

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3
提出年月日	平成30年8月28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。

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、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

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き扉であり、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）により扉体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、添付書類「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。

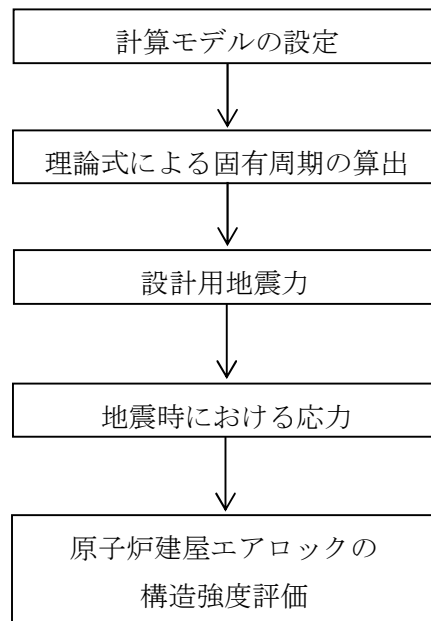


図 2-1 原子炉建屋エアロックの耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984, JEAG 4601-1987及びJEAG 4601-1991 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 NC 1-2005/2007）（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 ²
A_2	ヒンジピンの断面積	mm ²
A_{b3}	ヒンジボルトの断面積	mm ²
A_4	カンヌキの断面積	mm ²
A_5	カンヌキ受けピンの断面積	mm ²
A_{b6}	カンヌキ受けボルトの断面積	mm ²
D	死荷重	N
E	ヤング率	N/m ²
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 ⁴
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 S_d により定まる地震力	N
S_s	基準地震動 S_s 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 ³
Z_2	ヒンジピンの断面係数	mm ³
Z_4	カンヌキの断面係数	mm ³
Z_5	カンヌキ受けピンの断面係数	mm ³
σ_{b1}	ヒンジアームの曲げ断応力	MPa
σ_{b2}	ヒンジピンの曲げ断応力	MPa
σ_{b4}	カンヌキの曲げ断応力	MPa
σ_{b5}	カンヌキ受けピンの曲げ断応力	MPa
σ_{t3}	ヒンジボルトの引張断応力	MPa
σ_{t6}	カンヌキ受けボルトの引張断応力	MPa
σ_{X1}	ヒンジアームの組合せ断応力	MPa
σ_{X2}	ヒンジピンの組合せ断応力	MPa
σ_{X4}	カンヌキの組合せ断応力	MPa
τ_1	ヒンジアームのせん断断応力	MPa
τ_2	ヒンジピンのせん断断応力	MPa
τ_3	ヒンジボルトのせん断断応力	MPa
τ_4	カンヌキのせん断断応力	MPa
τ_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 ²	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、扉体部の重心に集中するものとする。
- (2) 固有周期は、図4-1に示す固有値計算モデルにより、扉体面外方向について算出する。
- (3) 固有周期は次式で求める。

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

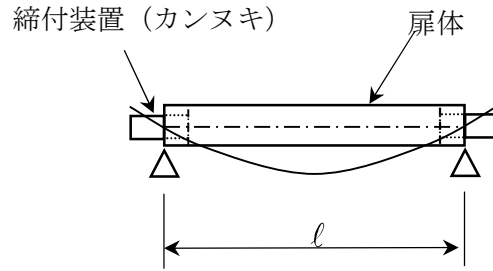


図4-1 固有値計算モデル

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	ℓ	m	
ヤング率	E	N/m ²	
断面2次モーメント	I	m ⁴	
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。

