

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-922 改1
提出年月日	平成30年8月10日

### V-2-9-3-3 原子炉建屋エアロック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 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	6
4. 固有周期	7
4.1 固有周期の計算方法	7
4.2 固有周期の計算条件	7
4.3 固有周期の計算結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	23
5.6 応力の評価	23
6. 耐震評価結果	24
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	24
6.2 重大事故等対象設備としての評価結果	24

## 1. 概要

本計算書は、添付書類V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉建屋エアロックが設計用地震力に対して十分な構造強度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。

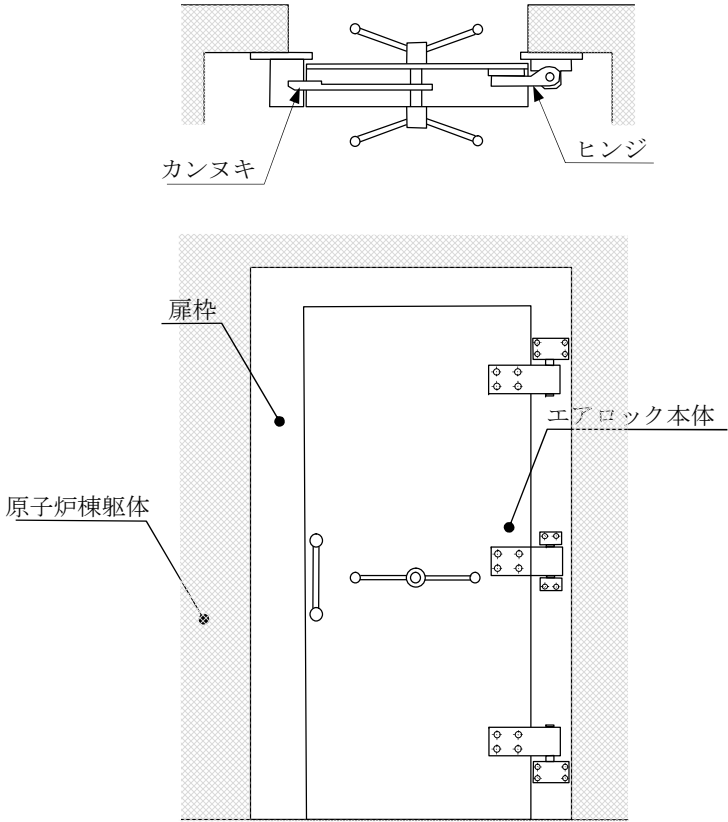
原子炉建屋エアロックは、原子炉建屋原子炉棟の一部施設として扱うため、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対象設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉建屋エアロックの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉建屋エアロックは片開扉であり、原子炉建屋原子炉棟の躯体に設置されている。原子炉建屋原子炉棟に対して内側、外側の2基が設置されており、両者は同構造である。</p>	<p>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。</p>	

## 2.2 評価方針

原子炉建屋エアロックの応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す原子炉建屋エアロックの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく**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、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

