

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

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-60-2 改0
提出年月日	平成30年7月17日

工事計画に係る補足説明資料

補足-60-2 水密扉の強度に関する説明書の補足説明資料

平成30年7月

日本原子力発電株式会社

水密扉の強度計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋原子炉棟水密扉）

■ 強度計算 (No14) 【原子炉建屋原子炉棟】

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	—	—	14.8	—	1.03	—

津波による外部からの荷重を正圧とする。

上記の条件より下表の部位を評価する。

扉枠取付箇所		躯体開口	
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	—
		アンカー	—
	カンヌキ部	カンヌキ	—
		カンヌキ受けピン	—
		カンヌキ受けボルト	—
		アンカー	—

凡例 ○ : 評価箇所を示す。

— : 評価対象外を示す。

G	kN	扉体自重	<i>I</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)

G2 : 枠本体(強度計算では含めない)

G : 合計(強度計算では枠本体の自重は含めない)

--

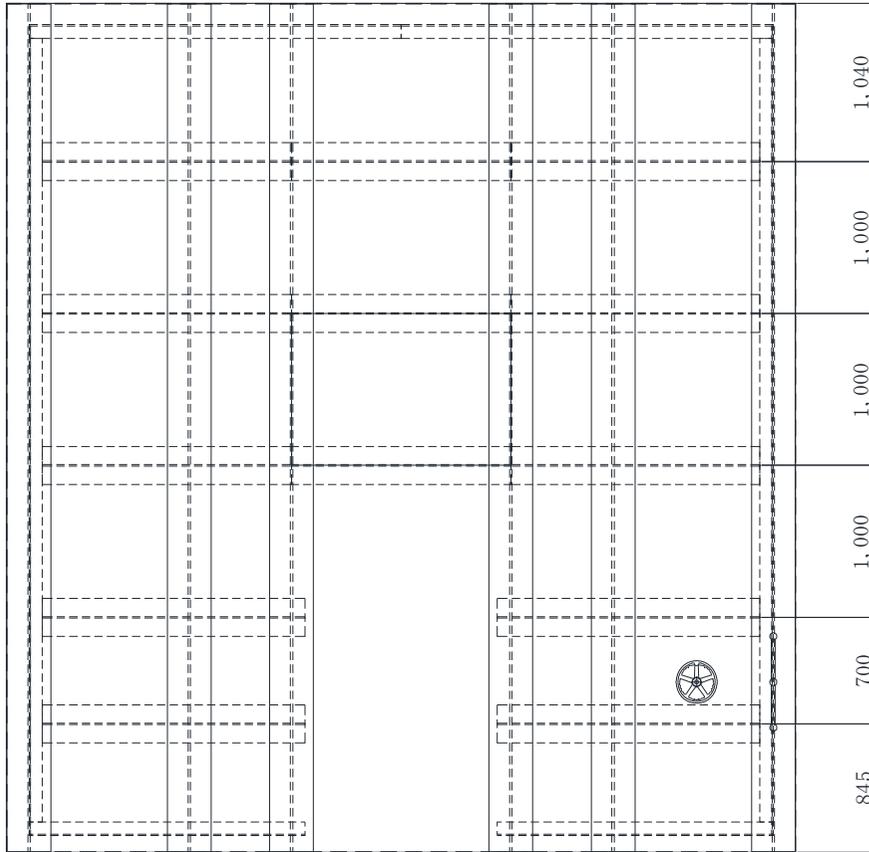
凡例:

	は入力値
	は計算値
	は既に入力又は計算された値

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

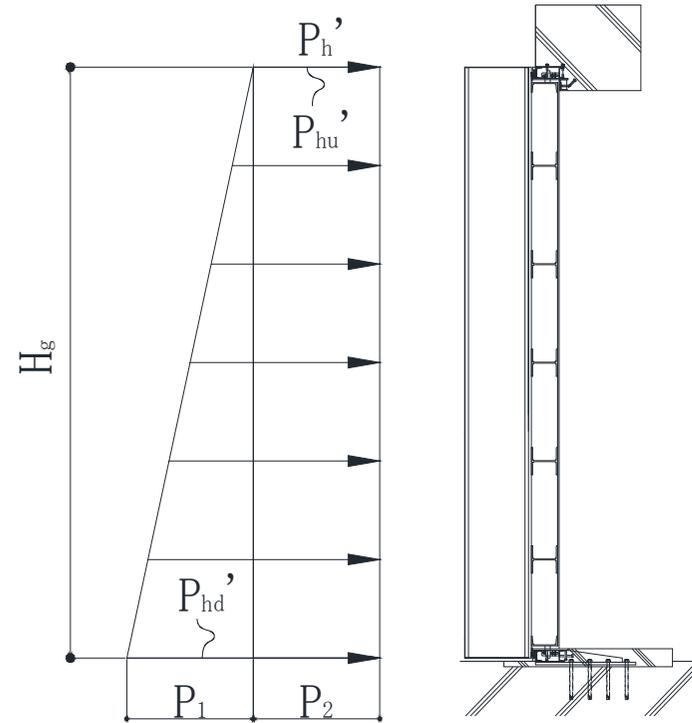
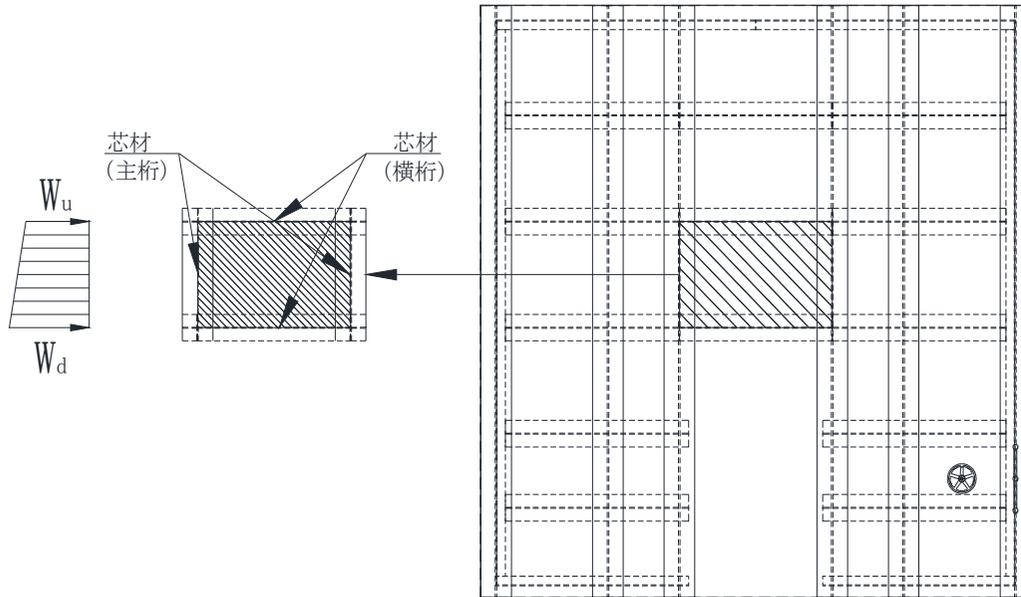
L:扉体の区画短辺の長さ
 該当部位は、次の通り。

L
L ₁
L ₂
L ₃
L ₄
L ₅
L ₆



W_u	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重	3	170.1
-------	------	-------------------	---	-------

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 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_u = P_{hu}' \cdot L_y$$

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

$$P_{hu}' = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times 11.225 = 113.382 = 113.4 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

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) = 11.225 (m)

L_y : 受圧幅 =

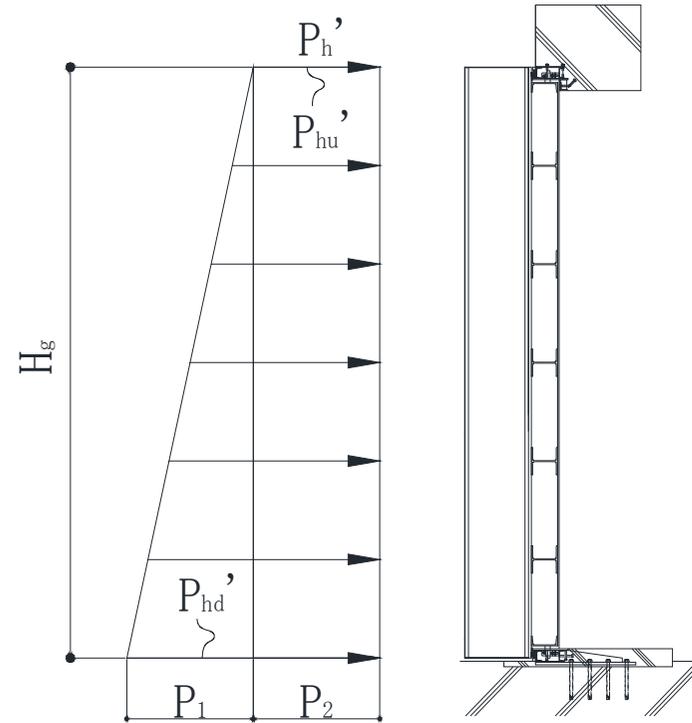
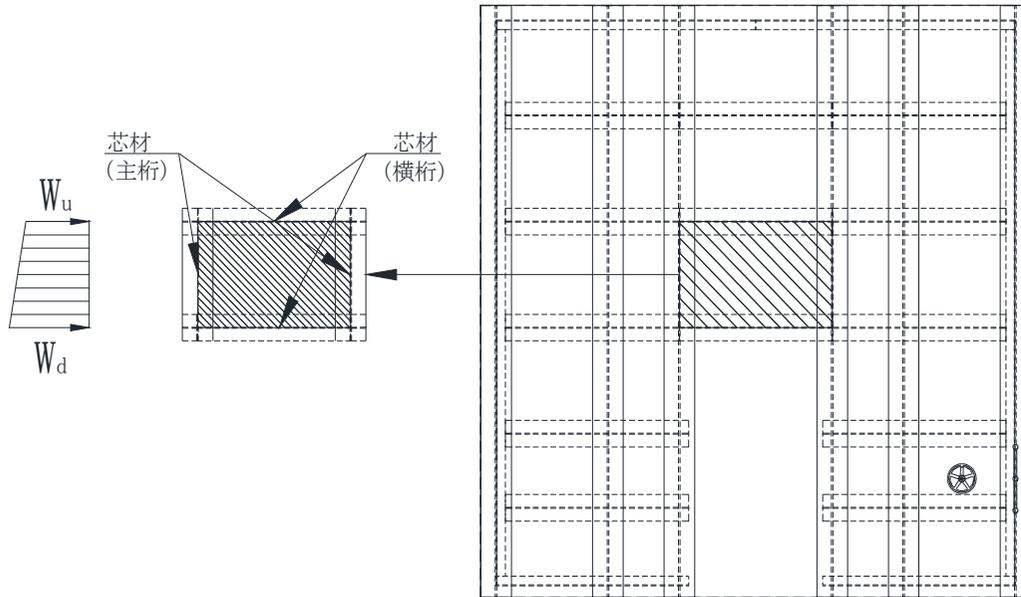
$$W_u = P_{hu}' \cdot L_y = 113.4 \times 1.500 = 170.1 = 170.1 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

L	区画短辺の長さ	h_u	P_{hu}'	W_u
L ₁		9.185	92.78	139.2
L ₂		10.225	103.3	155.0
L ₃		11.225	113.4	170.1
L ₄		12.225	123.5	185.3
L ₅		13.225	133.6	200.4
L ₆		13.925	140.7	211.1

採用→

W_d	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重	4	185.3
-------	------	-------------------	---	-------

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 3.3 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

$$P_{hd}' = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times 12.225 = 123.4829 = 123.5 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

g : 重力加速度9.80665 (m/s²)

$$h_d : \text{当該部分の浸水深さ(区画下端高さを考慮)} = 11.225 + 1.000 = 12.225 \text{ (m)} \quad \text{図より}$$

L_y : 受圧幅



$$W_d = P_{hd}' \cdot L_y = 123.5 \times 1.500 = 185.25 = 185.3 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

L	区画短辺の長さ	h_d	P_{hd}'	W_d
L ₁		10.225	103.3	155.0
L ₂		11.225	113.4	170.1
採用→ L ₃		12.225	123.5	185.3
L ₄		13.225	133.6	200.4
L ₅		13.925	140.7	211.1
L ₆		14.770	149.2	223.8

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

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

	$\frac{l_y}{l_x}$	計算値	M_{x1}
L			0.08
L ₁			0.08
L ₂			0.08
L ₃			0.08
L ₄			0.08
L ₅			0.085
L ₆			0.085

採用 →

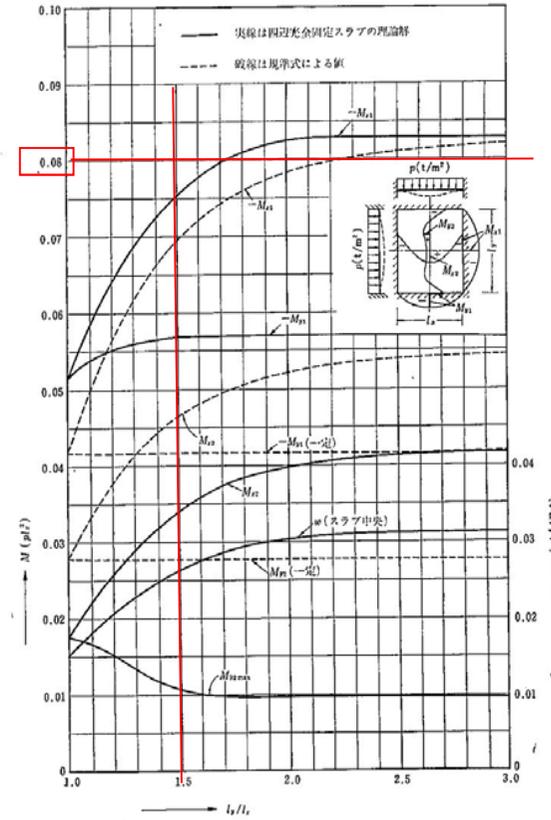


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

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	l_x		0.05
L ₁			0.05
L ₂			0.05
L ₃			0.05
L ₄			0.05
L ₅			0.05
L ₆			0.05

採用 →

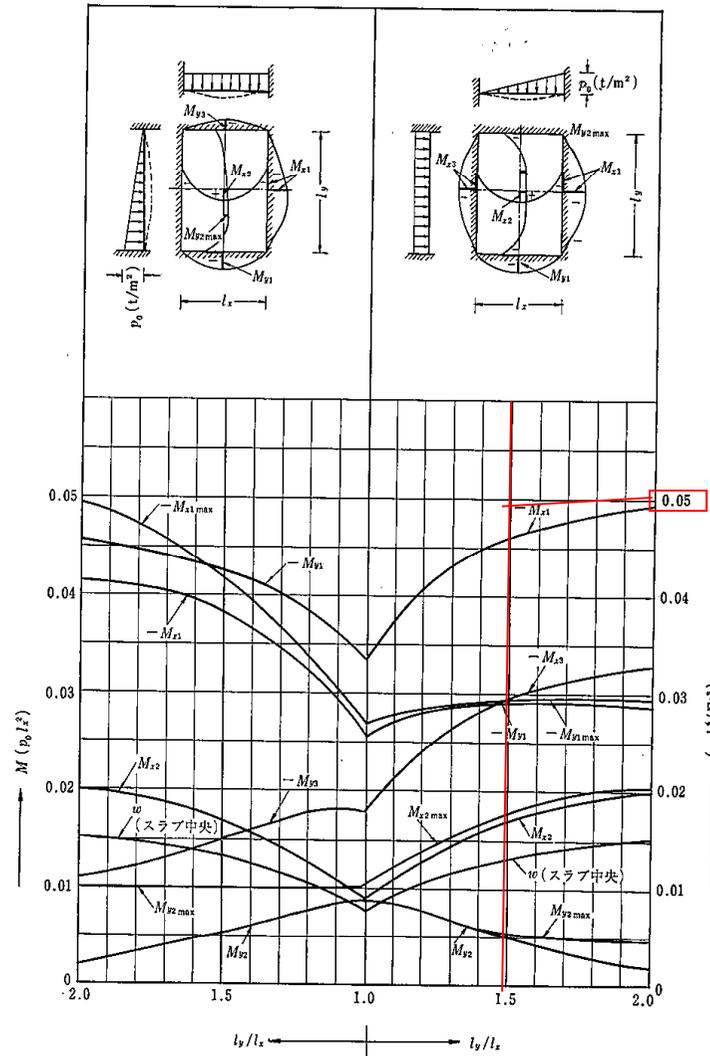
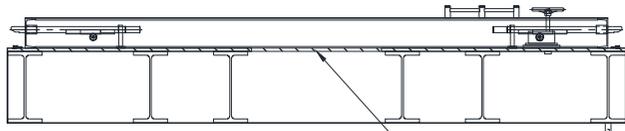


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

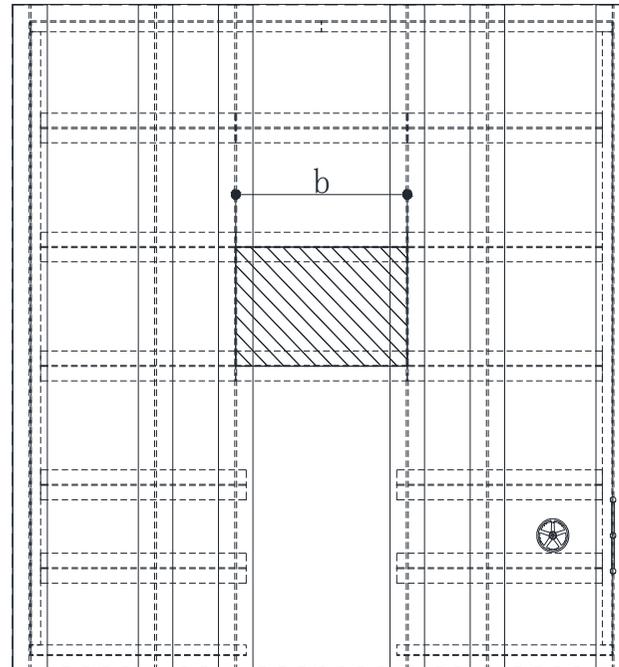
Z	mm ³	最小断面係数	7	196000
---	-----------------	--------	---	--------

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)



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

(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

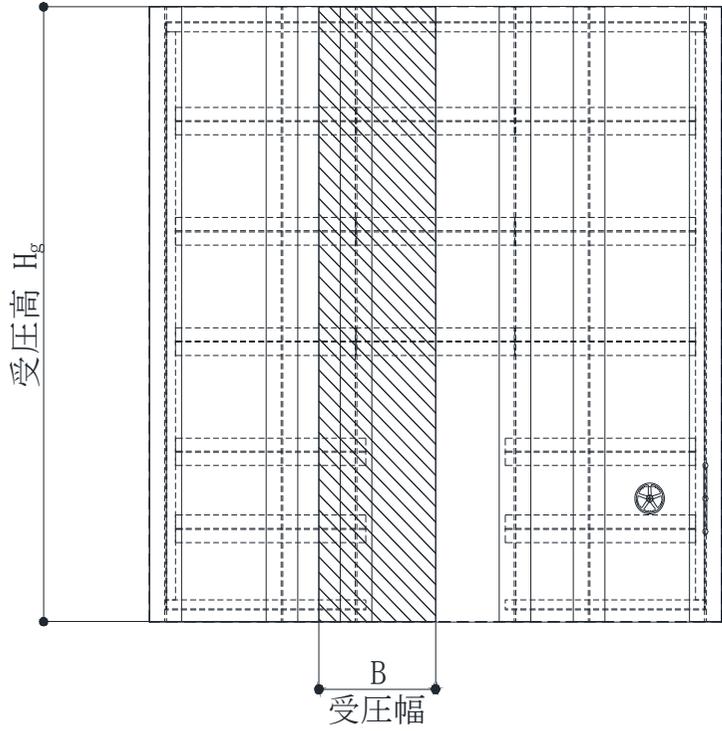
h: パネル厚さ PL- 28 mm

採用→

b	h	Z
		196000
		196000
		196000
		196000
		196000
		196000

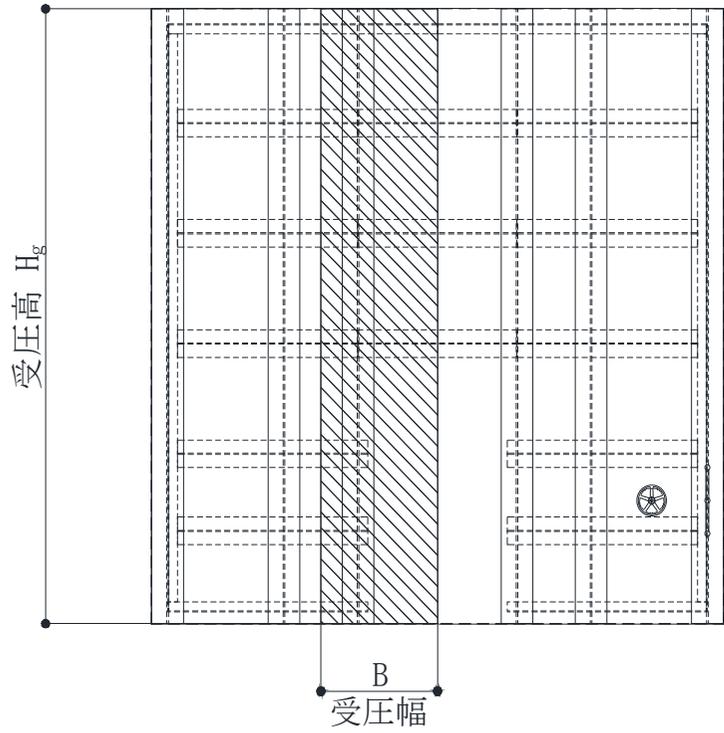
H_g	m	受圧高	δ	
-------	---	-----	----------	--

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	
---	---	-----	---	--

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 静水圧荷重(上部)	10	113.4
----------	----------	----------------------------	----	-------

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(上部)

添付資料 3.3荷重及び荷重の組み合わせ(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○表3.3-1より

ρ : 水の密度 1.03 (t/m^3)

水圧作用高さE.L. 14.80 (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 9.185 (m)

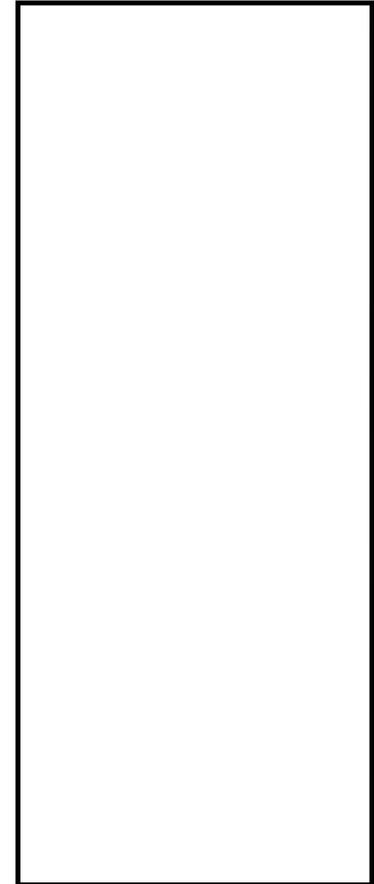
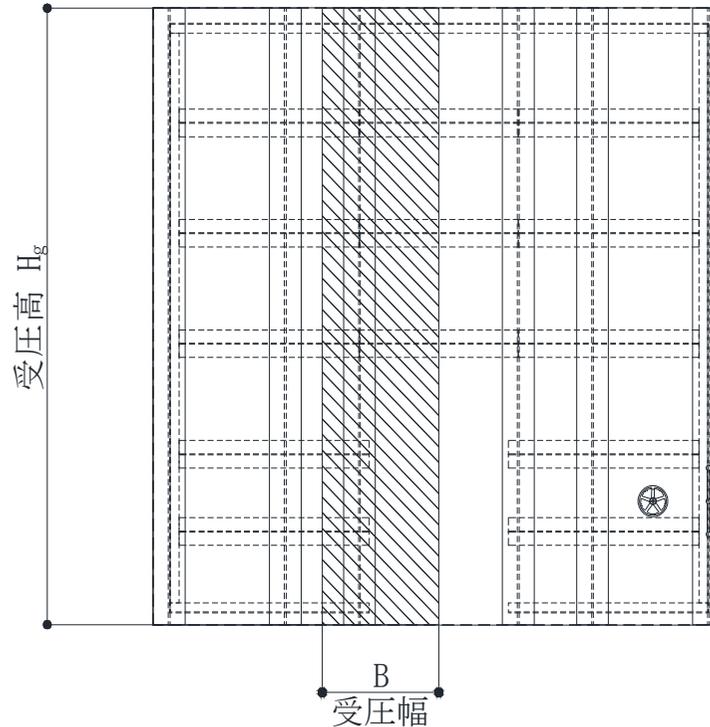
$$P_{hu} = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times (14.80 - 0.030 - 5.585)$$

$$= 1.03 \times 9.80665 \times 9.185 = 92.7763$$

$$= 92.78 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

L	区画短辺の長さ	h_u	P_{hu}
L_1		9.1850	92.78
L_2		10.225	103.3
L_3		11.225	
L_4		12.225	123.5
L_5		13.225	133.6
L_6		13.925	140.7

採用→



P_{hd}	kN/m^2	浸水津波荷重又は溢水による 静水圧荷重(下部)	11	123.5
----------	----------	----------------------------	----	-------

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

添付資料 3.3 荷重及び荷重の組み合わせ(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○表3.3-1より

ρ : 水の密度 1.03 (t/m^3)

水圧作用高さE.L. 14.80 (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)

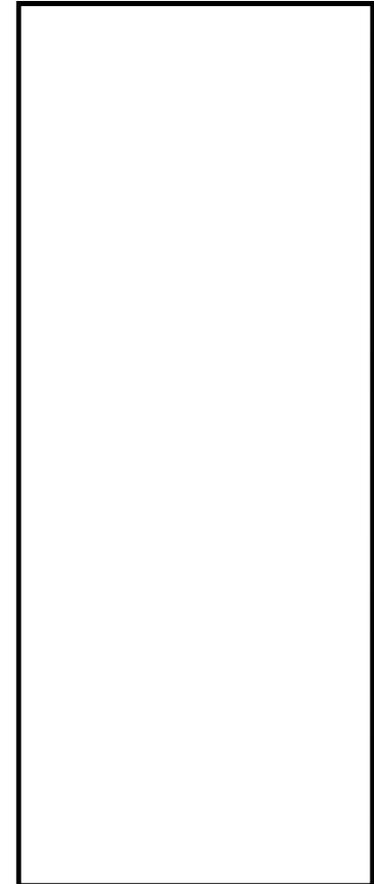
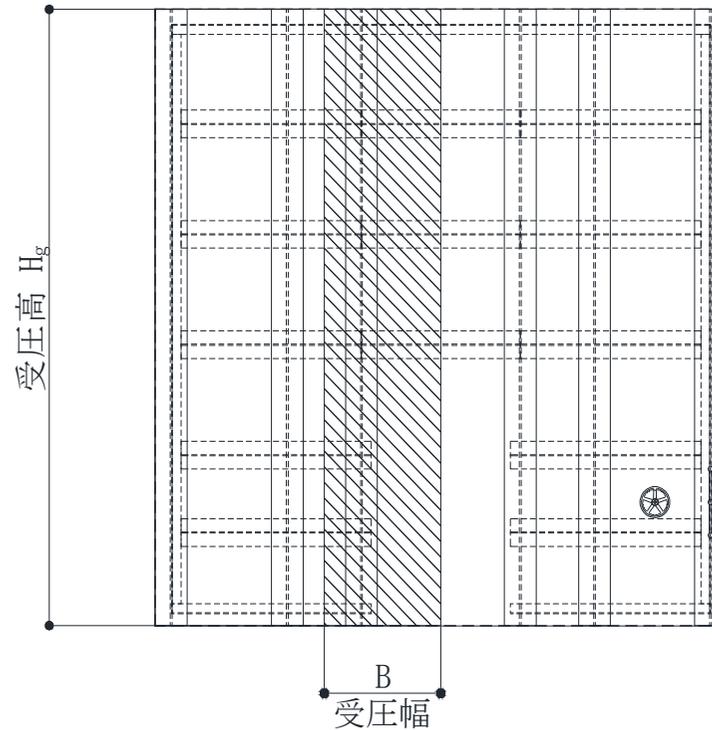
$$P_{hd} = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times (14.80 - 0.030)$$

$$= 1.03 \times 9.80665 \times 14.77 = 149.1895$$

$$= 149.2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

L	区画短辺の長さ	h_d	P_{hd}
L_1		10.23	103.3
L_2		11.23	113.4
L_3		12.23	
L_4		13.23	133.6
L_5		13.93	140.7
L_6		14.77	149.2

採用→



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)



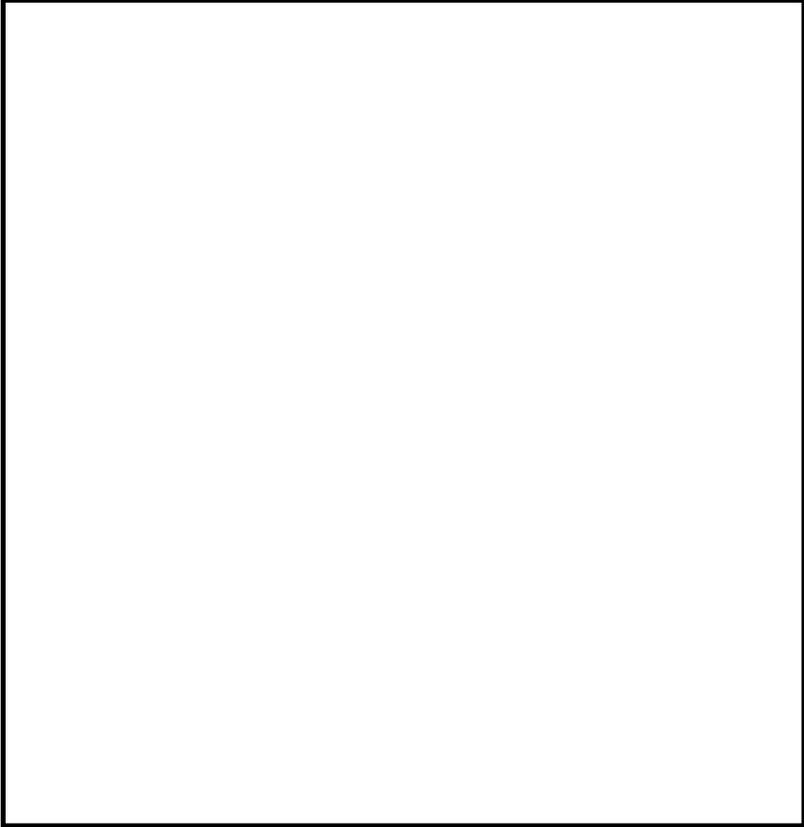
A	mm ²	断面積	13	27920
---	-----------------	-----	-----------	-------

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	
---	---	-------	----	--

Y: 芯材(主桁)の主桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



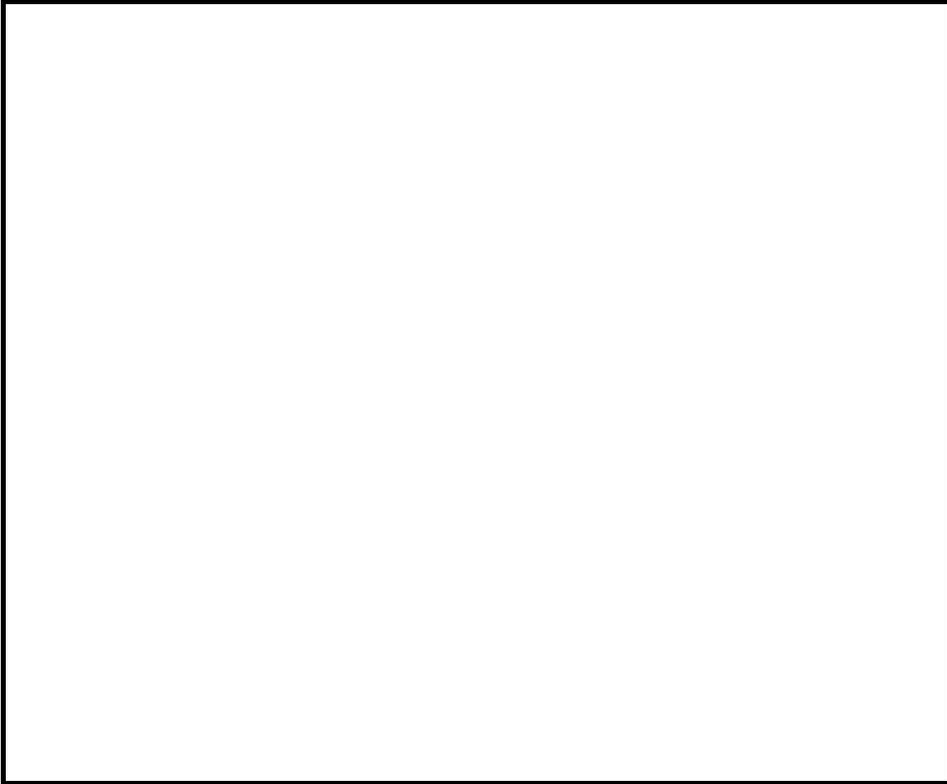
a1	m	横桁ピッチ	15
a2	m	横桁ピッチ	16
a3	m	横桁ピッチ	17
a4	m	横桁ピッチ	18
a5	m	横桁ピッチ	19
a6	m	横桁ピッチ	20
a1	m	横桁ピッチ	15

a1～a6:芯材(横桁)の横桁ピッチ
 当該部分は、以下のとおり。



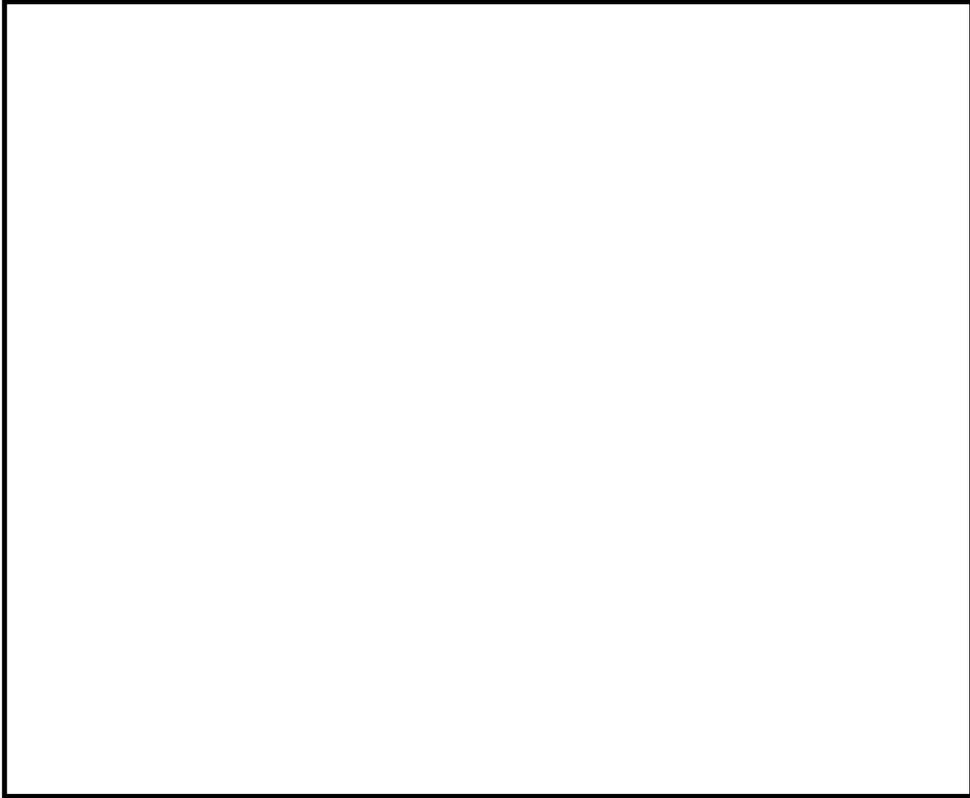
a2	m	横桁ピッチ	16	
----	---	-------	----	--

a2: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



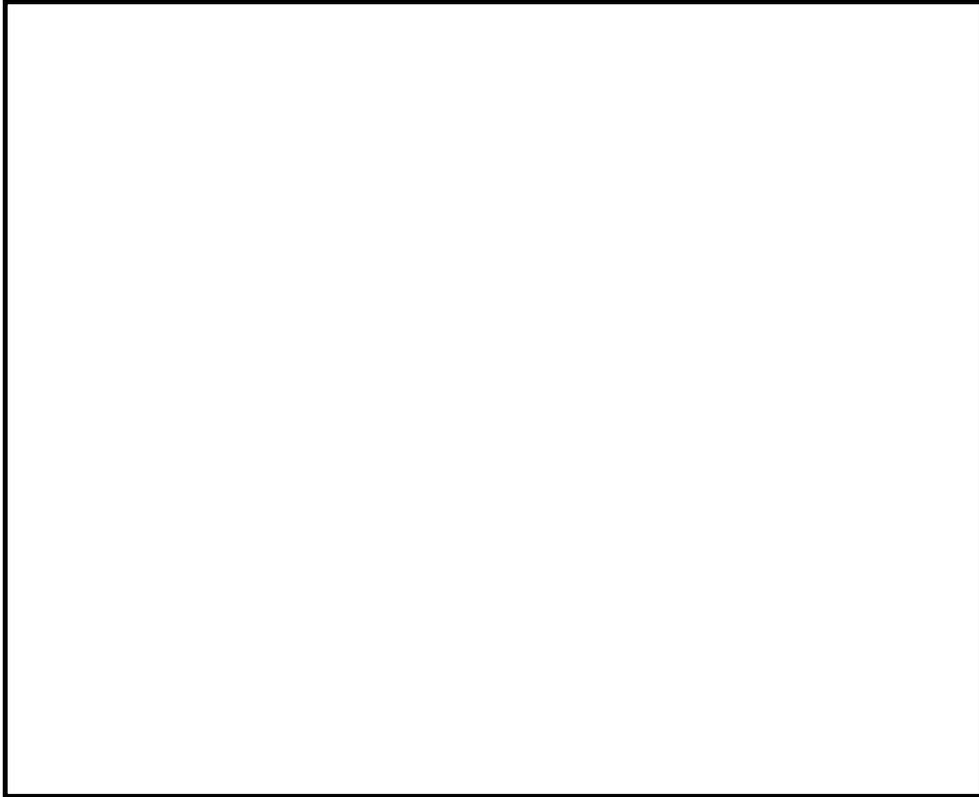
a3	m	横桁ピッチ	17	
----	---	-------	----	--

a3: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



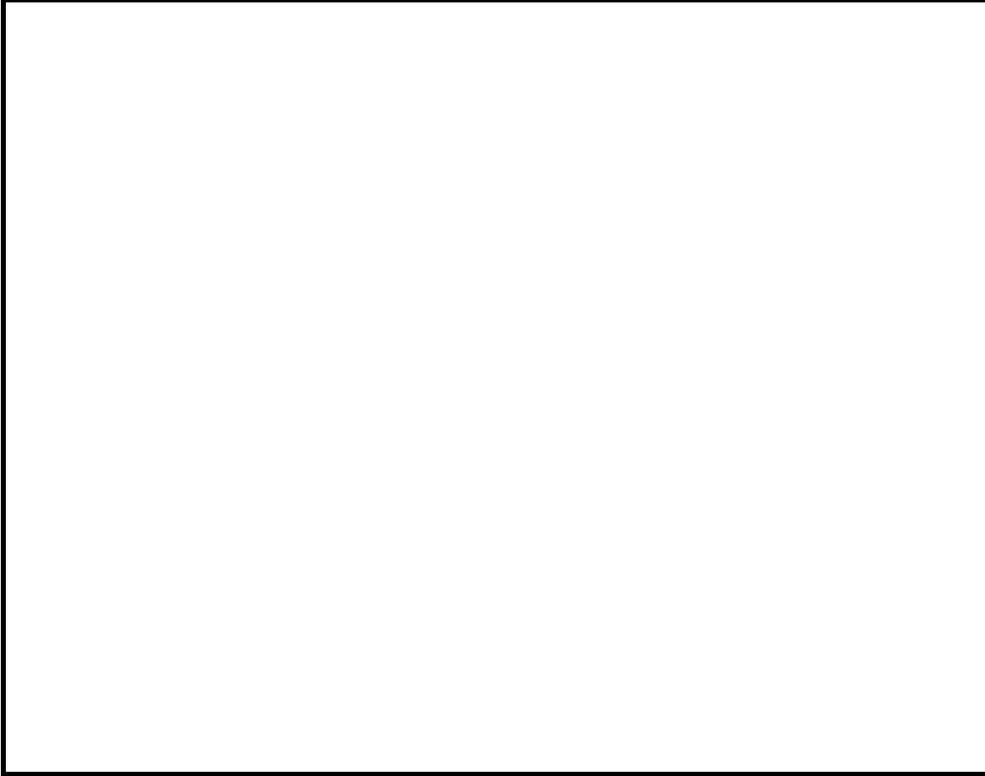
a4	m	横桁ピッチ	18	
----	---	-------	----	--

a4: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



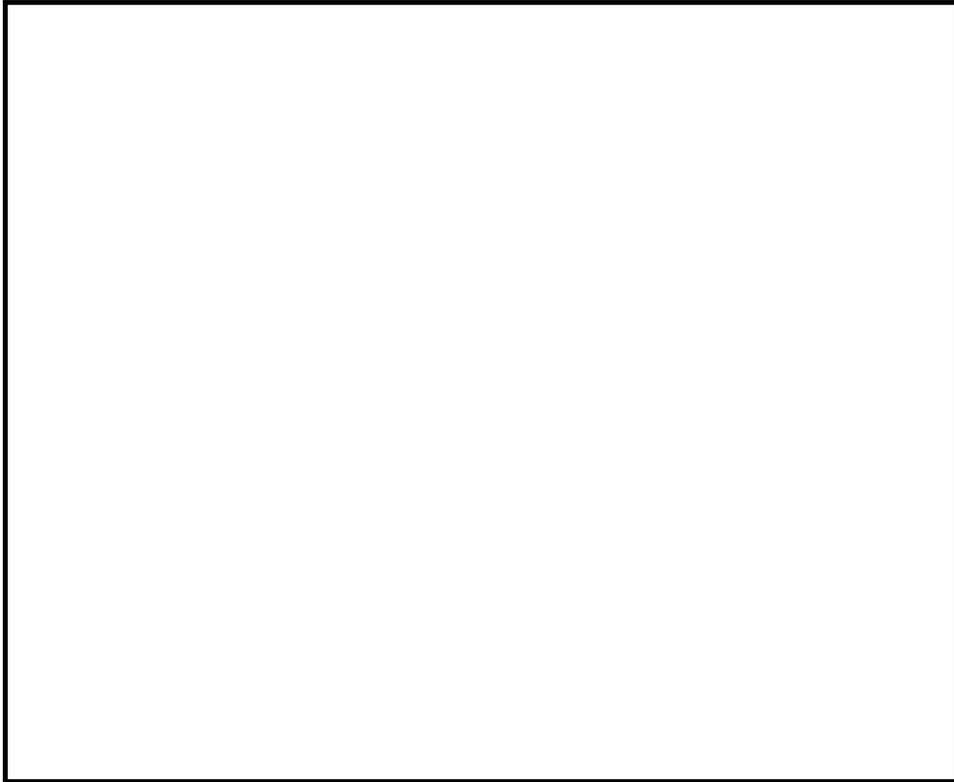
a5	m	横桁ピッチ	19	
----	---	-------	----	--

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	
----	---	-------	----	--

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	津波荷重	21	98.03
----	-------------------	------	----	-------

P1: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P1 = P_{h1}'$$

ここで

P_{h1}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h1}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 9.705 = 98.02874$$

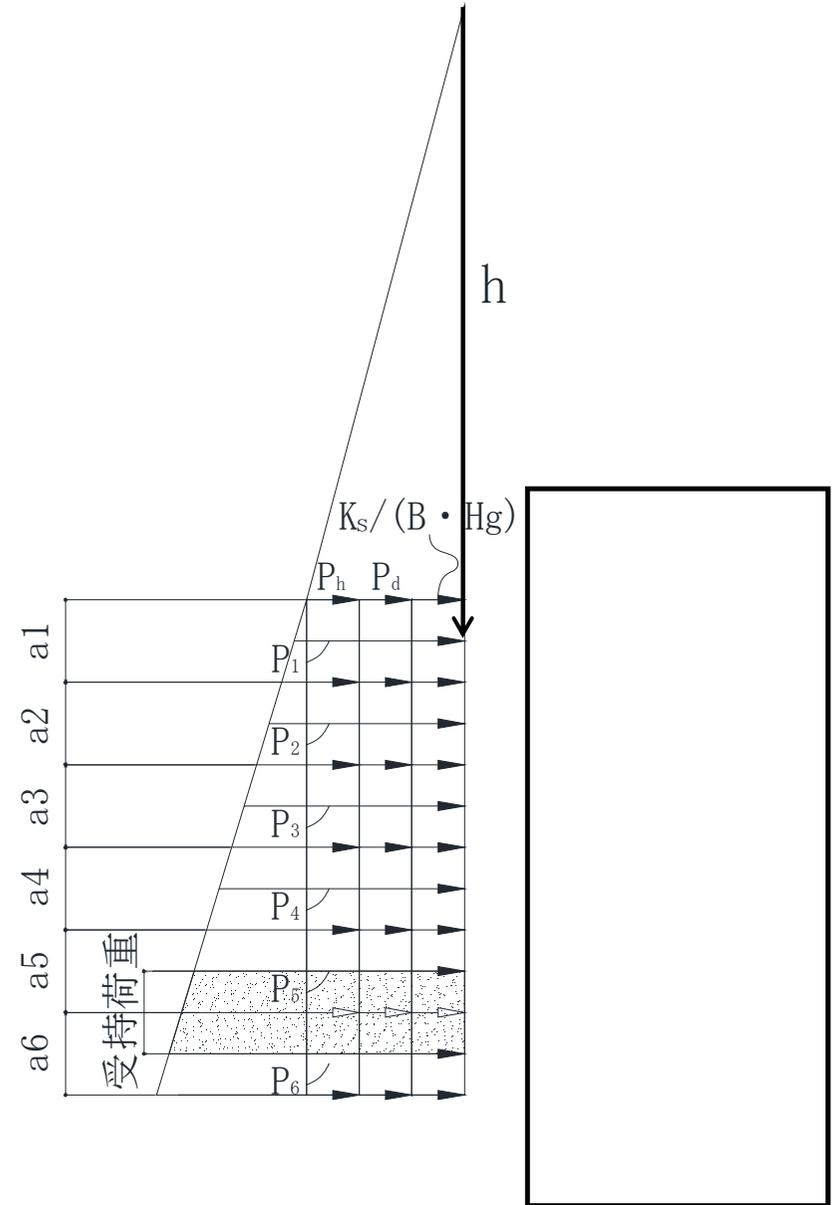
$$= 98.03 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 9.705 (m)

$$P1 = P_{h1}' = 98.03 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P2	kN/m ²	津波荷重	22	108.3
----	-------------------	------	----	-------

P2:芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P2 = P_{h2}'$$

ここで

P_{h2}' :評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h2}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 10.725 = 108.3316$$

