

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の廃止措置計画用設計津波に  
対する津波影響評価に関する説明書

【概要】

○令和2年5月29日の補正(令02原機(再)020)においては、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の建家外壁について強度評価を実施し補正を行った。建家に接続するトレンチについては、浸水の可能性のある経路の確認として、設計津波に対する止水性等及び浸水防止扉の設計津波に対する強度評価について7月16日の監視チーム会合にて示した。

- ・ HAW に接続するトレンチ(連絡管路, T15, T21)が浸水した場合を想定しても建家内が浸水しないよう、トレンチ内壁とスラブの構造強度を維持していることを令和2年7月16日監視チーム会合にて報告。
- ・ 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の浸水防止扉について、廃止措置計画用設計津波に対し、余震、建家設計用漂流物の衝突による荷重の組み合わせを考慮した津波荷重に対し構造強度を維持していることを令和2年7月16日監視チーム会合にて報告。

○今回は、浸水防止扉の設計地震動に対する耐震性について構造強度評価の概要及び結果について示す。また、止水処理(建家外壁—浸水防止扉枠間)の耐圧試験結果を示す。

令和2年7月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

### Ⅲ-3 設計用地震動に対する浸水防止設備（浸水防止扉）の強度評価

#### 1. 概要

本資料は、別添 6-1-3-2「高放射性廃液貯蔵場(HAW)の津波防護に関する施設の設計方針」に基づき、設計用地震動による地震力に対して、高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家1階に設置している浸水防止扉が、構造強度を保持することを説明するものである。

設計津波が到達する建家1階に設置している浸水防止扉 HAW-1, 浸水防止扉 HAW-2 及び浸水防止扉 HAW-3について評価を行う。

#### 2. 一般事項

##### 2.1 配置概要

浸水防止扉の設置位置図を図2-1-1に示す。



図2-1-1 浸水防止扉の設置位置図（HAW建家 1階平面）

## 2.2 構造概要

浸水防止扉は、片開型及び横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材（主桁及び縦桁）を配した構造である。

扉枠はアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

## 2.3 評価方針

浸水防止扉の耐震評価は、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は、「3. 固有周期及び設計用地震力」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が許容限界内に収まることを「4. 強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。

浸水防止扉の耐震評価フローを図2-3-1に示す。

表2-3-1 浸水防止扉の評価項目

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	設計用地震動	各浸水防止扉の「評価部位」にて設定する部位	発生応力が許容限界を超えないことを確認する	短期許容応力

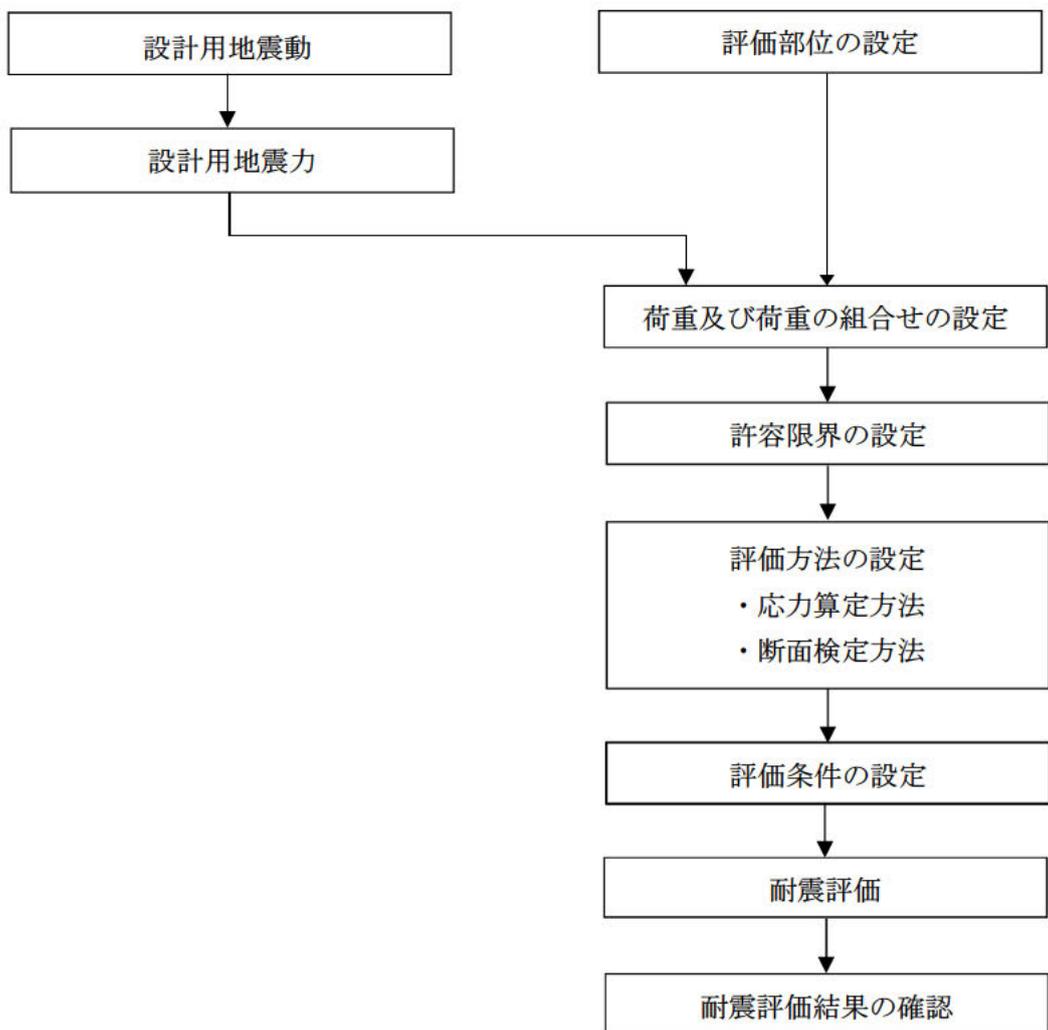


図2-3-1 浸水防止扉の耐震評価フロー

## 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) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 ・ 補－1984  
（日本電気協会電気技術基準調査委員会昭和59年9月）
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 －1987  
（日本電気協会電気技術基準調査委員会昭和62年8月）
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針（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 平成3年6月）
- (6) 国土交通省告示第314号（平成18年2月28日）
- (7) 国住指第1015号 あと施工アンカー連続繊維補強設計・施工指針  
（平成18年7月7日）

## 2.5 記号の説明

浸水防止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(1/3)

記号	定義	単位
G	浸水防止扉（扉体）の自重	t
G <sub>F</sub>	浸水防止扉（枠体）の自重	t
P <sub>H</sub>	水平方向地震力（扉体）	kN
P <sub>V</sub>	鉛直方向地震力（扉体）	kN
K	設計震度	—
K <sub>H</sub>	水平方向震度	—
K <sub>V</sub>	鉛直方向震度	—
K <sub>S</sub>	地震荷重	kN
A <sub>PS</sub>	ヒンジピンのせん断断面積	mm <sup>2</sup>
n <sub>1</sub>	ヒンジボルトの本数（扉体側）	本
n <sub>2</sub>	ヒンジボルトの本数（枠体側）	本
A <sub>S</sub>	ヒンジボルトの有効断面積	mm <sup>2</sup>
L <sub>C</sub>	締結金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
Z <sub>r</sub>	締結金具の断面係数	mm <sup>3</sup>
L <sub>a</sub>	ヒンジ中心間距離	mm
L <sub>b</sub>	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	mm
f	1次固有振動数	Hz
L	はり長さ	m
E	縦弾性係数	N/m <sup>2</sup>
I	断面2次モーメント	m <sup>4</sup>
m	質量分布	kg/m
λ	定数（板モデルの固有振動数算出）	—
T	固有周期	s

