

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

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-1925 改 1
提出年月日	平成 30 年 9 月 12 日

V-2-10-2-8 水密扉の耐震性についての計算書



## 目 次

1. 概要	-----	1
2. 一般事項	-----	1
2.1 配置概要	-----	1
2.2 構造計画	-----	3
2.3 評価方針	-----	4
2.4 適用基準	-----	6
2.5 記号の説明	-----	7
3. 固有周期	-----	8
3.1 固有振動数及び固有周期の計算方法	-----	8
3.2 固有振動数及び固有周期の計算条件	-----	10
3.3 固有振動数及び固有周期の計算結果	-----	11
3.4 設計用地震力	-----	12
<構造強度評価>		
4. 原子炉建屋原子炉棟水密扉		
4.1 評価部位	-----	13
4.2 荷重及び荷重の組合せ	-----	17
4.3 許容限界	-----	34
4.4 評価方法	-----	21
4.5 評価条件	-----	31
4.6 評価結果	-----	35
5. 原子炉建屋付属棟北側水密扉 1	-----	36
5.1 評価部位	-----	36
5.2 荷重及び荷重の組合せ	-----	39
5.3 許容限界	-----	40
5.4 評価方法	-----	41
5.5 評価条件	-----	48
5.6 評価結果	-----	49
6. 原子炉建屋付属棟北側水密扉 2	-----	50
6.1 評価部位	-----	50
6.2 荷重及び荷重の組合せ	-----	53
6.3 許容限界	-----	54
6.4 評価方法	-----	55
6.5 評価条件	-----	62
6.6 評価結果	-----	63



7.	原子炉建屋付属棟東側水密扉	64
7.1	評価部位	64
7.2	荷重及び荷重の組合せ	67
7.3	許容限界	67
7.4	評価方法	69
7.5	評価条件	81
7.6	評価結果	88
8.	原子炉建屋付属棟南側水密扉	82
8.1	評価部位	82
8.2	荷重及び荷重の組合せ	85
8.3	許容限界	86
8.4	評価方法	87
8.5	評価条件	94
8.6	評価結果	95
9.	原子炉建屋付属棟西側水密扉	96
9.1	評価部位	96
9.2	荷重及び荷重の組合せ	99
9.3	許容限界	100
9.4	評価方法	101
9.5	評価条件	109
9.6	評価結果	113
10.	立坑部水密扉	114
10.1	評価部位	114
10.2	荷重及び荷重の組合せ	117
10.3	許容限界	118
10.4	評価方法	120
10.5	評価条件	131
10.6	評価結果	134



## 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の構造強度及び機能維持の設計方針に準じて、原子炉建屋1階に設置する水密扉（以下「原子炉建屋1階水密扉」という。）及び常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）地下1階に設置する常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉（以下「立坑部水密扉」という。）が、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、浸水防護重点化範囲である原子炉建屋内に津波が流入することを防止するために、十分な構造強度及び止水性を有していることを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

水密扉は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

原子炉建屋水密扉の設置位置図を図2.1-1図に、立坑部水密扉の設置位置図を図2.1-2に示す。



図2.1-1図 水密扉設置位置図 (   : 床面レベルEL. +8.2m)



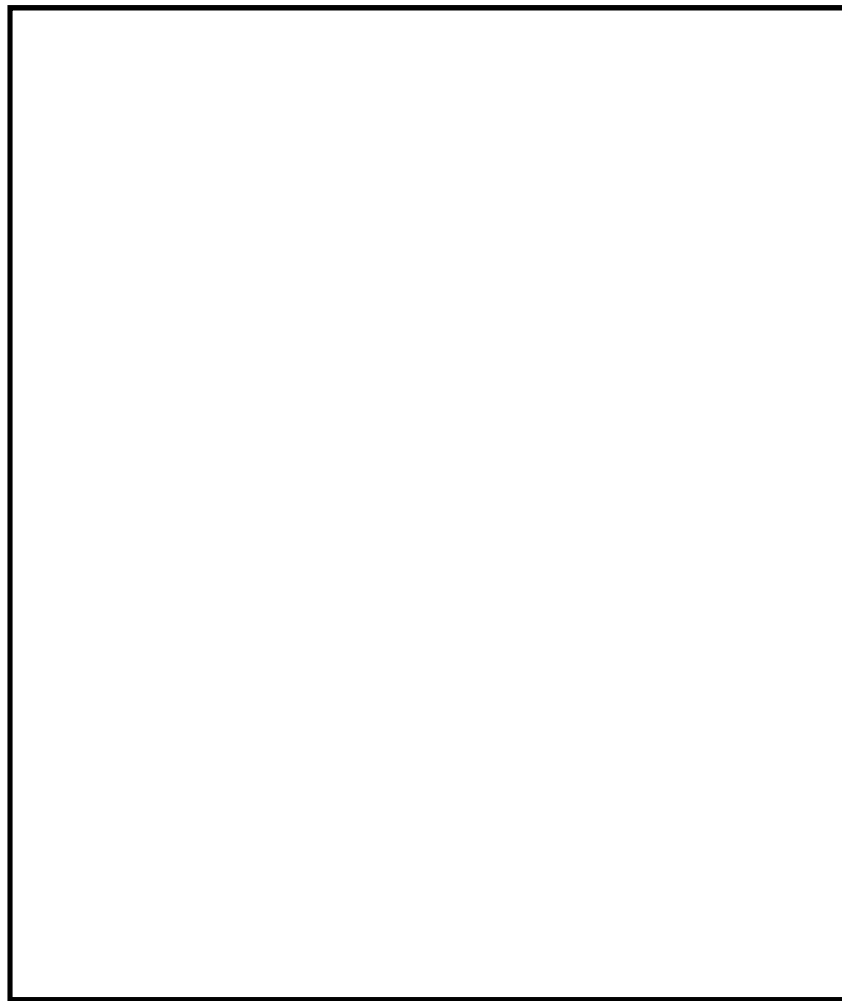


図2.1-2 水密扉設置位置図

(  (立坑部) : 床面レベルEL. +2.7m)

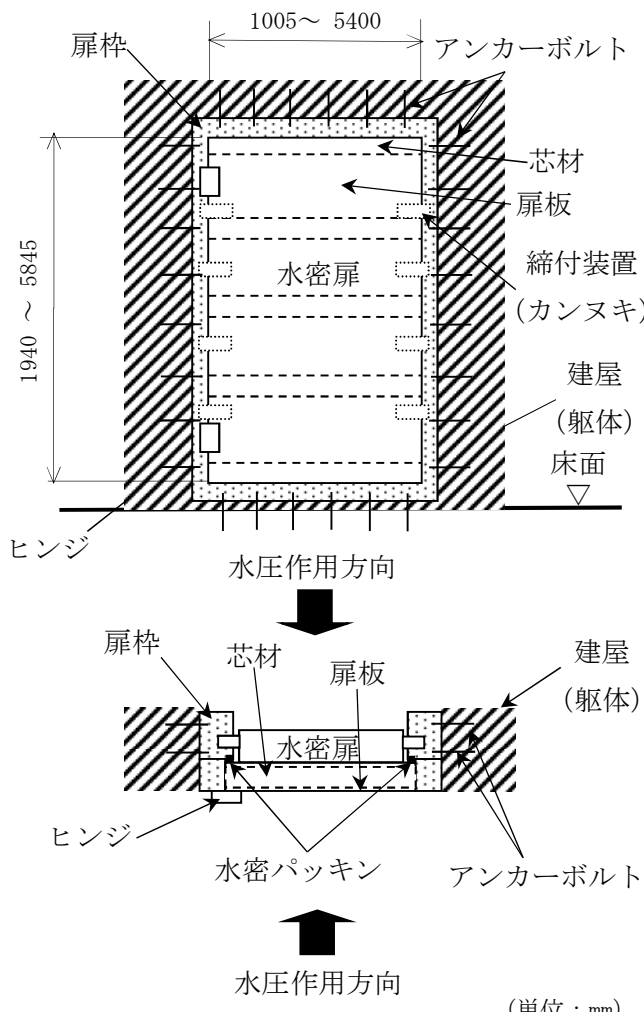


## 2.2 構造計画

水密扉は、片開型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材（主桁及び横桁）を配した構造である（原子炉建屋付属棟東側水密扉を除く。）。水密扉は、閉鎖状態においてカンヌキ（又はロックバー）により固定され水密性を確保している。

原子炉建屋1階水密扉及び立坑部水密扉は、扉枠を介して建屋の壁の開口部にアンカーボルト等で固定し支持する構造とする。構造計画を表2.2-1に示す。

表 2.2-1 水密扉の構造計画

設備 名称	計画構造		説明図
	主体構造	支持構造	
原子炉建屋 原子炉棟水 密扉、原子 炉建屋付属 棟北側水密 扉1、原子 炉建屋付属 棟北側水密 扉2、原子 炉建屋付属 棟東側水密 扉、原子炉 建屋付属棟 南側水密 扉、原子炉 建屋付属棟 西側水密扉 及び立坑部 水密扉	片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付、扉に設置された締付装置（カンヌキ）を鋼製の扉枠に、差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。  また、扉と扉枠の接続はヒンジを介する構造とする。	扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、締付装置（カンヌキ）により扉が扉枠に固定される構造とする。  また、扉枠を建屋の開口部周辺に、アンカーボルトにより固定する構造とする。	 <p>（単位：mm）</p>



2.3 評価方針

水密扉の耐震評価は、重大事故等対処施設及び設計基準対象施設として、表2.3-1に示すとおり構造部材の健全性評価を行う。

構造部材の健全性評価については、「3. 固有振動数及び設計用地震力」にて算出した固有振動数に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを「4. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。

水密扉の耐震評価フローを図2.3-1に示す。

表2.3-1 水密扉の評価項目

評価方針	評価項目	地震力	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	基準地震動 $S_s$	各水密扉の「評価部位」にて設定する部位	発生応力などが許容限界を超えないことを確認	概ね弾性
止水性を損わないこと					



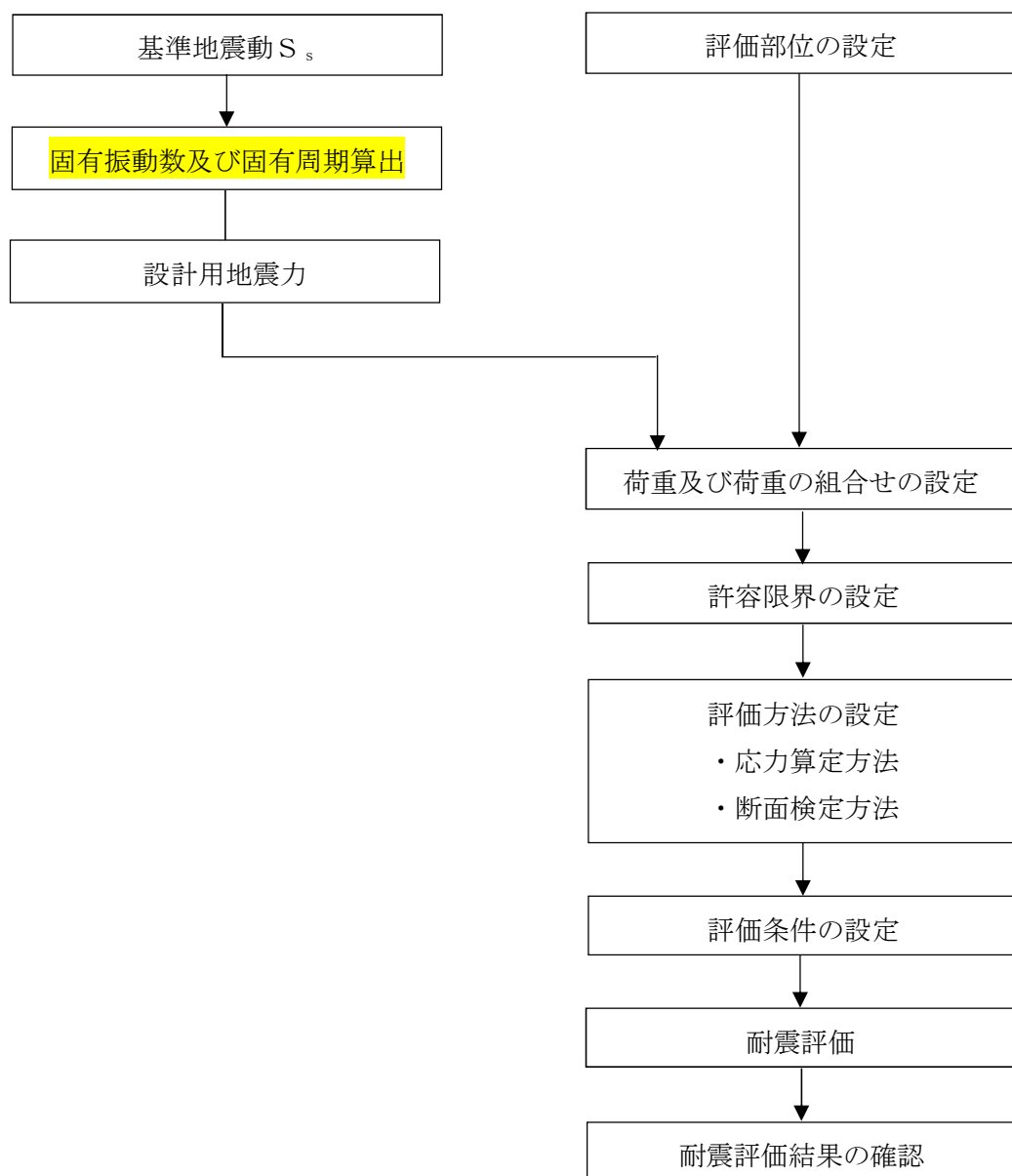


図2.3-1 水密扉の耐震評価フロー



## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005改定）
- (3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2010改定）
- (4) 各種合成構造指針・同解説（（社）日本建築学会，2010改定）
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補－1984，J E A G 4 6 0 1－1987及びJ E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（日本電気協会電気技術基準調査委員会 昭和59年9月，昭和62年8月及び平成3年6月）



## 2.5 記号の説明

水密扉の耐震評価に用いる記号を表 2.5-1 に示す。

表 2.5-1 耐震評価に用いる記号 (1/2)

項目		記号	定義	単位
共通		$W_X$	扉体自重	kN
		$K_H$	水平方向設計震度	—
		$K_V$	鉛直方向設計震度	—
ヒンジ部	共通	$L_r$	扉体重心～ヒンジ芯間距離 (幅方向)	m
		$L_t$	扉体重心～ヒンジ芯間距離 (厚方向)	m
		$L_j$	ヒンジ中心間距離	m
	ヒンジ ーム シア	$L, L_1$	作用点間距離	mm
		$Z, Z_1$	断面係数	mm <sup>3</sup>
		$A, A_1$	断面積	mm <sup>2</sup>
	ヒンジ ピン	$L, L_2$	軸支持間距離	mm
		$B_2$	ブッシュ長さ	mm
		$Z, Z_2$	断面係数	mm <sup>3</sup>
		$A, A_2$	断面積	mm <sup>2</sup>
ヒンジ	ボルト ヒンジ	$n, n_1$	本数	本
		$A, A_{b1}$	断面積	mm <sup>2</sup>
	アン カー	$n$	本数	本
		$A_b$	断面積	mm <sup>2</sup>
		$A_a$	表面積	mm <sup>2</sup>
カンヌキ部	カン ヌキ	$L_b$	作用点間距離	mm
		$Z$	断面係数	mm <sup>3</sup>
		$A$	断面積	mm <sup>2</sup>
	受け ピン カン ヌキ	$L_P$	作用点間距離	mm
		$Z$	断面係数	mm <sup>3</sup>
		$A$	断面積	mm <sup>2</sup>
	け ボルト カン ヌキ受	$n$	本数	本
		$A_b$	断面積	mm <sup>2</sup>
ト	アン カー ボルト	$n$	本数	本
		$L$	埋込長	mm
		$A_b$	断面積	mm <sup>2</sup>



表2.5-1 耐震評価に用いる記号 (2/2)

項目	記号	定義	単位
ロックバー	$L_3$	作用点間距離	mm
	$Z_3$	断面係数	mm <sup>3</sup>
	$A_3$	断面積	mm <sup>2</sup>
ボルト	$n_2$	本数	本
	$A_{b2}$	1本当たりの断面積	mm <sup>2</sup>

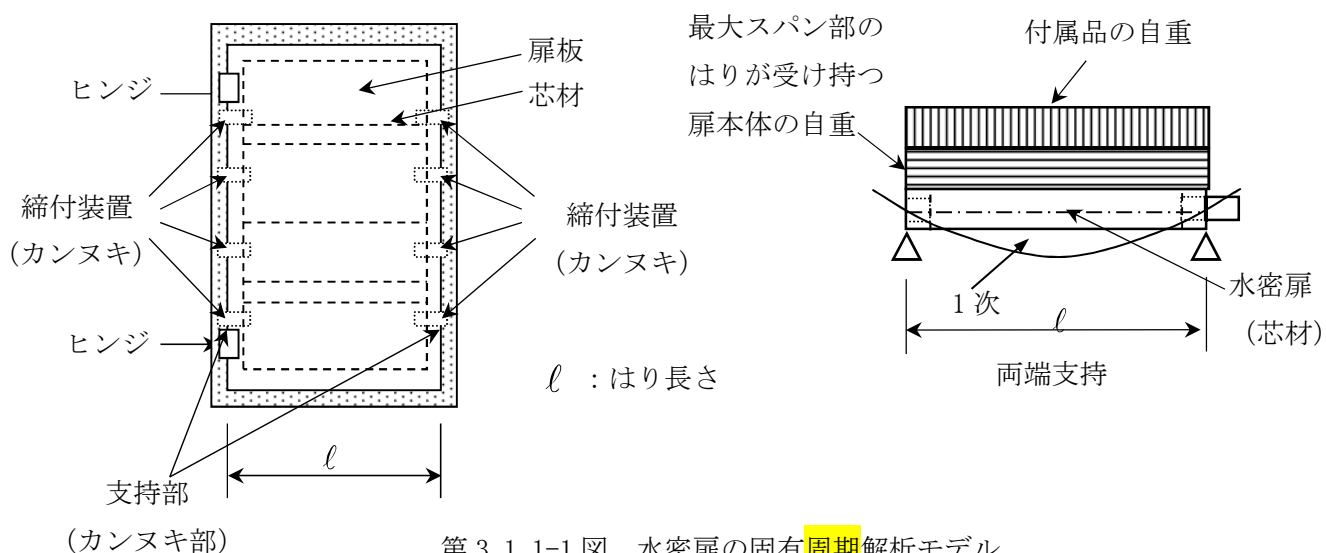
### 3. 固有周期

#### 3.1 固有振動数及び固有周期計算方法

水密扉の構造に応じて解析モデルを設定し、固有振動数及び固有周期を算出する。

##### 3.1.1 解析モデルの設定

水密扉は、扉板及び芯材の組合せにより剛な断面を有しているとともに、ヒンジ及び締付装置（カンヌキ）により扉を扉枠に支持させる構造であることから、両端支持はりに単純化したモデルとし、最大スパン部のはり（芯材）に、当該はりが受ける扉本体（扉板、芯材）の自重及び付属品（ヒンジ、カンヌキ等）の自重を加えるものとする。はり長さは扉幅とする。解析モデル図を図3-1に示す。





### 3.2.2 記号の説明

水密扉の固有振動数及び固有周期算出に用いる記号を表3.2.2-1に示す。

表3.2.2-1 水密扉の固有周期算出に用いる記号

記号	単位	定義
f	Hz	水密扉の1次固有振動数
$\ell$	m	はり長さ
E	N/m <sup>2</sup>	ヤング率
I	m <sup>4</sup>	断面2次モーメント
m	kg/m	質量分布
$\lambda$	—	定数（板モデルの固有振動数算出）
h	m	板の厚さ
b	m	モデル化に用いる板の長さ
$\nu$	—	ポアソン比
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	材料の密度

### 3.2.3 固有振動数及び固有周期の算出方法

1次固有振動数 f を「土木学会 鋼構造力学公式集」に基づき以下の式より算出する。

(1) 両端支持はりモデル

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi\ell^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

(2) 周辺固定の長方形板モデル

$$f = \frac{\lambda\pi h}{2b^2} \sqrt{\frac{E}{3(1-\nu^2)\rho}}$$



### 3.2.4 固有振動数及び固有周期の計算条件

水密扉の固有振動数及び固有周期の計算条件を表3.2.4-1に示す。

表3.2.4-1 水密扉の固有振動数及び固有周期の計算条件及び結果（両端支持はりモデル）

水密扉名称	はり長さ $\ell$ (m)	ヤング率E (N/m <sup>2</sup> )	断面2次 モーメント I (m <sup>4</sup> )	質量分布m (kg/m)
原子炉建屋原子炉 棟水密扉				
原子炉建屋付属棟 北側水密扉 1				
原子炉建屋付属棟 北側水密扉 2				
原子炉建屋付属棟 南側水密扉				
原子炉建屋付属棟 西側水密扉				
立坑部水密扉				

表3.2.4-2 水密扉の固有振動数及び固有周期の計算条件及び結果  
(周辺固定の長方形板モデル)

水密扉名称	定数 $\lambda$	板厚h (m)	板の 長さb (m)	ヤング率E (N/m <sup>2</sup> )	ポアソ ン比 $\nu$	密度 $\rho$ (kg/ m <sup>3</sup> )
原子炉建屋付属 棟東側水密扉						



### 3.3 固有振動数及び固有周期の計算結果

水密扉の固有振動数及び固有周期の計算結果を表3-3に示す。各水密扉の固有周期が0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

表3.3-1 水密扉の固有振動数及び固有周期の計算条件及び結果  
(両端支持はりモデル)

水密扉名称	モード	固有周期 (s)	固有振動数 f (Hz)
原子炉建屋原子炉棟水密扉	1次	0.030	33.671
原子炉建屋付属棟北側水密扉 1	1次	0.008	123.138
原子炉建屋付属棟北側水密扉 2	1次	0.008	123.138
原子炉建屋付属棟南側水密扉	1次	0.009	120.652
原子炉建屋付属棟西側水密扉	1次	0.011	94.251
立坑部水密扉	1次	0.025	41.492

表3.3-2 水密扉の固有振動数及び固有周期の計算条件及び結果  
(周辺固定の長方形板モデル)

水密扉名称	モード	固有周期 (s)	固有振動数 f (Hz)
原子炉建屋付属棟東側水密扉	1次	0.002	513.37



### 3.4 設計用地震力

設計用地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて示す水密扉設置位置における地震応答解析結果を用いる。


地震応答解析に基づいて算定された、水密扉設置位置における最大応答加速度から各扉の設計震度を設定する。最大応答加速度は、加速度を保守的に評価するために、その抽出位置は、原子炉建屋水密扉設置階の上階（上層）の値とする。また、水密扉は建物・構築物として評価する。各扉の設置位置における最大応答加速度から算出した設計震度を表3.4-1及び表3.4-2に示す。

表 3.4-1 設計用地震力（原子炉建屋水密扉）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	基準地震動 $S_s$	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
 EL. 8.2*	0.045	$C_H=1.67$	$C_V=1.46$

注記 \*：基準床レベルを示す。

表 3.4-2 設計用地震力（立坑部水密扉）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	基準地震動 $S_s$	
		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
 (立坑部) EL. 2.7*	0.045	$C_H=0.68$	$C_V=0.51$

注記 \*：基準床レベルを示す。



#### 4. 原子炉建屋原子炉棟水密扉

##### 4.1 評価部位

評価対象部位は、水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。なお、評価対象部位ごとに、扉の開閉状況を考慮のうえ地震荷重を設定する。

水密扉に生じる地震力（水平、鉛直）に伴う扉本体に作用する慣性力は、ヒンジ及びカンヌキから、ボルトを介して扉枠に伝達し、アンカーを介して躯体に伝達しているため、評価部位をヒンジ、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトとする。

原子炉建屋原子炉棟水密扉構造図を図4.1-1、水密扉閉鎖時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位及び水密扉開放時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図4.1-2から図4.1-3に示す。



