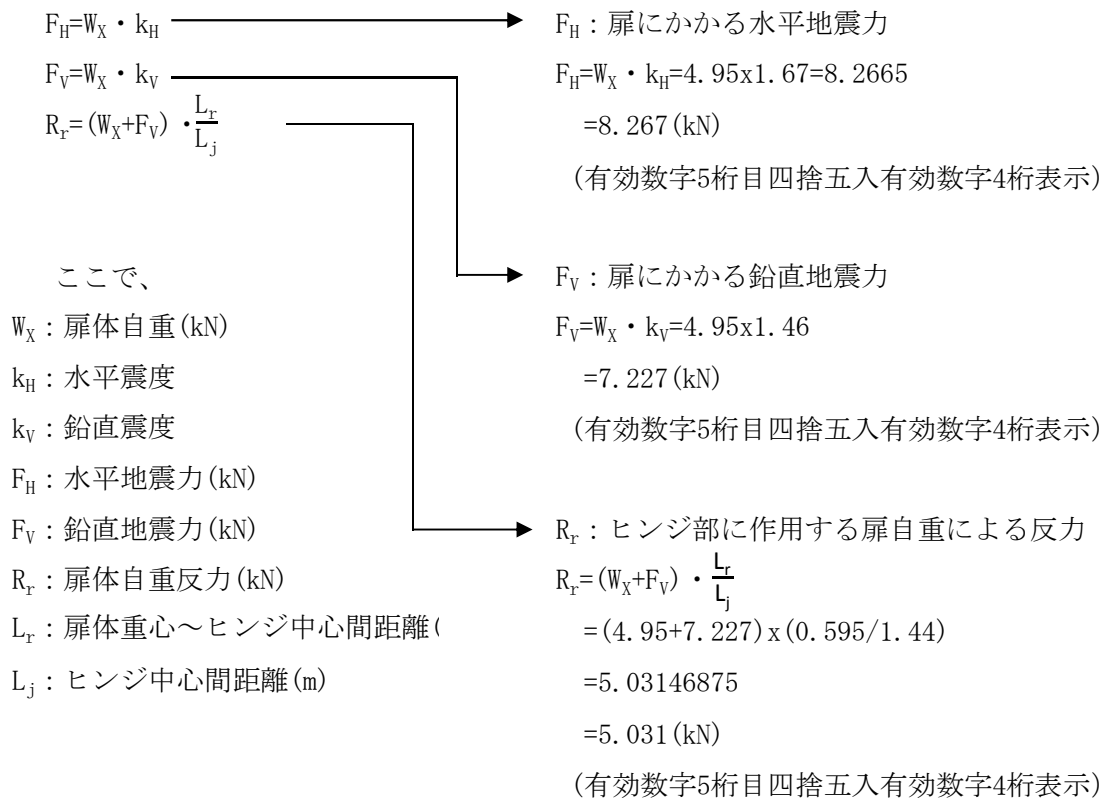
評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジ板	⑳ 84

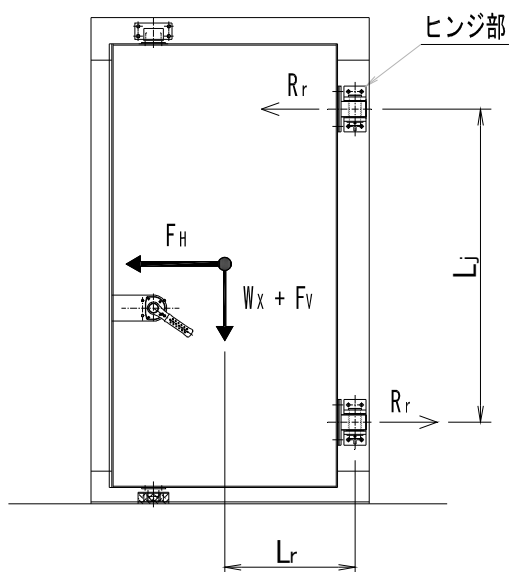
原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジ板部の発生応力度は
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a. 及び(a)より算定する荷重から(2)断面検定a. (a)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を第4-3図に示す。





第4-3図 ヒンジ部に生じる荷重の例

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジ板に生じる荷重の例を第4-4図に示す。

$$M = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1 \longrightarrow M: \text{ヒンジ板に発生する扉自重による曲げモーメント}$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (kN・m)
- W_X : 扉体自重 (kN)
- F_H : 水平地震力 (kN)
- F_V : 鉛直地震力 (kN)
- R_r : 扉体自重反力 (kN)
- L_1 : 作用点間距離 (mm)

扉から扉枠へ地震荷重を伝達する部位ヒンジ部（扉部）、ヒンジアーム、ヒンジ板（扉枠部）において、一番厳しくなる評価部位となるヒンジ板（扉部）を評価する。ここでは、評価上厳しくなる弱軸方向に発生する曲げモーメントに対し保守的に、水平及び鉛直方向の荷重を考慮したものから次式のとおり算出する。

$$M = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(8.267/2) + 5.031}{2}\right)^2 + (4.95 + 7.227)^2} \times 0.0675$$

$$=0.878217138 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$=878.2 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_x + F_v)^2} \longrightarrow Q : \text{ヒンジ板に発生するせん断力}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

は、水平方向荷重及び鉛直方向を考慮し
次式より算定する。

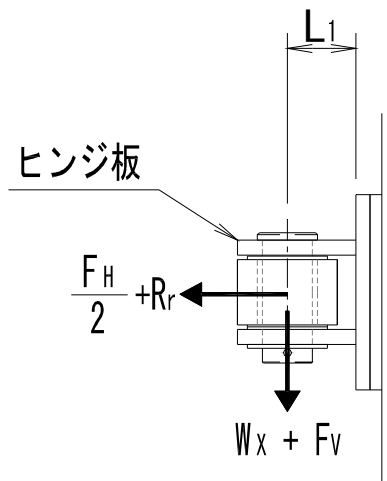
$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_x + F_v)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(8.267/2) + 5.031}{2}\right)^2 + (4.95 + 7.227)^2}$$

$$= 13.01062428$$

$$= 13.01 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-4図 ヒンジ板に生じる荷重の例

(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

a. ヒンジ部

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジ板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ヒンジ板に曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ : 組合せ応力度 (N/mm^2)

M : 曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{m}$)

Q : せん断力 (kN)

Z_1 : 断面係数 (mm^3)

A_1 : 断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2} \\ &= \sqrt{(878.2/10666)^2 + 3 \cdot (13.01/1600)^2} \\ &= \sqrt{(0.082336396)^2 + 3 \cdot (0.00813125)^2} \\ &= 0.083532232 (\text{kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{84 (\text{N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジピン	②1 33

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジピン部の発生応力度は
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び
 (b)より算定する荷重から(2)断面検定a. (b)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジピンに生じる荷重の例を
 第4-5図に示す。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8} \longrightarrow M : \text{ヒンジピンに発生する荷重として、ヒン}$$

ここで

M : 曲げモーメント (kN・m)

F_H : 水平地震力 (kN)

R_r : 扉体自重反力 (kN)

L₂ : 軸支持間距離 (mm)

B₂ : ブッシュ長さ (mm)

ジ板支持部を支持間隔とした水平方向荷重
 がブッシュ幅でヒンジピンに作用すること
 から、曲げモーメントを次式より求める。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8}$$

$$= \frac{((8.267/2) + 5.031) \times (2 \times 130 - 80)}{8}$$

$$= 206.20125 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 206.2 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} \longrightarrow Q : \text{上記水平荷重を負担する支持部の反力と}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

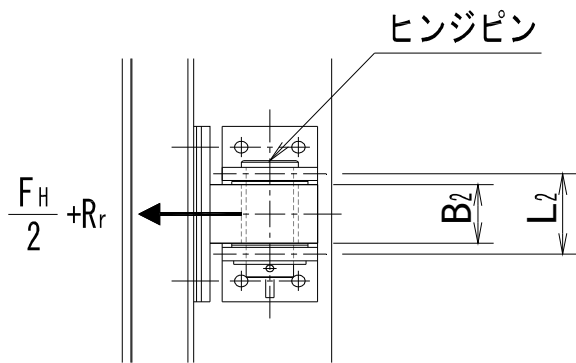
してせん断力が発生することから次式よ
 り求める。

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} = \frac{(8.267/2) + 5.031}{2}$$

$$= 4.58225$$

$$= 4.582 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-5図 ヒンジピンに生じる荷重の例

(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z_2}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_2}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 (N・mm²)

τ : せん断応力度 (N・mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₂ : 断面係数 (mm³)

A₂ : 断面積 (mm²)

σ : ヒンジピンに水平方向荷重による曲げモーメントが作用する場合の応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z_2} = 206.2/6283 = 0.032818717 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 32.81871717 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= \boxed{33 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

τ : ヒンジピンにせん断が作用する場合の応力度

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_2} = 4.582/1257 = 0.003645186 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 3.645186953 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= 4 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジボルト	②② 25

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジボルト部（枠体側）の発生応力度は、
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a. (c)より重
 算定する荷から(2)断面検定 a. (c) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重
 の例を第4-6図に示す。

$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

→ Q : ヒンジボルト（枠体側）に発生する荷重
 は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力
 として発生することから次式よりもとめる

ここで、

Q : せん断力(kN)

W_x : 扉体自重(kN)

F_H : 水平地震力(kN)

F_V : 鉛直地震力(kN)

R_r : 扉体自重反力(kN)