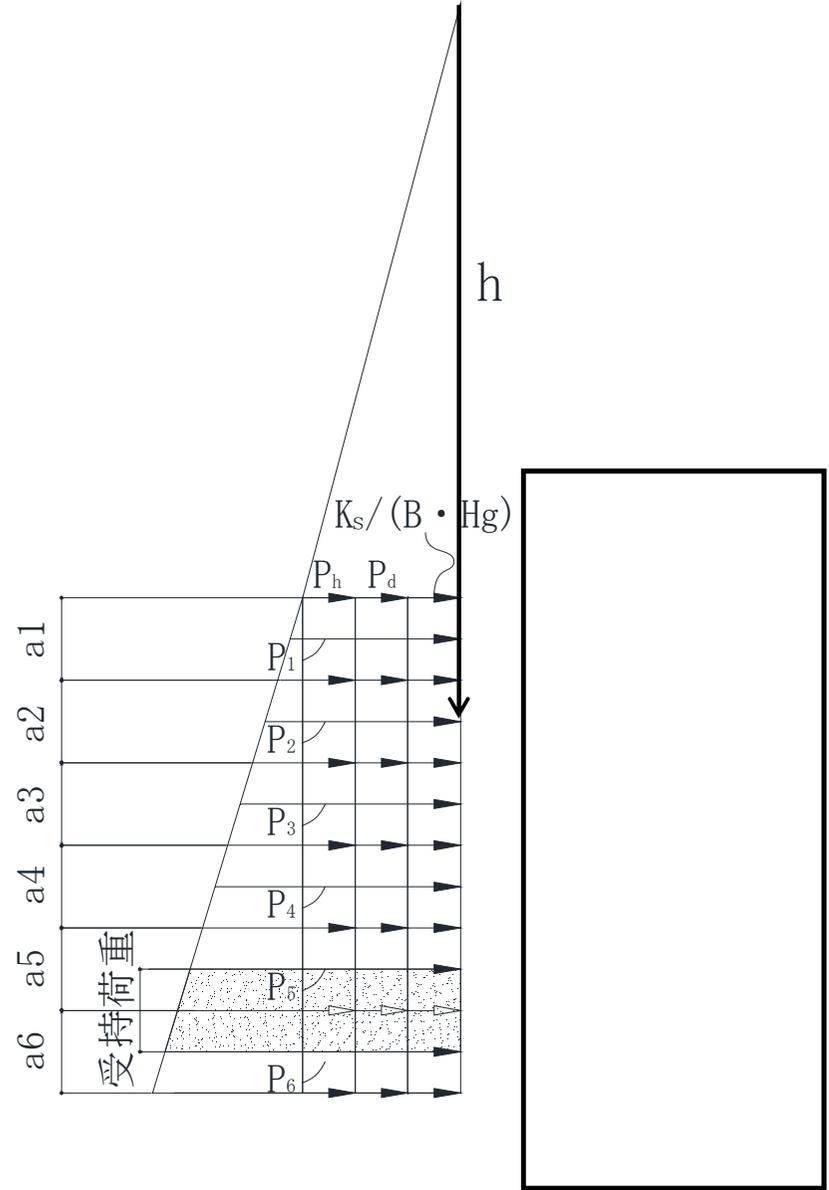
$$= 108.3 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 10.725 (m)

$$P2 = P_{h2}' = 108.3 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P3	kN/m ²	津波荷重	23	118.4
----	-------------------	------	----	-------

P3: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P3 = P_{h3}'$$

ここで

P_{h3}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h3}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 11.725 = 118.4325$$

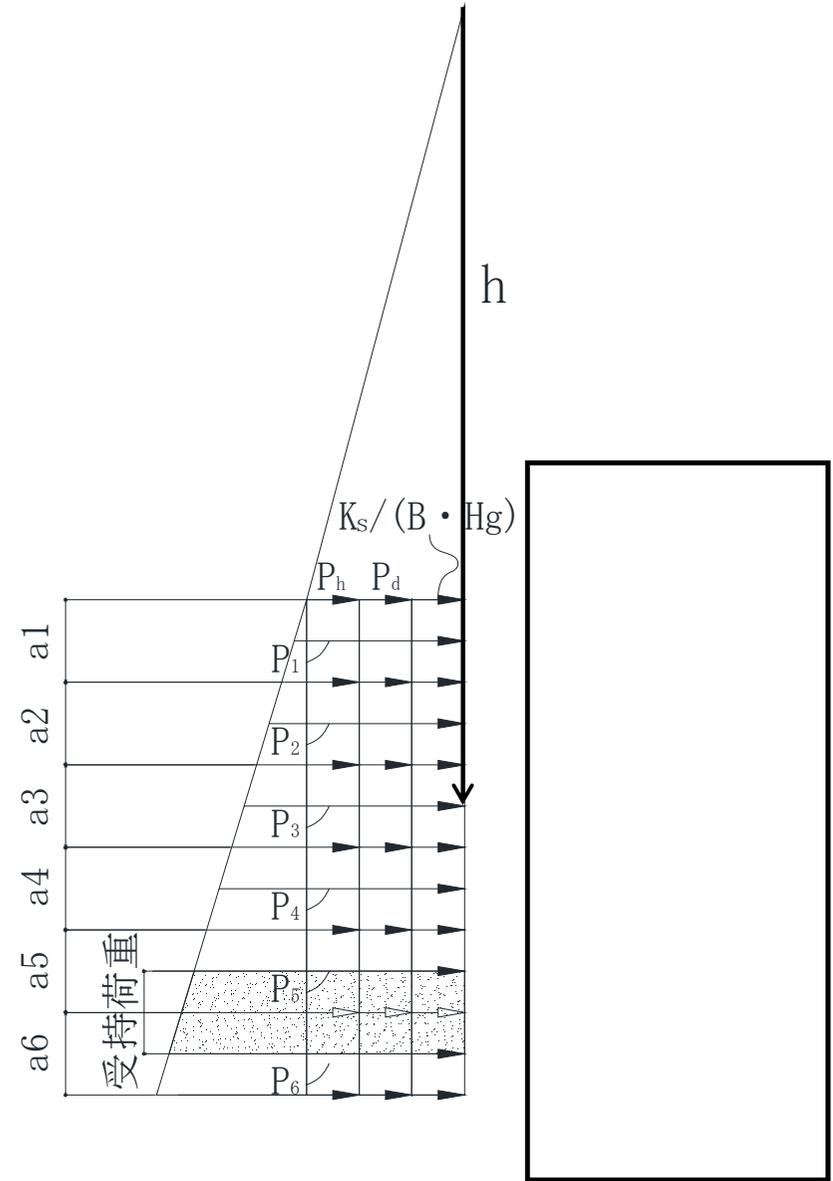
$$= 118.4 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 11.725 (m)

$$P3 = P_{h3}' = 118.4 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P4	kN/m ²	津波荷重	24	128.5
----	-------------------	------	----	-------

P4: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P4 = P_{h4}'$$

ここで

P_{h4}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h4}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 12.725 = 128.5333$$

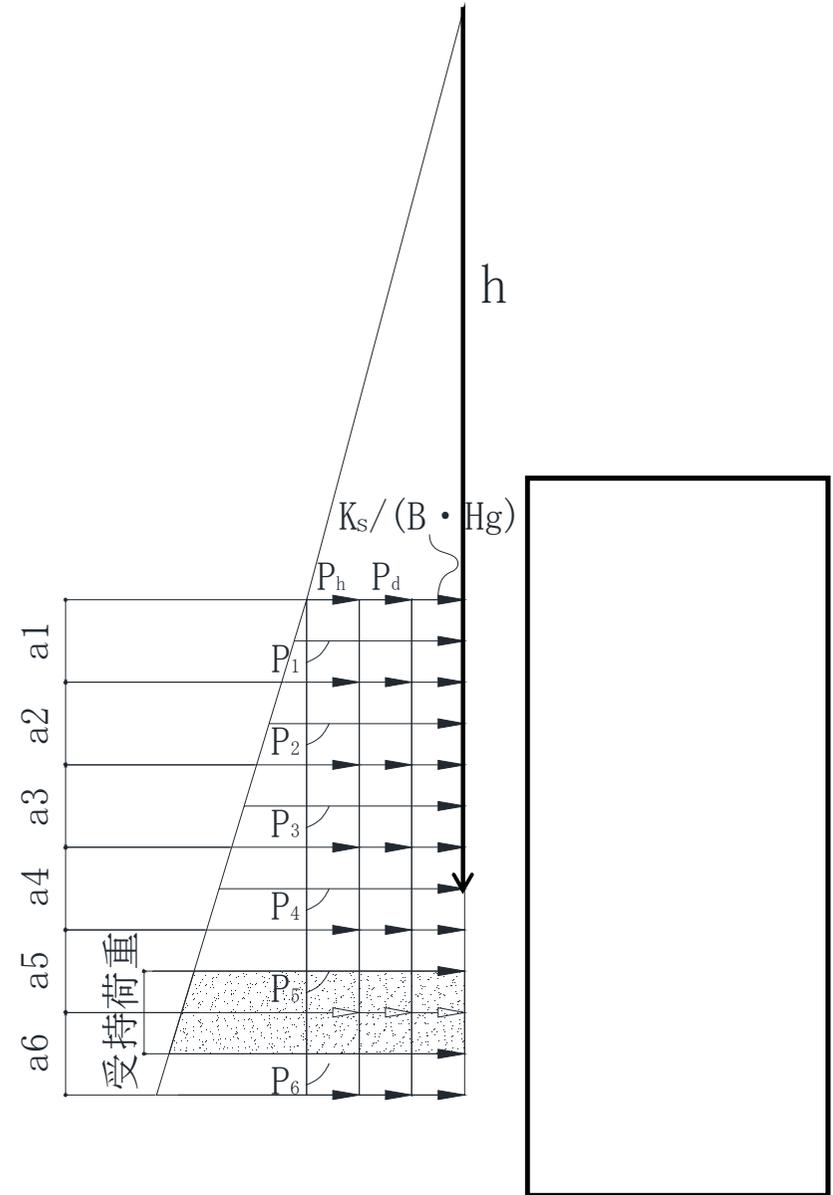
$$= 128.5 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 12.725 (m)

$$P4 = P_{h4}' = 128.5 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P5	kN/m ²	津波荷重	25	137.1
----	-------------------	------	----	-------

P5: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 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

$$P_{h5}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.575 = 137.119$$

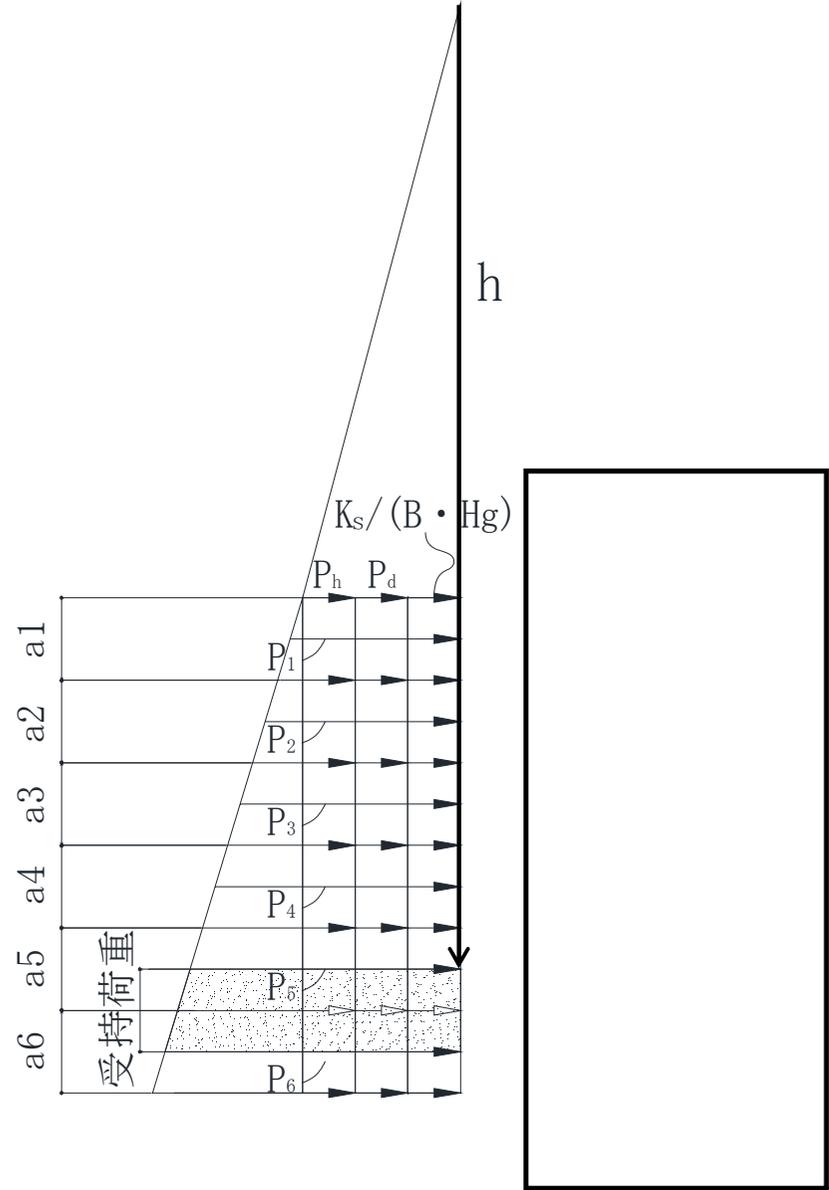
$$= 137.1 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 13.575 (m)

$$P5 = P_{h5}' = 137.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P6	kN/m ²	津波荷重	26	144.9
----	-------------------	------	----	-------

P6: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P6 = P_{h6}'$$

ここで

P_{h6}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h6}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.3475 = 144.9219$$

$$= 144.9 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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

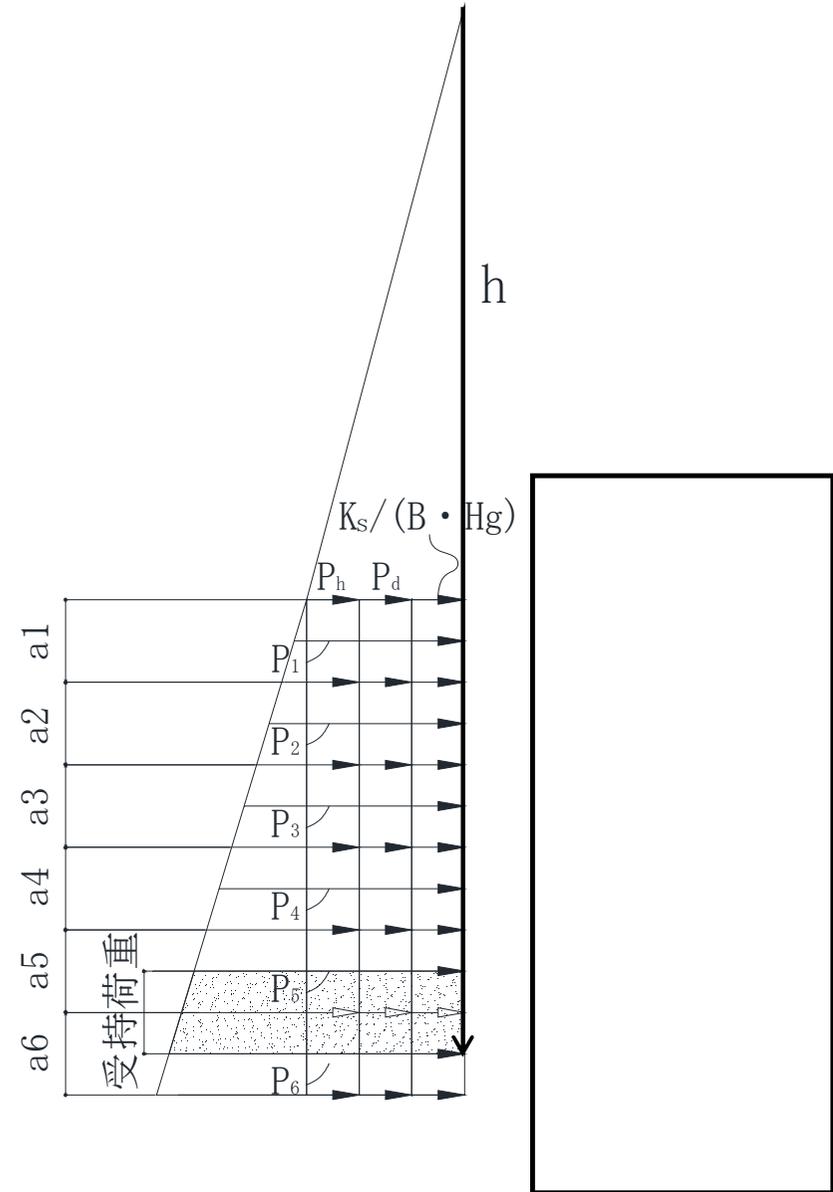
$$g: \text{重力加速度 } 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$h: \text{当該部分の浸水深さ} = 14.3475 \text{ (m)}$$

$$P6 = P_{h6}' = 144.9 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

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	98.03	9.705	m
P2		25	108.3	10.725	
P3		26	118.4	11.725	
P4		27	128.5	12.725	
P5		28	137.1	13.575	
P6		29	144.9	14.3475	



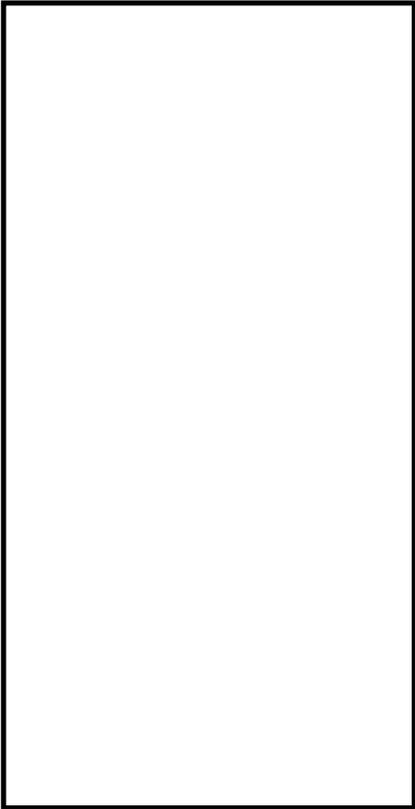
Z	mm ³	断面係数	27	860000
---	-----------------	------	----	--------

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)

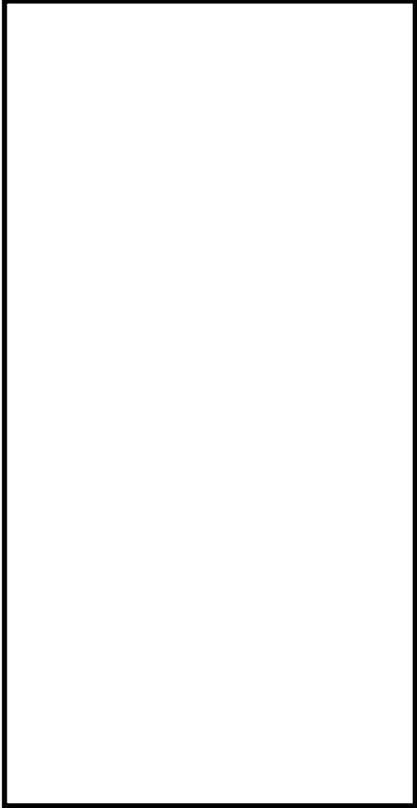


A	mm ²	断面積	28	9143
---	-----------------	-----	----	------

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)



評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
扉板	51 74

扉板部の発生応力度は

添付資料 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

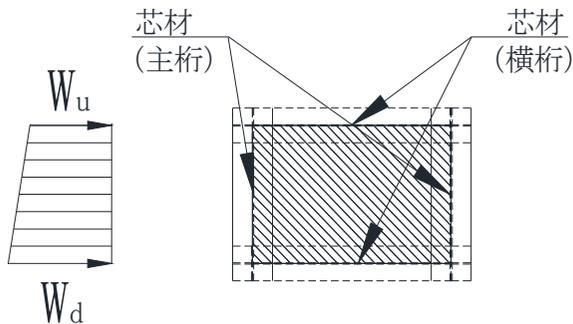
a. 扉板

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。

$$\begin{aligned} M &= M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2 \\ &= 0.080 \times 170.1 \times (1.000)^2 + 0.050 \times (185.3 - 170.1) \times (1.000)^2 \\ &= 14.368 \\ &= 14.37 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示}) \end{aligned}$$



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	(-)
139.2	155.0	170.1	185.3	200.4	211.1	(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	(-)
155.0	170.1	185.3	200.4	211.1	223.8	(kN/m)
12.90	13.16	14.37	15.58	8.609	13.27	(kN·m)

↑
採用 → く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。

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

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{14.37 \times 10^6}{196000} = 73.3163$$

$$= 74 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

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 ₆	単位
12.90	13.16	14.37	15.58	8.609	13.27		(kN・m)
196000	196000	196000	196000	196000	196000		(mm ³)
66	68	74	80	44	68		(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 87

芯材の発生応力度は

添付資料 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。

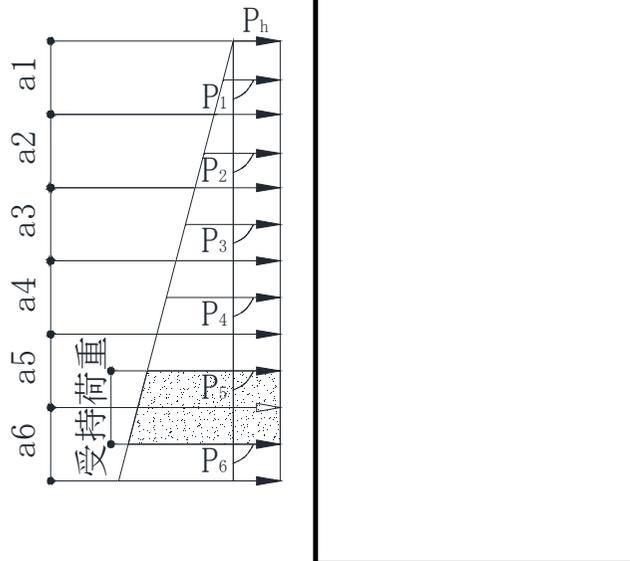
なお、ここでは横桁のせん断、曲げにおいて発生応力度結果が一番厳しい主桁の曲げの値を記載している。

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

$$M = H_g^2 \cdot \left(\frac{P_1 + P_2}{9\sqrt{3} + 8} \right)$$

M: 主桁に作用する曲げモーメント

$$Q = H_g \cdot \left(\frac{P_1 + P_2}{3} \right)$$

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

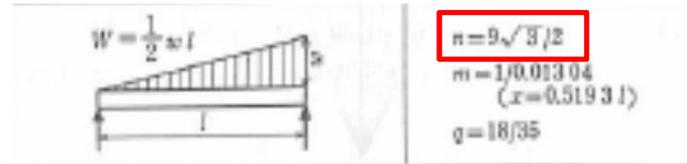
$$P_2 = P'_{hu} \quad \text{※ 3}$$

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

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

※ 1

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

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

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

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

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

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

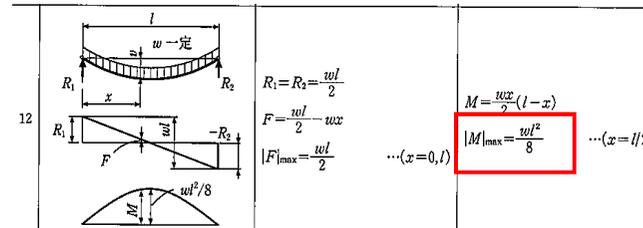
$$\text{最大曲げモーメント: } M = \frac{1}{n} \cdot W \cdot l = \frac{2}{9\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} W \cdot l \cdot l = \frac{p \cdot H_g^2}{9\sqrt{3}}$$

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)

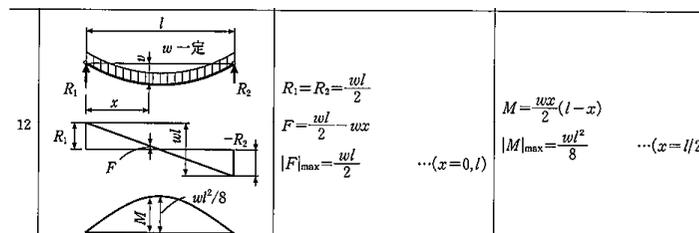
$$\begin{aligned} \text{中間主桁 } M &= H_g^2 \cdot \left(\frac{P_1}{9\sqrt{3}} + \frac{P_2}{8} \right) = 5.585^2 \times \left(\frac{11.20}{9\sqrt{3}} + \frac{124.7}{8} \right) = 508.6198 \\ &= 508.6 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

ここで、

- ※ 1
- | | | | |
|------------------------|----------|-------|--------|
| Hg: 受圧高(m) | g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 | 11.20 | (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 | 124.7 | (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)

$$\begin{aligned} \text{中間主桁 } Q &= H_g \cdot \left(\frac{P_1}{3} + \frac{P_2}{2} \right) \cdot c = 5.585 \times \left(\frac{11.20}{3} + \frac{124.7}{2} \right) \times \frac{1}{2} = 184.5377 \\ &= 184.5 \text{ (kN)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)} \end{aligned}$$

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	11.20 (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	124.7 (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できる。

$$P_1 = P'_{hd} - P'_{hu} = 135.9 - 124.7 = 11.20 \text{ (kN/m)}$$

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 135.9 (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 124.7 (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。

$$P_2 = P'_{hu} = 124.7 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

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 124.7 (kN/m)

※ 4

B:受圧幅

9より



→ 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できる。

$$P'_{hu} = P_{hu} \cdot B = 113.4 \cdot \square = 124.74$$

$$= 124.7 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

※ 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できる。

$$P'_{hd} = P_{hd} \cdot B = 123.5 \cdot \square = 135.85$$

$$= 135.9 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

(b) 横桁

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

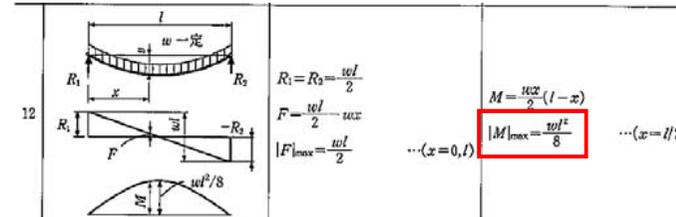
※ 7

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

$$M_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{98.03}{2} \cdot \frac{108.3}{2} \times \frac{\square^2}{8}$$

$$= 29.59546$$

$$= 29.6 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=2の場合

$$M_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{108.3}{2} \cdot \frac{118.4}{2} \times \frac{\square^2}{8}$$

$$= 31.87969$$

$$= 31.88 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=3の場合

$$M_3 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{118.4}{2} \cdot \frac{128.5}{2} \times \frac{\square^2}{8}$$

$$= 34.72031$$

$$= 34.72 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=4の場合

$$M_4 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{128.5}{2} \cdot \frac{137.1}{2} \times \frac{\square^2}{8}$$

$$= 31.7475$$

$$= 31.75 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=5の場合

$$M_5 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{137.1}{2} \cdot \frac{144.9}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{}{8}^2$$

$$= 30.63445$$

$$= 30.63 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=6の場合

$$M_6 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{144.9}{2} \cdot \frac{0}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{}{8}^2$$

$$= 8.609098$$

$$= 8.609 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

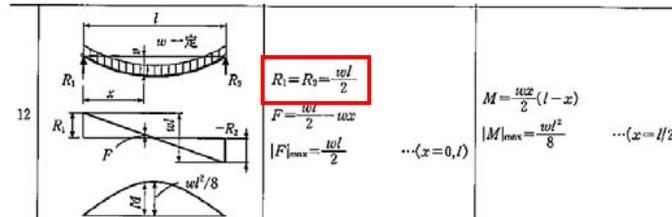
ここで、

Y : 主桁ピッチ(m)	16 より		P1 : 津波荷重 (kN/m ²)	24 より	98.03 (kN/m ²)
a1 : 横桁ピッチ(m)	17 より		P2 : 津波荷重 (kN/m ²)	25 より	108.3 (kN/m ²)
a2 : 横桁ピッチ(m)	18 より		P3 : 津波荷重 (kN/m ²)	26 より	118.4 (kN/m ²)
a3 : 横桁ピッチ(m)	19 より		P4 : 津波荷重 (kN/m ²)	27 より	128.5 (kN/m ²)
a4 : 横桁ピッチ(m)	20 より		P5 : 津波荷重 (kN/m ²)	28 より	137.1 (kN/m ²)
a5 : 横桁ピッチ(m)	21 より		P6 : 津波荷重 (kN/m ²)	29 より	144.9 (kN/m ²)
a6 : 横桁ピッチ(m)	22 より				

※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

$$Q_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{98.03}{2} + \frac{108.3}{2} \times \frac{}{2} \times \frac{}{2}$$

$$= 78.92123$$

$$= 78.92 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=2の場合

$$Q_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{108.3}{2} + \frac{118.4}{2} \times \frac{}{2} \times \frac{}{2}$$

$$= 85.0125$$

$$= 85.01 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=3の場合

$$Q_3 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{118.4}{2} + \frac{128.5}{2} \times \frac{}{2} \times \frac{}{2}$$

$$= 92.5875$$

$$= 92.59 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=4の場合

$$Q_4 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{128.5}{2} + \frac{137.1}{2} \times \frac{}{2} \times \frac{}{2}$$

$$= 84.6600$$

$$= 84.66 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=5の場合

$$Q_5 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{137.1}{2} \cdot \frac{144.9}{2} \times \frac{\text{[]}}{2}$$

$$= 81.69188$$

$$= 81.69 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=6の場合

$$Q_6 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{144.9}{2} \cdot \frac{0}{2} \times \frac{\text{[]}}{2}$$

$$= 22.95759$$

$$= 22.96 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

ここで、

	Y : 主桁ピッチ(m)	16 より			
1	a1 : 横桁ピッチ(m)	17 より		P1 : 津波荷重(kN/m ²)	24 より 98.03 (kN/m ²)
2	a2 : 横桁ピッチ(m)	18 より		P2 : 津波荷重(kN/m ²)	25 より 108.3 (kN/m ²)
3	a3 : 横桁ピッチ(m)	19 より		P3 : 津波荷重(kN/m ²)	26 より 118.4 (kN/m ²)
4	a4 : 横桁ピッチ(m)	20 より		P4 : 津波荷重(kN/m ²)	27 より 128.5 (kN/m ²)
5	a5 : 横桁ピッチ(m)	21 より		P5 : 津波荷重(kN/m ²)	28 より 137.1 (kN/m ²)
6	a6 : 横桁ピッチ(m)	22 より		P6 : 津波荷重(kN/m ²)	29 より 144.9 (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

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{508.6 \times 10^6}{5890000} = 86.34975$$

$$= 87 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

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 508.6 (kN・m)
 Z : 中間主桁の断面係数(mm³) **23**より 5890000 (mm³)

横主桁

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{34.72 \times 10^6}{860000} = 40.37244$$

$$= 41 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

ここで,

M : 横桁の曲げモーメント(kN・m) 上述算定結果より 34.72 (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

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{184.5 \times 10^3}{27920} = 6.608166$$

$$= 7 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

ここで,

Q : 中間主桁のせん断力(kN) 上述算定結果より 184.5 (kN)
 A : 中間主桁の断面積(mm²) **24**より 27920 (mm²)

横主桁

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{92.59 \times 10^3}{9143} = 10.12687$$

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

ここで,

Q : 横桁のせん断力(kN) 上述算定結果より 92.59 (kN)
 A : 横桁の断面積(mm²) **24**より 9143 (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

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					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	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	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	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	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	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 0.32

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

$$74 / 235 = 0.314894$$

⇒ **0.32** (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 0.38

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

$$87 / 235 = 0.370213$$

⇒ **0.38** (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

水密扉の強度計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟東側水密扉）

■ 強度計算 (No.11) 【原子炉建屋付属棟東側水密扉】

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 (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	—	—	22.5	—	1.03	—

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。

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)

G2 : 枠本体(強度計算では含めない)

G : 合計(強度計算では枠本体の自重は含めない)

--

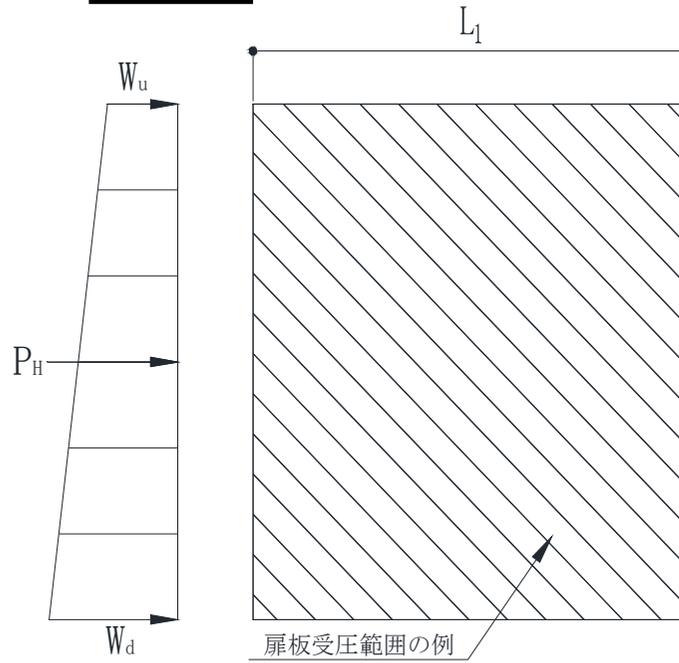
凡例:

	は入力値
	は計算値
	は既に入力又は計算された値

L	m	区画の長さ	2	
---	---	-------	---	--

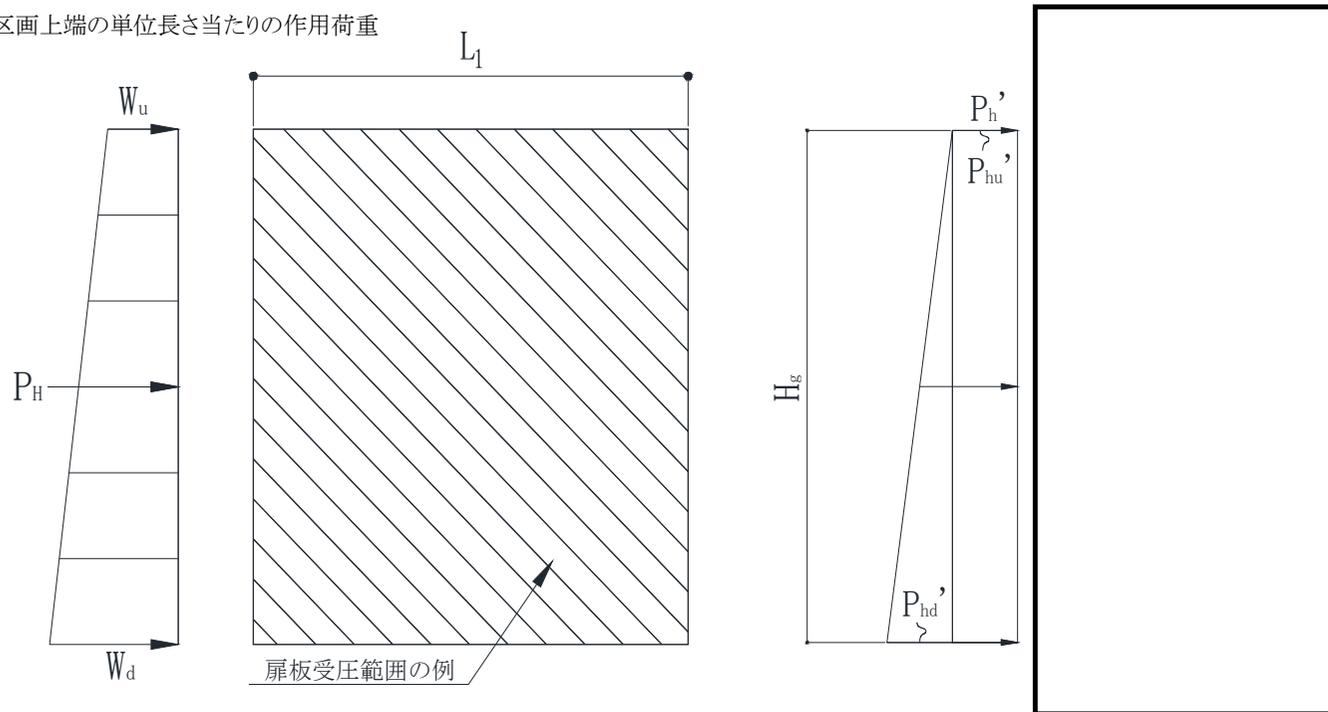
L:扉体の区画短辺の長さ
 該当部位は、次の通り。

L	区画の長さ
L ₁	



W_u	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重	3	313.9
-------	------	-------------------	---	-------

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 6.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_u = P_{hu}' \cdot B$$

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

$$P_{hu}' = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times 19.420 = 196.1585 = 196.2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

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) = 19.420 (m)

9 より受圧幅B =

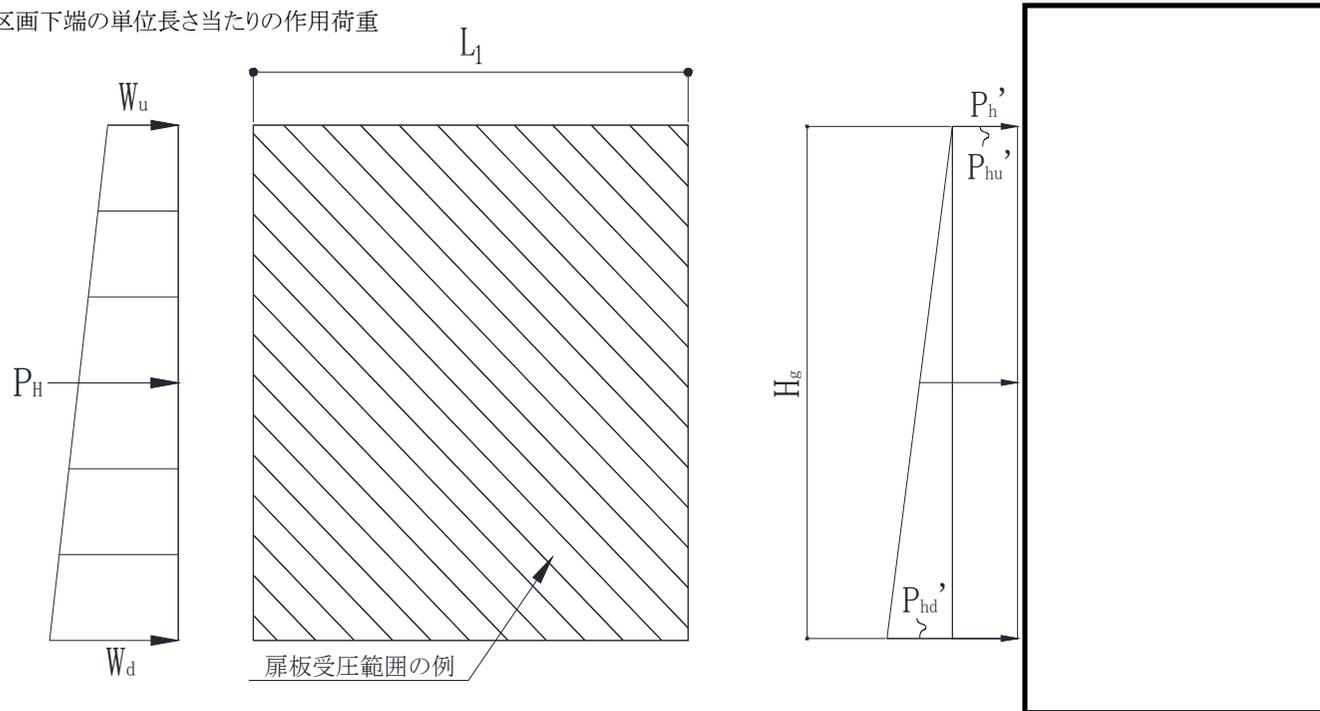
$$W_u = P_{hu}' \cdot B = 196.2 \times 1.600 = 313.92 = 313.9 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

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}'	W_u
L_1	<input type="text"/>	19.420	196.2	313.9

W_d	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重	4	362.7
-------	------	-------------------	---	-------

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 6.3 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

$$P_{hd}' = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times 22.445 = 226.7136 = 226.7 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

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)

$$h_d : \text{当該部分の浸水深さ(区画下端高さを考慮)} = 19.42 + 3.025 = 22.445 \text{ (m)}$$

9 より受圧幅B =

$$W_d = P_{hd}' \cdot B = 226.7 \times 1.600 = 362.720 = 362.7 \text{ (kN/m)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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_d	P_{hd}'	W_d
L_1	<input type="text"/>	22.445	226.7	362.7

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

l_y : 長辺方向図面より

$\frac{l_y}{l_x} = \square = 1.90$ グラフより \square を採用

	l_y	計算値	M_{x1}
L	l_x		
L_1	l_1	1.90	0.085

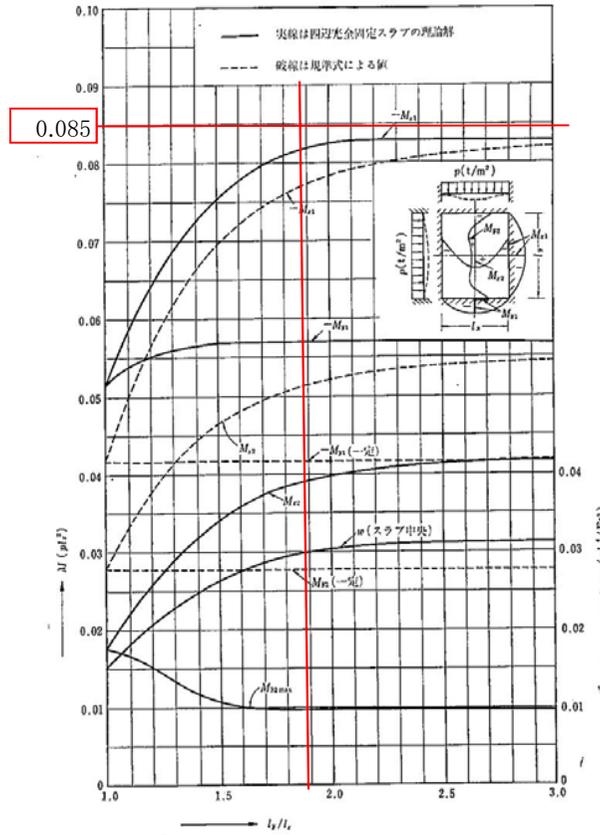


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

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

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

l_y : 長辺方向図面より

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

	l_y	計算値	M_{x2}
L	l_x		
L_1	L_1	1.90	0.050

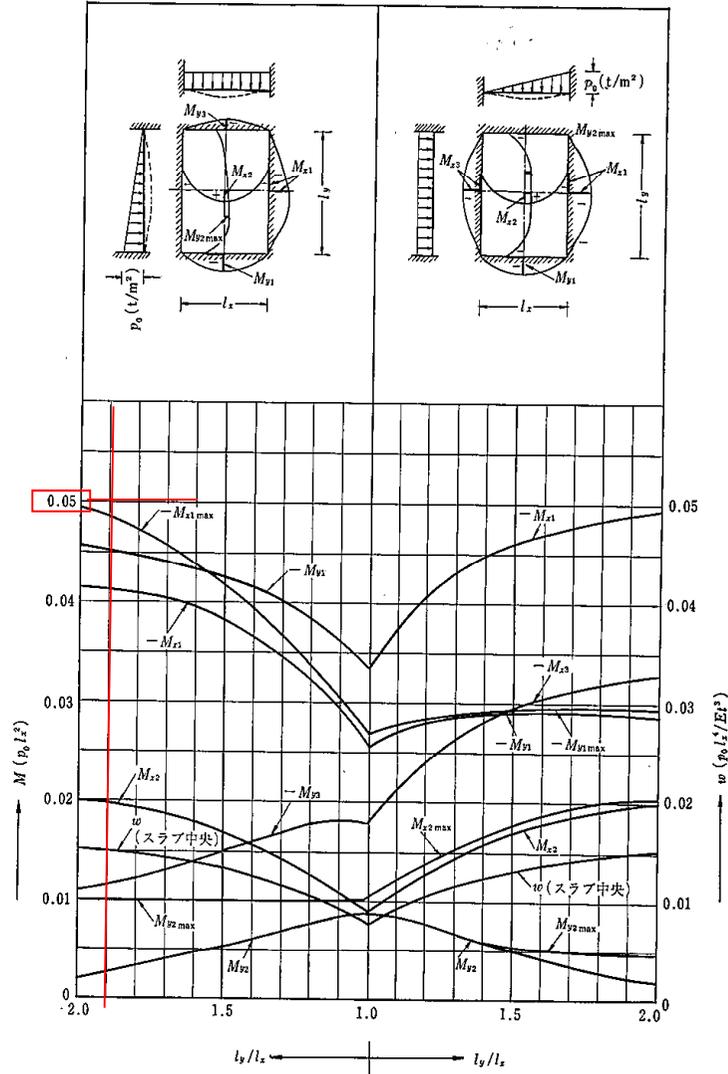
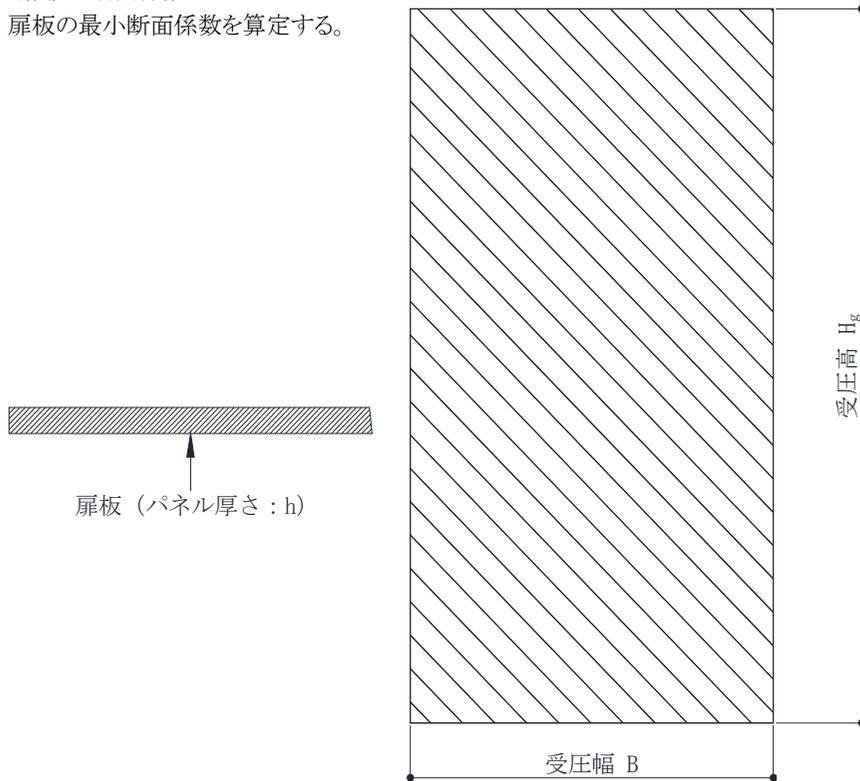