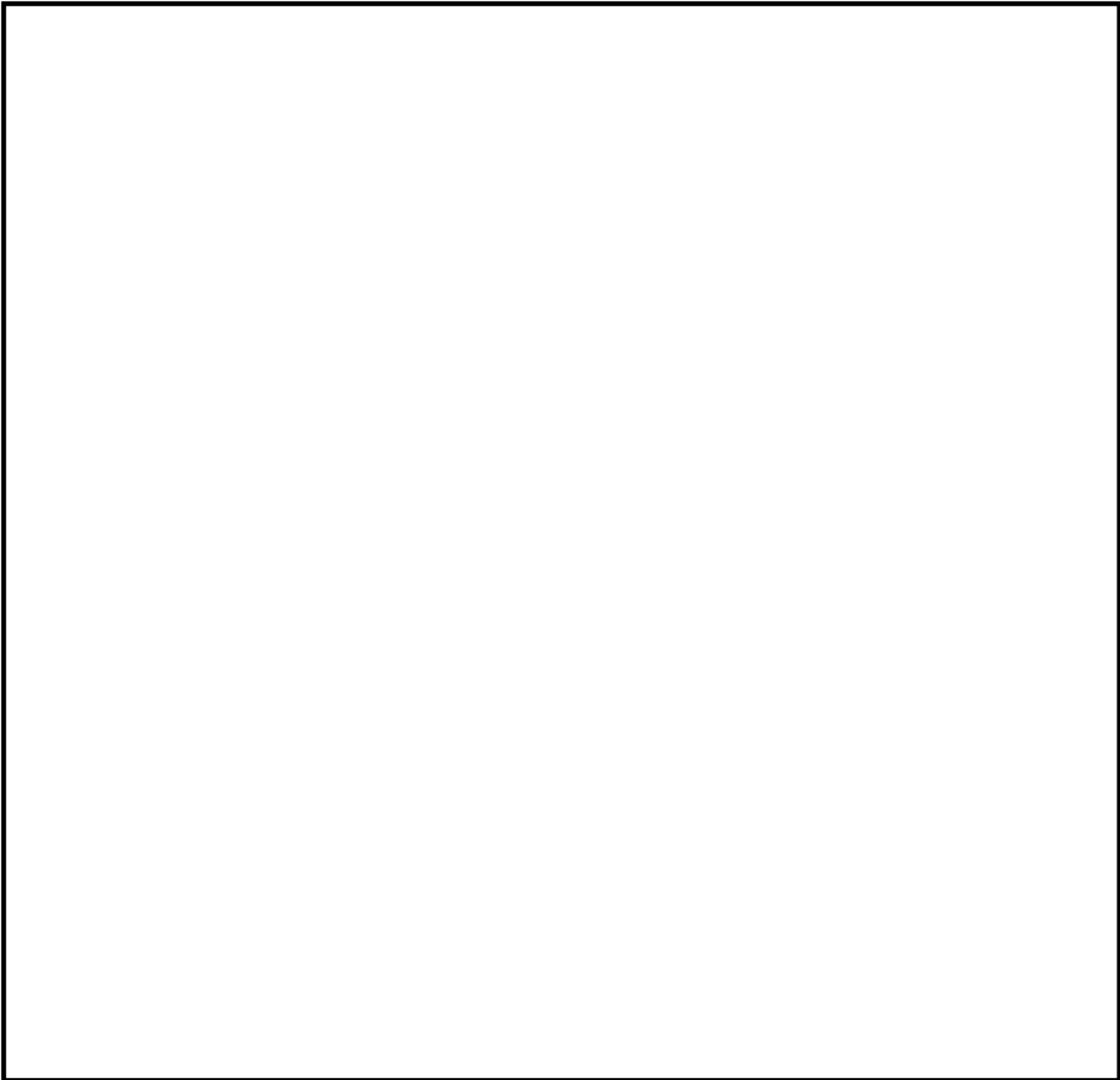


図4. 1－1 原子炉建屋原子炉棟水密扉構造図



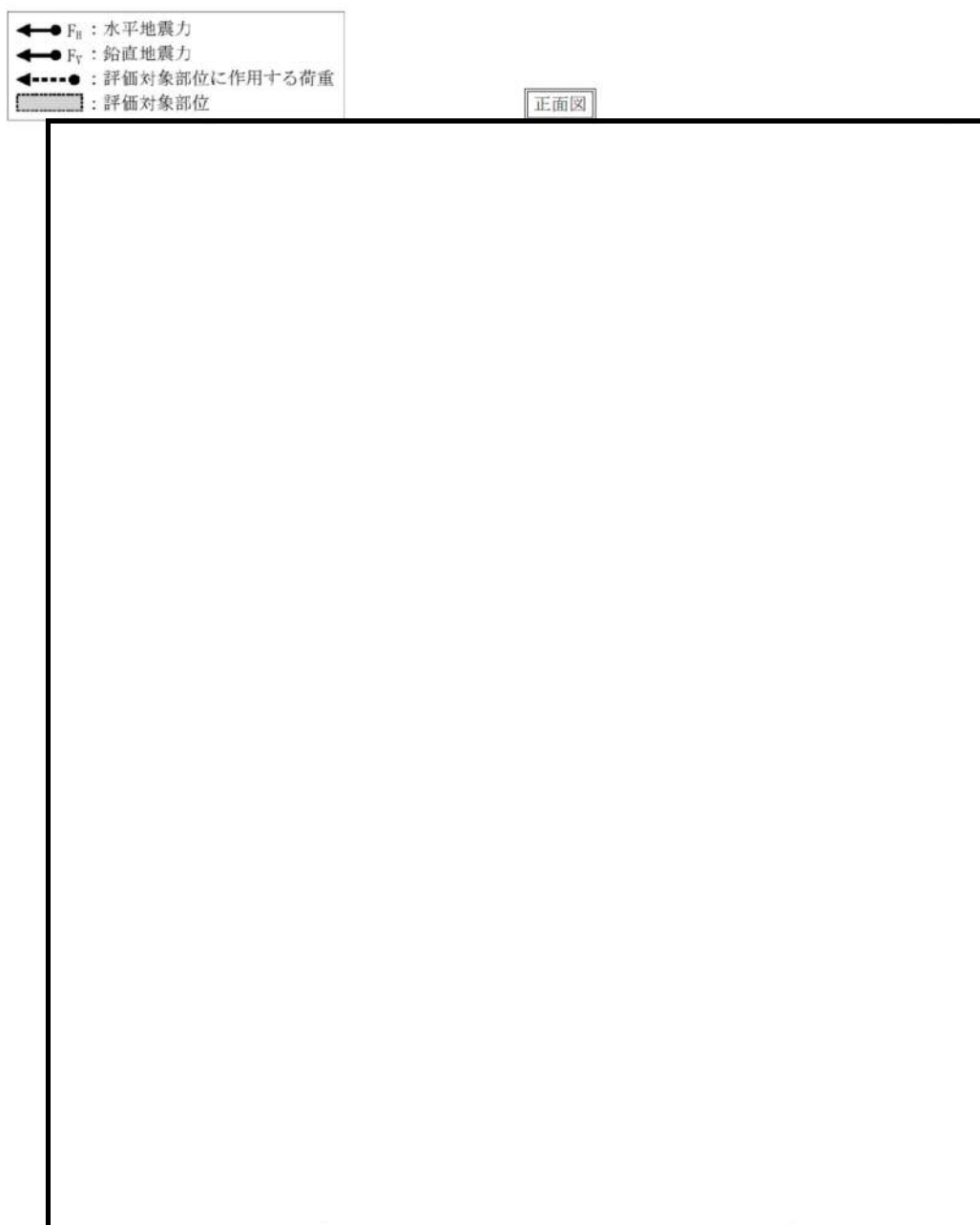


図4.1-2 水密扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋原子炉棟水密扉



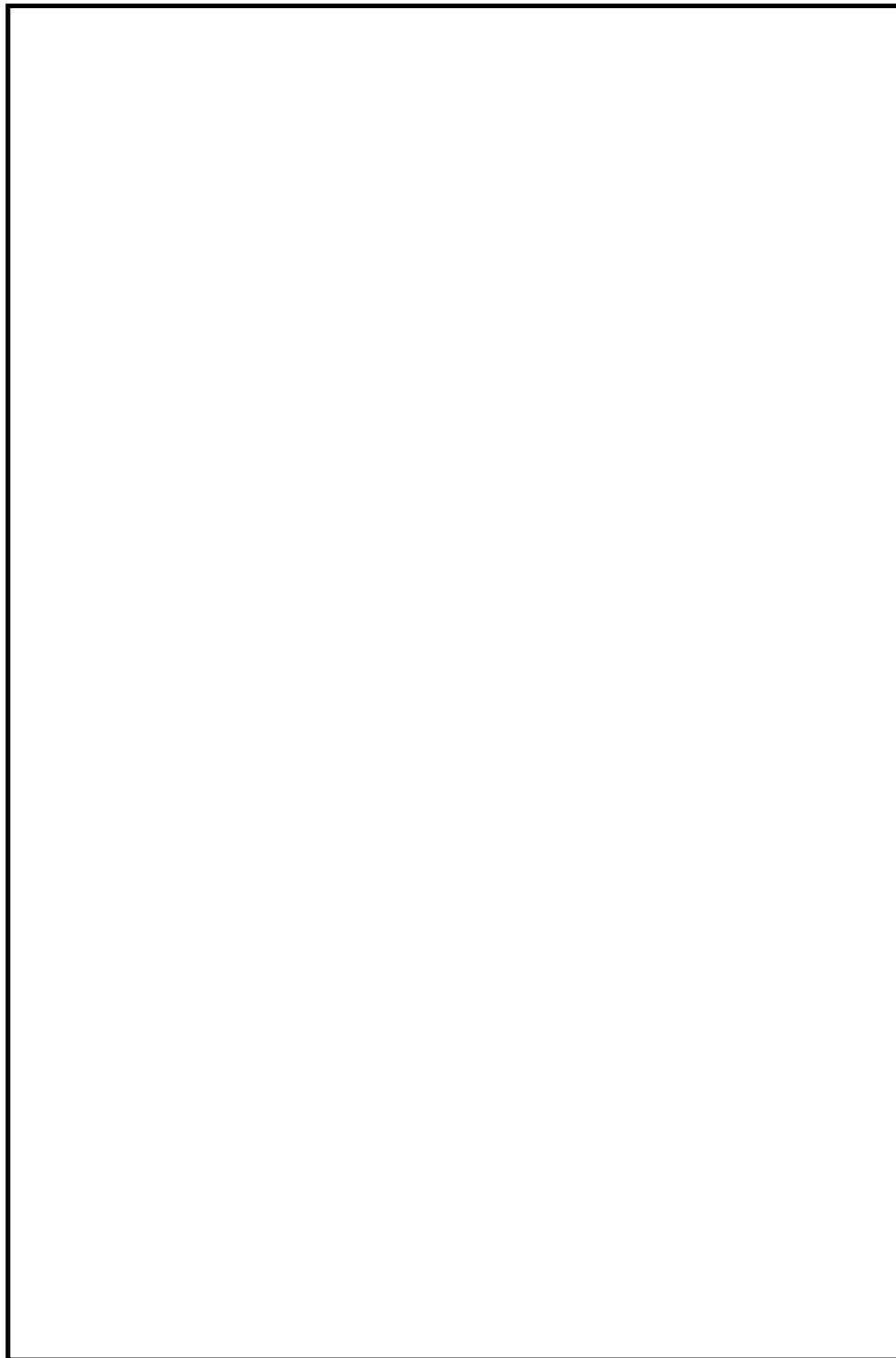
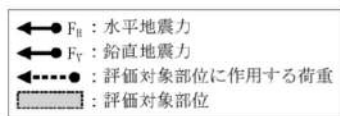


図 4.1-3 水密扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋原子炉棟水密扉



#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定している荷重の組合せに準じて設定する。

添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定している荷重の組合せを以下に示す。

$$G + P + K_s$$

##### (1) 耐震評価上考慮する荷重

水密扉の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G：固定荷重

P：積載荷重

水密扉は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

$K_s$ ：基準地震動  $S_s$  による地震力



## (1) 荷重の設定

## a. 固定荷重 (G)

水密扉の自重を表4.2-1に示す。

表4.2-1 水密扉の自重

扉名称	固定荷重 (kN)
原子炉建屋原子炉棟水密扉	262.82

b. 地震荷重 ( $K_s$ )

地震荷重として、基準地震動  $S_s$  に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、水密扉の固定荷重に設計震度  $K$  を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K$$

ここで、

$K_s$  : 地震荷重 (kN)

$G$  : 水密扉の固定荷重 (kN)

$K$  : 設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対和法により評価する。

## (3) 荷重の組合せ

原子炉建屋水密扉の荷重の組合せを表4.2-2に示す。

表4.2-2 水密扉の荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
原子炉建屋原子炉棟水密扉	$G + K_s$

$G$  : 固定荷重

$K_s$  : 地震荷重



### 4.3 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

#### (1) 使用材料及び許容限界

水密扉を構成する扉板、芯材、ヒンジ部、カンヌキ部の使用材料及び許容限界を表4.3-1及び表4.3-2に示す。

表4.3-1 使用材料

部 位		材 質	仕 様[mm]
扉 板			
芯 材 (主 桁)			
芯 材 (横 桁)			
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		

\*1：tは板厚(mm)，φは径 (mm)を示す (以下同じ) (1) 荷重算定



## (2) 許容限界

## a. 扉板, 芯材, ヒンジ部, カンヌキ部

扉板, 芯材, ヒンジ部, カンヌキ部の許容限界は, 「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ( (社) 日本建築学会, 2005改定) 」を踏まえて表4.3-2の値とする。

表4.3-2 許容限界

材料	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ	せん断
	235	135
	215	124
	205	118
	205 <sup>*3</sup>	118
	686 <sup>*5</sup>	396
	345 <sup>*7</sup>	199
	651 <sup>*5</sup>	375

\*1: tは板厚 (mm) を示す

\*2: 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は, 「J I S G 4 3 0 3 : 2012 ステンレス鋼棒」, 「J I S G 4 3 0 4 : 2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」及び「J I S G 4 3 1 7 : 2013 熱間成形ステンレス鋼板鋼」に基づく

\*3: 引張りの短期許容応力度も\*2同様

\*4: 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は, 「J I S G 4 0 5 3 : 2012 機: 械構造用合金鋼鋼材」に基づく

\*5: 引張りの短期許容応力度も\*4同様

\*6: 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は, 「J I S G 4 0 5 1 : 2012 機: 械構造用炭素鋼鋼材」に基づく

\*7: 引張りの短期許容応力度も\*6同様



#### 4.4 評価方法

##### (1) 荷重算定

###### a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジアーム、ヒンジピン、ヒンジボルト及びアンカーで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を図4.4-1に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H$$

$$F_V = W_X \cdot k_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j}$$

ここで、

$W_X$ ：扉体自重(kN)

$k_H$ ：水平方向設計震度

$k_V$ ：鉛直方向設計震度

$F_H$ ：水平地震力(kN)

$F_V$ ：鉛直地震力(kN)

$R_r$ ：扉体幅方向自重反力(kN)

$R_t$ ：扉体厚方向自重反力(kN)

$L_r$ ：扉体重心（幅方向）～ヒンジ芯間距離(m)

$L_t$ ：扉体重心（厚方向）～ヒンジ芯間距離 (m)

$L_j$ ：ヒンジ間距離(m)

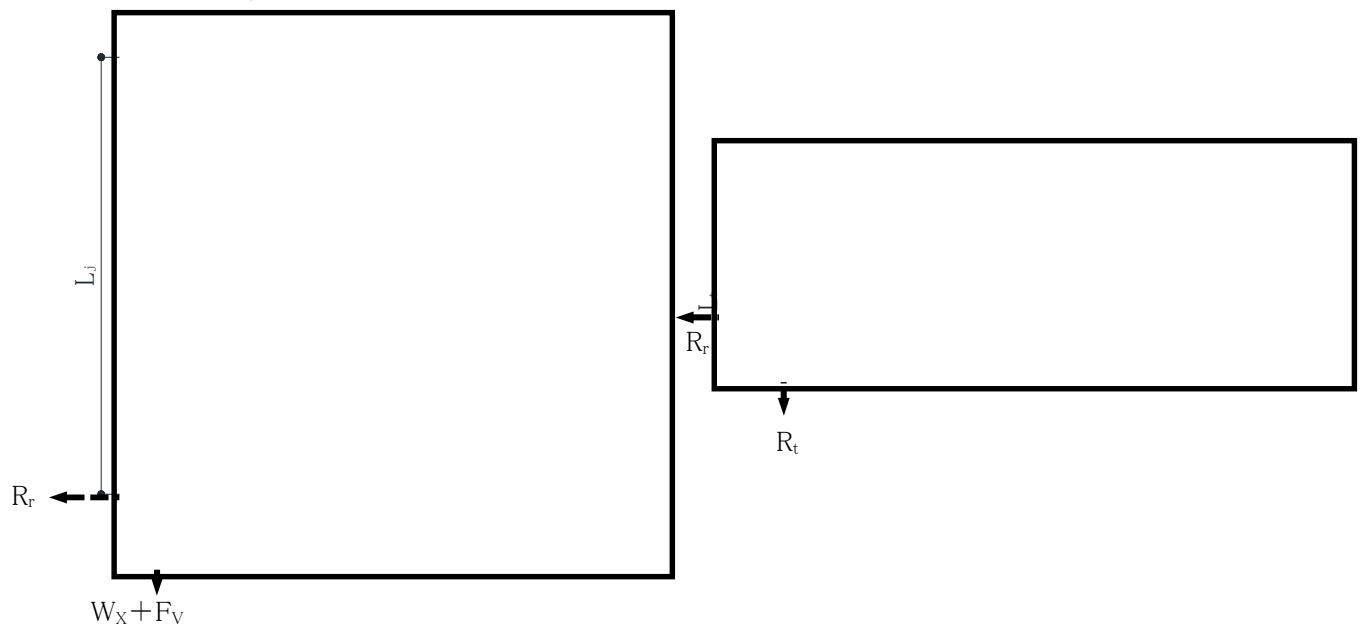


図4.4-1 ヒンジ部に生じる荷重の例



## (a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジアームに生じる荷重の例を図4.4-2に示す。

$$M = (W_x + F_v) \cdot L$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$W_x$  : 扉体自重 (kN)

$F_v$  : 鉛直地震力 (kN)

$L$  : 作用点間距離 (mm)

$$Q = W_x + F_v$$

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

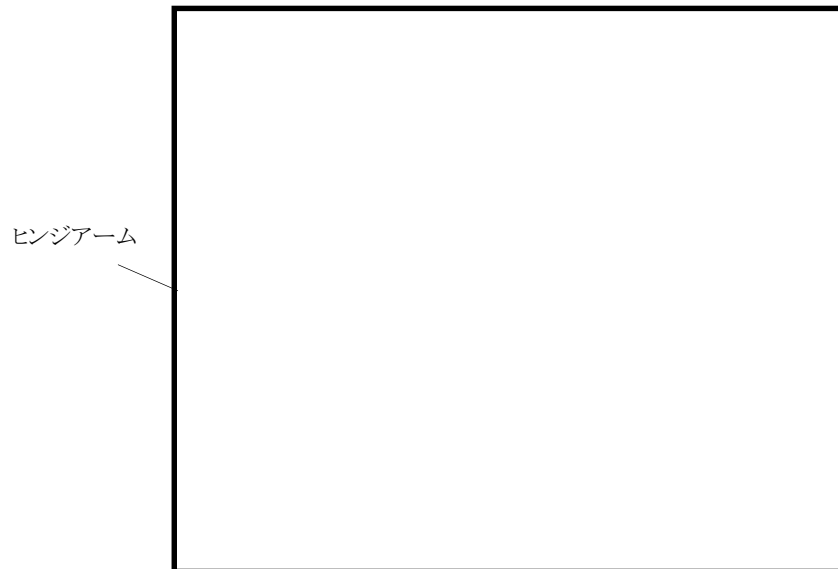


図4.4-2 ヒンジアームに生じる荷重の例



## (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図4.4-3に示す。

$$M = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} \cdot L$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

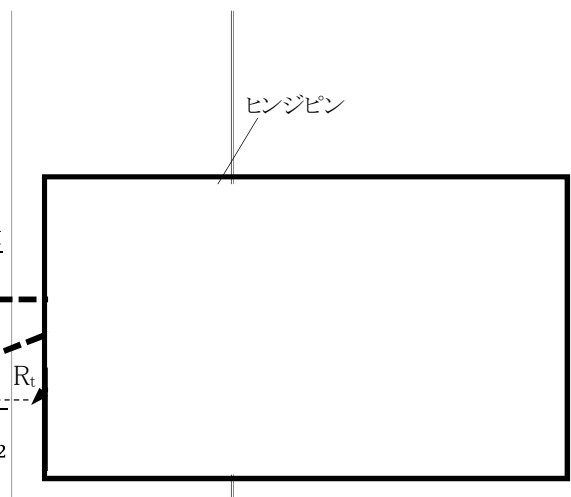
$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体幅方向自重反力 (kN)

$R_t$  : 扉体厚方向自重反力 (kN)

$L$  : 軸支持間距離 (mm)

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



ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

図4.4-3 ヒンジピンに生じる荷重の例

## (c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重の例を図4.4-4に示す。

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$F_v$  : 鉛直地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体幅方向自重反力 (kN)

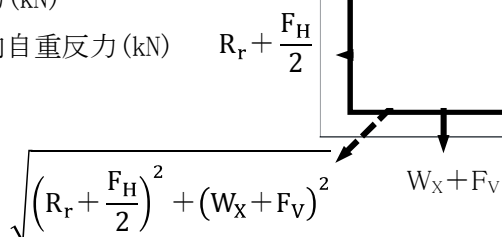


図4.4-4 ヒンジボルトに生じる荷重の例



## (d) (ヒンジ部) アンカー

(ヒンジ部) アンカーに生じる荷重は、次式により算出する。(ヒンジ部) アンカーに生じる荷重の例を図4.4-5に示す。

$$T = (R_r + \frac{F_H}{2}) / n$$

ここで、

$T$  : 引張力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体幅方向自重反力 (kN)

$n$  : アンカー本数 (本)

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$F_V$  : 鉛直地震力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体幅方向自重反力 (kN)

$n$  : アンカー本数 (本)

$$\sqrt{(R_r + \frac{F_H}{2})^2 + (W_X + F_V)^2}$$

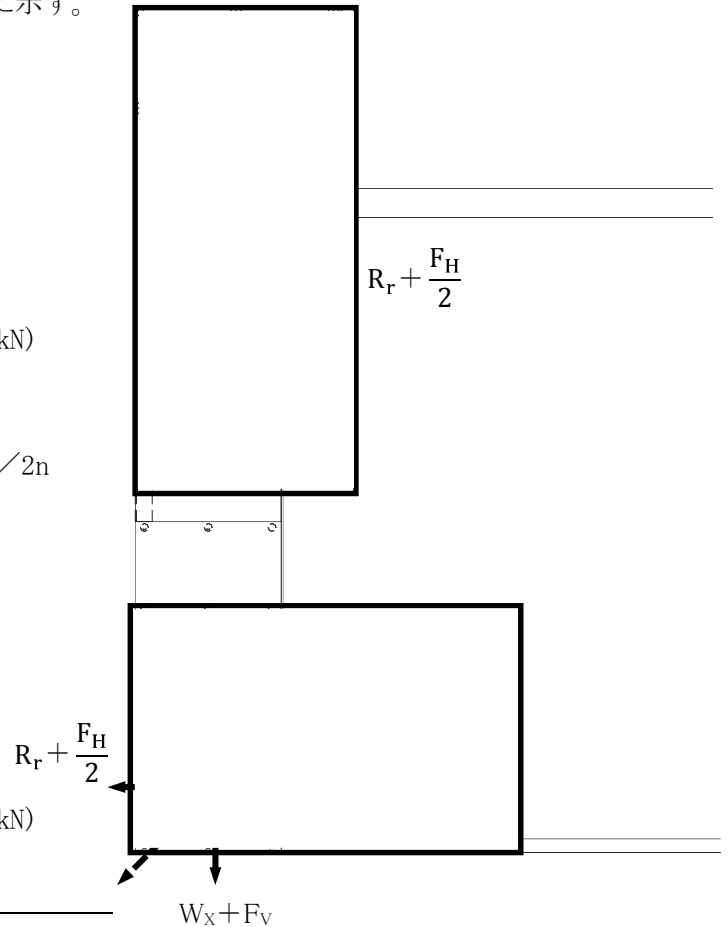


図4.4-5 (ヒンジ部) アンカーに生じる荷重の例

## b. カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受け及びカンヌキ受けボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。カンヌキ部に生じる荷重の例を図4.4-6に示す。

$$F_H = W_X \cdot K_H$$

ここで、

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$K_H$  : 水平震度

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

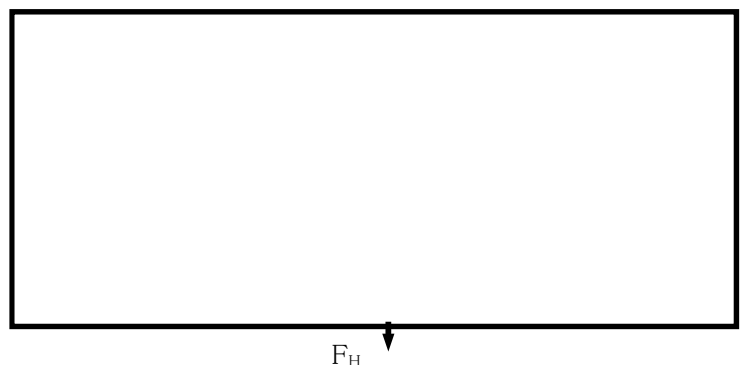


図4.4-6 カンヌキ部に生じる荷重の例



## (a) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。カンヌキに生じる荷重の例を図4.4-7に示す。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$n$  : カンヌキの本数

$L_b$  : 作用点間距離 (mm)

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

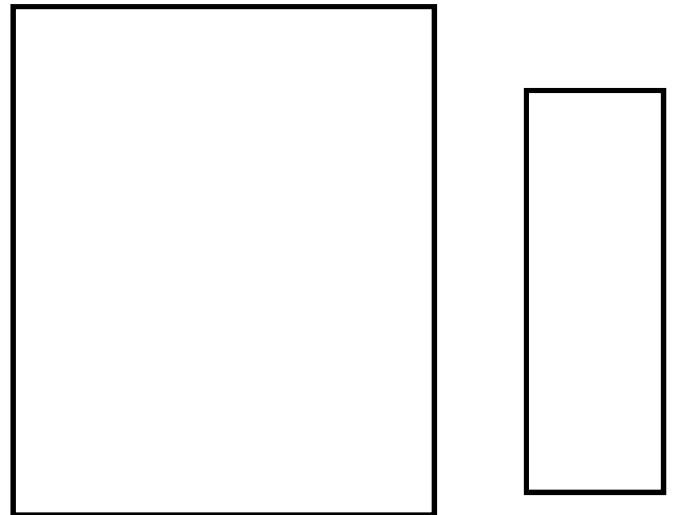


図4.4-7 カンヌキに生じる荷重の例

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

## (b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる荷重は、次式により算定する。カンヌキ受けピンに生じる荷重の例を図4.4-8に示す。

$$M = \frac{F_H}{4 \cdot n} \cdot L_p$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$n$  : カンヌキの本数

$L_p$  : 作用点間距離 (mm)

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

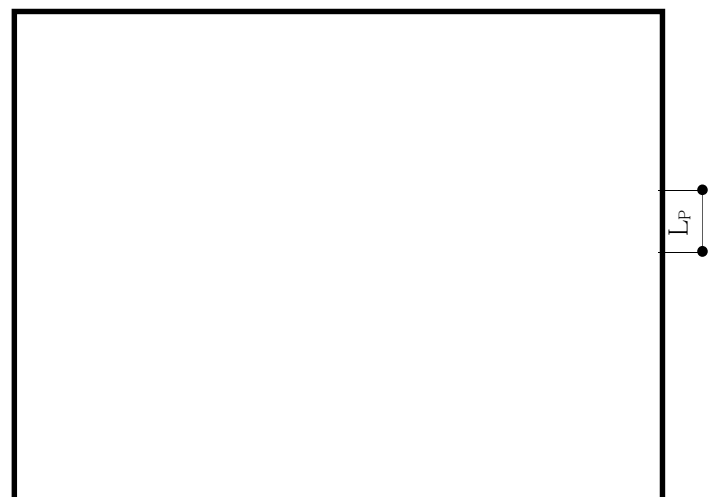


図4.4-8 カンヌキ受けピンに生じる荷重の例

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)



## (c) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる荷重は，次式により算定する。カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例を図4.4-9に示す。

$$T = \frac{F_H}{n}$$

ここで，

T : 引張力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

n : カンヌキの本数

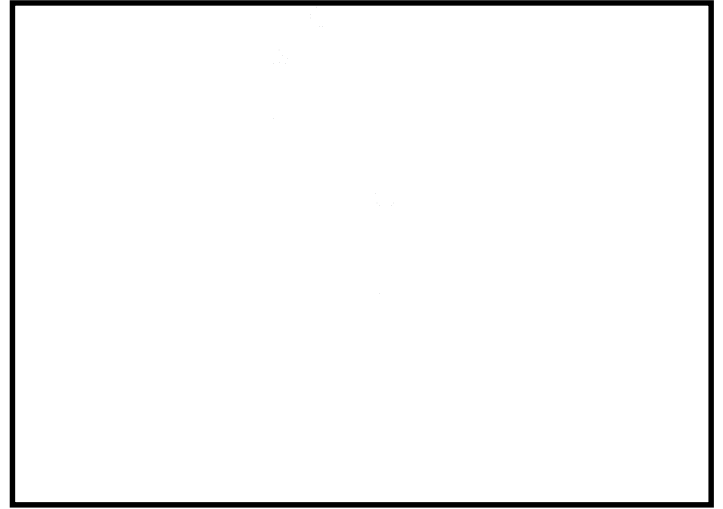


図4.4-9 カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例



## (2) 断面検定

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

## a. ヒンジ

## (a) ヒンジアーム

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで，

$\sigma_x$ ：組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M：曲げモーメント (kN・m)