原子炉建屋エアロックの耐震評価フローを図2-1に示す。

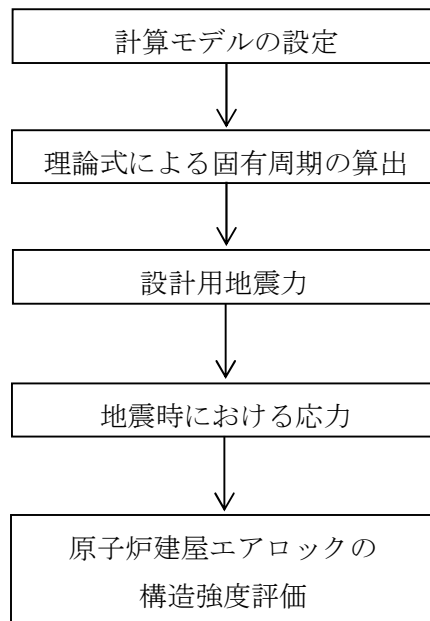


図2-1 原子炉建屋エアロックの耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984, JEAG4601-1987及びJEAG4601-1991 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) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））  
JSME S NC1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
—	温度条件（最高使用温度）	°C
$A_1$	ヒンジアームの断面積	mm <sup>2</sup>
$A_2$	ヒンジピンの断面積	mm <sup>2</sup>
$A_{b3}$	ヒンジボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$A_4$	カンヌキの断面積	mm <sup>2</sup>
$A_5$	カンヌキ受けピンの断面積	mm <sup>2</sup>
$A_{b6}$	カンヌキ受けボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
$D$	死荷重	N
$E$	ヤング率	N/m <sup>2</sup>
$F_H$	水平地震力	N
$F_V$	鉛直地震力	N
$f$	原子炉建屋エアロックの1次固有振動数	Hz
$I$	断面2次モーメント	m <sup>4</sup>
$C_H$	水平震度	—
$C_V$	鉛直震度	—
$L_1$	ヒンジアームの作用点間距離	mm
$L_2$	ヒンジピンの軸支持間距離	mm
$L_4$	カンヌキの作用点間距離	mm
$L_5$	カンヌキ受けピンの作用点間距離	mm
$L_j$	ヒンジ中心間距離	m
$L_r$	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
$l$	はり長さ	m
$M_1$	ヒンジアームの曲げモーメント	N・mm
$M_2$	ヒンジピンの曲げモーメント	N・mm
$M_4$	カンヌキの曲げモーメント	N・mm
$M_5$	カンヌキ受けピンの曲げモーメント	N・mm
$M_D$	機械的荷重（DB）	N
$M_{SAD}$	機械的荷重（SA）	N
$m$	質量分布	kg/m
$n$	カンヌキの本数	本
$n_{b3}$	ヒンジボルトの本数	本
$n_{b6}$	カンヌキ受けボルトの本数	本

記号	記号の説明	単位
$P_D$	最高使用圧力による的荷重 (DB)	N
$P_{SAD}$	設計圧力による荷重 (SA)	N
$Q_1$	ヒンジアームのせん断力	N
$Q_2$	ヒンジピンのせん断力	N
$Q_3$	ヒンジボルトのせん断力	N
$Q_4$	カンヌキのせん断力	N
$Q_5$	カンヌキ受けピンのせん断力	N
$R_r$	扉体幅方向自重反力	kN
$R_t$	扉体厚方向自重反力	kN
$S_d$	弾性設計用地震動により定まる地震力	N
$S_s$	基準地震動により定まる地震力	N
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$T_3$	ヒンジボルトの引張力	N
$T_6$	カンヌキ受けボルトの引張力	N
$W_X$	扉体自重	kN
$Z_1$	ヒンジアームの断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_2$	ヒンジピンの断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_4$	カンヌキの断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_5$	カンヌキ受けピンの断面係数	mm <sup>3</sup>
$\sigma_{b1}$	ヒンジアームの曲げ断応力	MPa
$\sigma_{b2}$	ヒンジピンの曲げ断応力	MPa
$\sigma_{b4}$	カンヌキの曲げ断応力	MPa
$\sigma_{b5}$	カンヌキ受けピンの曲げ断応力	MPa
$\sigma_{t3}$	ヒンジボルトの引張断応力	MPa
$\sigma_{t6}$	カンヌキ受けボルトの引張断応力	MPa
$\sigma_{X1}$	ヒンジアームの組合せ断応力	MPa
$\sigma_{X2}$	ヒンジピンの組合せ断応力	MPa
$\sigma_{X4}$	カンヌキの組合せ断応力	MPa
$\tau_1$	ヒンジアームのせん断断応力	MPa
$\tau_2$	ヒンジピンのせん断断応力	MPa
$\tau_3$	ヒンジボルトのせん断断応力	MPa
$\tau_4$	カンヌキのせん断断応力	MPa
$\tau_5$	カンヌキ受けピンのせん断断応力	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切り上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	k g	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
算出応力	MP a	小数点以下第1位	切り上げ	整数位
許容応力	MP a	小数点以下第1位	切り捨て	整数位

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下1位を切り捨て、整数位までの値とする。

## 3. 評価部位

原子炉建屋エアロックの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるヒンジ、ヒンジアーム、ヒンジピン、ヒンジボルト、カンヌキ、カンヌキ受けピン、及びカンヌキ受けボルトについて実施する。原子炉建屋エアロックの耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。