表 2-5-1 耐震評価に用いる記号(2/3)

記号	定義	単位
$\tau_{hp}$	ヒンジピンに発生するせん断応力度	$N/mm^2$
$\sigma_{b1}$	ヒンジボルトに発生する引張応力度 (扉体側)	$N/mm^2$
$\tau_{b1}$	ヒンジボルトに発生するせん断応力度 (扉体側)	$N/mm^2$
$\sigma_{b2}$	ヒンジボルトに発生する引張応力度 (枠体側)	$N/mm^2$
$\tau_{b2}$	ヒンジボルトに発生するせん断応力度 (枠体側)	$N/mm^2$
$\sigma_{rb}$	締付金具に発生する曲げ応力度	$N/mm^2$
$\tau_{rs}$	締付金具に発生するせん断応力度	$N/mm^2$
$\sigma_r$	締付金具に発生する組合せ応力度	$N/mm^2$
$f_t$	許容引張応力度	$N/mm^2$
$f_s$	許容せん断応力度	$N/mm^2$
$F_z$	ヒンジ部に及び締付金具に作用する Z 方向荷重	kN
$F_x$	ヒンジ部に作用する X 方向荷重	kN
$F_{zx}$	ヒンジ部ピンに発生する合成荷重	kN
$F$	基準強度	—
$P$	積載荷重	t
$g$	重力加速度	$m/s^2$
$G_F$	枠体自重	t
$P_h$	扉体にかかる強度計算荷重	kN
$A_p$	ヒンジピンの断面積	$mm^2$
$A_{ps}$	ヒンジピンのせん断断面積	$mm^2$
$A_r$	締付金具の断面積	$mm^2$
$A_{rs}$	締付金具のせん断断面積	$mm^2$
$A_w$	車輪の断面積	$mm^2$
$A_{ws}$	車輪のせん断断面積	$mm^2$
$\tau_{ws}$	車輪に発生するせん断応力	$N/mm^2$
$n_a$	アンカーボルトの本数	本
$l$	アンカーボルト埋め込み長さ (穿孔長)	mm
$d_a$	アンカーボルト呼び径	mm
$l_e$	アンカーボルト有効埋め込み長さ	mm

表 2-5-1 耐震評価に用いる記号(3/3)

記号	定義	単位
$\sigma_y$	アンカーボルトの降伏強度	N/mm <sup>2</sup>
$a_0$	アンカーボルトM16の有効断面積 (ネジ加工を考慮)	mm <sup>2</sup>
$\sigma_B$	コンクリートの圧縮強度	mm <sup>2</sup>
$E_C$	コンクリートのヤング係数	N/mm <sup>2</sup>
$s a_c$	アンカーボルトM16の公称断面積	mm <sup>2</sup>
$l'$	はしあき	mm
$r'$	コーン破壊面の有効水平投影面積の半径	mm
$A_c, A'_c$	コーン破壊面の有効水平投影面積	mm <sup>2</sup>
$T_{a1}$	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	kN
$T_{a2}$	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	kN
$T_{a3}$	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	kN
$Q_{a1}$	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	kN
$Q_{a2}$	コンクリートのコーン破壊により決まるせん断耐力	kN
$Q_{a3}$	ボルトせん断強度上限値より決まるせん断耐力	kN

### 3. 固有周期及び設計用地震力

浸水防止扉 HAW-1, HAW-2及びHAW-3について, それぞれの固有周期が0.05秒以下であることを確認し, 添付資料6-1-2-3-2「高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家の地震応答計算書」の地震応答解析結果を基に設計用地震力を設定する。

#### 3.1 固有周期の計算方法

浸水防止扉の構造に応じて解析モデルを設定し, 固有周期を計算する。

##### 3.1.1 解析モデルの設定

浸水防止扉は, 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, ヒンジ及び締付金具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体(扉板, 芯材, 縦桁)の自重及び扉体部品(締付金具等)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 3-1-1 に示す。

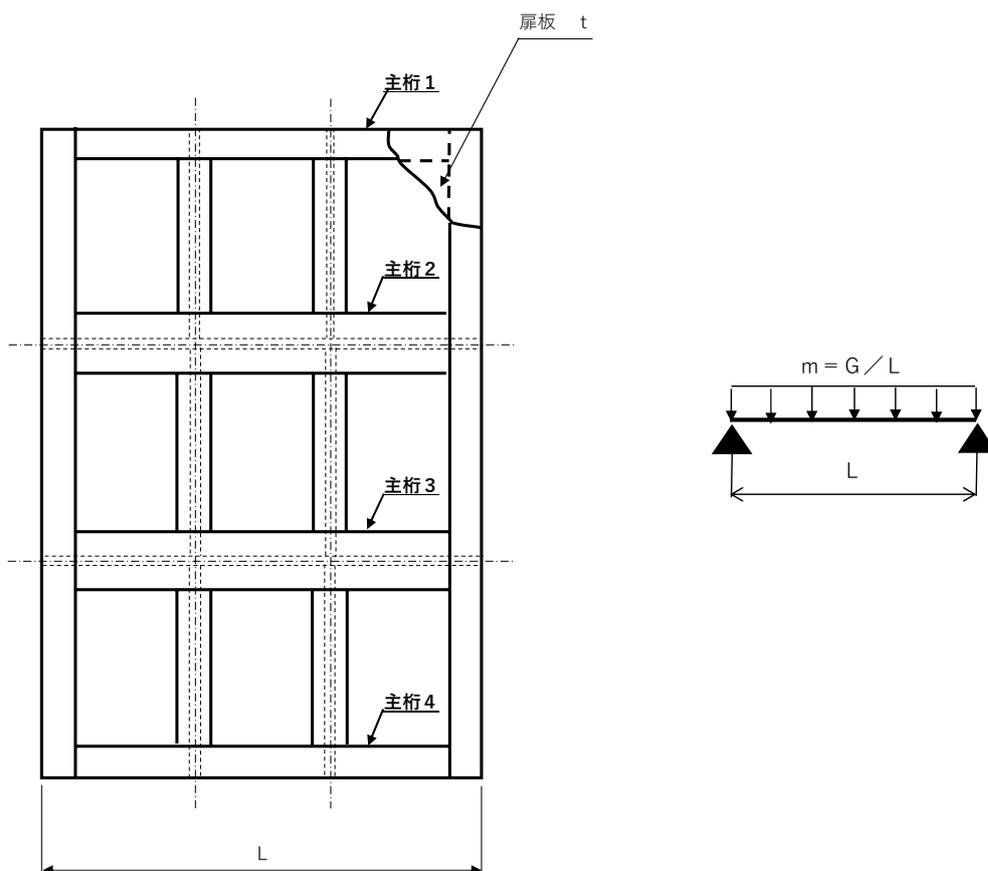


図 3-1-1 浸水防止扉の固有周期解析モデル

### 3.2 固有周期の計算

#### 3.2.1 固有周期の計算方法

1次固有振動数  $f$  を「日本機械学会 機械工学便覧」に基づき、下式により計算する。

(1) 両端支持はりモデル

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

(2) 固有周期

$$T = \frac{1}{f}$$

#### 3.2.2 固有周期の計算条件

浸水防止扉の固有周期の計算条件を表3-2-2-1に示す。

表3-2-2-1 浸水防止扉の固有振動数及び固有周期の計算条件  
(両端支持はりモデル)