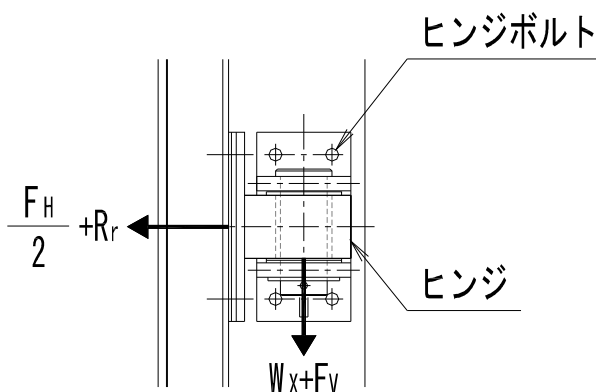
$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{8.267}{2} + 5.031\right)^2 + (4.95 + 7.227)^2}$$

$$= 15.24032117 \text{ (kN)}$$

$$= 15.24 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-6図 ヒンジボルト（枠体側）に生じる荷重の例

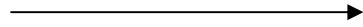
(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}}$$



τ : ヒンジボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでヒンジ部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は ⑬のとおり4本である。

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

Q : せん断力 (kN)

n_1 : 本数 (本)

A_{b1} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}} = 15.24 / (4 \times 157) \\ &= 0.024267515 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 24.26751592 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= \boxed{25 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックバー	⑳ 4

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックバー部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定

b. (a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

b. ロックバー部

ロックバー部は、ロックバー及びロックボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を第4-7図に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H \longrightarrow F_H: \text{ロックバーに発生する荷重は、扉閉鎖時において発生する水平方向荷重が発生する}$$

$$F_H = W_X \cdot k_H = 4.95 \cdot 1.67 = 8.2665$$

$$= 8.267 \text{ (kN)}$$

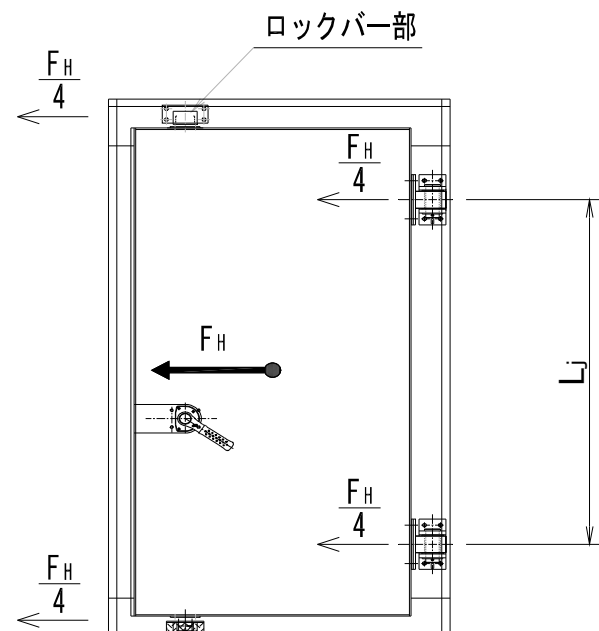
ここで

F_H : 水平地震力 (kN)

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

W_X : 扉体自重 (kN)

k_H : 水平震度



第4-7図 ロックバー部に生じる荷重の例

(a) ロックバー

ロックバーに生じる応力は、次式により算定する。ロックバーに生じる荷重の例を第4-8図に示す。

$$M = \frac{F_H}{4} \cdot L_3 \longrightarrow M : \text{ロックバー部に発生する水平荷重により}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

F_H : 水平地震力 (kN)

L₃ : 作用点間距離 (mm)

ロックバー受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はヒンジ部とロックバーの4か所で負担する。

$$M = \frac{F_H}{4} \cdot L_3 = (8.267/4) \times 19 = 39.26825 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$
$$= 39.27 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{F_H}{4} \longrightarrow Q : \text{ロックバー部に発生する水平荷重がせん}$$

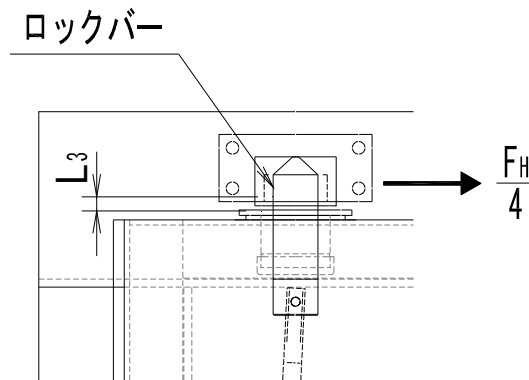
ここで、

Q : せん断力 (kN)

断力として作用することから次式より求める。

$$Q = \frac{F_H}{4} = 8.267/4 = 2.06675 \text{ (kN)}$$
$$= 2.067 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-8図 ロックバー部に生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(a) ロックバー

ロックバーに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ロックバーの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ロックバーに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₃ : 断面係数 (mm³)

A₃ : 断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A_3)^2} \\ &= \sqrt{(39.27/12271)^2 + 3 \cdot (2.067/1963)^2} \\ &= \sqrt{(0.003200228)^2 + 3 \cdot (0.00105298)^2} \\ &= 0.003683444 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 3.683444026 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{4 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックボルト	②4 4

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックボルト部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定

b. (b)より算定する荷重から(2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ロックボルトに生じる荷重の例を第4-9図に示す。

$$Q = \frac{F_H}{4}$$

→ Q : ロックバー部に発生する水平荷重がロックボルトにせん断力として作用することから次式より求める。

ここで、

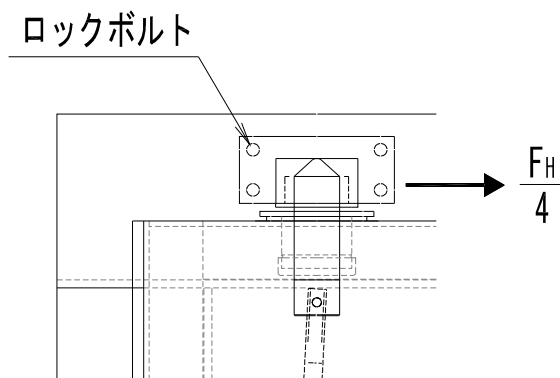
Q : せん断力 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

$$Q = \frac{F_H}{4} = 8.267/4 = 2.06675 \text{ (kN)}$$

$$= 2.067 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-9図 ロックボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} \longrightarrow \tau : \text{ロックボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでロックバー部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は⑱のとおり4本である。}$$

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$)

Q : せん断力 (kN)

n_2 : 本数 (本)

A_{b2} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} = 2.067 / (4 \times 157)$$

$$= 0.003291401 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$

$$= 3.291401274 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$= \boxed{4 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジ板	②6 205

ヒンジ板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジ板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

ここで、曲げ許容応力度は、 $F/1.5$ となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジピン	②6 345

ヒンジピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ40mm

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、 $F/1.5$ となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^㉑ %	硬さ ^㉒			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^㉓ 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト	②7 118

ヒンジボルト（杵体側）の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジボルト（杵体側）の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、118 (N/mm²)

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^㉑ %	硬さ ^㉒			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^㉓ 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックバー	②8 345

ロックバーの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ50mm

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックバーの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、345 (N/mm²)

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックボルト	⑳ 118

ロックボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

せん断許容応力度は、 $F = 205 \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、118 (N/mm²)

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジ板	③① 0.41

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジ板の許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する
発生応力度/許容限界値より前ページ ②① ②⑤ から
から

$$84/205=0.409756097$$

⇒0.41 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジピン	③① 0.10

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジピンの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出す
発生応力度/許容限界値より前ページ ②① ②⑥ から

$$33/345=0.095652173$$

⇒0.10 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジボルト	③② 0.22

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出
発生応力度/許容限界値より前ページ ②② ②⑦ から

$$25/118=0.211864406$$

⇒0.22 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックバー	③③ 0.02

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックバーの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出す
発生応力度/許容限界値より前ページ ②③ ②⑧ から

$$4/345=0.011594202$$

⇒0.02 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックボルト	③④ 0.04

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のロックボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出
発生応力度/許容限界値より前ページ ②④ ②⑨ から

$$4/118=0.033898305$$

⇒0.04 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

その1 耐震評価
水密扉の耐震計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟北側水密扉2）

1. 一般事項

本数値説明書は、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 における各水密扉の計算条件及び計算結果の内容を示す。

1.1 計算条件

計算結果算出にあたっては、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 のとおりとする。

1.2 計算精度と数値の丸め方

「東海第二発電所 工事認可申請における本文及び添付資料の作成要領について」を準拠する。該当頁を次頁に添付する。

4.4 工認図書に用いる計算数値の丸め方

- (1) 各種計算書（ただし、計算機アウトプットを使用する場合は除く。）について
- a. 工認図書中の数値は、評価に用いる許容応力、算出応力及び最小厚さ等を除き、四捨五入を原則とする。
ただし、計算途中の数値については、計算機の保有の数値を使用してもよい。
また、計算途中の計算数値を表示する場合は、規格値及び設計値を除き有効4桁表示（（設計・建設規格記載の許容応力=3桁）+1桁）を原則とする。
 - b. 規格、基準等により決まる数値については丸めないことを原則とする。なお、詳細については、当該工認図書作成要領書による。要領書のない個別計算書は類似計算書の作成要領書による。
 - c. 当該又は類似要領書がない計算書等については、共通する項目を表4-1に示す。
 - d. 耐震・応力計算書の計算の計算数値の丸め方を表4-2に示す。
 - e. 強度計算書（基本板厚計算書）の計算数値の丸め方を表4-3に示す。
 - f. 工認添付書類の付録（作成要領書）によらない個別の計算書は、類似計算書の作成要領書に示す工認図書計算数値の丸め方一覧表に基づき、該当する項目について、数値の丸め方一覧表を記載する。
 - g. 円周率(π)を用いて計算する場合は、計算精度(有効数字6桁以上)を考慮した値を使用する。
- (2) 図面に記載する数値
- a. 工事計画の記載値を記載する。
 - b. 工事計画に記載のない数値については、数値の丸めは行わず、設計計画値を記載する。
- (3) 輸入品の数値の記載
フィート、インチからの換算による表示桁数は他表示と同様となるように丸める。また、その処理方法は四捨五入とする。
- (4) 別途作成要領書で規定（準用）する場合
当該計算書作成要領書の規定による。