4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

原子炉建屋エアロックの固有周期の計算方法を以下に示す。

4.1.1 水平方向

- (1) 原子炉建屋エアロックの質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 原子炉建屋エアロックは、図4-1に示す両端固定の1質点系振動モデルとして考える。
- (3) 固有周期は次式で求める。

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

4.1.2 鉛直方向

鉛直方向は十分な剛性を有していることから、固有周期の計算を省略する。

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表4-1に示す。

表4-1 固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
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	

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表4-2に示す。

表4-2 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向
	—*

注記\*：固有周期は十分に小さく計算は省略する。

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 原子炉建屋エアロックの質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力は原子炉建屋エアロックに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 原子炉建屋エアロックの地震荷重の作用イメージを図5-1に示す。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

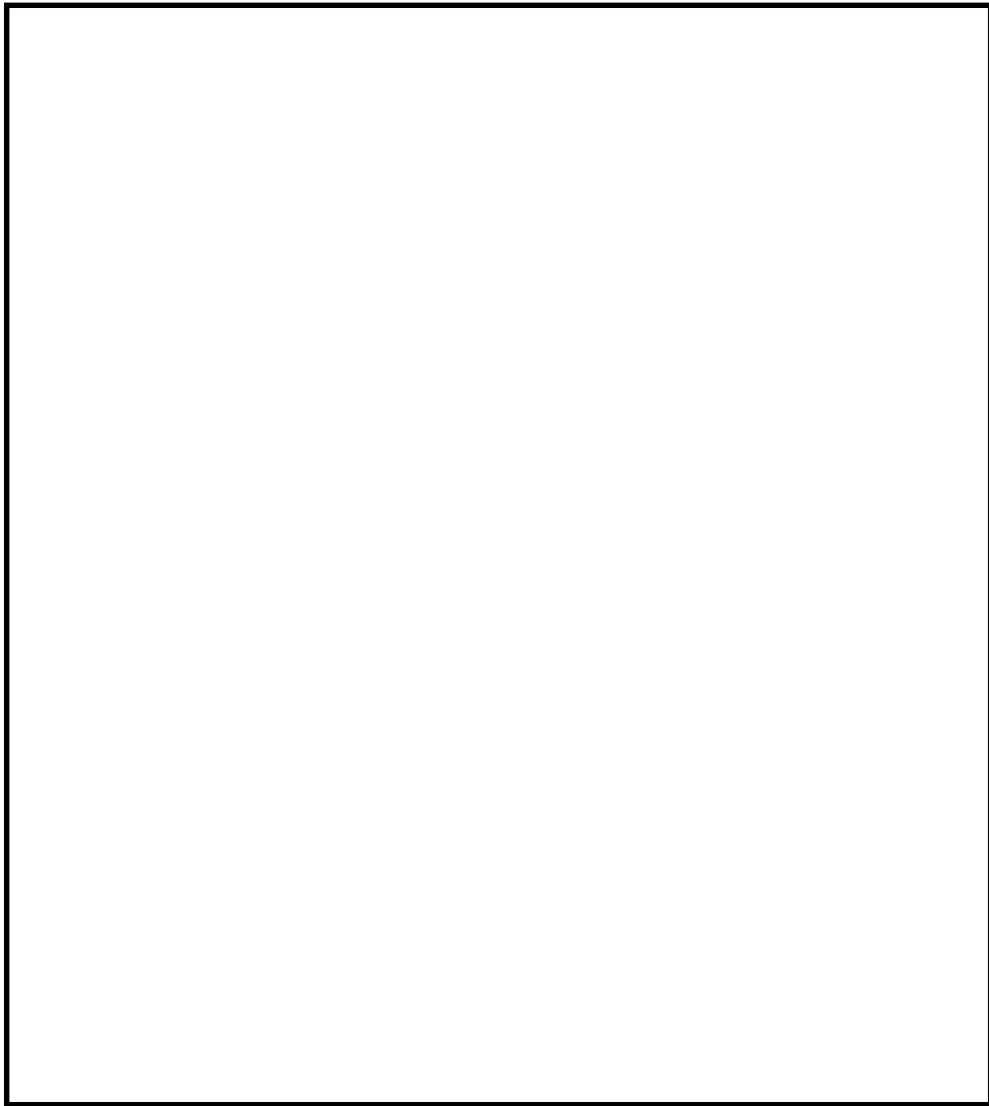


図5-1 原子炉建屋エアロックの地震荷重の作用イメージ

## 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉建屋エアロックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-1に、重大事故等対象設備に用いるものを表5-2に示す。