Q：せん断力 (kN)

Z：断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A：断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (b) ヒンジピン

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで，

$\sigma_x$ ：組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M：曲げモーメント (kN・m)

Q：せん断力 (kN)

Z：断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A：断面積 (mm<sup>2</sup>)



## b. カンヌキ

## (a) カンヌキ

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで、

$\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度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。

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

$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot A}$$

ここで、

$\sigma$  : 曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)



## c. ボルト

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

$$\tau = \frac{Q}{n \cdot A_b}$$

ここで、

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : せん断力 (kN)

$n$  : 本数 (本)

$A_b$  : 1本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)

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

ここで、

$\sigma_T$  : 引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$T$  : 引張力 (kN)

$n$  : 本数 (本)

## d. (ヒンジ部) アンカー

(ヒンジ部) アンカーに生じる引張力が、次式により算定したアンカーの短期許容引張力以下であることを確認する。

$$P_{a1} = l \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot SC^a$$

$$P_a = P_{a1}$$

ここで、

$P_a$  : 短期許容引張力 (kN)

$P_{a1}$  : 鋼材の耐力で決まる許容引張力 (kN)

$s \cdot \sigma_{pa}$  : 頭付きアンカーボルトの引張強度 ((N/mm<sup>2</sup>))

$SC^a$  : 頭付きアンカーボルトの 1 本当りの断面積 (mm<sup>2</sup>)



(ヒンジ部) アンカーに生じるせん断力が，次式により算定したアンカーの短期許容せん断力以下であることを確認する。

$$Q_{a1}=0.7 \cdot {}_s\sigma_y \cdot A_b$$

$$Q_a=Q_{a1}$$

ここで，

$Q_a$  : アンカーの短期許容せん断力(kN)

$Q_{a1}$  : 鋼材の耐力で決まるせん断耐力(kN)

${}_s\sigma_y$  : 鋼材の降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$A_b$  : 1本当たりの断面積(mm<sup>2</sup>)



#### 4.5 評価条件

「4.4 評価方法」に用いる評価条件を表4.5-1に示す。



表4.5-1 耐震評価に用いる条件 (1/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数値
共通		$W_X$	kN	扉体自重	
		$K_H$	—	水平方向設計震度	
		$K_V$	—	鉛直方向設計震度	
ヒンジ	共通	$L_r$	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離（幅方向）	
		$L_t$	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離（厚方向）	
		$L_j$	m	ヒンジ間距離	
	ヒンジアーム	$L$	mm	作用点間距離	
		$Z$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ヒンジピン	$L$	mm	軸支持間距離	
		$Z$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A$	mm <sup>2</sup>	断面積	



表4.5-1 耐震評価に用いる条件 (2/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数値
ヒンジ	ヒンジボルト	n	本	本数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	
	アンカー	n	本	本数	
		A <sub>b</sub>	mm <sup>2</sup>	断面積	
		A <sub>a</sub>	mm <sup>2</sup>	表面積	
カンヌキ部	カンヌキ	L <sub>b</sub>	mm	軸支持間距離	
		Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	



表4.5－1 耐震評価に用いる条件 (3/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数値
カンヌキ部	カンヌキ受けピン	$L_p$	Mm	軸支持間距離	
		$Z$	$\text{mm}^3$	断面係数	
		$A$	$\text{mm}^2$	断面積	
	カンヌキ受けボルト	$n$	本	本数	
		$A_b$	$\text{mm}^2$	断面積	



#### 4.6 評価結果

原子炉建屋原子炉棟水密扉の評価結果を表4.6-1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。

表4.6-1 評価結果

名 称	評価対象部位		発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力度／ 許容限界値
原子炉建屋 原子炉棟水 密扉	ヒンジ部	ヒンジアーム	105	205	0.52
		ヒンジピン	375	686	0.55
		ヒンジボルト*3	114	375	0.31
		アンカー*3	29	40	0.75
	カンヌキ部	カンヌキ	171	205	0.84
		カンヌキ受けピン*1	465	686	0.68
		カンヌキ受けボルト	100	375	0.16

\*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

\*2：せん断及び引張のうち評価結果が厳しくなる引張による値を記載

\*3：アンカーの単位(kN)



## 5. 原子炉建屋付属棟北側水密扉 1

### 5.1 評価部位

評価対象部位は、水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。なお、評価対象部位ごとに、扉の開閉状況を考慮のうえ地震荷重を設定する。

水密扉に生じる地震力（水平、鉛直）に伴う扉本体に作用する慣性力は、ヒンジ及びロックバーから、ボルトを介して扉枠に伝達し、アンカーを介して躯体に伝達しているため、評価部位をヒンジ（板及びピン）、ロックバー、ヒンジボルト及びロックボルトとする。

原子炉建屋付属棟北側水密扉1の構造図を図5.1-1、水密扉閉鎖時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位及び水密扉開放時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図5.1-2及び図5.1-3に示す。

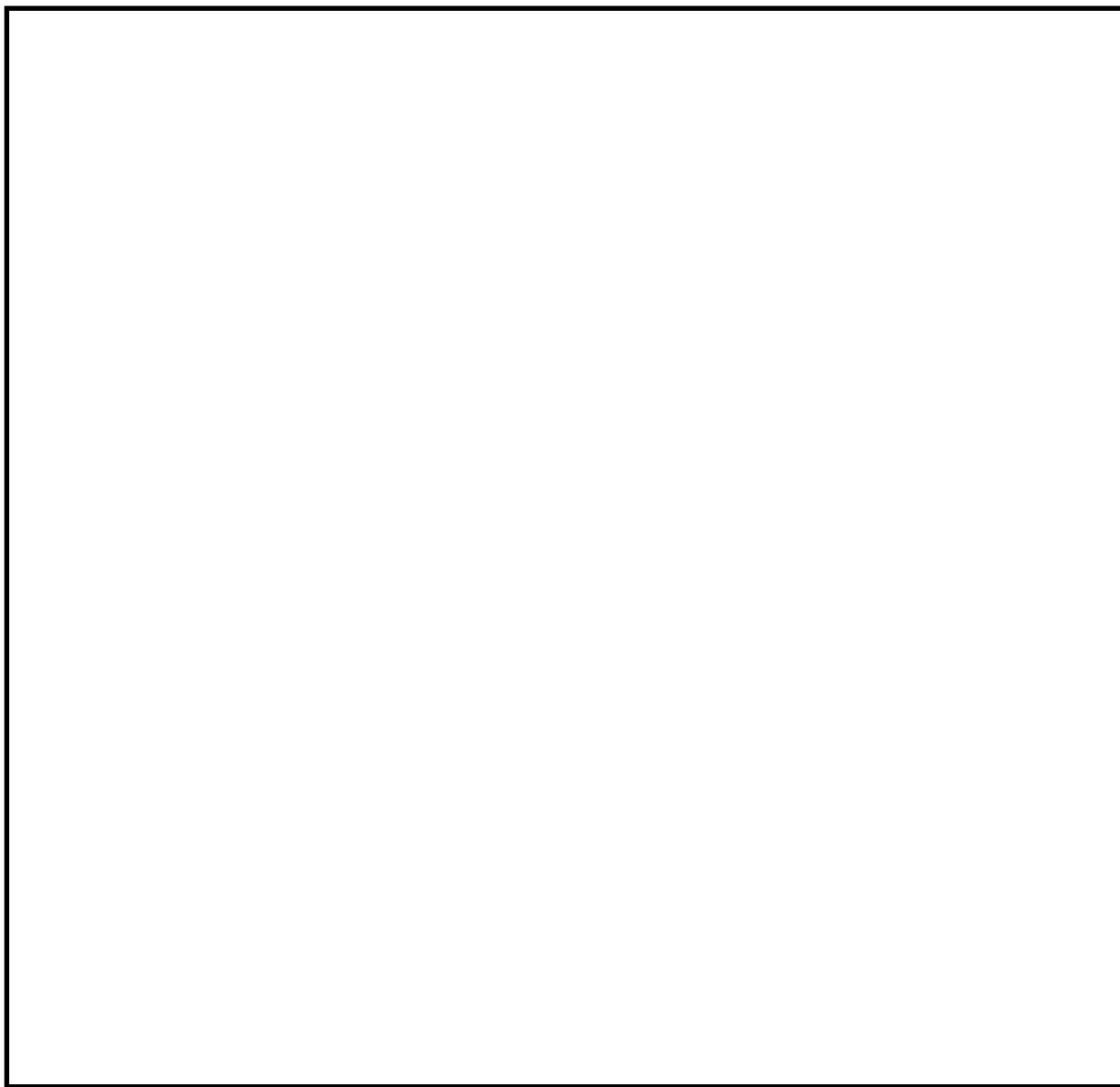


図5.1-1 原子炉建屋付属棟北側水密扉1構造図



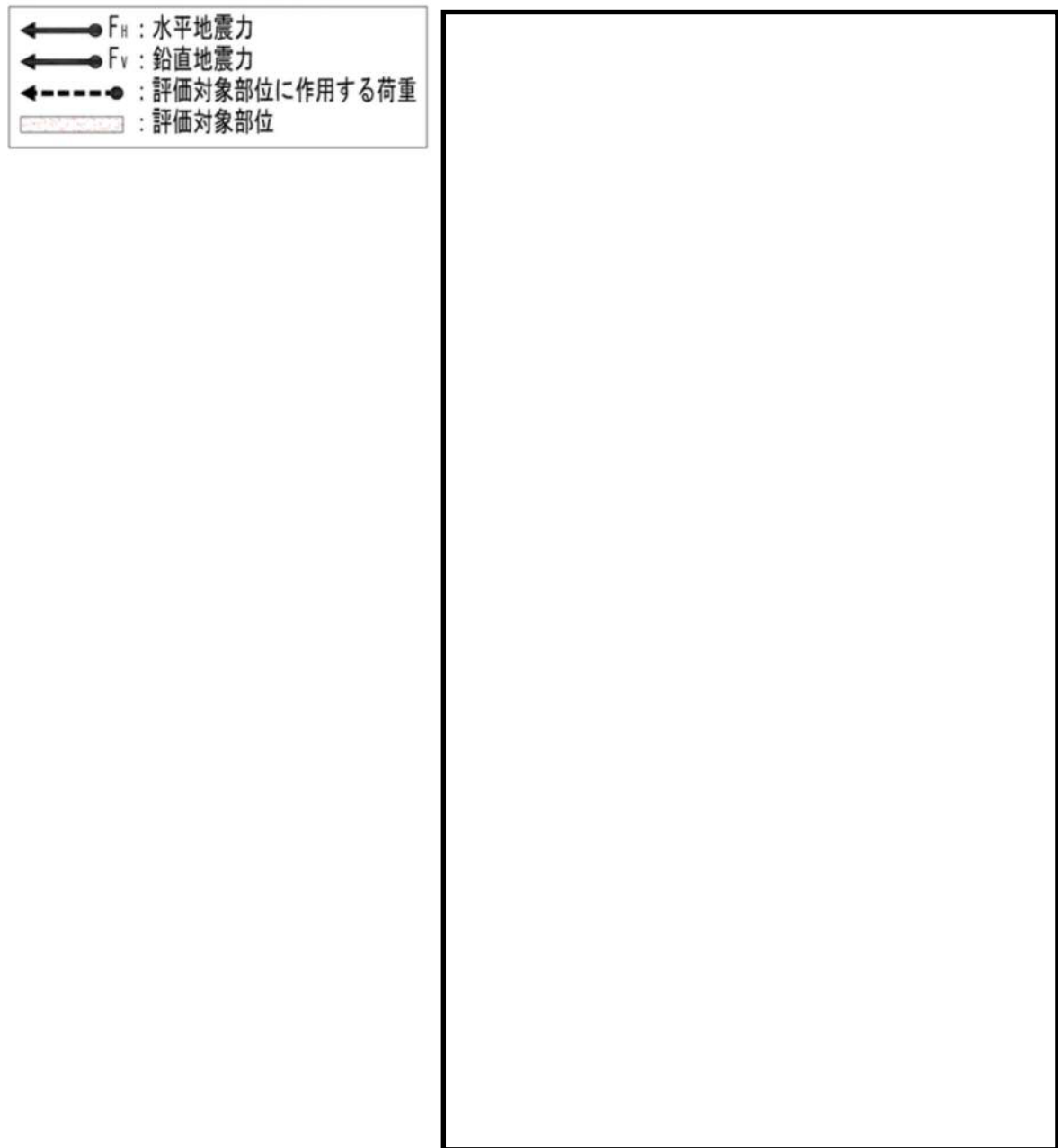


図5.1-2 水密扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟北側水密扉1



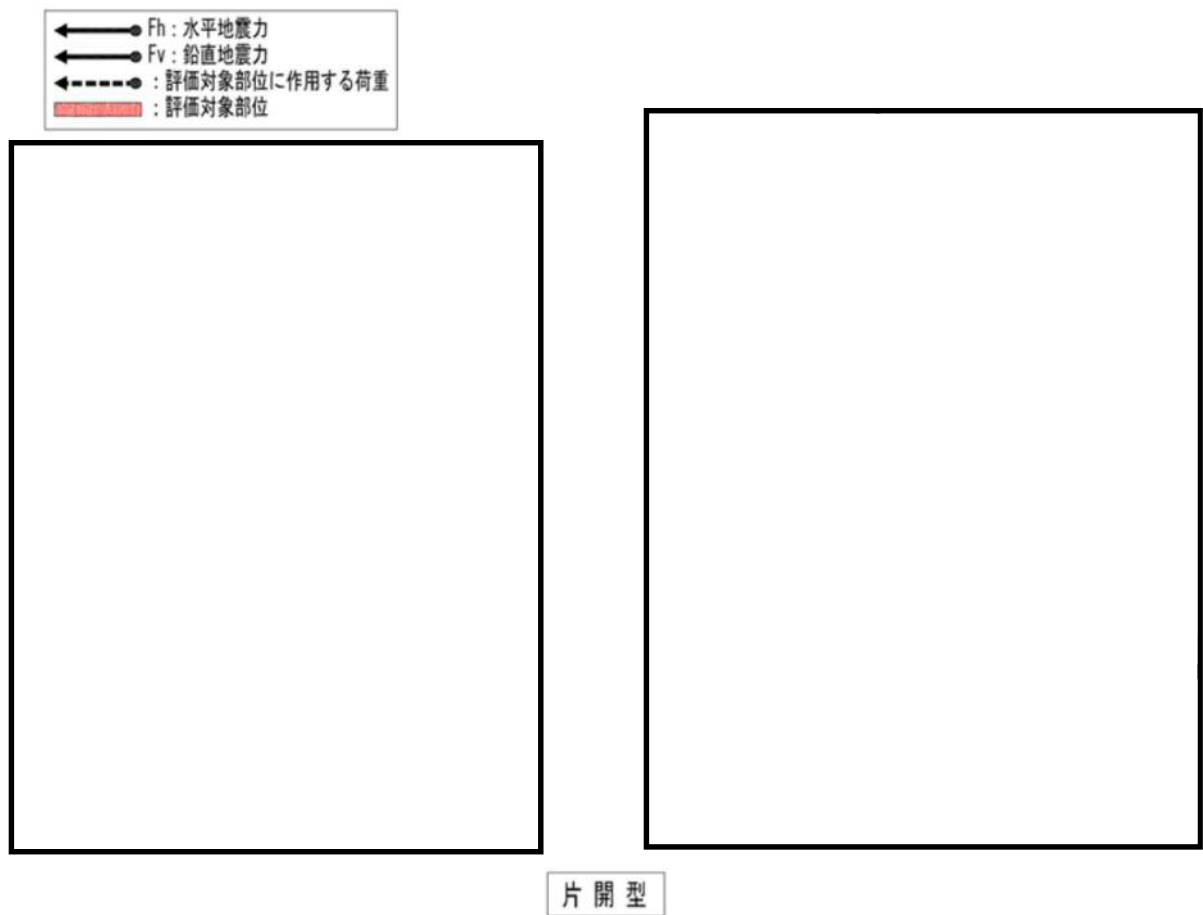


図 5. 1-3 水密扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟北側水密扉 1



## 5.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 荷重の設定

#### a. 固定荷重 (G)

水密扉の自重を表5.2-1に示す。

表5.2-1 水密扉の自重

扉名称	固定荷重 (kN)
原子炉建屋付属棟北側水密扉1	4.95

#### b. 地震荷重 ( $K_s$ )

地震荷重として、基準地震動  $S_s$  に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、水密扉の固定荷重に設計震度  $K$  を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K$$

ここで、

$K_s$  : 地震荷重 (kN)

$G$  : 水密扉の固定荷重 (kN)

$K$  : 設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対和法により評価する。

### (2) 荷重の組合せ

原子炉建屋水密扉の荷重の組合せを表5.2-2に示す。

表5.2-2 水密扉の荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
原子炉建屋付属棟北側水密扉1	$G + K_s$

$G$  : 固定荷重

$K_s$  : 地震荷重



### 5.3 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

#### (1) 使用材料及び許容限界

水密扉を構成する扉板、芯材、ヒンジ部、ロックバー部の使用材料及び許容限界を表5.3-1及び表5.3-2に示す。

表5.3-1 使用材料

部 位		材 質	仕 様[mm]		
扉 板					
芯 材	主 桁				
	中間縦桁				
	端縦桁				
ヒンジ部	ヒンジ板				
	ヒンジピン				
	ヒンジボルト				
ロックバー					
ロックボルト					

表5.3-2 許容限界

材料	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ・引張り	せん断
	235	135
	215	124
	205	118
	345	199

注記 \*1：tは板厚（mm）を示す

\*2：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「J I S G 4053：2012 機械構造用 合金鋼鋼材」に基づく



## 5.4 評価方法

### (1) 荷重算定

#### a. ヒンジ部

ヒンジ部は，ヒンジ板，ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており，次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から，各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を図 5.4-1 に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H$$

$$F_V = W_X \cdot k_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

ここで，

$W_X$ ：扉体自重 (kN)

$k_H$ ：水平方向設計震度

$k_V$ ：鉛直方向設計震度

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$F_V$ ：鉛直地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

$L_r$ ：扉体重心～ヒンジ中心間距離 (m)

$L_j$ ：ヒンジ中心間距離 (m)

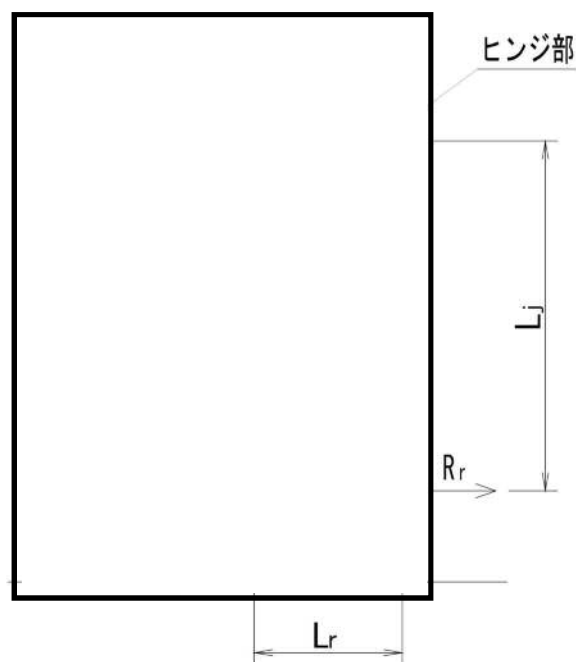


図 5.4-1 ヒンジ部に生じる荷重の例



## (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図 5.4-2 に示す。

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

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

ここで,

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$F_V$  : 鉛直地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体自重反力 (kN)

$L_1$  : 作用点間距離 (mm)

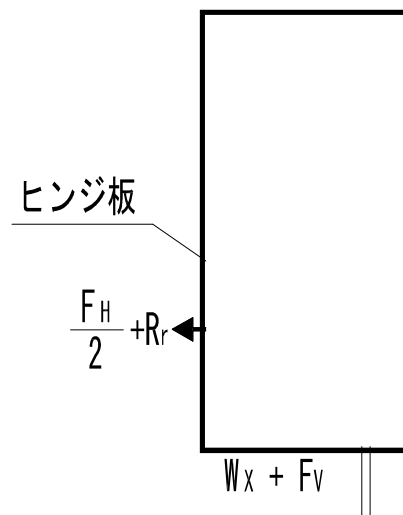


図 5.4-2 ヒンジ板に生じる荷重の例

## (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図 5.4-3 に示す。

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

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

ここで,

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体自重反力 (kN)

$L_2$  : 軸支持間距離 (mm)

$B_2$  : ブッシュ長さ (mm)

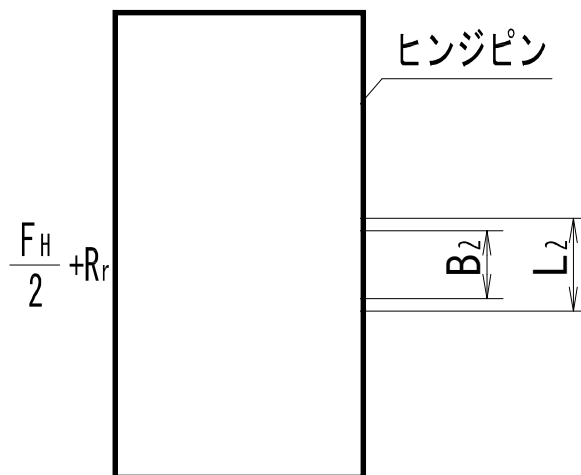


図 5.4-3 ヒンジピンに生じる荷重の例



## (c) ヒンジボルト

ヒンジボルトには荷重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図 5.4-4 に示す。

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

ここで，

$Q$ ：せん断力 (kN)

$W_x$ ：扉体自重 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$F_V$ ：鉛直地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

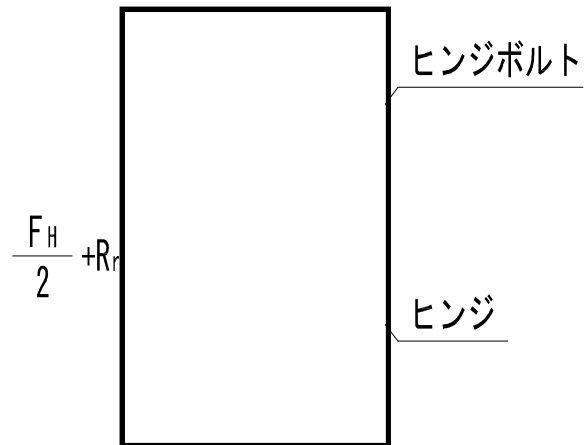


図 5.4-4 ヒンジボルトに生じる荷重の例

## b. ロックバー部

ロックバー部は，ロックバー及びロックボルトで構成されており，次式により算定する水平地震力から，各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を図 5.4-5 に示す。

$$F_H = W_x \cdot k_H$$

ここで，

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$W_x$ ：扉体自重 (kN)

$k_H$ ：水平震度

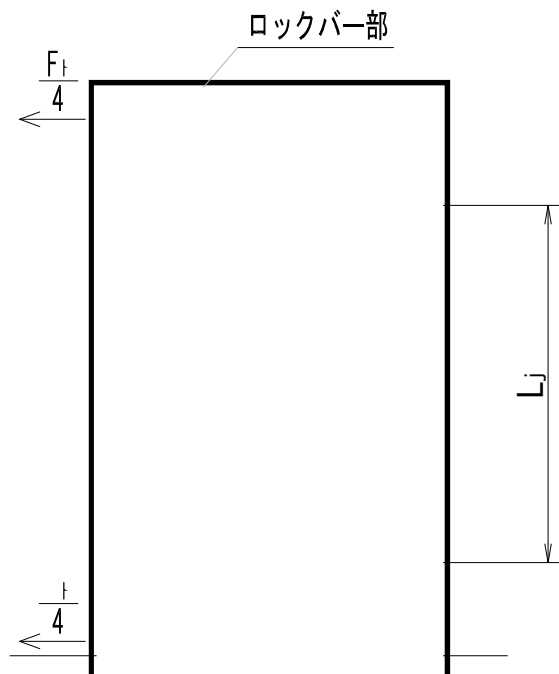


図 5.4-5 ロックバー部に生じる荷重の例



## (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図 5.4-6 に示す。

$$M = \frac{F_H}{4} \cdot L_3$$

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

ここで、

M：曲げモーメント (kN・m)

Q：せん断力 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$L_3$ ：作用点間距離 (mm)

ロックバー

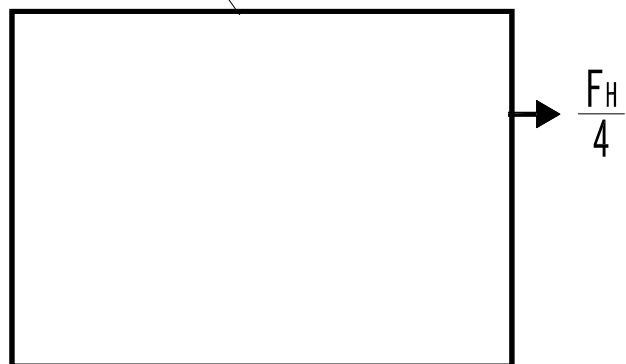


図 5.4-6 ロックバー部に生じる荷重の例

## (b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算出する。ロックボルトに生じる荷重の例を図 5.4-7 に示す。

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

ここで、

Q：せん断力 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

ロックボルト

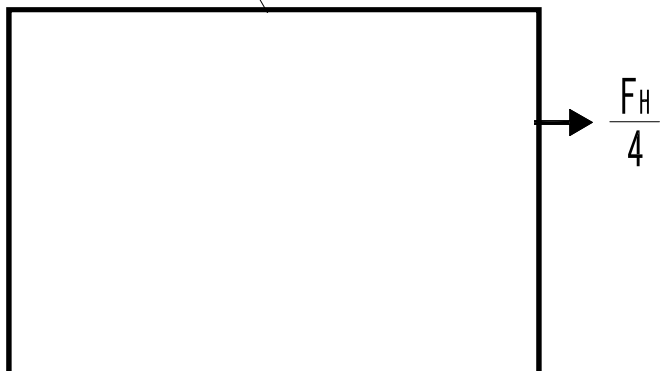


図 5.4-7 ロックボルトに生じる荷重の例



## (2) 断面検定

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

なお，異なる荷重が同時に作用する部材については，組合せを考慮する。

## a. ヒンジ部

## (a) ヒンジ板

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

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

ここで，

$\sigma$ ：組合せ応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$M$ ：曲げモーメント(kN・m)

$Q$ ：せん断力(kN)

$Z_1$ ：断面係数(mm<sup>3</sup>)

$A_1$ ：断面積(mm<sup>2</sup>)

## b. ヒンジピン

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

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

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

ここで，

$\sigma$ ：曲げ応力度(N・mm<sup>2</sup>)

$\tau$ ：せん断応力度(N・mm<sup>2</sup>)

$M$ ：曲げモーメント(kN・m)

$Q$ ：せん断力(kN)

$Z_2$ ：断面係数(mm<sup>3</sup>)