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

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。



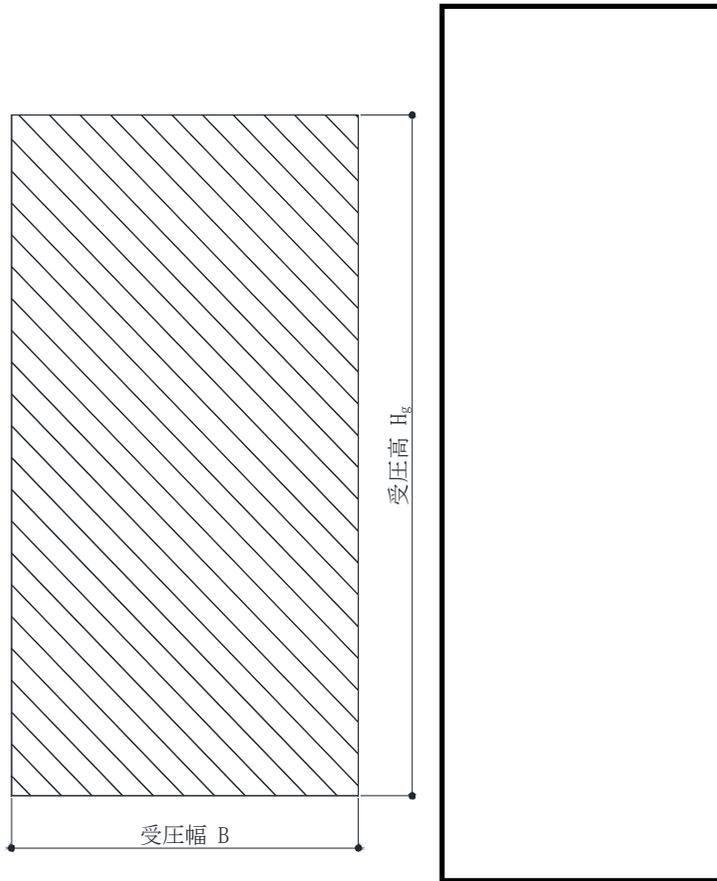
$$Z = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 1600 \times (110)^2 = 3227000 \text{ (mm}^3\text{)}$$

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

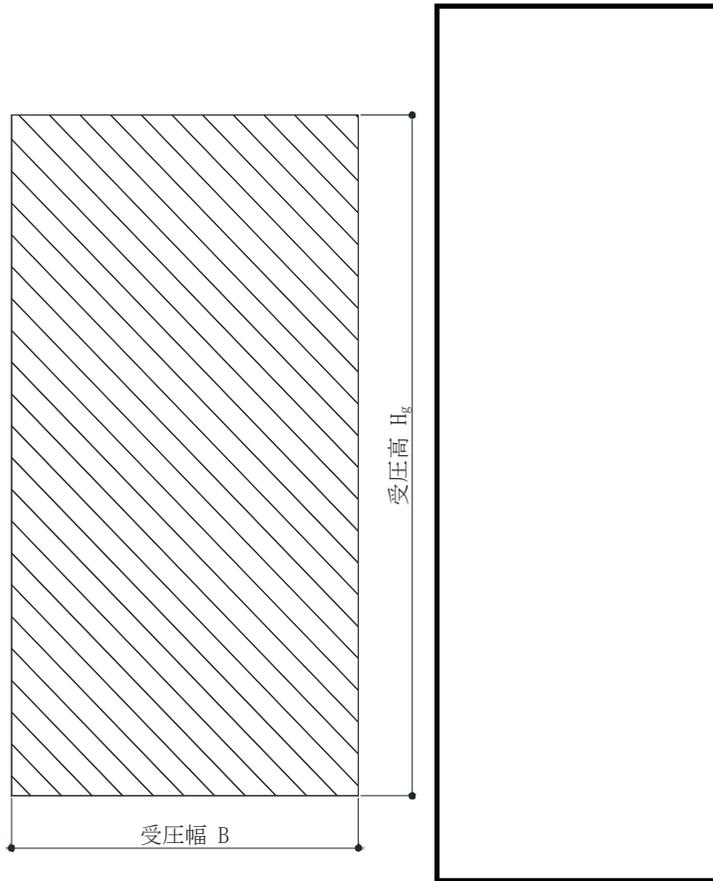
H_g	m	受圧高	δ	3.025
-------	---	-----	----------	-------

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	津波荷重(上部)	10	196.2
----------	-----------------	----------	----	-------

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(上部)

添付資料 6.3荷重及び荷重の組み合わせ(1)荷重の設定より

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

上部静水圧荷重算定のため、

ρ : 水の密度 1.03 (t/m^3)

水圧作用高さE.L. 22.500 (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) = 19.420 (m)

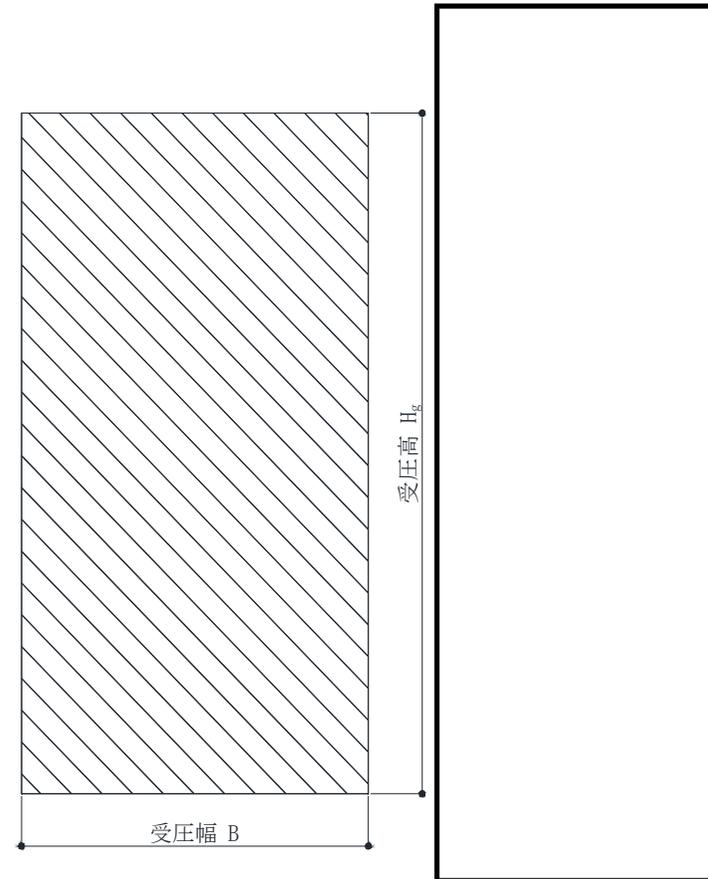
$$P_{hu} = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times (22.500 - 0.055 - 3.025)$$

$$= 1.03 \times 9.80665 \times 19.420 = 196.1585$$

$$= 196.2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

津波荷重(上部)表

L	区画短辺の長さ	h_u	P_{hu}
L_1		19.420	196.2



P_{hd}	kN/m^2	津波荷重(下部)	11	226.7
----------	-----------------	----------	-----------	-------

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 6.3 荷重及び荷重の組み合わせ(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、

ρ : 水の密度 1.03 (t/m^3)

水圧作用高さ E.L. 22.500 (m)

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

h_d : 当該部分の浸水深さ(区画下端高さ) = 22.445 (m)

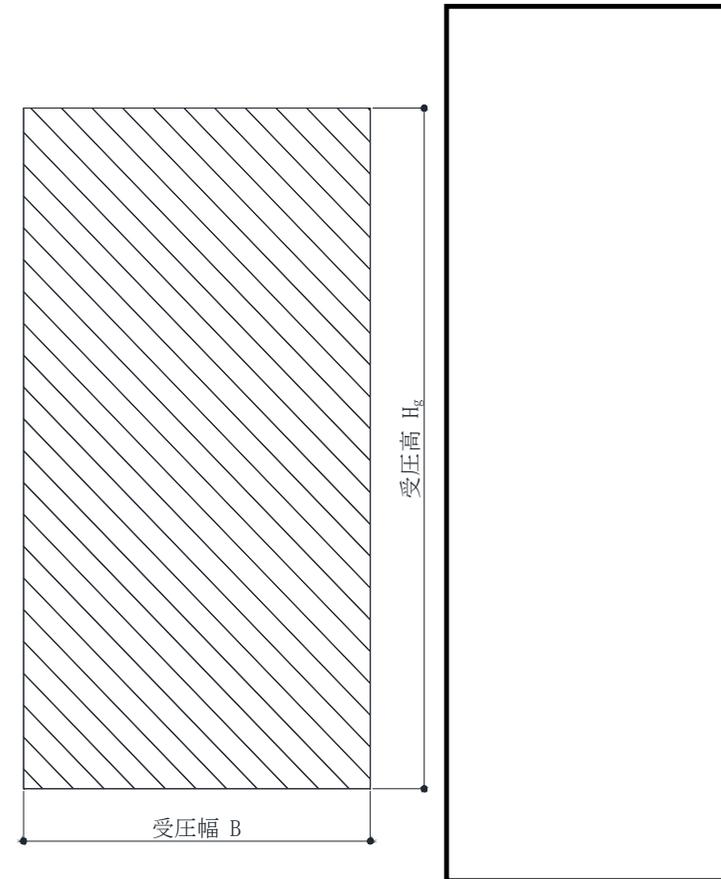
$$P_{hd} = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times (22.500 - 0.055)$$

$$= 1.03 \times 9.80665 \times 22.445 = 226.7136$$

$$= 226.7 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

津波荷重(下部)表

L	区画短辺の長さ	h_d	P_{hd}
L_1		22.445	226.7



評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
扉板	51 24

扉板部の発生応力度は

添付資料 6.5 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: 扉板に発生する曲げモーメント

$M = M_1 = 74.55$
 $= 74.6$ (kN・m) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

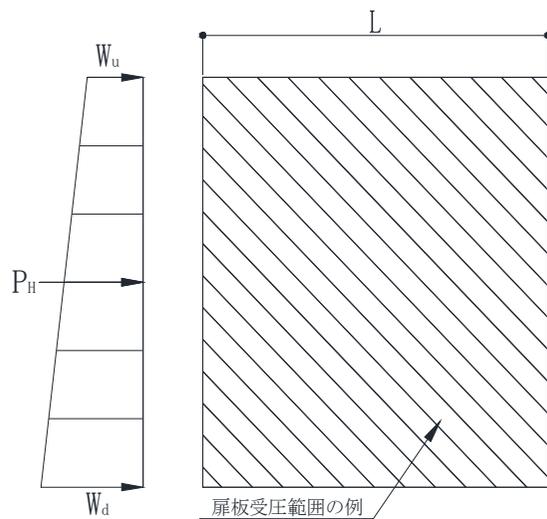
ここで

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

M_1 : 浸水津波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。

$M_1 = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$
 $= 0.085 \times 313.9 \times (1.600)^2 + 0.050 \times (362.7 - 313.9) \times (1.600)^2$
 $= 74.55104$
 $= 74.55$ (kN・m) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



扉板に発生する曲げモーメントの諸元表

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	→	<table border="1"> <tr> <td>L_1</td> <td>単位</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(-)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(kN/m)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(m)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(-)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(kN/m)</td> </tr> <tr> <td>$M_1 = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$</td> <td></td> <td></td> <td>74.55</td> <td>(kN・m)</td> </tr> </table>	L_1	単位		(-)		(kN/m)		(m)		(-)		(kN/m)	$M_1 = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$			74.55	(kN・m)
L_1	単位																			
	(-)																			
	(kN/m)																			
	(m)																			
	(-)																			
	(kN/m)																			
$M_1 = M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2$			74.55	(kN・m)																
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																			

(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。

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

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{74.6 \times 10^6}{3227000} = 23.1174$$

$$= 24 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

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

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

扉板に生じる曲げ応力度の諸元表

L ₁	単位
74.6	(kN・m)
3227000	(mm ³)
24	(N/mm ²)

評価対象部位	許容限界値(N/mm ²)
扉板	61 205 曲げ

扉板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質:
- ・厚さ:

扉板の許容限界値を算出する。

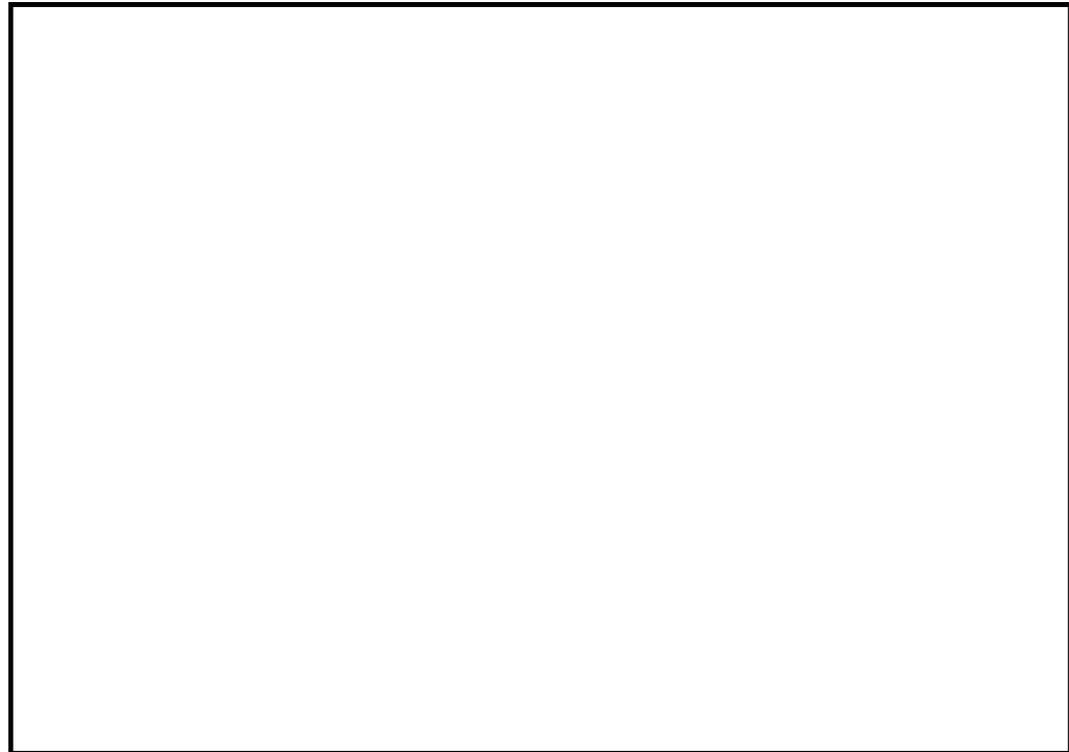
「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303」P1213より

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

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



評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
扉板	71 / 0.12

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

$$24 / 205 = 0.117073$$

⇒ 0.12 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

水密扉の強度計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟西側水密扉）

■ 強度計算 (No.23) 【原子炉建屋付属棟西側水密扉】

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 (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	—	—	14.8	—	1.03	—

津波による外部からの荷重を正圧とする。

上記の条件より下表の部位を評価する。

扉枠取付箇所		躯体開口内	
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。

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)

G2 : 枠本体(強度計算では含めない)

G : 合計(強度計算では枠本体の自重は含めない)

--	--

(小数点第三位切り上げ、小数点第二位表示)

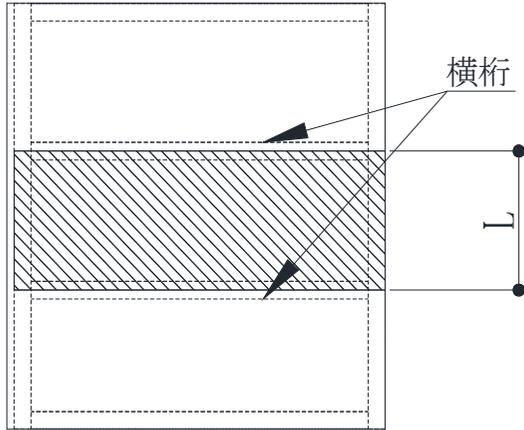
(小数点第三位切り上げ、小数点第二位表示)

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	
---	---	---------	---	--

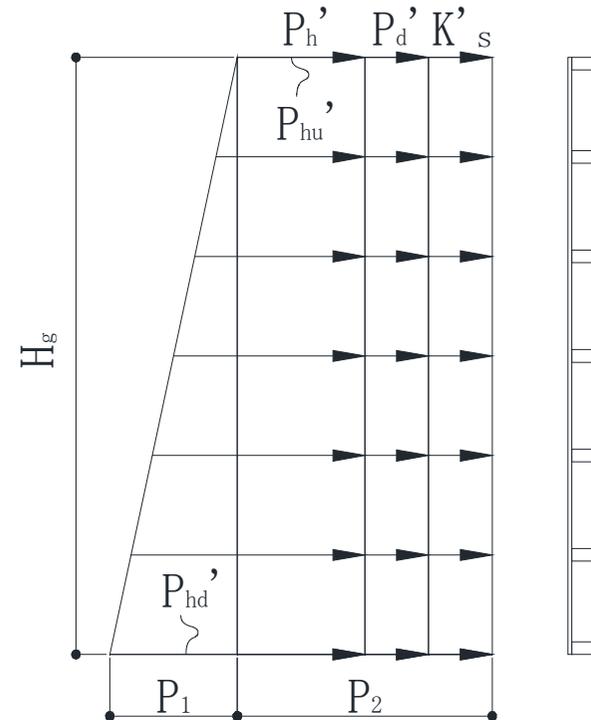
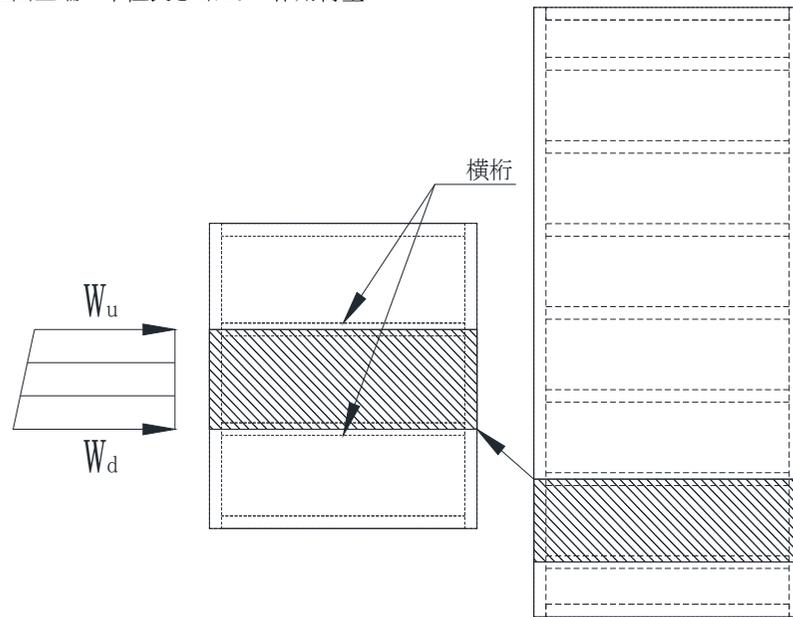
L:扉体の区画短辺の長さ
 該当部位は、次の通り。

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



W_u	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重	3	141.4
-------	------	-------------------	---	-------

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、浸水津波を考慮した荷重となることから

添付資料 8.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_u = P_{hu}' \cdot B$$

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

$$P_{hu}' = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times 13.930 = 140.7048 = 140.7 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

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) = 13.930 (m)

$$9 \text{ より受圧幅} B = 1.005$$

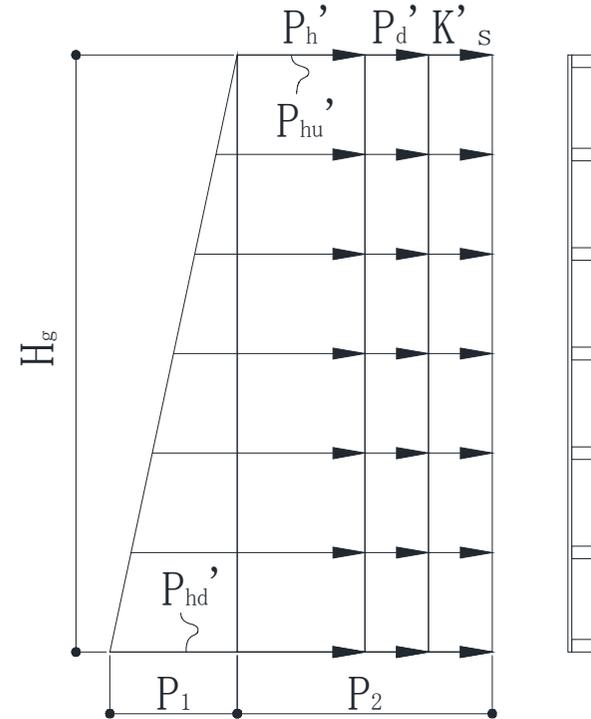
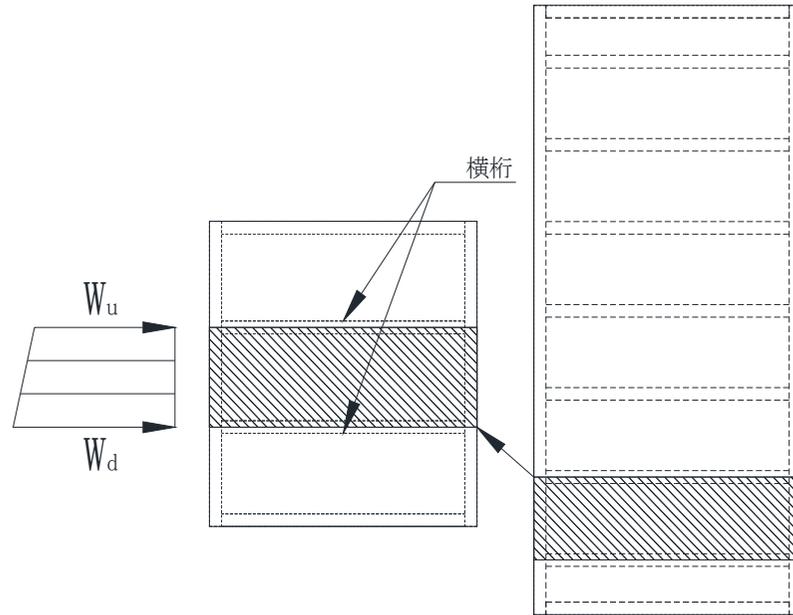
$$W_u = P_{hu}' \cdot B = 140.7 \times 1.005 = 141.4035 = 141.4 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

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}'	W_u
L ₁		12.810	129.4	130.0
L ₂		13.090	132.2	132.9
L ₃		13.330	134.6	135.3
L ₄		13.630	137.7	138.4
採用→ L ₅		13.930	140.7	141.4
L ₆		14.230	143.7	144.4
L ₇		14.470	146.2	146.9

W_d	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重	4	144.4
-------	------	-------------------	---	-------

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、浸水津波を考慮した荷重となることから
 添付資料 8.3 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

$$P_{hd}' = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times 14.230 = 143.7351 = 143.7 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

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) = 14.230 (m)

9 より受圧幅B =

$$W_d = P_{hd}' \cdot B = 143.7 \times 1.005 = 144.419 = 144.4 \text{ (kN/m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示})$$

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}'	W_d
L ₁		13.090	132.2	132.9
L ₂		13.330	134.6	135.3
L ₃		13.630	137.7	138.4
L ₄		13.930	140.7	141.4
採用→ L ₅		14.230	143.7	144.4
L ₆		14.470	146.2	146.9
L ₇		14.750	149.0	149.7

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2より 0.300

l_y : 長辺方向図面より 1.005

$\frac{l_y}{l_x} = \frac{\quad}{\quad} = 3.35$ グラフより 0.085 を採用

	$\frac{l_y}{l_x}$	計算値	M_{x1}
L			0.085
L ₁			0.085
L ₂			0.085
L ₃			0.085
L ₄			0.085
L ₅			0.085
L ₆			0.085
L ₇			0.085

採用→

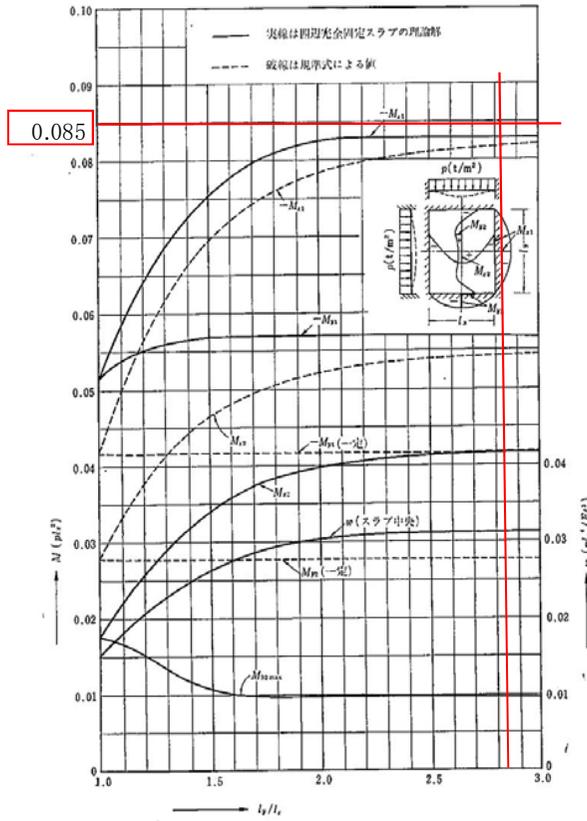


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

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

l_y : 長辺方向図面より

$\frac{l_y}{l_x} = 3.35$ グラフより 0.05 を採用

	l_y	計算値	M_{x2}
L	l_x		
L ₁			0.05
L ₂			0.05
L ₃			0.05
L ₄			0.05
L ₅			0.05
L ₆			0.05
L ₇			0.05

採用→

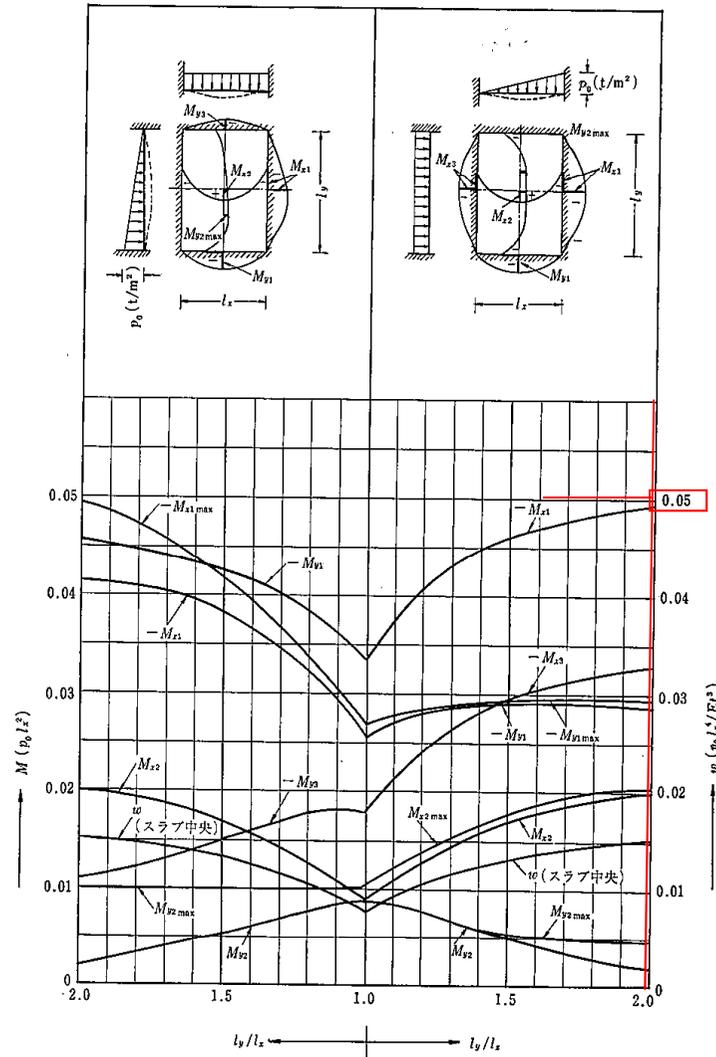
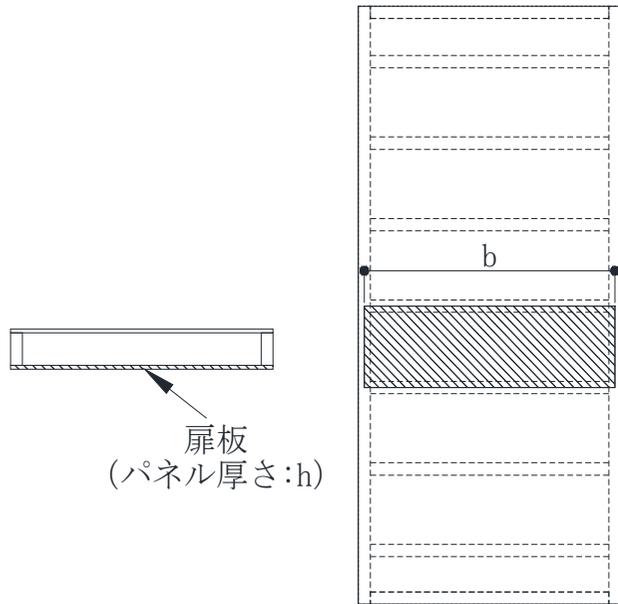


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

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

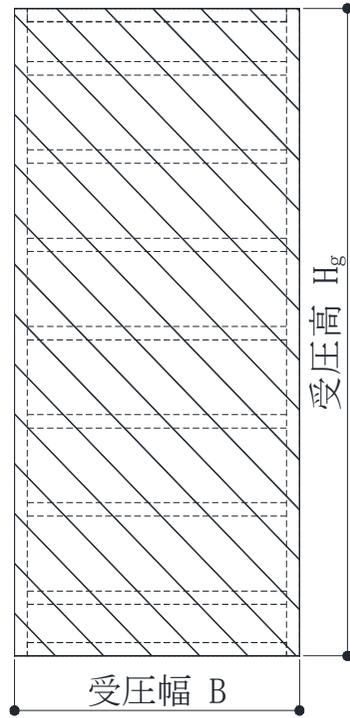
※芯材受部距離含む

h: パネル厚さ PL- 12 mm

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

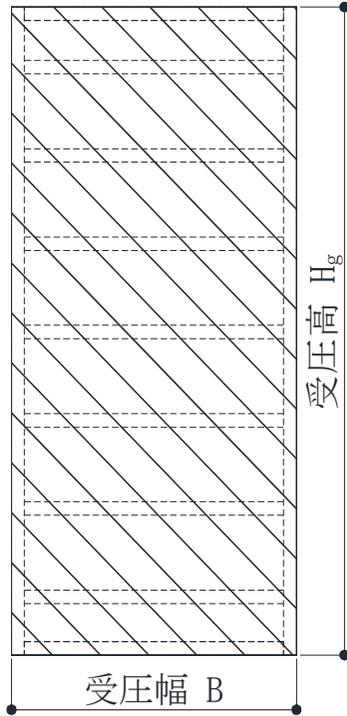
H_g	m	受圧高	δ	
-------	---	-----	----------	--

H_g : 芯材の受圧高
 当該部分は、以下のとおり。





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(上部)	10	129.4
----------	-----------------	----------------	----	-------

P_{hu} : 芯材に作用する浸水津波による静水圧(上部)

添付資料 8.3荷重及び荷重の組み合わせ(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. 14.80 (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) = 12.810 (m)

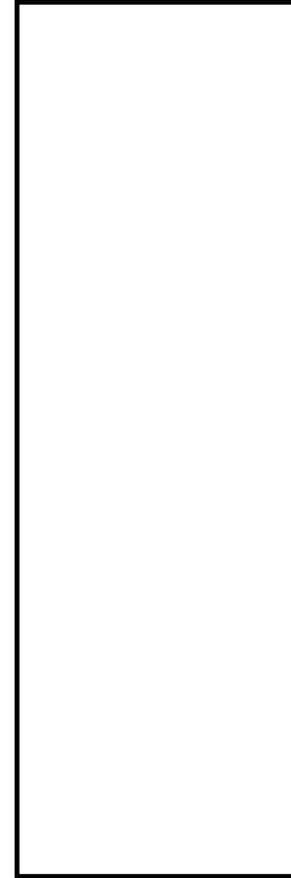
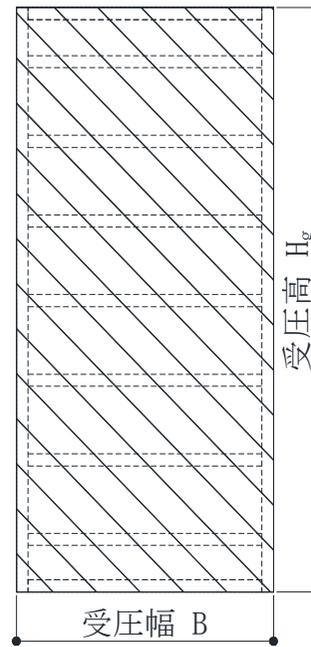
$$P_{hu} = \rho \cdot g \cdot h_u = 1.03 \times 9.80665 \times (14.80 - 0.050 - 1.940)$$

$$= 1.03 \times 9.80665 \times 12.810 = 129.3919$$

$$= 129.4 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

浸水津波による静水圧(上部)表

L	区画短辺の長さ	h_u	P_{hu}
L_1		12.810	129.4
L_2		13.090	132.2
L_3		13.330	134.6
L_4		13.630	137.7
採用→ L_5		13.930	140.7
L_6		14.230	143.7
L_7		14.470	146.2



P_{hd}	kN/m^2	浸水津波による静水圧(下部)	11	149.0
----------	----------	----------------	----	-------

P_{hd} : 芯材に作用する浸水津波による静水圧(下部)

添付資料 8.3荷重及び荷重の組み合わせ(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. 14.80 (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) = 14.750 (m)

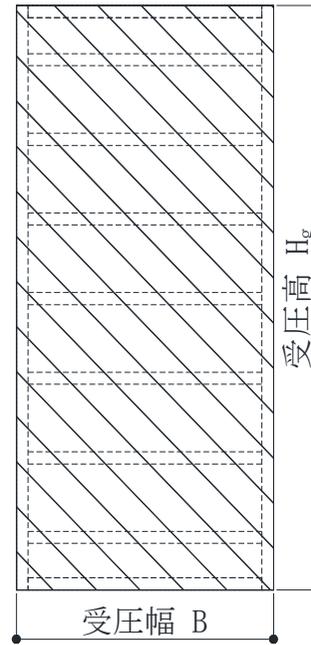
$$P_{hd} = \rho \cdot g \cdot h_d = 1.03 \times 9.80665 \times (14.80 - 0.050)$$

$$= 1.03 \times 9.80665 \times 14.750 = 148.9875$$

$$= 149.0 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

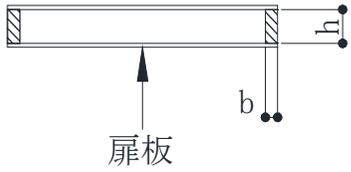
浸水津波による静水圧(下部)表

L	区画短辺の長さ	h_d	P_{hd}
L ₁		13.090	132.2
L ₂		13.330	134.6
L ₃		13.630	137.7
L ₄		13.930	140.7
採用→ L ₅		14.230	143.7
L ₆		14.470	146.2
L ₇		14.750	149.0



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

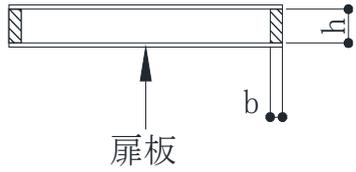
Z : 芯材(主桁)の断面係数
 芯材の断面係数を算定する。



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

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

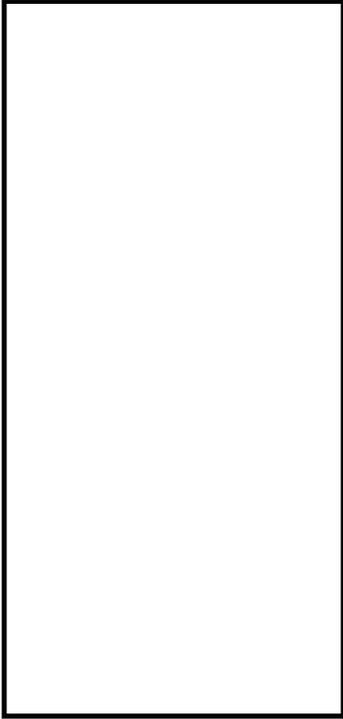
A : 芯材(主桁)の断面積
 芯材の断面積を算定する。



A = 1900 (mm²) (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)

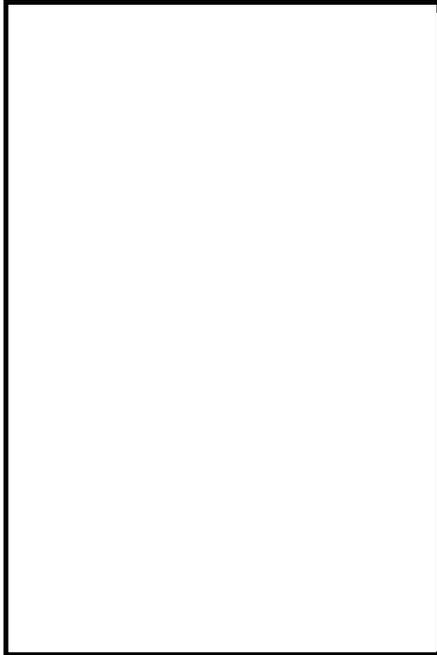
Y	m	主桁ピッチ	16	
---	---	-------	----	--

Y: 芯材(主桁)の主桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



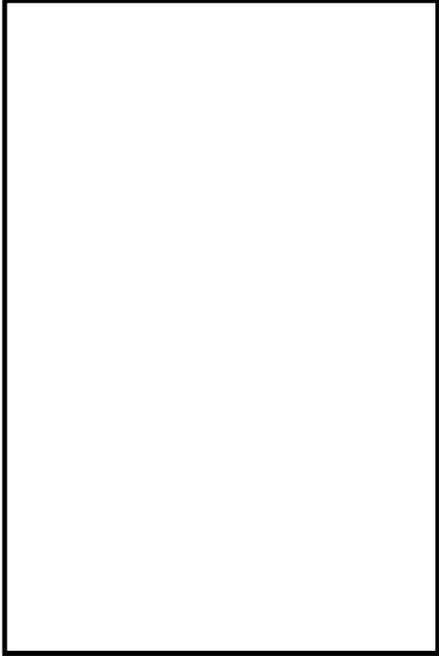
a1	m	横桁ピッチ	17	
a2	m	横桁ピッチ	18	
a3	m	横桁ピッチ	19	
a4	m	横桁ピッチ	20	
a5	m	横桁ピッチ	21	
a6	m	横桁ピッチ	22	
a7	m	横桁ピッチ	23	

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	
----	---	-------	----	--

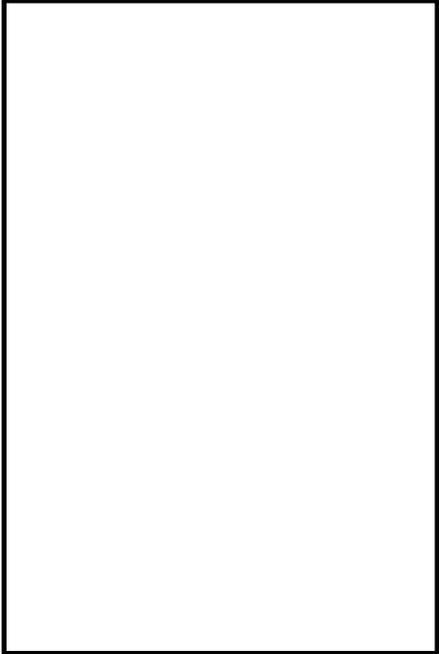
a1: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



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

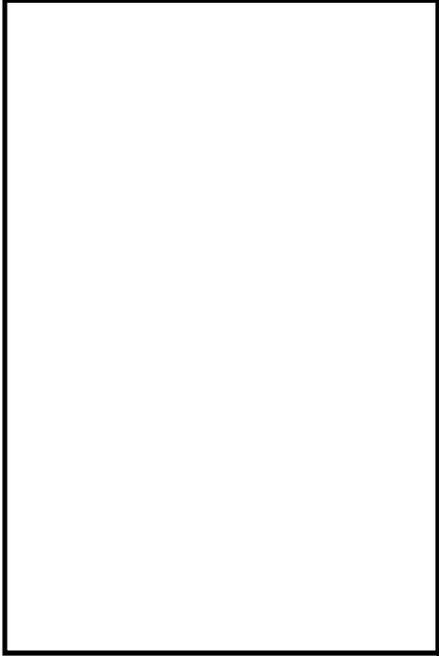
a2: 芯材(横桁)の横桁ピッチ

当該部分は、以下のとおり。



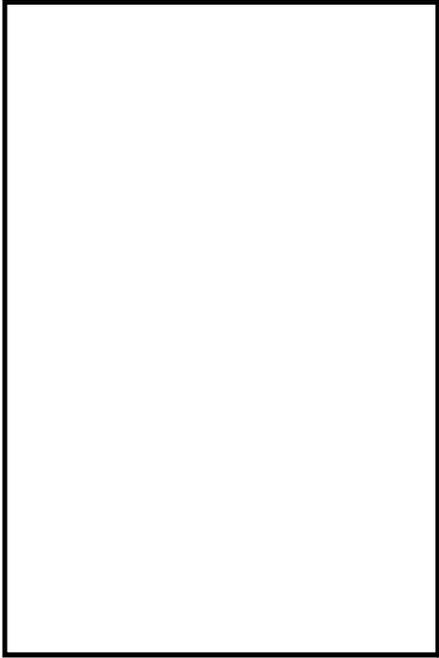
a3	m	横桁ピッチ	19	
----	---	-------	----	--

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	
----	---	-------	----	--

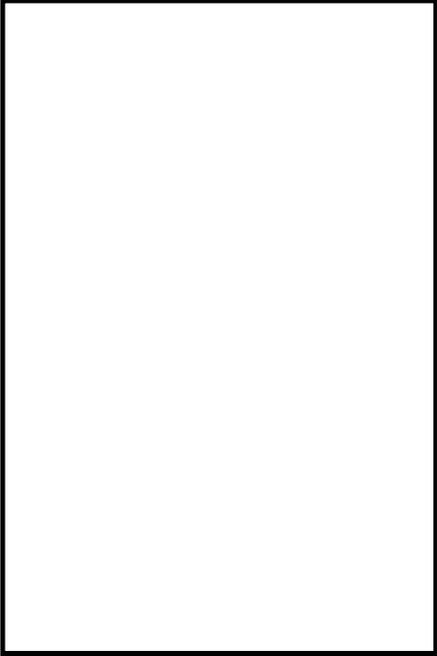
a4: 芯材(横桁)の横桁ピッチ
当該部分は、以下のとおり。



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

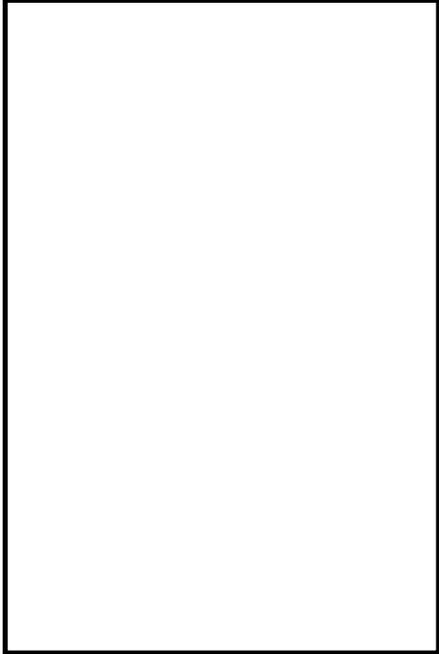
a5: 芯材(横桁)の横桁ピッチ

当該部分は、以下のとおり。



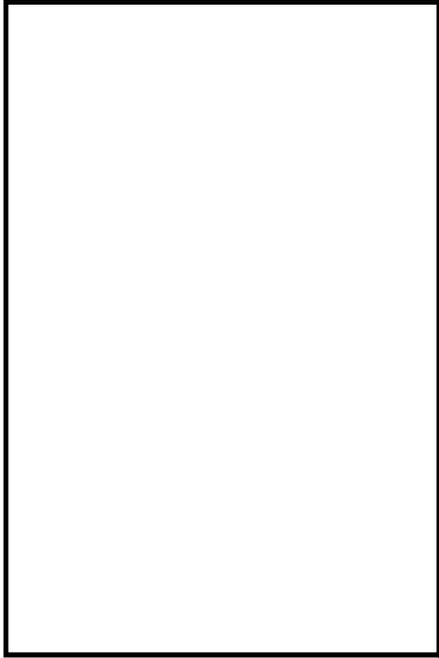
a6	m	横桁ピッチ	22	
----	---	-------	----	--

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	
----	---	-------	----	--

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	津波荷重	24	130.8
----	-------------------	------	----	-------

P1: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 8.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P1 = P_{h1}'$$

ここで

P_{h1}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h1}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 12.950 = 130.806$$

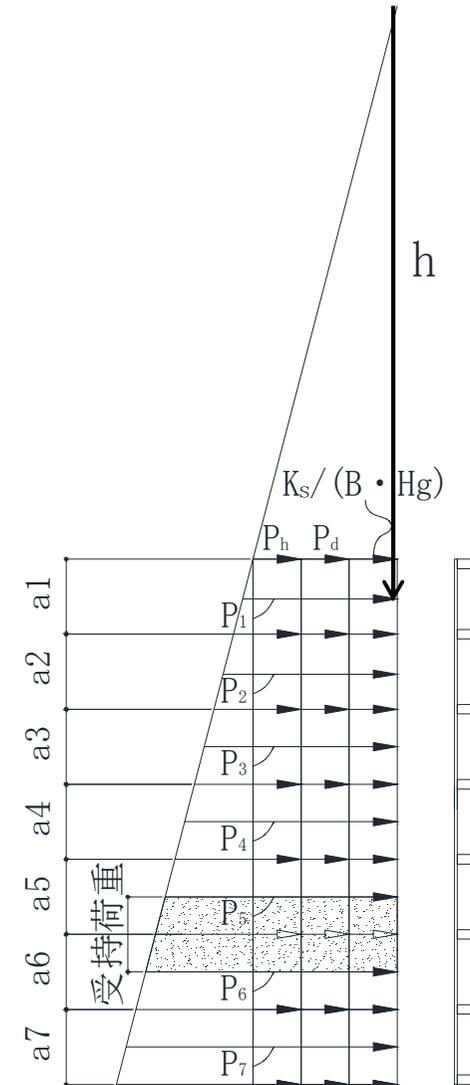
$$= 130.8 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 12.950 (m)

$$P1 = P_{h1}' = 130.8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P2	kN/m ²	津波荷重	25	133.4
----	-------------------	------	----	-------

P2: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 8.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P2 = P_{h2}'$$

ここで

P_{h2}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h2}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.210 = 133.4322$$

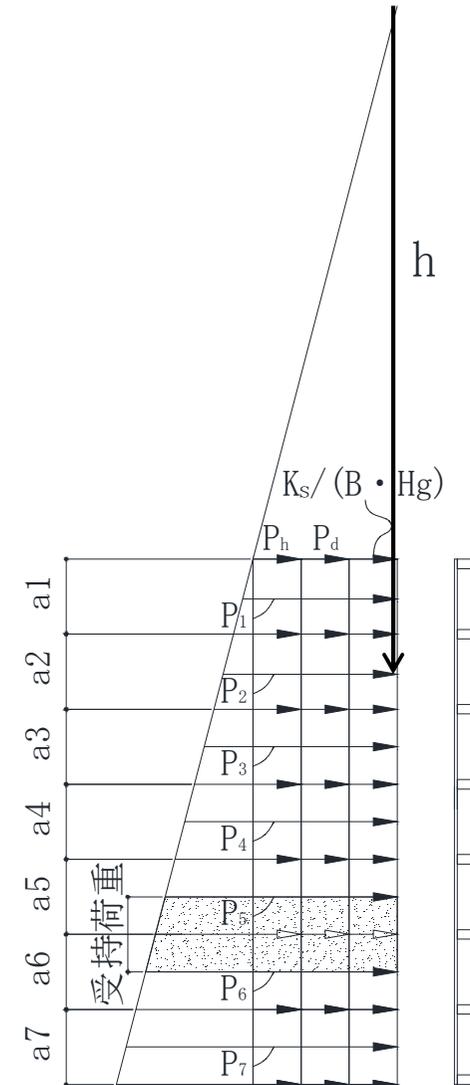
$$= 133.4 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}$$