### 5.2.2 許容応力

原子炉建屋エアロックの許容応力を表5-3に示す。

### 5.2.3 使用材料の許容応力

原子炉建屋エアロックの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-4に、重大事故等対象設備の評価に用いるものを表5-5に示す。

表5-1 荷重の組合せ及び許容限界（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	原子炉建屋	原子炉建屋 エアロック	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^{**2}$	Ⅲ <sub>A</sub> S
	原子炉棟				$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \* 1 : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

\* 2 :  $S_s$  と組合せ、Ⅲ<sub>A</sub>S の評価を実施する。

表5-2 荷重の組合せ及び許容限界（重大事故等対象設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容限界
原子炉格納施設	原子炉建屋	原子炉建屋 エアロック	常設耐震／防止, 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
	原子炉棟				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

注記\* 1 : 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設／防止」は常設耐震重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備,  
「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\* 2 : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

\* 3 : 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」 の評価に包絡されるため, 評価結果の記載を省略する。

表5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容限界	許容限界* <sup>1</sup> (ボルト等以外)			許容限界* <sup>1</sup> (ボルト等以外)	
	一次応力			一次応力	
	引張り	せん断	曲げ	引張り	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 f_t$	$1.5 f_s$	$1.5 f_b$	$1.5 f_t$	$1.5 f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	$1.5 f_b^*$	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)					

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

表5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
ヒンジアーム		周囲環境温度		—	211	394	—
ヒンジピン		周囲環境温度		—	482	673	—
ヒンジボルト		周囲環境温度		—	764	906	—
カンヌキ		周囲環境温度		—	198	504	205
カンヌキ受けピン		周囲環境温度		—	482	673	—
カンヌキ受けボルト		周囲環境温度		—	764	906	—

表5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対象設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
ヒンジアーム		周囲環境温度		—	194	373	—
ヒンジピン		周囲環境温度		—	451	632	—
ヒンジボルト		周囲環境温度		—	685	847	—
カンヌキ		周囲環境温度		—	171	441	205
カンヌキ受けピン		周囲環境温度		—	451	632	—
カンヌキ受けボルト		周囲環境温度		—	685	847	—

### 5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5-6及び表5-7に示す。

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の策定方針」に基づく。

表5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 EL14.0m <sup>*1</sup>	□	—	— <sup>*2</sup>	— <sup>*2</sup>	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：Ⅲ<sub>A</sub>Sについては、基準地震動  $S_s$  で評価する。

表5-7 設計用地震力（重大事故等対象設備）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 EL14.0m <sup>*1</sup>	□	—	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$