$A_2$ ：断面積(mm<sup>2</sup>)



## (c) ヒンジボルト

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

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

ここで，

$\tau$ ：せん断応力度 (N・mm<sup>2</sup>)

$Q$ ：せん断力 (kN)

$n_1$ ：本数 (本)

$A_{b1}$ ：1 本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)

## b. ロックバー部

## (a) ロックバー

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

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

ここで，

$\sigma$ ：組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$ ：曲げモーメント (kN・m)

$Q$ ：せん断力 (kN)

$Z_3$ ：断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_3$ ：断面積 (mm<sup>2</sup>)



(b) ロックボルト

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

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

ここで、

$\tau$ ：せん断応力度(N・mm<sup>2</sup>)

$Q$ ：せん断力(kN)

$n_2$ ：本数（本）

$A_{b2}$ ：1 本当たりの断面積(mm<sup>2</sup>)



## 5.5 評価条件

「5.4 評価方法」用いる評価条件を表 5.5-1 に示す。

表 5.5-1 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数 値
共 通		$W_X$	kN	扉体自重	
		$k_H$	—	水平方向設計震度	
		$k_V$	—	鉛直方向設計震度	
ヒ ン ジ	共 通	$L_r$	m	扉体重心～ヒンジ中 心間距離	
		$L_j$	m	ヒンジ中心間距離	
	板	$L_1$	mm	作用点間距離	
		$Z_1$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A_1$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ピン	$L_2$	mm	軸支持間距離	
		$B_2$	mm	ブッシュ長さ	
		$Z_2$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A_2$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ボ ル ト	$n_1$	本	本数	
		$A_{b1}$	mm <sup>2</sup>	1 本当たりの断面積 (M16)	

表 5.5-1 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位	記 号	単 位	定	数 値
ロ ック バ ー	$L_3$	mm	作用点間距離	
	$Z_3$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
	$A_3$	mm <sup>2</sup>	断面積	
ロ ック ボ ルト	$n_2$	本	本数	
	$A_{b2}$	mm <sup>2</sup>	1 本当たりの断面積 (M16)	



## 5.6 評価結果

原子炉建屋付属棟北側水密扉 1 の評価結果を表 5.6-1 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。

表 5.6-1 耐震評価結果

名 称	評価部位		発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容 限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力 度/許容 限界値
原子炉建屋付属棟 北側水密扉 1	ヒンジ部	板	84	205	0.41
		ピン*1	33	345	0.10
		ヒンジボルト	25	118	0.22
	ロックバー部	ロックバー	4	345	0.02
		ロックボルト	4	118	0.04

\*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



## 6. 原子炉建屋付属棟北側水密扉 2

### 6.1 評価部位

評価対象部位は、水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。なお、評価対象部位ごとに、扉の開閉状況を考慮のうえ地震荷重を設定する。

水密扉に生じる地震力（水平、鉛直）に伴う扉本体に作用する慣性力は、ヒンジ及びロックバーから、ボルトを介して扉枠に伝達し、アンカーを介して躯体に伝達しているため、評価部位をヒンジ（板及びピン）、ロックバー、ヒンジボルト及びロックボルトとする。

原子炉建屋付属棟北側水密扉2の構造図を図6.1-1、水密扉閉鎖時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位及び水密扉開放時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図6.1-2及び図6.1-3に示す。

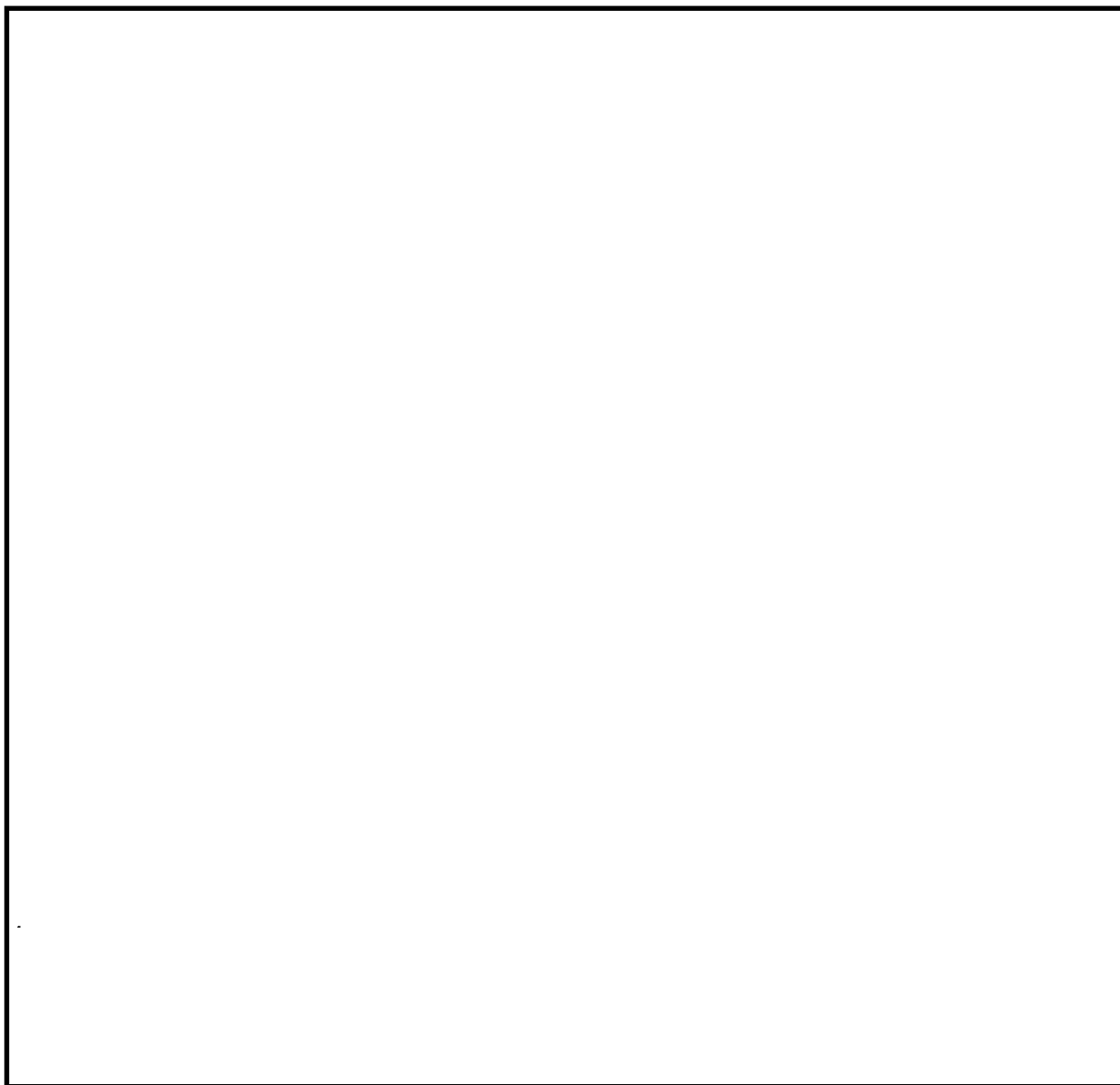


図 6.1-1 原子炉建屋付属棟北側水密扉 2



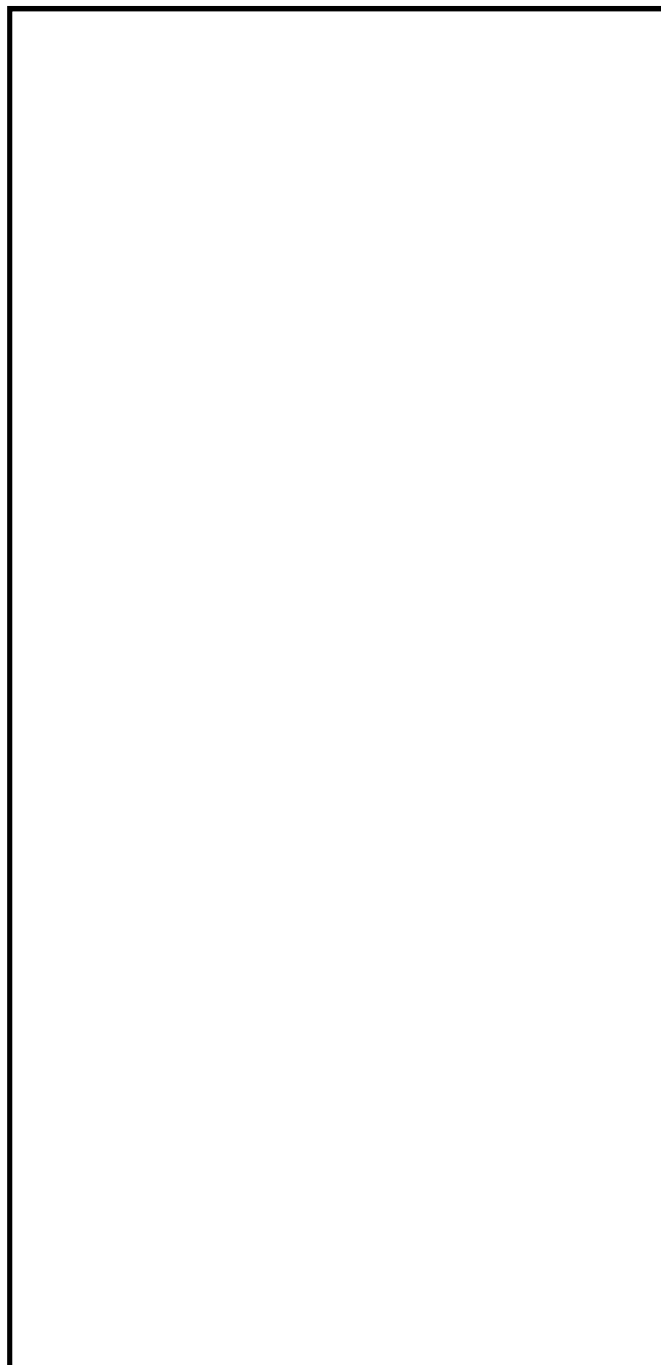
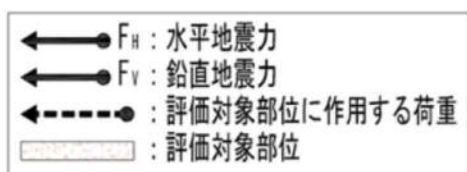


図 6.1-2 水密扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟北側水密扉 2



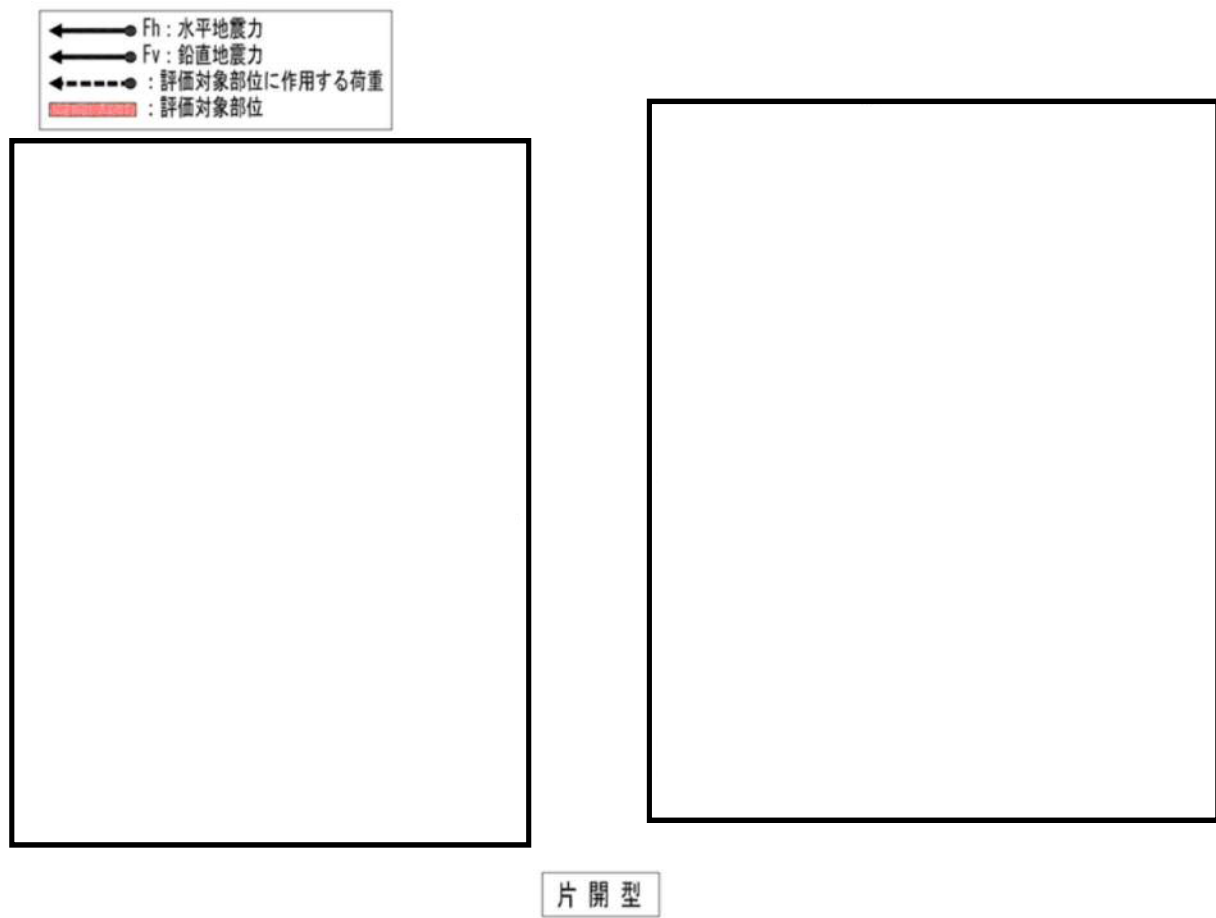


図 6.1-3 水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟北側水密扉 2



## 6.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 荷重の設定

#### a. 固定荷重（G）

水密扉の自重を表6.2-1に示す。

表6.2-1 原子炉建屋1階水密扉の自重

扉名称	固定荷重（kN）
原子炉建屋付属棟北側水密扉2	4.95

#### b. 地震荷重（ $K_s$ ）

地震荷重として、基準地震動  $S_s$  に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、水密扉の固定荷重に設計震度  $K$  を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K$$

ここで、

$K_s$ ：地震荷重（kN）

$G$ ：水密扉の固定荷重（kN）

$K$ ：設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対和法により評価する。

### (2) 荷重の組合せ

水密扉の荷重の組合せを表6.2-2に示す。

表6.2-2 水密扉の荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
原子炉建屋付属棟北側水密扉2	$G + K_s$

$G$ ：固定荷重

$K_s$ ：地震荷重



### 6.3 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

#### (1) 使用材料及び許容限界

水密扉を構成する扉板、芯材、ヒンジ部、ロックバー部の使用材料及び許容限界を表6.3-1及び表6.3-2に示す。

表6.3-1 使用材料

部 位		材 質	仕 様[mm]		
扉 板					
芯 材	主 桁				
	中間縦桁				
	端縦桁				
ヒンジ部	ヒンジ板				
	ヒンジピン				
	ヒンジボルト				
ロックバー					
ロックボルト					

表6.3-2 許容限界

材料	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ・引張り	せん断
	235	135
	215	124
	205	118
	345	199

\*1：tは板厚（mm）を示す

\*2：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「J I S G 4 3 0 3：2012 ステンレス鋼棒」，「J I S G 4 3 0 4：2102 熱間圧延ステンレス鋼版及び鋼帯」及び「J I S G 4 3 1 7：2013 熱間成形ステンレス鋼版鋼」に基づく



## 6.4 評価方法

### (1) 荷重算定

#### a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を図 6.4-1 に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H$$

$$F_V = W_X \cdot k_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

ここで、

$W_X$ ：扉体自重 (kN)

$k_H$ ：水平方向設計震度

$k_V$ ：鉛直方向設計震度

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$F_V$ ：鉛直地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

$L_r$ ：扉体重心～ヒンジ中心間距離 (m)

$L_j$ ：ヒンジ中心間距離 (m)

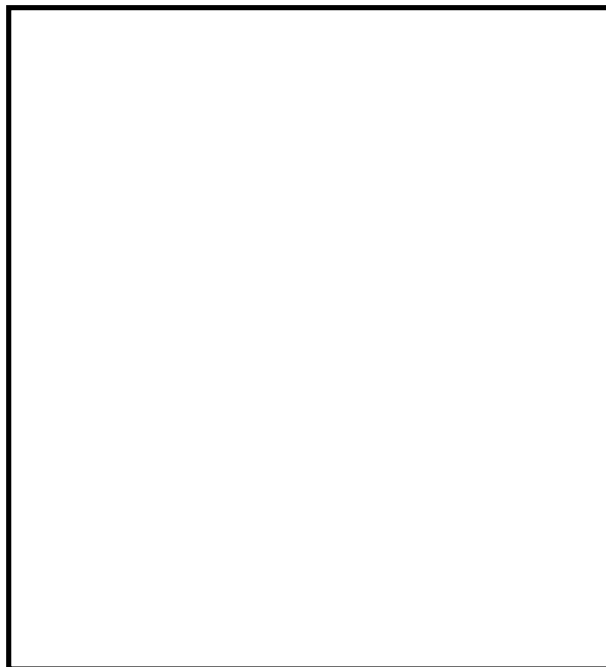


図 6.4-1 ヒンジ部に生じる荷重の例



## (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図 6.4-2 に示す。

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

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

ここで、

M：曲げモーメント (kN・m)

Q：せん断力 (kN)

$W_X$ ：扉体自重 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$F_V$ ：鉛直地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

$L_1$ ：作用点間距離 (mm)

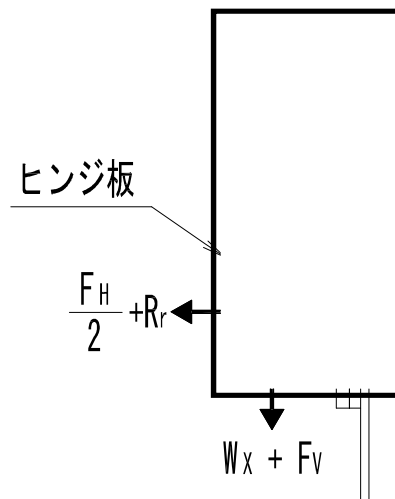


図 6.4-2 ヒンジ板に生じる荷重の例

## (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図 6.4-3 に示す。

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

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

ここで、

M：曲げモーメント (kN・m)

Q：せん断力 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

$L_2$ ：軸支持間距離 (mm)

$B_2$ ：ブッシュ長さ (mm)

$$\frac{F_H}{2} + R_r$$

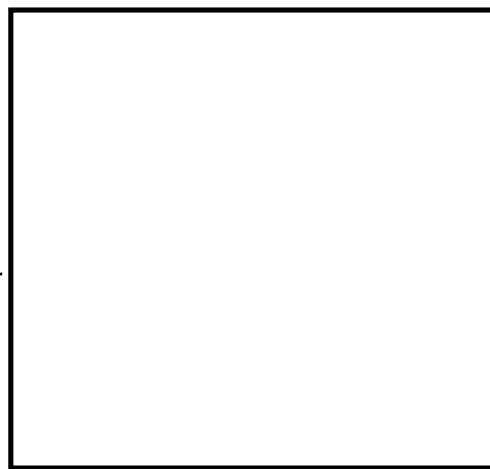


図 6.4-3 ヒンジピンに生じる荷重の例



## (c) ヒンジボルト

ヒンジボルトには荷重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図 6.4-4 に示す。

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

ここで，

$Q$ ：せん断力 (kN)

$W_x$ ：扉体自重 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$F_V$ ：鉛直地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

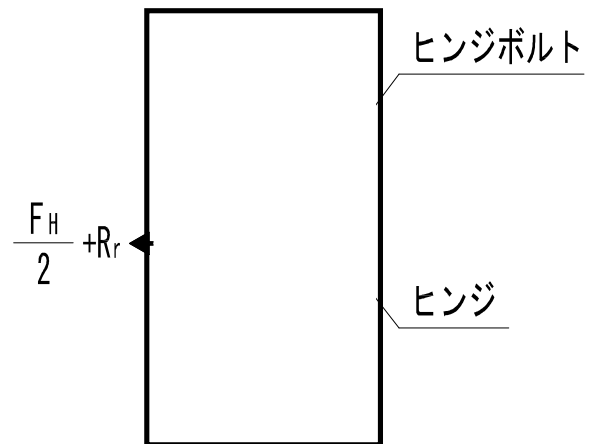


図 6.4-4 ヒンジボルトに生じる荷重の例

## b. ロックバー部

ロックバー部は，ロックバー及びロックボルトで構成されており，次式により算定する水平地震力から，各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を図 6.4-5 に示す。

$$F_H = W_x \cdot k_H$$

ここで，

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$W_x$ ：扉体自重 (kN)

$k_H$ ：水平震度

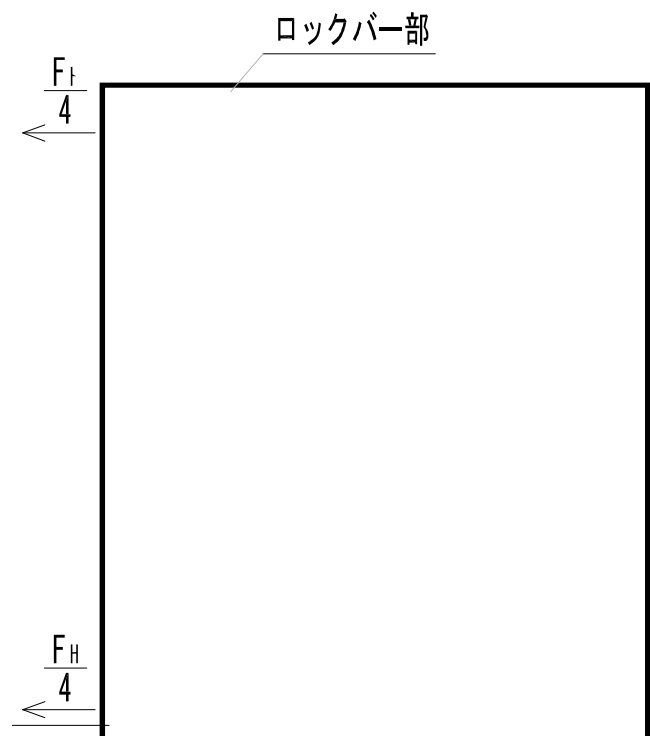


図 6.4-5 ロックバー部に生じる荷重の例



## (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図 6.4-6 に示す。

$$M = \frac{F_H}{4} \cdot L_3$$

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

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$Q$  : せん断力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$L_3$  : 作用点間距離 (mm)

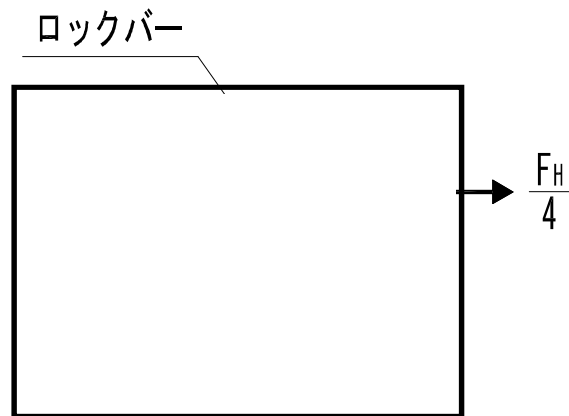


図 6.4-6 ロックバー部に生じる荷重の例

## (b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算出する。ロックボルトに生じる荷重の例を図 6.4-7 に示す。

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

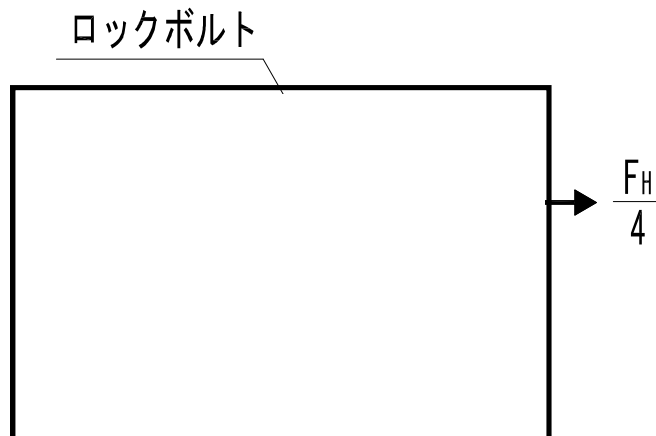


図 6.4-7 ロックボルトに生じる荷重の例



## (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

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

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

ここで，

$\sigma$ ：組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$ ：曲げモーメント (kN・m)

$Q$ ：せん断力 (kN)

$Z_1$ ：断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_1$ ：断面積 (mm<sup>2</sup>)

## d. ヒンジピン

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

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

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

ここで，

$\sigma$ ：曲げ応力度 (N・mm<sup>2</sup>)

$\tau$ ：せん断応力度 (N・mm<sup>2</sup>)

$M$ ：曲げモーメント (kN・m)

$Q$ ：せん断力 (kN)

$Z_2$ ：断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_2$ ：断面積 (mm<sup>2</sup>)



## (c) ヒンジボルト

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

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

ここで，

$\tau$ ：せん断応力度(N・mm<sup>2</sup>)

$Q$ ：せん断力(kN)

$n_1$ ：本数（本）

$A_{b1}$ ：1本当たりの断面積(mm<sup>2</sup>)

## b. ロックバー部

## (a) ロックバー

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

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

ここで，

$\sigma$ ：組合せ応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$M$ ：曲げモーメント(kN・m)

$Q$ ：せん断力(kN)

$Z_3$ ：断面係数(mm<sup>3</sup>)

$A_3$ ：断面積(mm<sup>2</sup>)



(b) ロックボルト

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

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

ここで，

$\tau$ ：せん断応力度(N・mm<sup>2</sup>)

$Q$ ：せん断力(kN)

$n_2$ ：本数（本）

$A_{b2}$ ：1 本当たりの断面積(mm<sup>2</sup>)



## 6.5 評価条件

「6.4 評価方法」用いる評価条件を表 6.5-1 に示す。

表 6.5-1 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数 値
共 通		$W_X$	kN	扉体自重	
		$k_H$	—	水平方向設計震度	
		$k_V$	—	鉛直方向設計震度	
ヒ ン ジ	共 通	$L_r$	m	扉体重心～ヒンジ中 心間距離	
		$L_j$	m	ヒンジ中心間距離	
	板	$L_1$	mm	作用点間距離	
		$Z_1$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A_1$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ピン	$L_2$	mm	軸支持間距離	
		$B_2$	mm	ブッシュ長さ	
		$Z_2$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A_2$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ボ ルト ト ヒ ン ジ	$n_1$	本	本数	
		$A_{b1}$	mm <sup>2</sup>	1 本当たりの断面積 (M16)	