表4-1 工認図書計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処 理 桁	処 理 法	表 示 最 小 桁	備 考
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数	*1
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数	
最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 て	小数点以下第2位	
力	N	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2

注記*1： 規格、基準等により決まる数値については、丸めないで計算及び表示する。
(例：レール鋼の S_u 値=784.5N/mm²(規格値)は、784N/mm²とは丸めない。)

*2： 計算の精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表4-2 耐震・応力計算における計算数値の丸め方一覧表

数 値 の 種 類	単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁	備 考
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	
縦 弾 性 係 数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
断 面 積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
ボルト断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断 面 係 数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
極断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モ ー メ ン ト	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 げ	整 数 位	
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 げ	整 数 位	
座 屈 の 評 価	-	小数点以下第3位	切 捨 げ	小数点以下第2位	
角 度	rad	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位	
設 計 震 度	-	小数点以下第3位	切 捨 げ	小数点以下第2位	

表4-3 強度計算（基本板厚計算）における計算数値の丸め方一覧表

数 値 の 種 類	単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁	備 考
圧 力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 げ	整 数 位	
降 伏 点	MPa	小数点以下第1位	切 捨 げ	整 数 位	
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 げ	整 数 位	
長 さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 げ	小数点以下第2位
	最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 げ	小数点以下第2位
	開放タンクの水頭及び管台の内径	m	小数点以下第5位	四捨五入	小数点以下第4位
面 積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モ ー メ ン ト	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
角 度	°	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位	
慣 性 モ ー メ ン ト	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	

第4-5表 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
共通		W_x	kN	扉体自重	① 4.95
		k_H	—	水平震度	② 1.67
		k_V	—	鉛直震度	③ 1.46
ヒンジ	共通	L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.595 (595mm)
		L_j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.44 (1440mm)
	板	L_1	mm	作用点間距離	⑥ 67.5
		Z_1	mm ³	断面係数	⑦ 10666
		A_1	mm ²	断面積	⑧ 1600
	ピン	L_2	mm	軸支持間距離	⑨ 130
		B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 80
		Z_2	mm ³	断面係数	⑪ 6283
		A_2	mm ²	断面積	⑫ 1257
	ヒンジボルト	n_1	本	本数	⑬ 4
		A_{b1}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑭ 157

第4-5表 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
ロックバー		L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
		Z_3	mm ³	断面係数	⑯ 12271
		A_3	mm ²	断面積	⑰ 1963
ロックボルト		n_3	本	本数	⑱ 4
		A_{b3}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑲ 157

第5-1表 原子炉建屋水密扉の耐震評価結果

名 称	評価対象部位		発生 応力度 (N/mm ²)	許容 限界値 (N/mm ²)	発生応力 度/許容 限界値
原子炉建屋付属棟 北側水密扉2	ヒンジ部	板	⑳ 84	㉓ 205	③① 0.41
		ピン ^(注1)	㉑ 33	㉖ 345	③② 0.10
		ヒンジボルト	㉒ 25	㉗ 118	③③ 0.22
	ロックバー部	ロックバー	㉔ 4	㉘ 345	③④ 0.02
		ロックボルト	㉕ 4	㉙ 118	③⑤ 0.04

(注1) せん断及び曲げのうち評価結果が厳しくなる曲げによる値を記載

(注2) 枠体を固定するアンカーについては、より荷重の大きな水圧荷重により強度計算書
の方で評価する。

(水圧荷重：Po=277.5(kN) > 耐震荷重：FH=8.267(kN), FV=7.227(kN))
(Po：水圧荷重は強度計算書による。)

W _x	kN	扉体自重	① 4.95
----------------	----	------	--------

K _H	—	水平震度	② 1.67
----------------	---	------	--------

K _V	—	鉛直震度	③ 1.46
----------------	---	------	--------

L _r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.595
----------------	---	---------------	---------

L_r：扉重心位置からヒンジ中心間距離

(添付 扉体組立図「SWT-8-002」参照)

L _j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.44
----------------	---	----------	--------

L_j：最遠端ヒンジ間のヒンジ中心間水平距離

(添付 扉体組立図「SWT-8-002」参照)

L ₁	mm	作用点間距離	⑥ 67.5
----------------	----	--------	--------

L₁：ヒンジ板において地震による荷重が作用するヒンジ板枠体取付部からヒンジ板
ヒンジピン取付中心部間の水平距離

(添付 枠体組立図「SWT-8-003」参照)

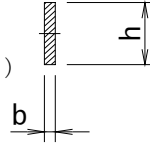
Z ₁	mm ³	断面係数	⑦ 10666
----------------	-----------------	------	---------

Z₁ : ヒンジ板の断面係数

ヒンジ板の断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-8-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)



$$Z_1 = \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 40 \times 40^2 = \frac{10666.666666\text{mm}^3}{10666\text{mm}^3} \text{ (少数点以下第1位切下げ整数表示)}$$

A ₁	mm ²	断面積	⑧ 1600
----------------	-----------------	-----	--------

A₁ : ヒンジ板の断面積

ヒンジ板の断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-8-004」参照)

$$A_1 = 40 \times 40 = 1600\text{mm}^2$$

L ₂	mm	作用点間距離	⑨ 130
----------------	----	--------	-------

L₂ : ヒンジピンにおいて地震による荷重が作用するヒンジ板支持部におけるヒンジピン軸支持間の水平距離

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-8-004」参照)

B ₂	mm	ブッシュ長さ	⑩ 80
----------------	----	--------	------

B₂ : 地震時ヒンジピンに作用するブッシュ長さ

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-8-004」参照)

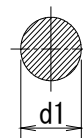
Z ₂	mm ³	断面係数	⑪ 6283
----------------	-----------------	------	--------

Z₂ : ヒンジピンの断面係数

ヒンジピンの断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-8-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)



$$Z_2 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 40^3 = 6283.185307$$

$$\Rightarrow \boxed{6283\text{mm}^3} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

A_2	mm^2	断面積	⑫ 1257
-------	---------------	-----	--------

A_2 : ヒンジピンの断面積

ヒンジピンに断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-8-004」参照)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 40^2 = 1256.637061$$

$$\Rightarrow \boxed{1257\text{mm}^2} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

n_1	本	本数	⑬ 4
-------	---	----	-----

n_1 : 扉体重量をうけもつヒンジ1ヶ所あたりのヒンジボルト (枠体側) の本数

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-8-004」参照)

A_{b1}	mm^2	断面積	⑭ 157
----------	---------------	-----	-------

A_{b1} : ヒンジボルト (枠体側) (M16) 1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表 1 に示す。

表 1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			単位 mm^2	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 $A_{s, \text{nom}}$	ねじの呼び	有効断面積 $A_{s, \text{nom}}$
M 1	0.25	0.460	M8 ×1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10×1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10×1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12×1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12×1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14×1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16×1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18×2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18×1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20×2	258
M 5	0.8	14.2	M20×1.5	272
M 6	1	20.1	M22×2	318
M 7	1	28.9	M22×1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24×2	384
M10	1.5	58.0	M27×2	496
M12	1.75	84.3	M30×2	621
M14	2	115	M33×2	761
M16	2	157	M36×3	865
M18	2.5	192	M39×3	1 030
M20	2.5	245	M42×3	1 210
M22	2.5	303	M45×3	1 400
M24	3	353	M48×3	1 600

$$A_{b1} = \boxed{157\text{mm}^2}$$

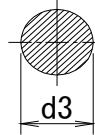


L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
-------	----	--------	------

L_3 : 地震時ロックバーに作用する軸支持間距離
(添付 ロック装置組立図「SWT-8-005」参照)

Z_3	mm^3	断面係数	⑯ 12271
-------	---------------	------	---------

Z_3 : ロックバーの断面係数
ロックバーの断面係数を算定する。
(添付 ロック装置組立図「SWT-8-005」参照)



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z_3 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 50^3 = 12271.8463$$

$$\Rightarrow \boxed{12271\text{mm}^3} \text{ (少数点以下第1位切下げ整数表示)}$$

A_3	mm^2	断面積	⑰ 1963
-------	---------------	-----	--------

A_3 : ロックバーの断面積
ロックバーの断面積を算定する。
(添付 ロック装置組立図「SWT-8-005」参照)

$$A_3 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 50^2 = 1963.495408$$

$$\Rightarrow \boxed{1963\text{mm}^2} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

n_2	本	本数	⑱ 4
-------	---	----	-----

n_2 : 扉体重量をうけもつロックバー1ヶ所あたりのロックボルトの本数
(添付 ロック装置組立図「SWT-8-005」参照)

A_{b2}	mm^2	断面積	①9 157
----------	---------------	-----	--------

A_{b2} : ロックボルト1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表 1 に示す。

表 1—一般用メートルねじの有効断面積

ねじの呼び	並目ねじ		細目ねじ		単位 mm^2
	ピッチ (mm)	有効断面積 $A_{s, \text{nom}}$	ねじの呼び	有効断面積 $A_{s, \text{nom}}$	
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2	
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2	
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5	
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1	
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1	
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125	
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167	
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204	
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216	
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258	
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272	
M 6	1	20.1	M22 × 2	318	
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333	
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384	
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496	
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621	
M14	2	115	M33 × 2	761	
M16	2	157	M36 × 3	865	
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030	
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210	
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400	
M24	3	353	M48 × 3	1 600	