浸水防止扉名称	はり長さ L (m)	縦弾性係数 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)
浸水防止扉HAW-1	1.212	1.93×10 <sup>11</sup>	0.00004963	495.05
浸水防止扉HAW-2 上段固定扉	3.250	1.93×10 <sup>11</sup>	0.0004375	400.00
浸水防止扉HAW-2 下段横引扉	3.250	1.93×10 <sup>11</sup>	0.0010982	1046.15
浸水防止扉HAW-3	1.232	1.93×10 <sup>11</sup>	0.00004963	487.01

### 3.3 固有周期の計算結果

浸水防止扉の固有周期の計算結果を表3-3-1に示す。各浸水防止扉の固有周期はいずれも0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表3-3-1 浸水防止扉の固有振動数及び固有周期の計算結果  
(両端支持はりモデル)

浸水防止扉名称	固有周期 T(s)	固有振動数 f(Hz)
浸水防止扉HAW-1	0.007	148
浸水防止扉HAW-2 上段固定扉	0.014	68
浸水防止扉HAW-2 下段横引扉	0.014	66
浸水防止扉HAW-3	0.007	145

### 3.4 設計用地震力

浸水防止扉 HAW-1, HAW-2及びHAW-3の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、高放射性貯蔵場(HAW)浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-3-2「高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を用いる。評価に用いる震度を表3-4-1に示す。

表3-4-1 浸水防止扉 HAW-1, HAW-2及びHAW-3の評価に用いる震度

地震動	加速度を参照する階	評価用震度 (加速度を震度に換算)	
		設計用地震動	3階
		鉛直方向 $K_V$	0.79

#### 4. 強度評価

##### 4.1 評価部位

評価部位は、浸水防止扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉 HAW-1及びHAW-3の扉体(扉板、芯材、縦桁)に生じる地震による荷重は、扉体部品(ヒンジピン、ヒンジボルト、締付金具)から、扉枠を開口部周囲に固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達するため、評価部位を扉体(扉板、芯材、縦桁)、扉体部品(ヒンジピン、ヒンジボルト、締付金具)及びアンカーボルトとする。

浸水防止扉 HAW-2の扉体(扉板、主桁、縦桁)に生じる地震による荷重は、扉体部品(車輪)から扉枠及びレールを介して躯体に伝達するため、扉体(扉板、主桁、縦桁)、扉体部品(車輪)及びアンカーボルトとする。

浸水防止扉 HAW-1及びHAW-3の構造図を図4-1-1及び図4-1-2に、扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価部位を図4-1-3に、浸水防止扉 HAW-1及びHAW-3のアンカーボルトの位置及び評価部位を図4-1-4に示す。