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 = 13.210 (m)

$$P2 = P_{h2}' = 133.4 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P3	kN/m ²	津波荷重	26	136.2
----	-------------------	------	----	-------

P3:芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 8.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P3 = P_{h3}'$$

ここで

P_{h3}' :評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h3}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.480 = 136.1595$$

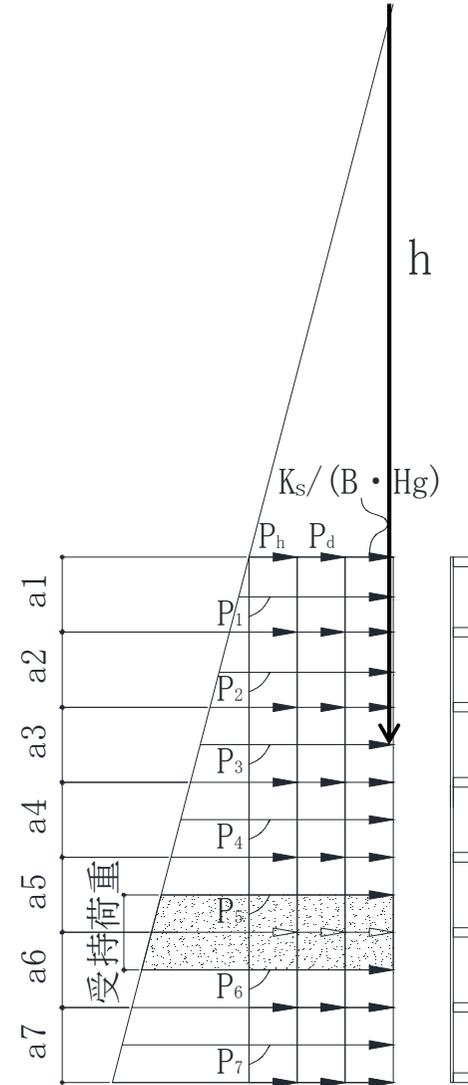
$$= 136.2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 13.480 (m)

$$P3 = P_{h3}' = 136.2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P4	kN/m ²	津波荷重	27	139.2
----	-------------------	------	----	-------

P4: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 8.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P4 = P_{h4}' + P_d' + K_s'$$

ここで

P_{h4}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h4}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.780 = 139.1897$$

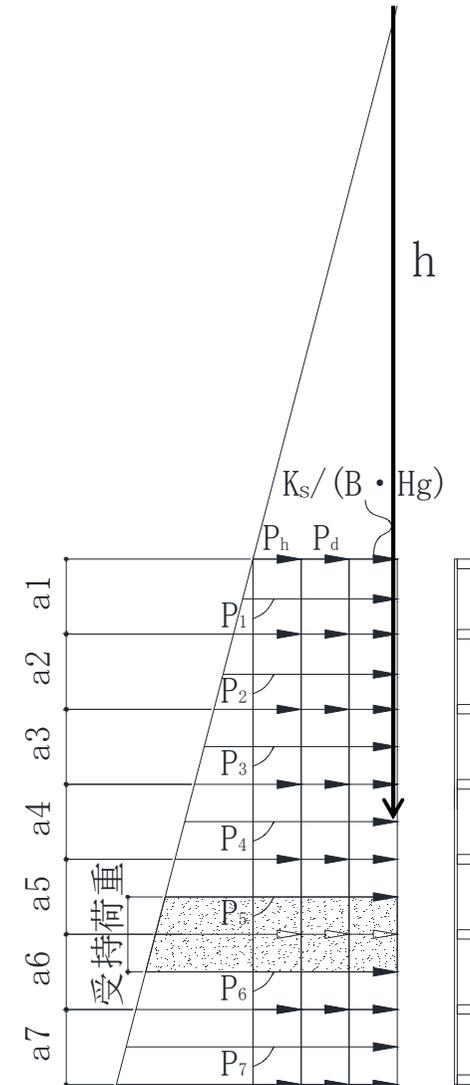
$$= 139.2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 13.780 (m)

$$P4 = P_{h4}' = 139.2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P5	kN/m ²	津波荷重	28	142.2
----	-------------------	------	----	-------

P5: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 8.3 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

$$P_{h5}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.080 = 142.22$$

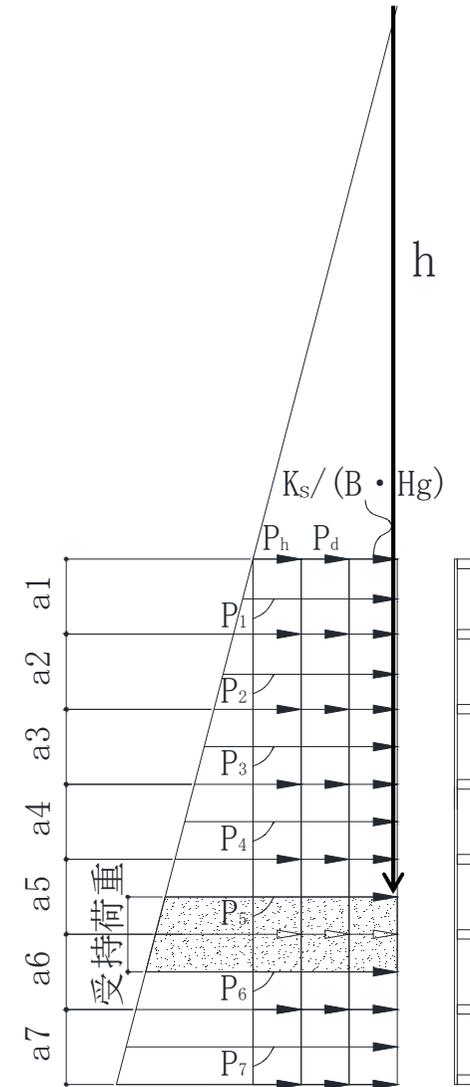
$$= 142.2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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)

$$h: \text{当該部分の浸水深さ} = 14.080 \text{ (m)}$$

$$P5 = P_{h5}' = 142.2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P6	kN/m ²	津波荷重	29	144.9
----	-------------------	------	----	-------

P6: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 8.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P6 = P_{h6}' + P_d' + K_s'$$

ここで

P_{h6}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h6}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.350 = 144.9472$$

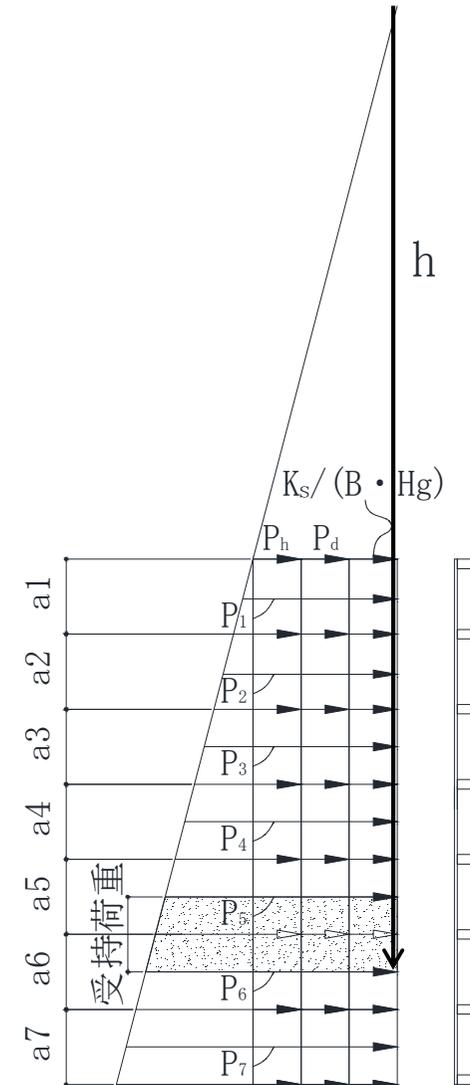
$$= 144.9 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 = 14.350 (m)

$$P6 = P_{h6}' = 144.9 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



P7	kN/m ²	津波荷重	30	147.6
----	-------------------	------	----	-------

P7: 芯材(横桁)に作用する浸水津波荷重

添付資料 8.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$P7 = P_{h7}' + P_d' + K'_s$$

ここで

P_{h7}' : 評価作用位置における浸水津波による荷重

$$P_{h7}' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.610 = 147.5734$$

$$= 147.6 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

第3-2表より ρ : 水の密度 1.03 (t/m³)

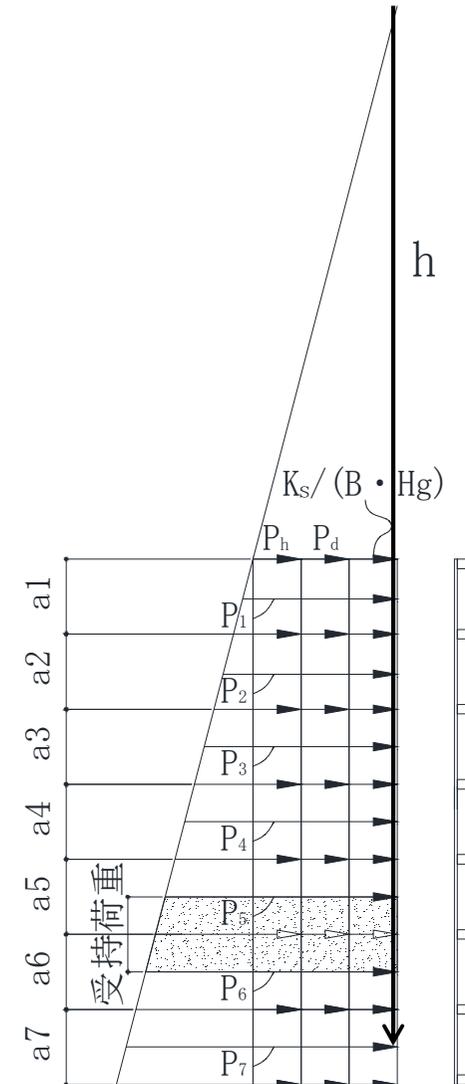
g : 重力加速度 9.80665 (m/s²)

h : 当該部分の浸水深さ = 14.610 (m)

$$P7 = P_{h7}' = 147.6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

以上を纏めると下表となる。

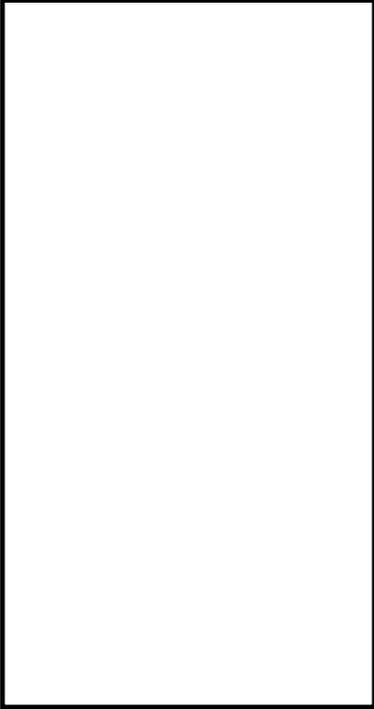
記号	単位	番号	津波荷重	h: 浸水深さ	単位
P1	kN/m ²	24	130.8	12.950	m
P2		25	133.4	13.210	
P3		26	136.2	13.480	
P4		27	139.2	13.780	
P5		28	142.2	14.080	
P6		29	144.9	14.350	
P7		30	147.6	14.610	



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。

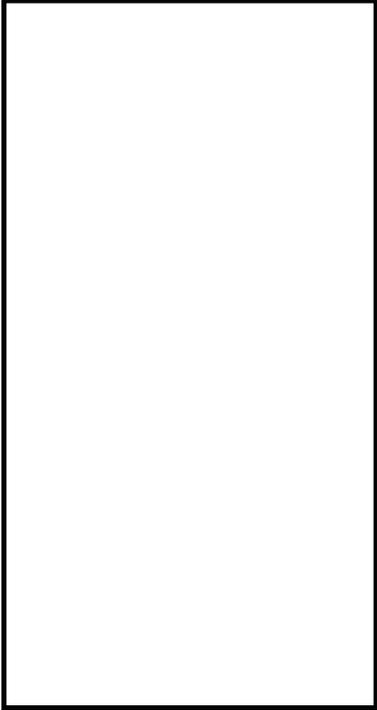


$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times \boxed{}^2 \\
 &= 63333.33 \\
 &= \boxed{63330} \text{ (mm}^3\text{)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入、有効数4桁表示)}
 \end{aligned}$$

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 = = 3800 (mm²) (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 56

扉板部の発生応力度は

添付資料 8.5 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。

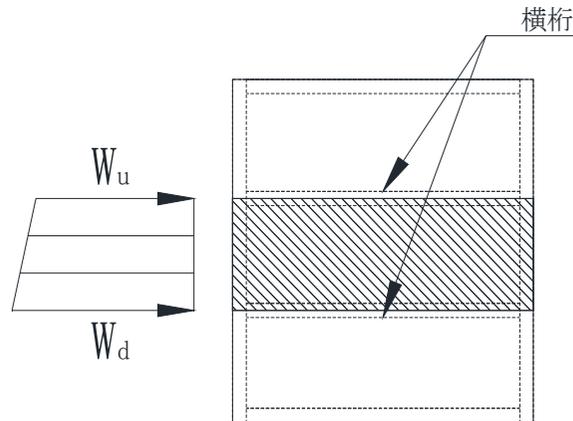
(1) 応力算定

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。



$$\begin{aligned}
 M &= M_{x1} \cdot W_u \cdot L^2 + M_{x2} \cdot (W_d - W_u) \cdot L^2 \\
 &= 0 \\
 &= 1 \\
 &= 1 \times 141.4 \times (0.300)^2 + 0.05 \times (144.4 - 141.4) \times (0.300)^2 \\
 & \quad \text{(kN}\cdot\text{m)} \quad \text{(有効数字5桁目四捨五入、有効数字4桁表示)}
 \end{aligned}$$

ここで、

M_{x1}

W_u

L : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数(-)

M_{x2} : 区画上端の単位長さ当たりの作用荷重(kN/m)

W_d : 区間短辺の長さ(m)

$M = M_x$: 等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数(-)

: 区画下端の単位長さ当たりの作用荷重(kN/m)

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
M_{x1}								(-)
W_u								(kN/m)
L								(m)
M_{x2}								(-)
W_d								(kN/m)
$M = M_x$	0.878	0.658	1.049	1.072	1.095	0.714	0.99	(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。

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

$\sigma =$

$$\frac{M}{Z} = \frac{1.095 \times 10^6}{19660} = 55.6968$$

$$= 56 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{(小数点第一位切り上げ、整数表示)}$$

ここで、

$\sigma = M$: 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

$$\frac{M}{Z} \quad \longrightarrow$$

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
0.878	0.658	1.049	1.072	1.095	0.714	0.99	(kN・m)
19660	19660	19660	19660	19660	19660	19660	(mm ³)
45	34	54	55	56	37	51	(N/mm ²)
				○			採用

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)	
芯材	52	79

芯材の発生応力度は

添付資料 8.5 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。

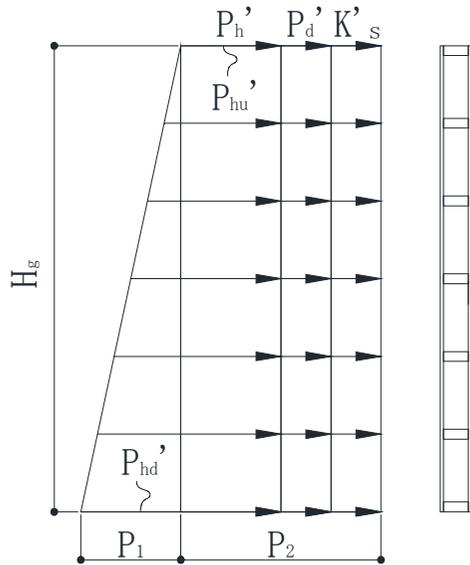
なお、ここでは横桁のせん断、曲げにおいて発生
応力度結果が一番厳しい主桁の曲げの値を記載している。

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。

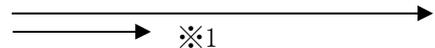
水平方向に取付く、横桁については、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。



(a) 横桁

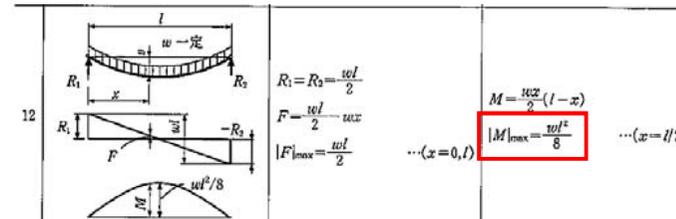
$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8}$$

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



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

$$M_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{130.8}{2} \cdot \frac{133.4}{2} \times \frac{\square}{2} \times \frac{0.969^2}{8}$$

$$= 4.031194$$

$$= 4.031 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=2の場合

$$M_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{133.4}{2} \cdot \frac{136.2}{2} \times \frac{\square}{2} \times \frac{0.969^2}{8}$$

$$= 4.271803$$

$$= 4.272 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=3の場合

$$M_3 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{136.2 + 139.2}{2} \times \frac{\square}{2} \times \frac{0.969^2}{8}$$

$$= 4.84856$$

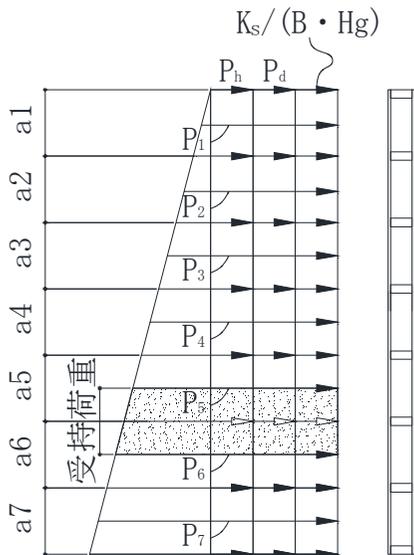
$$= 4.849 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=4の場合

$$M_4 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{139.2 + 142.2}{2} \times \frac{\square}{2} \times \frac{0.969^2}{8}$$

$$= 4.954193$$

$$= 4.954 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$



n=5の場合

$$M_5 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{142.2}{2} \cdot \frac{144.9}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{0.969^2}{8}$$

$$= 4.54909$$

$$= 4.549 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=6の場合

$$M_6 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^2}{8} = \frac{144.9 + 147.6}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{0.969^2}{8}$$

$$= 4.462999$$

$$= 4.463 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

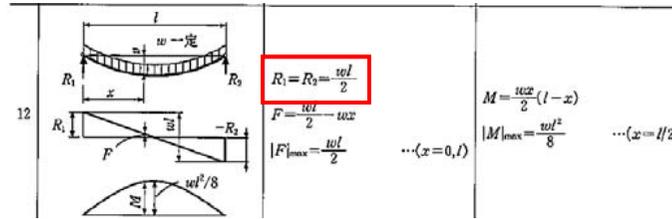
ここで、

Y : 主桁ピッチ(m)	16 より		m)			
a1 : 横桁ピッチ(m)	17 より		m)	P1 : 津波荷重 (kN/m ²)	24 より	130.8 (kN/m ²)
a2 : 横桁ピッチ(m)	18 より		m)	P2 : 津波荷重 (kN/m ²)	25 より	133.4 (kN/m ²)
a3 : 横桁ピッチ(m)	19 より		m)	P3 : 津波荷重 (kN/m ²)	26 より	136.2 (kN/m ²)
a4 : 横桁ピッチ(m)	20 より		m)	P4 : 津波荷重 (kN/m ²)	27 より	139.2 (kN/m ²)
a5 : 横桁ピッチ(m)	21 より		m)	P5 : 津波荷重 (kN/m ²)	28 より	142.2 (kN/m ²)
a6 : 横桁ピッチ(m)	22 より		m)	P6 : 津波荷重 (kN/m ²)	29 より	144.9 (kN/m ²)
a7 : 横桁ピッチ(m)	23 より		m)	P7 : 津波荷重 (kN/m ²)	30 より	147.6 (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

$$Q_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{130.8}{2} \cdot \frac{133.4}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 16.64064$$

$$= 16.64 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=2の場合

$$Q_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{133.4}{2} \cdot \frac{136.2}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 17.63386$$

$$= 17.63 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=3の場合

$$Q_3 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{136.2}{2} \cdot \frac{139.2}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 20.0147$$

$$= 20.01 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=4の場合

$$Q_4 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{139.2}{2} \cdot \frac{142.2}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 20.45075$$

$$= 20.45 \text{ (kN)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

n=5の場合

$$Q_5 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{142.2}{2} \cdot \frac{144.9}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 18.77849$$

$$= 18.78 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

n=6の場合

$$Q_6 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2} = \frac{144.9 + 147.6}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{0.969}{2}$$

$$= 18.42311$$

$$= 18.42 \text{ (kN) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

	Y : 主桁ピッチ(m)	16 より	(m)			
1	a1 : 横桁ピッチ (m)	17 より		(m)	P1 : 津波荷重 (kN/m ²)	24 より 130.8 (kN/m ²)
2	a2 : 横桁ピッチ (m)	18 より		(m)	P2 : 津波荷重 (kN/m ²)	25 より 133.4 (kN/m ²)
3	a3 : 横桁ピッチ (m)	19 より		(m)	P3 : 津波荷重 (kN/m ²)	26 より 136.2 (kN/m ²)
4	a4 : 横桁ピッチ (m)	20 より		(m)	P4 : 津波荷重 (kN/m ²)	27 より 139.2 (kN/m ²)
5	a5 : 横桁ピッチ (m)	21 より		(m)	P5 : 津波荷重 (kN/m ²)	28 より 142.2 (kN/m ²)
6	a6 : 横桁ピッチ (m)	22 より		(m)	P6 : 津波荷重 (kN/m ²)	29 より 144.9 (kN/m ²)
7	a7 : 横桁ピッチ (m)	23 より		(m)	P7 : 津波荷重 (kN/m ²)	30 より 147.6 (kN/m ²)

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：
 ・厚さ： (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、 (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 ^{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			
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			2号

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:
- ・厚さ: 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

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

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 ^{*)} 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	発生応力度/ 許容限界値
扉板	71 / 0.24

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

$$56 / 235 = 0.238298$$

⇒ 0.24 (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 / 0.34

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

$$79 / 235 = 0.33617$$

⇒ 0.34 (小数点以下第3位切上げ、小数点第2位表示)

水密扉の強度計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟北側水密扉1）

1. 評価条件

「3.5 評価方法」に用いる評価条件を第3-7表に示す。

第3-7表 強度評価に用いる条件(1/4)

対象部位	記号	単位	定義	数値	
				原子炉建屋付属棟北側水密扉1	
扉板	L ₄	m	区画短辺の長さ		
	W ₁	kN/m	最上段部の単位長さ当たりの作用荷重	②	128.2
	W ₂	kN/m	中段上部の単位長さ当たりの作用荷重	③	135.7
	W ₃	kN/m	中段下部の単位長さ当たりの作用荷重	④	142.7
	W ₄	kN/m	最下段部の単位長さ当たりの作用荷重	⑤	148.8
	M _{X1}	-	区画1等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑥	0.074
	M _{X2}	-	区画1等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑦	0.042
	M _{X3}	-	区画2等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑧	0.072
	M _{X4}	-	区画2等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑨	0.042
	M _{X5}	-	区画3等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑩	0.063
	M _{X6}	-	区画3等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑪	0.038
Z ₁	mm ³	断面係数	⑫	12360	

第3-7表 強度評価に用いる条件(2/4)

対象部位	記号	単位	定義	数値	
				原子炉建屋付属棟北側水密扉1	
芯材 (主桁)	Hg	m	受圧高	⑬	[Redacted]
	B ₁	m	受圧幅		
	P _{h1}	kN/m ²	津波による静水圧荷重 (最上部)	⑮	128.2
	P _{h2}	kN/m ²	津波による静水圧荷重 (中間上部)	⑯	135.7
	P _{h3}	kN/m ²	津波による静水圧荷重 (中間下部)	⑰	142.7
	P _{h4}	kN/m ²	津波による静水圧荷重 (最下部)	⑱	148.8
	Z ₂	mm ³	断面係数	⑲	131964
	A ₁	mm ²	断面積	⑳	695.5
芯材 (縦桁)	a1	m	主桁ピッチ	㉑	[Redacted]
	a2	m	主桁ピッチ	㉒	
	a3	m	主桁ピッチ	㉓	
	Y	m	縦桁ピッチ	㉔	
	p1	kN/m ²	津波による水圧荷重	㉕	131.9
	p2	kN/m ²	津波による水圧荷重	㉖	139.1
	p3	kN/m ²	津波による水圧荷重	㉗	145.7
	Z ₃	mm ³	断面係数	㉘	31264
	Z ₄	mm ³	断面係数	㉙	67396
	A ₂	mm ³	断面積	㉚	1044
	A ₃	mm ³	断面積	㉛	654

第3-7表 強度評価に用いる条件(3/4)

対象部位		記号	単位	定義	数値
共通		W_x	kN	扉体自重	③② <input type="text"/>
		P_o	kN	水圧荷重	③③ 277.5
		R_r	kN	ヒンジ部にかかる 扉自重反力	③④ 2.045
ヒンジ	共通	L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心 間距離	③⑤ <input type="text"/>
		L_j	m	ヒンジ中心間距離	③⑥ <input type="text"/>
	板	Z_5	mm^3	断面係数	③⑦ 10666
		A_4	mm^2	断面積	③⑧ 1600
	ピン	L_2	mm	軸支持間距離	③⑨ 130
		B_2	mm	ブッシュ長さ	④⑩ 80
		Z_6	mm^3	断面係数	④⑪ 6283
		A_5	mm^2	断面積	④⑫ 1257
	ヒンジ ボルト (<small>枠体側</small>)	n_1	本	本数	④⑬ 4
		A_{b1}	mm^2	1本当たりの断面積 (M16)	④⑭ 157
	ヒンジ ボルト (<small>扉側</small>)	n_2	本	本数	④⑮ 4
		A_{b2}	mm^2	1本当たりの断面積 (M16)	④⑯ 157

第3-7表 強度評価に用いる条件(4/4)

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	④⑦ 19
	Z ₇	mm ³	断面係数	④⑧ 12271
	A ₆	mm ²	断面積	④⑨ 1963
ロックボルト	n ₃	本	本数	⑤⑩ 4
	A _{b3}	mm ²	1本当たりの断面積(M16)	⑤⑪ 157
アンカーボルト	n ₄	本	本数	⑤⑫ 15
	A _a	mm ²	1本当たりの表面積(M16)	⑤⑬ 6535
	A _{b4}	mm ²	1本当たりの断面積(M16)	⑤⑭ 157

2. 強度評価結果

原子炉建屋水密扉の強度評価結果を第4-1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4-1表 原子炉建屋水密扉の強度評価結果 (1/3)

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)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
原子炉建屋 附属棟北側 水密扉1	扉 板	⑤⑤	216	⑥④	235	⑦⑦ 0.92
	芯材 ^(注1)	⑤⑥	131	⑥⑤	235	⑦④ 0.56

(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

第4-1表 原子炉建屋水密扉の強度評価結果 (2/3)

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	
原子炉建屋附属棟 北側水密扉1	ヒンジ部	板	⑤⑦ 22	⑥⑥ 118	⑦⑤ 0.19
		ピン ^(注1)	⑤⑧ 250	⑥⑦ 345	⑦⑥ 0.73
		ヒンジボルト (樑体側)	⑤⑨ 111	⑥⑧ 205	⑦⑦ 0.55
		ヒンジボルト (扉側)	⑥⑩ 111	⑥⑨ 118	⑦⑧ 0.95
	ロックバー 部	ロックバー	⑥① 108	⑦⑩ 345	⑦⑨ 0.32
		ロックボルト	⑥② 111	⑦① 205	⑧① 0.55

(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

第4-1表 原子炉建屋水密扉の強度評価結果 (3/3)

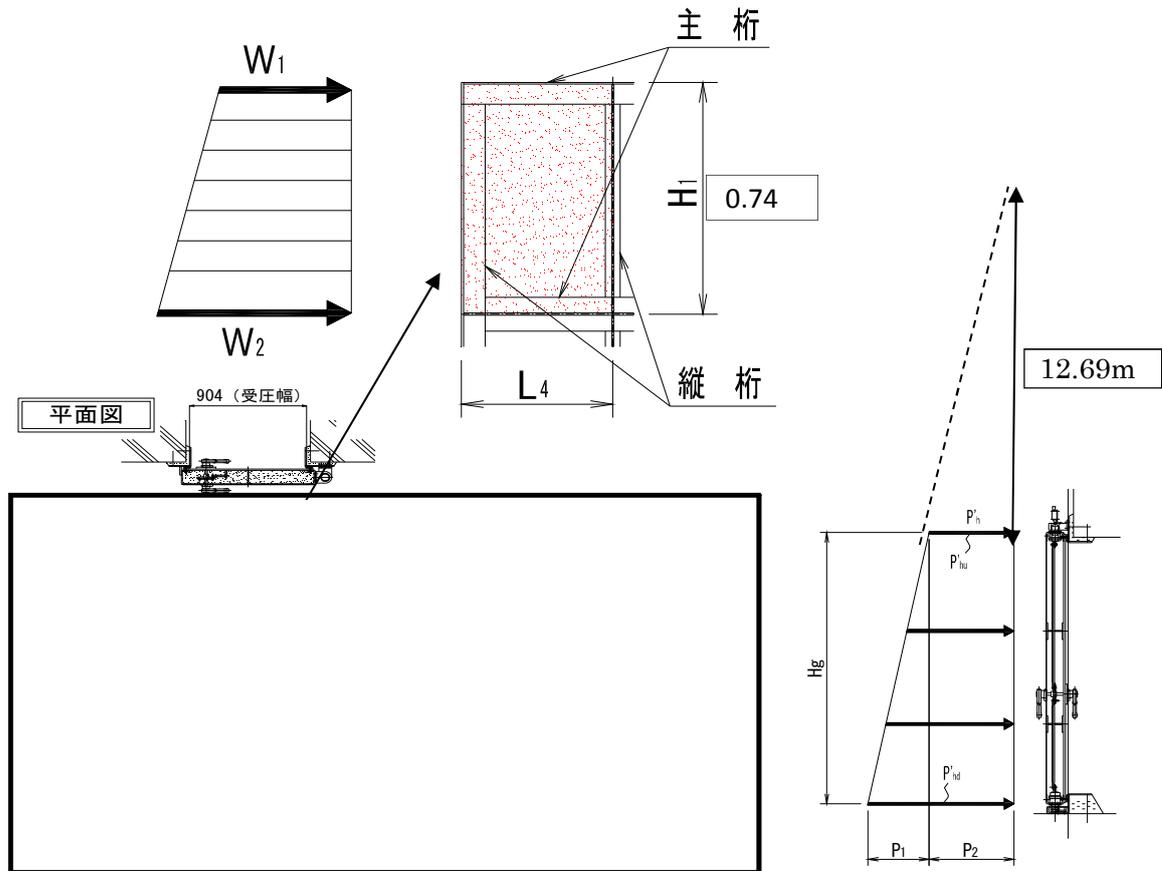
名 称	評価対象部位	発生 応力 (kN)	許容 限界値 (kN)	発生応力度/ 許容限界値
原子炉建屋附属棟 北側水密扉1	アンカーボルト	⑥③ 19	⑦② 26	⑧① 0.74

L_4	m	区画短辺の長さ	①	
-------	---	---------	---	--

L_4 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の扉体の区画短辺の長さ
 該部位は、添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照。

W_1	kN/m	最上段部の単位長さ当たりの作用荷重	②	128.2
-------	------	-------------------	---	-------

W_1 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の最上段部の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_1 = Ph'$$

ここで

Ph' : 最上段部の津波による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$Ph' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 12.69 = 128.1797802 = \boxed{128.2 \text{ (kN/m)}}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

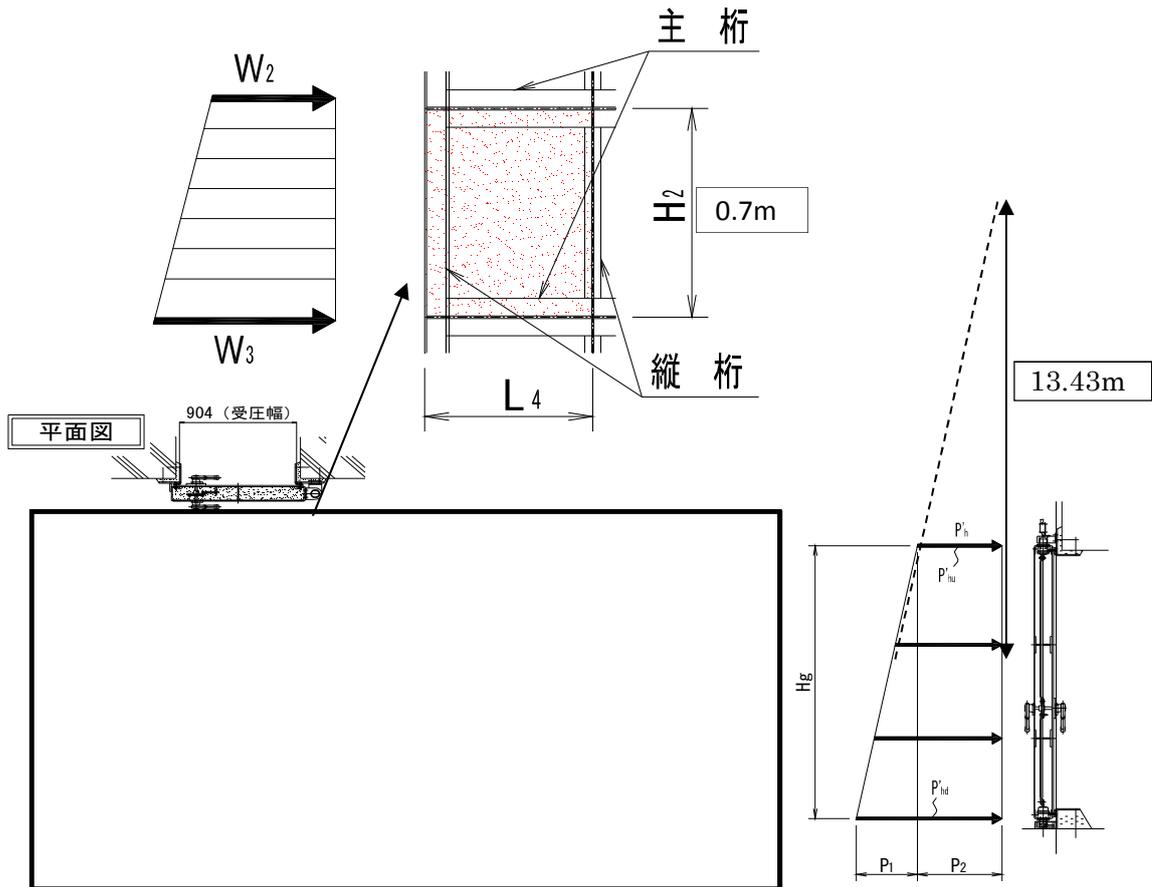
第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

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 $= 12.69 \text{ (m)}$

W_2	kN/m	中段上部の単位長さ当たりの作用荷重	③	135.7
-------	------	-------------------	---	-------

W_2 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の中段上部の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_2 = Ph'$$

ここで

Ph' : 中段上部の津波による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$Ph' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.43 = 135.6544088 = 135.7 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

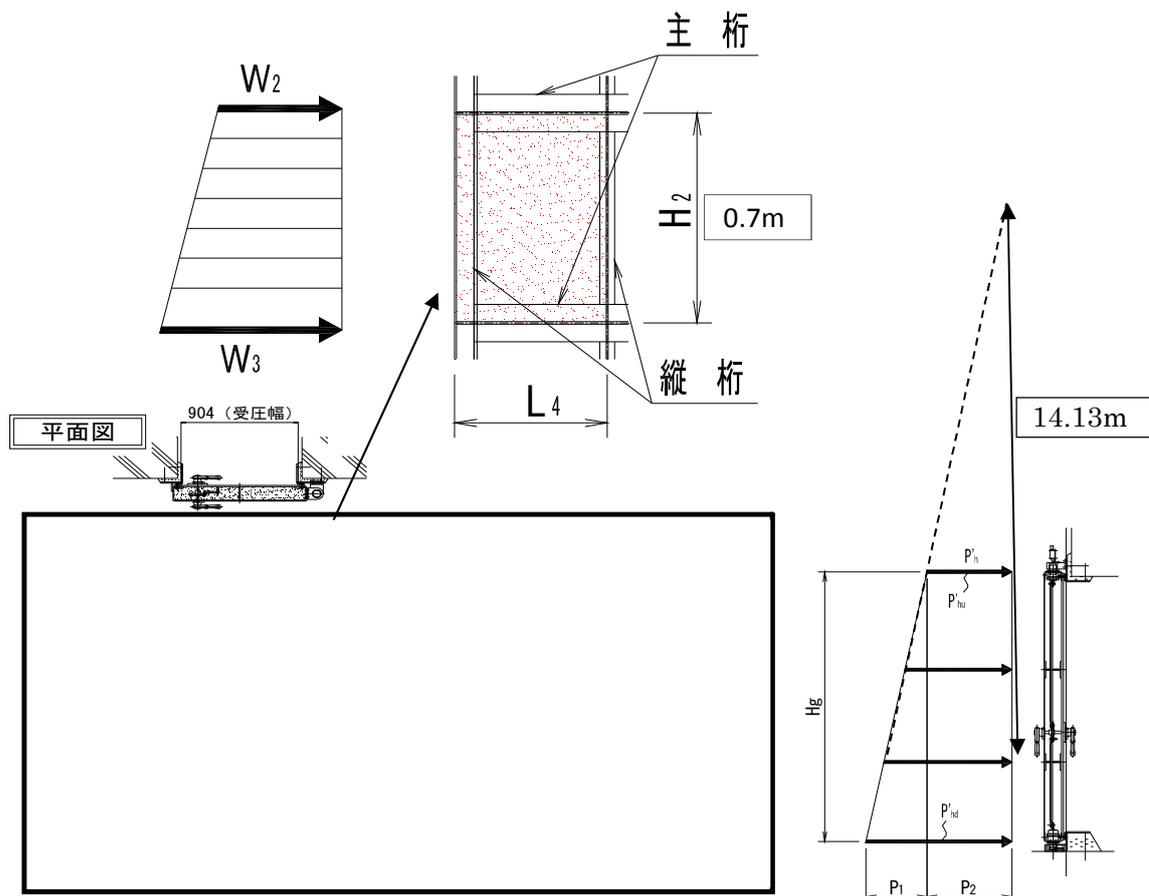
第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

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 $= 13.43 \text{ (m)}$

W_3	kN/m	中段下部の単位長さ当たりの作用荷重	④ 142.7
-------	------	-------------------	---------

W_3 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の中段下部の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_3 = Ph'$$

ここで

Ph' : 中段下部の津波による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$Ph' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.13 = 142.7250034 = \boxed{142.7 \text{ (kN/m)}}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

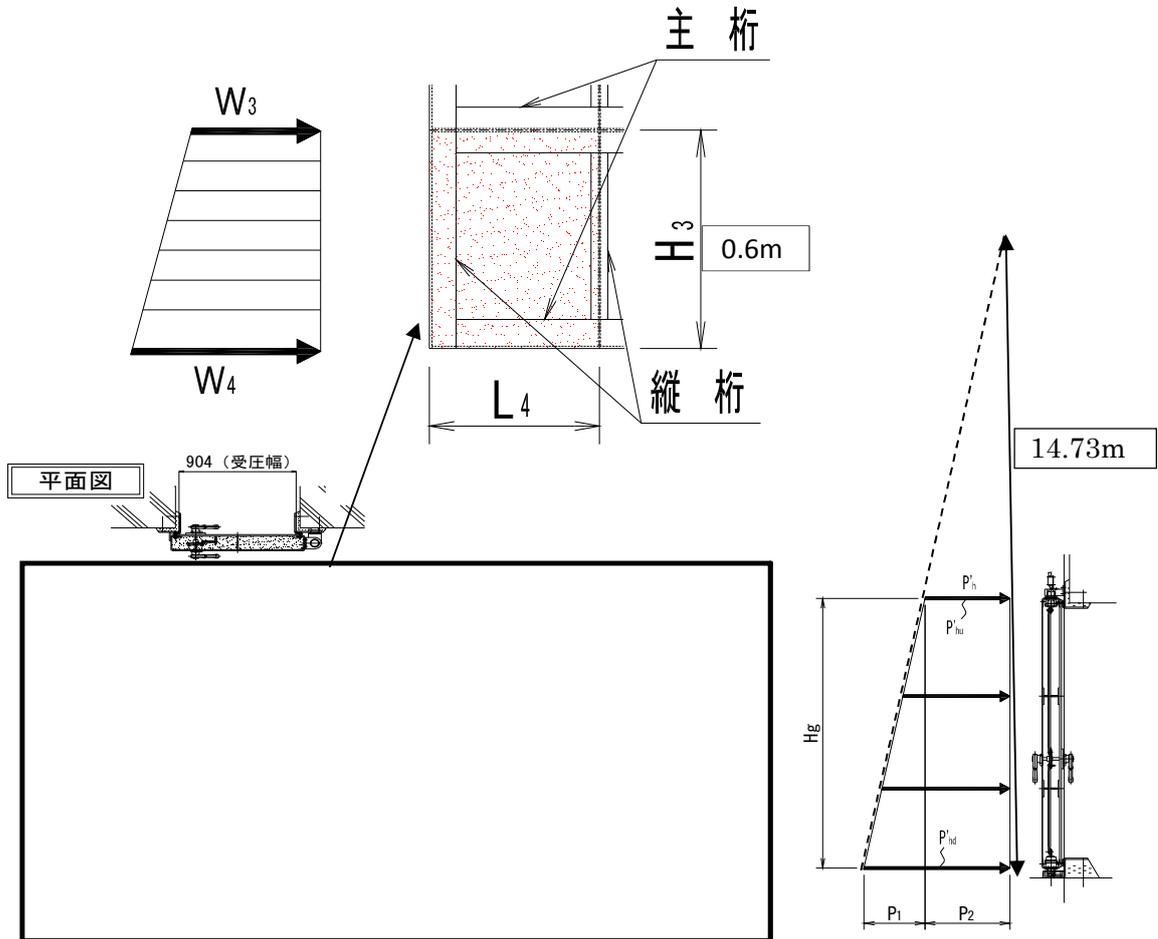
第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

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 $= 14.13 \text{ (m)}$

W_4	kN/m	最下段部の単位長さ当たりの作用荷重	⑤ 148.8
-------	------	-------------------	---------

W_4 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の最下段部の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_4 = Ph'$$

ここで

Ph' : 最下段部の津波による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$Ph' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.73 = 148.7855131 = \boxed{148.8 \text{ (kN/m)}}$$

(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 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

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 $= 14.73 \text{ (m)}$

M_{x1}	-	区画1等分布荷重による 曲げ応力算定用の係数	⑥ 0.074
----------	---	---------------------------	---------

M_{x1} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の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

$l_x (L_4)$: 短辺方向①より0.515

$l_y (H_1)$: 長辺方向図面より0.74

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.74 / 0.515 = 1.436893204$$

グラフより 0.074 を採用

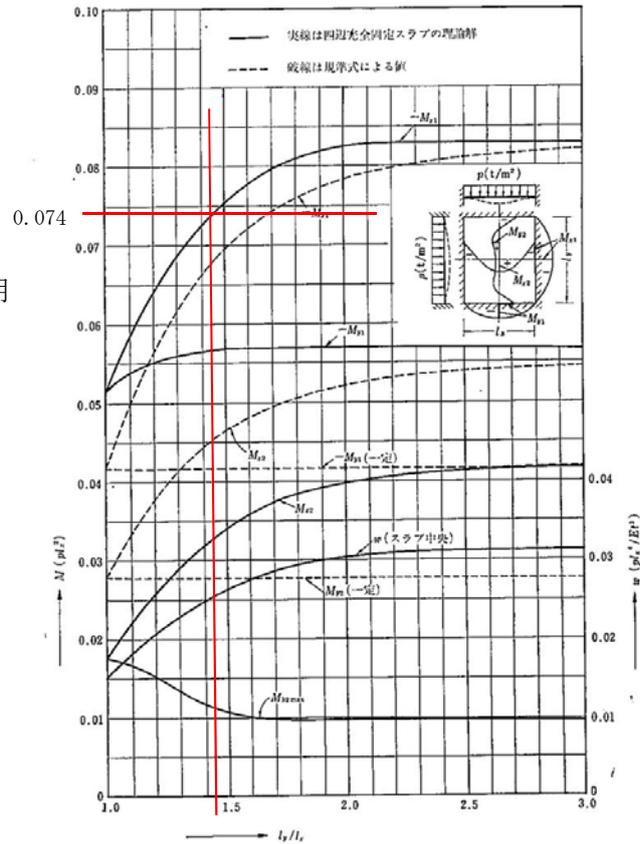


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{X2}	-	区画1等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑦	0.042
----------	---	------------------------	---	-------

M_{X2} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の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

$l_x (L_4)$: 短辺方向①より0.515

$l_y (H_1)$: 長辺方向図面より0.74

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.74 / 0.515 = 1.436893204$$

グラフより 0.042 を採用

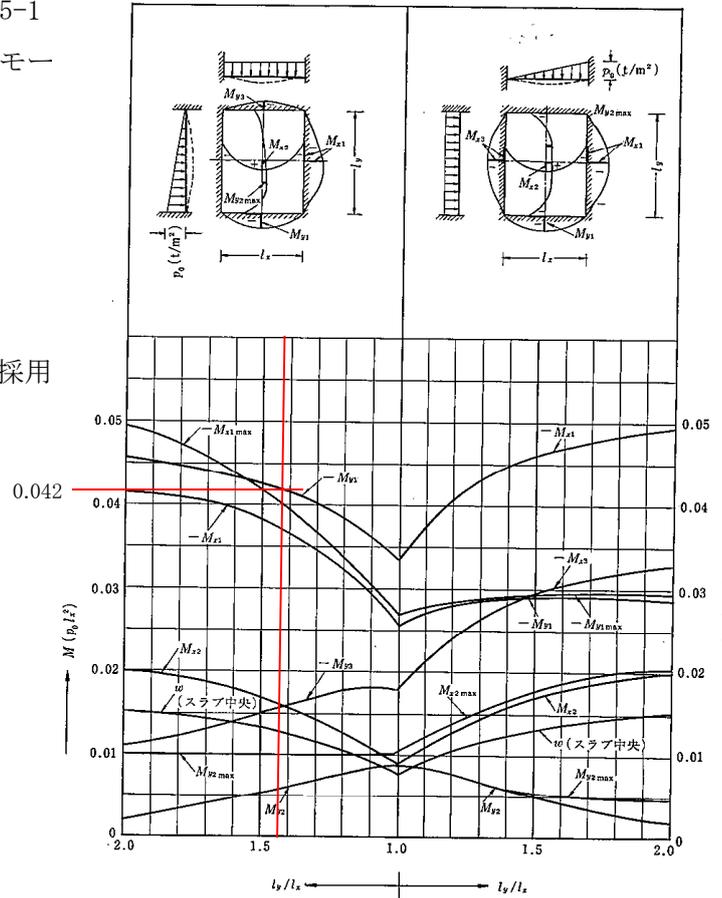


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{x3}	-	区画2等分布荷重による 曲げ応力算定用の係数	⑧ 0.072
----------	---	---------------------------	---------