$A_{b3} = 157 \text{mm}^2$



評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ヒンジ板	⑳ 84

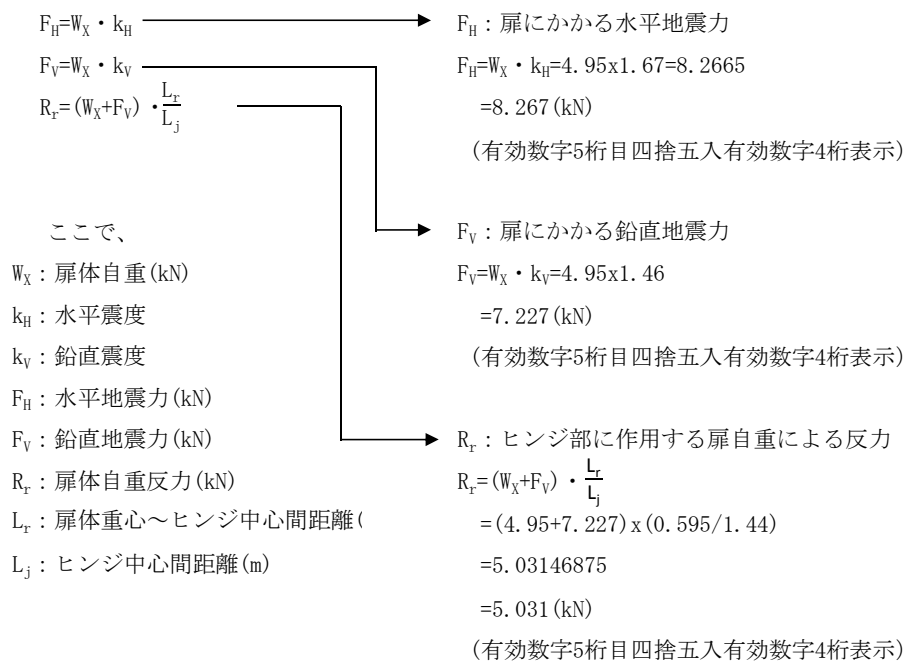
原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジ板部の発生応力度は

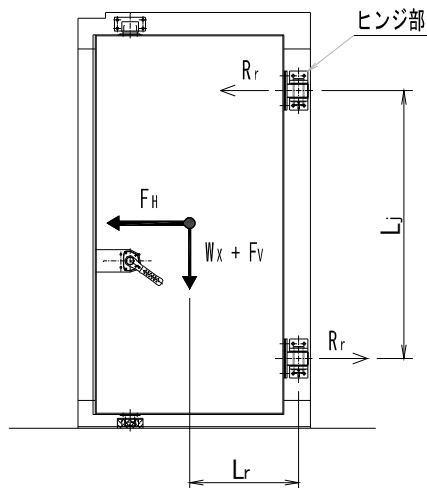
添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び(a)より算定する荷重から(2)断面検定a. (a)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を第4-3図に示す。





第4-3図 ヒンジ部に生じる荷重の例

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジ板に生じる荷重の例を第4-4図に示す。

$$M = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1 \longrightarrow M: \text{ヒンジ板に発生する扉自重による曲げモーメント}$$

ここで、

M: 曲げモーメント (kN・m)

W_X : 扉体自重 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

F_V : 鉛直地震力 (kN)

R_r : 扉体自重反力 (kN)

L_1 : 作用点間距離 (mm)

扉から扉枠へ地震荷重を伝達する部位ヒンジ部（扉部）、ヒンジアーム、ヒンジ板（扉枠部）において、一番厳しくなる評価部位となるヒンジ板（扉部）を評価する。ここでは、評価上厳しくなる弱軸方向に発生する曲げモーメントに対し保守的に、水平及び鉛直方向の荷重を考慮したものから次式のとおり算出する。

$$M = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(8.267/2) + 5.031}{2}\right)^2 + (4.95 + 7.227)^2} \times 0.0675$$

$$=0.878217138 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$=878.2 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \longrightarrow Q : \text{ヒンジ板に発生するせん断力}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

は、水平方向荷重及び鉛直方向を考慮し
次式より算定する。

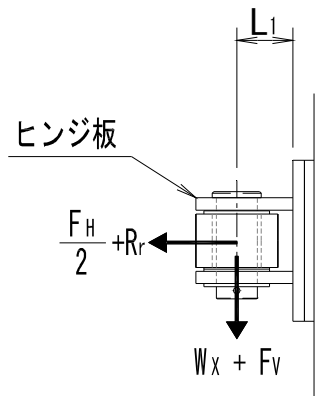
$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(8.267/2) + 5.031}{2}\right)^2 + (4.95 + 7.227)^2}$$

$$= 13.01062428$$

$$= 13.01 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-4図 ヒンジ板に生じる荷重の例

(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

a. ヒンジ部

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジ板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ヒンジ板に曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₁ : 断面係数 (mm³)

A₁ : 断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2} \\ &= \sqrt{(878.2/10666)^2 + 3 \cdot (13.01/1600)^2} \\ &= \sqrt{(0.082336396)^2 + 3 \cdot (0.00813125)^2} \\ &= 0.083532232 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{84 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジピン	② 33

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジピン部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び(b)より算定する荷重から(2)断面検定a.(b)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジピンに生じる荷重の例を第4-5図に示す。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8} \longrightarrow M: \text{ヒンジピンに発生する荷重として、ヒン}$$

ここで

M: 曲げモーメント(kN・m)

F_H: 水平地震力(kN)

R_r: 扉体自重反力(kN)

L₂: 軸支持間距離(mm)

B₂: ブッシュ長さ(mm)

ジ板支持部を支持間隔とした水平方向荷重がブッシュ幅でヒンジピンに作用することから、曲げモーメントを次式より求める。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8} \\ = \frac{((8.267/2) + 5.031) \times (2 \times 130 - 80)}{8}$$

$$= 206.20125 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 206.2 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} \longrightarrow Q: \text{上記水平荷重を負担する支持部の反力と}$$

ここで、

Q: せん断力(kN)

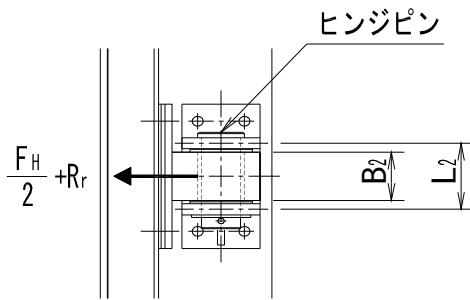
してせん断力が発生することから次式より求める。

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} = \frac{(8.267/2) + 5.031}{2}$$

$$= 4.58225$$

$$= 4.582 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-5図 ヒンジピンに生じる荷重の例

(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z_2}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_2}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

M : 曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{m}$)

Q : せん断力 (kN)

Z_2 : 断面係数 (mm^3)

A_2 : 断面積 (mm^2)

σ : ヒンジピンに水平方向荷重による曲げモーメントが作用する場合の応力度

$$\sigma = \frac{M}{Z_2} = 206.2 / 6283 = 0.032818717 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$

$$= 32.81871717 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$= \boxed{33 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

τ : ヒンジピンにせん断が作用する場合の応力度

$$\tau = \frac{Q}{A_2} = 4.582 / 1257 = 0.003645186 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$

$$= 3.645186953 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2\text{)}$$

$$= 4 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジボルト	㊸ 25

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジボルト部（枠体側）の発生応力度は、
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a. (c)より重
 算定する荷から(2)断面検定 a. (c) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重
 の例を第4-6図に示す。

$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2} \longrightarrow Q : \text{ヒンジボルト（枠体側）に発生する荷重}$$

は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力
 として発生することから次式よりもとめる

ここで、

Q : せん断力 (kN)

W_x : 扉体自重 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

F_V : 鉛直地震力 (kN)

R_r : 扉体自重反力 (kN)

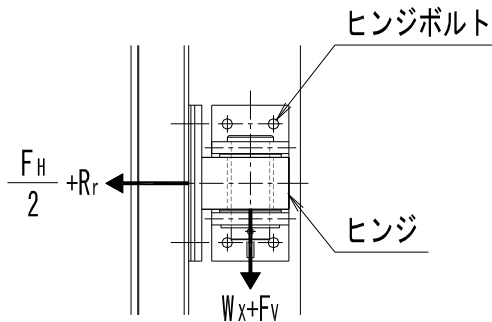
$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\left(\frac{8.267}{2}\right) + 5.031\right)^2 + (4.95 + 7.227)^2}$$

$$= 15.24032117 \text{ (kN)}$$

$$= 15.24 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-6図 ヒンジボルト（枠体側）に生じる荷重の例

(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}} \longrightarrow \tau : \text{ヒンジボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでヒンジ部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は ⑬のとおり4本である。}$$

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

Q : せん断力 (kN)

n_1 : 本数 (本)

A_{b1} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}} = 15.24 / (4 \times 157) \\ &= 0.024267515 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 24.26751592 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$= \boxed{25 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックバー	②③ 4