表 6.5-1 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位	記 号	単 位	定 義	数 値
ロッ ク バ ー	$L_3$	mm	作用点間距離	
	$Z_3$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
	$A_3$	mm <sup>2</sup>	断面積	
ロッ ク ボ ルト	$n_2$	本	本数	
	$A_{b2}$	mm <sup>2</sup>	1 本当たりの断面積 (M16)	



## 6.6 評価結果

原子炉建屋付属棟北側水密扉 2 の評価結果を表 6.6-1 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。

表 6.6-1 表 評価結果

名 称	評価対象部位		発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容 限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力 度/許容 限界値
原子炉建屋付属棟 北側水密扉 2	ヒンジ部	板	84	205	0.41
		ピン*1	33	345	0.10
		ヒンジボルト	25	118	0.22
	ロックバー部	ロックバー	4	345	0.02
		ロックボルト	4	118	0.04

\*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



## 7. 原子炉建屋付属棟東側水密扉

### 7.1 評価部位

評価対象部位は、水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。なお、評価対象部位ごとに、扉の開閉状況を考慮のうえ地震荷重を設定する。

水密扉に生じる地震力（水平、鉛直）に伴う扉本体に作用する慣性力は、ヒンジ及びカンヌキから、ボルトを介して扉枠に伝達し、アンカーを介して躯体に伝達しているため、評価部位をヒンジ、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトとする。

原子炉建屋付属棟東側水密扉構造図を図7.1-1、水密扉閉鎖時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位及び水密扉開放時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図7.1-2及び図7.1-3に示す。

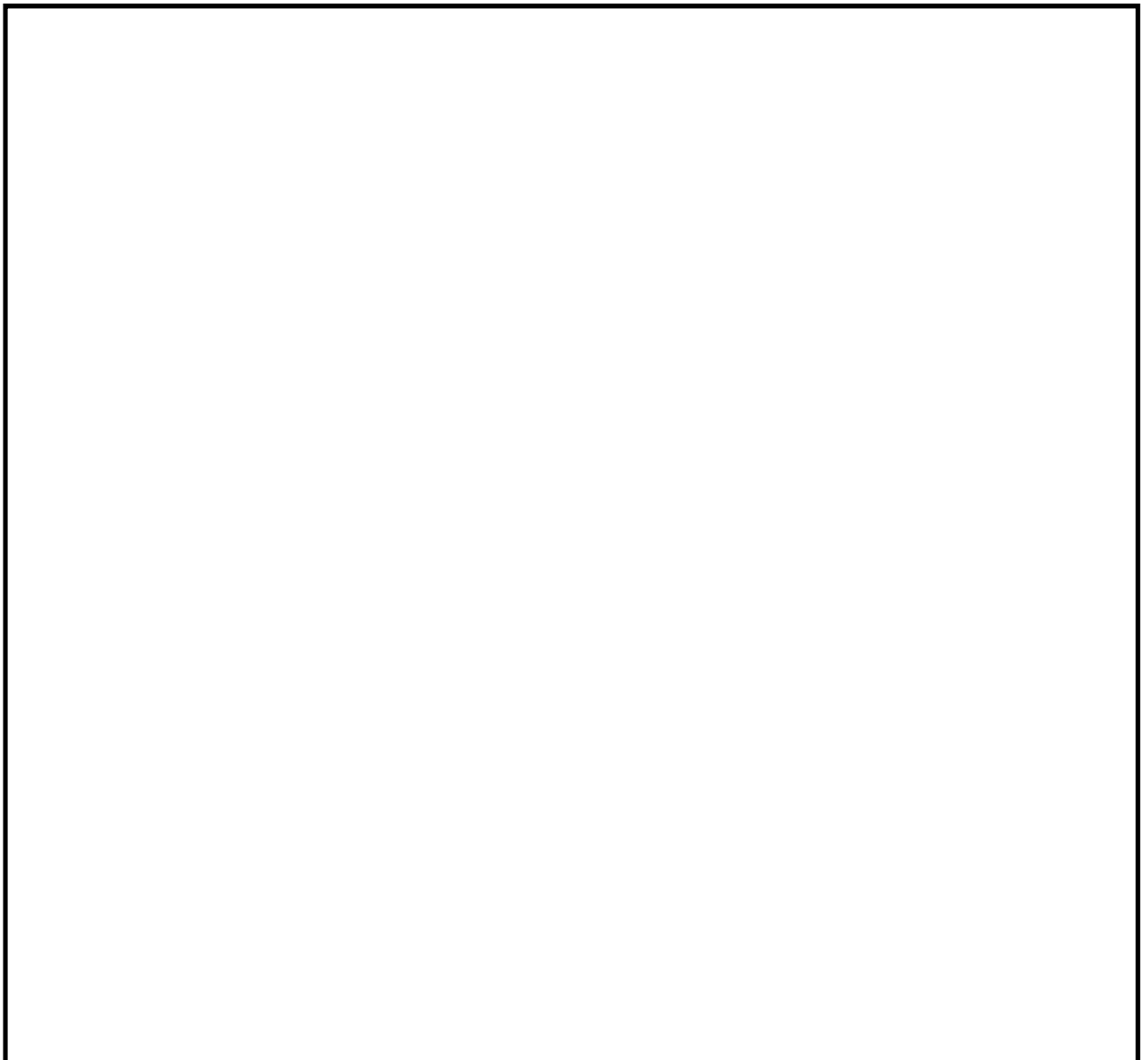


図 7.1-1 原子炉建屋付属棟東側水密扉



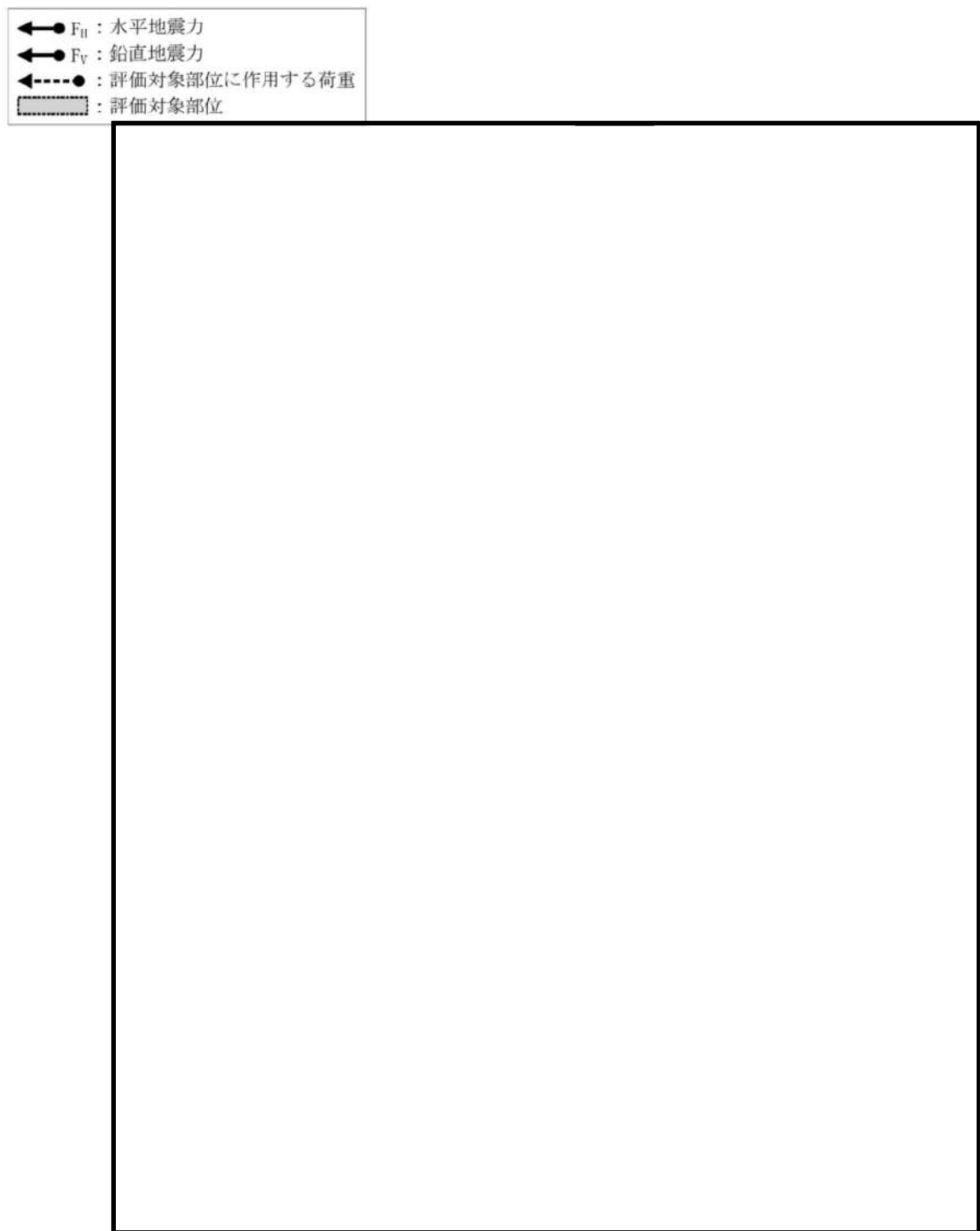


図 7.1-2 水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟東側水密扉



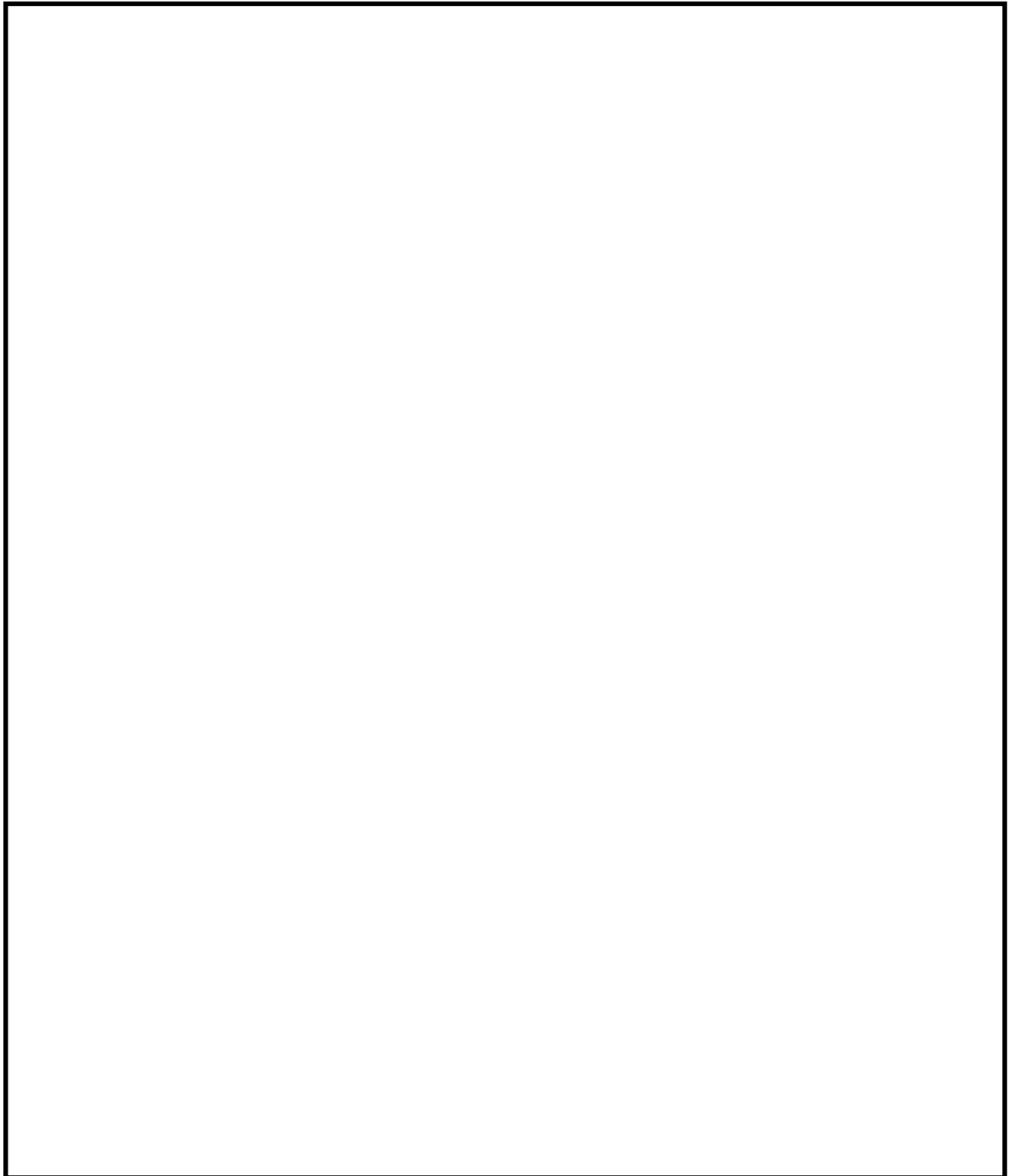
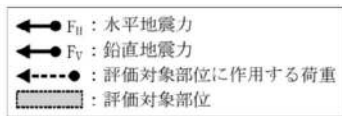


図 7. 1-3 水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟東側水密扉



## 7.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 荷重の設定

#### a. 固定荷重 (G)

水密扉の自重を表7.2-1に示す。

表7.2-1 水密扉の自重

扉名称	固定荷重 (kN)
原子炉建屋付属棟東側水密扉	58.84

#### b. 地震荷重 ( $K_s$ )

地震荷重として、基準地震動  $S_s$  に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、水密扉の固定荷重に設計震度  $K$  を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K$$

ここで、

$K_s$  : 地震荷重 (kN)

$G$  : 水密扉の固定荷重 (kN)

$K$  : 設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対和法により評価する。

### (2) 荷重の組合せ

原子炉建屋水密扉の荷重の組合せを表7.2-2に示す。

表7.2-2 水密扉の荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
原子炉建屋付属棟東側水密扉	$G + K_s$

$G$  : 固定荷重

$K_s$  : 地震荷重

## 7.3 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

### (1) 使用材料及び許容限界

水密扉を構成する扉板、芯材、ヒンジ部、カンヌキ部の使用材料及び許容限界を表7.3-1及び表7.3-2に示す。



表7.3-1 使用材料（原子炉建屋付属棟東側水密扉）

部 位		材 質	仕 様[mm]
扉 板			
ヒンジ部	ヒンジアーム		
	ヒンジピン		
	ヒンジボルト		
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		

表7.3-2 使用材料（原子炉建屋付属棟東側水密扉）

材料	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ	せん断
	235	135
	215	124
	205	118
	205 <sup>*3</sup>	118
	686 <sup>*5</sup>	396
	345 <sup>*7</sup>	199
	651 <sup>*5</sup>	375

\*1：tは板厚（mm）を示す

\*2：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は，「J I S G 4 3 0 3：2012 ステンレス鋼棒」，「J I S G 4 3 0 4：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」及び「J I S G 4 3 1 7：2013 熱間成形ステンレス鋼板鋼」に基づく

\*3：引張りの短期許容応力度も\*2同様

\*4：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は，「J I S G 4 0 5 3：2012 機 械構造用合金鋼鋼材」に基づく

\*5：引張りの短期許容応力度も\*4同様

\*6：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は，「J I S G 4 0 5 1：2012 機 械構造用炭素鋼鋼材」に基づく

\*7：引張りの短期許容応力度も\*6同様



## 7.4 評価方法

### (1) 荷重算定

#### a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジアーム、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。風荷重はヒンジ部に影響を及ぼさないことから除外する。ヒンジ部に生じる荷重の例を図7.4-1に示す。

$$F_H = W_X \cdot K_H$$

$$F_V = W_X \cdot K_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j}$$

ここで、

$W_X$ ：扉体自重(kN)

$K_H$ ：水平方向設計震度

$K_V$ ：鉛直方向設計震度

$F_H$ ：水平地震力(kN)

$F_V$ ：鉛直地震力(kN)

$R_r$ ：扉体幅方向自重反力(kN)

$R_t$ ：扉体厚方向自重反力(kN)

$L_r$ ：扉体重心(幅方向)～ヒンジ芯間距離(m)

$L_t$ ：扉体重心(厚方向)～ヒンジ芯間距離(m)

$L_j$ ：ヒンジ間距離(m)

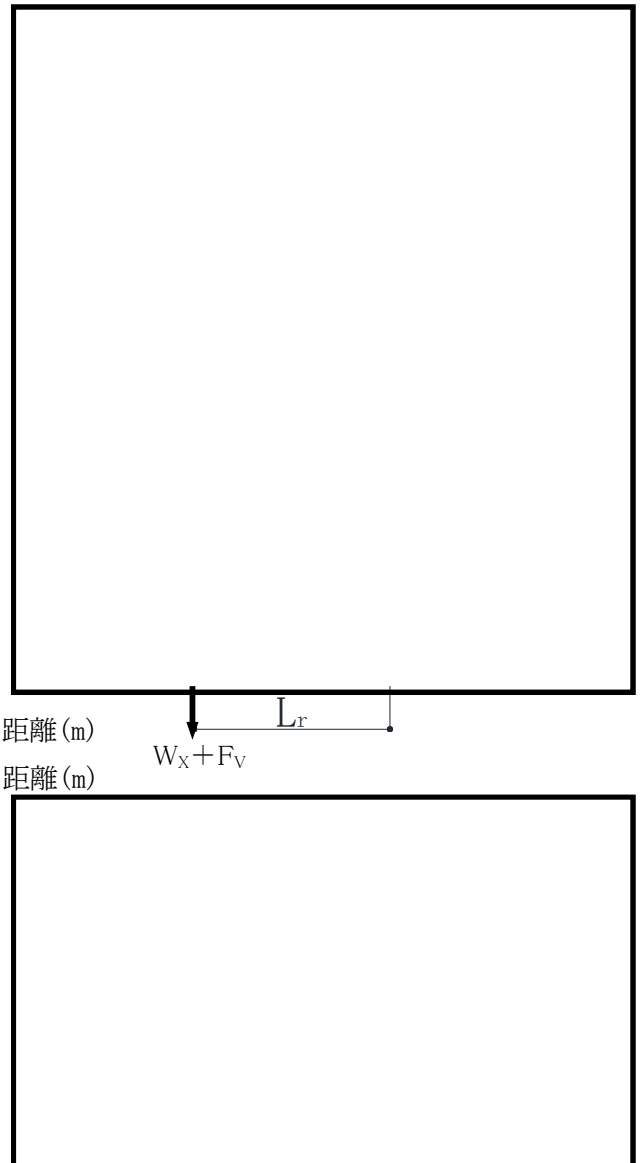


図7.4-1 ヒンジ部に生じる荷重の例



## (a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジアームに生じる荷重の例を図7.4-2に示す。

$$M = (W_X + F_V) \cdot L$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$F_V$  : 鉛直地震力 (kN)

L : 作用点間距離 (mm)

$$Q = W_X + F_V$$

ここで、

Q : せん断力 (kN)



図7.4-2 ヒンジアームに生じる荷重の例



## (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図7.4-3に示す。

$$M = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} / 2 \cdot L$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体幅方向自重反力 (kN)

$R_t$  : 扉体厚方向自重反力 (kN)

$L$  : 軸支持間距離 (mm)

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

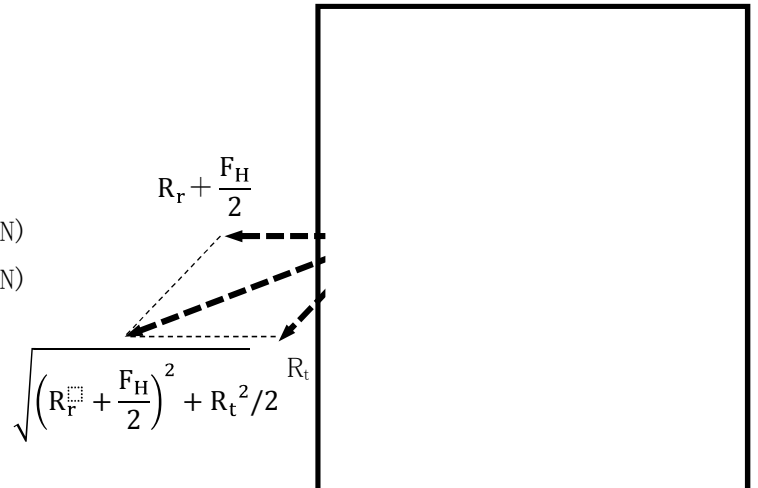


図7.4-3 ヒンジピンに生じる荷重の例

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

## (c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重の例を図7.4-4に示す。

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

$W_x$  : 扉体自重 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$F_v$  : 鉛直地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体幅方向自重反力 (kN)

$$\sqrt{\left(\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right) / 2\right)^2 + (W_x + F_v)^2}$$

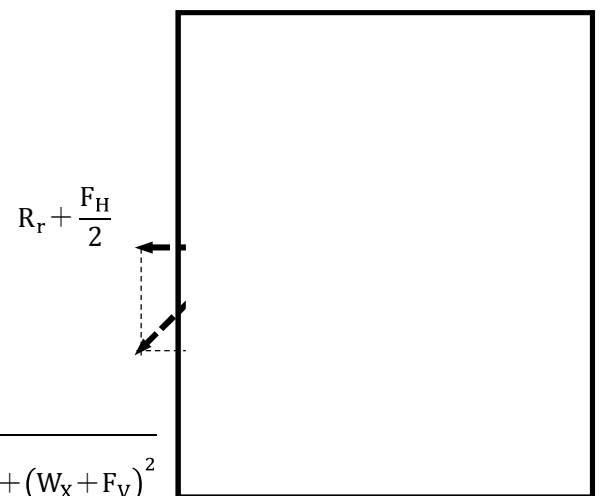


図7.4-4 ヒンジボルトに生じる荷重の例



## b. カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び風荷重から、各部材に発生する荷重を算定する。カンヌキ部に生じる荷重の例を図7. 4-5に示す。尚、風荷重はカンヌキ部へは発生しない。

$$F_H = W_X \cdot K_H$$

ここで、

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$K_H$  : 水平方向設計震度

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

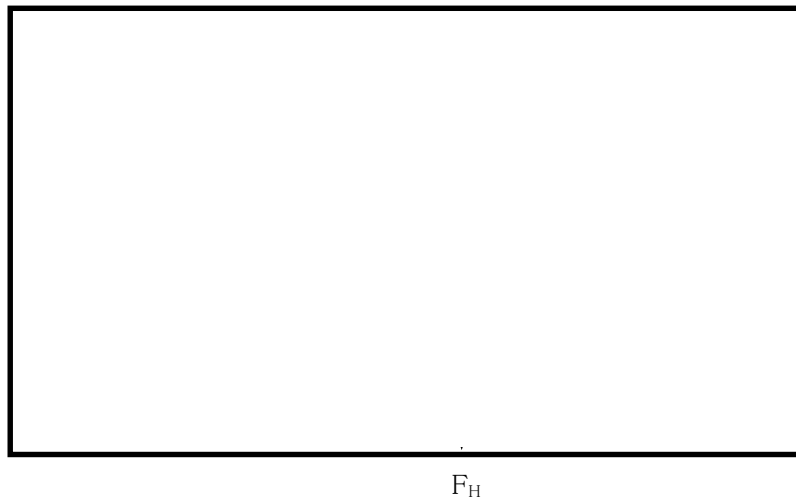


図7. 4-5 カンヌキ部に生じる荷重の例

## (a) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。カンヌキに生じる荷重の例を図7. 4-6に示す。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$n$  : カンヌキの本数

$L_b$  : 作用点間距離 (mm)

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

ここで、

$Q$  : セン断力 (kN)

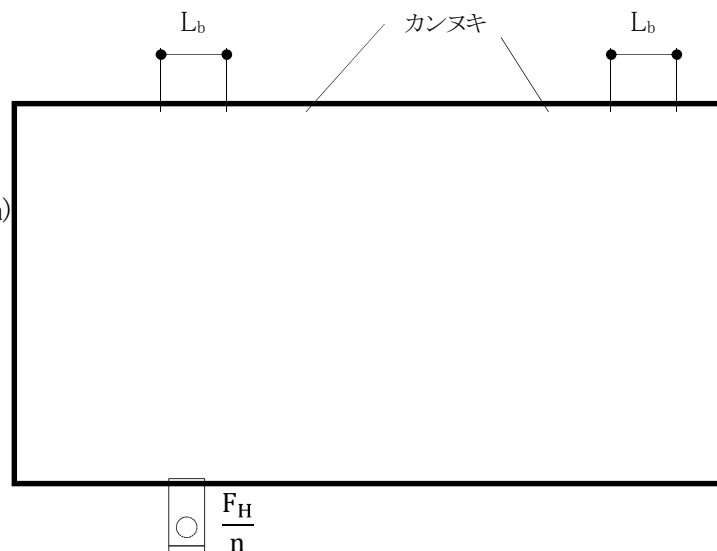


図7. 4-6 カンヌキに生じる荷重の例



## (b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる荷重は、次式により算定する。カンヌキ受けピンに生じる荷重の例を図7.4-7に示す。

$$M = \frac{1}{4} \cdot \frac{F_H}{n} \cdot L_p$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$n$  : カンヌキの本数

$L_p$  : 作用点間距離 (mm)

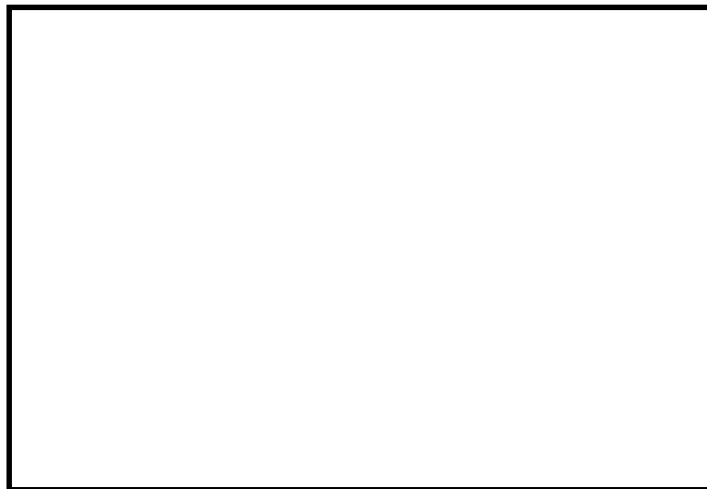


図7.4-7 カンヌキ受けピンに生じる荷重の例

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

## (c) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる荷重は、次式により算定する。カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例を図7.4-8に示す。

$$T = \frac{F_H}{n}$$

ここで、

$T$  : 引張力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$n$  : カンヌキの本数



図7.4-8 カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例



## (2) 断面検定

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

## a. ヒンジ

## (a) ヒンジアーム

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで，

- $\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- M : 曲げモーメント (kN・m)
- Q : せん断力 (kN)
- Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (b) ヒンジピン

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで，

- $\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- M : 曲げモーメント (kN・m)
- Q : せん断力 (kN)
- Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)



## b. カンヌキ

## (a) カンヌキ

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで、

$\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (b) カンヌキ受けピン

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

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

$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot A} \quad \dots\dots\dots (2\text{面せん断})$$

ここで、

$\sigma$  : 曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)