注記\*1：基準床レベルを示す。



## 5.4 計算方法

### 5.4.1 ヒンジ部の応力計算方法

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。図5-2にヒンジ部に生じる荷重を示す。

$$F_H = W_X \cdot C_H$$

$$F_V = W_X \cdot C_V$$

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

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

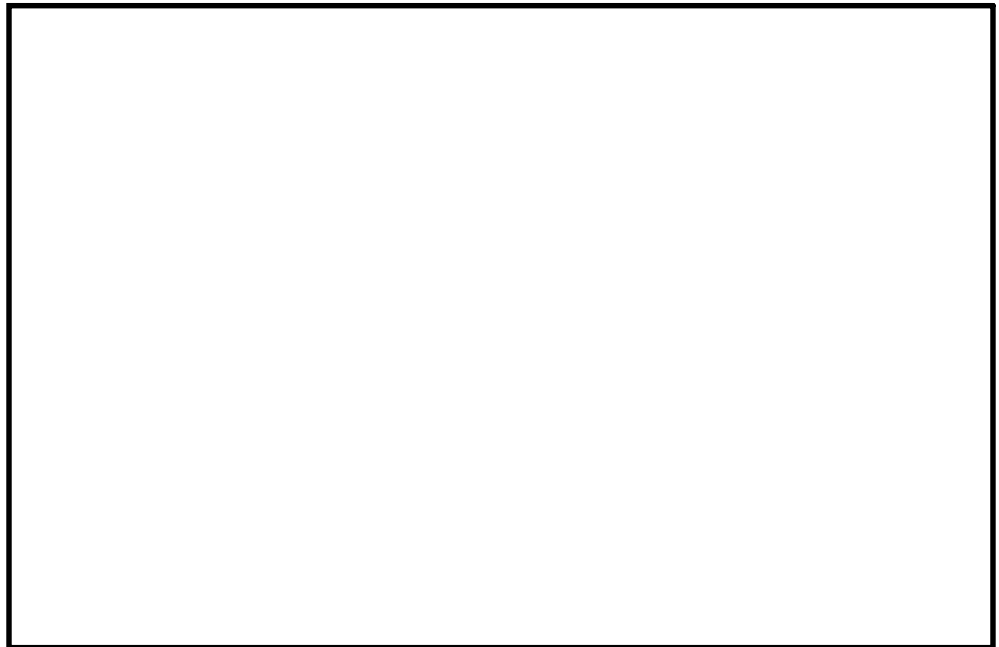


図5-2 ヒンジ部に生じる荷重

## 5.4.1.1 ヒンジアームの計算方法

ヒンジアームの応力は地震による震度によって生じる組合せ応力について計算する。

図5-3 にヒンジアームに生じる荷重を示す。



図5-3 ヒンジアームに生じる荷重

## (1) 曲げ応力

ヒンジアームに生じる曲げモーメントから曲げ応力を次式により計算する。

曲げモーメント

$$M_1 = (W_x + F_v) \cdot L_1$$

曲げ応力

$$\sigma_{b1} = \frac{M_1}{Z_1}$$

## (2) せん断応力

ヒンジアームに生じるせん断力からせん断応力を次式により計算する。

せん断力

$$Q_1 = W_x + F_v$$

せん断応力

$$\tau_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

(3) 組合せ応力

ヒンジアームに生じる曲げモーメント及びせん断力から組合せ応力を次式により計算する。

組合せ応力

$$\sigma_{x1} = \sqrt{\left(\frac{M_1}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_1}{A_1}\right)^2}$$

5.4.1.2 ヒンジピンの計算方法

ヒンジピンの応力は地震による震度によって生じる組合せ応力について計算する。

図5-4にヒンジピンに生じる荷重を示す。

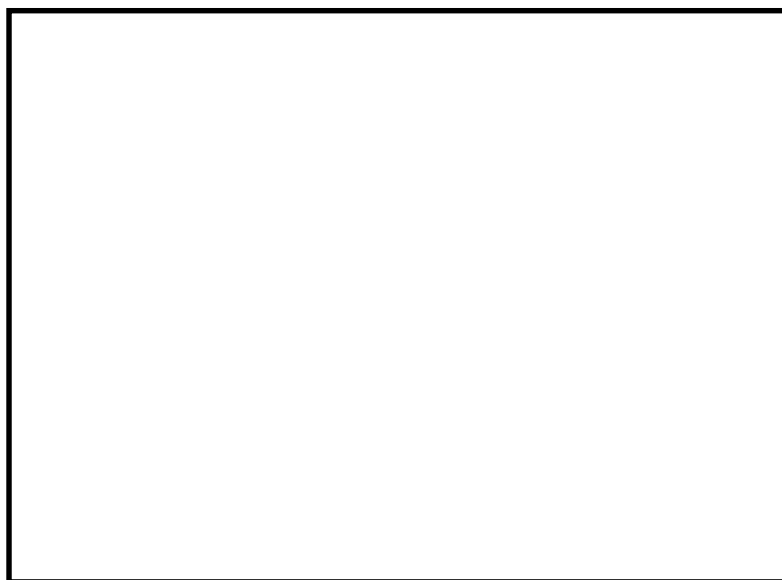


図5-4 ヒンジピンに生じる荷重

(1) 曲げ応力

ヒンジピンに生じる曲げモーメントから曲げ応力を次式により計算する。

曲げモーメント

$$M_2 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} \cdot L_2$$

曲げ応力

$$\sigma_{b2} = \frac{M_2}{Z_2}$$

(2) せん断応力

ヒンジピンに生じるせん断力からせん断応力を次式により計算する。

せん断力

$$Q_2 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2}$$

せん断応力

$$\tau_2 = \frac{Q_2}{A_2}$$

(3) 組合せ応力

ヒンジピンに生じる曲げモーメント及びせん断力から組合せ応力を次式により計算する。

組合せ応力

$$\sigma_{x2} = \sqrt{\left(\frac{M_2}{Z_2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_2}{A_2}\right)^2}$$