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のロックバー部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1) 荷重算定

b. (a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

b. ロックバー部

ロックバー部は、ロックバー及びロックボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を第4-7図に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H \longrightarrow F_H : \text{ロックバーに発生する荷重は、扉閉鎖時において発生する水平方向荷重が発生する}$$

$$F_H = W_X \cdot k_H = 4.95 \cdot 1.67 = 8.2665$$

$$= 8.267 \text{ (kN)}$$

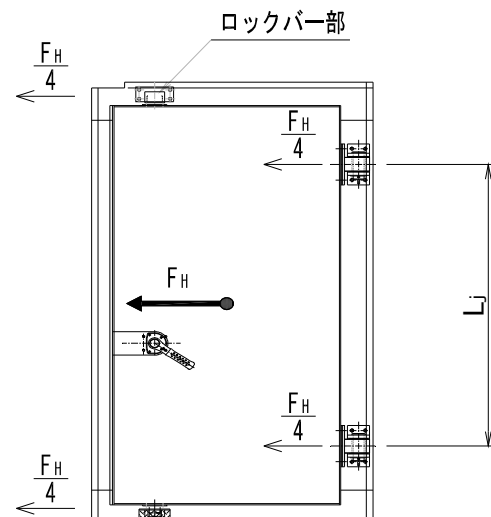
ここで

F_H : 水平地震力 (kN)

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

W_X : 扉体自重 (kN)

k_H : 水平震度



第4-7図 ロックバー部に生じる荷重の例

(a) ロックバー

ロックバーに生じる応力は、次式により算定する。ロックバーに生じる荷重の例を第4-8図に示す。

$$M = \frac{F_H}{4} \cdot L_3$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

F_H : 水平地震力 (kN)

L_3 : 作用点間距離 (mm)

M : ロックバー部に発生する水平荷重により
ロックバー受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。
この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はヒンジ部とロックバーの4か所で負担する。

$$M = \frac{F_H}{4} \cdot L_3 = (8.267/4) \times 19 = 39.26825 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$
$$= 39.27 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{F_H}{4}$$

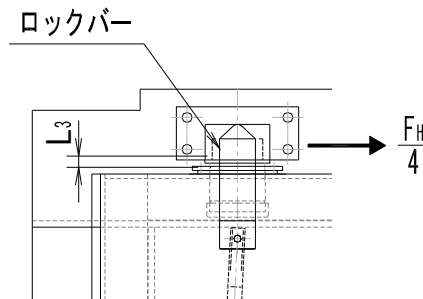
ここで、

Q : せん断力 (kN)

Q : ロックバー部に発生する水平荷重がせん断力として作用することから次式より求める。

$$Q = \frac{F_H}{4} = 8.267/4 = 2.06675 \text{ (kN)}$$
$$= 2.067 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-8図 ロックバー部に生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(a) ロックバー

ロックバーに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ロックバーの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ロックバーに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₃ : 断面係数 (mm³)

A₃ : 断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A_3)^2} \\ &= \sqrt{(39.27/12271)^2 + 3 \cdot (2.067/1963)^2} \\ &= \sqrt{(0.003200228)^2 + 3 \cdot (0.00105298)^2} \\ &= 0.003683444 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 3.683444026 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{4 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックボルト	②4 4

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のロックボルト部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定

b. (b)より算定する荷重から(2)断面検定d. の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ロックボルトに生じる荷重の例を第4-9図に示す。

$Q = \frac{F_H}{4}$ → Q : ロックバー部に発生する水平荷重がロックボルトにせん断力として作用することから次式より求める。

ここで、

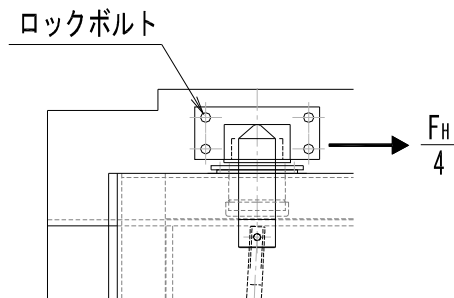
Q : せん断力 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

$$Q = \frac{F_H}{4} = 8.267 / 4 = 2.06675 \text{ (kN)}$$

$$= 2.067 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-9図 ロックボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} \longrightarrow \tau : \text{ロックボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここで}$$

ロックバー部1か所におけるせん断力負担

ボルト本数は⑩のとおり4本である。

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$)

Q : せん断力 (kN)

n_2 : 本数 (本)

A_{b2} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} = 2.067 / (4 \times 157)$$

$$= 0.003291401 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$

$$= 3.291401274 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$= \boxed{4 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジ板	②6 205

ヒンジ板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジ板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303：2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 (\text{N/mm}^2)$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから

許容限界値は、 $\lfloor 205 (\text{N/mm}^2) \rfloor$

表8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジピン	②6 345

ヒンジピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ40mm

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303：2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから

許容限界値は、 $\lfloor 345 \text{ (N/mm}^2\text{)} \rfloor$

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト	②7 118

ヒンジボルト（枠体側）の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジボルト（枠体側）の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303：2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、 $118 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックバー	② 345

ロックバーの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ50mm

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のロックバーの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303：2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 (\text{N/mm}^2)$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから

許容限界値は、 $\boxed{345 (\text{N/mm}^2)}$

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックボルト	②9 118

ロックボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のロックボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303：2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度 F 値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 (\text{N/mm}^2)$$

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、 $118 (\text{N/mm}^2)$

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジ板	③① 0.41

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジ板の許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する
発生応力度/許容限界値より前ページ ②① ②③ から
から

$$84/205=0.409756097$$

⇒0.41 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジピン	③① 0.10

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジピンの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出す
発生応力度/許容限界値より前ページ ②① ②⑥ から

$$33/345=0.095652173$$

⇒0.10 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジボルト	③② 0.22

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のヒンジボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出
発生応力度/許容限界値より前ページ ②② ②⑦ から

$$25/118=0.211864406$$

⇒0.22 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックバー	③③ 0.02

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のロックバーの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出す
発生応力度/許容限界値より前ページ ②③ ②⑧ から

$$4/345=0.011594202$$

⇒0.02 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックボルト	⑳ 0.04

原子炉建屋付属棟北側水密扉2のロックボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出
発生応力度/許容限界値より前ページ ㉔ ㉕ から

$$4/118=0.033898305$$

⇒0.04 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

その1 耐震評価
水密扉の耐震計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟南側水密扉）

1. 一般事項

本数値説明書は、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 における各水密扉の計算条件及び計算結果の内容を示す。

1.1 計算条件

計算結果算出にあたっては、添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 のとおりとする。

1.2 計算精度と数値の丸め方

「東海第二発電所 工事認可申請における本文及び添付資料の作成要領について」を準拠する。該当頁を次頁に添付する。

4.4 工認図書に用いる計算数値の丸め方

- (1) 各種計算書（ただし、計算機アウトプットを使用する場合は除く。）について
- a. 工認図書中の数値は、評価に用いる許容応力、算出応力及び最小厚さ等を除き、四捨五入を原則とする。
ただし、計算途中の数値については、計算機の保有の数値を使用してもよい。
また、計算途中の計算数値を表示する場合は、規格値及び設計値を除き有効4桁表示（（設計・建設規格記載の許容応力＝3桁）＋1桁）を原則とする。
 - b. 規格、基準等により決まる数値については丸めないことを原則とする。なお、詳細については、当該工認図書作成要領書による。要領書のない個別計算書は類似計算書の作成要領書による。
 - c. 当該又は類似要領書がない計算書等については、共通する項目を表4-1に示す。
 - d. 耐震・応力計算書の計算の計算数値の丸め方を表4-2に示す。
 - e. 強度計算書（基本板厚計算書）の計算数値の丸め方を表4-3に示す。
 - f. 工認添付書類の付録（作成要領書）によらない個別の計算書は、類似計算書の作成要領書に示す工認図書計算数値の丸め方一覧表に基づき、該当する項目について、数値の丸め方一覧表を記載する。
 - g. 円周率(π)を用いて計算する場合は、計算精度(有効数字6桁以上)を考慮した値を使用する。
- (2) 図面に記載する数値
- a. 工事計画の記載値を記載する。
 - b. 工事計画に記載のない数値については、数値の丸めは行わず、設計計画値を記載する。
- (3) 輸入品の数値の記載
- フィート、インチからの換算による表示桁数は他表示と同様となるように丸める。また、その処理方法は四捨五入とする。
- (4) 別途作成要領書で規定（準用）する場合
当該計算書作成要領書の規定による。

表4-1 工認図書計算数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処 理 桁	処 理 法	表 示 最 小 桁	備 考
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数	*1
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数	
最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 て	小数点以下第2位	
力	N	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四 捨 五 入	有効数字4桁	*2

注記*1： 規格、基準等により決まる数値については、丸めないで計算及び表示する。

(例：レール鋼の S_u 値＝784.5N/mm²(規格値)は、784N/mm²とは丸めない。)

*2： 計算の精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表4-2 耐震・応力計算における計算数値の丸め方一覧表

数 値 の 種 類	単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁	備 考
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	
縦 弾 性 係 数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
せん断弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	
断 面 積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
ボルト断面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
断 面 係 数	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
極断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数 位	
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
座 屈 の 評 価	—	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位	
角 度	rad	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位	
設 計 震 度	—	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位	

表4-3 強度計算（基本板厚計算）における計算数値の丸め方一覧表

数 値 の 種 類	単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁	備 考
圧 力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	
許 容 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
降 伏 点	MPa	小数点以下第1位	切 捨 て	整 数 位	
算 出 応 力	MPa	小数点以下第1位	切 上 げ	整 数 位	
長 さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切 上 げ	小数点以下第2位
	最 小 厚 さ	mm	小数点以下第3位	切 捨 て	小数点以下第2位
	開放タンクの水頭及び管台の内径	m	小数点以下第5位	四捨五入	小数点以下第4位
面 積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	
角 度	°	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位	
慣 性 モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁	