## c. ボルト

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

$$\tau = \frac{Q}{n \cdot A_b}$$

ここで、

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : せん断力 (kN)

$n$  : 本数 (本)

$A_b$  : 1本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)

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

ここで、

$\sigma_T$  : 引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$T$  : 引張力 (kN)

$n$  : 本数 (本)

$A_b$  : 1本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)



## 7.5 評価条件

「7.4 評価方法」に用いる評価条件を表7.5-1に示す。



表7.5-1 耐震評価に用いる条件 (1/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数値
共通		$W_x$	kN	扉体自重	
		$K_H \cdot K_V$	-	水平方向設計震度	
				鉛直方向設計震度	
ヒンジ部	共通	$L_r$	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離（幅方向）	
		$L_t$	m	扉体重心～ヒンジ芯間距離（厚方向）	
		$L_j$	m	ヒンジ間距離	
	ヒンジアーム	$L$	mm	作用点間距離	
		$Z$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A$	mm <sup>2</sup>	断面積	



表7.5-1 耐震評価に用いる条件 (2/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数 値
ヒンジ部	ヒンジピン	L	mm	軸支持間距離	
		Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ヒンジボルト	n	本	本数	
		A <sub>b</sub>	mm <sup>2</sup>	断面積	
カンヌキ部	カンヌキ	L <sub>b</sub>	mm	軸支持間距離	
		Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	
	カンヌキ受けピン	L <sub>p</sub>	mm	軸支持間距離	
		Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	



表7.5-1 耐震評価に用いる条件 (3/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数値
カンヌキ部	カンヌキ受け ボルト	n	本	本数	<div></div>
		A <sub>b</sub>	mm <sup>2</sup>	断面積	



## 7.6 評価結果

原子炉建屋付属棟東側水密扉の評価結果を表7.6-1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。

表7.6-1 評価結果

名 称	評価対象部位		発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力度／ 許容限界値
原子炉建屋 付属棟 東側水密扉	ヒンジ部	ヒンジアーム	152	205	0.75
		ヒンジピン	62	686	0.10
		ヒンジボルト	69	375	0.19
	カンヌキ部	カンヌキ	143	205	0.70
		カンヌキ受けピン*1	412	686	0.61
		カンヌキ受けボルト	53	375	0.09

\*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



## 8. 原子炉建屋付属棟南側水密扉

### 8.1 評価部位

評価対象部位は、水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。なお、評価対象部位ごとに、扉の開閉状況を考慮のうえ地震荷重を設定する。

水密扉に生じる地震力（水平、鉛直）に伴う扉本体に作用する慣性力は、ヒンジ及びロックバーから、ボルトを介して扉枠に伝達し、アンカーを介して躯体に伝達しているため、評価部位をヒンジ（板及びピン）、ロックバー、ヒンジボルト及びロックボルトとする。

原子炉建屋付属棟南側水密扉の構造図を図8.1-1、水密扉閉鎖時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位及び水密扉開放時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図8.1-2及び図8.1-3に示す。

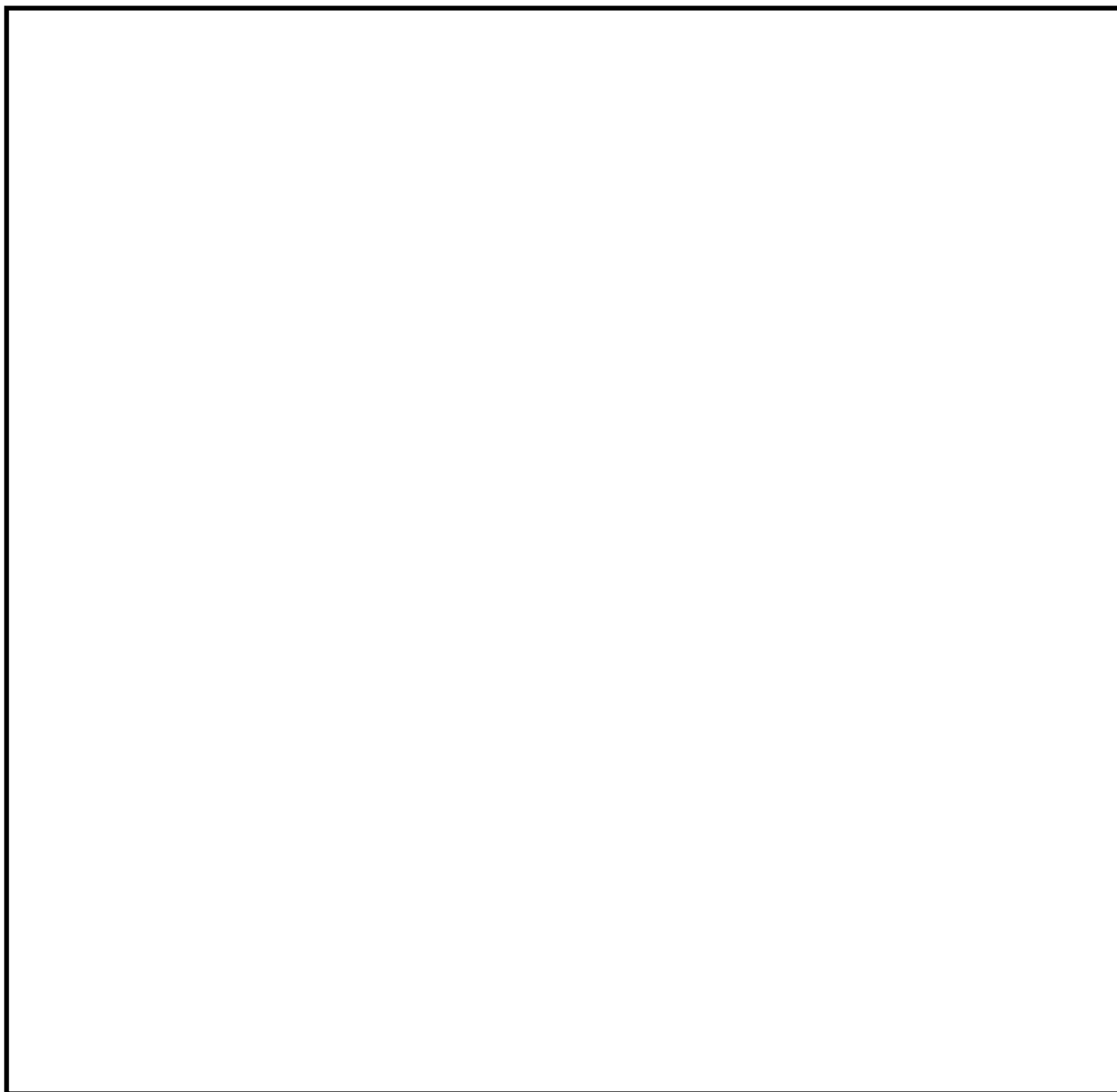


図8.1-1 原子炉建屋付属棟南側水密扉



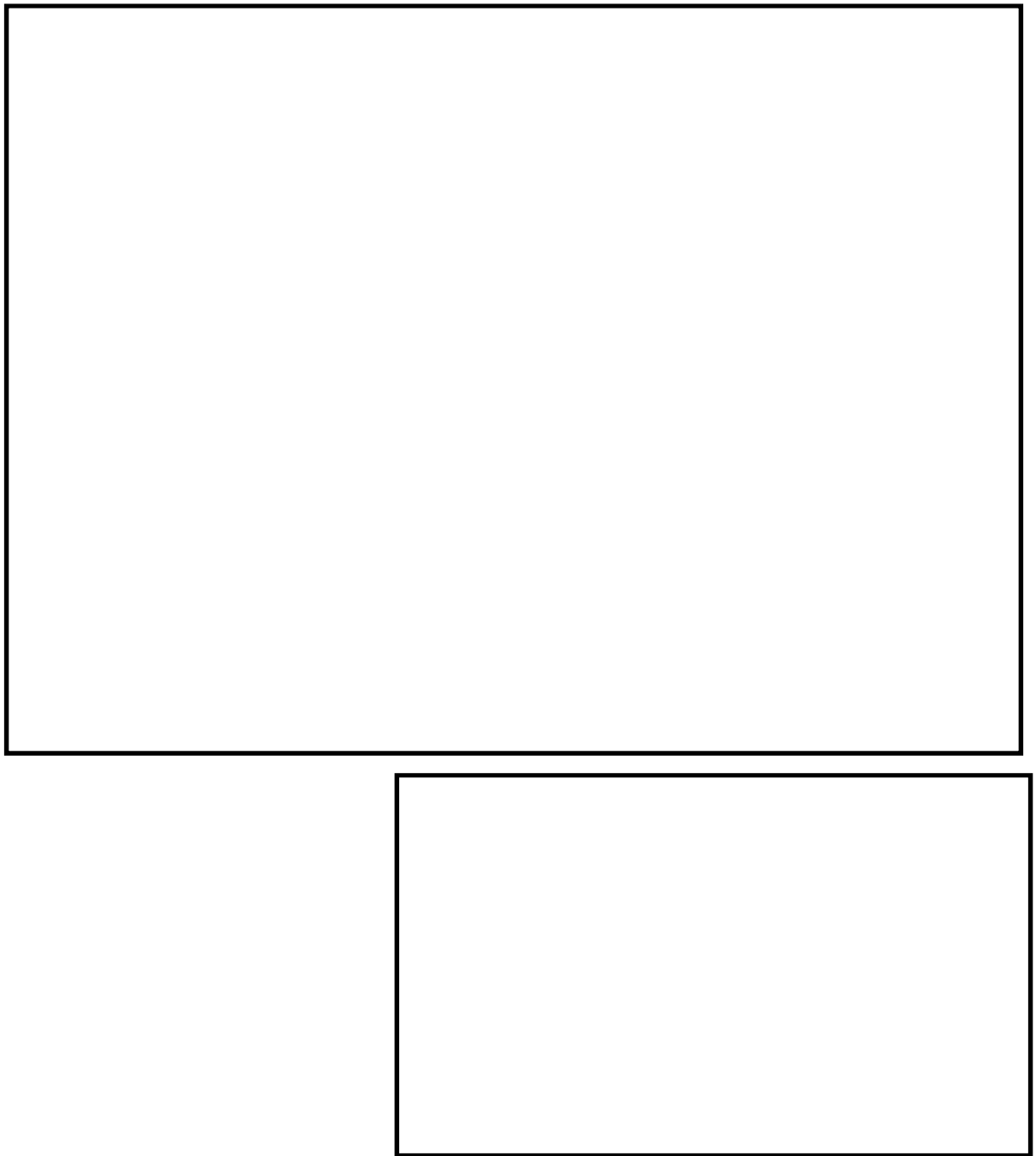


図 8.1-2 水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟南側水密扉



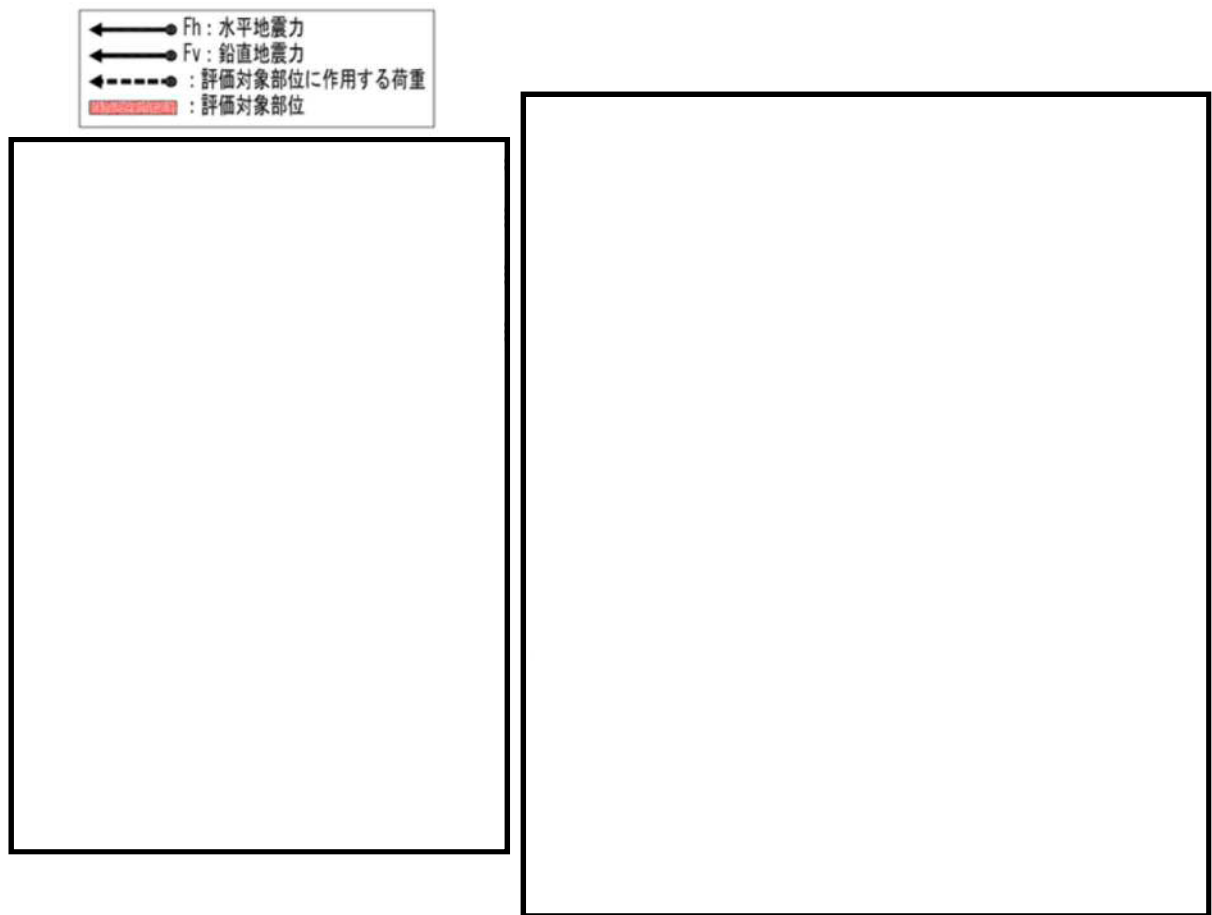


図 8.1-3 水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟南側水密扉



## 8.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 荷重の設定

#### a. 固定荷重（G）

水密扉の自重を表8.2-1に示す。

表8.2-1 水密扉の自重

扉名称	固定荷重（kN）
原子炉建屋付属棟南側水密扉	8.85

#### b. 地震荷重（ $K_s$ ）

地震荷重として、基準地震動  $S_s$  に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、水密扉の固定荷重に設計震度  $K$  を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K$$

ここで、

$K_s$ ：地震荷重（kN）

$G$ ：水密扉の固定荷重（kN）

$K$ ：設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対和法により評価する。

### (2) 荷重の組合せ

原子炉建屋水密扉の荷重の組合せを表8.2-2に示す。

表8.2-2 水密扉の荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
原子炉建屋付属棟南側水密扉	$G + K_s$

$G$ ：固定荷重

$K_s$ ：地震荷重



### 8.3 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

#### (1) 使用材料及び許容限界

水密扉を構成する扉板、芯材、ヒンジ部、ロックバー部の使用材料及び許容限界を表8.3-1及び表8.3-2に示す。

表8.3-1 使用材料

部 位		材 質	仕 様[mm]
扉 板			
芯 材	主 桁		
	中間縦桁		
	端縦桁		
ヒンジ	ヒンジ板		
	ヒンジピン		
	ヒンジボルト		
ロックバー			
ロックボルト			

表8.3-2 使用材料（原子炉建屋付属棟南側水密扉）

材料	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ・引張り	せん断
	235	135
	215	124
	205	118
	345	199

\*1：tは板厚（mm）を示す

\*2：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「J I S G 4 3 0 3 : 2012 ステンレス鋼棒」, 「J I S G 4 3 0 4 : 2102 熱間圧延ステンレス鋼版及び鋼帯」及び「J I S G 4 3 1 7 : 2013 熱間成形ステンレス鋼版鋼」に基づく



## 8.4 評価方法

### (1) 荷重算定

#### a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を図 8.4-1 に示す。

$$F_H = W_X \cdot k_H$$

$$F_V = W_X \cdot k_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

ここで、

$W_X$ ：扉体自重 (kN)

$k_H$ ：水平方向設計震度

$k_V$ ：鉛直方向設計震度

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$F_V$ ：鉛直地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

$L_r$ ：扉体重心～ヒンジ中心間距離 (m)

$L_j$ ：ヒンジ中心間距離 (m)

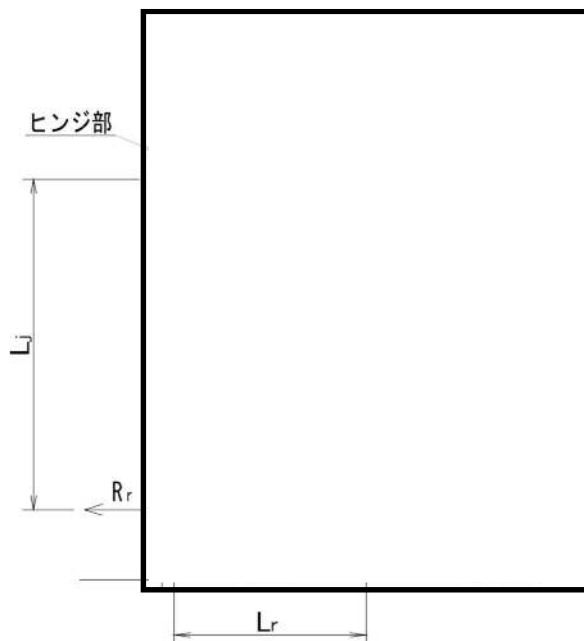


図 8.4-1 ヒンジ部に生じる荷重の例



## (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図 8.4-2 に示す。

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

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

ここで、

M：曲げモーメント (kN・m)

Q：せん断力 (kN)

$W_x$ ：扉体自重 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$F_V$ ：鉛直地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

$L_1$ ：作用点間距離 (mm)

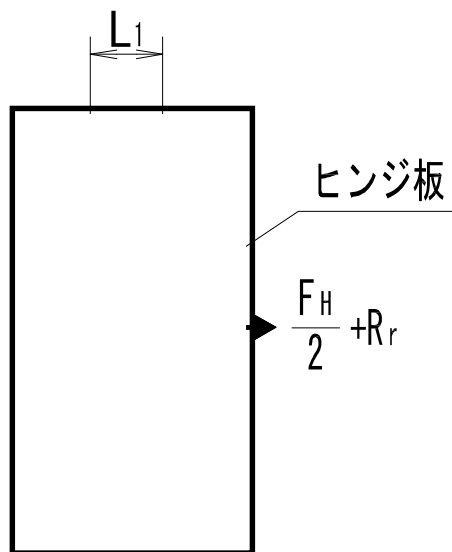


図 8.4-2 ヒンジ板に生じる荷重の例

## (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図 8.4-3 に示す。

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

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

ここで、

M：曲げモーメント (kN・m)

Q：せん断力 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

$L_2$ ：軸支持間距離 (mm)

$B_2$ ：ブッシュ長さ (mm)

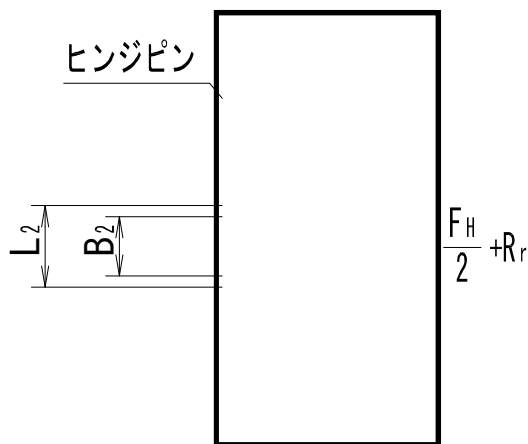


図 8.4-3 ヒンジピンに生じる荷重の例



## (c) ヒンジボルト

ヒンジボルトには荷重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図 8.4-4 に示す。

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

ここで，

$Q$ ：せん断力 (kN)

$W_x$ ：扉体自重 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$F_V$ ：鉛直地震力 (kN)

$R_r$ ：扉体自重反力 (kN)

ヒンジボルト

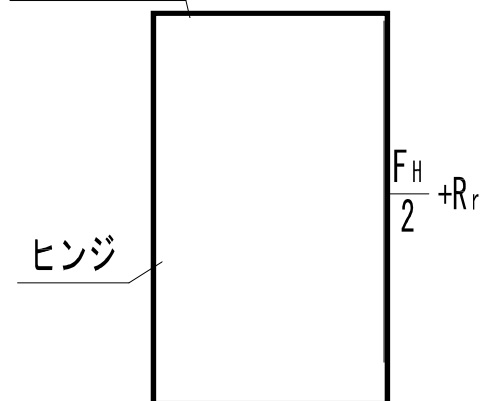


図 8.4-4 ヒンジボルトに生じる荷重の例

## b. ロックバー部

ロックバー部は，ロックバー及びロックボルトで構成されており，次式により算定する  
水平地震力から，各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を  
図 8.4-5 に示す。

$$F_H = W_x \cdot k_H$$

ここで，

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$W_x$ ：扉体自重 (kN)

$k_H$ ：水平方向設計震度

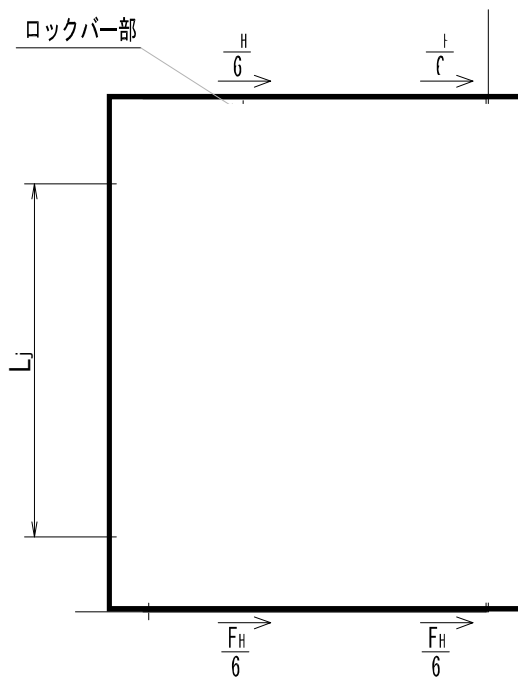


図 8.4-5 ロックバー部に生じる荷重の例



## (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図 8.4-6 に示す。

$$M = \frac{F_H}{6} \cdot L_3$$

$$Q = \frac{F_H}{6}$$

ここで、

M：曲げモーメント (kN・m)

Q：せん断力 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

$L_3$ ：作用点間距離 (mm)

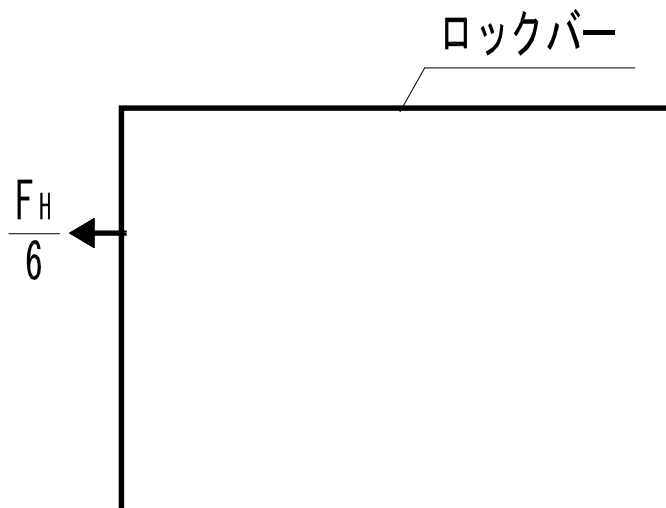


図 8.4-6 ロックバー部に生じる荷重の例

## (b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算出する。ロックボルトに生じる荷重の例を図 8.4-7 に示す。

$$Q = \frac{F_H}{6}$$

ここで、

Q：せん断力 (kN)

$F_H$ ：水平地震力 (kN)

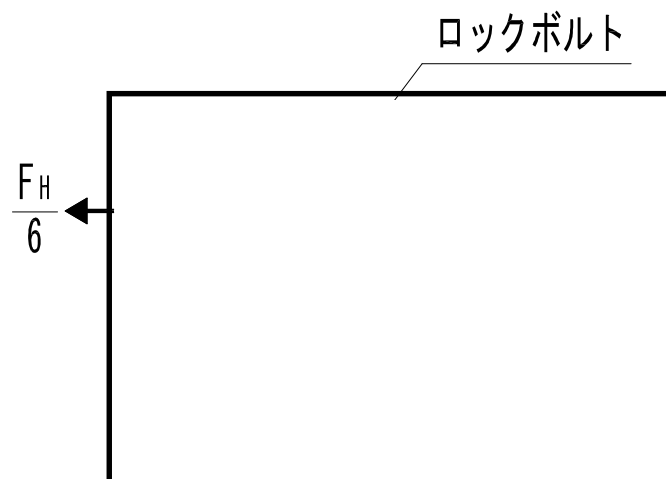


図 8.4-7 ロックボルトに生じる荷重の例



## (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。

## e. ヒンジ部

## (a) ヒンジ板

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

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

ここで、

$\sigma$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$Q$  : せん断力 (kN)

$Z_1$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_1$  : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

## f. ヒンジピン

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

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

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

ここで、

$\sigma$  : 曲げ応力度 (N・mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力度 (N・mm<sup>2</sup>)

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$Q$  : せん断力 (kN)

$Z_2$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_2$  : 断面積 (mm<sup>2</sup>)



## (c) ヒンジボルト

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

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

ここで，

$\tau$ ：せん断応力度(N・mm<sup>2</sup>)

$Q$ ：せん断力(kN)

$n_1$ ：本数(本)

$A_{b1}$ ：1本当たりの断面積(mm<sup>2</sup>)

## b. ロックバー部

## (a) ロックバー

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

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

ここで，

$\sigma$ ：組合せ応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$M$ ：曲げモーメント(kN・m)

$Q$ ：せん断力(kN)

$Z_3$ ：断面係数(mm<sup>3</sup>)

$A_3$ ：断面積(mm<sup>2</sup>)



(b) ロックボルト

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

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

ここで、

$\tau$ ：せん断応力度(N・mm<sup>2</sup>)

$Q$ ：せん断力(kN)

$n_2$ ：本数(本)

$A_{b2}$ ：1本当たりの断面積(mm<sup>2</sup>)



## 8.5 評価条件

「8.4 評価方法」用いる評価条件を表 8.5-1 に示す。

表 8.5-1 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数 値
共 通		$W_X$	kN	扉体自重	
		$k_H$	—	水平方向設計震度	
		$k_V$	—	鉛直方向設計震度	
ヒ ン ジ	共 通	$L_r$	m	扉体重心～ヒンジ中 心間距離	
		$L_j$	m	ヒンジ中心間距離	
	板	$L_1$	mm	作用点間距離	
		$Z_1$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A_1$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ピ ン	$L_2$	mm	軸支持間距離	
		$B_2$	mm	ブッシュ長さ	
		$Z_2$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A_2$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ヒンジ ボルト	$n_1$	本	本数	
		$A_{b1}$	mm <sup>2</sup>	1 本当たりの断面積 (M16)	