5.4.1.3 ヒンジボルトの計算方法

ヒンジボルトの応力は地震による震度によって生じるせん断応力について計算する。  
図5-5にヒンジボルトに生じる荷重を示す。

ヒンジボルトに生じる荷重は、扉90°開放時には引張力として作用し、扉180°開放時にはせん断力がとして作用することから次式により算定する。ヒンジボルトに生じる荷重を図5-5に示す。



図5-5 ヒンジボルトに生じる荷重

(2) ヒンジボルトの引張力及びせん断応力

ヒンジボルトに生じる引張力及びせん断力から引張応力及びせん断応力を次式により計算する。

引張力及びせん断力

$$T_3 = Q_3 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + (W_x + F_V)^2}$$

引張応力

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

せん断応力

$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

5.4.2 カンヌキ部の応力計算方法

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。図5-6にカンヌキ部に生じる荷重を示す。

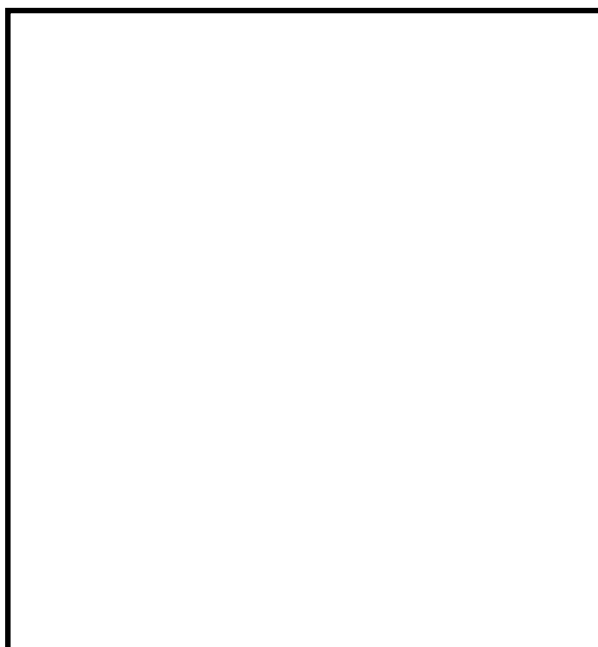


図5-6 カンヌキ部に生じる荷重

#### 5.4.2.1 カンヌキの計算方法

カンヌキの応力は地震による震度によって生じる組合せ応力について計算する。図5-7にカンヌキに生じる荷重を示す。



図5-7 カンヌキに生じる荷重

##### (1) 曲げ応力

カンヌキに生じる曲げモーメントから曲げ応力を次式により計算する。

曲げモーメント

$$M_4 = \frac{F_H}{2 \cdot n} \cdot L_4$$

ただし、 $F_H = W_X \cdot C_H$  とする。

曲げ応力

$$\sigma_{b4} = \frac{M_4}{Z_4}$$

##### (2) せん断応力

ヒンジアームに生じるせん断力からせん断応力を次式により計算する。

せん断力

$$Q_4 = \frac{F_H}{2 \cdot n}$$

せん断応力

$$\tau_4 = \frac{Q_4}{A_4}$$

(3) 組合せ応力

カンヌキに生じる曲げモーメント及びせん断力から組合せ応力を次式により計算する。

組合せ応力

$$\sigma_{x4} = \sqrt{\left(\frac{M_4}{Z_4}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_4}{A_4}\right)^2}$$