第4-7表 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
共通		W_X	kN	扉体自重	① 8.85
		k_H	—	水平震度	② 1.67
		k_V	—	鉛直震度	③ 1.46
ヒンジ	共通	L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.865 (865mm)
		L_j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.745 (1745mm)
	板	L_1	mm	作用点間距離	⑥ 111
		Z_1	mm ³	断面係数	⑦ 16666
		A_1	mm ²	断面積	⑧ 20000
	ピン	L_2	mm	軸支持間距離	⑨ 140
		B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 90
		Z_2	mm ³	断面係数	⑪ 6283
		A_2	mm ²	断面積	⑫ 1257
	ヒンジボルト	n_1	本	本数	⑬ 4
		A_{b1}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑭ 157

第4-7表 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位		記号	単位	定義	数値
ロックバー		L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
		Z_3	mm ³	断面係数	⑯ 12271
		A_3	mm ²	断面積	⑰ 1963
ロックボルト		n_2	本	本数	⑱ 4
		A_{b2}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	⑲ 157

第5-1表 原子炉建屋水密扉の耐震評価結果

名称	評価対象部位		発生応力度 (N/mm ²)	許容 限界値 (N/mm ²)	発生応力 度/許容 限界値
原子炉建屋付属棟 南側水密扉	ヒンジ部	板	⑳ 159	㉕ 205	㉑ 0.78
		ピン ^(注1)	㉑ 69	㉖ 345	㉒ 0.20
		ヒンジボルト	㉒ 46	㉗ 118	㉓ 0.39
	ロックバー部	ロックバー	㉓ 4	㉘ 345	㉔ 0.02
		ロックボルト	㉔ 4	㉙ 118	㉕ 0.04

(注1) せん断及び曲げのうち評価結果が厳しくなる曲げによる値を記載

(注2) 枠体を固定するアンカーについては、より荷重の大きな水圧荷重により強度計算書
の方で評価する。

(水圧荷重：Po=477.5(kN) > 耐震荷重：F_H=14.78(kN), F_V=12.92(kN))
(Po：水圧荷重は強度計算書による。)

W _x	kN	扉体自重	① 8.85
----------------	----	------	--------

K _H	—	水平震度	② 1.67
----------------	---	------	--------

K _V	—	鉛直震度	③ 1.46
----------------	---	------	--------

L _r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	④ 0.865
----------------	---	---------------	---------

L_r：扉重心位置からヒンジ中心間距離
(添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照)

L _j	m	ヒンジ中心間距離	⑤ 1.745
----------------	---	----------	---------

L_j：最遠端ヒンジ間のヒンジ中心間水平距離
(添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照)

L ₁	mm	作用点間距離	⑥ 111
----------------	----	--------	-------

L₁：ヒンジ板において地震による荷重が作用するヒンジ板枠体取付部からヒンジ板
ヒンジピン取付中心部間の水平距離
(添付 枠体組立図「SWT-13-003」参照)

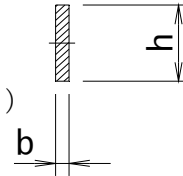
Z_1	mm^3	断面係数	⑦ 16666
-------	---------------	------	---------

Z_1 : ヒンジ板の断面係数

ヒンジ板の断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 $\alpha 3$ 材料力学 $\alpha-22$ ページより)



$$Z_1 = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 40 \times 50^2 = 16666.666$$

16666mm^2 (少数点以下第1位切下げ整数表示)

A_1	mm^2	断面積	⑧ 2000
-------	---------------	-----	--------

A_1 : ヒンジ板の断面積

ヒンジ板の断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

$$A_1 = 40 \times 50 = 2000\text{mm}^2$$

L_2	mm	作用点間距離	⑨ 140
-------	----	--------	-------

L_2 : ヒンジピンにおいて地震による荷重が作用するヒンジ板支持部におけるヒンジピン軸支持間の水平距離

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

B_2	mm	ブッシュ長さ	⑩ 90
-------	----	--------	------

B_2 : 地震時ヒンジピンに作用するブッシュ長さ

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

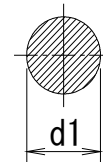
Z_2	mm^3	断面係数	⑪ 6283
-------	---------------	------	--------

Z_2 : ヒンジピンの断面係数

ヒンジピンの断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 $\alpha 3$ 材料力学 $\alpha-22$ ページより)



$$Z_2 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 40^3 = 6283.185307$$

$$\Rightarrow \boxed{6283\text{mm}^3} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

A ₂	mm ²	断面積	⑫ 1257
----------------	-----------------	-----	--------

A₂ : ヒンジピンの断面積

ヒンジピンに断面積を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 40^2 = 1256.637061$$

$$\Rightarrow \boxed{1257\text{mm}^2} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

n ₁	本	本数	⑬ 4
----------------	---	----	-----

n₁ : 扉体重量をうけもつヒンジ1ヶ所あたりのヒンジボルトの本数

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

A _{b1}	mm ²	断面積	⑭ 157
-----------------	-----------------	-----	-------

A_{b1} : ヒンジボルト (M16) 1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表 1 に示す。

表 1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 A _{s, nom}	ねじの呼び	有効断面積 A _{s, nom}
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272
M 6	1	20.1	M22 × 2	318
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621
M14	2	115	M33 × 2	761
M16	2	157	M36 × 3	865
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400
M24	3	353	M48 × 3	1 600

$$A_{b1} = \boxed{157\text{mm}^2}$$

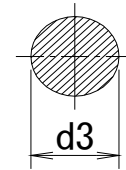


L_3	mm	作用点間距離	⑮ 19
-------	----	--------	------

L_3 : 地震時ロックバーに作用する軸支持間距離
(添付 ロック装置組立図「SWT-13-005」参照)

Z_3	mm^3	断面係数	⑯ 12271
-------	---------------	------	---------

Z_3 : ロックバーの断面係数
ロックバーの断面係数を算定する。
(添付 ロック装置組立図「SWT-13-005」参照)



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z_3 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \times 50^3 = 12271.8463$$

$$\Rightarrow \boxed{12271\text{mm}^3} \text{ (少数点以下第1位切下げ整数表示)}$$

A_3	mm^2	断面積	⑰ 1963
-------	---------------	-----	--------

A_3 : ロックバーの断面積
ロックバーの断面積を算定する。
(添付 ロック装置組立図「SWT-13-005」参照)

$$A_3 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times 50^2 = 1963.495408$$

$$\Rightarrow \boxed{1963\text{mm}^2} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数4桁表示)}$$

n_2	本	本数	⑱ 4
-------	---	----	-----

n_2 : 扉体重量をうけもつロックバー1ヶ所あたりのロックボルトの本数
(添付 ロック装置組立図「SWT-13-005」参照)

A_{b2}	mm^2	断面積	① 157
----------	---------------	-----	-------

A_{b2} : ロックボルト1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082 : 2009 より)

3.2 一般用メートルねじの有効断面積

JIS B 0205-3 に規定する一般用メートルねじの有効断面積を表 1 に示す。

表 1—一般用メートルねじの有効断面積

並目ねじ			細目ねじ	
ねじの呼び	ピッチ (mm)	有効断面積 $A_{k, \text{nom}}$	ねじの呼び	単位 mm^2
				有効断面積 $A_{k, \text{nom}}$
M 1	0.25	0.460	M8 × 1	39.2
M 1.2	0.25	0.732	M10 × 1.25	61.2
M 1.4	0.3	0.983	M10 × 1	64.5
M 1.6	0.35	1.27	M12 × 1.5	88.1
M 1.8	0.35	1.70	M12 × 1.25	92.1
M 2	0.4	2.07	M14 × 1.5	125
M 2.5	0.45	3.39	M16 × 1.5	167
M 3	0.5	5.03	M18 × 2	204
M 3.5	0.6	6.78	M18 × 1.5	216
M 4	0.7	8.78	M20 × 2	258
M 5	0.8	14.2	M20 × 1.5	272
M 6	1	20.1	M22 × 2	318
M 7	1	28.9	M22 × 1.5	333
M 8	1.25	36.6	M24 × 2	384
M10	1.5	58.0	M27 × 2	496
M12	1.75	84.3	M30 × 2	621
M14	2	115	M33 × 2	761
M16	2	157	M36 × 3	865
M18	2.5	192	M39 × 3	1 030
M20	2.5	245	M42 × 3	1 210
M22	2.5	303	M45 × 3	1 400
M24	3	353	M48 × 3	1 600