また、浸水防止扉 HAW-2の構造図及び評価部位を図4-1-5に、アンカーボルトの位置及び評価部位を図4-1-6に示す。

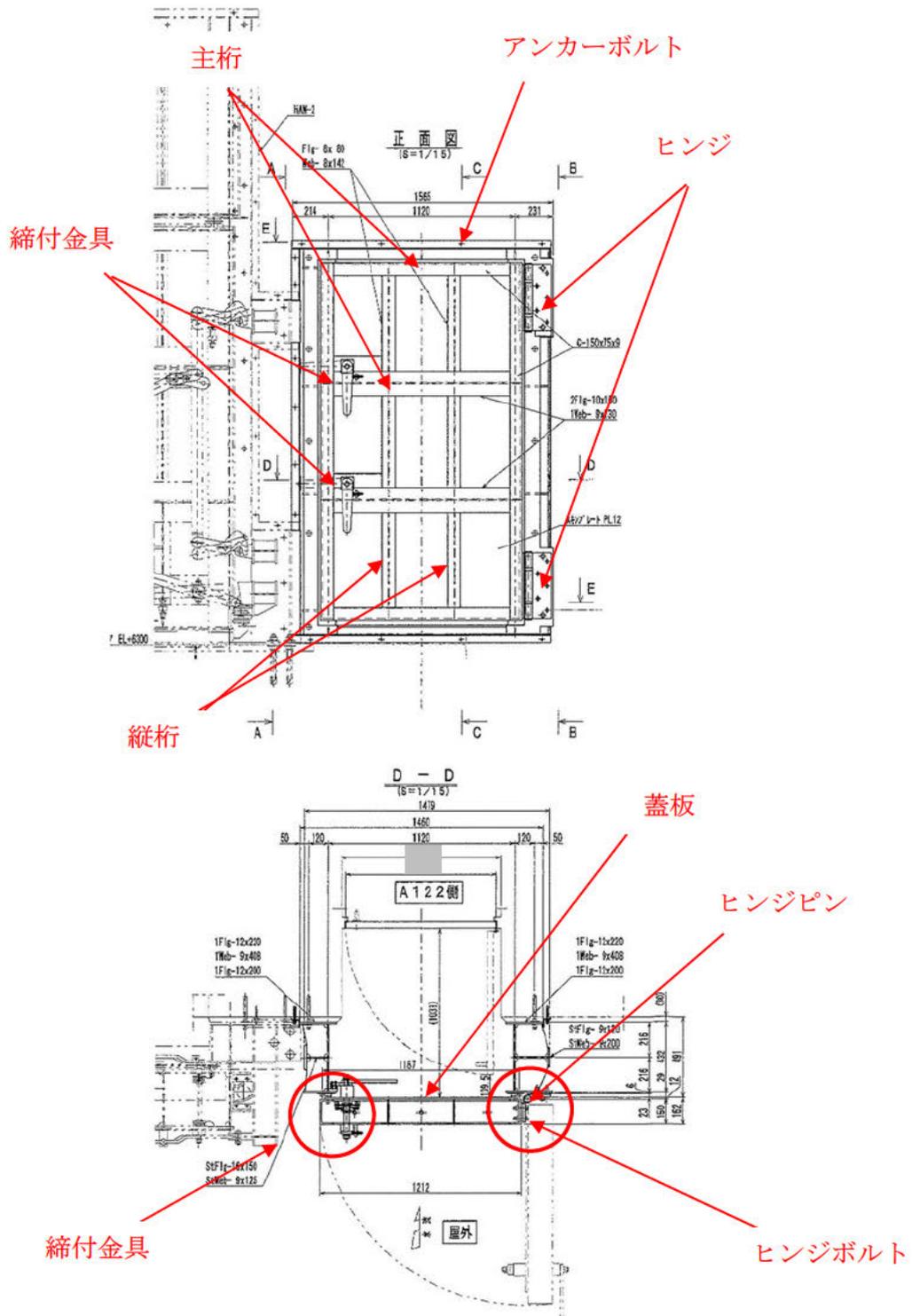


図4-1-1 浸水防止扉HAW-1 構造図

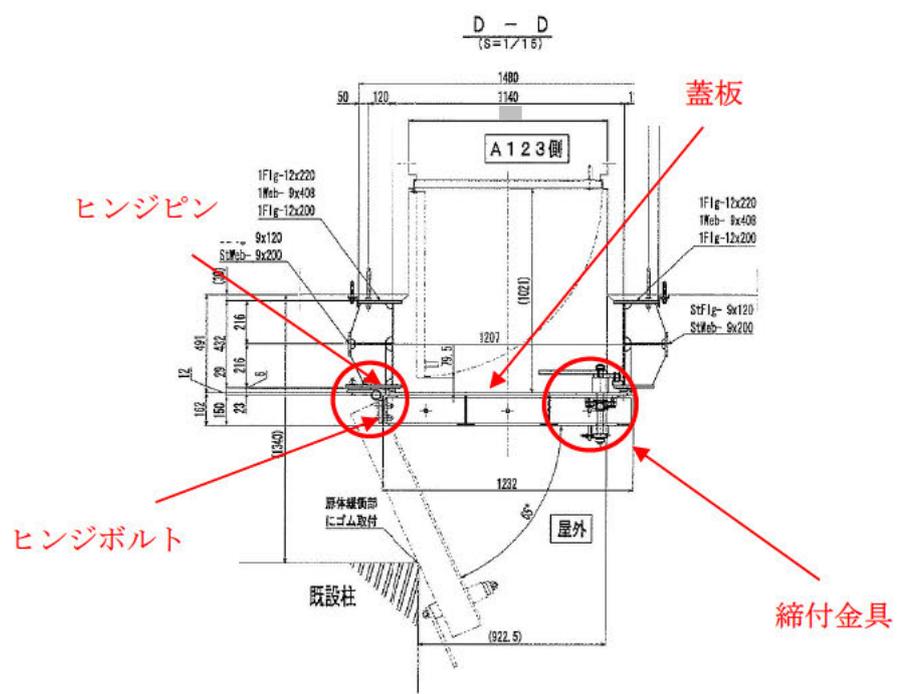
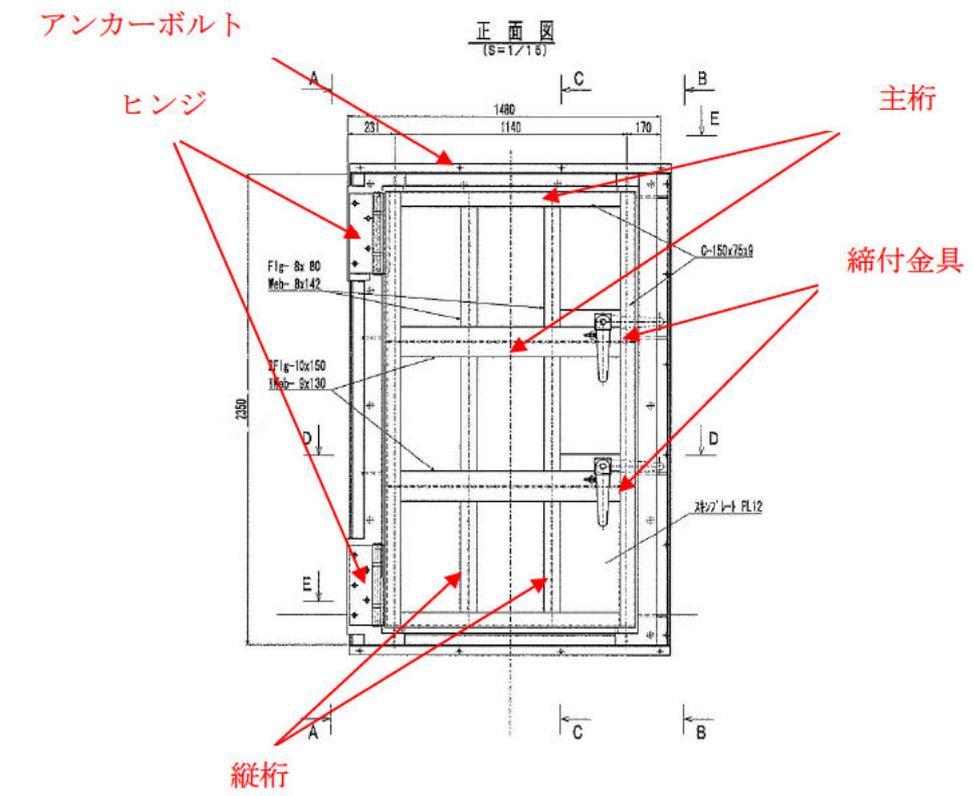


図4-1-2 浸水防止扉HAW-3 構造図

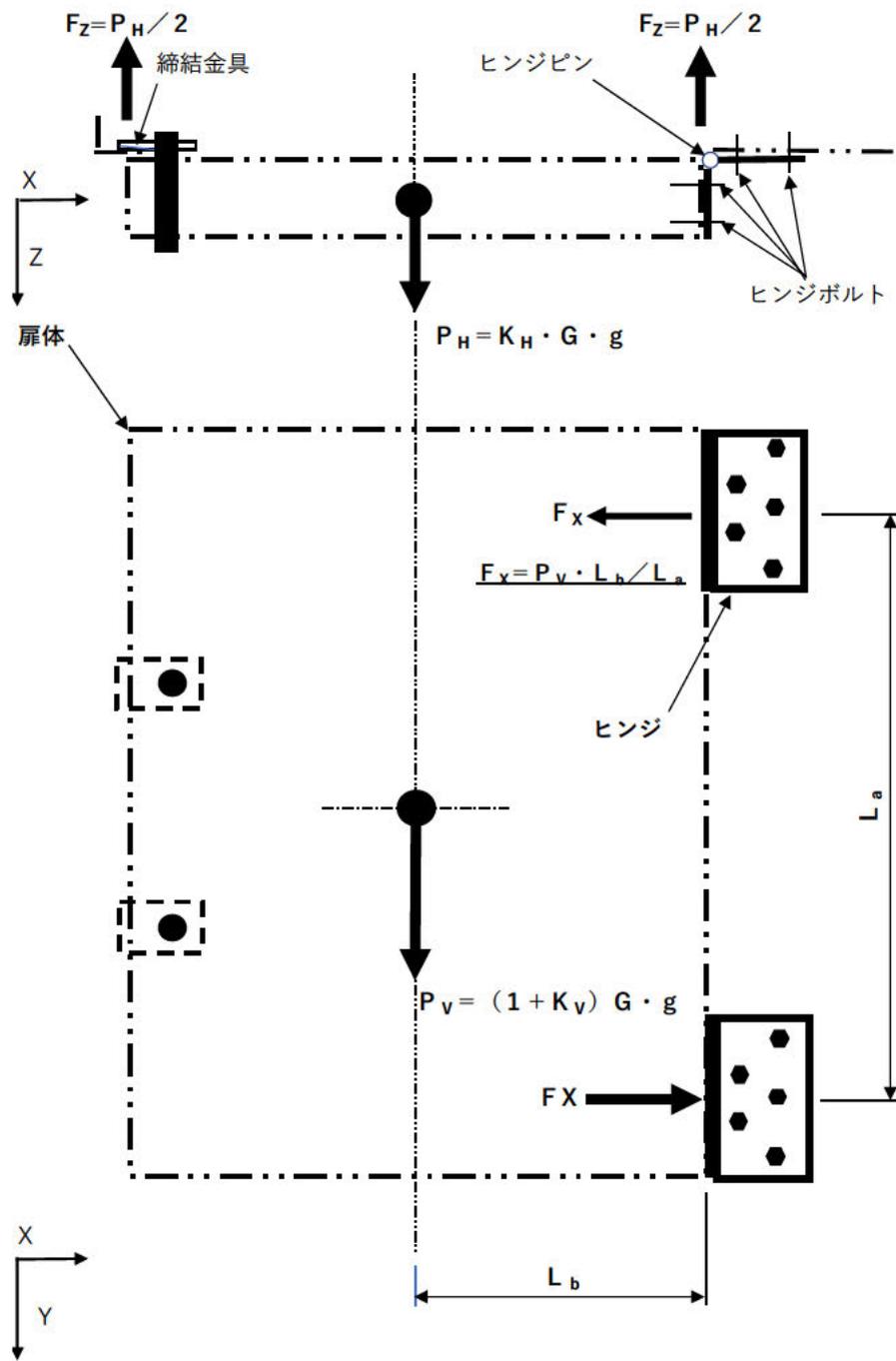


図4-1-3 浸水防止扉の閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位  
(浸水防止扉 HAW-1及びHAW-3)