5.4.2.2 カンヌキ受けピンの計算方法

カンヌキ受けピンの応力は地震による震度によって生じる組合せ応力について計算する。図5-8にカンヌキ受けピンに生じる荷重を示す。

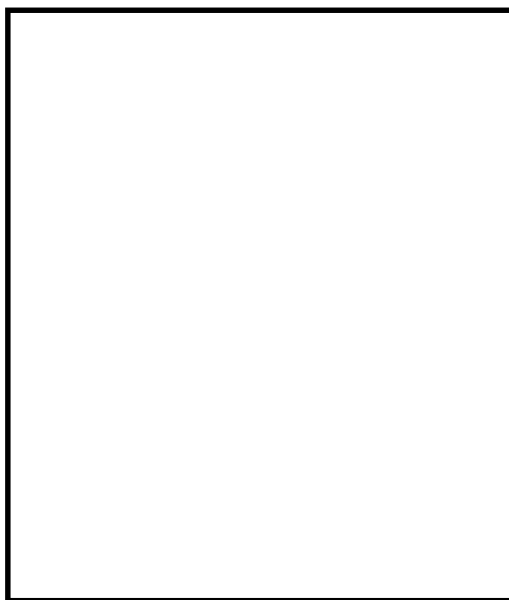


図5-8 カンヌキ受けピンに生じる荷重

(1) 曲げ応力

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力を次式により計算する。

曲げモーメント

$$M_5 = \frac{1}{4} \cdot \frac{F_H}{2 \cdot n} \cdot L_5$$

曲げ応力

$$\sigma_{b5} = \frac{M_5}{Z_5}$$

(2) せん断応力

カンヌキ受けピンに生じるせん断応力を次式により計算する。

せん断力

$$Q_5 = \frac{F_H}{2 \cdot n}$$

せん断応力

$$\tau_5 = \frac{Q_5}{2 \cdot A_5}$$

5.4.2.3 カンヌキ受けボルトの計算方法

カンヌキ受けボルトの応力は地震による震度によって生じる組合せ応力について計算する。図5-9にカンヌキ受けボルトに生じる荷重を示す。



図5-9 カンヌキ受けボルトに生じる荷重

(1) 引張応力

カンヌキ受けボルトに生じる引張応力を次式により計算する。

引張力

$$T_6 = \frac{F_H}{2 \cdot n}$$

引張応力

$$\sigma_{t6} = \frac{T_6}{n_{b6} \cdot A_{b6}}$$



## 5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

## 5.6 応力の評価

### 5.6.1 ボルト等以外の部材の応力の評価

5.4 項で求めた引張応力  $\sigma_t$ 、せん断応力  $\tau$  及び曲げ応力  $\sigma_b$  は、下表より求めた許容引張応力  $f_t$ 、許容せん断応力  $f_s$  及び許容曲げ応力  $f_b$  以下であること。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による荷重との 組合せの場合
許容せん断応力 $f_s$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 $f_b$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

### 5.6.1 ボルトの部材の応力の評価

5.4 項で求めた引張応力  $\sigma_t$  及びせん断応力  $\tau$  は、下表より求めた許容引張応力  $f_t$ 、許容せん断応力  $f_s$  及び許容曲げ応力  $f_b$  以下であること。ただし、 $f_t$  は下表による。

$$f_t = \text{Min}[1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t]$$

せん断応力  $\tau$  はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_s$  以下であること。ただし、 $f_s$  は下表による。

	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による荷重との 組合せの場合
許容引張応力 $f_t$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_s$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉建屋エアロックの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお、弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的震度は基準地震動 $S_s$ を下回っており、基準地震動 $S_s$ による発生値が、弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

### 6.2 重大事故等対象設備としての評価結果

原子炉建屋エアロックの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉建屋 エアロック	S	原子炉建屋 EL14.0m*1	<input type="text"/>	—	—*2	—*2	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	<input type="text"/>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：Ⅲ<sub>A</sub>Sについては、基準地震動  $S_s$  で評価する。

1.2 機器要目

部 材	$L_i$	$Z_i$	$n_{bi}$	$A_i$	$S_y$	$S_u$	$S_y(RT)$	$F^*$
ヒンジアーム (i=1)					211	394	-	211
ヒンジピン (i=2)					482	673	-	482
ヒンジボルト (i=3)					764	906	-	764
カンヌキ (i=4)					198	504	205	205
カンヌキ受けピン (i=5)					482	673	-	482
カンヌキ受けボルト (i=6)					764	906	-	764

ヒンジアーム, ヒンジピン, ヒンジボルト, カンヌキ, カンヌキ受けピン, カンヌキ受けボルト

$W_x$ (kN)	$n$ (本)	$n_{b3}$ (本)	$n_{b6}$ (本)	$E$ N/m <sup>2</sup>	$C_H$	$C_V$
					1.13	0.99