M_{x3} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の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

$l_x (L_4)$: 短辺方向①より0.515

$l_y (H_2)$: 長辺方向図面より0.7

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.7 / 0.515 = 1.359223$$

グラフより 0.072 を採用

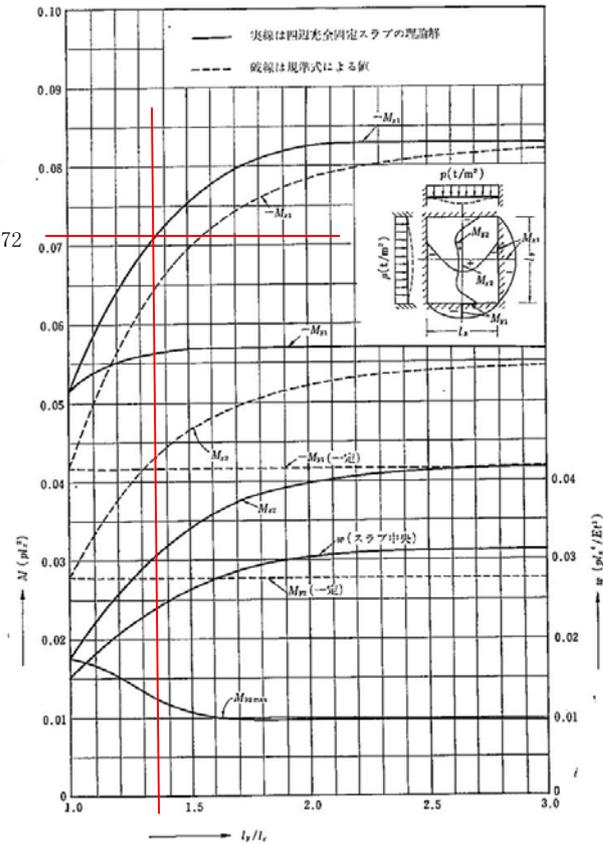


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{X4}	-	区画2等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑨	0.042
----------	---	------------------------	---	-------

M_{X4} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の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

$l_x (L_4)$: 短辺方向①より0.515

$l_y (H_2)$: 長辺方向図面より0.7

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.7 / 0.515 = 1.359223$$

グラフより 0.042 を採用

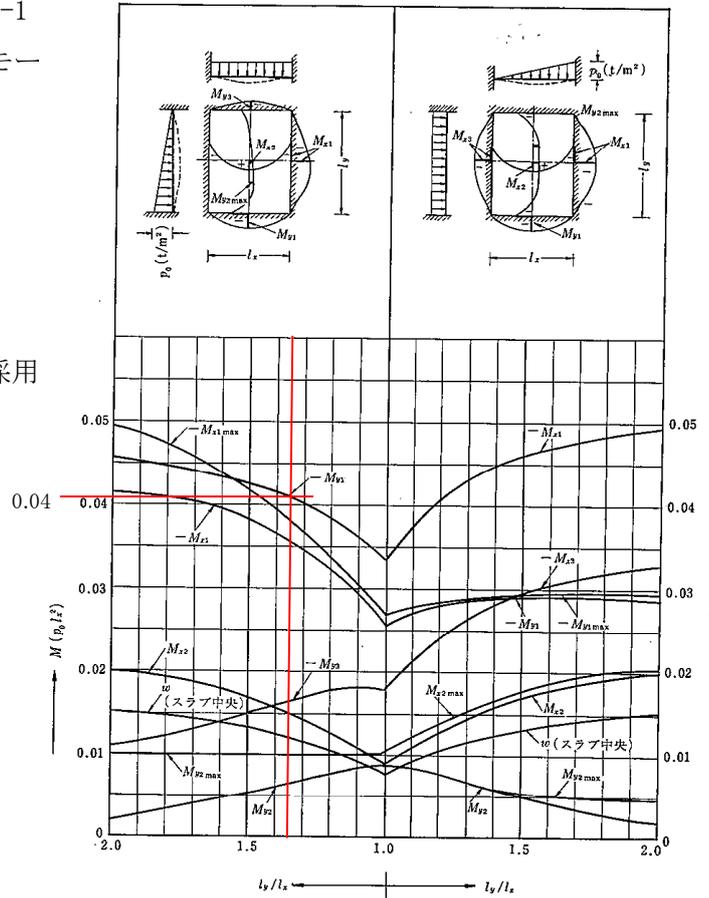


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{X5}	-	区画3等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑩	0.063
----------	---	-----------------------	---	-------

M_{X5} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の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

$l_x (L_4)$: 短辺方向①より0.515

$l_y (H_3)$: 長辺方向図面より0.6

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.6 / 0.515 = 1.165048544$$

グラフより 0.063 を採用

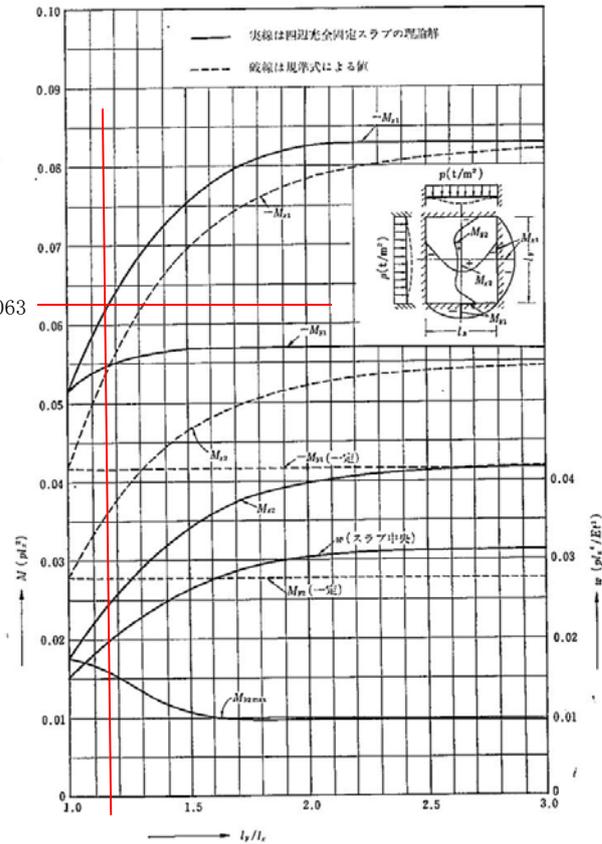


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{X6}	-	区画3等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑪ 0.038
----------	---	------------------------	---------

M_{X6} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の区画3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

$l_x (L_4)$: 短辺方向①より0.515

$l_y (H_3)$: 長辺方向図面より0.6

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.6 / 0.515 = 1.165048544$$

グラフより 0.038 を採用

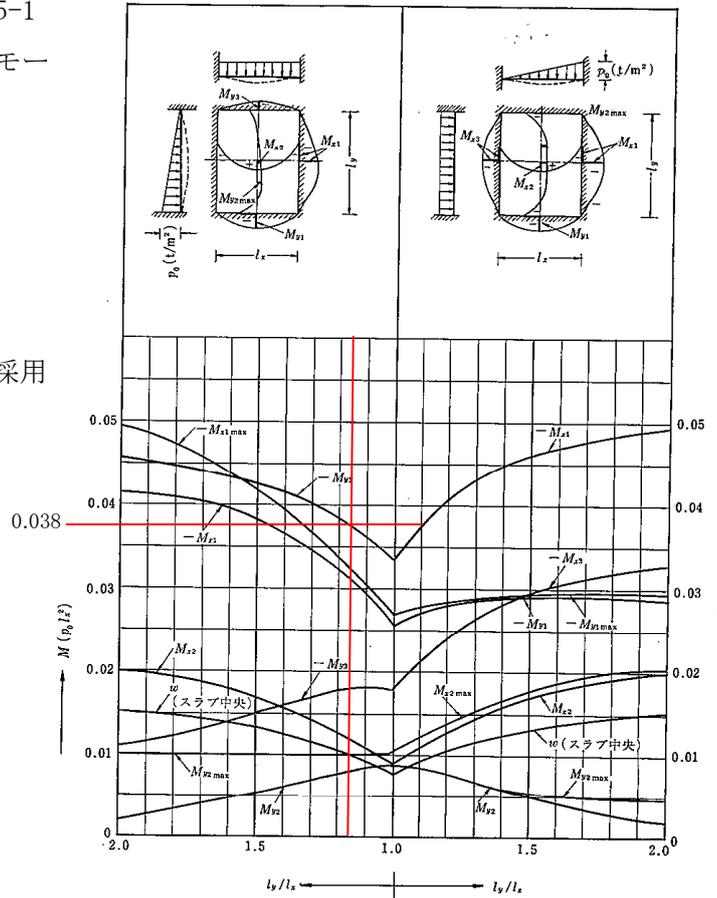


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

Z_1	mm^3	断面係数	⑫ 12360
-------	---------------	------	---------

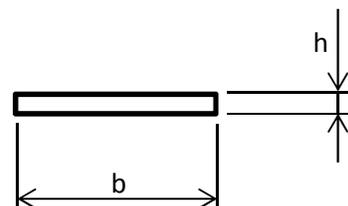
Z_1 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の扉板の断面係数

扉板の断面係数を算定する。

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

$$Z_1 = (1/6) \cdot b h^2$$

$$= (1/6) \times 515 \times 12^2 = \boxed{12360 (\text{mm}^3)}$$



H_g	m	受圧高	⑬	
-------	---	-----	---	--

H_g : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材の受圧高

当該部分は、添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照。

B_1	m	受圧幅	⑭	
-------	---	-----	---	--

B_1 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材の受圧幅

当該部分は、添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照。

P_{h1}	kN/m^2	津波による静水圧荷重(最上部)	⑮	128.2
----------	-----------------	-----------------	---	-------

P_{h1} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材（主桁）に作用する津波による

静水圧荷重(最上部) 添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照。

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

b. 津波に伴う荷重(Ph)算定式より

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

最上部静水圧荷重算定のため、

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 第3-2表より

ρ : 水の密度1.03 (t/m^3)

水圧作用高さEL. 8.2 (m)

g : 重力加速度9.80665 (m/s^2)

h : 当該部分の浸水深さ(区画上端高さ)図より=12.69m

$$P_{h1} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 12.69$$

$$= 128.1797802$$

$$= \boxed{128.2 (\text{kN/m}^2)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

P_{h2}	kN/m^2	津波による静水圧荷重(中間上部)	⑩ 135.7
----------	-----------------	------------------	---------

P_{h2} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材(主桁)に作用する津波による静水圧荷重(中間上部) 添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照。

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

b. 津波に伴う荷重(Ph)算定式より

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h$$

中間上部静水圧荷重算定のため,

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 第3-2表より

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

$$\text{水圧作用高さEL. 8.2 (m)}$$

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

$$h : \text{当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) 図より} = 13.43\text{m}$$

$$P_{h1} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.43$$

$$= 135.6544088$$

$$= \boxed{135.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_{h3}	kN/m^2	津波による静水圧荷重(中間下部)	⑪ 142.7
----------	-----------------	------------------	---------

P_{h3} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材(主桁)に作用する津波による静水圧荷重(中間下部) 添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照。

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

b. 津波に伴う荷重(Ph)算定式より

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h$$

中間下部静水圧荷重算定のため,

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 第3-2表より

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

$$\text{水圧作用高さEL. 8.2 (m)}$$

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

$$h : \text{当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) 図より} = 14.13\text{m}$$

$$P_{h3} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.13$$

$$= 142.7250034$$

$$= \boxed{142.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_{h4}	kN/m^2	津波による静水圧荷重(最下部)	⑱ 148.8
----------	-----------------	-----------------	---------

P_{h4} : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材(主桁)に作用する津波による静水圧荷重(最下部)
添付 扉体組立図「SWT-7-002」参照。

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 (1) 荷重の設定

b. 津波に伴う荷重(Ph)算定式より

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h$$

最下部静水圧荷重算定のため、

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 第3-2表より

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

$$\text{水圧作用高さ} \text{EL. 8. 2 (m)}$$

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

$$h : \text{当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) 図より} = 14.73\text{m}$$

$$P_{h4} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.73$$

$$= 148.7855131$$

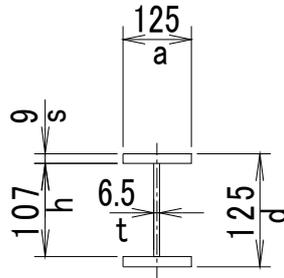
$$= \boxed{148.8 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

Z_2	mm^3	断面係数	⑱ 131964
-------	---------------	------	----------

Z_2 : 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。



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-23ページより)

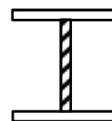
$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \frac{a \cdot d^3 - h^3 (a-t)}{6d} = \frac{125 \times 125^3 - 107^3 \times (125 - 6.5)}{6 \times 125} \\
 &= \frac{244140625 - 145167595.5}{750} = \frac{98973029.5}{750} \\
 &= 131964.0393 \\
 &= \boxed{131964 \text{ (mm}^3\text{)}} \quad (\text{少数点第一位切り上げ, 整数表示})
 \end{aligned}$$

A_1	mm^2	断面積	⑳ 695.5
-------	---------------	-----	---------

A_1 : 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。

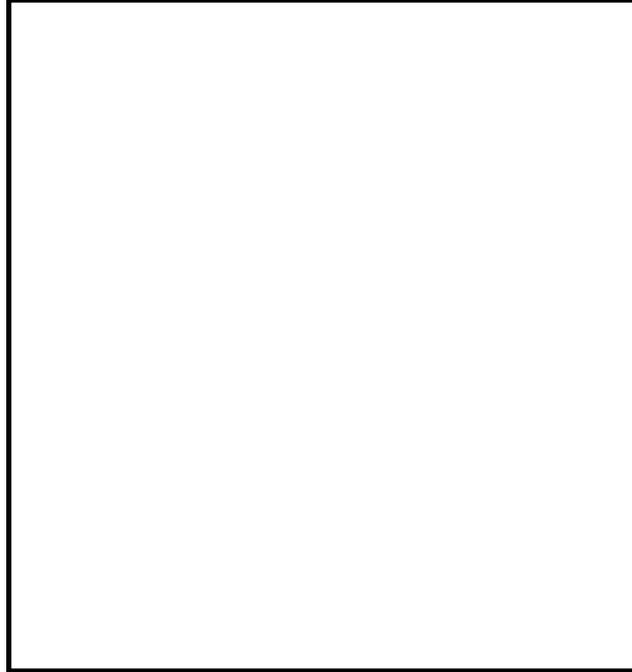
$$\begin{aligned}
 A_1 &= (125 - 9 - 9) \times 6.5 \\
 &= \boxed{695.5 \text{ (mm}^2\text{)}}
 \end{aligned}$$



a1	m	主桁ピッチ	(21)	
----	---	-------	------	--

a1：原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材（横桁）の主桁ピッチ

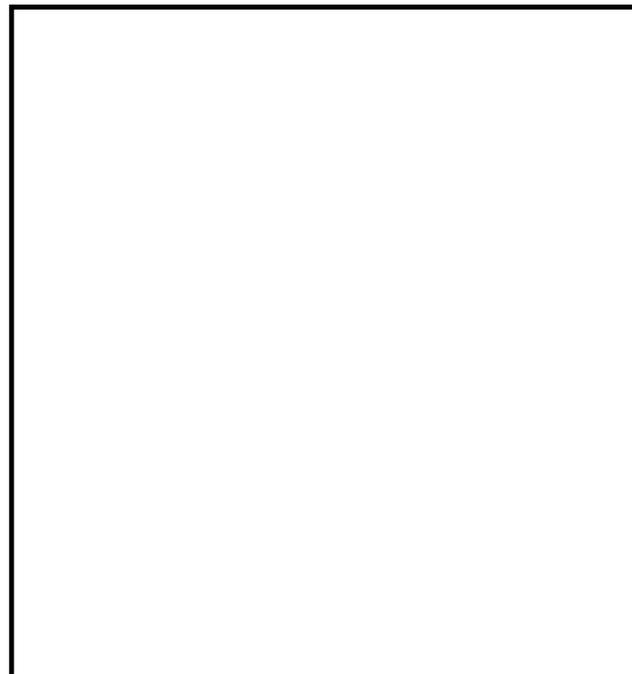
当該部分は、以下のとおり。



a2	m	主桁ピッチ	(22)	
----	---	-------	------	--

a2：原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材（横桁）の主桁ピッチ

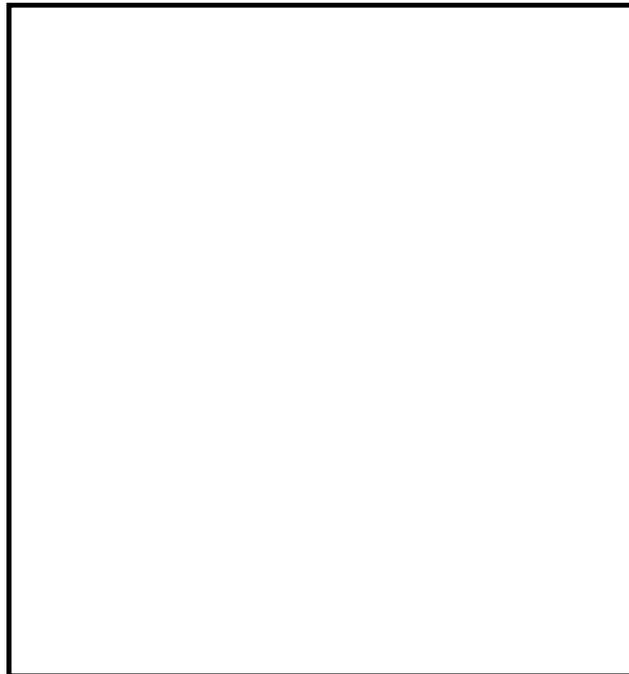
当該部分は、以下のとおり。



a3	m	主桁ピッチ	(23)	
----	---	-------	------	--

a3：原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材（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	(24)	
---	---	-------	------	--

a：原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材（縦桁）の縦桁ピッチ

当該部分は、以下のとおり。



p1	kN/m ²	津波による水圧荷重	② 131.9
----	-------------------	-----------	---------

p1 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材（主桁）下図に作用する荷重
 評価作用位置における津波による荷重

$$p1 = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.055 = 131.8665902$$

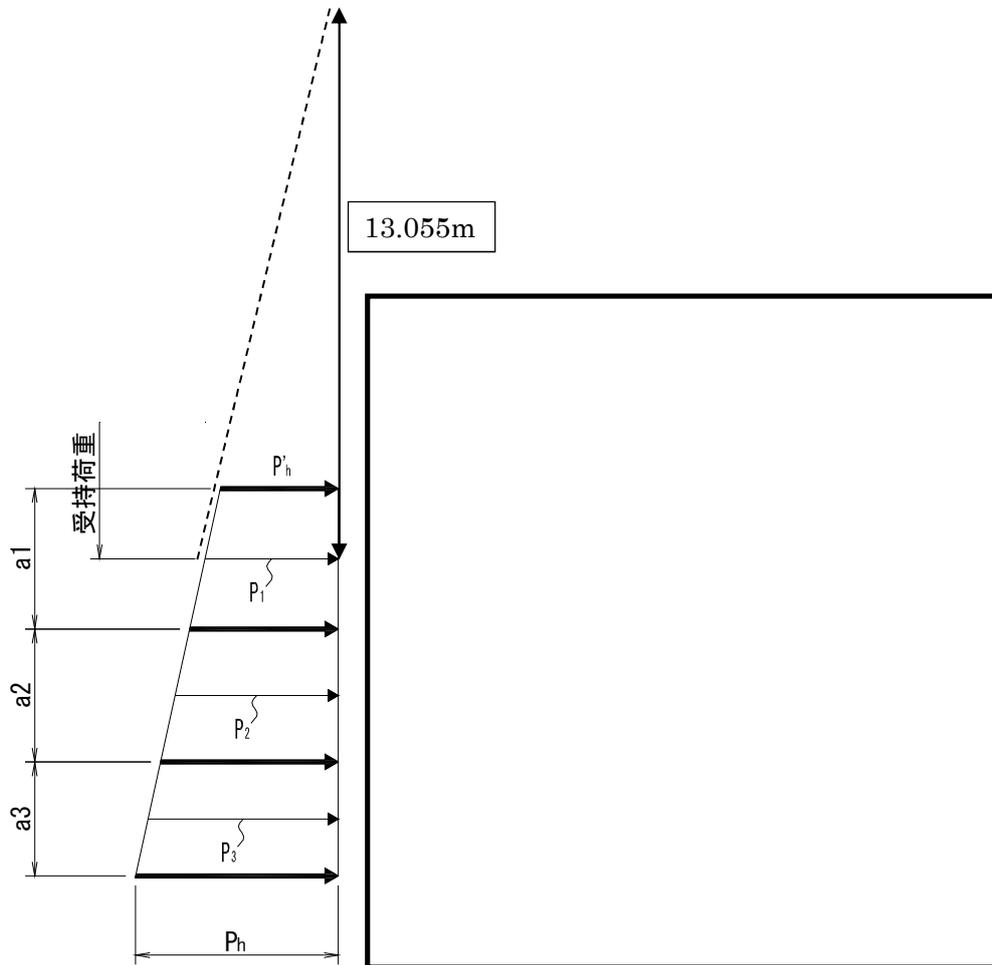
$$= \boxed{131.9 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

表4.3-1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 $= 13.055 \text{ (m)}$



主桁に生じる荷重の例

p2	kN/m ²	津波による水圧荷重	⑳ 139.1
----	-------------------	-----------	---------

p2 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材（主桁）下図に作用する荷重
 評価作用位置における津波による荷重

$$p2 = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.775 = 139.1392019$$

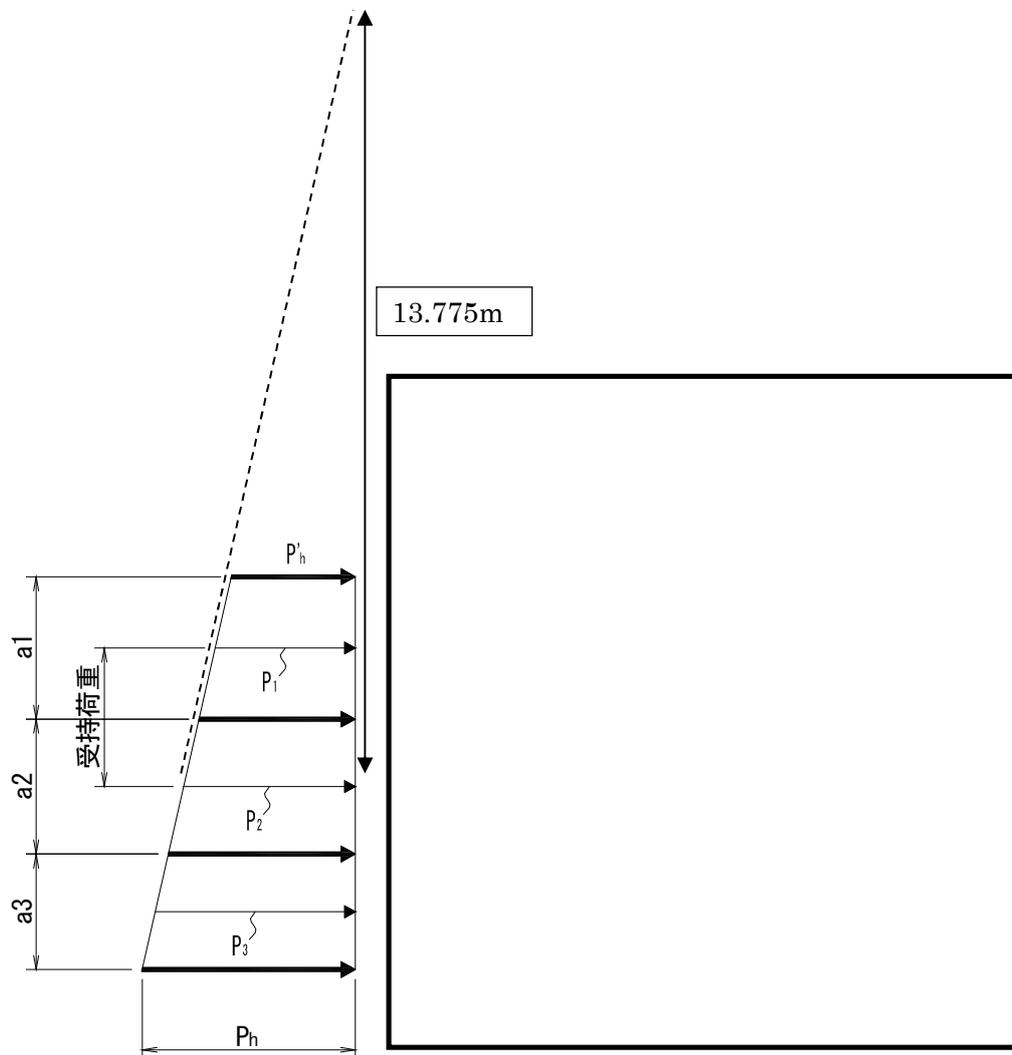
$$= \boxed{139.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

表4.3-1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図より = 13.775 (m)



主桁に生じる荷重の例

p3	kN/m ²	津波による水圧荷重	⑳	145.7
----	-------------------	-----------	---	-------

p3 : 原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材（主桁）下図に作用する荷重
 評価作用位置における津波による荷重

$$p3 = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.425 = 145.704754$$

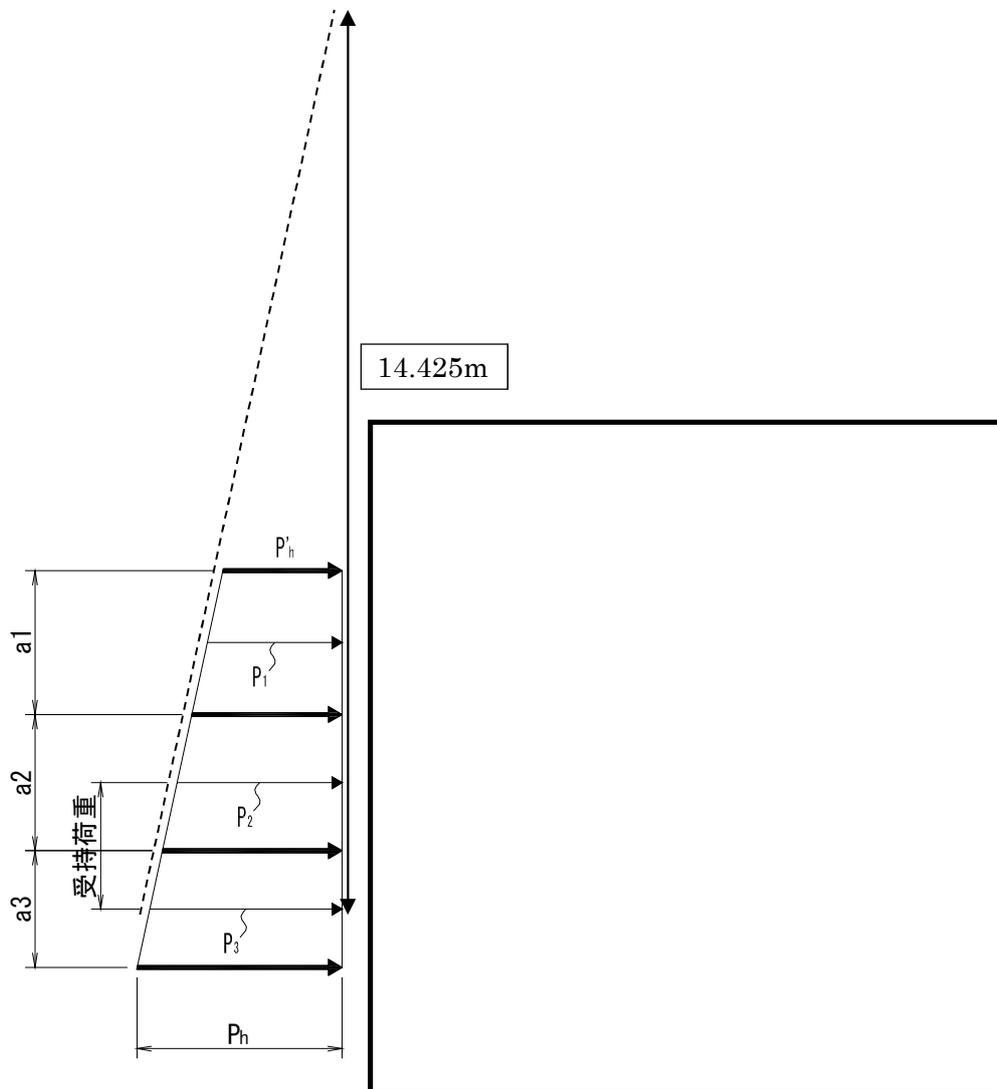
$$= \boxed{145.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

ここで、

表4.3-1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図より = 14.425 (m)

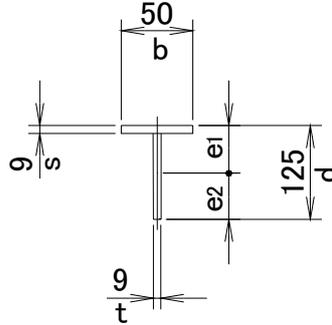


主桁に生じる荷重の例

Z_3	mm^3	断面係数	⑳ 31264
-------	---------------	------	---------

Z_3 : 芯材（中間縦桁）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。



$$e_1 = d - \frac{d^2 \cdot t + s^2 \cdot (b-t)}{2 \cdot (b \cdot s + h \cdot t)} = 125 - \frac{125^2 \times 9 + 9^2 \times (50-9)}{2 \times (50 \times 9 + 116 \times 9)}$$

$$= 125 - \frac{143946}{2988} = 76.8253012$$

= 76.83 (mm) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$e_2 = \frac{d^2 \cdot t + s^2 \cdot (b-t)}{2 \cdot (b \cdot s + h \cdot t)} = \frac{125^2 \times 9 + 9^2 \times (50-9)}{2 \times (50 \times 9 + 116 \times 9)}$$

$$= \frac{143946}{2988} = 48.1746988$$

= 48.17 (mm) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$I = \frac{1}{3} \cdot \{t \cdot e_1^3 + b \cdot e_2^3 - (b-t) \cdot (e_2-s)^3\}$$

$$= 1/3 \times \{9 \times 76.83^3 + 50 \times 48.17^3 - (50-9) \times (48.17-9)^3\}$$

$$= 1/3 \times \{4081642.929 + 5588560.326 - 41 \times 60098.09621\} = 1/3 \times 7206181.31 = 2402060.437$$

$$= 2402000 \text{ (mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

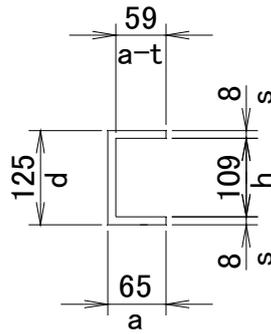
$$Z_3 = \frac{I}{e_1} = 2402000 / 76.83 = 31263.82923$$

$$= \boxed{31264 \text{ (mm}^3\text{)}} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

Z_4	mm^2	断面積	㉑ 67396
-------	---------------	-----	---------

Z_4 : 芯材（端縦桁）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端縦桁の断面係数を記載する。



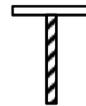
$$\begin{aligned}
 Z_4 &= \frac{a \cdot d^3 - h^3 (a-t)}{6d} \\
 &= \frac{65 \times 125^3 - 109^3 (65-6)}{6 \times 125} \\
 &= 67395.21867 \\
 &= \boxed{67396 \text{ (mm}^3\text{)}} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}
 \end{aligned}$$

A_2	mm^2	断面積	③①	1044
-------	---------------	-----	----	------

A_2 : 芯材 (中間縦桁) 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。

$$\begin{aligned}
 A_2 &= (125-9) \times 9 \\
 &= \boxed{1044 \text{ (mm}^2\text{)}}
 \end{aligned}$$

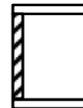


A_3	mm^2	断面積	③①	654
-------	---------------	-----	----	-----

A_3 : 芯材 (端縦桁) 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。

$$\begin{aligned}
 A_3 &= 109 \times 6 \\
 &= \boxed{654 \text{ (mm}^2\text{)}}
 \end{aligned}$$



W_x	kN	扉体自重	③②	4.95
-------	----	------	----	------

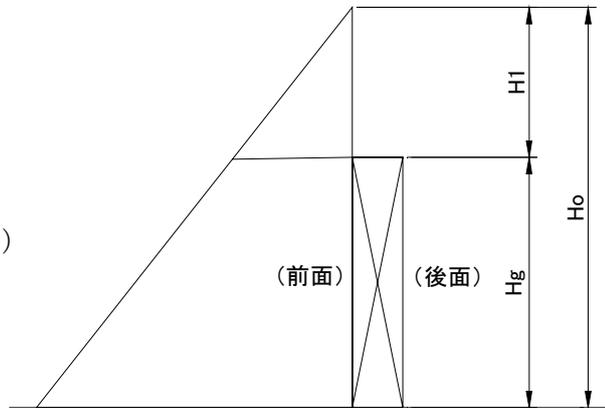
P_o	kN	水圧荷重	③③	277.5
-------	----	------	----	-------

P_o : 設計水圧荷重。今回受圧幅と受圧高が 既設躯体開口より小さい為、躯体開口内にかかる水圧荷重が扉にかかるものとする。水圧荷重の計算は受圧幅と受圧高の数値を躯体開口幅と躯体開口高の数値に置き換えて計算するものとします。

$$\begin{aligned}
 P_o &= \rho \cdot B_1 \cdot (H_o^2 - H_1^2) / 2 \\
 &= 10.1 \times 0.960 \times (14.80^2 - 12.720^2) / 2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 10.1 \times 0.960 \times 57.2416 / 2 \\
&= 277.5072768 \text{ kN/m}^3 \\
&= \boxed{277.5 \text{ kN/m}^3} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}
\end{aligned}$$

ここで、
 第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$
 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)} = 10.1 \text{ kN/m}^3$
 B_1 : 躯体開口幅 (受圧幅)
 H_0 : 水深 (前面 : 水圧作用高さ)
 H_g : 躯体開口高 (受圧高)
 H_1 : $H_0 - H_g$



R_r	kN	扉自重反力	③④ 2.045
-------	----	-------	----------

R_r : ヒンジ・ロックバーに作用する扉自重による反力

$$\begin{aligned}
R_r &= W_x \cdot \left(\frac{L_x}{L_j} \right) \\
&= 4.95 \times (0.595 / 1.440) \\
&= 2.0453125 \\
&= \boxed{2.045 \text{ (kN)}}
\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	③⑤
-------	---	---------------	----

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	③⑥ 1.440
-------	---	----------	----------

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)

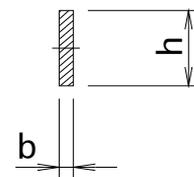
Z_5	mm^3	断面係数	③⑦ 10666
-------	---------------	------	----------

Z_5 : 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)



$$Z_5 = \left(\frac{1}{6}\right) \cdot b \cdot h^2 = (1/6) \times 40 \times 40^2 = 10666.666\dots$$

$$= \boxed{10666\text{mm}^2} \text{ (少数点以下第1位切下げ整数表示)}$$

A ₄	mm ²	断面積	③⑧ 1600
----------------	-----------------	-----	---------

A₄ : 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)

$$A_4 = 40 \times 40 = \boxed{1600\text{mm}^2}$$

L ₂	mm	軸支持間距離	③⑨ 130
----------------	----	--------	--------

L₂ : ヒンジピンにおいて水圧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	④⑩ 80
----------------	----	--------	-------

B₂ : 水圧荷重が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 ₆	mm ³	断面係数	④⑪ 6283
----------------	-----------------	------	---------

Z₆ : ヒンジピンの断面係数

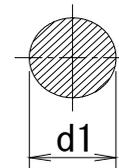
ヒンジピンの断面係数を算定する。

(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-22ページより)

$$Z_6 = \left(\frac{\pi}{32}\right) \cdot d^3 = \left(\frac{\pi}{32}\right) \times 40^3 = 6283.185307$$

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



A ₅	mm ²	断面積	④⑫ 1257
----------------	-----------------	-----	---------

A₅ : 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)

$$A_5 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot d^2 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times 40^2 = 1256.637061$$

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

n_1	本	本数	④③ 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	④④ 157
----------	---------------	-----	--------

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)

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

n_2	本	本数	④⑤ 4
-------	---	----	------

n_2 : 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 (扉側) の本数
(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-7-004」参照)

A_{b2}	mm^2	断面積	④⑥ 157
----------	---------------	-----	--------

A_{b2} : ヒンジボルト (扉側) (M16)1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082 : 2009 より)

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

L_3	mm	作用点間距離	④⑦ 19
-------	----	--------	-------

L_3 : 水圧荷重がロックバーに作用する軸支持間距離
(添付 ロックバー装置組立図「SWT-7-005」参照)

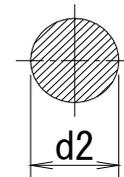
Z_7	mm^3	断面係数	④⑧ 12271
-------	---------------	------	----------

Z_7 : 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 ロックバー装置組立図「SWT-7-005」参照)

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

$$Z_7 = (\pi / 32) \cdot d^3 = (\pi / 32) \times 50^3 = 12271.8463$$

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



A_6	mm^2	断面積	④⑨ 1963
-------	---------------	-----	---------

A_6 : 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 ロックバー装置組立図「SWT-7-005」参照)

$$A_6 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot d^2 = (\pi/4) \times 50^2 = 1963.495408$$

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

n_3	本	本数	⑤① 4
-------	---	----	------

n_3 : 扉体重量をうけもつヒンジ1ヶ所あたりのロックボルトの本数

(添付 ロックバー装置組立図「SWT-7-005」参照)

A_{b3}	mm^2	断面積	⑤① 157
----------	---------------	-----	--------

A_{b3} : ロックボルト1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

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

n_4	本	本数	⑤② 15
-------	---	----	-------

n_4 : 枠体を躯体に固定するアンカーボルトの本数

(3.5 評価方法 (1) 応力算定 e. アンカーボルト 第3-11図参照)

A_a	mm^2	1本当たりの表面積	⑤③ 6535
-------	---------------	-----------	---------

A_a : アンカーボルト1本あたりの表面積

(コンクリート付着面積)

$$A_a = d \cdot \pi \cdot L = 16 \times \pi \times 130 = 6534.512719$$

$$= \boxed{6535\text{mm}^2} \text{ (小数点第1位四捨五入整数表示)}$$

ここで、

d : ϕ 16mm

L = 埋め込み長さ = 130mm

A_{b4}	mm^2	断面積	⑤④ 157
----------	---------------	-----	--------

A_{b4} : アンカーボルト1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

$$A_{b4} = \boxed{157\text{mm}^2}$$

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
扉板	㉟ 216

原子炉建屋付属棟北側水密扉1の扉板部の発生応力度は

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1)応力算定

a. 扉板に生じる荷重を算定し、(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、津波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。

扉板に発生するモーメントは、各評価区画扉部において、作用する荷重が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。以下に各区画の曲げモーメントを算出し、最も大きくなる区画の数値を採用する。なお、算定式は、Mx説明添付図参照。

区画1 : $M_1 = M_{X1} \cdot W_1 \cdot L_4^2 + M_{X2} \cdot (W_2 - W_1) \cdot L_4^2$ 区画2 : $M_2 = M_{X3} \cdot W_2 \cdot L_4^2 + M_{X4} \cdot (W_3 - W_2) \cdot L_4^2$ 区画3 : $M_3 = M_{X5} \cdot W_3 \cdot L_4^2 + M_{X6} \cdot (W_4 - W_3) \cdot L_4^2$	M_1 : 区画1の扉板に発生する曲げモーメント $M_1 = M_{X1} \cdot W_1 \cdot L_4^2 + M_{X2} \cdot (W_2 - W_1) \cdot L_4^2$ $= 0.074 \times 128.2 \times 0.515^2$ $+ 0.042 \times (135.7 - 128.2) \times 0.515^2$ $= 2.599682405 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ $= 2599682 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$ (少数点第1位四捨五入整数表示)
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_4 : 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)	※
	M_2 : 区画2の扉板に発生する曲げモーメント $M_2 = M_{X3} \cdot W_2 \cdot L_4^2 + M_{X4} \cdot (W_3 - W_2) \cdot L_4^2$ $= 0.072 \times 135.7 \times 0.515^2$ $+ 0.042 \times (142.7 - 135.7) \times 0.515^2$ $= 2.66933049 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ $= 2669330 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$ (少数点第1位四捨五入整数表示)

※ → M_3 : 区画3の扉板に発生する曲げモーメント

$$M_3 = M_{X5} \cdot W_3 \cdot L_4^2 + M_{X6} \cdot (W_4 - W_3) \cdot L_4^2$$

$$= 0.063 \times 142.7 \times 0.515^2$$

$$+ 0.038 \times (148.8 - 142.7) \times 0.515^2$$

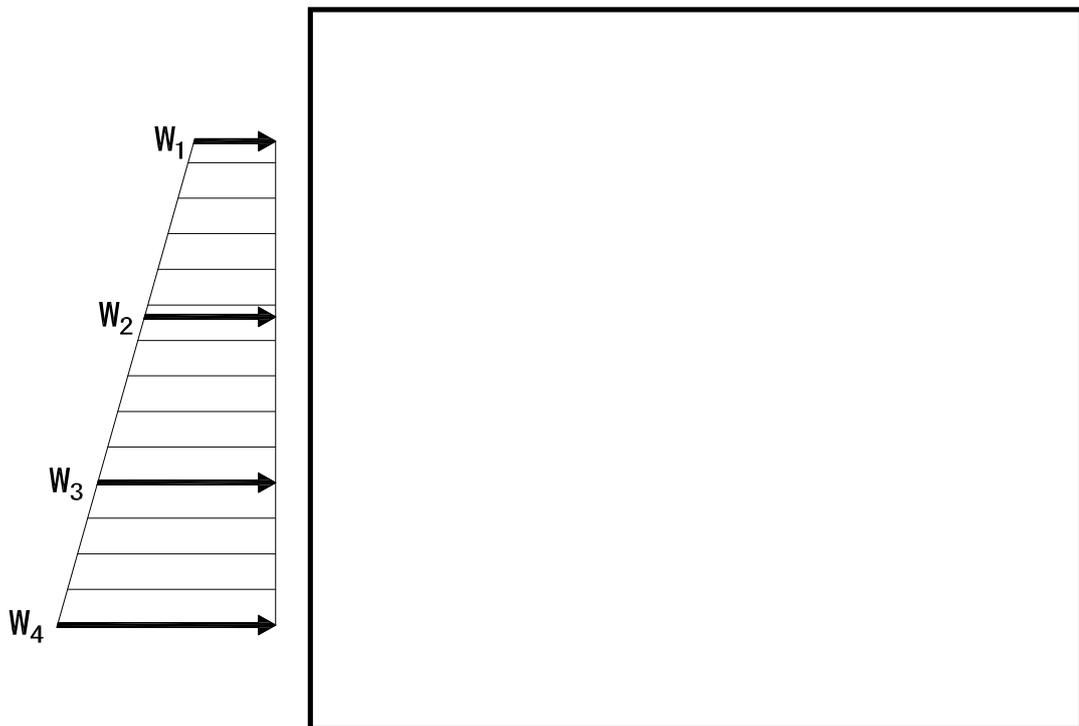
$$= 2.445878428 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$= 2445878 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$$

(少数点第1位四捨五入整数表示)

$M_2 > M_1 > M_3$ なので以降の検討は、

$M = M_2 = 2669330 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$ として検討します。



第3-2図 扉板に生じる荷重と区画の図

(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。

$$\sigma = \frac{M}{Z_1}$$

ここで、

M：扉板の曲げモーメント (N・mm)

Z₁：扉板の断面係数 (mm³)

σ：扉板に生じる曲げ応力度

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{M}{Z_1} \\ &= 2669330/12360=215.9652104\end{aligned}$$

$$= \boxed{216 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
芯材	⑤⑥ 131

原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材の発生応力度は

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 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 b. 芯材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。

(1) 応力算定

b. 芯材

芯材に生じる荷重は、津波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3-3図に示す。

(a) 主桁

$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1^2}{8} \longrightarrow M: \text{主桁に作用する曲げモーメント}$$

$$Q = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1}{2} \downarrow \text{※}$$

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。

n₁の場合

$$M_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1^2}{8}$$

$$= \frac{131.9 + 139.1}{2} \times \frac{\quad}{2} \times \frac{\quad}{8}$$

$$= 135.5 \times 0.72 \times 0.102152 = 9.96594912$$

$$= 9.966 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

ここで、

B₁: 受圧幅 (m)

a₁: 主桁ピッチ (m)

a₂: 主桁ピッチ (m)

a₃: 主桁ピッチ (m)

P₁: 水圧荷重 (kN/m²)

P₂: 水圧荷重 (kN/m²)

P₃: 水圧荷重 (kN/m²)

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

n_2 の場合

$$M_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1^2}{8}$$

$$= \frac{139.1 + 145.7}{2} \times \frac{0.7 + 0.6}{2} \times \frac{0.904^2}{8}$$

$$= 142.4 \times 0.65 \times 0.102152 = 9.45518912$$

$$= 9.455 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※

→ 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。

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)
- P_1 : 水圧荷重 (kN/m²)
- P_2 : 水圧荷重 (kN/m²)
- P_3 : 水圧荷重 (kN/m²)

n_1 の場合

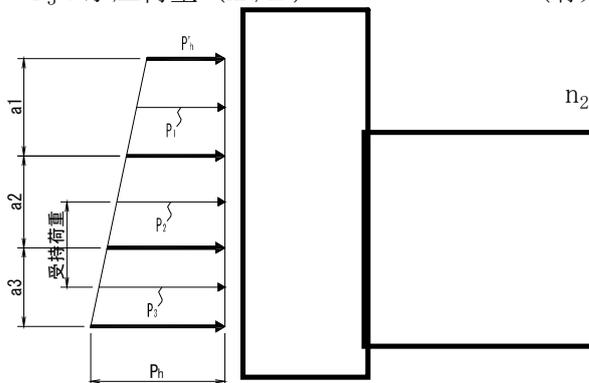
$$Q_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1}{2}$$

$$= \frac{131.9 + 139.1}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{\boxed{}}{2}$$

$$= 135.5 \times 0.72 \times 0.452 = 44.09712$$

$$= 44.10 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



主桁に生じる荷重の例

n_2 の場合

$$Q_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1}{2}$$

$$= \frac{139.1 + 145.7}{2} \times \frac{\boxed{}}{2} \times \frac{\boxed{}}{2}$$

$$= 142.4 \times 0.65 \times 0.452 = 41.83712$$

$$= 41.84 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

第3-3図 芯材に生じる荷重の例

(b) 縦桁

$$M = a_n^2 \cdot \{(P_{(1\sim3)}/(9\sqrt{3})) + (P_{(4\sim6)}/8)\} \cdot c$$

→ M : 縦桁に作用する曲げモーメント

$$Q = H_g \cdot \{(P_1/3) + (P_2/2)\} \cdot c \quad \rightarrow \quad \text{※1}$$