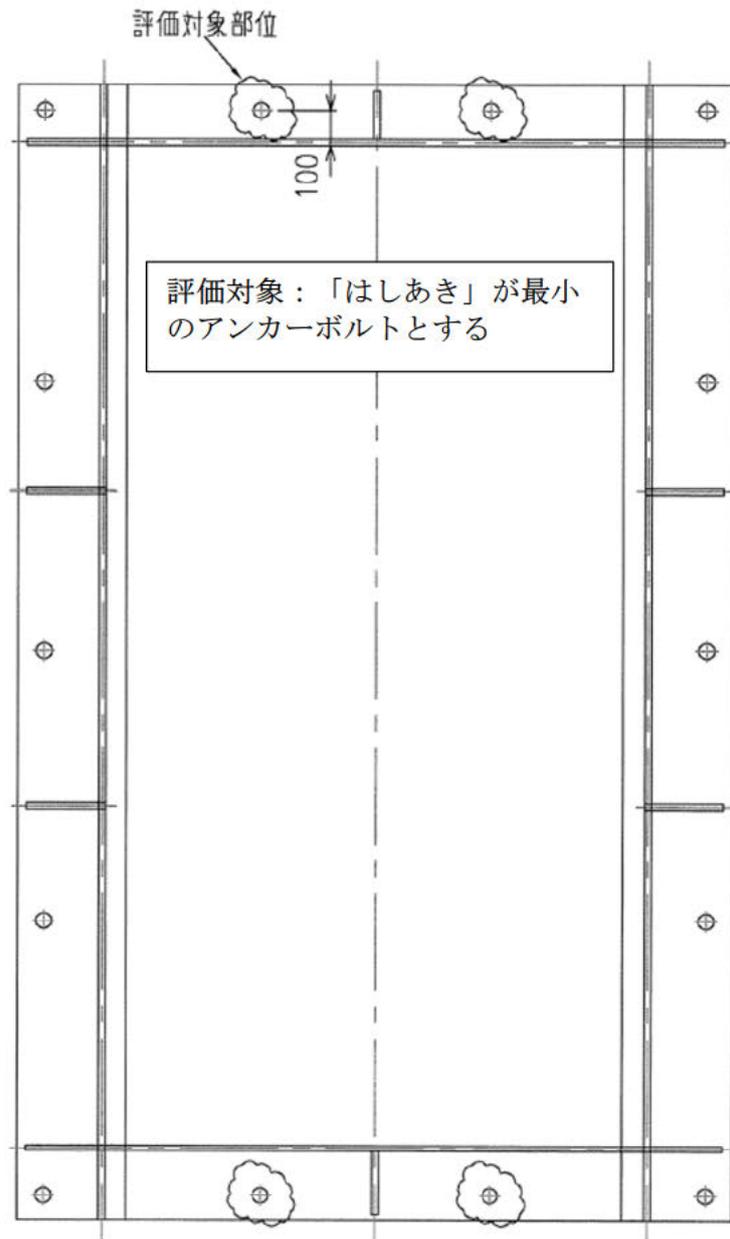


図4-1-4 浸水防止扉 HAW-1及びHAW-3 アンカーボルト位置と評価対象

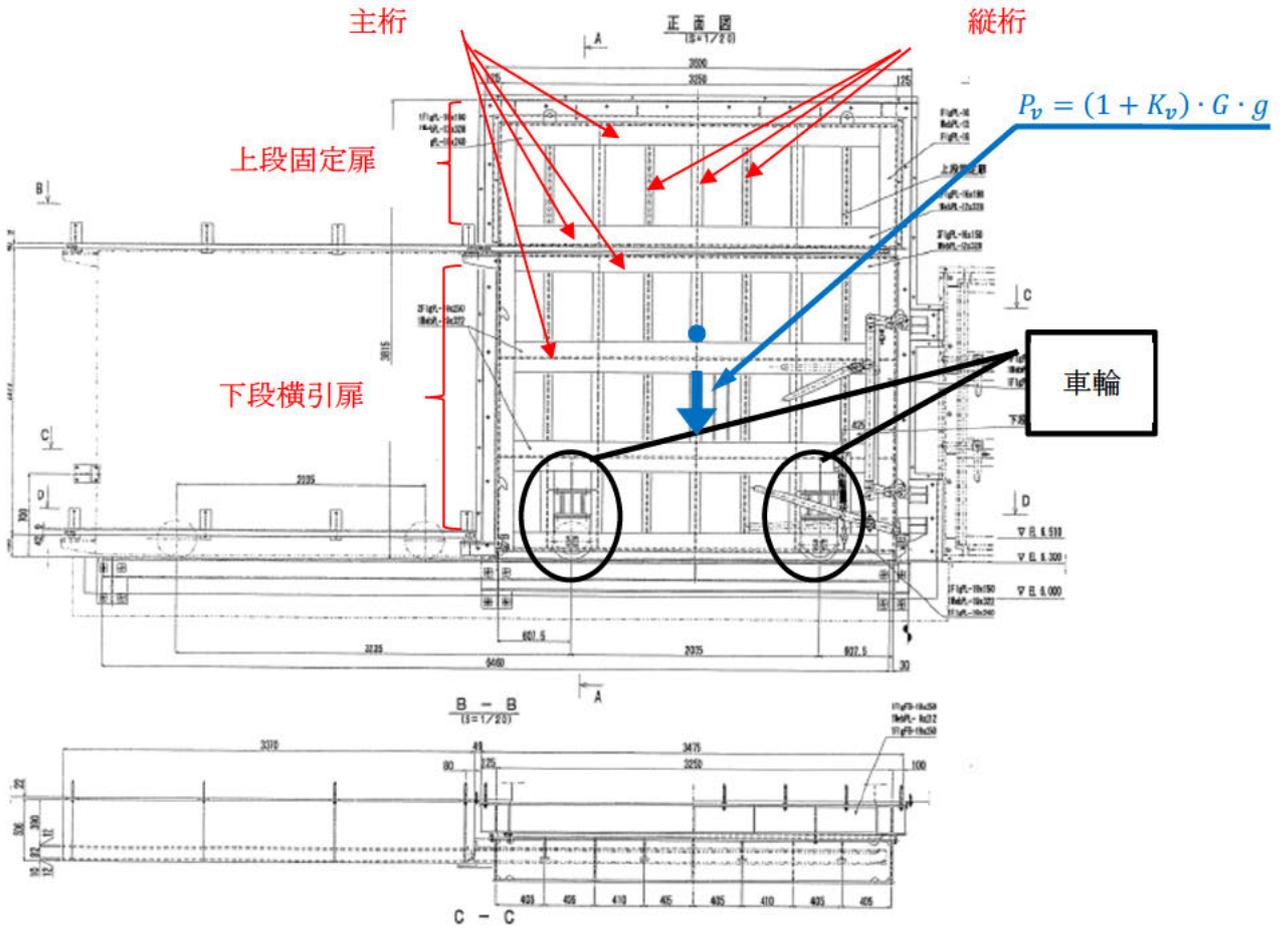


図4-1-5 浸水防止扉 HAW-2 構造図

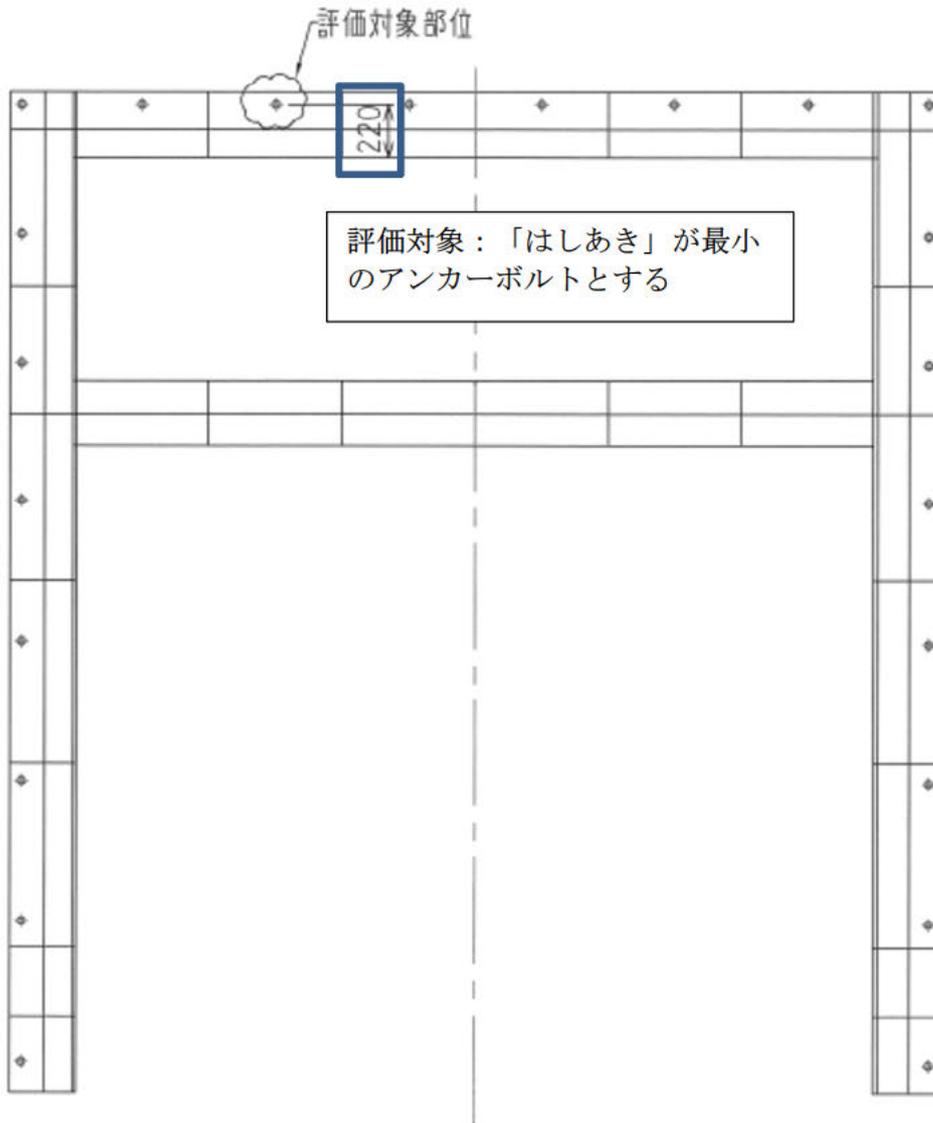


図4-1-6 浸水防止扉 HAW-2 アンカーボルト位置と評価対象

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

G：浸水防止扉（扉体）の自重

P：積載荷重

浸水防止扉は、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。

$K_s$ ：設計用地震動による地震力

### (2) 荷重の設定

#### a. 浸水防止扉（扉体と枠体）の自重

固定荷重として、浸水防止扉の自重を考慮する。浸水防止扉の自重を表4-2-1に示す。

表4-2-1 浸水防止扉(扉体と枠体)の自重

扉名称	扉体の自重 G (t)	枠体の自重 G <sub>F</sub> (t)
浸水防止扉 HAW-1	0.6	0.7
浸水防止扉 HAW-2	4.7	2.8
浸水防止扉 HAW-3	0.6	0.7

#### b. 地震による荷重( $K_s$ )

地震による荷重として、設計用地震動に伴う慣性力を考慮する。地震による荷重は、浸水防止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。

$$K_s = G \cdot K \cdot g \text{ (部品の耐震計算)}$$

$$K'_s = (G + G_F) \cdot K \cdot g \text{ (アンカーボルトの耐震計算)}$$

ここで、

$K_s$ ：地震による荷重(kN)

G：浸水防止扉（扉体）の自重(t)

G<sub>F</sub>：浸水防止扉（枠体）の自重(t)

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不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

高放射性貯蔵場(HAW)浸水防止扉の荷重の組合せを表4-2-2に示す。

表4-2-2 浸水防止扉の荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
浸水防止扉 HAW-1, 2, 3	$G + K_s$

G : 浸水防止扉（扉体）の自重