$$A_{b2} = 157 \text{mm}^2$$

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジ板	⑳ 159

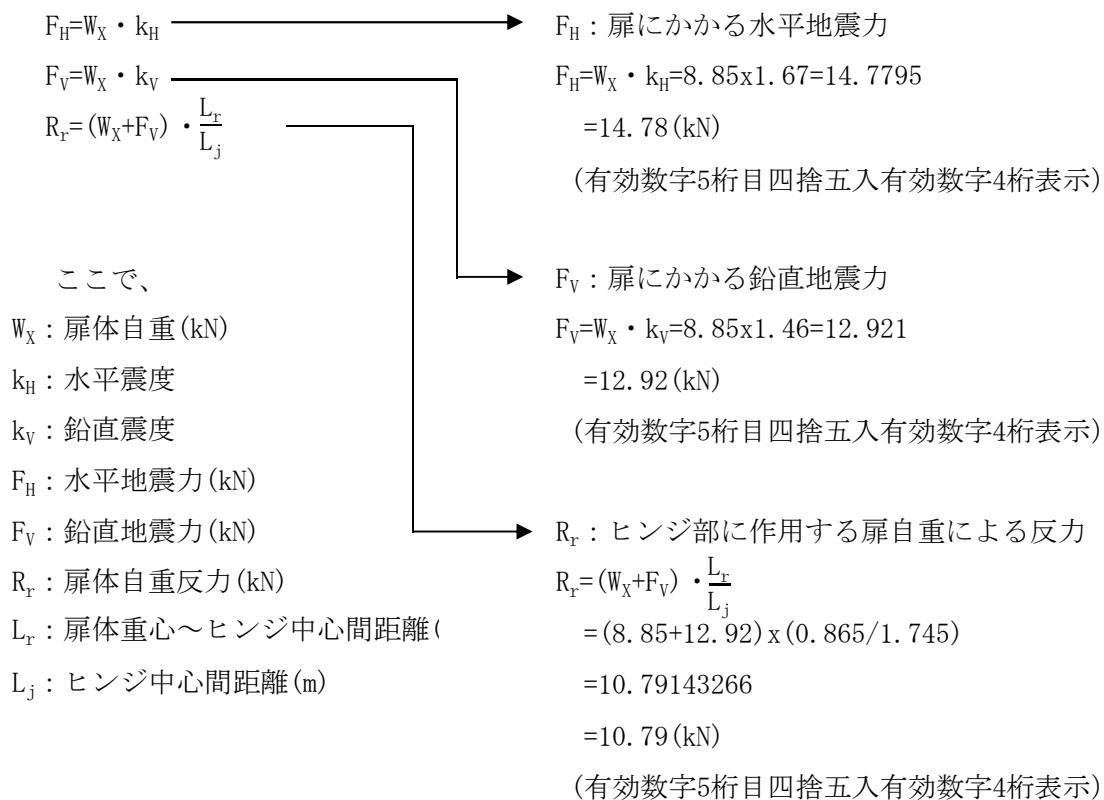
原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジ板部の発生応力度は

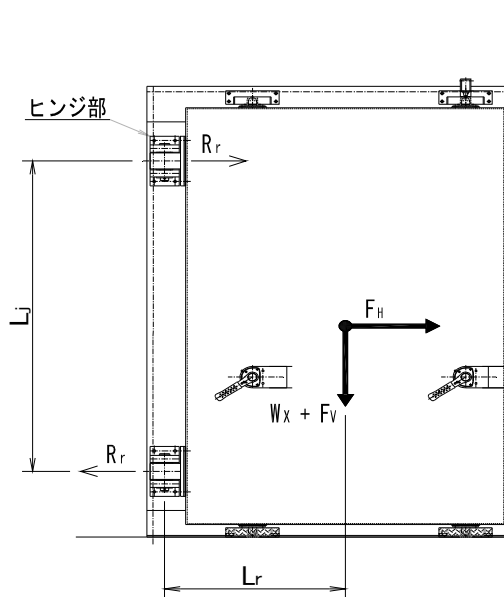
添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び(a)より算定する荷重から(2)断面検定a.(a)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を第4-3図に示す。





第4-3図 ヒンジ部に生じる荷重の例

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジ板に生じる荷重の例を第4-4図に示す。

$$M = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1 \longrightarrow M: \text{ヒンジ板に発生する扉自重による曲げモーメント}$$

ここで、

M: 曲げモーメント (kN・m)

W_X : 扉体自重 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

F_V : 鉛直地震力 (kN)

R_r : 扉体自重反力 (kN)

L_1 : 作用点間距離 (mm)

扉から扉枠へ地震荷重を伝達する部位ヒンジ部（扉部）、ヒンジアーム、ヒンジ板（枠体部）において、一番厳しくなる評価部位となるヒンジ板（枠体部）を評価する。ここでは、評価上厳しくなる弱軸方向に発生する曲げモーメントに対し保守的に、水平及び鉛直方向の荷重を考慮したもものから次式のとおり算出する。

$$M = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \cdot L_1$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(14.78/2) + 10.79}{2}\right)^2 + (8.85 + 12.92)^2} \times 0.111$$

$$=2.618661506 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$=2619 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2} \longrightarrow Q : \text{ヒンジ板に発生するせん断力}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

は、水平方向荷重及び鉛直方向を考慮し
次式より算定する。

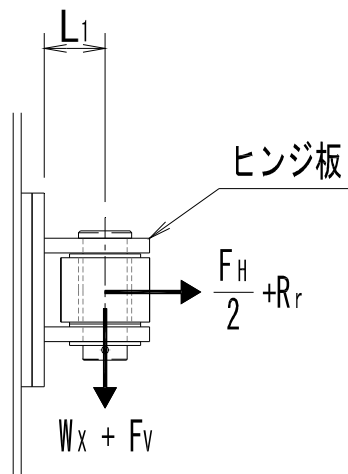
$$Q = \sqrt{\left(\frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{(14.78/2) + 10.79}{2}\right)^2 + (8.85 + 12.92)^2}$$

$$= 23.5915451$$

$$= 23.59 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-4図 ヒンジ板に生じる荷重の例

(2) 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が、許容限界値以下であることを確認する。なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、組合せを考慮する。

a. ヒンジ部

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジ板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ヒンジ板に曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで、

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₁ : 断面係数 (mm³)

A₁ : 断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2} \\ &= \sqrt{(2619/16666)^2 + 3 \cdot (23.59/2000)^2} \\ &= \sqrt{(0.1571463)^2 + 3 \cdot (0.011795)^2} \\ &= 0.158469 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{159 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジピン	㊶ 69

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジピン部の発生応力度は
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a.及び
 (b)より算定する荷重から(2)断面検定a. (b)の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジピンに生じる荷重の例を
 第4-5図に示す。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8} \longrightarrow M : \text{ヒンジピンに発生する荷重として、ヒン}$$

ここで

M : 曲げモーメント (kN・m)

F_H : 水平地震力 (kN)

R_r : 扉体自重反力 (kN)

L₂ : 軸支持間距離 (mm)

B₂ : ブッシュ長さ (mm)

ジ板支持部を支持間隔とした水平方向荷重
 がブッシュ幅でヒンジピンに作用すること
 から、曲げモーメントを次式より求める。

$$M = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right) \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8}$$

$$= \frac{\left(\left(\frac{14.78}{2}\right) + 10.79\right) \times (2 \times 140 - 90)}{8}$$

$$= 431.775 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 431.8 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} \longrightarrow Q : \text{上記水平荷重を負担する支持部の反力と}$$

ここで、

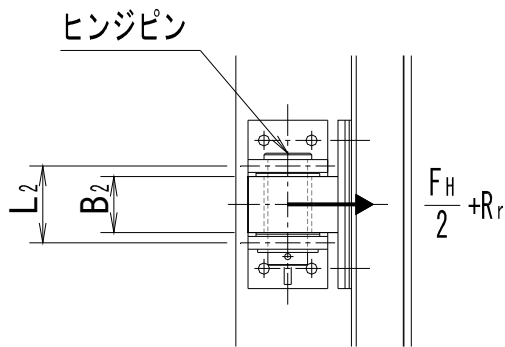
Q : せん断力 (kN)

してせん断力が発生することから次式よ
 り求める。

$$Q = \frac{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)}{2} = \frac{(14.78/2) + 10.79}{2}$$

$$= 9.090 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-5図 ヒンジピンに生じる荷重の例

(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z_2}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_2}$$

ここで、

σ : 曲げ応力度 (N・mm²)

τ : せん断応力度 (N・mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₂ : 断面係数 (mm³)

A₂ : 断面積 (mm²)

σ : ヒンジピンに水平方向荷重による曲げモーメントが作用する場合の応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z_2} = 431.8 / 6283 = 0.068725131 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 68.72513131 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= \boxed{69 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

τ : ヒンジピンにせん断が作用する場合の応力度

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_2} = 9.090 / 1257 = 0.007231503 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 7.23150358 \text{ (N・mm}^2\text{)} \\ &= 8 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度(N/mm ²)
ヒンジボルト	② 46

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジボルト部の発生応力度は、
 添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1)荷重算定 a. (c)より重
 算定する荷から(2)断面検定 a. (c) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重
 の例を第4-6図に示す。

$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

→ Q : ヒンジボルトに発生する荷重は、水平、鉛直方向の荷重によりせん断力として発生することから次式よりもとめる。

ここで、

Q : せん断力 (kN)

W_x : 扉体自重 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

F_V : 鉛直地震力 (kN)

R_r : 扉体自重反力 (kN)

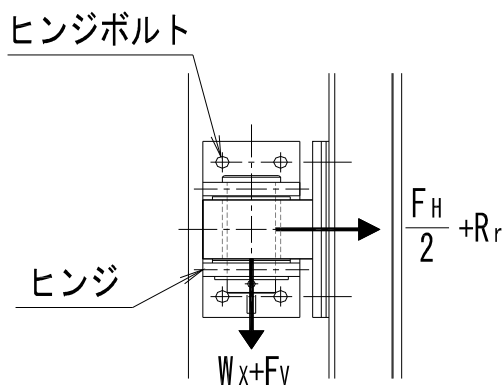
$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_H}{2} + R_r\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\left(\frac{14.78}{2}\right) + 10.79\right)^2 + (8.85 + 12.92)^2}$$

$$= 28.36274493 \text{ (kN)}$$

$$= 28.36 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-6図 ヒンジボルトに生じる荷重の例

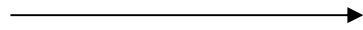
(2) 断面検定

a. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}}$$



τ : ヒンジボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでヒンジ部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は⑬のとおり4本である。

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

Q : せん断力 (kN)

n_1 : 本数 (本)

A_{b1} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n_1 \cdot A_{b1}} = 28.36 / (4 \times 157) \\ &= 0.045159235 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 45.15923567 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= \boxed{46 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックバー	⑳ 4