縦桁に作用する荷重は、台形荷重

$$P_1 = P'_{h2} - P'_{h1} \quad \rightarrow \quad \text{※2}$$

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

$$P_2 = P'_{h3} - P'_{h2} \quad \rightarrow \quad \text{※3}$$

モーメントと三角形荷重による曲げ

$$P_3 = P'_{h4} - P'_{h3} \quad \rightarrow \quad \text{※4}$$

モーメントを足し合わせた本式であ

$$P_4 = P'_{h1} \quad \rightarrow \quad \text{※5}$$

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=1/2)

$$P_5 = P'_{h2} \quad \rightarrow \quad \text{※6}$$

を算出する。

$$P_6 = P'_{h3} \quad \rightarrow \quad \text{※7}$$

$$P'_{h1} = P_{h1} \cdot B_1 \quad \rightarrow \quad \text{※8}$$

$$P'_{h2} = P_{h2} \cdot B_1 \quad \rightarrow \quad \text{※9}$$

$$P'_{h3} = P_{h3} \cdot B_1 \quad \rightarrow \quad \text{※10}$$

$$P'_{h4} = P_{h4} \cdot B_1 \quad \rightarrow \quad \text{※11}$$

中間縦桁c=1/2, 端縦桁c=1/4

ここで、

中間縦桁

$$M_3 = a_1^2 \cdot \left(\frac{P_1}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_4}{8} \right) \cdot c$$

$$= \boxed{} / 8 \} x (1/2)$$

$$= 0.5476x(0.436220203+14.4875)x0.5$$

$$= 4.086114592$$

$$= 4.086 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$M_4 = a_2^2 \cdot \left(\frac{P_2}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_5}{8} \right) \cdot c$$

$$= \boxed{} / 8 \} x (1/2)$$

$$= 0.49x(0.404145188+15.3375)x0.5$$

$$= 3.856703071$$

$$= 3.857 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$M_5 = a_3^2 \cdot \left(\frac{P_3}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_6}{8} \right) \cdot c$$

$$= \boxed{} / 8 \} x (1/2)$$

$$= 0.36x(0.352825164+16.125)x0.5$$

$$= 2.96600853$$

$$= 2.966 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

端縦桁

$$M_6 = a_1^2 \cdot \left(\frac{P_1}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_4}{8} \right) \cdot c$$

$$= \boxed{} / 8 \} \times (1/4)$$

$$= 0.5476x(0.436220203+14.4875)x0.25$$

$$= 2.043057296$$

$$= 2.043 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$M_7 = a_2^2 \cdot \left(\frac{P_2}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_5}{8} \right) \cdot c$$

$$= \boxed{} / 8 \} \times (1/4)$$

$$= 0.49x(0.404145188+15.3375)x0.25$$

$$= 1.928351536$$

$$= 1.928 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$M_8 = a_3^2 \cdot \left(\frac{P_3}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_6}{8} \right) \cdot c$$

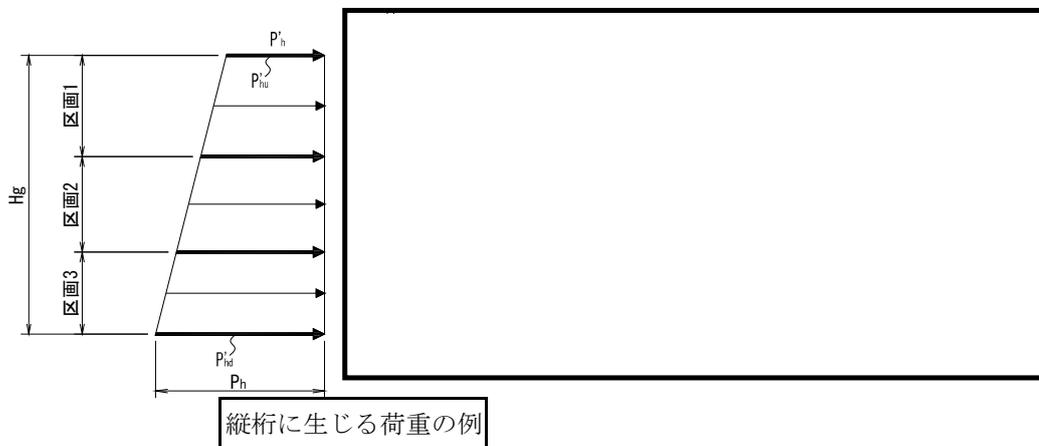
$$= \boxed{} / 8 \} \times (1/4)$$

$$= 0.36x(0.352825164+16.125)x0.25$$

$$= 1.483004265$$

$$= 1.483 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-3図 芯材に生じる荷重の例



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=1/2)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。

ここで、 中間縦桁

a₁：主桁ピッチ (m) (区画1の縦桁長さ)

a₂：主桁ピッチ (m) (区画2の縦桁長さ)

a₃：主桁ピッチ (m) (区画3の縦桁長さ)

P₁：区画1縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P₂：区画2縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P₃：区画3縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P₄：区画1縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P₅：区画2縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P₆：区画3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 (-)

$$Q_3 = a_1 \cdot \left(\frac{P_1}{3} + \frac{P_4}{2} \right) \cdot c$$

$$= \boxed{} / 2 \} \times (1/2)$$

$$= 0.74 \times (2.2666 \dots + 57.95) \times 0.5$$

$$= 22.2801666 \dots$$

$$= 22.28 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q_4 = a_2 \cdot \left(\frac{P_2}{3} + \frac{P_5}{2} \right) \cdot c$$

$$= \boxed{} / 2 \} \times (1/2)$$

$$= 0.7 \times (2.1 + 61.35) \times 0.5$$

$$= 22.2075$$

$$= 22.21 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$Q_5 = a_3 \cdot \left(\frac{P_3}{3} + \frac{P_6}{2} \right) \cdot c$$

$$= \boxed{} / 2 \} \times (1/2)$$

$$= 0.6 \times (1.8333 \dots + 64.5) \times 0.5$$

$$= 19.9$$

$$= 19.9 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

端縦桁

$$\begin{aligned} Q_6 &= a_1 \cdot \left(\frac{P_1}{3} + \frac{P_4}{2} \right) \cdot c \\ &= \boxed{} / 2 \} \times (1/4) \\ &= 0.74 \times (2.2666\dots + 57.95) \times 0.25 \\ &= 11.14008333\dots \\ &= 11.14 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned} Q_7 &= a_2 \cdot \left(\frac{P_2}{3} + \frac{P_5}{2} \right) \cdot c \\ &= \boxed{} / 2 \} \times (1/4) \\ &= 0.7 \times (2.1 + 61.35) \times 0.25 \\ &= 11.10375 \\ &= 11.10 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned} Q_8 &= a_3 \cdot \left(\frac{P_3}{3} + \frac{P_6}{2} \right) \cdot c \\ &= \boxed{} / 2 \} \times (1/4) \\ &= 0.6 \times (1.8333\dots + 64.5) \times 0.25 \\ &= 9.95 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※2



P_1 : 区画1の縦桁に作用する三角形荷重

扉に作用する津波による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する津波に
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。

$$P_1 = P'_{h2} - P'_{h1} = 122.7 - 115.9 = 6.8 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※3



P_2 : 区画2の縦桁に作用する三角形荷重

扉に作用する津波による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する津波に
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。

$$P_2 = P'_{h3} - P'_{h2} = 129.0 - 122.7 = 6.3 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※4



P_3 : 区画3の縦桁に作用する三角形荷重

扉に作用する津波による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する津波に
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。

$$P_3 = P'_{h4} - P'_{h3} = 134.5 - 129.0 = 5.5 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※5



P_4 : 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。

$$P_4 = P'_{h1} = 115.9 \text{ (kN/m)}$$

※6



P_5 : 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。

$$P_5 = P'_{h2} = 122.7 \text{ (kN/m)}$$

※7



P_6 : 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。

$$P_6 = P'_{h3} = 129.0 \text{ (kN/m)}$$

※8



P'_{h1} : 扉に作用する津波による静水圧荷重(最上部) (kN/m) ⑨に算出した扉に作用する津波による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} P'_{h1} &= P_{h1} \cdot B_1 = 128.2 \times 0.904 = 115.8928 \\ &= 115.9 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※9



P'_{h2} : 扉に作用する津波による静水圧荷重(中間上部) (kN/m) ⑩に算出した扉に作用する津波による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} P'_{h2} &= P_{h2} \cdot B_1 = 135.7 \times 0.904 = 122.6728 \\ &= 122.7 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※10



P'_{h3} : 扉に作用する津波による静水圧荷重(中間下部) (kN/m) ⑪に算出した扉に作用する津波による静水圧荷重(上部)が扉幅で作用するため次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} P'_{h3} &= P_{h3} \cdot B_1 = 142.7 \times 0.904 = 129.0008 \\ &= 129.0 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※11



P'_{h4} : 扉に作用する津波による静水圧荷重(最下部) (kN/m) ⑫に算出した扉に作用する津波による静水圧荷重(下部)が扉幅

で作用するため次式で表すことができる。

$$P'_{h4} = P_{h4} \cdot B_1 = 148.8 \times 0.904 = 134.5152$$

$$= 134.5 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

(2) 断面検定

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

ここで、

M_2 : 主桁の曲げモーメント (kN・m)

M_3 : 中間縦桁の曲げモーメント (k

M_6 : 端縦桁の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 主桁の断面係数 (m³)

Z_3 : 中間縦桁の断面係数 (m³)

Z_4 : 端縦桁の断面係数 (m³)

主桁

$$\sigma = \frac{M_1}{Z_2} = 9966000 / 131964 = 75.52059653$$

$$= 76 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

中間縦桁

$$\sigma = \frac{M_3}{Z_3} = 4086000 / 31264 = 130.6934493$$

$$= \boxed{131 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

端縦桁

$$\sigma = \frac{M_6}{Z_4} = 2043000 / 67396 = 30.31337171$$

$$= 31 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

※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 (kN)

Q_3 : 中間縦桁のせん断力 (kN)

Q_6 : 端縦桁のせん断力 (kN)

A_1 : 主桁の断面積 (m²)

A_2 : 中間縦桁の断面積 (m²)

A_3 : 端縦桁の断面積 (m²)

主桁

$$\tau = \frac{Q_1}{A_1} = 44100 / 695.5 = 63.40762042$$

$$= 64 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

中間縦桁

$$\tau = \frac{Q_3}{A_2} = 22280 / 1044 = 21.34099617$$

$$= 22 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

端縦桁

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{Q_6}{A_3} = 11140/654 = 17.03363914 \\ &= 17 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ヒンジ板	⑤7 22

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2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 c. (a)
より算定する荷重から (2) 断面検定 c. (a) の検定式により発生応力度を算定する。

応力算定上、扉にかかる水圧荷重は上下2ヶ所のロックピンとヒンジ2ヶ所の
計4ヶ所でうけもつ、1/4の荷重がかかるものとして計算します。

(1) 応力算定

c. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルト及びアンカーボルトで構成されており、次式により算定する水圧荷重から、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3-4図に示す。

$$R_{og} = \sqrt{\left(\frac{P}{0}\right)^2 + R_r^2} \longrightarrow R_{og} : \text{ヒンジ部に作用する水平荷重}$$

ここで、

R_{og} : 水平荷重 (kN)

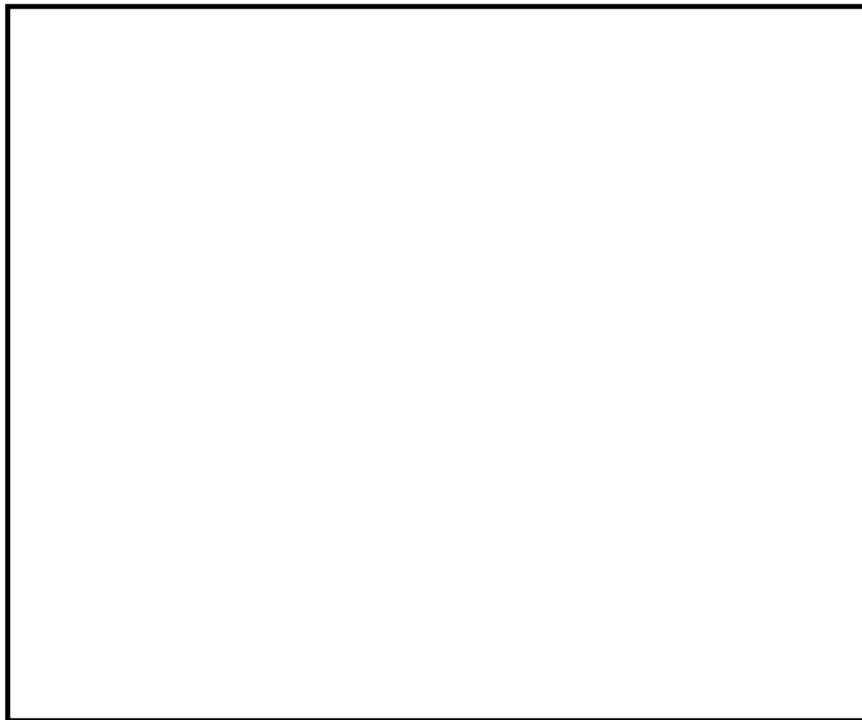
P_0 : 水圧荷重 (kN)

R_r : 扉自重反力 (kN)

$$R_{og} = \sqrt{\left(\frac{P}{0}\right)^2 + R_r^2} = \sqrt{(277.5/4)^2 + 2.045^2}$$
$$= 69.4182$$

$$= 69.42 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-4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3-5図に示す。(戸当り側のヒンジは上下2ヶ所、1ヶ所当りヒンジ板は2枚)

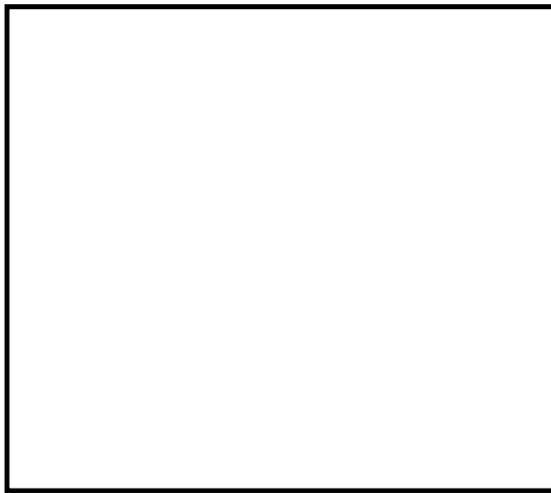
$$Q = Rog - 2 \longrightarrow Q : \text{ヒンジ板に発生する水平荷重によるせん断力}$$

ここで、

$$Q = \frac{Rog}{2} = 69.42 / 2 = 34.71 \text{ (kN)}$$

Q : せん断力 (kN)

Rog : 水平荷重 (kN)



第3-5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。

c. ヒンジ部

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じるせん断応力度がヒンジ板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{A_4} \longrightarrow \tau : \text{ヒンジ板に作用する水圧によるせん断応力度}$$

ここで、

$$\tau = \frac{Q}{A_4} = 34.71 / 1600 = 0.021694 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$

τ : せん断応力度 (N/mm²)

$$= 21.694 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Q : せん断力 (kN)

$$= \boxed{22 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

A₄ : 断面積 (mm²)

(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	⑤⑧ 250

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2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 c. (b) より
 算定する荷重から (2) 断面検定 c. (b) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 応力算定

c. 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3-6図に示す。

$$M = \frac{Rog \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8}$$

$$Q = \frac{Rog}{2}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Rog : 水平荷重 (kN)

L₂ : 軸支持間距離 (mm)

B₂ : ブッシュ長さ (mm)

M : ヒンジピンに発生する水圧による
曲げモーメント

$$M = \frac{Rog \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8}$$

$$= \frac{69.42 \times (2 \times 130 - 80)}{8}$$

$$= 1561.95 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 1562 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

Q : ヒンジピンに発生する水圧による
せん断力

$$Q = \frac{Rog}{2}$$

$$= \frac{69.42}{2}$$

$$= 34.71 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

第3-6図 ヒンジピンに生じる荷重の例

(2) 断面検定

c. 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。

$$\sigma = \frac{M}{Z_6}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_4}$$

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

Z_6 : 断面係数 (mm^3)

Q : せん断力 (kN)

A_4 : 断面積 (mm^2)

σ : ヒンジピンに水圧による曲げモーメントが作用する場合の応力度

$$\sigma = \frac{M}{Z_6} = 1565/6283 = 0.249084832 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$
$$= 249.0848321 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$= 250 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

τ : ヒンジピンにかかる水圧によるせん断応力度

$$\tau = \frac{Q}{A_4}$$
$$= 34.71/1257$$
$$= 0.0276134 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$
$$= 28 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(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 (枠体側)	⑤ 111

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2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 c. (c) より
算定する荷重から (2) 断面検定 c. (c) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 応力算定

c. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト（枠体側）

ヒンジボルト（枠体側）には水圧により引張力がかかる、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3-7図に示す。

$$T=Rog= \sqrt{\left(\frac{P_0}{4}\right)^2+R_r^2} \longrightarrow T: \text{ヒンジボルト（枠体側）に発生する荷重は、水圧により引張力として発生することから次式より求める。}$$

ここで、

T：引張力 (kN)

Rog：水平荷重 (kN)

P₀：水圧荷重 (kN)

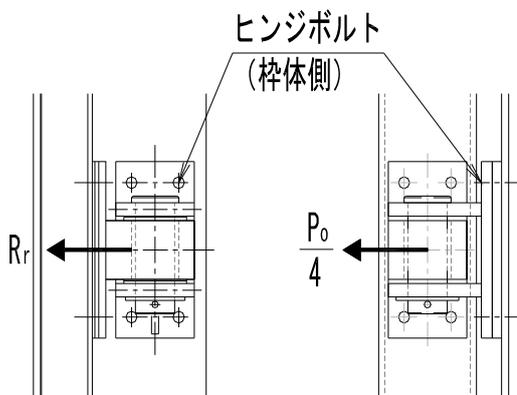
R_r：扉自重反力 (kN)

$$T=Rog= \sqrt{\left(\frac{P_0}{4}\right)^2+R_r^2}= \sqrt{(277.5/4)^2+2.045^2}$$

$$=69.4182$$

$$=69.42 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-7図 ヒンジボルト（枠体側）に生じる荷重の例

(2) 断面検定

c. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト (枠体側)

ヒンジボルト (枠体側) に生じる引張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。

$$\sigma_T = \frac{T}{n_1 \cdot A_{b1}} \longrightarrow \sigma_T : \text{ヒンジボルト (枠体側) に作用する水圧による引張応力度}$$

ここで、

σ_T : 引張応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

T : 引張力 (kN)

n_1 : ヒンジボルト本数 (本)

A_{b1} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{T}{n_1 \cdot A_{b1}} \\ &= \frac{69.42}{4 \times 157} = 0.1105414 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2\text{)} \\ &= \boxed{111 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

(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 (扉側)	⑥ 111

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジボルト部（扉側）の発生応力度は、
添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 c. (d) より
算定する荷重から (2) 断面検定 c. (d) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 応力算定

c. ヒンジ部

(d) ヒンジボルト（扉側）

ヒンジボルト（扉側）には水圧により引張力がかかる、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3-8図に示す。

$$Q=Rog= \sqrt{\left(\frac{P_0}{4}\right)^2+R_r^2} \longrightarrow Q: \text{ヒンジボルト（扉側）に発生する荷重は、水圧により引張力として発生することから次式より求める。}$$

ここで、

Q：せん断力 (kN)

Rog：水平荷重 (kN)

P₀：水圧荷重 (kN)

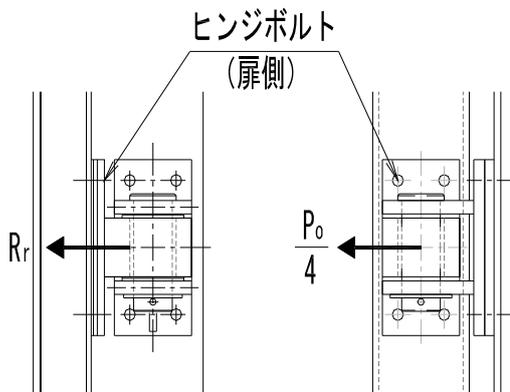
R_r：扉自重反力 (kN)

$$Q=Rog= \sqrt{\left(\frac{P_0}{4}\right)^2+R_r^2}= \sqrt{(277.5/4)^2+2.045^2}$$

$$=69.4182$$

$$=69.42 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-8図 ヒンジボルト（扉側）に生じる荷重の例

(2) 断面検定

c. ヒンジ部

(d) ヒンジボルト (扉側)

ヒンジボルト (扉側) 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。

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} \longrightarrow \tau : \text{ヒンジボルト (扉側) に作用する}$$

水圧によるせん断応力度

ここで、

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

Q : せん断力 (kN)

n_2 : ヒンジボルト本数 (本)

A_{b2} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}}$$

$$= \frac{69.42}{4 \times 157} = 0.1105414 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2)$$

$$= \boxed{111 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)}$$

(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)
ロックバー	⑥1 108

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 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1)応力算定d. (a)より
 算定する荷重から(2)断面検定d. (a)の検定式により発生応力度を算定する。

応力算定上、扉にかかる水圧荷重は上下2ヶ所のロックピンとヒンジ2ヶ所の
 計4ヶ所で受けもつ、1/4の荷重がかかるものとして計算します。

(1) 応力算定

d. 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
 する水圧荷重から、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3-9図に示す。

$$Rog = \frac{P_0}{4} \longrightarrow Rog : \text{ロックバー部に作用する水平荷重}$$

ここで、

Rog : 水平荷重 (kN)

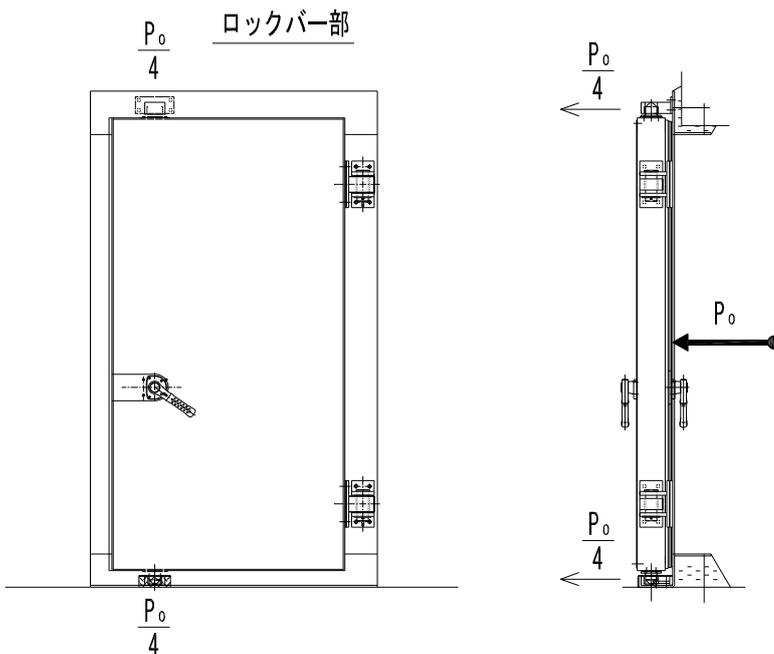
Po : 水圧荷重 (kN)

$$Rog = \frac{P_0}{4} = 277.5 / 4$$

$$= 69.375$$

$$= 69.38 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-9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3-10図に示す。

$$M = Rog \cdot L_3 \longrightarrow M: \text{ロックバー部に発生する水圧による曲げモーメント}$$

$$M = Rog \cdot L_3 = 69.38 \times 0.019$$

$$= 1.31822 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$= 1318 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

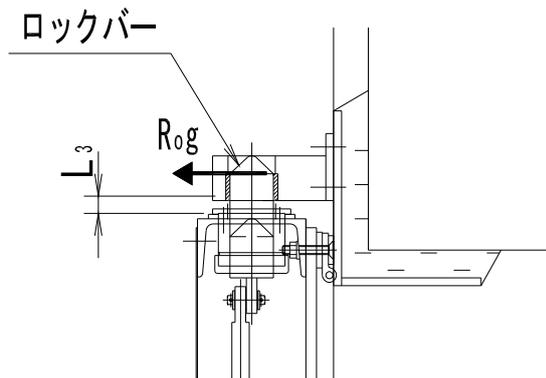
ここで、

M : 曲げモーメント (kN · m)

Rog : 水平荷重 (kN)

L₃ : 作用点間距離 (mm)

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-10図 ロックバー部に生じる荷重の例

(2) 断面検定

d. 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は、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。

$$\sigma = \frac{M}{Z_7} \longrightarrow \sigma : \text{ロックバーに作用する曲げ応力度}$$

ここで、

σ : 水圧による応力度 (N/mm^2)

M : 曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{mm}$)

Z_7 : 断面係数 (mm^3)

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z_7} \\ &= 1318 / 12271 \\ &= 0.1074077 (\text{kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 107.4077 (\text{N} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{108 (\text{N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

(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	⑥ 111

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 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1)応力算定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) 応力算定

d. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトには水圧により引張力がかかる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3-11図に示す。

$$T=Rog=\frac{P}{0}$$

T: ロックボルトに発生する
 荷重は、水圧により引張力として
 発生することから次式より求める。

ここで、

T: 引張力(kN)

Rog: 水平荷重(kN)

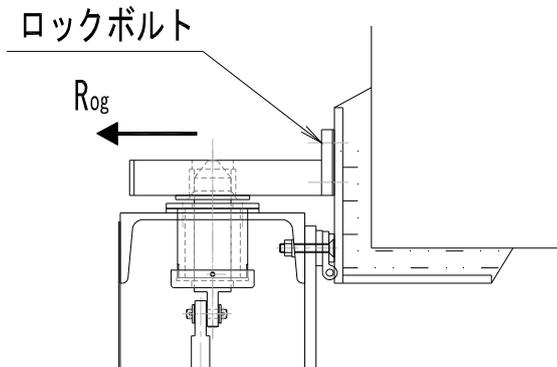
Po: 水圧荷重(kN)

$$T=Rog=\frac{P_0}{4}=277.5/4$$

$$=69.375$$

$$=69.38(kN)$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-11図 ロックボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

d. ロックバー部

(b) ロックボルト

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

$$\sigma_T = \frac{T}{n_3 \cdot A_{b3}} \longrightarrow \sigma_T : \text{ロックボルトに作用する水圧による引張応力度}$$

ここで、

σ_T : 引張応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

T : 引張力 (kN)

n_3 : ロックボルト本数 (本)

A_{b3} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{T}{n_3 \cdot A_{b3}} \\ &= \frac{69.38}{4 \times 157} = 0.110477707 \text{ (kN} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$= \boxed{111 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)}$$

(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 (kN)
アンカーボルト	⑬ 19

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のアンカーボルトの発生応力度は

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 e. アンカーボルトより算定する荷重から、(2) 断面検定 e. アンカーボルトの検定式により発生応力度を算定する。

(1) 応力算定

e. アンカーボルト

アンカーボルトは、枠体を躯体に固定している。扉体に生じる水平荷重が枠体に伝わるとして、各アンカーボルトに発生する荷重を次式により算定する。

アンカーボルトに生じる荷重の例を第3-12図に示す。

$$T = \frac{P_0}{n_3}$$

ここで、

T : 引張力 (kN)

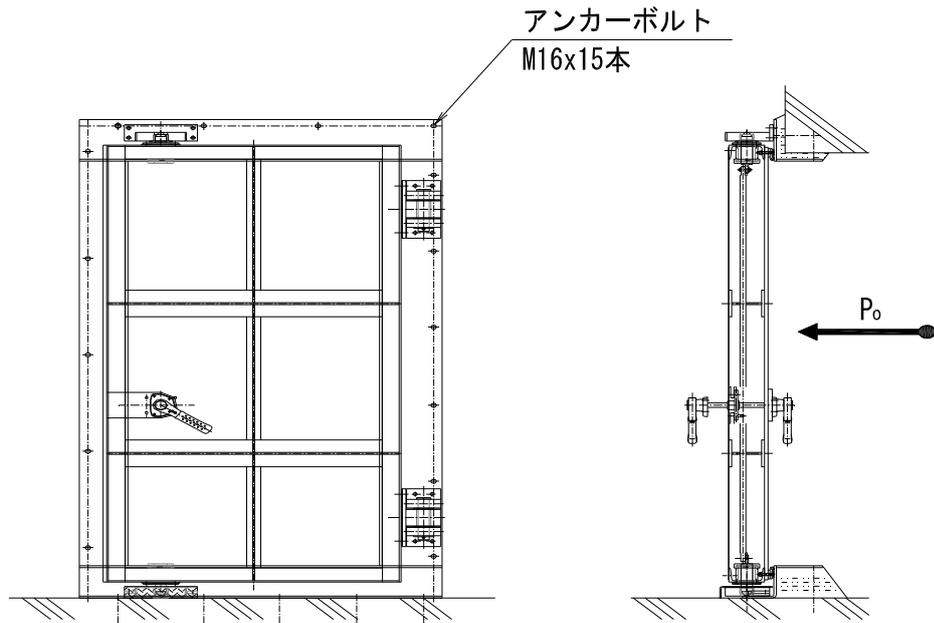
P₀ : 水圧荷重 (kN)

n₄ : アンカーボルト本数 (本)

T : アンカーボルトに発生する荷重は、水圧荷重をアンカーボルトの本数分で受け持つので次式より求める。

$$T = \frac{P_0}{n_3} \\ = 277.5 / 15 \\ = \boxed{19 \text{ (kN)}}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)



第3-12図 アンカーボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

e. アンカーボルト

(1) 応力算定で算定したT:荷重を、アンカーボルト1本あたりに生じる引張力とする。

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
扉板	⑥4 235

扉板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質
- ・板厚

原子炉建屋付属棟北側水密扉1の扉板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101 : 2015」 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

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

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、235 (N/mm²)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
芯材	⑥5 235

芯材の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質 :
- ・板厚 t

原子炉建屋付属棟北側水密扉1の芯材の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101 : 2015」 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

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

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、235 (N/mm²)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジ板	⑥⑥ 118

ヒンジ板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質
- ・板厚

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

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

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

許容限界値は、

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジピン	⑥⑦ 345

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
- ・直径

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、

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト (枠体側)	⑥ 205

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

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

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

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、

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト (扉側)	⑥ 118

ヒンジボルト (扉側) の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のヒンジボルト (扉側) 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、

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックバー	⑦⑩ 345

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
- ・直径

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)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックボルト	⑦⑪ 205

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

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

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

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)

評価対象部位	許容限界値 (kN)
アンカーボルト	⑦2 26

アンカーボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：
- ・サイズ

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のアンカーボルトの短期許容引張力を算出し許容限界値とする。

$$P_a = P_{a1} \text{ or } P_{a3} (\text{どちらかの小なる値}) \longrightarrow P_a : \text{アンカーボルトの短期許容引張力}$$

「各種合成構造設計指針・同解説

日本建築学界2010」P45

接着系アンカーボルトの設計より

$$\begin{aligned} P_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_c a \\ &= 1 \times 205 \times 157 = 32185 \text{ (N)} \\ &= 32.185 \text{ (kN)} \\ &= 32 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切下げ整数表示)

ここで

ϕ_1 : 「4.5.1引張力を受ける場合」の

表4 低減係数

$s \cdot \sigma_{pa}$: 接着系アンカーボルトの規格降伏点

アンカーボルト仕様 SUS304, M16より

「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 (N/mm²)

これを降伏点とする。

$s_c a$: 基礎アンカーボルトの断面積

P30 A_{b4} : アンカーボルト1本あたり

の有効断面積より

$$s_c a = A_{b4} = 157 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$P_{a3} = (2/3) \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

$$= (2/3) \times 8.207 \times 3.141592 \times 16 \times 98$$

$$= 26951.88 \text{ (N)}$$

$$= 26 \text{ (kN)}$$

(小数点以下第1位切下げ整数表示)

ここで

τ_a : へりあきを考慮した接着系アンカー

ボルトの引張力に対する付着強度

$$\tau_a = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot 10 \sqrt{F_c/21}$$

$$= 0.80 \times 1 \times 1 \times 10 \sqrt{22.1/21}$$

$$= 8.20685$$

$$= 8.207 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

a_n : へりあき寸法を考慮した低減係数

$$a_n = 0.5 \left(\frac{C_n}{l_e} \right) + 0.5 = 0.5 \times 1 + 0.5 = 1$$

C_n : へりあき寸法 $\left(\frac{C_n}{l_e} \right) \geq 1$ より 1

l_e : アンカーボルトの有効埋込み長さ

160 (mm)

$$a_1 = 0.5 \left(\frac{C_n}{l_e} \right) + 0.5 = 0.5 \times (80/130) + 0.5$$

$$= 0.807692$$

$$= 0.80$$

(少数点以下第3位切下げ少数点第2位表示)

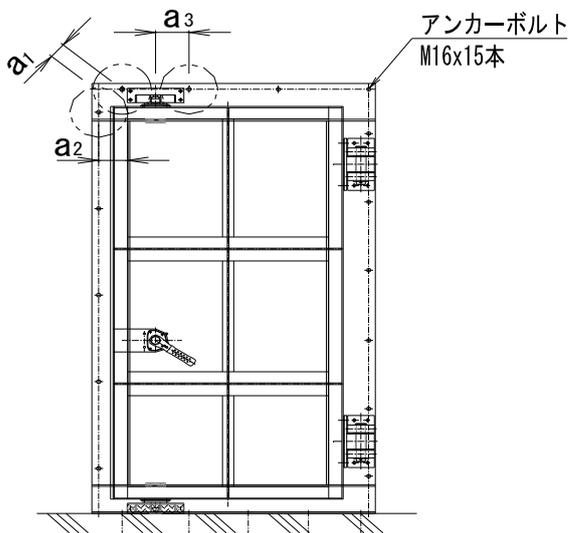
$$a_2 = 0.5 \left(\frac{C_n}{l_e} \right) + 0.5 = 0.5 \times (130/130) + 0.5$$

$$= 1$$

$$a_3 = 0.5 \left(\frac{C_n}{l_e} \right) + 0.5 = 0.5 \times (151/130) + 0.5$$

$$= 1.080769$$

$$= 1$$



アンカー配置寸法図

F_c : コンクリート付着強度

3.4 許容限界(2) b 第3-6表

アンカーボルトの許容限界より

$$22.1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

d_a : アンカーボルトの径 $\phi 16$ (mm)

l_{ce} : アンカーボルトの強度算定用埋込み長さ

$$l_{ce} = l_e - 2d_a = 130 - 2 \times 16 = 98 \text{ (mm)}$$

$$P_{a1} : 30 \text{ (kN)} > P_{a3} : 26 \text{ (kN)}$$

よって、 $P_a = \boxed{26 \text{ (kN)}}$

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
扉板	⑦③ 0.92

原子炉建屋付属棟北側水密扉1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

から

$$216/235=0.919149$$

⇒0.92 (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	⑦④ 0.56

原子炉建屋付属棟北側水密扉1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

$$131/235=0.5574468$$

⇒0.56 (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
ヒンジ板	⑦⑤ 0.19

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

$$22/118=0.186440678$$

⇒0.19 (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	⑦⑥ 0.73

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

$$249/345=0.72173913$$

⇒0.73 (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 (枠体側)	⑦⑦ 0.55

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。

発生応力度/許容限界値より

$$111/205=0.541463414$$

⇒0.55(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 (扉側)	⑦⑧ 0.95

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。

発生応力度/許容限界値より

$$111/118=0.940677966$$

⇒0.95(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	⑦⑨ 0.32

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

$$108/345=0.313043478$$

⇒0.32(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	⑧⑩ 0.55

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。

発生応力度/許容限界値より

$$111/205=0.541463$$

⇒0.55(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
アンカーボルト	⑧ 0.74

原子炉建屋付属棟北側水密扉1のアンカー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

$$19/26=0.73077$$

⇒0.74 (小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)

水密扉の強度計算書（数値根拠書）
（原子炉建屋付属棟南側水密扉）

1. 評価条件

「3.5 評価方法」に用いる評価条件を第3-7表に示す。

第3-7表 強度評価に用いる条件(1/4)

対象部位	記号	単位		数値	
					原子炉建屋付属棟南側水密扉
扉板	L_4	m	区画短辺の長さ		
	W_1	kN/m	最上段部の単位長さ当たりの作用荷重	②	125.1
	W_2	kN/m	中段上部の単位長さ当たりの作用荷重	③	134.1
	W_3	kN/m	中段下部の単位長さ当たりの作用荷重	④	142.7
	W_4	kN/m	最下段部の単位長さ当たりの作用荷重	⑤	148.8
	M_{x1}	-	区画1等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑥	0.081
	M_{x2}	-	区画1等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑦	0.047
	M_{x3}	-	区画2等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑧	0.078
	M_{x4}	-	区画2等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑨	0.045
	M_{x5}	-	区画3等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑩	0.063
	M_{x6}	-	区画3等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑪	0.038
	Z_1	mm ³	断面係数	⑫	12240

第3-7表 強度評価に用いる条件(2/4)

対象部位	記号	単位	定義	数値	
				原子炉建屋付属棟南側水密扉	
芯材 (主桁)	Hg	m	受圧高	⑬	[]
	B ₁	m	受圧幅		
	P _{h1}	kN/m ²	津波による静水圧荷重 (最上部)	⑮	125.1
	P _{h2}	kN/m ²	津波による静水圧荷重 (中間上部)	⑯	134.1
	P _{h3}	kN/m ²	津波による静水圧荷重 (中間下部)	⑰	142.7
	P _{h4}	kN/m ²	津波による静水圧荷重 (最下部)	⑱	148.8
	Z ₂	mm ³	断面係数	⑲	461050
	A ₁	mm ²	断面積	⑳	1408
芯材 (縦桁)	a1	m	主桁ピッチ	㉑	[]
	a2	m	主桁ピッチ	㉒	
	a3	m	主桁ピッチ	㉓	
	Y	m	縦桁ピッチ	㉔	
	p1	kN/m ²	津波による水圧荷重	㉕	129.6
	p2	kN/m ²	津波による水圧荷重	㉖	138.4
	p3	kN/m ²	津波による水圧荷重	㉗	145.8
	Z ₃	mm ³	断面係数	㉘	75637
	Z ₄	mm ³	断面係数	㉙	192599
	A ₂	mm ³	断面積	㉚	1719
	A ₃	mm ³	断面積	㉛	1335

第3-7表 強度評価に用いる条件(3/4)

対象部位		記号	単位	定義	数値
共通		W_x	kN	扉体自重	③② <input type="text"/>
		P_o	kN	水圧荷重	③③ 477.5
		R_r	kN	ヒンジ部にかかる 扉自重反力	③④ 4.387
ヒンジ	共通	L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	③⑤ <input type="text"/>
		L_j	m	ヒンジ中心間距離	③⑥ 1.745(1745mm)
	板	Z_5	mm ³	断面係数	③⑦ 16666
		A_4	mm ²	断面積	③⑧ 2000
	ピン	L_2	mm	軸支持間距離	③⑨ 140
		B_2	mm	ブッシュ長さ	④⑩ 90
		Z_6	mm ³	断面係数	④⑪ 6283
		A_5	mm ²	断面積	④⑫ 1257
	ヒンジボルト (枠体側)	n_1	本	本数	④⑬ 4
		A_{b1}	mm ²	1本当たりの断面積 (M16)	④⑭ 157
	ヒンジボルト (扉側)	n_2	本	本数	④⑮ 4
		A_{b2}	mm ²	1本当たりの断面積 (M20)	④⑯ 245

第3-7表 強度評価に用いる条件(4/4)

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	④ ⁷ 19
	Z ₇	mm ³	断面係数	④ ⁸ 12271
	A ₆	mm ²	断面積	④ ⁹ 1963
ロックボルト	n ₃	本	本数	⑤ ⁰ 4
	A _{b3}	mm ²	1本当たりの断面積(M16)	⑤ ¹ 157
アンカーボルト	n ₄	本	本数	⑤ ² 14
	A _a	mm ²	1本当たりの表面積(M20)	⑤ ³ 10053
	A _{b4}	mm ²	1本当たりの断面積(M20)	⑤ ⁴ 245

2. 強度評価結果

原子炉建屋水密扉の強度評価結果を第4-1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4-1表 原子炉建屋水密扉の強度評価結果 (1/3)

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)	
原子炉建屋附属棟南側水密扉	扉板	⑤⑤ 231	⑥④ 235	⑦③ 0.99
	芯材 ^(注1)	⑤⑥ 80	⑥⑤ 235	⑦④ 0.35

(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

第4-1表 原子炉建屋水密扉の強度評価結果 (2/3)

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	
原子炉建屋附属棟南側水密扉	ヒンジ部	板	⑤⑦ 20	⑥⑥ 118	⑦⑤ 0.17
		ピン ^(注1)	⑤⑧ 302	⑥⑦ 345	⑦⑥ 0.88
		ヒンジボルト (枠体側)	⑤⑨ 127	⑥⑧ 205	⑦⑦ 0.62
		ヒンジボルト (扉側)	⑥⑩ 82	⑥⑨ 118	⑦⑧ 0.70
	ロックバー部	ロックバー	⑥① 185	⑦⑩ 345	⑦⑨ 0.54
		ロックボルト	⑥② 191	⑦① 205	⑧① 0.94

(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

第4-1表 原子炉建屋水密扉の強度評価結果 (3/3)

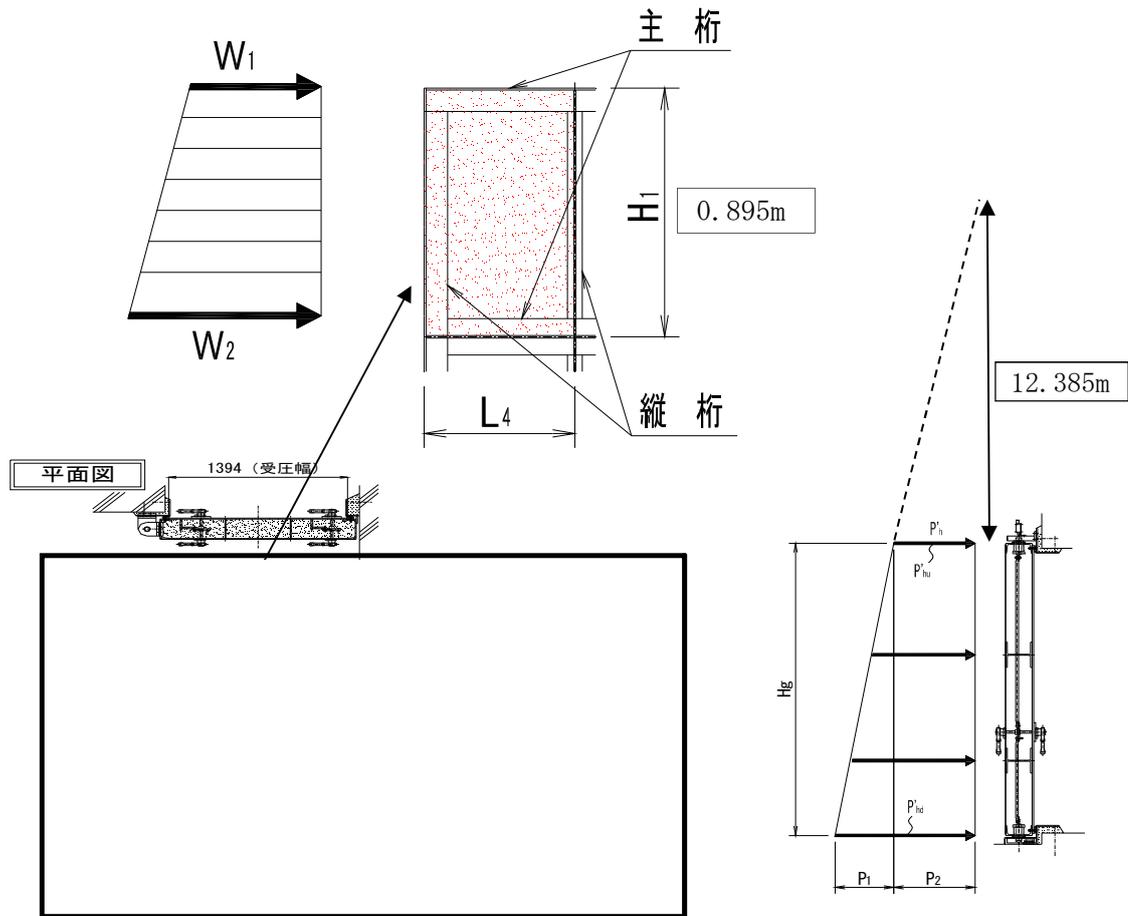
名 称	評価対象部位	発生応力 (kN)	許容限界値 (kN)	発生応力/許容限界値
原子炉建屋附属棟南側水密扉	アンカーボルト	⑥③ 35	⑦② 39	⑧② 0.90

L_4	m	区画短辺の長さ	①	0.510
-------	---	---------	---	-------

L_4 : 原子炉建屋付属棟南側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「SWT-13-002」参照。

W_1	kN/m	最上段部の単位長さ当たりの作用荷重	②	125.1
-------	------	-------------------	---	-------

W_1 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の最上段部の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_1 = Ph'$$

ここで

Ph' : 最上段部の津波による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$Ph' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 12.385 = 125.0990211 = \boxed{125.1 \text{ (kN/m)}}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

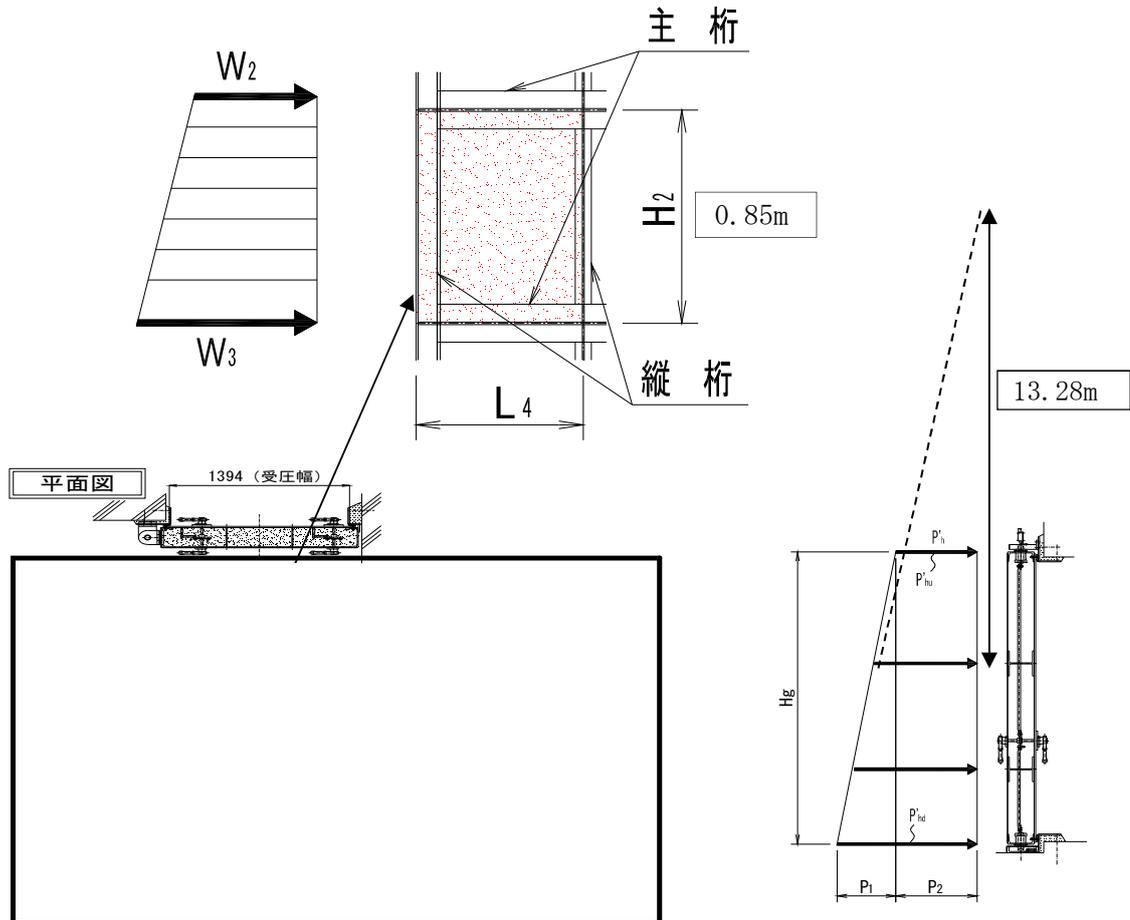
第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