$K_s$  : 地震荷重

#### 4.3 使用材料及び許容限界

##### (1) 使用材料

浸水防止扉を構成する部材のうち、耐震評価部位であるヒンジ部及び車輪の使用材料を表4-3-1に示す。

表4-3-1 使用材料（耐震評価部位）

部 位		材 質	仕 様[mm]
ヒンジ部 (HAW-1, 3)	ヒンジピン	SUS304	400 × φ 25
	ヒンジボルト	SUS304	M16 × 75
	締付金具	SUS304	65 × 132.5 × t16
車輪 (HAW-2)	車軸	SUS304	φ 40
アンカーボルト (HAW-1, 3)		SUS304	M16 × 130
アンカーボルト (HAW-2)		SUS304	M16 × 130

※：tは板厚（mm），φは径（mm）を示す。

##### (2) 許容限界

###### a. ヒンジ部，車輪

ヒンジ部及び車輪の許容限界は、「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
SUS304※	205	118

※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」に基づく。

###### b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は「国住指第1015号 あと施工アンカー連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成18年7月7日）に基づく。

#### 4.4 評価方法

扉体（扉板，主桁，縦桁）については，地震による荷重が津波による波力を下回る場合は，耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。地震による荷重が津波による波力を上回る場合は，発生応力を算定し，許容限界以内であることを確認する。

扉体部品（ヒンジピン，ヒンジボルト，締結金具）及びアンカーボルトについては，地震による荷重から各部材の発生応力を算定し，許容限界以内であることを確認する。

##### 4.4.1 荷重算定

荷重の算定式を以下に，また，荷重の作用イメージを図4-1-3及び図4-1-5に示す。

- ① 水平方向地震力  $P_H$  (kN)

$$P_H = K_H \cdot G \cdot g$$

- ② 扉体自重及び鉛直方向地震力  $P_V$  (kN)

$$P_V = (1 + K_V) \cdot G \cdot g$$

- ③ ヒンジ部及び締付金具に作用するZ方向荷重  $F_Z$  (kN)