原子炉建屋付属棟南側水密扉のロックバー部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1) 荷重算定

b. (a)より算定する荷重から(2)断面検定b.の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 荷重算定

b. ロックバー部

ロックバー部は、ロックバー及びロックボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を第4-7図に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H \longrightarrow F_H: \text{ロックバーに発生する荷重は、扉閉鎖時において発生する水平方向荷重が発生する}$$

$$F_H = W_X \cdot k_H = 8.85 \cdot 1.67 = 14.7795$$

$$= 14.78 \text{ (kN)}$$

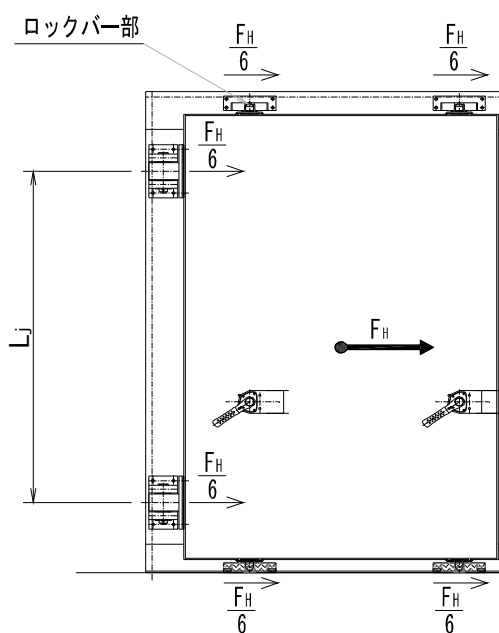
ここで

F_H : 水平地震力 (kN)

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

W_X : 扉体自重 (kN)

k_H : 水平震度



第4-7図 ロックバー部に生じる荷重の例

(a) ロックバー

ロックバーに生じる応力は、次式により算定する。ロックバーに生じる荷重の例を第4-8図に示す。

$$M = \frac{F_H}{6} \cdot L_3 \longrightarrow M: \text{ロックバー部に発生する水平荷重により}$$

ここで、

M: 曲げモーメント (kN・m)

F_H: 水平地震力 (kN)

L₃: 作用点間距離 (mm)

ロックバー受け部を支点として曲げモーメントが発生することから次式より求める。

この時の水平荷重は、扉閉鎖時に発生することから水平荷重はヒンジ部とロックバーの6か所で負担する。

$$M = \frac{F_H}{6} \cdot L_3 = (14.78/6) \times 19$$

$$= 46.80333333 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 46.80 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q = \frac{F_H}{6} \longrightarrow Q: \text{ロックバー部に発生する水平荷重がせん}$$

ここで、

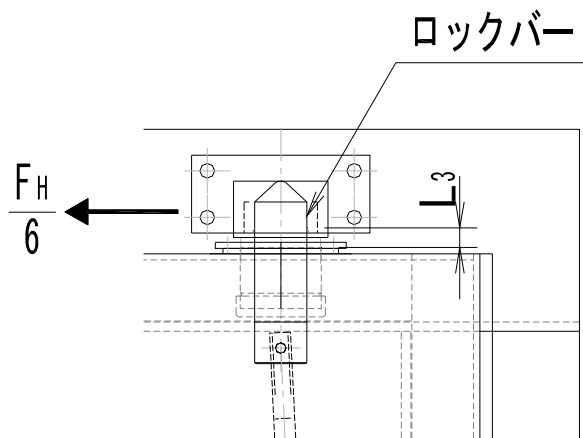
Q: せん断力 (kN)

断力として作用することから次式より求める。

$$Q = \frac{F_H}{6} = 14.78/6 = 2.4633333 \dots \text{ (kN)}$$

$$= 2.463 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-8図 ロックバー部に生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(a) ロックバー

ロックバーに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を次式により算定し、ロックバーの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A)^2} \longrightarrow \sigma : \text{ロックバーに曲げとせん断が同時作用する場合の応力度}$$

ここで

σ : 組合せ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z₃ : 断面係数 (mm³)

A₃ : 断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M}{Z_3}\right)^2 + 3 \cdot (Q/A_3)^2} \\ &= \sqrt{(46.8/12271)^2 + 3 \cdot (2.463/1963)^2} \\ &= \sqrt{(0.00381387)^2 + 3 \cdot (0.001254712)^2} \\ &= 0.003818592 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 3.818592907 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{4 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ロックボルト	②4 4

原子炉建屋付属棟南側水密扉のロックボルト部の発生応力度は

添付資料 その1耐震評価 水密扉の耐震計算書 4.4 評価方法 (1) 荷重算定

b. (b)より算定する荷重から(2)断面検定d.の検定式により発生応力度を算定する。

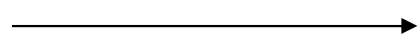
(1) 荷重算定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ロックボルトに生じる荷重の例を第4-9図に示す。

$$Q = \frac{F_H}{6}$$



Q : ロックバー部に発生する水平荷重がロックボルトにせん断力として作用することから次式より求める。

ここで、

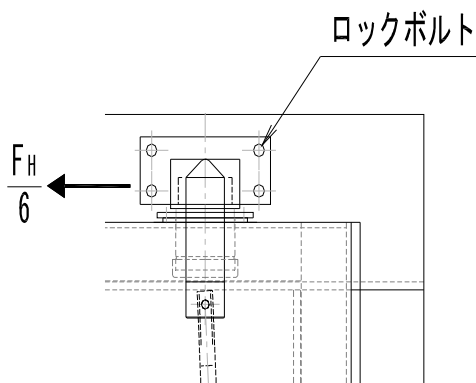
Q : せん断力 (kN)

F_H : 水平地震力 (kN)

$$Q = \frac{F_H}{6} = 14.78/6 = 2.463333... \text{ (kN)}$$

$$= 2.463 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第4-9図 ロックボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

b. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} \longrightarrow \tau : \text{ロックボルトに発生するせん断力によるせん断応力度を次式より求める。ここでロックバー部1か所におけるせん断力負担ボルト本数は⑱のとおり4本である。}$$

ここで、

τ : せん断応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$)

Q : せん断力 (kN)

n_2 : 本数 (本)

A_{b2} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} = 2.463 / (4 \times 157)$$

$$= 0.003921974 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$

$$= 3.921974522 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$= \boxed{4 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジ板	㊟ 205

ヒンジ板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟南側水密扉ヒンジ板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

ここで、曲げ許容応力度は、 $F/1.5$ となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^㉑ %	硬さ ^㉒			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^㉓ 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジピン	② 345

ヒンジピンの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ40mm

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジピンの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8- オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{*)} %	硬さ ^{*)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{*)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト	⑳ 118

ヒンジボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、 $118 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックバー	⑳ 345

ロックバーの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304N2
- ・直径：φ50mm

原子炉建屋付属棟南側水密扉のロックバーの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303：2012」P1213より

耐力 345N/mm²、引張強さ 690N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (345, 690 \times 0.7) = 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、曲げ許容応力度は、F/1.5となり、短期に生じる応力は、1.5倍とすることから許容限界値は、 $345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

表 8—オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックボルト	② 118

ロックボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：SUS304

原子炉建屋付属棟南側水密扉のロックボルトの許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」P1213より

耐力 205N/mm²、引張強さ 520N/mm²から許容曲げ応力度を求める。

「国土交通省告示」より

基準強度F値は、降伏点(耐力)及び引張強さの70%のどちらか小さい値より

$$F = \text{MIN} (205, 520 \times 0.7) = 205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ になるので、

許容限界値は、118 (N/mm²)

表 8-オーステナイト系の固溶化熱処理状態の機械的性質

種類の記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り ^{a)} %	硬さ ^{b)}			適用寸法 (径, 対辺距離 又は厚さ)
					HBW	HRBS ^{c)} 又は HRBW	HV	
SUS201	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	241 以下	100 以下	253 以下	180 mm 以下
SUS202	275 以上	520 以上	40 以上	45 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS301	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	207 以下	95 以下	218 以下	
SUS302	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Se	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS303Cu	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS304N1	275 以上	550 以上	35 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304N2	345 以上	690 以上	35 以上	50 以上	250 以下	100 以下	260 以下	
SUS304LN	245 以上	550 以上	40 以上	50 以上	217 以下	95 以下	220 以下	
SUS304J3	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS305	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS309S	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS310S	205 以上	520 以上	40 以上	50 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS312L	300 以上	650 以上	35 以上	40 以上	223 以下	96 以下	230 以下	
SUS316	205 以上	520 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	
SUS316L	175 以上	480 以上	40 以上	60 以上	187 以下	90 以下	200 以下	

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジ板	③① 0.78

原子炉建屋付属棟南側水密扉ヒンジ板の許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ ②① ②⑤ から

から

$$159/205=0.77561$$

$$\Rightarrow 0.78 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジピン	③① 0.20

原子炉建屋付属棟南側水密扉ヒンジピンの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ ②① ②⑥ から

$$69/345=0.20$$

$$\Rightarrow 0.20 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ヒンジボルト	③② 0.39

原子炉建屋付属棟南側水密扉ヒンジボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出す。

発生応力度/許容限界値より前ページ ②② ②⑦ から

$$46/118=0.389830508$$

$$\Rightarrow 0.39 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックバー	③③ 0.02

原子炉建屋付属棟南側水密扉ロックバーの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出する。

発生応力度/許容限界値より前ページ ②③ ②⑧ から

$$4/345=0.011594202$$

$$\Rightarrow 0.02 \text{ (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)}$$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
ロックボルト	③④ 0.04

原子炉建屋付属棟南側水密扉ロックボルトの許容限界値に対する発生応力度の裕度を算出す。
発生応力度/許容限界値より前ページ ②④ ②⑨ から

$$4/118=0.033898305$$

⇒0.04 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)