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

h : 当該部分の浸水深さ (最上段部高さ) 図より $= 12.385 \text{ (m)}$

W_2	kN/m	中段上部の単位長さ当たりの作用荷重	③	134.1
-------	------	-------------------	---	-------

W_2 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の中段上部の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_2 = Ph'$$

ここで

Ph' : 中段上部の津波による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$Ph' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.28 = 134.1392814 = 134.1 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

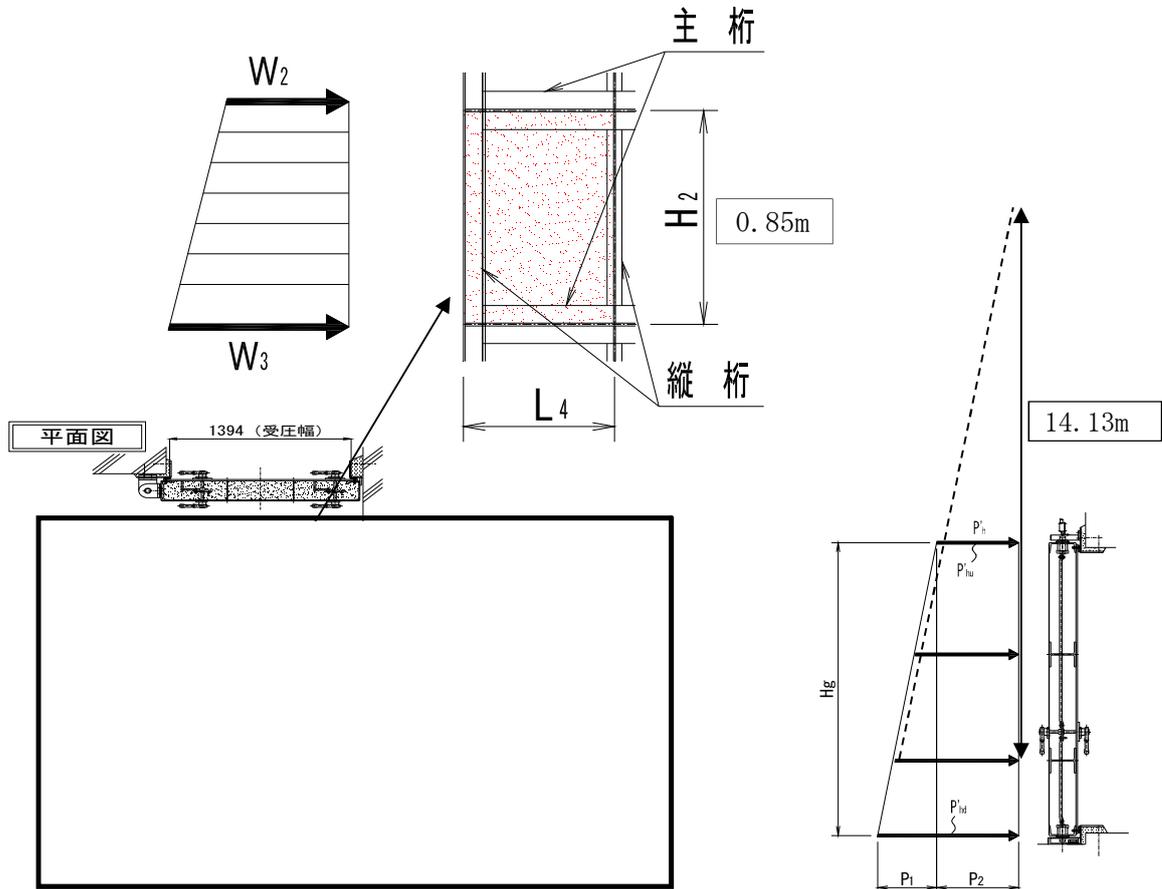
第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

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

h : 当該部分の浸水深さ (中段上部高さ) 図より $= 13.28 \text{ (m)}$

W_3	kN/m	中段下部の単位長さ当たりの作用荷重	④ 142.7
-------	------	-------------------	---------

W_3 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の中段下部の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_3 = Ph'$$

ここで

Ph' : 中段下部の津波による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$Ph' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.13 = 142.7250034 = \boxed{142.7 \text{ (kN/m)}}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

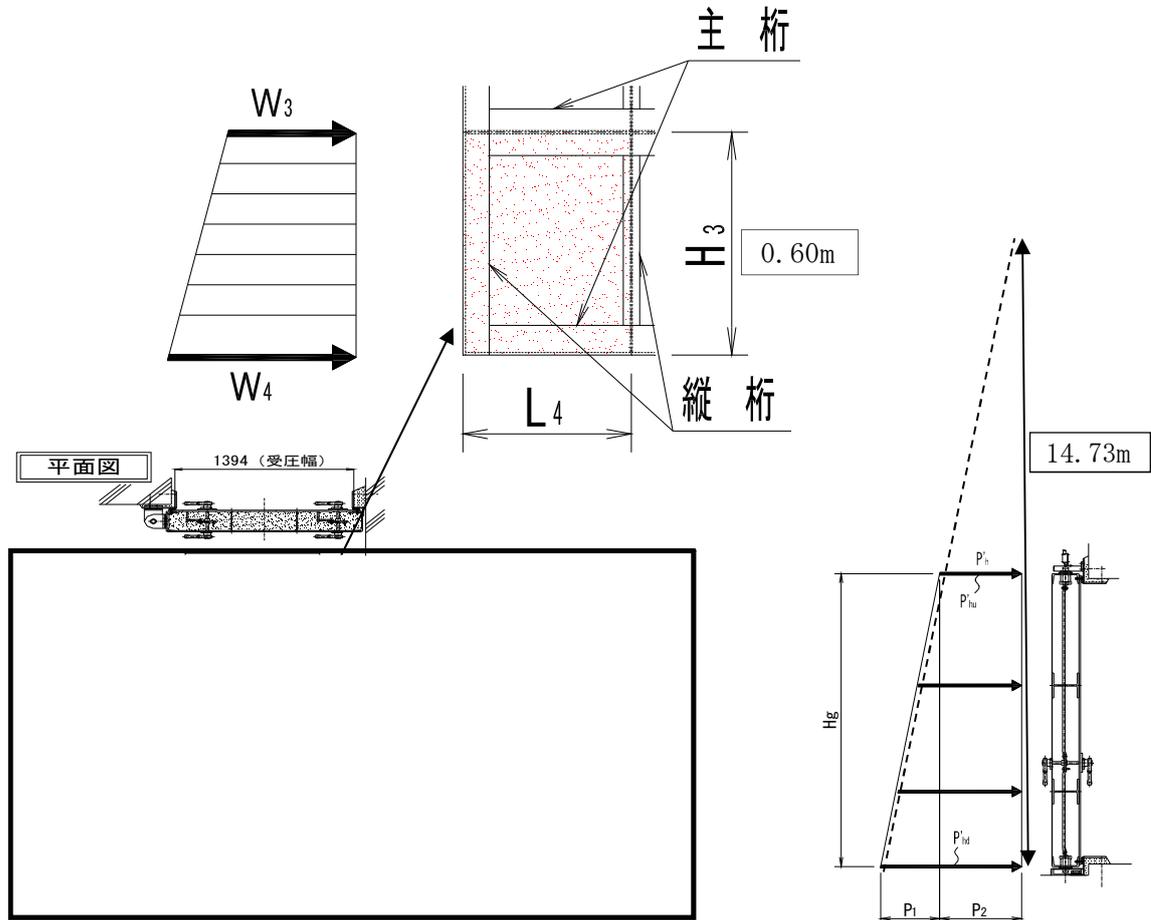
第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

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

h : 当該部分の浸水深さ (中段下部高さ) 図より $= 14.13 \text{ (m)}$

W_4	kN/m	最下段部の単位長さ当たりの作用荷重	⑤	148.8
-------	------	-------------------	---	-------

W_4 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の最下段部の単位長さ当たりの作用荷重



添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

$$W_4 = Ph'$$

ここで

Ph' : 最下段部の津波による単位長さ当たりの静水圧荷重

$$Ph' = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.73 = 148.7855131 = \boxed{148.8 \text{ (kN/m)}}$$

(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 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

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

h : 当該部分の浸水深さ (最下段部高さ) 図より $= 14.73 \text{ (m)}$

M_{x1}	-	区画1等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑥	0.081
----------	---	-----------------------	---	-------

M_{x1} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の区画1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

$l_x(L_4)$: 短辺方向①より0.510

$l_y(H_1)$: 長辺方向図面より0.895

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.895 / 0.510 = 1.754901961$$

グラフより **0.081** を採用

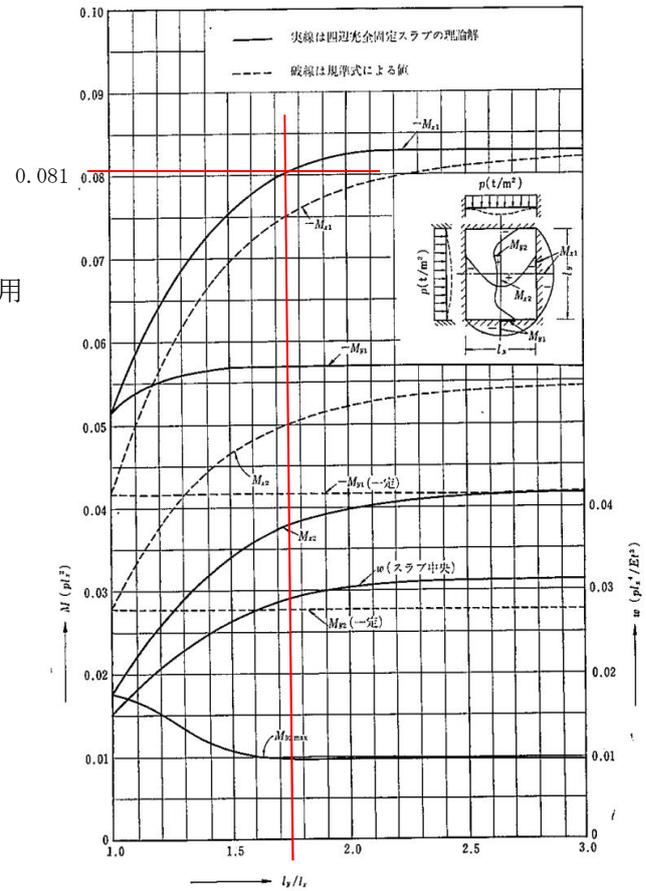


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{x2}	-	区画1等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑦	0.047
----------	---	------------------------	---	-------

M_{x2} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の区画1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

$l_x (L_4)$: 短辺方向①より0.510

$l_y (H_1)$: 長辺方向図面より0.895

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.895 / 0.510 = 1.754901961$$

グラフより **0.047** を採用

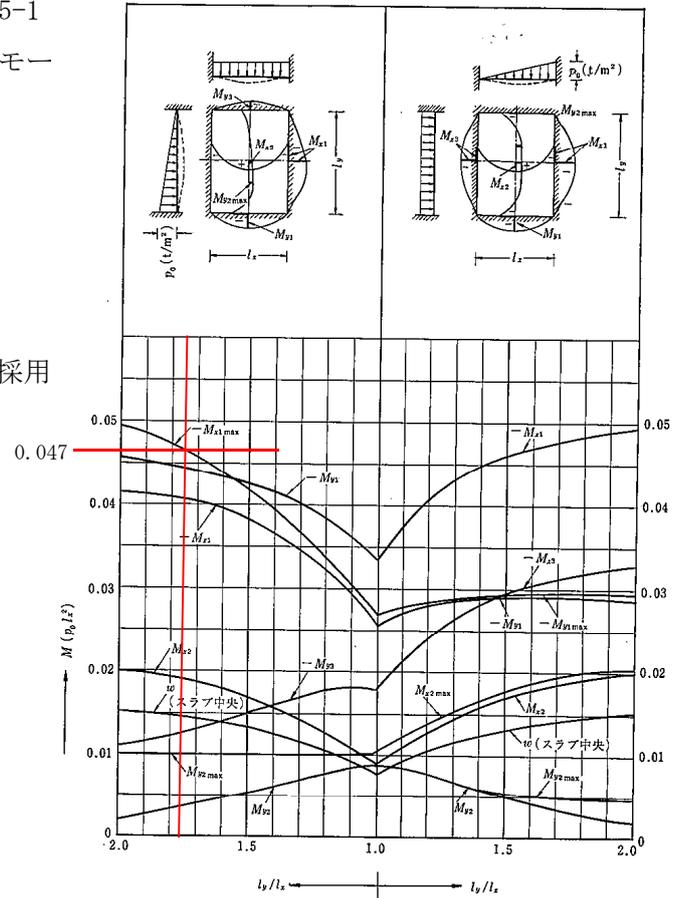


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{X3}	-	区画2等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑧	0.078
----------	---	-----------------------	---	-------

M_{X3} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の区画2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

$l_x(L_4)$: 短辺方向①より0.510

$l_y(H_2)$: 長辺方向図面より0.85

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.85 / 0.510 = 1.666 \dots$$

グラフより **0.078** を採用

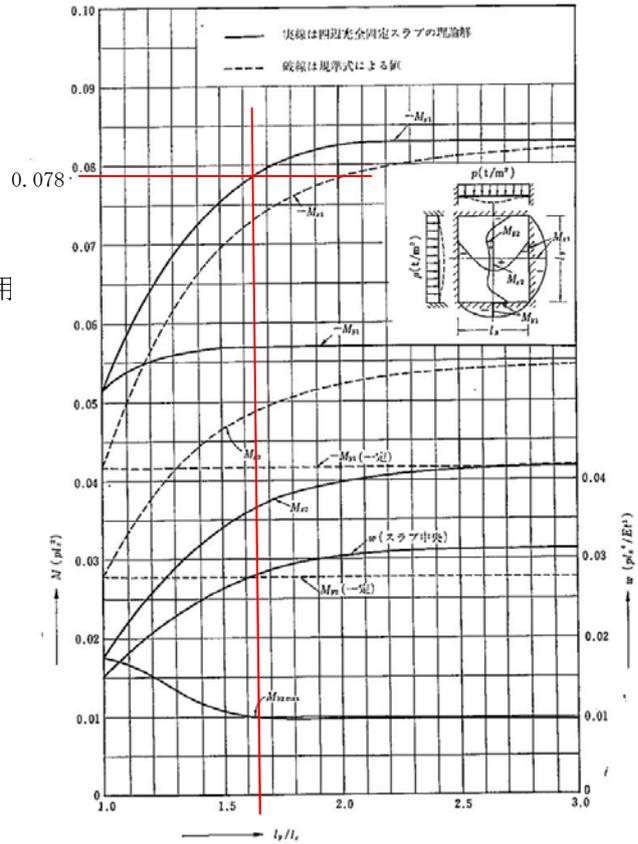


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{X4}	-	区画2等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑨	0.045
----------	---	------------------------	---	-------

M_{X4} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の区画2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

$l_x(L_4)$: 短辺方向①より0.510

$l_y(H_2)$: 長辺方向図面より0.85

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.85 / 0.510 = 1.666 \dots$$

グラフより **0.045** を採用

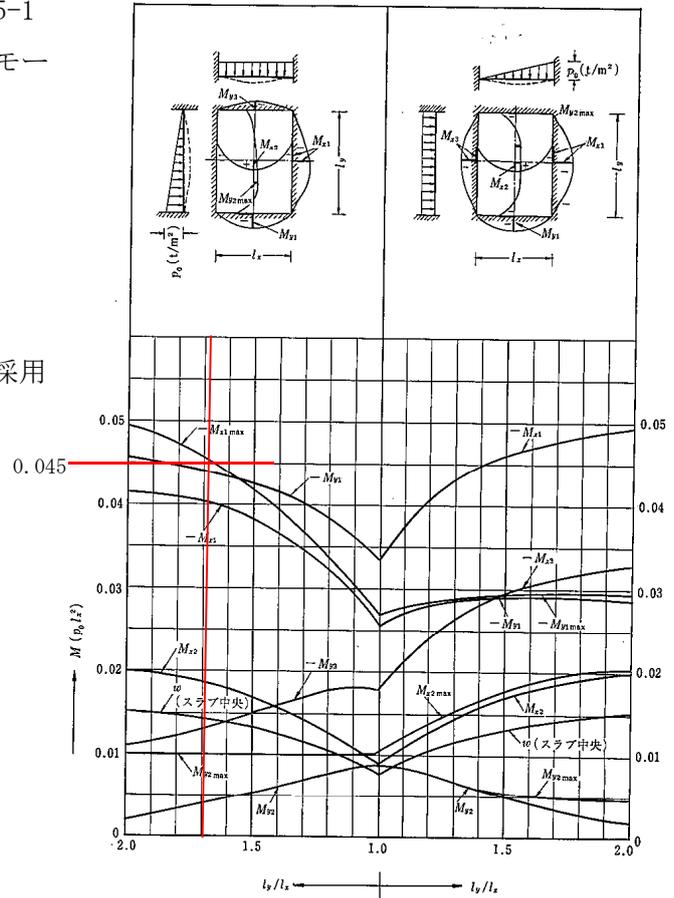


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{X5}	-	区画3等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑩	0.063
----------	---	-----------------------	---	-------

M_{X5} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の区画3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

$l_x(L_4)$: 短辺方向①より0.510

$l_y(H_3)$: 長辺方向図面より0.60

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.60 / 0.510 = 1.176470588$$

グラフより **0.063** を採用

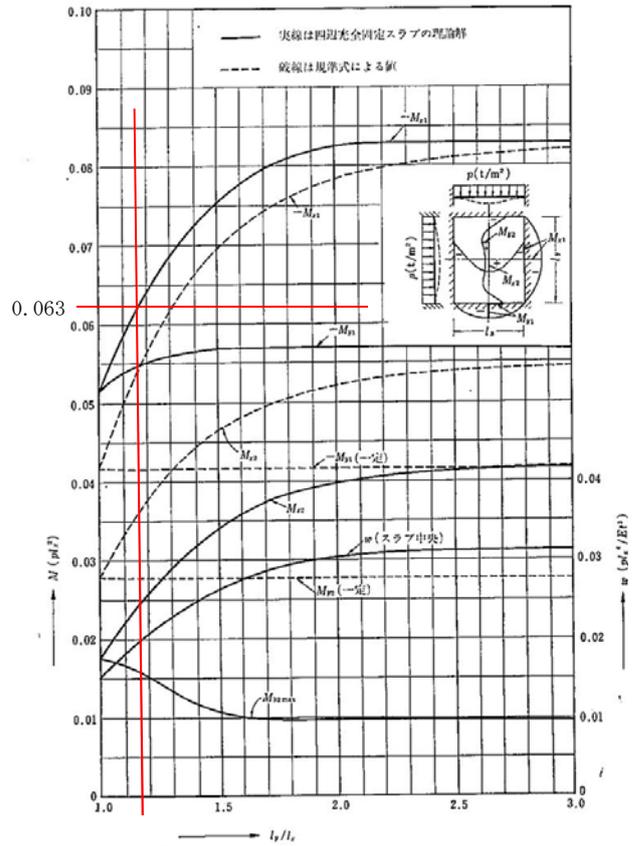


図-5.1 等分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

M_{X6}	-	区画3等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数	⑪	0.038
----------	---	------------------------	---	-------

M_{X6} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉の区画3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

メントとたわみより

$l_x (L_4)$: 短辺方向①より0.510

$l_y (H_3)$: 長辺方向図面より0.60

$$\frac{l_y}{l_x} = 0.60 / 0.510 = 1.176470588$$

グラフより **0.038** を採用

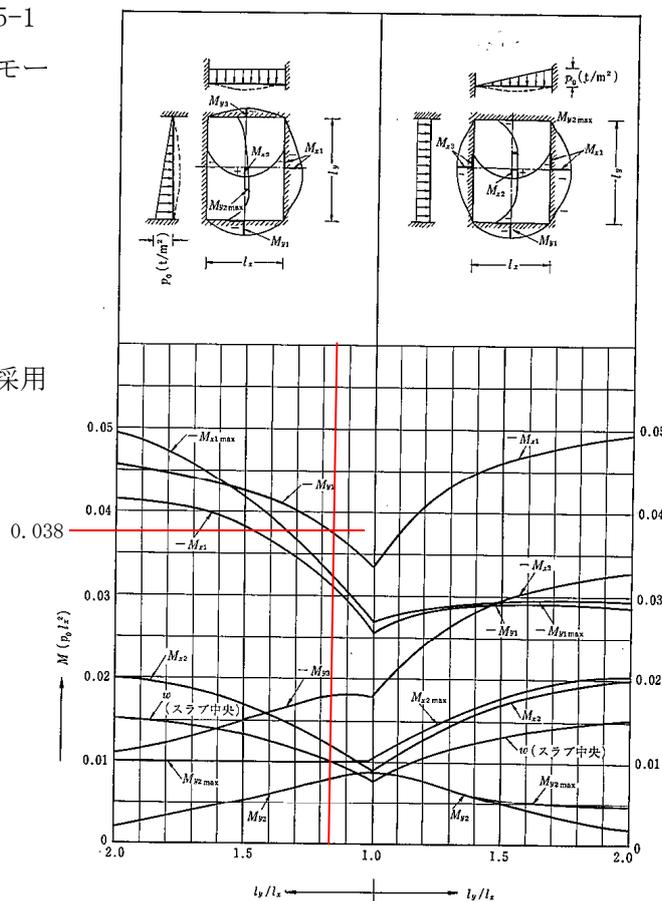


図-5.2 等変分布荷重時四辺固定スラブの曲げモーメントとたわみ ($\nu=0$)

Z_1	mm^3	断面係数	⑫	12240
-------	---------------	------	---	-------

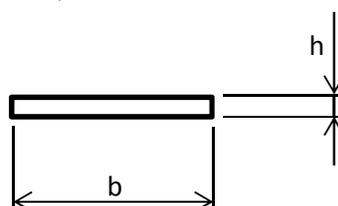
Z_1 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、扉板の断面係数

扉板の断面係数を算定する。

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

$$Z_1 = \left(\frac{1}{6}\right) \cdot b h^2$$

$$= (1/6) \times 510 \times 12^2 = \boxed{2240 (\text{mm}^3)}$$



H_g	m	受圧高	⑬	
-------	---	-----	---	--

H_g : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材の受圧高

当該部分は、添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照。

B_1	m	受圧幅	⑭	
-------	---	-----	---	--

B_1 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材の受圧幅

当該部分は、添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照。

P_{h1}	kN/m^2	津波による静水圧荷重(最上部)	⑮	125.1
----------	-----------------	-----------------	---	-------

P_{h1} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材（主桁）に作用する津波による

静水圧荷重(最上部)添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照。

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

b. 津波に伴う荷重(Ph)算定式より

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h$$

最上部静水圧荷重算定のため、

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 第3-2表より

ρ : 水の密度1.03 (t/m^3)

水圧作用高さEL.8.2 (m)

g : 重力加速度9.80665 (m/s^2)

h : 当該部分の浸水深さ(区画上端高さ)図より=12.385m

$$P_{h1} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 12.385$$

$$= 125.0990211$$

$$= \boxed{125.1 (\text{kN/m}^2)} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

P_{h2}	kN/m^2	津波による静水圧荷重(中間上部)	⑩ 134.1
----------	-----------------	------------------	---------

P_{h2} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材(主桁)に作用する津波による静水圧荷重(中間上部)添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照。

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

b. 津波に伴う荷重(Ph)算定式より

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h$$

中間上部静水圧荷重算定のため、

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 第3-2表より

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

$$\text{水圧作用高さ} EL. 8.2 \text{ (m)}$$

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

$$h : \text{当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) 図より} = 13.28\text{m}$$

$$P_{h1} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.28$$

$$= 134.1392814$$

$$= \boxed{134.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_{h3}	kN/m^2	津波による静水圧荷重(中間下部)	⑪ 142.7
----------	-----------------	------------------	---------

P_{h3} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材(主桁)に作用する津波による静水圧荷重(中間下部)添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照。

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.3 荷重及び荷重の組合せ(1)より

b. 津波に伴う荷重(Ph)算定式より

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h$$

中間下部静水圧荷重算定のため、

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 第3-2表より

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

$$\text{水圧作用高さ} EL. 8.2 \text{ (m)}$$

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

$$h : \text{当該部分の浸水深さ(区画上端高さ) 図より} = 14.13\text{m}$$

$$P_{h3} = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 14.13$$

$$= 142.7250034$$

$$= \boxed{142.7 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

P_{h4}	kN/m^2	津波による静水圧荷重(最下部)	⑱ 148.8
----------	-----------------	-----------------	---------

P_{h4} : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材（主桁）に作用する津波による静水圧荷重(最下部)

添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照。

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 (1) 荷重の設定

b. 津波に伴う荷重(Ph)算定式より

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h$$

最下部静水圧荷重算定のため、

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 第3-2表より

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

水圧作用高さ $EL. 8. 2 \text{ (m)}$

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 $= 14. 73\text{m}$

$$P_{h4} = \rho \cdot g \cdot h = 1. 03 \times 9. 80665 \times 14. 73$$

$$= 148. 7855131$$

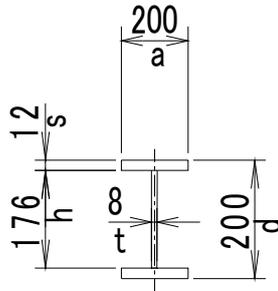
$$= \boxed{148. 8 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

Z_2	mm^3	断面係数	⑱	461050
-------	---------------	------	---	--------

Z_2 : 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。



(機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学 α-23ページより)

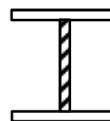
$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \frac{a \cdot d^3 - h^3(a-t)}{6d} = \frac{200 \times 200^3 - 176^3 \times (200-8)}{6 \times 200} \\
 &= \frac{1600000000 - 1046740992}{1200} = \frac{553259008.0}{1200} \\
 &= 461049.1733 \\
 &= \boxed{461050 \text{ (mm}^3\text{)}} \quad (\text{少数点第一位切り上げ, 整数表示})
 \end{aligned}$$

A_1	mm^2	断面積	⑳	1408
-------	---------------	-----	---	------

A_1 : 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。

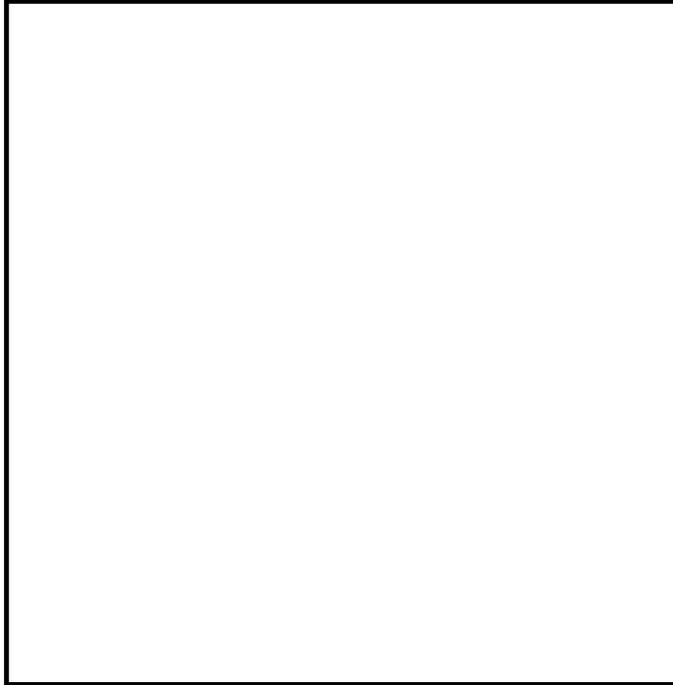
$$\begin{aligned}
 A_1 &= (200 - 12 - 12) \times 8 \\
 &= \boxed{1408 \text{ (mm}^2\text{)}}
 \end{aligned}$$



a1	m	主桁ピッチ	②1	
----	---	-------	----	--

a1：原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材（横桁）の主桁ピッチ

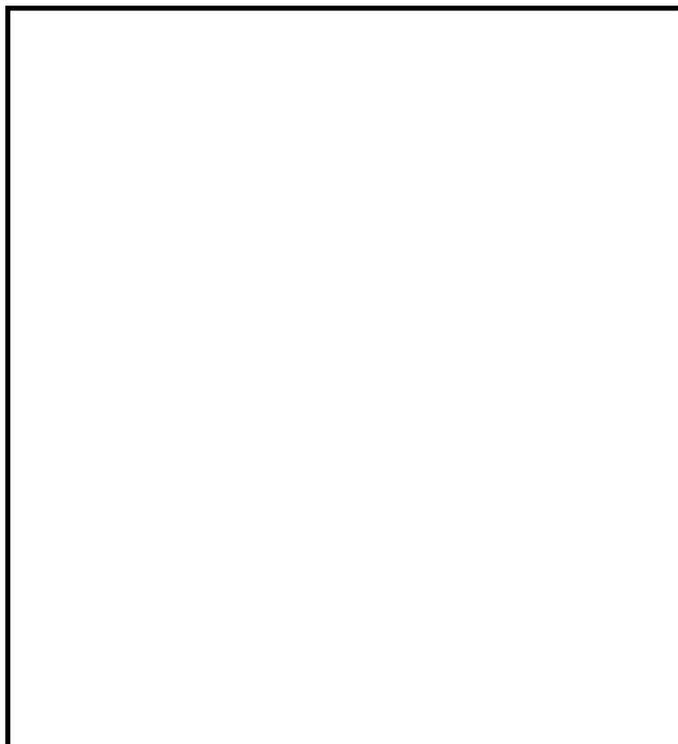
当該部分は、以下のとおり。



a2	m	主桁ピッチ	②2	
----	---	-------	----	--

a2：原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材（横桁）の主桁ピッチ

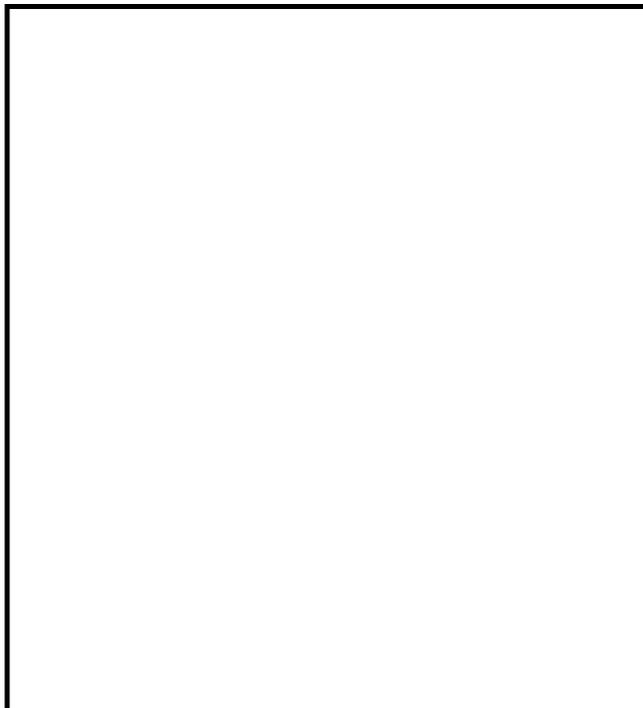
当該部分は、以下のとおり。



a3	m	主桁ピッチ	(23)	
----	---	-------	------	--

a3 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、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	(24)	
---	---	-------	------	--

a : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、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	津波による水圧荷重	㊦ 129.6
----	-------------------	-----------	---------

p1 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材（主桁）下図に作用する荷重
 評価作用位置における津波による荷重

$$p1 = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 12.8325 = 129.619152$$

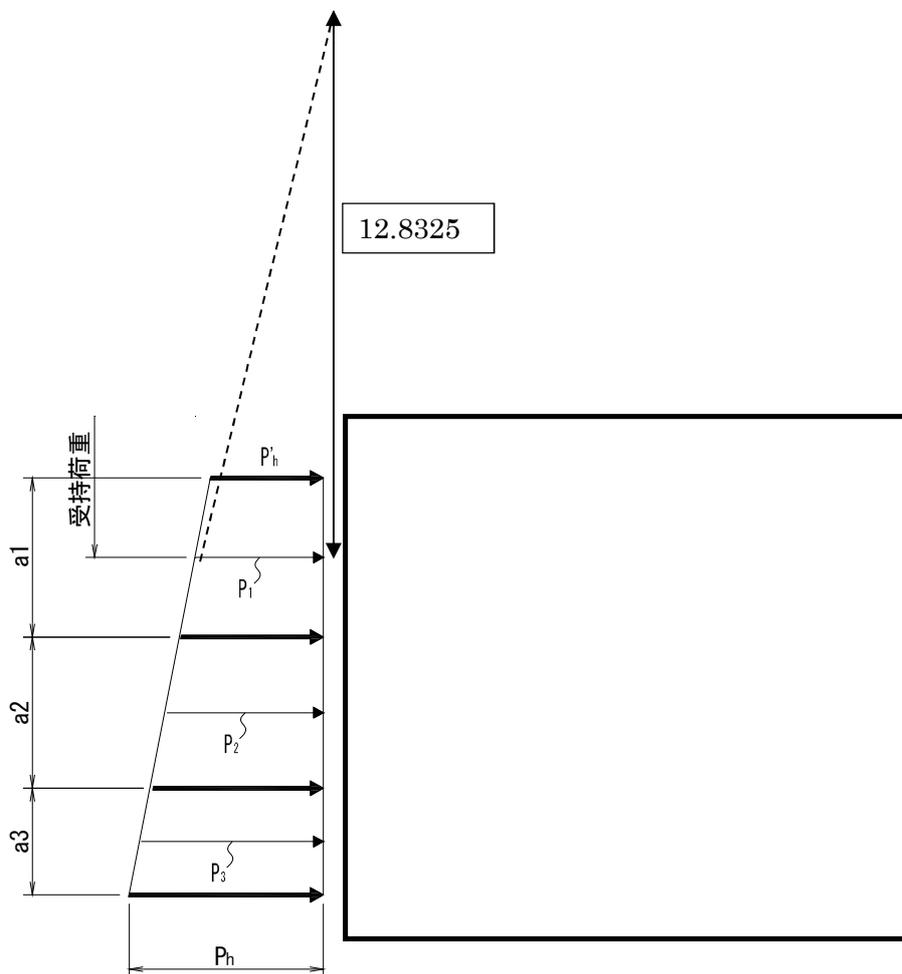
$$= \boxed{129.6 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \quad (\text{有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示})$$

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 $= 12.8325 \text{ (m)}$



主桁に生じる荷重の例

p2	kN/m ²	津波による水圧荷重	② 138.4
----	-------------------	-----------	---------

p2 : 原子炉建屋付属棟南側水密扉、芯材（主桁）下図に作用する荷重
 評価作用位置における津波による荷重

$$p2 = \rho \cdot g \cdot h = 1.03 \times 9.80665 \times 13.705 = 138.432142$$

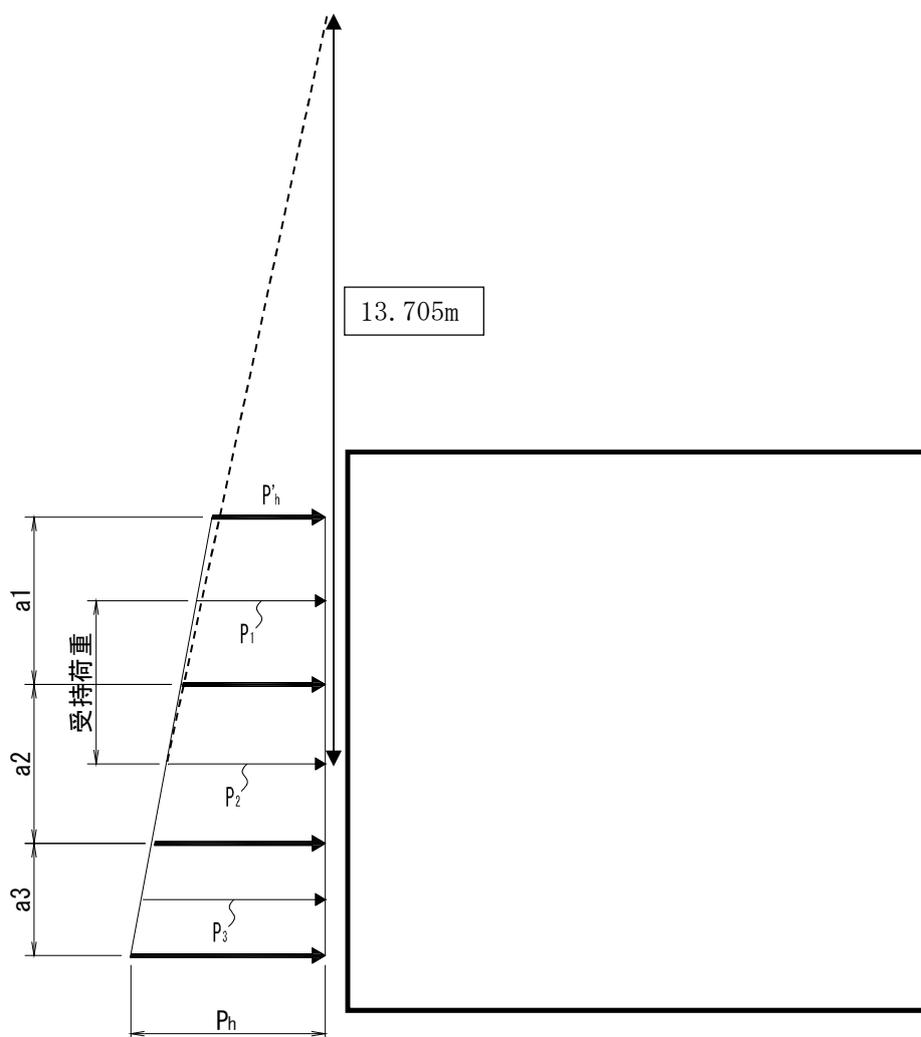
$$= \boxed{138.4 \text{ (kN/m}^2\text{)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

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 $= 13.705 \text{ (m)}$

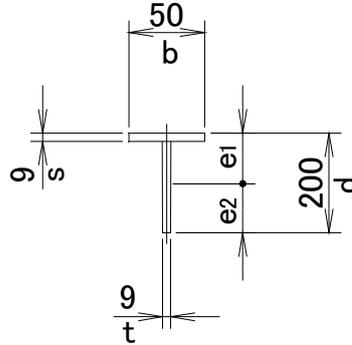


主桁に生じる荷重の例

Z_3	mm^3	断面係数	⑳ 75637
-------	---------------	------	---------

Z_3 : 芯材（中間縦桁）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。



$$e_1 = d - \frac{d^2 \cdot t + s^2 \cdot (b-t)}{2 \cdot (b \cdot s + h \cdot t)} = 200 - \frac{200^2 \times 9 + 9^2 \times (50-9)}{2 \times (50 \times 9 + 191 \times 9)}$$

$$= 200 - \frac{363321}{4338} = 116.246888$$

= 116.2 (mm) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$e_2 = \frac{d^2 \cdot t + s^2 \cdot (b-t)}{2 \cdot (b \cdot s + h \cdot t)} = \frac{200^2 \times 9 + 9^2 \times (50-9)}{2 \times (50 \times 9 + 191 \times 9)}$$

$$= \frac{363321}{4338} = 83.75311203$$

= 83.75 (mm) (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$I = \frac{1}{3} \cdot \{t \cdot e_1^3 + b \cdot e_2^3 - (b-t) \cdot (e_2-s)^3\}$$

$$= 1/3 \times \{9 \times 116.2^3 + 50 \times 83.75^3 - (50-9) \times (83.75-9)^3\}$$

$$= 1/3 \times \{14120851.75 + 29371386.72 - 17124482.17\} = 1/3 \times 26367756.3 = 8789252.1$$

$$= 8789000 \text{ (mm)} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}$$

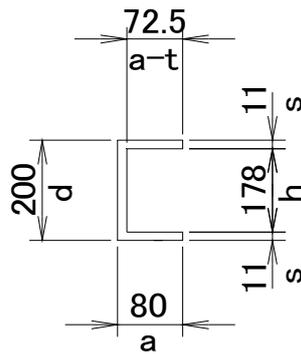
$$Z_3 = \frac{I}{e_1} = 8789000 / 116.2 = 75636.83305$$

$$= \boxed{75637 \text{ (mm}^3\text{)}} \text{ (小数点第一位切り上げ, 整数表示)}$$

Z_4	mm^2	断面積	㉑ 192599
-------	---------------	-----	----------

Z_4 : 芯材（端縦桁）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端縦桁の断面係数を記載する。



$$Z_4 = \frac{a \cdot d^3 - h^3 (a-t)}{6d}$$

$$= \frac{80 \times 200^3 - 178^3 (80 - 7.5)}{6 \times 200}$$

$$= 192598.3167$$

$$= \boxed{192599} (\text{mm}^3) \quad (\text{小数点第一位切り上げ, 整数表示})$$

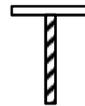
A ₂	mm ²	断面積	③①	1719
----------------	-----------------	-----	----	------

A₂ : 芯材（中間縦桁）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。

$$A_2 = (200 - 9) \times 9$$

$$= \boxed{1719} (\text{mm}^2)$$



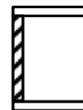
A ₃	mm ²	断面積	③①	1335
----------------	-----------------	-----	----	------

A₃ : 芯材（端縦桁）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。

$$A_3 = 178 \times 7.5$$

$$= \boxed{1335} (\text{mm}^2)$$



W _x	kN	扉体自重	③②	
----------------	----	------	----	--

P _o	kN	水圧荷重	③③	477.5
----------------	----	------	----	-------

P_o : 設計水圧荷重。今回受圧幅と受圧高が 既設躯体開口より小さい為、躯体開口内にかかる水圧荷重が扉にかかるものとする。水圧荷重の計算は受圧幅と受圧高の数値を躯体開口幅と躯体開口高の数値に置き換えて計算するものとします。

$$P_o = \rho \cdot B_1 \cdot (H_o^2 - H_1^2) / 2$$

$$= 10.1 \times 1.515 \times (14.8^2 - 12.515^2) / 2$$

$$\begin{aligned}
&= 10.1 \times 1.515 \times 62.414775 / 2 \\
&= 477.5198398 \text{ (kN)} \\
&= \boxed{477.5 \text{ (kN)}} \text{ (有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)}
\end{aligned}$$

ここで、

第3-2表より ρ : 水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

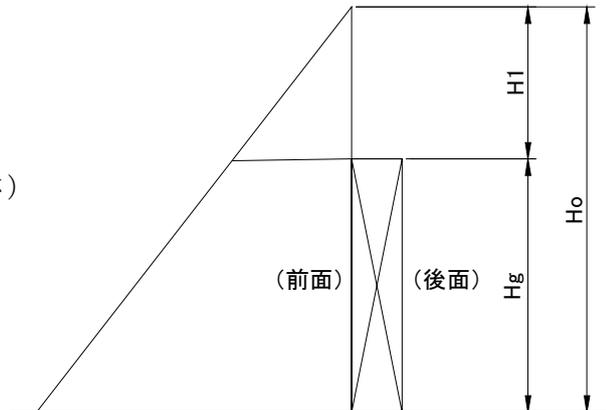
$$1.03 \text{ (t/m}^3\text{)} = 10.1 \text{ kN/m}^3$$

B_1 : 躯体開口幅 (受圧幅)

H_0 : 水深 (前面 : 水圧作用高さ)

H_g : 躯体開口高 (受圧高)

H_1 : $H_0 - H_g$



R_r	kN	扉自重反力	③④ 4.387
-------	----	-------	----------

R_r : ヒンジ・ロックバーに作用する扉自重による反力

$$\begin{aligned}
R_r &= W_x \cdot \left(\frac{L_r}{L_j} \right) \\
&= 8.85 \times (0.865 / 1.745) \\
&= 4.386962751 \\
&= \boxed{4.387 \text{ (kN)}}
\end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

L_r	m	扉体重心～ヒンジ中心間距離	③⑤ <input type="text"/>
-------	---	---------------	-------------------------

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	③⑥ 1.745
-------	---	----------	----------

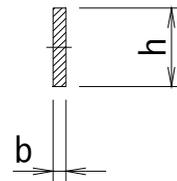
L_j : 最遠端ヒンジ間のヒンジ中心間水平距離

(添付 扉体組立図「SWT-13-002」参照)

Z_5	mm^3	断面係数	③⑦ 16666
-------	---------------	------	----------

Z_5 : ヒンジ板の断面係数 (ヒンジ板は2枚/1ヶ所)

ヒンジ板の断面係数を算定する。



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

$$Z_5 = \left(\frac{1}{6} \right) \cdot b \cdot h^2 = (1/6) \times 40 \times 50^2 = 16666.666\dots$$

16666mm² (少数点以下第1位切下げ整数表示)

A ₄	mm ²	断面積	③⑧ 2000
----------------	-----------------	-----	---------

A₄ : ヒンジ板の断面積 (ヒンジ板は2枚/1ヶ所)
ヒンジ板の断面積を算定する。

$$A_4 = 40 \times 50 = \text{2000mm}^2$$

L ₂	mm	軸支持間距離	③⑨ 140
----------------	----	--------	--------

L₂ : ヒンジピンにおいて水圧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

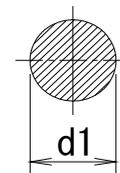
B ₂	mm	ブッシュ長さ	④⑩ 90
----------------	----	--------	-------

B₂ : 水圧荷重が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 ₆	mm ³	断面係数	④⑪ 6283
----------------	-----------------	------	---------

Z₆ : 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)



$$Z_6 = \left(\frac{\pi}{32} \right) \cdot d^3 = (\pi/32) \times 40^3 = 6283.185307$$

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

A ₅	mm ²	断面積	④⑫ 1257
----------------	-----------------	-----	---------

A₅ : 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)

$$A_5 = \left(\frac{\pi}{4} \right) \cdot d^2 = (\pi/4) \times 40^2 = 1256.637061$$

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

n_1	本	本数	④③ 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-13-004」参照)

A_{b1}	mm^2	断面積	④④ 157
----------	---------------	-----	--------

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)

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

n_2	本	本数	④⑤ 4
-------	---	----	------

n_2 : 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 (扉側) の本数
(添付 ヒンジ部詳細図「SWT-13-004」参照)

A_{b2}	mm^2	断面積	④⑥ 245
----------	---------------	-----	--------

A_{b2} : ヒンジボルト (扉側) (M20)1本あたりの有効断面積
(JIS B 1082 : 2009 より)

$$A_{b2} = 245 \text{mm}^2$$

L_3	mm	作用点間距離	④⑦ 19
-------	----	--------	-------

L_3 : 水圧荷重がロックバーに作用する軸支持間距離
(添付 ロックバー装置組立図「SWT-13-005」参照)

Z_7	mm^3	断面係数	④⑧ 12271
-------	---------------	------	----------

Z_7 : 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 ロックバー装置組立図「SWT-13-005」参照)

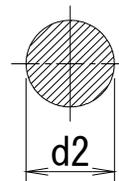
(機械工学便覧 基礎編 $\alpha 3$ 材料力学 $\alpha-22$ ページより)

$$Z_7 = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = (\pi/32) \times 50^3 = 12271.8463$$

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

A_6	mm^2	断面積	④⑨ 1963
-------	---------------	-----	---------

A_6 : 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 ロックバー装置組立図「SWT-13-005」参照)

$$A_6 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot d^2 = (\pi/4) \times 50^2 = 1963.495408$$

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

n_3	本	本数	⑤① 4
-------	---	----	------

n_3 : 扉体重量をうけもつヒンジ1ヶ所あたりのロックボルトの本数

(添付 ロックバー装置組立図「SWT-13-005」参照)