$A_1$ (mm <sup>2</sup> )	$A_2$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{b3}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_4$ (mm <sup>2</sup> )	$A_5$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{b6}$ (mm <sup>2</sup> )

$L_1$ (mm)	$L_2$ (mm)	$L_4$ (mm)	$L_5$ (mm)	$L_j$ (m)	$L_r$ (m)	$L_t$ (m)

$Z_1$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_2$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_4$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_5$ (mm <sup>3</sup> )

1.3 計算数値

各評価部材に作用する力

部材	$M_i$ (N・mm)		$T_i$ (N)		$Q_i$ (N)	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
ヒンジアーム (i=1)						
ヒンジピン (i=2)						
ヒンジボルト (i=3)						
カンヌキ (i=4)						
カンヌキ受けピン (i=5)						
カンヌキ受けボルト (i=6)						

1.4 結論

1.4.1 各評価部材の応力（設計基準対象施設）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ヒンジアーム (i=1)		曲げ	26	211	26	253
		せん断	3	121	3	146
ヒンジピン (i=2)		曲げ	187	482	187	578
		せん断	18	278	18	333
ヒンジボルト (i=3)		引張	51	573*	51	687*
		せん断	51	441	51	529
カンヌキ (i=4)		曲げ	4	205	4	246
		せん断	1	118	1	142
カンヌキ受けピン (i=5)		曲げ	23	482	23	578
		せん断	2	278	2	333
カンヌキ受けボルト (i=6)		引張	4	573	4	687

すべて許容応力以下である。

注記\* :  $f_t = \text{Min}[1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t]$ より算出

2. 重大事故等対象設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉建屋 エアロック	常設耐震/防止, 常設/緩和	原子炉建屋 EL14.0m*1		—	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	

注記\*1：基準床レベルを示す。



2.2 機器要目

部材	$L_i$	$Z_i$	$n_{bi}$	$A_i$	$S_y$	$S_u$	$S_y(RT)$	$F^*$
ヒンジアーム (i=1)					194	373	-	211
ヒンジピン (i=2)					451	632	-	482
ヒンジボルト (i=3)					685	847	-	764
カンヌキ (i=4)					171	441	205	205
カンヌキ受けピン (i=5)					451	632	-	482
カンヌキ受けボルト (i=6)					685	847	-	764

ヒンジアーム, ヒンジピン, ヒンジボルト, カンヌキ, カンヌキ受けピン, カンヌキ受けボルト

$W_x$ (kN)	$n$ (本)	$n_{b3}$ (本)	$n_{b6}$ (本)	$E$ N/m <sup>2</sup>	$C_H$	$C_V$
					1.13	0.99

$A_1$ (mm <sup>2</sup> )	$A_2$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{b3}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_4$ (mm <sup>2</sup> )	$A_5$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{b6}$ (mm <sup>2</sup> )

$L_1$ (mm)	$L_2$ (mm)	$L_4$ (mm)	$L_5$ (mm)	$L_j$ (m)	$L_r$ (m)	$L_t$ (m)

$Z_1$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_2$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_4$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_5$ (mm <sup>3</sup> )

2.3 計算数値

各評価部材に作用する力

部材	$M_i$ (N・mm)		$T_i$ (N)		$Q_i$ (N)	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
ヒンジアーム (i=1)						
ヒンジピン (i=2)						
ヒンジボルト (i=3)						
カンヌキ (i=4)						
カンヌキ受けピン (i=5)						
カンヌキ受けボルト (i=6)						

2.4 結論

2.4.1 各評価部材の応力（重大事故等対象設備）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ヒンジアーム (i=1)		曲げ	26	194	26	232
		せん断	3	112	3	134
ヒンジピン (i=2)		曲げ	187	442	187	530
		せん断	18	255	18	306
ヒンジボルト (i=3)		引張	51	444*	51	533*
		せん断	51	342	51	410
カンヌキ (i=4)		曲げ	4	205	4	246
		せん断	1	118	1	142
カンヌキ受けピン (i=5)		曲げ	23	442	23	530
		せん断	2	255	2	306
カンヌキ受けボルト (i=6)		引張	4	444	4	533

すべて許容応力以下である。

注記\* :  $f_t = \text{Min}[1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t]$ より算出