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

- ④ ヒンジ部に作用するX方向荷重  $F_X$  (kN)

$$F_X = \frac{P_V \cdot L_b}{L_a}$$

##### 4.4.2 応力算定

- ① ヒンジピンに発生するせん断応力  $\tau_{hp}$

$$F_{zx} = \sqrt{F_x^2 + \left(\frac{F_z}{2}\right)^2}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4} A_p$$

(機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ)

$$\tau_{hp} = \frac{1000 F_{zx}}{A_{ps}}$$

②ヒンジボルトに発生する応力 $\sigma_b$

・扉体側

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{1000F_x}{n_1 \cdot A_s}$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{1000\sqrt{F_z^2 + P_v^2}}{2n_1 \cdot A_s}$$

・枠体側

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{1000F_z}{2n_2 \cdot A_s}$$

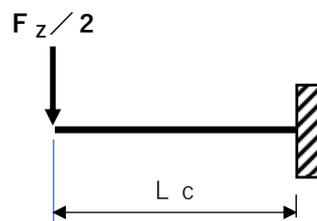
せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{1000\sqrt{F_x^2 + \left(\frac{P_v}{2}\right)^2}}{n_2 \cdot A_s}$$

③締付金具に発生する応力 $\sigma_r$

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_z \cdot L_c}{2Z_r}$$

$$A_{rs} = \frac{2}{3}A_r$$



(機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ)

$$\tau_{rs} = \frac{1000F_z}{2A_{rs}}$$

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_{rb}^2 + 3\tau_{rs}^2}$$

④ 車輪に発生するせん断応力 $\tau_{ws}$

$$\tau_{ws} = \frac{1000(1 + C_v)G \cdot g}{2A_{ws}}$$

$$A_{ws} = \frac{3}{4}A_w$$

(機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ)

⑤ アンカーボルトに発生する応力

引張応力

$$\sigma_{an} = K_H \cdot (G + G_F)g/n_a$$

せん断応力

$$\tau_{an} = (1 + K_v) \cdot (G + G_F)g/n_a$$

#### 4.4.3 許容応力

(1) ヒンジピン, ヒンジボルト, 締付金具, 車輪

材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値をFとして、許容応力は以下とする。

$$f_t = F$$

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

$T_a$  : 引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

$T_{a1}$  : アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力

$\sigma_y$  : アンカーボルトの降伏強度

$a_0$  : アンカーボルトの有効断面積 (ねじ加工を考慮)

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi \ell_e (\ell_e + d_a)$$

$$\ell_e = \ell - d_a$$

$T_{a2}$  : コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

$\sigma_B$  : コンクリートの圧縮強度

$A_c$  : コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

$\ell_e$  : アンカーの有効埋め込み長さ

$\ell$  : アンカーの埋め込み長さ (穿孔長)

$d_a$  : アンカーの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルト中心の距離が、アンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、 $\ell' < \ell$  の場合、 $A_c$  に替え  $A_c'$  を使用して  $T_{a2}$

を算出する。

$$r' = \sqrt{l_e \times l}$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{l'}{r'}\right)$$

$$A_c' = \frac{(360 - 2 \times \theta)}{360} \times l_e \times l \times \pi + l'^2 \times \tan \theta$$

$l'$  : コンクリート開放端からのはしあき  
(アンカーボルト中心までの距離)

$$T_{a3} = 10 \sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21}\right)} \cdot \pi d_a l_e$$

$T_{a3}$  : コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a \text{が} T_{a2} \text{又は} T_{a3} \text{で決まる場合})$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a \text{が} T_{a1} \text{で決まる場合})$$

$T_{as}$  : あと施工アンカーを用いた接合部(1本当たり)の短期許容引張耐力

せん断耐力

$$Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, 294 s a_c)$$

$Q_a$  : せん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7 \sigma_y \times s a_c$$

$Q_{a1}$  : アンカーボルトの降伏より決まるせん断耐力

$\sigma_y$  : アンカーボルトの降伏強度

$s a_c$  : アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times s a_c$$

$Q_{a2}$  : コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

$E_c$  : コンクリートのヤング係数

$\sigma_B$  : コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times s a_c$$

$Q_{a3}$  : ボルトのせん断強度上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q a / 1.5$$

$Q_{as}$  : 短期許容せん断耐力

#### 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 評価条件(1/2)

対象部位	記号	単位	定義	数値
浸水防止扉	G	ton	浸水防止扉（扉体）自重 （HAW-1, 3）	0.6
			浸水防止扉（扉体）自重 （HAW-2）	4.7
	G <sub>F</sub>	ton	枠体自重（HAW-1, 3）	0.7
			枠体自重（HAW-2）	2.8
震度	K <sub>H</sub>	—	水平震度	1.18
	K <sub>V</sub>	—	鉛直震度	0.79
地震荷重	P <sub>H</sub>	kN	水平方向地震力（HAW-1, 3） （扉体）	6.94
			水平方向地震力（HAW-2） （扉体）	54.4
強度計算荷重 （耐津波）	P <sub>h</sub>	kN	津波による波力（HAW-1）	446.2
			津波による波力（HAW-2）	1795
			津波による波力（HAW-3）	453.6
ヒンジピン （HAW-1, 3）	A <sub>P</sub>	mm <sup>2</sup>	断面積	490.9
	A <sub>PS</sub>	mm <sup>2</sup>	せん断断面積	368.2
ヒンジボルト （HAW-1, 3）	n <sub>1</sub>	本	本数（扉体側）	5
	n <sub>2</sub>	本	本数（枠体側）	5
	A <sub>S</sub>	mm <sup>2</sup>	有効断面積	157.0
締結金具 （HAW-1, 3）	L <sub>C</sub>	mm	支点から荷重作用点までの距離	80
	A <sub>rs</sub>	mm <sup>2</sup>	せん断断面積	416
	Z <sub>r</sub>	mm <sup>3</sup>	断面係数	1664
ヒンジ 中心間距離	L <sub>a</sub>	mm	浸水防止扉 HAW-1	1768
			浸水防止扉 HAW-3	1754
扉体中心から ヒンジまでの 水平方向距離	L <sub>b</sub>	mm	浸水防止扉 HAW-1	631
			浸水防止扉 HAW-3	641
車輪（HAW-2）	A <sub>ws</sub>	mm <sup>2</sup>	せん断断面積	942.5
アンカーボルト	n <sub>a</sub>	本	本数（HAW-1, 3）	14
			本数（HAW-2）	22
	l	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	130
	d <sub>a</sub>	mm	呼び径	16
	l <sub>e</sub>	mm	有効埋め込み長さ	114

表4-5-1 評価条件(2/2)