A_{b3}	mm^2	断面積	⑤② 157
----------	---------------	-----	--------

A_{b3} : ロックボルト1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

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

n_4	本	本数	⑤③ 14
-------	---	----	-------

n_4 : 枠体を躯体に固定するアンカーボルトの本数

(3.5 評価方法 (1) 応力算定 e. アンカーボルト 第3-11図参照)

A_a	mm^2	1本当たりの表面積	⑤④ 10053
-------	---------------	-----------	----------

A_a : アンカーボルト1本あたりの表面積

(コンクリート付着面積)

$$A_a = d \cdot \pi \cdot L = 20 \times \pi \times 160 = 10053.09649$$

$$= \boxed{10053\text{mm}^2} \text{ (小数点第1位四捨五入整数表示)}$$

ここで、

d : $\phi 20\text{mm}$

L = 埋め込み長さ = 160mm

A_{b4}	mm^2	断面積	⑤⑤ 245
----------	---------------	-----	--------

A_{b4} : アンカーボルト1本あたりの有効断面積

(JIS B 1082 : 2009 より)

$$A_{b4} = \boxed{245\text{mm}^2}$$

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
扉板	㉟ 231

原子炉建屋付属棟南側水密扉の扉板部の発生応力度は

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1)応力算定

a. 扉板に生じる荷重を算定し、(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、津波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。

扉板に生じる荷重と区画の例を第3-2図に示す。

扉板に発生するモーメントは、各評価区画扉部において、作用する荷重が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。以下に各区画の曲げモーメントを算出し、最も大きくなる区画の数値を採用する。なお、算定式は、Mx説明添付図参照。

<p>区画1 : $M_1 = M_{X1} \cdot W_1 \cdot L_4^2 + M_{X2} \cdot (W_2 - W_1) \cdot L_4^2$</p> <p>区画2 : $M_2 = M_{X3} \cdot W_2 \cdot L_4^2 + M_{X4} \cdot (W_3 - W_2) \cdot L_4^2$</p> <p>区画3 : $M_3 = M_{X5} \cdot W_3 \cdot L_4^2 + M_{X6} \cdot (W_4 - W_3) \cdot L_4^2$</p> <p>ここで、</p> <p>$M_{X1} \cdot 3 \cdot 5$: 等分布荷重による 曲げ応力算定用の係数 (-)</p> <p>$W_{1 \sim 4}$: 各区画固定部の単位長さ当たりの 作業荷重 (kN/m)</p> <p>L_4 : 区間短辺の長さ (m)</p> <p>$M_{X2} \cdot 4 \cdot 6$: 等分布荷重による 曲げ応力算定用の係数 (-)</p>	<p>→ M_1 : 区画1の扉板に発生する曲げモーメント</p> <p>$M_1 = M_{X1} \cdot W_1 \cdot L_4^2 + M_{X2} \cdot (W_2 - W_1) \cdot L_4^2$</p> <p>$= 0.081 \times 125.1 \times 0.510^2$</p> <p>$+ 0.047 \times \boxed{}$</p> <p>$= 2.74564161 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$</p> <p>$= 2745642 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$</p> <p>(少数点第1位四捨五入整数表示)</p> <p>※</p> <p>→ M_2 : 区画2の扉板に発生する曲げモーメント</p> <p>$M_2 = M_{X3} \cdot W_2 \cdot L_4^2 + M_{X4} \cdot (W_3 - W_2) \cdot L_4^2$</p> <p>$= 0.078 \times 134.1 \times 0.510^2$</p> <p>$+ 0.045 \times \boxed{}$</p> <p>$= 2.82125268 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$</p> <p>$= 2821253 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$</p> <p>(少数点第1位四捨五入整数表示)</p>
--	--

※ → M_3 : 区画3の扉板に発生する曲げモーメント

$$M_3 = M_{X5} \cdot W_3 \cdot L_4^2 + M_{X6} \cdot (W_4 - W_3) \cdot L_4^2$$

$$= 0.063 \times 142.7 \times 0.510^2$$

$$+ 0.038 \times \boxed{}$$

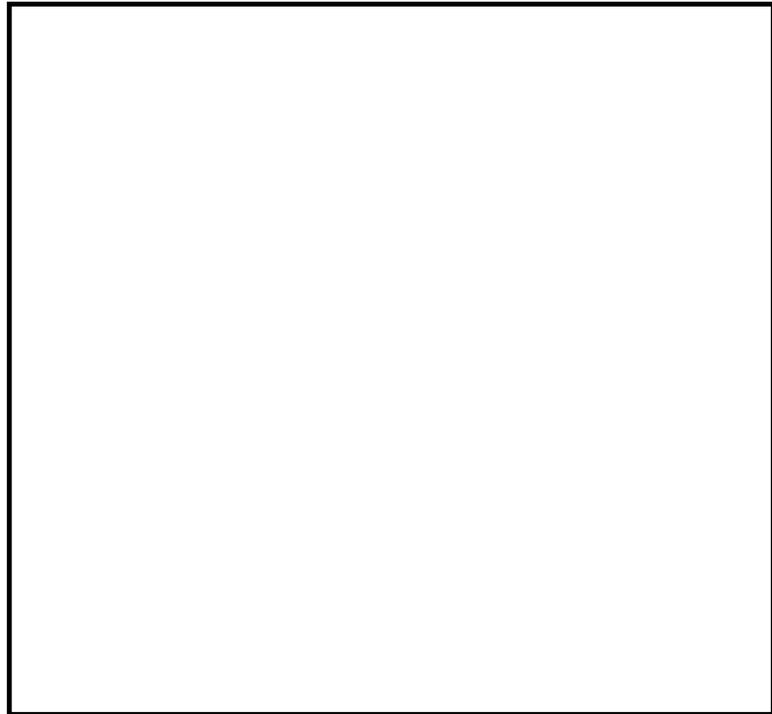
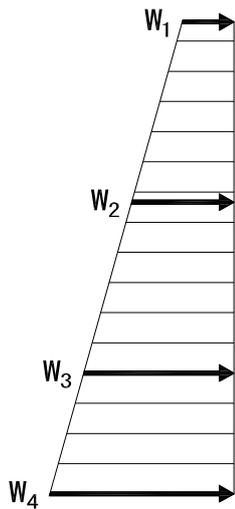
$$= 2.39861619 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$= 2398616 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

(少数点第1位四捨五入整数表示)

$M_2 > M_1 > M_3$ なので以降の検討は、

$M = M_2 = 2821253 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$ として検討します。



第3-2図 扉板に生じる荷重と区画の図

(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。

$$\sigma = \frac{M}{Z_1}$$

ここで、

M：扉板の曲げモーメント (N・mm)

Z₁：扉板の断面係数 (mm³)

σ：扉板に生じる曲げ応力度

$$\sigma = \frac{M}{Z_1}$$

$$= 2821253/12240=230.4945261$$

$$= \boxed{231 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(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)
芯材	⑤6 80

原子炉建屋付属棟南側水密扉の芯材の発生応力度は

添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 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 b. 芯材より応力度を算定

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。

(1) 応力算定

b. 芯材

芯材に生じる荷重は、津波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3-3図に示す。

(a) 主桁

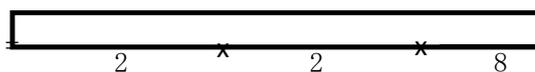
$$M = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1^2}{8} \longrightarrow M: \text{主桁に作用する曲げモーメント}$$

$$Q = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1}{2} \downarrow \text{※}$$

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できる。

n₁の場合

$$M_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1^2}{8}$$



$$= 134.0 \times 0.8725 \times 0.2429045 = 28.39917962$$

$$= 28.40 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

ここで、

B₁: 受圧幅(m)

a₁: 主桁ピッチ (m)

a₂: 主桁ピッチ (m)

a₃: 主桁ピッチ (m)

P₁: 水圧荷重 (kN/m²)

P₂: 水圧荷重 (kN/m²)

P₃: 水圧荷重 (kN/m²)

n_2 の場合

$$M_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1^2}{8}$$

$$= \frac{142.1 \times 0.725}{2} \cdot \frac{0.2429045}{2} \cdot \frac{0.2429045^2}{8}$$

$$= 142.1 \times 0.725 \times 0.2429045 = 25.02462885$$

$$= 25.02 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$M_1 > M_2$$

※

→ 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

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)

P_1 : 水圧荷重 (kN/m²)

P_2 : 水圧荷重 (kN/m²)

P_3 : 水圧荷重 (kN/m²)

n_1 の場合

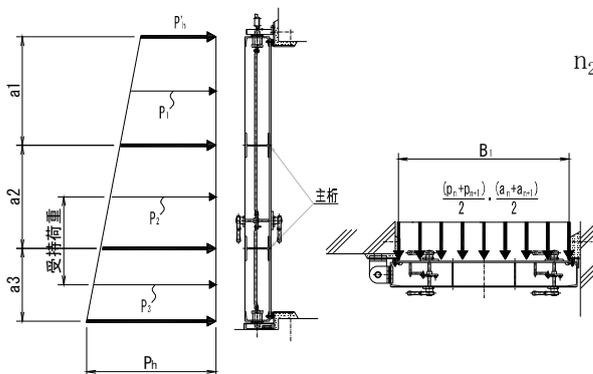
$$Q_1 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1}{2}$$

$$= \frac{134 \times 0.8725}{2} \cdot \frac{0.697}{2} \cdot \frac{0.697}{2}$$

$$= 134 \times 0.8725 \times 0.697 = 81.489755$$

$$= 81.49 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



主桁に生じる荷重の例

第3-3図 芯材に生じる荷重の例

n_2 の場合

$$Q_2 = \frac{P_n + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{B_1}{2}$$

$$= \frac{142.1 \times 0.725}{2} \cdot \frac{0.697}{2} \cdot \frac{0.697}{2}$$

$$= 142.1 \times 0.725 \times 0.697 = 71.8067$$

$$= 71.81 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

(b) 縦桁

$$M = a_n^2 \cdot \left(\frac{P_{(1\sim3)}}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_{(4\sim6)}}{8} \right) \cdot c$$

→ M: 縦桁に作用する曲げモーメント

$$Q = H_g \cdot \left(\frac{P_1}{3} + \frac{P_4}{2} \right) \cdot c \quad \text{→ ※1}$$

$$P_1 = P'_{h2} - P'_{h1} \quad \text{→ ※2}$$

$$P_2 = P'_{h3} - P'_{h2} \quad \text{→ ※3}$$

$$P_3 = P'_{h4} - P'_{h3} \quad \text{→ ※4}$$

$$P_4 = P'_{h1} \quad \text{→ ※5}$$

$$P_5 = P'_{h2} \quad \text{→ ※6}$$

$$P_6 = P'_{h3} \quad \text{→ ※7}$$

$$P'_{h1} = P_{h1} \cdot B_1 \quad \text{→ ※8}$$

$$P'_{h2} = P_{h2} \cdot B_1 \quad \text{→ ※9}$$

$$P'_{h3} = P_{h3} \cdot B_1 \quad \text{→ ※10}$$

$$P'_{h4} = P_{h4} \cdot B_1 \quad \text{→ ※11}$$

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=1/3)を算出する。

中間縦桁c=1/3, 端縦桁c=1/6

ここで、

a₁: 主桁ピッチ (m) (区画1の縦桁長さ)

a₂: 主桁ピッチ (m) (区画2の縦桁長さ)

a₃: 主桁ピッチ (m) (区画3の縦桁長さ)

P₁: 区画1縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P₂: 区画2縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P₃: 区画3縦桁に作用する
三角形荷重 (kN/m)

P₄: 区画1縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P₅: 区画2縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P₆: 区画3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

$$M_3 = a_1^2 \cdot \left(\frac{P_1}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_4}{8} \right) \cdot c$$

$$= 0.895^2 x \boxed{} x (1/3)$$

$$= 0.801025x(0.801875373+21.8)x(1/3)$$

$$= 6.034889074$$

$$= 6.035 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$M_4 = a_2^2 \cdot \left(\frac{P_2}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_5}{8} \right) \cdot c$$

$$= 0.85^2 x \{ (12/(9x\sqrt{3})) + (186.9/8) \} x (1/3)$$

$$= 0.7225x(0.769800358+23.3625)x(1/3)$$

$$= 5.811862336$$

$$= 5.812 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$M_5 = a_3^2 \cdot \left(\frac{P_3}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_6}{8} \right) \cdot c$$

$$= 0.6^2 x \{ (8.5/(9x\sqrt{3})) + (198.9/8) \} x (1/3)$$

$$= 0.36x(0.545275254+24.8625)x(1/3)$$

$$= 3.04893303$$

$$= 3.049 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

端縦桁

$$\begin{aligned} M_6 &= a_1^2 \cdot \left(\frac{P_1}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_4}{8} \right) \cdot c \\ &= 0.895^2 \times \{ (12.5 / (9 \times \sqrt{3})) + (174.4/8) \} \times (1/6) \\ &= 0.801025 \times (0.801875373 + 21.8) \times (1/6) \\ &= 3.017444537 \\ &= 3.017 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

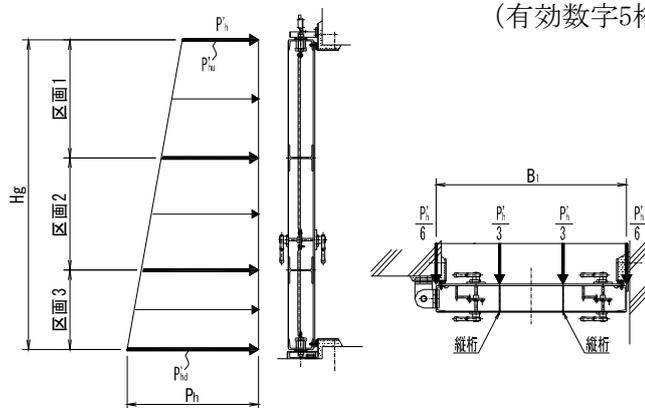
(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned} M_7 &= a_2^2 \cdot \left(\frac{P_2}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_5}{8} \right) \cdot c \\ &= 0.85^2 \times \{ (12 / (9 \times \sqrt{3})) + (186.9/8) \} \times (1/6) \\ &= 0.7225 \times (0.0769800356 + 23.3625) \times (1/6) \\ &= 2.905931168 \\ &= 2.906 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned} M_8 &= a_3^2 \cdot \left(\frac{P_3}{9x\sqrt{3}} + \frac{P_6}{8} \right) \cdot c \\ &= 0.6^2 \times \{ (8.5 / (9 \times \sqrt{3})) + (198.9/8) \} \times (1/6) \\ &= 0.36 \times (0.545275254 + 24.8625) \times (1/6) \\ &= 1.524466515 \\ &= 1.524 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

(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

第3-3図 芯材に生じる荷重の例



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=1/3)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。

ここで、

中間縦桁

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)

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1縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_5 ：区画2縦桁に作用する
等分布荷重 (kN/m)

P_6 ：区画3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 (-)

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= a_1 \cdot \left(\frac{P_1}{3} + \frac{P_4}{2} \right) \cdot c \\
 &= 0.895x \{ (12.5/3) + (174.4/2) \} \times (1/3) \\
 &= 0.895x (4.1666... + 87.2) \times (1/3) \\
 &= 27.2577222... \\
 &= 27.26 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
 Q_4 &= a_2 \cdot \left(\frac{P_2}{3} + \frac{P_5}{2} \right) \cdot c \\
 &= 0.85x \{ (12/3) + (186.9/2) \} \times (1/3) \\
 &= 0.85x (4 + 93.45) \times (1/3) \\
 &= 27.6108333... \\
 &= 27.61 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned}
 Q_5 &= a_3 \cdot \left(\frac{P_3}{3} + \frac{P_6}{2} \right) \cdot c \\
 &= 0.6x \{ (8.5/3) + (198.9/2) \} \times (1/3) \\
 &= 0.6x (2.8333... + 99.45) \times (1/3) \\
 &= 20.45666... \\
 &= 20.46 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

端縦桁

$$\begin{aligned} Q_6 &= a_1 \cdot \left(\frac{P_1}{3} + \frac{P_4}{2} \right) \cdot c \\ &= 0.895x \{ (12.5/3) + (174.4/2) \} \times (1/6) \\ &= 0.895x (4.1666\dots + 87.2) \times (1/6) \\ &= 13.62886 \\ &= 13.63 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned} Q_7 &= a_2 \cdot \left(\frac{P_2}{3} + \frac{P_5}{2} \right) \cdot c \\ &= 0.85x \{ (12/3) + (186.9/2) \} \times (1/6) \\ &= 0.85x (4 + 93.45) \times (1/6) \\ &= 13.80541667 \\ &= 13.81 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

$$\begin{aligned} Q_8 &= a_3 \cdot \left(\frac{P_3}{3} + \frac{P_6}{2} \right) \cdot c \\ &= 0.6x \{ (8.5/3) + (198.9/2) \} \times (1/6) \\ &= 0.6x (2.8333\dots + 99.45) \times (1/6) \\ &= 10.228333\dots \\ &= 10.23 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※2

└─→ P_1 : 区画1の縦桁に作用する三角形荷重
扉に作用する津波による静水圧荷重
(区画上部) 扉に作用する津波による
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。

$$P_1 = P'_{h2} - P'_{h1} = 186.9 - 174.4 = 12.5 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※3

→ P_2 : 区画2の縦桁に作用する三角形荷重
扉に作用する津波による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する津波に
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。

$$P_2 = P'_{h3} - P'_{h2} = 198.9 - 186.9 = 12 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※4

→ P_3 : 区画3の縦桁に作用する三角形荷重
扉に作用する津波による静水圧荷重
(区画上部) から扉に作用する津波に
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。

$$P_3 = P'_{h4} - P'_{h3} = 207.4 - 198.9 = 8.5 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※5

→ P_4 : 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
作用する津波静水圧荷重(区画上部) に
等しい。

$$P_4 = P'_{h1} = 174.4 \text{ (kN/m)}$$

※6

→ P_5 : 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
作用する津波静水圧荷重(区画上部) に
等しい。

$$P_5 = P'_{h2} = 186.9 \text{ (kN/m)}$$

※7

→ P_6 : 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
作用する津波静水圧荷重(区画上部)に
等しい。

$$P_6 = P'_{h3} = 198.9 \text{ (kN/m)}$$

※8

→ P'_{h1} : 扉に作用する津波による静水圧荷重
(最上部) (kN/m) ⑨に算出した扉に作用
する津波による静水圧荷重(上部)が扉幅
で作用するため次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} P'_{h1} &= P_{h1} \cdot B_1 = 125.1 \times 1.394 = 174.3894 \\ &= 174.4 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※9

→ P'_{h2} : 扉に作用する津波による静水圧荷重
(中間上部) (kN/m) ⑩に算出した扉に作
用する津波による静水圧荷重(上部)が扉
幅で作用するため次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} P'_{h2} &= P_{h2} \cdot B_1 = 134.1 \times 1.394 = 186.9354 \\ &= 186.9 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※10

→ P'_{h3} : 扉に作用する津波による静水圧荷重
(中間下部) (kN/m) ⑪に算出した扉に作
用する津波による静水圧荷重(上部)が扉
幅で作用するため次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} P'_{h3} &= P_{h3} \cdot B_1 = 142.7 \times 1.394 = 198.9238 \\ &= 198.9 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

※11

→ P'_{h4} : 扉に作用する津波による静水圧荷重
(最下部) (kN/m) ⑫に算出した扉に作用
する津波による静水圧荷重(下部)が扉幅

で作用するため次式で表すことができる。

$$P'_{h4} = P_{h4} \cdot B_1 = 148.8 \times 1.394 = 207.4272$$

$$= 207.4 \text{ (kN/m)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

(2) 断面検定

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

ここで、

M_2 : 主桁の曲げモーメント (kN・m)

M_3 : 中間縦桁の曲げモーメント (k

M_6 : 端縦桁の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 主桁の断面係数 (m³)

Z_3 : 中間縦桁の断面係数 (m³)

Z_4 : 端縦桁の断面係数 (m³)

主桁

$$\sigma = \frac{M_2}{Z_2} = 28400000 / 461050 = 61.59852511$$

$$= 62 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

中間縦桁

$$\sigma = \frac{M_3}{Z_3} = 6035000 / 75637 = 79.78899216$$

$$= \boxed{80 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

端縦桁

$$\sigma = \frac{M_6}{Z_4} = 3017000 / 192599 = 15.66467116$$

$$= 16 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

※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 (kN)

Q_4 : 中間縦桁のせん断力 (kN)

Q_7 : 端縦桁のせん断力 (kN)

A_1 : 主桁の断面積 (m²)

A_2 : 中間縦桁の断面積 (m²)

A_3 : 端縦桁の断面積 (m²)

主桁

$$\tau = \frac{Q_1}{A_1} = 81490 / 1408 = 57.87642045$$

$$= 58 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

中間縦桁

$$\tau = \frac{Q_4}{A_2} = 27611 / 1719 = 16.06224549$$

$$= 16 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

端縦桁

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{Q_7}{A_3} = 13805/1335 = 10.34082397 \\ &= 11 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

(小数点第一位切り上げ, 整数表示)

評価対象部位	発生応力度 (N/mm ²)
ヒンジ板	⑤ 20

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2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 c. (a) より算定する荷重から (2) 断面検定 c. (a) の検定式により発生応力度を算定する。

応力算定上、扉にかかる水圧荷重は上下4ヶ所のロックピン部でうけもつものとしてロックピンの選定を行うが、保守的にヒンジ部にも1/6の荷重がかかるものとして計算します。

(1) 応力算定

c. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルト及びアンカーボルトで構成されており、次式により算定する水圧荷重から、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3-4図に示す。

$$R_{og} = \sqrt{\left(\frac{P_o}{0}\right)^2 + R_r^2} \longrightarrow R_{og} : \text{ヒンジ部に作用する水平荷重}$$

ここで、

R_{og} : 水平荷重 (kN)

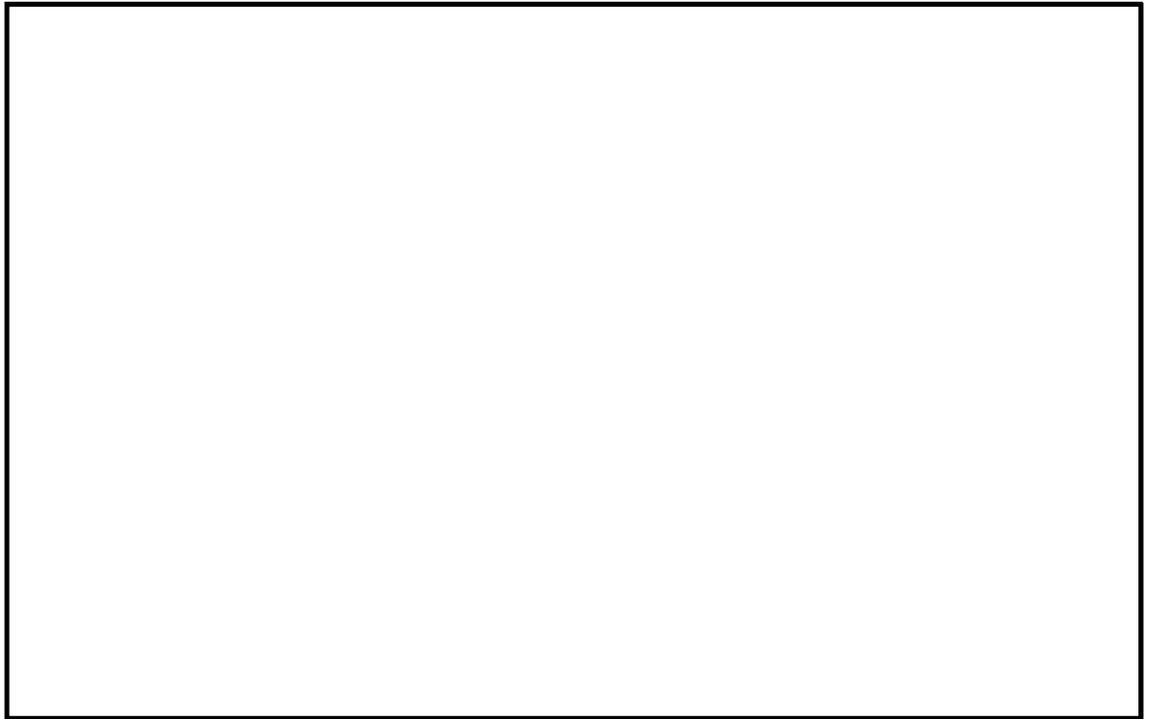
P_o : 水圧荷重 (kN)

R_r : 扉自重反力 (kN)

$$R_{og} = \sqrt{\left(\frac{P_o}{0}\right)^2 + R_r^2} = \sqrt{(477.5/6)^2 + 4.387^2}$$
$$= 79.70415744$$

$$= 79.70 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-4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3-5図 に示す。

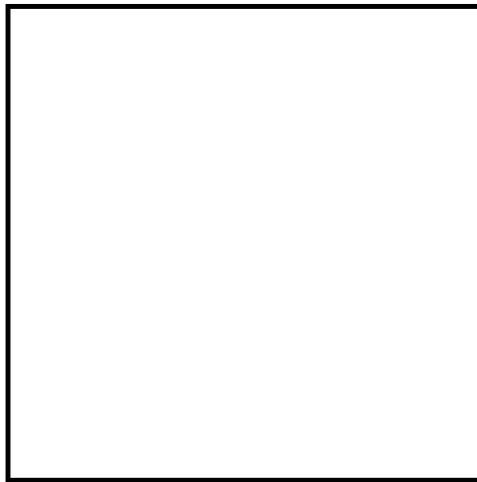
$$Q = \frac{Rog}{2} \longrightarrow Q : \text{ヒンジ板に発生する水平荷重によるせん断力}$$

ここで、

$$Q = \frac{Rog}{2} = 79.70/2 = 39.85 \text{ (kN)}$$

Q : せん断力 (kN)

Rog : 水平荷重 (kN)



第3-5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。

c. ヒンジ部

(a) ヒンジ板

ヒンジ板に生じるせん断応力度がヒンジ板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{A_4} \longrightarrow \sigma : \text{ヒンジ板に作用する水圧による曲げの応力度}$$

ここで、

$$\sigma = \frac{Q}{A_4} = 39.85/2000 = 0.019925 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$$

σ : 水圧による応力度 (N/mm²)

$$= 19.925 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Q : せん断力 (kN)

$$= \boxed{20 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

A₄ : 断面積 (mm²)

(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	⑤⑧ 302

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2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 c. (b) より
 算定する荷重から (2) 断面検定 c. (b) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 応力算定

c. 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3-6図に示す。

$$M = \frac{Rog \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8}$$

$$Q = \frac{Rog}{2}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Rog : 水平荷重 (kN)

L₂ : 軸支持間距離 (mm)

B₂ : ブッシュ長さ (mm)

M : ヒンジピンに発生する水圧による
曲げモーメント

$$M = \frac{Rog \cdot (2 \cdot L_2 - B_2)}{8}$$

$$= \frac{79.70 \times (2 \times 140 - 90)}{8}$$

$$= 1892.875 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

$$= 1893 \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

Q : ヒンジピンに発生する水圧による
せん断力

$$Q = \frac{Rog}{2}$$

$$= \frac{79.70}{2}$$

$$= 39.85 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-6図 ヒンジピンに生じる荷重の例

(2) 断面検定

c. 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。

$$\sigma = \frac{M}{Z_6}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_5}$$

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

Z_6 : 断面係数 (mm^3)

Q : せん断力 (kN)

A_5 : 断面積 (mm^2)

σ : ヒンジピンに水圧による曲げモーメントが作用する場合の応力度

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{M}{Z_6} = 1893 / 6283 = 0.301289193 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 301.2891931 \text{ (N/mm}^2\text{)} \\ &= \boxed{302 \text{ (N/mm}^2\text{)}}\end{aligned}$$

(小数点以下第1位切上げ整数表示)

τ : ヒンジピンにかかる水圧によるせん断応力度

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{Q}{A_5} \\ &= 39.85 / 1257 \\ &= 0.031702466 \text{ (kN/mm}^2\text{)} \\ &= 32 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

(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 (枠体側)	⑤ 127

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジボルト部（枠体側）の発生応力度は、添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 c. (c) より算定する荷重から (2) 断面検定 c. (c) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 応力算定

c. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト（枠体側）

ヒンジボルト（枠体側）には水圧により引張力がかかる、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3-7図に示す。

$$T=Rog= \sqrt{\left(\frac{Po}{6}\right)^2+Rr^2} \longrightarrow T: \text{ヒンジボルト（枠体側）に発生する荷重は、水圧により引張力として発生することから次式より求める。}$$

ここで、

T：引張力(kN)

Rog：水平荷重(kN)

Po：水圧荷重(kN)

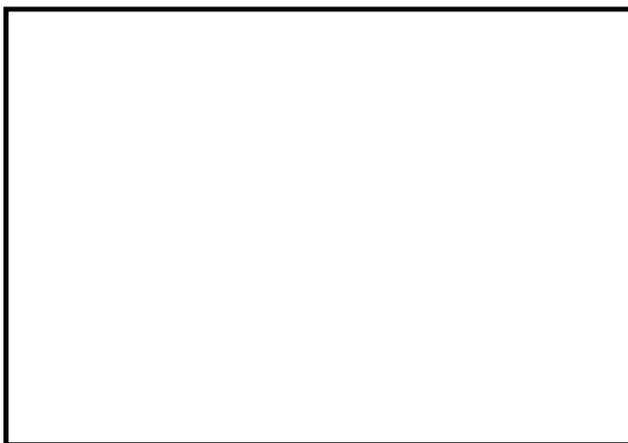
Rr：扉自重反力(kN)

$$T=Rog= \sqrt{\left(\frac{Po}{6}\right)^2+Rr^2} = \sqrt{477.5/6)^2+4.387^2}$$

$$=79.70415744$$

$$=79.70 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-7図 ヒンジボルト（枠体側）に生じる荷重の例

(2) 断面検定

c. ヒンジ部

(c) ヒンジボルト (枠体側)

ヒンジボルト (枠体側) に生じる引張応力度を次式により算定し、ヒンジボルト短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_T = \frac{T}{n_1 \cdot A_{b1}} \longrightarrow \sigma_T : \text{ヒンジボルト (枠体側) に作用する水圧による引張応力度}$$

ここで、

σ_T : 引張応力度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)

T : 引張力 (kN)

n_1 : ヒンジボルト本数 (本)

A_{b1} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\sigma_T = \tau = \frac{T}{n_1 \cdot A_{b1}}$$

$$= \frac{79.70}{4 \times 157} = 0.126911 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2)$$

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

(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)
ヒンジボルト (扉側)	⑥ 82

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジボルト部（扉側）の発生応力度は、添付資料 その2 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 c. (d) より算定する荷重から (2) 断面検定 c. (d) の検定式により発生応力度を算定する。

(1) 応力算定

c. ヒンジ部

(d) ヒンジボルト（扉側）

ヒンジボルト（扉側）には水圧によりせん断力がかかる、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3-8図に示す。

$$Q=Rog= \sqrt{\left(\frac{P_0}{6}\right)^2+R_r^2} \longrightarrow Q: \text{ヒンジボルト（扉側）に発生する荷重は、水圧によりせん断力として発生することから次式より求める。}$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)

Rog : 水平荷重 (kN)

P₀ : 水圧荷重 (kN)

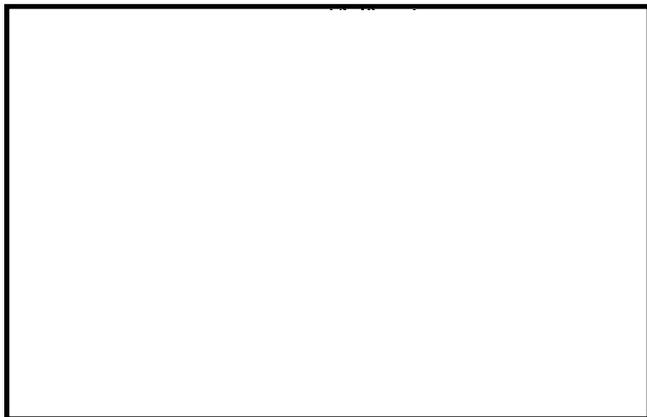
R_r : 扉自重反力 (kN)

$$Q=Rog= \sqrt{\left(\frac{P}{6}\right)^2+R_r^2}= \sqrt{477.5/6)^2+4.387^2}$$

$$=79.70415744$$

$$=79.70 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-8図 ヒンジボルト（扉側）に生じる荷重の例

(2) 断面検定

c. ヒンジ部

(d) ヒンジボルト (扉側)

ヒンジボルト (扉側) 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。

$$\tau = \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} \longrightarrow \tau : \text{ヒンジボルト (扉側) に作用する水圧によるせん断応力度}$$

ここで、

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

Q : せん断力 (kN)

n_2 : ヒンジボルト本数 (本)

A_{b2} : 1本当たりの断面積 (mm^2)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{n_2 \cdot A_{b2}} \\ &= \frac{79.70}{4 \times 245} = 0.08132653 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \end{aligned}$$

$$= \boxed{82 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)}$$

(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)
ロックバー	⑥1 185

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 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1)応力算定d. (a)より
 算定する荷重から(2)断面検定d. (a)の検定式により発生応力度を算定する。

応力算定上、扉にかかる水圧荷重は上下4ヶ所のロックピン部でうけもつものとして
 ロックピンの選定を行う。保守的にヒンジ部では荷重をうけないもの計算する。

(1) 応力算定

d. 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
 する水圧荷重から、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3-9図に示す。

$$Rog = \frac{Po}{4} \quad \longrightarrow \quad Rog : \text{ロックバー部に作用する水平荷重}$$

ここで、

Rog : 水平荷重 (kN)

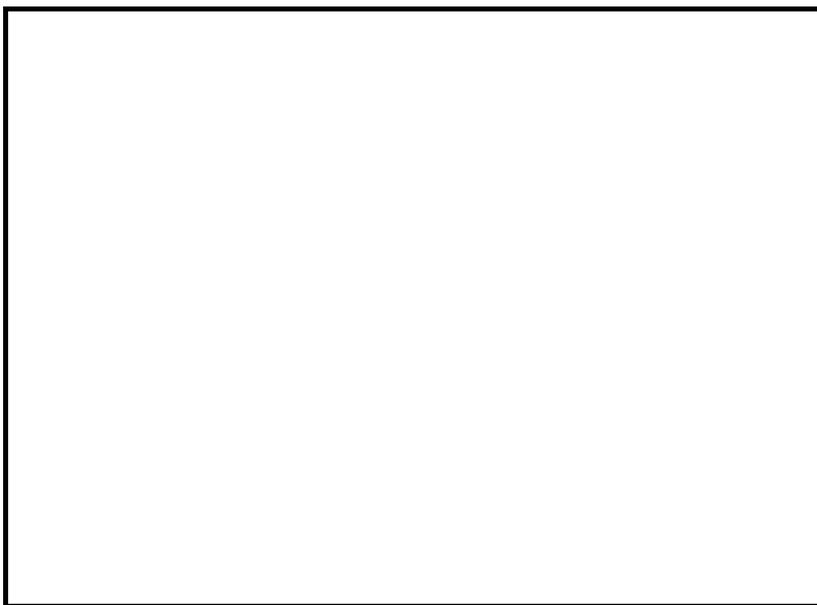
Po : 水圧荷重 (kN)

$$Rog = \frac{Po}{4} = 477.5 / 4$$

$$= 119.375$$

$$= 119.4 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-9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3-10図に示す。

$$M = Rog \cdot L_3 \longrightarrow M : \text{ロックバー部に発生する水圧による曲げモーメント}$$

$$M = Rog \cdot L_3 = 119.4 \times 19$$

$$= 2268.6$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・mm)

$$= 2269 \text{ (kN・mm)}$$

Rog : 水平荷重 (kN)

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

L₃ : 作用点間距離 (mm)



第3-10図 ロックバー部に生じる荷重の例

(2) 断面検定

d. 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は、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。

$$\sigma = \frac{M}{Z_7} \quad \longrightarrow \quad \sigma : \text{ロックバーに作用する曲げ応力度}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z_7} \\ &= 2269/12271 \\ &= 0.184907505 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 184.9075055 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2) \\ &= \boxed{185 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)} \end{aligned}$$

σ : 水圧による応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (kN・mm)

Z₇ : 断面係数 (mm³)

(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	⑥ 191

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 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1)応力算定b. (b)よ
 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) 応力算定

d. ロックバー部

(b) ロックボルト

ロックボルトには水圧により引張力がかかる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3-11図に示す。

$$T=Rog=\frac{P}{0}$$

ここで、

T : 引張力 (kN)

Rog : 水平荷重 (kN)

Po : 水圧荷重 (kN)

T : ロックボルトに発生する
 荷重は、水圧により引張力及び
 せん断力として発生することから
 次式より求める。

$$T=Rog=\frac{P_0}{4}=477.5/4$$

$$=119.375$$

$$=119.4 \text{ (kN)}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)



第3-11図 ロックボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

d. ロックバー部

(b) ロックボルト

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

$$\sigma_T = \frac{T}{n_3 \cdot A_{b3}} \longrightarrow \sigma_T : \text{ヒンジボルトに作用する水圧による引張応力度}$$

ここで、

σ_T : 引張応力度 (N・mm²)

T : 引張力 (kN)

n_3 : ロックボルト本数 (本)

A_{b3} : 1本当たりの断面積 (mm²)

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{T}{n_3 \cdot A_{b3}} \\ &= \frac{119.4}{4 \times 157} = 0.190127388 \text{ (kN} \cdot \text{mm}^2) \end{aligned}$$

$$= \boxed{191 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)}$$

(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 (kN)
アンカーボルト	⑥ 35

原子炉建屋付属棟南側水密扉のアンカーボルトの発生応力度は

添付資料 強度評価 水密扉の強度計算書 3.5 評価方法 (1) 応力算定 e. アンカーボルトより算定する荷重から、(2) 断面検定 e. アンカーボルトの検定式により発生応力度を算定する。

(1) 応力算定

e. アンカーボルト

アンカーボルトは、枠体を躯体に固定している。扉体に生じる水平荷重が枠体に伝わるとして、各アンカーボルトに発生する荷重を次式により算定する。

アンカーボルトに生じる荷重の例を第3-12図に示す。

$$T = \frac{P_0}{n_4} \longrightarrow T : \text{アンカーボルトに発生する荷重は、}$$

水圧荷重をアンカーボルトの本数分

で受け持つので次式より求める。

$$T = \frac{P_0}{n_4}$$

$$= 477.5 / 14 = 34.10714286$$

$$= \boxed{35 \text{ (kN)}}$$

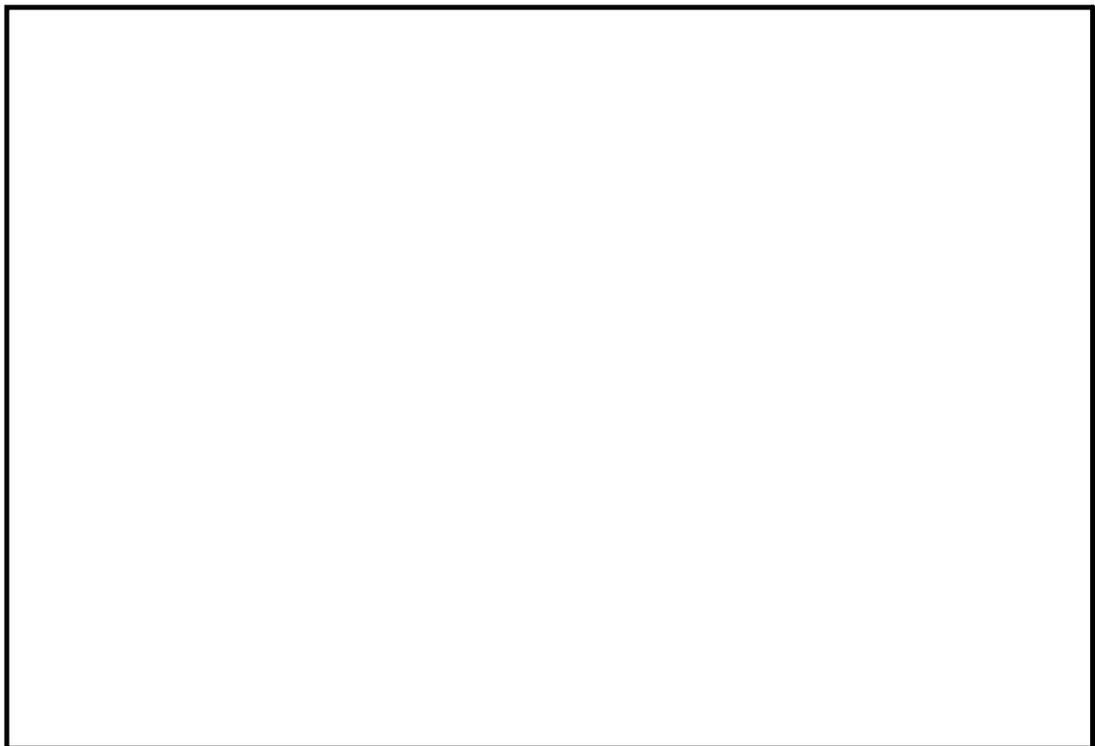
ここで、

T : 引張力 (kN)

P₀ : 水圧荷重 (kN)

n₄ : アンカーボルト本数 (本)

(小数点以下第1位切上げ整数表示)



第3-12図 アンカーボルトに生じる荷重の例

(2) 断面検定

e. アンカーボルト

(1) 応力算定で算定したT:荷重を、アンカーボルト1本当たりに生じる引張力とする。

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
扉板	⑥4 235

扉板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：
- ・板厚：

原子炉建屋付属棟南側水密扉の扉板の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101 : 2015」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

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

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、235 (N/mm²)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
芯材	⑥5 235

芯材の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：
- ・板厚：

原子炉建屋付属棟南側水密扉の芯材の許容限界値を算出する。

「鉄鋼Ⅱ JIS G 3101 : 2015」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

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

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、235 (N/mm²)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジ板	⑥⑥ 118

ヒンジ板の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質

原子炉建屋付属棟南側水密扉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

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

せん断許容応力度は、 $F = 205 / \sqrt{3}$ なるので、

$$\text{許容限界値は、} 118 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジピン	⑥⑦ 345

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

・直径

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

$$\text{許容限界値は、} 345 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト (杵体側)	⑥⑧ 205

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：

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジボルト (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

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

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、

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ヒンジボルト (扉側)	⑥⑨ 118

ヒンジボルト (扉側) の許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

・材質：

原子炉建屋付属棟南側水密扉のヒンジボルト (扉側) 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、

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックバー	⑦⑩ 345

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
- ・直径

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 (N/mm²)

評価対象部位	許容限界値 (N/mm ²)
ロックボルト	⑦⑪ 205

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

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

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

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)

評価対象部位	許容限界値 (kN)
アンカーボルト	⑦2 39

アンカーボルトの許容限界値に係る仕様は、以下のとおり。

- ・材質：
- ・サイズ

原子炉建屋付属棟南側水密扉のアンカーボルトの短期許容引張力を算出し許容限界値とする。

$$P_a = P_{a1} \text{ or } P_{a3} (\text{どちらかの小なる値}) \longrightarrow P_a : \text{アンカーボルトの短期許容引張力}$$

「各種合成構造設計指針・同解説

日本建築学界2010」P45

接着系アンカーボルトの設計より

$$\begin{aligned} P_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_c a \\ &= 1 \times 205 \times 245 = 50225 \text{ (N)} \\ &= 50.225 \text{ (kN)} \\ &= 50 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切下げ整数表示)

ここで、

P_a : 短期許容引張力 (kN)

ここで

ϕ_1 : 「4.5.1引張力を受ける場合」の

表4 低減係数

$s \cdot \sigma_{pa}$: 接着系アンカーボルトの規格降伏点

アンカーボルト仕様 SUS304, M20より

「鉄鋼Ⅱ JIS G 4303 : 2012」

P1213より

耐力 205 N/mm^2 、引張強さ 520 N/mm^2

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、 $205 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

これを降伏点とする。

$s_c a$: 基礎アンカーボルトの断面積

P30 A_{b4} : アンカーボルト1本あたり

の有効断面積より

$$s_c a = A_{b4} = 245 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} P_{a3} &= (2/3) \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce} \\ &= (2/3) \times 7.760 \times 3.141592654 \times 20 \times 120 \\ &= 39006.01439 \text{ (N)} \\ &= 39 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(小数点以下第1位切下げ整数表示)

ここで

τ_a : へりあきを考慮した接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度

$$\begin{aligned} \tau_a &= a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot 10 \sqrt{F_c/21} \\ &= 0.83 \times 0.93 \times 0.98 \times 10 \sqrt{22.1/21} \\ &= 7.760212362 \\ &= 7.760 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

(有効数字5桁目四捨五入有効数字4桁表示)

a_n : へりあき寸法を考慮した低減係数

$$a_n = 0.5 \left(\frac{C_n}{l_e} \right) + 0.5 = 0.5 \times 1 + 0.5 = 1$$

C_n : へりあき寸法 $\left(\frac{C_n}{l_e} \right) \geq 1$ より 1

l_e : アンカーボルトの有効埋込み長さ
160 (mm)

$$\begin{aligned} a_1 &= 0.5 \left(\frac{C_n}{l_e} \right) + 0.5 = 0.5 \times (107.5/160) + 0.5 \\ &= 0.835938 \\ &= 0.83 \end{aligned}$$

(少数点以下第3位切下げ少数点第2位表示)

$$\begin{aligned} a_2 &= 0.5 \left(\frac{C_n}{l_e} \right) + 0.5 = 0.5 \times (139.5/160) + 0.5 \\ &= 0.935938 \\ &= 0.93 \end{aligned}$$

(少数点以下第3位切下げ少数点第2位表示)

$$\begin{aligned} a_3 &= 0.5 \left(\frac{C_n}{l_e} \right) + 0.5 = 0.5 \times (155/160) + 0.5 \\ &= 0.984375 \end{aligned}$$

$$= 0.98$$

(少数点以下第3位切下げ少数点第2位表示)

F_c : コンクリート付着強度

3.4 許容限界(2) b 第3-6表

アンカーボルトの許容限界より

$$22.1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

d_a : アンカーボルトの径 $\phi 20$ (mm)

l_{ce} : アンカーボルトの強度算定用埋込み長さ

$$l_{ce} = l_e - 2d_a = 160 - 2 \times 20 = 120 \text{ (mm)}$$

$$P_{a1} : 50 \text{ (kN)} > P_{a3} : 39 \text{ (kN)}$$

なので、 $P_a =$ 39 (kN)

評価対象部位	発生応力度/ 許容限界値
扉板	⑦③ 0.99

原子炉建屋付属棟南側水密扉、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

から

$$231/235=0.982979$$

⇒0.99 (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	⑦④ 0.35

原子炉建屋付属棟南側水密扉、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

$$80/235=0.340426$$

⇒0.35 (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
ヒンジ板	⑦⑤ 0.17

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

から

$$20/118=0.16949$$

⇒0.17 (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	⑦⑥ 0.88

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

$$302/345=0.875362318$$

⇒0.88 (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 (枠体側)	⁷⁷ 0.62

原子炉建屋付属棟南側水密扉、ヒンジボルト（枠体側）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

$$127/205=0.619512195$$

⇒**0.62** (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 (扉側)	⁷⁸ 0.70

原子炉建屋付属棟南側水密扉、ヒンジボルト（扉側）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

$$82/118=0.694915254$$

⇒**0.70** (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	⁷⁹ 0.54

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

$$185/345=0.536231884$$

⇒**0.54** (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	⁸⁰ 0.94

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る。発生応力度/許容限界値より

$$191/205=0.931707317$$

⇒**0.94** (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
アンカーボルト	⑧ 0.90

原子炉建屋付属棟南側水密扉、アンカー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

$$35/39=0.897435897$$

⇒0.90(小数点以下第3位切上げ小数点第2位表示)