表 8.5-1 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位	記 号	単 位	定 義	数 値
ロッ ク バ ー	$L_3$	mm	作用点間距離	
	$Z_3$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
	$A_3$	mm <sup>2</sup>	断面積	
ロッ ク ボ ルト	$n_2$	本	本数	
	$A_{b2}$	mm <sup>2</sup>	1 本当たりの断面積 (M16)	



## 8.6 評価結果

原子炉建屋付属棟南側水密扉の評価結果を表 8.6-1 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。

表 8.6-1 評価結果

名 称	評価対象部位		発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容 限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力 度/許容 限界値
原子炉建屋付属棟 南側水密扉	ヒンジ部	板	159	205	0.78
		ピン*1	69	345	0.20
		ヒンジボルト	46	118	0.39
	ロックバー部	ロックバー	4	345	0.02
		ロックボルト	4	118	0.04

\*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



## 9. 原子炉建屋付属棟西側水密扉

### 9.1 評価部位

評価対象部位は、水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。なお、評価対象部位ごとに、扉の開閉状況を考慮のうえ地震荷重を設定する。

水密扉に生じる地震力（水平、鉛直）に伴う扉本体に作用する慣性力は、ヒンジ及びカンヌキから、ボルトを介して扉枠に伝達し、アンカーを介して躯体に伝達しているため、評価部位をヒンジ、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトとする。

原子炉建屋原子炉建屋付属棟西側水密扉構造図を図9.1-1、水密扉閉鎖時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位及び水密扉開放時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図9.1-2及び図7.1-3に示す。

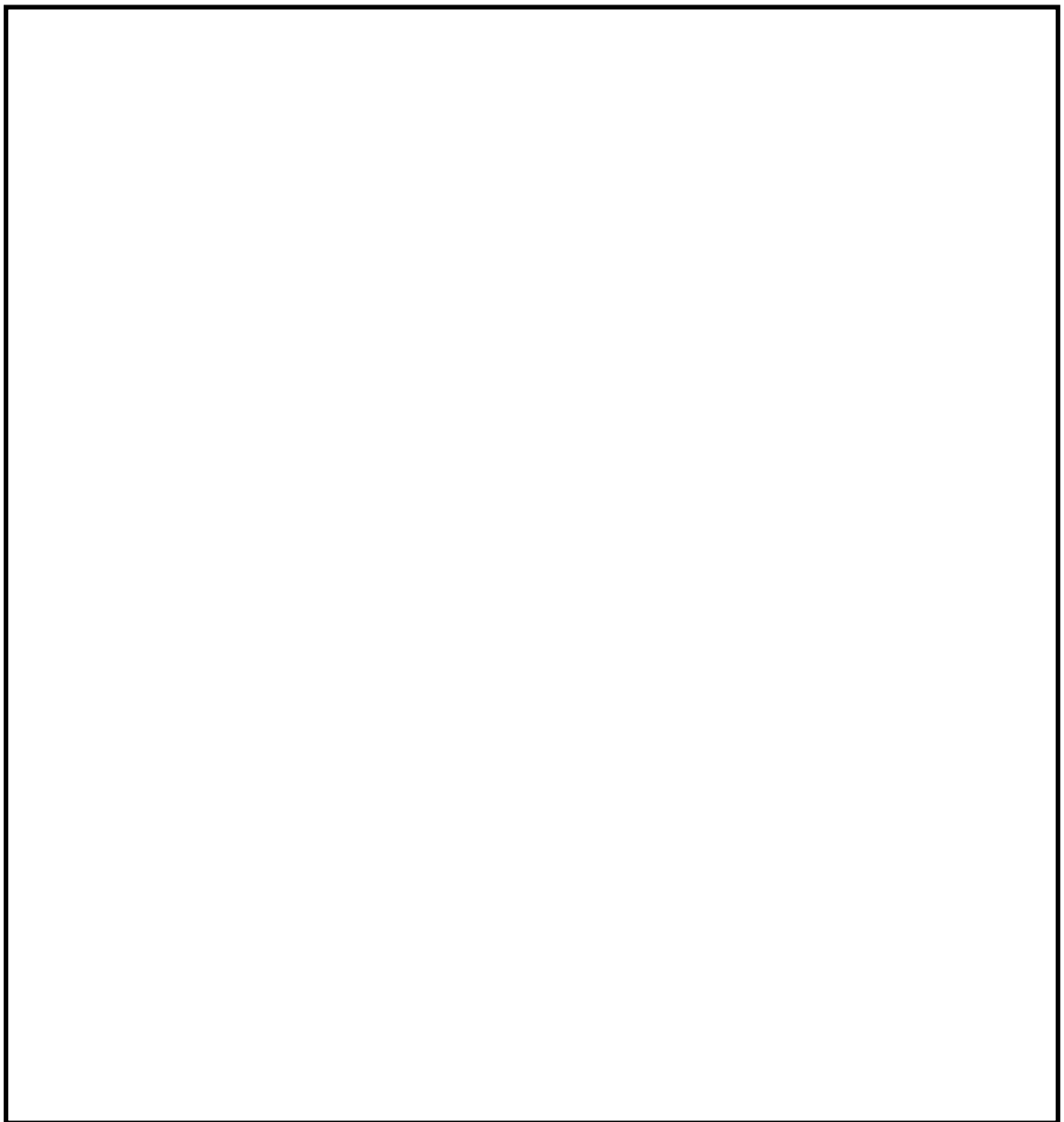


図9.1-1 原子炉建屋付属棟西側水密扉



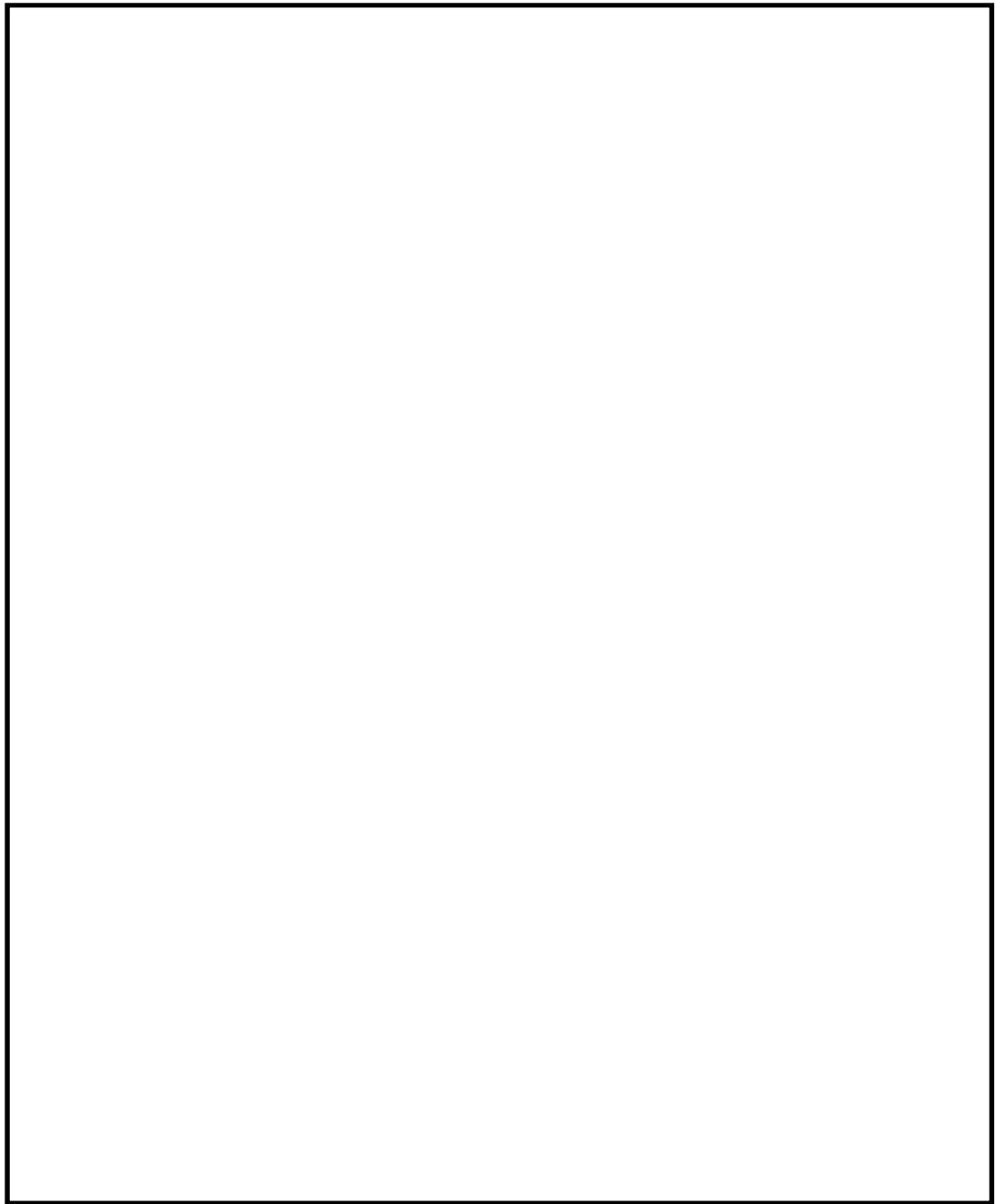
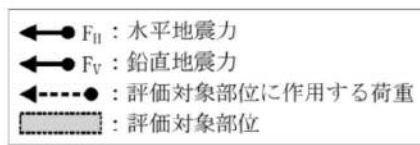


図 9.1-2 水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟西側水密扉



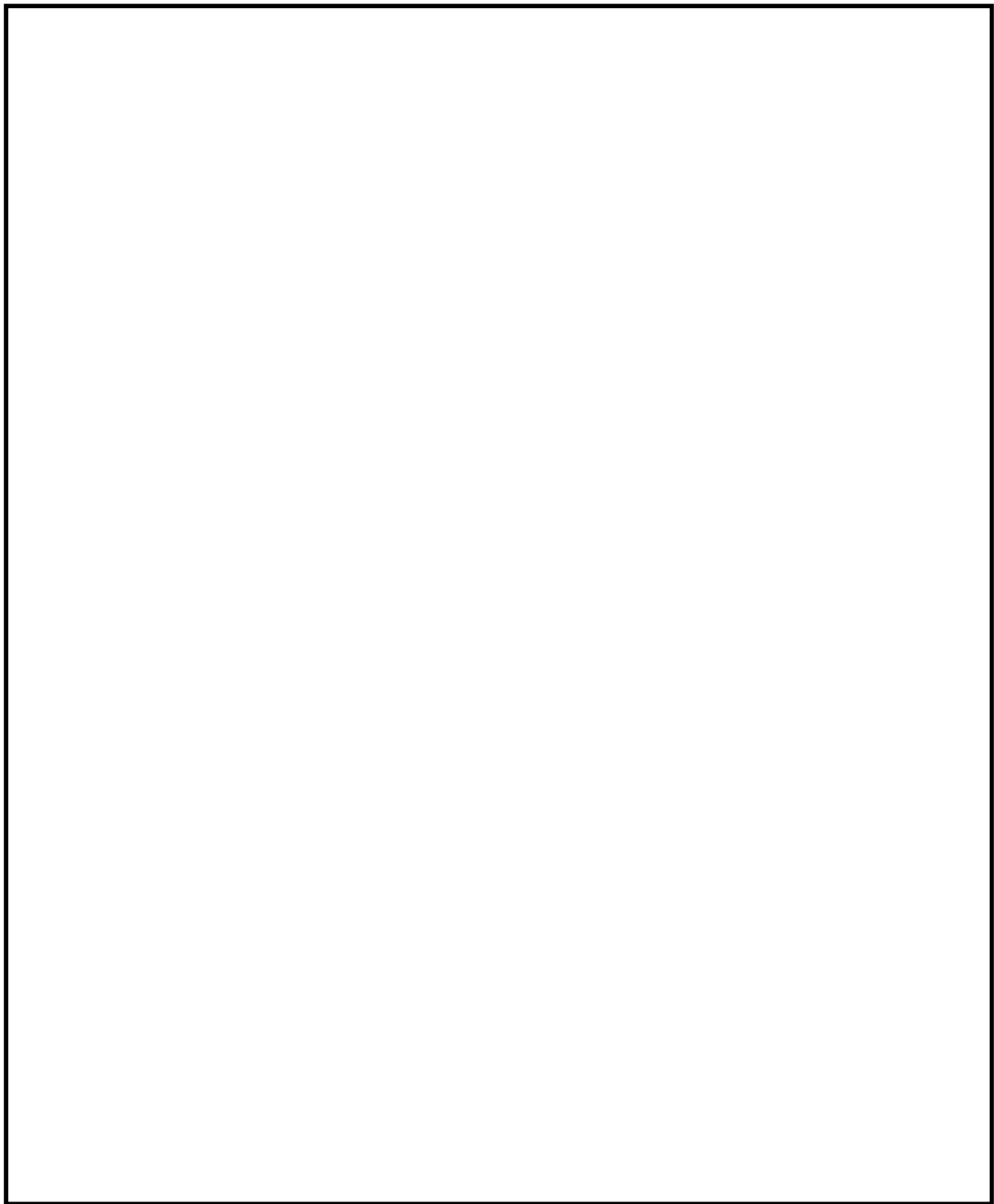


図 9.1-3 水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
原子炉建屋付属棟西側水密扉



## 9.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 荷重の設定

#### a. 固定荷重 (G)

水密扉の自重を表9.2-1に示す。

表9.2-1 水密扉の自重

扉名称	固定荷重 (kN)
原子炉建屋付属棟西側水密扉	10.30

#### b. 地震荷重 ( $K_s$ )

地震荷重として、基準地震動  $S_s$  に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、水密扉の固定荷重に設計震度  $K$  を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K$$

ここで、

$K_s$  : 地震荷重 (kN)

$G$  : 水密扉の固定荷重 (kN)

$K$  : 設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対和法により評価する。

### (2) 荷重の組合せ

水密扉の荷重の組合せを表9.2-2に示す。

表9.2-2 水密扉の荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
原子炉建屋付属棟西側水密扉	$G + K_s$

$G$  : 固定荷重

$K_s$  : 地震荷重

## 9.3 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

### (1) 使用材料及び許容限界

水密扉を構成する扉板、芯材、ヒンジ部、カンヌキ部の使用材料及び許容限界を表9.3-1及び表9.3-2に示す。



表9.3-1 使用材料

部 位		材 質	仕 様[mm]
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		
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		

## (2) 許容限界

表9.3-2 許容限界

材料	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ	せん断
	235	135
	215	124
	205 <sup>*3</sup>	118
	686 <sup>*5</sup>	396
	651 <sup>*5</sup>	375
	345 <sup>*7</sup>	199

注記 \*1：tは板厚（mm）を示す

\*2：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は，「J I S G 4303：2012 ステンレス鋼棒」，「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」及び「J I S G 4317：2013 熱間成形ステンレス鋼板鋼」に基づく

\*3：引張りの短期許容応力度も\*2同様

\*4：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は，「J I S G 4053：2012 機：械構造用合金鋼鋼材」に基づく

\*5：引張りの短期許容応力度も\*4同様

\*6：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は，「J I S G 4051：2012 機械構造用炭素鋼鋼材」に基づく

\*7：引張りの短期許容応力度も\*6同様



## 9.4 評価方法

### (1) 荷重算定

#### a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジアーム、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を図9.4-1に示す。

$$F_H = W_X \cdot K_H$$

$$F_V = W_X \cdot K_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j}$$

ここで、

$W_X$ ：扉体自重(kN)

$K_H$ ：水平方向設計震度

$K_V$ ：鉛直方向設計震度

$F_H$ ：水平地震力(kN)

$F_V$ ：鉛直地震力(kN)

$R_r$ ：扉体幅方向自重反力(kN)

$R_t$ ：扉体厚方向自重反力(kN)

$L_r$ ：扉体重心（幅方向）～ヒンジ芯間距離(m)

$L_t$ ：扉体重心（厚方向）～ヒンジ芯間距離(m)

$L_j$ ：ヒンジ間距離(m)

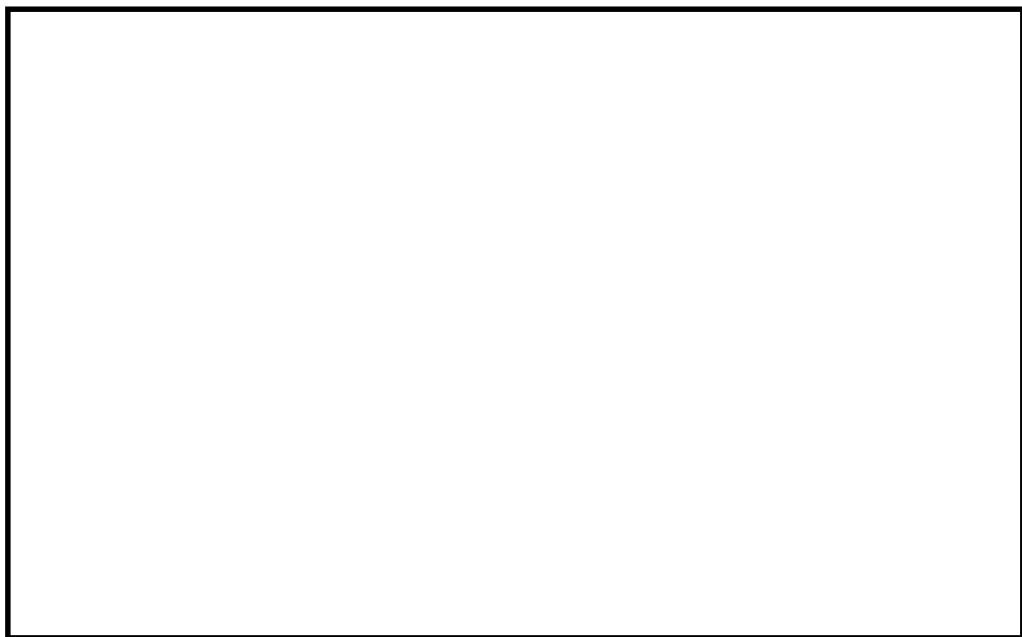


図9.4-1 ヒンジ部に生じる荷重の例



## (a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジアームに生じる荷重の例を図9.4-2に示す。

$$M = (W_X + F_V) \cdot L$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$F_V$  : 鉛直地震力 (kN)

$L$  : 作用点間距離 (mm)

$$Q = W_X + F_V$$

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

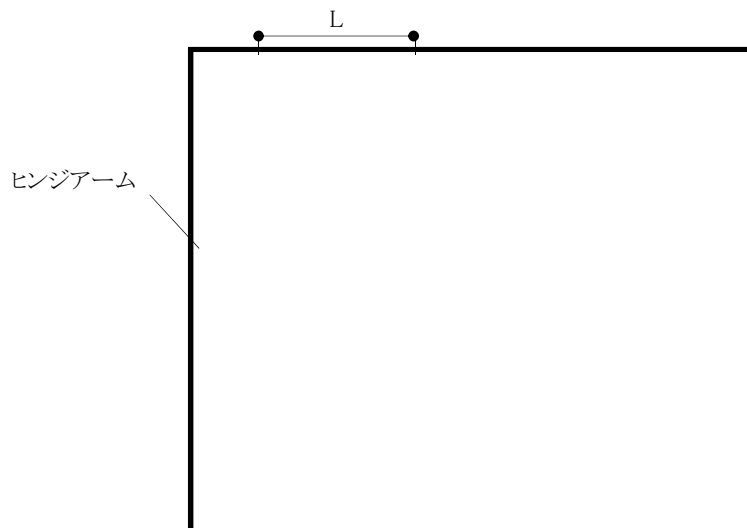


図9.4-2 ヒンジアームに生じる荷重の例



## (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図9.4-3に示す。

$$M = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} \cdot L$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$R$  : 扉体自重反力 (kN)

$L$  : 軸支持間距離 (mm)

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

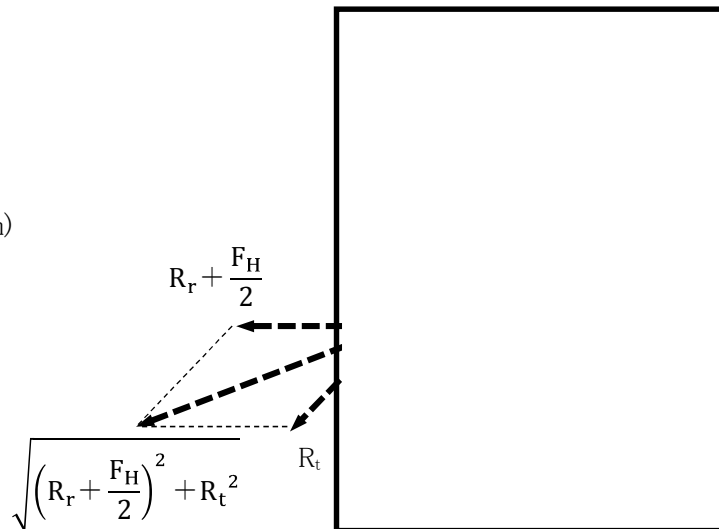


図9.4-3 ヒンジピンに生じる荷重の例

## (c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重の例を図9.4-4に示す。

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$F_V$  : 鉛直地震力 (kN)

$R$  : 扉体自重反力 (kN)

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

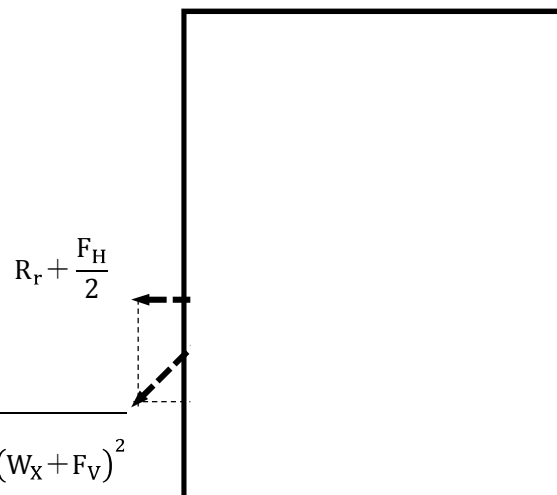


図9.4-4 ヒンジボルトに生じる荷重の例



## b. カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。カンヌキ部に生じる荷重の例を図9.4-5に示す。

$$F_H = W_X \cdot K_H$$

ここで、

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$K_H$  : 水平方向設計震度

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

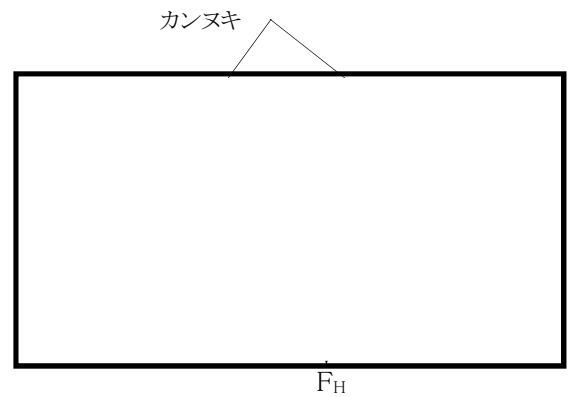


図9.4-5 カンヌキ部に生じる荷重の例

## (a) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。カンヌキに生じる荷重の例を図9.4-6に示す。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$n$  : カンヌキの本数

$L_b$  : 作用点間距離 (mm)

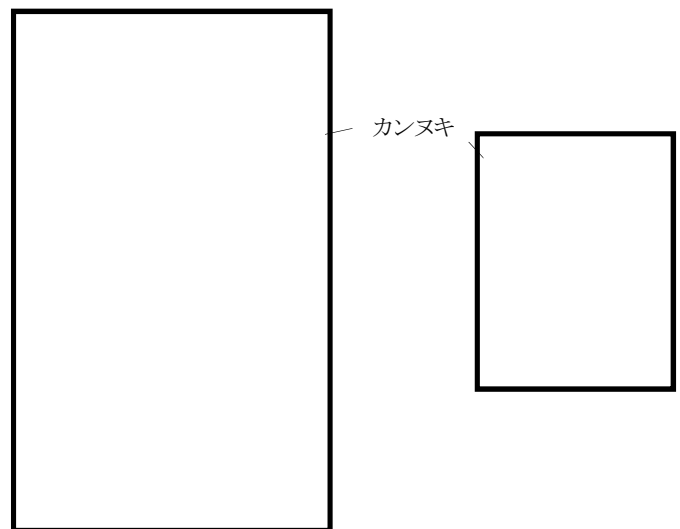


図9.4-6 カンヌキに生じる荷重の例

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

ここで、

$Q$  : セン断力 (kN)



## (b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる荷重は、次式により算定する。カンヌキ受けピンに生じる荷重の例を図9.4-7に示す。

$$M = \frac{1}{4} \cdot \frac{F_H}{n} \cdot L_p$$

ここで、

M : 曲げモーメント (kN・m)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

n : カンヌキの本数

$L_p$  : 作用点間距離 (mm)



図9.4-7 カンヌキ受けピンに生じる荷重の例

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

ここで、

Q : せん断力 (kN)

## (c) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる荷重は、次式により算定する。カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例を図9.4-8に示す。

$$T = \frac{F_H}{n}$$

ここで、

T : 引張力 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

n : カンヌキの本数



図9.4-8 カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例



## (2) 断面検定

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

## a. ヒンジ

## (a) ヒンジアーム

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで，

- $\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- M : 曲げモーメント (kN・m)
- Q : せん断力 (kN)
- Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (b) ヒンジピン

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで，

- $\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- M : 曲げモーメント (kN・m)
- Q : せん断力 (kN)
- Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)



## b. カンヌキ

## (a) カンヌキ

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

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここで、

$\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (b) カンヌキ受けピン

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

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

$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot A}$$

ここで、

$\sigma$  : 曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A : 断面積 (mm<sup>2</sup>)



## c. ボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度及びカンヌキ受けボルトに生じるせん断応力度及び引張応力度を次式により算定し、ボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{n \cdot A_b}$$

ここで、

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : せん断力 (kN)

$n$  : 本数 (本)

$A_b$  : 1本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)

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

ここで、

$\sigma_T$  : 引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$T$  : 引張力 (kN)

$n$  : 本数 (本)

$A_b$  : 1本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)



## 9.5 評価条件

「9.4 評価方法」に用いる評価条件を表9.5-1に示す。



表9.5-1 耐震評価に用いる条件 (1/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数値
共通		$W_X$	kN	扉体自重	
		$K_H \cdot K_V$	-	水平方向設計震度	
				鉛直方向設計震度	
ヒンジ部	共通	$L_r$	m	扉体重心～ヒンジ芯間 距離（幅方向）	
		$L_t$	m	扉体重心～ヒンジ芯間 距離（厚方向）	
		$L_j$	m	ヒンジ間距離	
	ヒンジアーム	$L$	mm	作用点間距離	
		$Z$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A$	mm <sup>2</sup>	断面積	