記号	単位	定義	数値
$\sigma_y$	N/mm <sup>2</sup>	アンカーボルトの降伏強度	205
$a_0$	mm <sup>2</sup>	アンカーボルトM16の有効断面積 (ネジ加工を考慮)	157
$\sigma_B$	mm <sup>2</sup>	コンクリートの圧縮強度	20.6
$E_C$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートのヤング係数	21944
$s a_c$	mm <sup>2</sup>	アンカーボルトM16の公称断面積	199
$l'$	mm	はしあき(HAW-1, 3)	100
		はしあき(HAW-2)	220
$r'$	mm	コーン破壊面の有効水平投影面積の 半径(HAW-1, 3)	121.7
$A_c, A'_c$	mm <sup>2</sup>	コーン破壊面の有効水平投影面積(HAW-1, 3)	44507
		コーン破壊面の有効水平投影面積(HAW-2)	46558
$T_{a1}$	kN	アンカーボルトの降伏により決まる 引張耐力(HAW-1, 3)	32.1
		アンカーボルトの降伏により決まる 引張耐力(HAW-2)	32.1
$T_{a2}$	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる 引張耐力(HAW-1, 3)	46.4
		コンクリートのコーン破壊により決まる 引張耐力(HAW-2)	48.6
$T_{a3}$	kN	コンクリートの付着破壊により決まる 引張耐力(HAW-1, 3)	56.7
		コンクリートの付着破壊により決まる 引張耐力(HAW-2)	56.7
$Q_{a1}$	kN	アンカーボルトの降伏により決まる せん断耐力(HAW-1, 3)	28.5
		アンカーボルトの降伏により決まる せん断耐力(HAW-2)	28.5
$Q_{a2}$	kN	コンクリートのコーン破壊により決まる せん断耐力(HAW-1, 3)	53.5
		コンクリートのコーン破壊により決まる せん断耐力(HAW-2)	53.5
$Q_{a3}$	kN	ボルトせん断強度上限値より決まる せん断耐力(HAW-1, 3)	58.5
		ボルトせん断強度上限値より決まる せん断耐力(HAW-2)	53.5

#### 4.6 評価結果

浸水防止扉の扉体にかかる設計用地震動による慣性力と津波による波力の比較を行った結果を表4-6-1に示す。

浸水防止扉の扉体の強度評価は、設計用地震動による慣性力が津波による波力に比べて小さいことから、津波に対する扉体の強度評価に包含される。

浸水防止扉の扉体部品及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表4-6-2及び表4-6-3に示す。

扉体部品の及びアンカーボルトの発生応力は許容限界以下であることを確認した。

浸水防止扉の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、強度計算で十分な強度を有することが確認されていることから、耐震性も有する。

加えて浸水防止扉の各部材の断面検定を行った結果でも、発生応力度又は荷重は許容限界値以下である。

表4-6-1 扉体にかかる設計用地震動による慣性力と津波による波力の比較

名称	① 設計用地震動による慣性力(kN)	② 津波による波力(kN)	①/② 荷重比
浸水防止扉 HAW-1	6.95	446.2	0.02
浸水防止扉 HAW-2	54.4	1795	0.03
浸水防止扉 HAW-3	6.95	453.6	0.02

表4-6-2 評価結果（扉体部品）

名称	評価対象部位	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
浸水防止扉 HAW-1	ヒンジピン	12	118	0.11
	ヒンジボルト	5	205	0.03
	締付金具	84	205	0.41
浸水防止扉 HAW-2	車輪	27	118	0.23
浸水防止扉 HAW-3	ヒンジピン	12	118	0.11
	ヒンジボルト	5	205	0.03
	締付金具	84	205	0.41

表4-7-3 評価結果（アンカーボルト）

名称	応力	発生応力 (kN/本)	許容応力 (kN/本)	検定比
浸水防止扉 HAW-1	引張	1.1	30.9	0.04
	せん断	1.7	19.0	0.09
浸水防止扉 HAW-2	引張	4.0	32.1	0.13
	せん断	6.0	19.0	0.32
浸水防止扉 HAW-3	引張	1.1	30.9	0.04
	せん断	1.7	19.0	0.09

高放射性廃液貯蔵場（HAW）建家貫通部からの  
浸水の可能性について

1. はじめに ～ 4. トレンチ及び連絡管路の耐震性  
(省略)

5. 貫通部等の確認

5.1 トレンチ等の確認から 5.3 トレンチ等を除く壁貫通配管等の確認まで省略

5.4 浸水防止扉の止水処置部の確認

浸水防止扉の止水処置部（扉枠と建家躯体）について以下の点検・評価を実施した。

①高放射性廃液貯蔵場（HAW）に設置している全ての浸水防止扉は、枠と建家躯体の隙間を（幅約 3 cm 奥行約 20 cm）のモルタルで止水処理している。このため設計津波の最大浸水深が作用する水圧に対してモルタル箇所を模擬した試験体から漏えいがないことを確認することで、モルタルによる止水処理の妥当性を確認した。

- ・モルタルの水圧試験（令和 2 年 7 月実施）の実施状況を図 5-4-1 に示す。  
津波波力を上回る 0.5 MPa の水圧をかけても、モルタル材からの漏れのないことを確認した。

### 試験条件

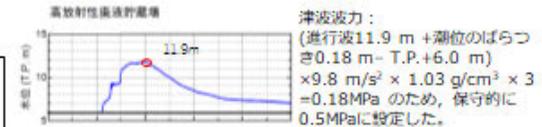
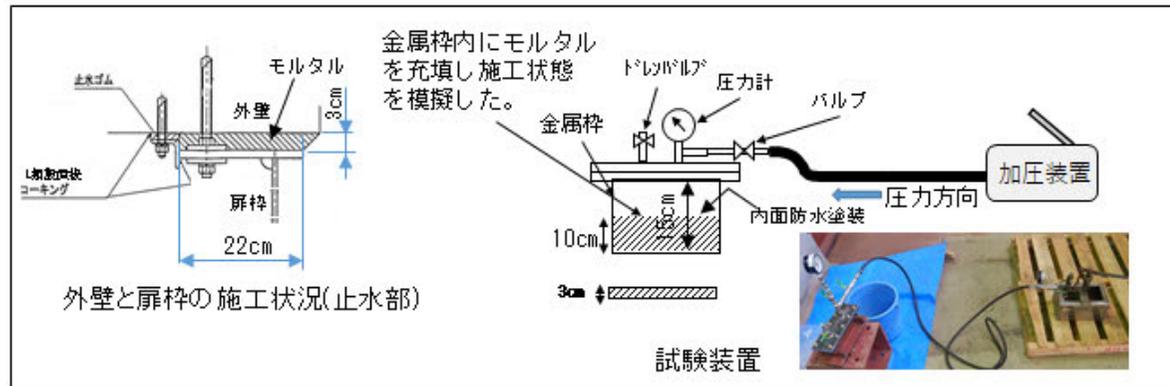
項目	条件	設定理由	備考
試験圧力	0.5MPa	・津波波力を上回る0.5MPaとした。	
保持時間	60分	津波の最大浸水深の時刻歴解析結果を踏まえ設定。(図A参照)	
試験体の大きさ	3cm×20cm×15cm (SS材)	浸水防止扉枠と外壁との境界部に充填したモルタル箇所を模擬している	
モルタル充填量	約10cm充填	モルタル施工(厚さ)約12~22cmに対して、最小値(12cm)以下の充填量(厚さ)とした量。	

### 試験結果

試験圧力	判断基準	結果
0.5MPa	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧力低下の無いこと</li> <li>・モルタルからの水漏れが無いこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧力低下なし</li> <li>・水漏れなし</li> </ul>

### 【試験結果の評価】

津波を想定した水圧をかけて漏洩の有無について確認した。



図A HAW施設における浸水深の時刻歴解析結果



水圧0.5MPa保持



60分保持後、モルタル部からの水漏れ及びにじみなし

図5-4-1 浸水防止扉の止水処置部(モルタル充填)の耐圧試験の実施状況(R2.7.13)