表9.5-1 耐震評価に用いる条件 (2/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数値
ヒンジ部	ヒンジピン	L	mm	軸支持間距離	
		Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ヒンジボルト	n	本	本数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	
カンヌキ部	カンヌキ	L <sub>b</sub>	mm	軸支持間距離	
		Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	
	カンヌキ受けピン	L <sub>p</sub>	mm	軸支持間距離	
		Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		A	mm <sup>2</sup>	断面積	



表9.5-1 耐震評価に用いる条件 (3/3)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数値
カンヌキ部	カンヌキ受けボルト	n	本	本数	
		$A_b$	$\text{mm}^2$	断面積	



## 9.6 評価結果

原子炉建屋付属棟西側水密扉の評価結果を表9.6-1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。

表9.6-1 評価結果

名 称	評価対象部位		発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力度／ 許容限界値
原子炉建屋 付属棟西側 水密扉	ヒンジ部	ヒンジアーム	85	215	0.40
		ヒンジピン	176	651	0.28
		ヒンジボルト	50	375	0.14
	カンヌキ部	カンヌキ	34	205	0.17
		カンヌキ受けピン*1	124	345	0.36
		カンヌキ受けボルト	14	651	0.03

\*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



## 10 立坑部水密扉

### 10.1 評価対象部位

評価対象部位は、水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。なお、評価対象部位ごとに、扉の開閉状況を考慮のうえ地震荷重を設定する。

水密扉に生じる地震力（水平、鉛直）に伴う扉本体に作用する慣性力は、ヒンジ及びロックバーから、ボルトを介して扉枠に伝達し、アンカーを介して躯体に伝達しているため、評価部位をヒンジ（板及びピン）、ロックバー、ヒンジボルト及びロックボルトとする。

立坑部水密扉1の構造図を図10.1-1、水密扉閉鎖時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位及び水密扉開放時の地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図10.1-2及び図10.1-3に示す。

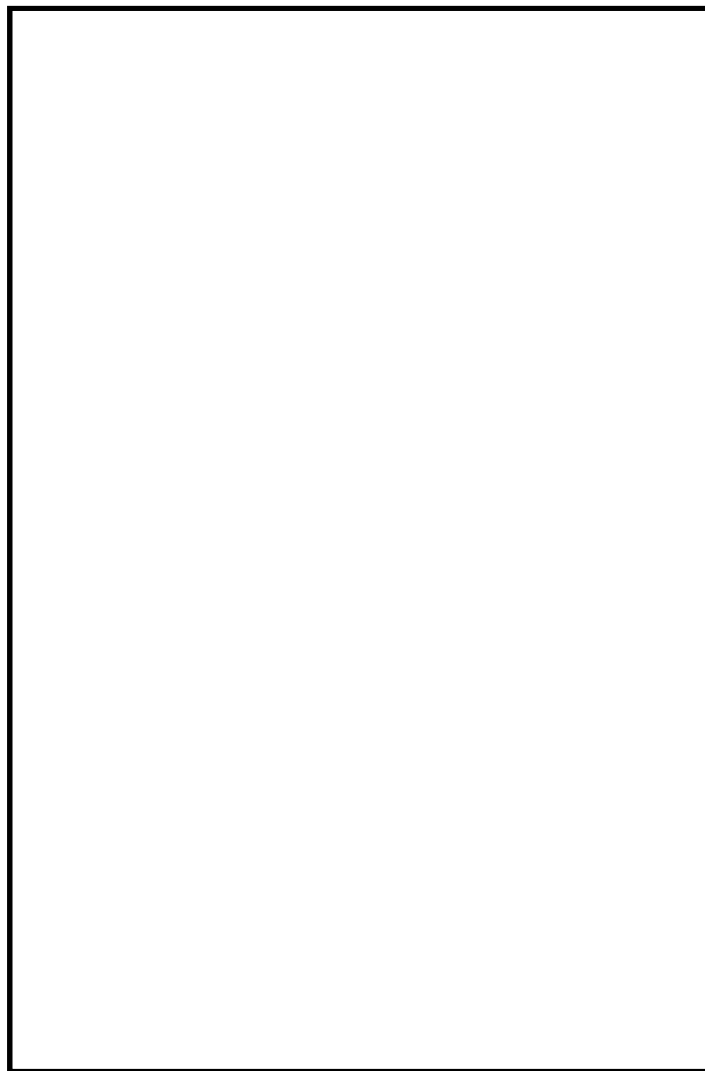


図10.1-1 立坑部水密扉



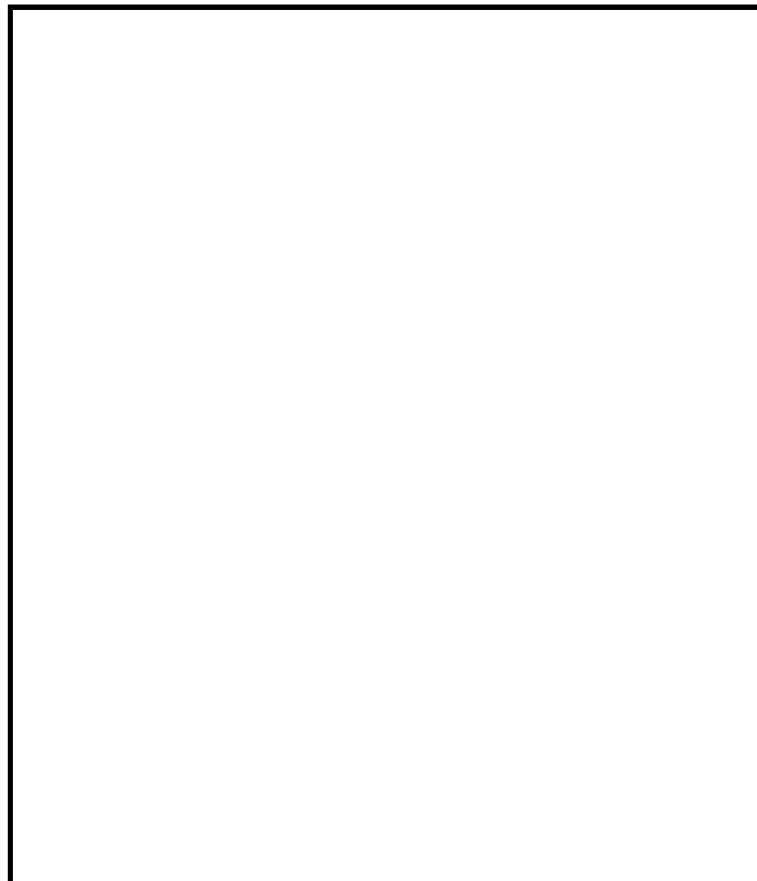
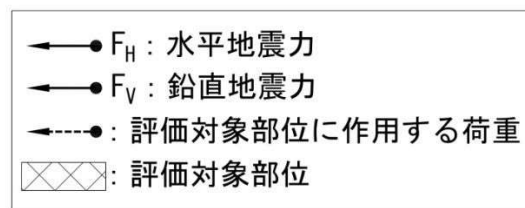


図10.1-2 水密扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
立坑部水密扉



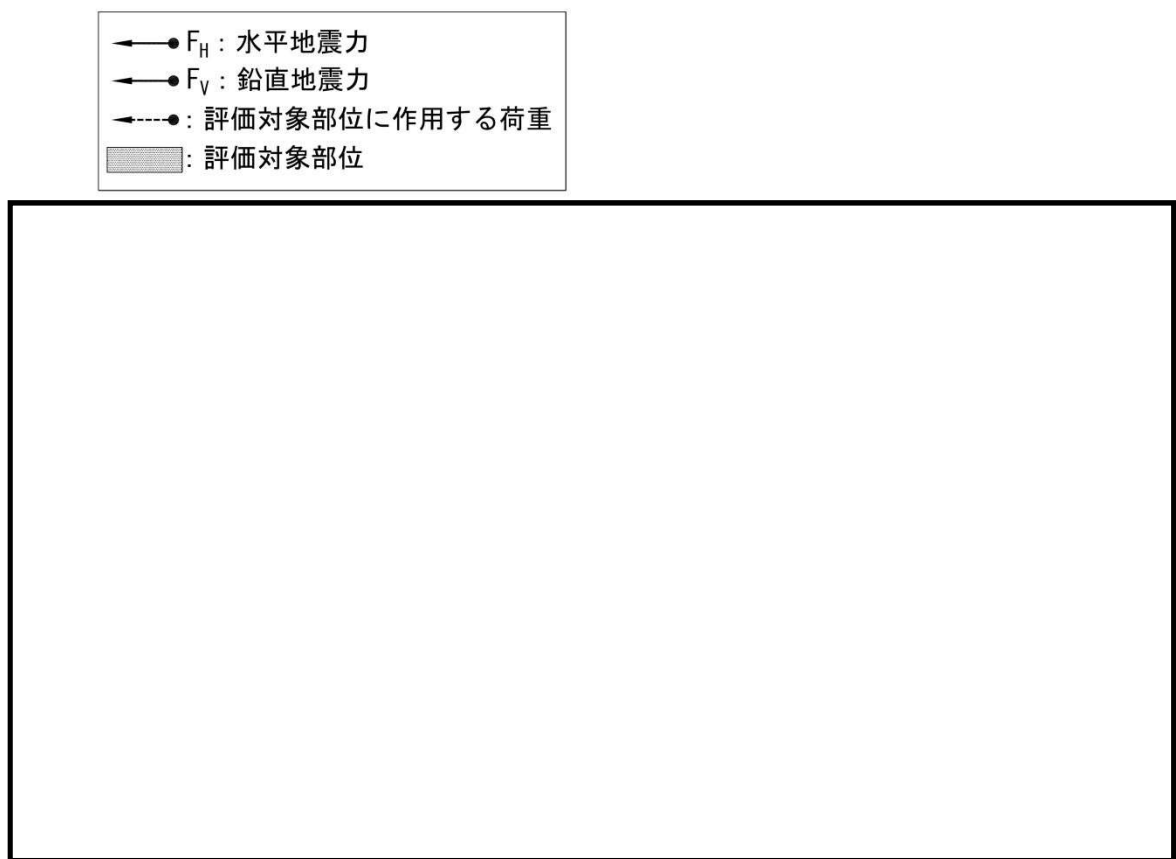


図 10.1-3 水密扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位



## 10.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 荷重の設定

#### a. 固定荷重 (G)

水密扉の自重を表10.2-1に示す。

表10.2-1 水密扉の自重

扉名称	固定荷重 (kN)
立坑部水密扉	28

#### b. 地震荷重 ( $K_s$ )

地震荷重として、基準地震動  $S_s$  に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、水密扉の固定荷重に設計震度  $K$  を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K$$

ここで、

$K_s$  : 地震荷重 (kN)

$G$  : 水密扉の固定荷重 (kN)

$K$  : 設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして、絶対和法により評価する。

### (2) 荷重の組合せ

水密扉の荷重の組合せを表10.2-2に示す。

表10.2-2 水密扉の荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
立坑部水密扉	$G + K_s$

$G$  : 固定荷重

$K_s$  : 地震荷重



### 10.3 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

#### (1) 使用材料及び許容限界

水密扉を構成する扉板、芯材、ヒンジ部、ロックバー、ロックボルト及び支圧材の使用材料を表10.3-1に、許容限界を表10.3-2に示す。

表10.3-1 使用材料

部 位		材 質	仕 様
扉 板			
芯材	主 桁		
	中間縦桁		
	端縦桁		
ヒ ン ジ 部	ヒンジ板		
	ヒンジピン		
	ヒンジボルト		
ロック バー部	ロックバー		
	ロックボルト		
支圧材			

\*1：tは板厚（mm），Φは径（mm）を示す。（以下，同じ）示す



## (2) 許容限界

- a. 扉板，芯材，ヒンジ部，ロックバー，ロックボルト及び支圧材

扉板，芯材，ヒンジ部，ロックバー，ロックボルト及び支圧材の許容限界は，「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005改定）」を踏まえて表10.3-2の値とする。

表10.3-2 許容限界

材料	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		
	曲げ・引張 (*3)	せん断	支圧
	235	—	—
	205	118	279
	345	—	—

\*1：tは板厚（mm）を示す

\*2：許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は，「J I S G 4 3 0 3 : 2012 ステンレス鋼棒」に基づく

\*3：組合せの短期許容応力度は，引張と同じ



## 10.4 評価方法

### (1) 荷重算定

#### a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する荷重を算定する。ヒンジ部に生じる荷重の例を図10.4-1に示す。

$$F_H = W_X \cdot K_H$$

$$F_V = W_X \cdot K_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

ここで、

$W_X$ ：扉体自重（kN）

$K_H$ ：水平方向設計震度

$K_V$ ：鉛直方向設計震度

$F_H$ ：水平地震力（kN）

$F_V$ ：鉛直地震力（kN）

$R_r$ ：扉体幅方向自重反力（kN）

$L_r$ ：扉体重心～ヒンジ芯間距離（m）

$L_j$ ：ヒンジ中心間距離（m）

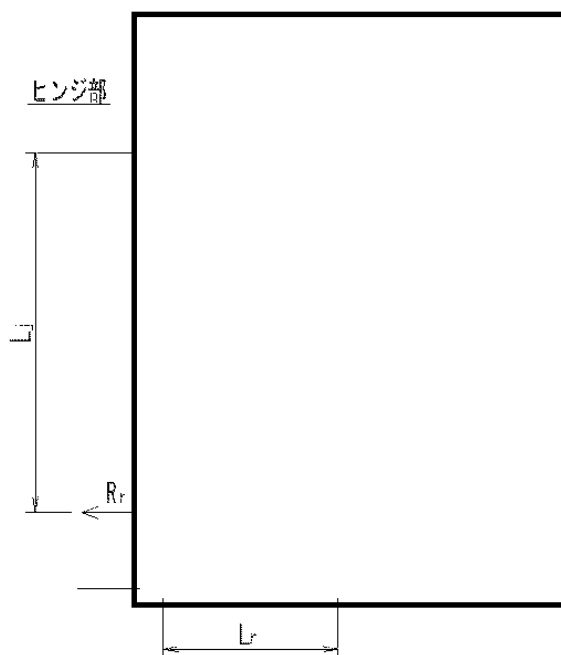


図10.4-1 ヒンジ部に生じる荷重の例



## (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図10.4-2に示す。

$$M = \sqrt{\left( \frac{\frac{F_H}{2} + R_r}{2} \right)^2 + (W_x + F_v)^2} \times L_1$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$W_x$  : 扉体自重 (kN)

$F_v$  : 鉛直地震力 (kN)

$R_r$  : 扉自重反力 (kN)

$L_1$  : 作用点間距離 (mm)

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

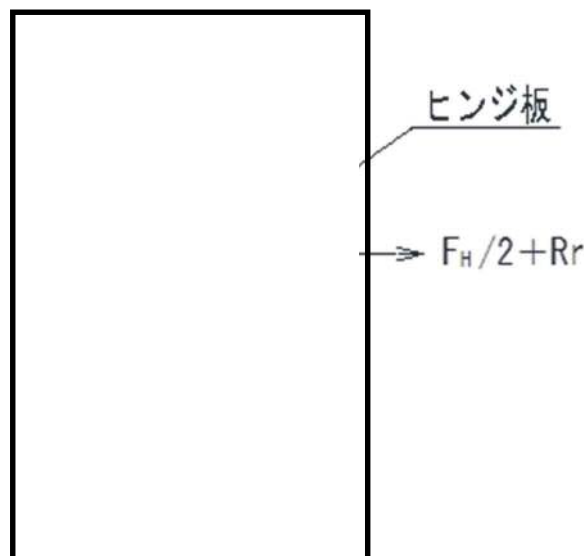


図10.4-2 ヒンジ板に生じる荷重の例



## (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図10.4-3に示す。

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

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・mm)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体幅方向自重反力 (kN)

$R_t$  : 扉体厚方向自重反力 (kN)

$L_2$  : 軸支持間距離 (mm)

$B_2$  : ブッシュ長さ (mm)

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

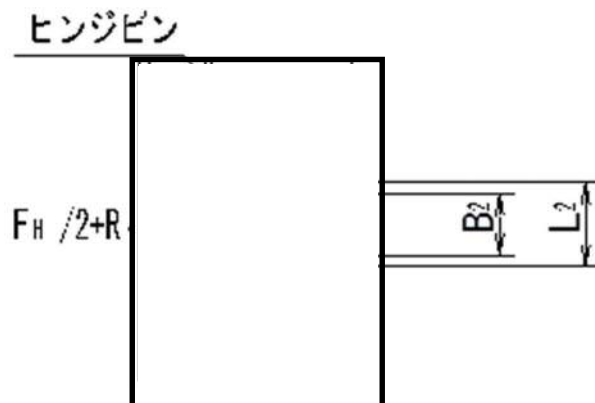


図10.4-3 ヒンジピンに生じる荷重の例



## (c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重の例を図10.4-4に示す。

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$F_V$  : 鉛直地震力 (kN)

$R_r$  : 扉体幅方向自重反力 (kN)

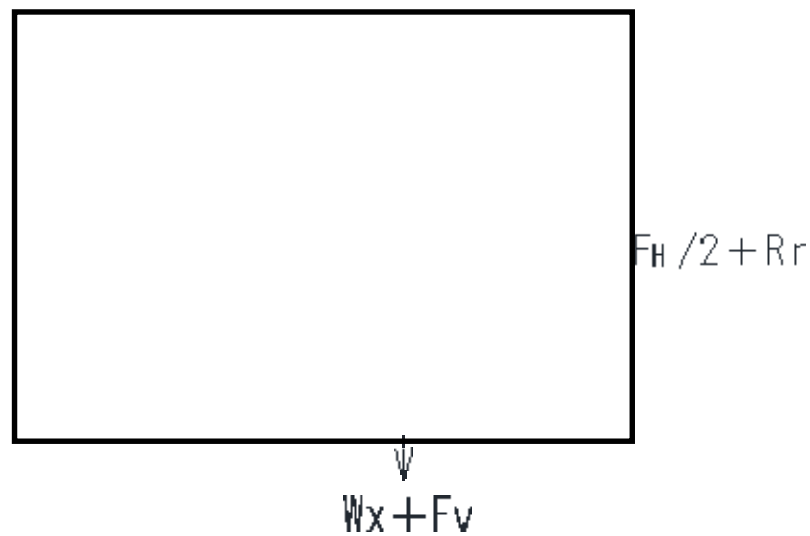


図10.4-4 ヒンジボルトに生じる荷重の例



## b. ロックバー

ロックバーは、ロックバー及びロックボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。ロックバー部に生じる荷重の例を図10.4-5に示す。

$$F_H = W_X \cdot K_H$$

ここで、

$W_X$  : 扉体自重 (kN)

$K_H$  : 水平方向設計震度

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

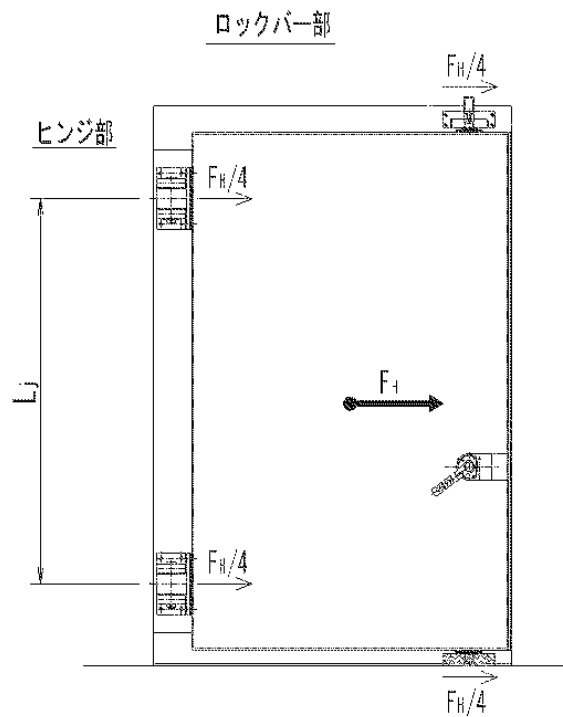


図10.4-5 ロックバー部に生じる荷重の例



## (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図10.4-6に示す。

$$M = \frac{F_H}{n} \cdot L_b$$

ここで、

$M$  : 曲げモーメント (kN・mm)

$F_H$  : 水平地震力 (kN)

$n$  : 水平荷重負担点数 (4点=ヒンジ2点+ロックバー2点)

$L_b$  : 作用点間距離 (mm)

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

ここで、

$Q$  : せん断力 (kN)

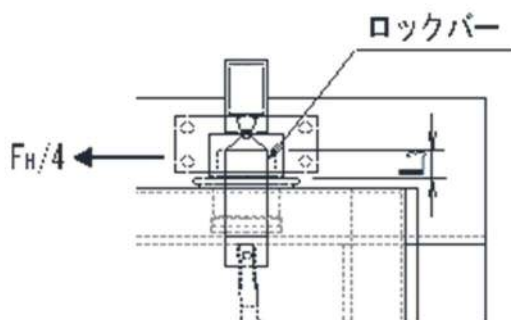


図10.4-6 ロックバーに生じる荷重の例



## (b) ロックボルト

ロックボルトに生じる荷重は、次式により算定する。ロックボルトに生じる荷重の例を図10.4-7に示す。

$$T = \frac{F_H}{n_2}, \quad Q = \frac{F_H}{n_2}$$

ここで、

T : 引張力 (kN)

Q : せん断力 (kN)

$n_2$  : ロックバー部 1 か所におけるボルト本数

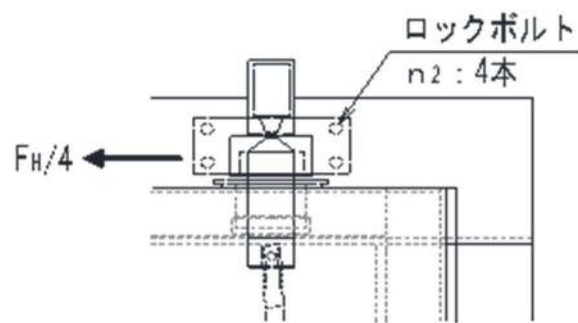


図10.4-7 ロックボルトに生じる荷重の例



## C. 支圧材

次式により算定する水平地震力から，支圧材に発生する荷重を算定する。支圧材に生じる荷重の例を図10.4-8に示す。

$$F_H = W_X \cdot K_H$$

ここで，

$W_X$ ：扉体自重（kN）

$K_H$ ：水平震度

$F_H$ ：水平地震力（kN）

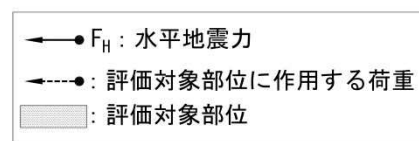


図10.4-8 支圧材に生じる荷重の例

$$P = F_H$$

ここで，

$P$ ：圧縮力（kN）



## (2) 断面検定

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

## a. ヒンジ部

## (a) ヒンジ板

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

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

ここで，

$\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z<sub>1</sub> : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>1</sub> : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (b) ヒンジピン

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

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

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

ここで，

$\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (kN・m)

Q : せん断力 (kN)

Z<sub>2</sub> : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

A<sub>2</sub> : 断面積 (mm<sup>2</sup>)



## (c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる引張応力度及び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。

$$\sigma = \frac{F}{n_1 \cdot A_{bi}}$$

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

ここで、

$\sigma$  : 引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$F$  : 引張力 (kN)

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : せん断力 (kN)

$n_1$  : 本数 (本)

$A_{bi}$  : 1本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)

## b. ロックバー部

## (a) ロックバー

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

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

ここで、

$\sigma_x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 曲げモーメント (kN・m)

$Q$  : せん断力 (kN)

$Z_3$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$A_3$  : 断面積 (mm<sup>2</sup>)



## (b) ロックボルト

ロックボルトに生じる引張応力度及びせん断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。

$$\sigma = \frac{F}{(n_2 \cdot A_{b2})}, \quad \tau = \frac{Q}{(n_2 \cdot A_{b2})}$$

ここで，

$\sigma$ ：引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$ ：せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$F$ ：引張力 (kN)

$Q$ ：せん断力 (kN)

$n_2$ ：ロックバー部 1 か所におけるボルト本数

$A_{b2}$ ：ボルト 1 本当たりの断面積 (mm<sup>2</sup>)

## c. 支圧材

## (a) 支圧材

支圧材に生じる支圧応力を次式により算定し，支圧材の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_p = \frac{P}{A_p}$$

ただし， $A_p = n_p \cdot l_p \cdot W_p$

ここで，

$\sigma_p$ ：支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P$ ：圧縮力 (kN)

$A_p$ ：支圧材の合計受圧面積 (mm<sup>2</sup>)

$n_p$ ：支圧材の本数

$l_p$ ：支圧材の長さ (mm)

$W_p$ ：支圧材の幅 (mm)



## 10.5 評価条件

「11.3 評価方法」に用いる評価条件を表10.5-1に示す。



表10.5-1 耐震評価に用いる条件 (1/2)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数 値
共 通		$W_X$	kN	扉体自重	
		$k_H$	—	水平方向設計震度	
		$k_V$	—	鉛直方向設計震度	
ヒンジ部	共 通	$L_r$	m	扉体重心～ヒンジ中 心間距離	
		$L_j$	m	ヒンジ中心間距離	
	ヒ ン ジ 板	$L_1$	mm	作用点間距離	
		$Z_1$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A_1$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ヒ ン ジ ピ ン	$L_2$	mm	軸支持間距離	
		$B_2$	mm	ブッシュ長さ	
		$Z_2$	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		$A_2$	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ヒ ン ジ ボ ルト	$n_1$	本	本数	
		$A_{b1}$	mm <sup>2</sup>	1 本当たりの断面積 (M20)	



表 10.5-1 耐震評価に用いる条件 (2/2)

対象部位		記 号	単 位	定 義	数 値
ロックバー部	ロックバー	L <sub>3</sub>	mm	作用点間距離	
		Z <sub>3</sub>	mm <sup>3</sup>	断面係数	
		A <sub>3</sub>	mm <sup>2</sup>	断面積	
	ロックボルト	n <sub>2</sub>	本	本数	
		A <sub>b2</sub>	mm <sup>2</sup>	1 本当たりの断面積 (M18)	
支圧材		n <sub>p</sub>	本	本数	
		l <sub>p</sub>	mm	長さ	
		w <sub>p</sub>	mm	幅	
		A <sub>p</sub>	mm <sup>2</sup>	合計支圧面積	



## 10.6 耐震評価結果

水密扉の耐震評価結果を表10.6-1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。

表10.6-1 耐震評価結果

名 称	評価対象部位		発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容 限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力度／ 許容限界値
立坑部 水密扉	ヒンジ部	板	141	235	0.60
		ピン*1	43	205	0.21
		ヒンジボルト（引張）	47	205	0.23
		ヒンジボルト（せん断）	47	118	0.40
	ロック バー部	ロックバー	15	345	0.05
		ロックボルト（引張）	7	205	0.04
		ロックボルト（せん断）	7	118	0.06
	支圧材	支圧材	1	279	0.01

\*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