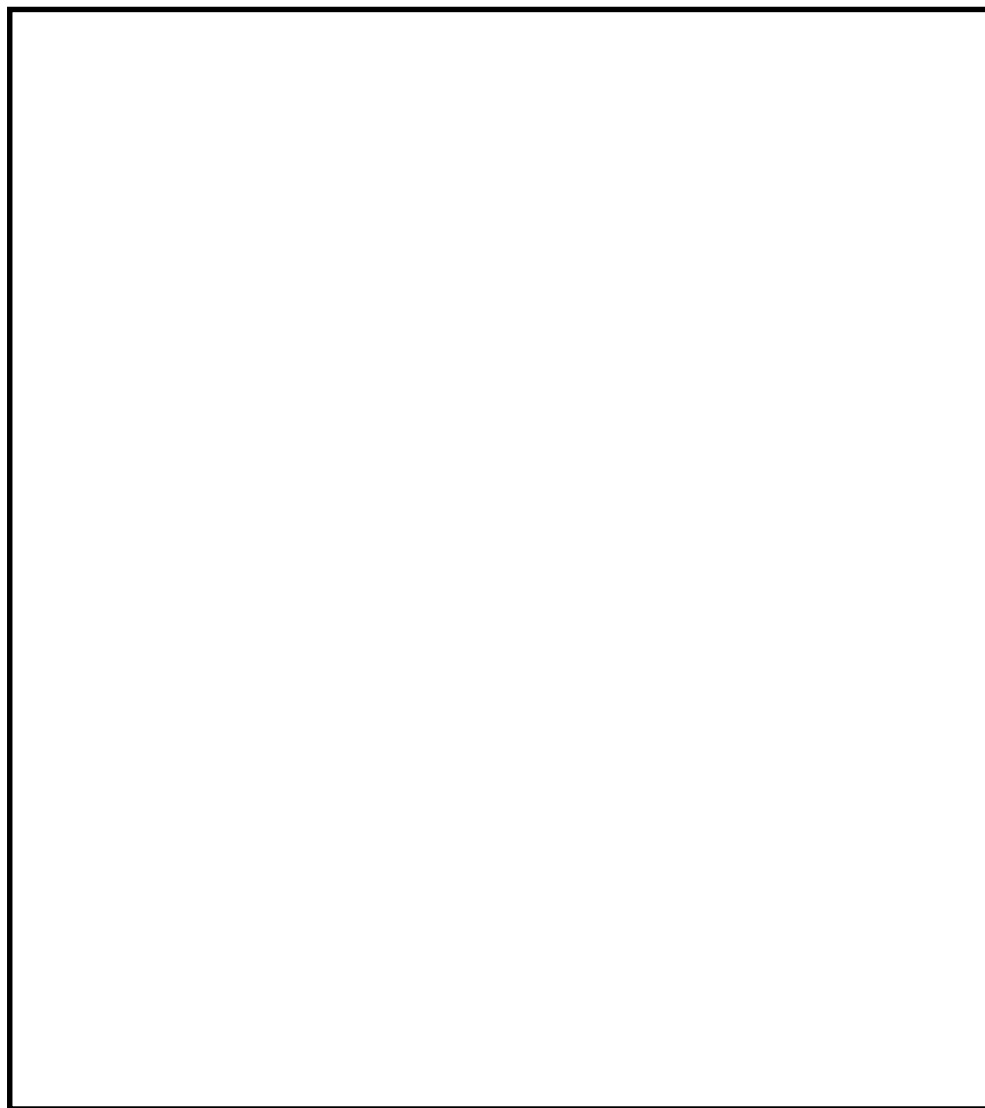


図5-1 原子炉建屋エアロックの地震荷重の作用イメージ

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評価条件

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 _A S
	原子炉棟				$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A 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_AS 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 _A S
	原子炉棟				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A 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* ¹ (ボルト等以外)			許容限界* ¹ (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 _A S	$1.5 f_t$	$1.5 f_s$	$1.5 f_b$	$1.5 f_t$	$1.5 f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$	$1.5 f_b^*$	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (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 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (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、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の策定方針」に基づき設定する。

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 ^{*1}	□	— ^{*2}	— ^{*3}	— ^{*3}	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3：Ⅲ_AS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 ^{*1}	□	— ^{*2}	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

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曲げ応力，せん断応力，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。

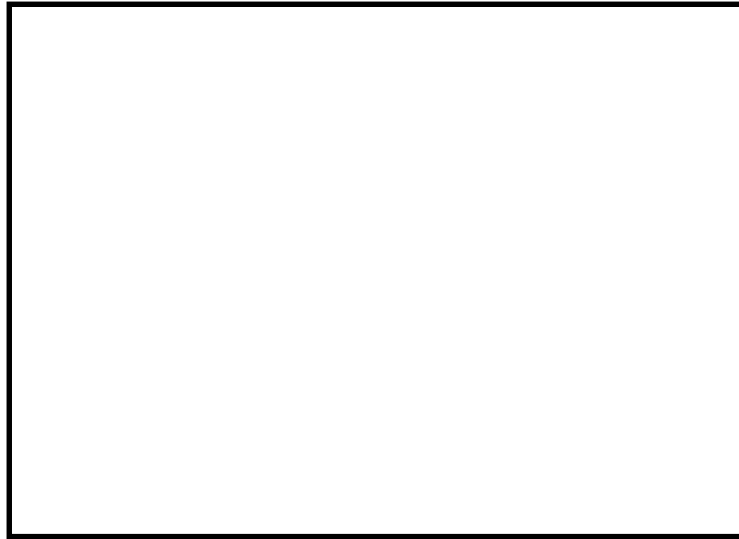


図5-3 ヒンジアームに生じる荷重

(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曲げ応力，せん断応力，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引張応力及び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。

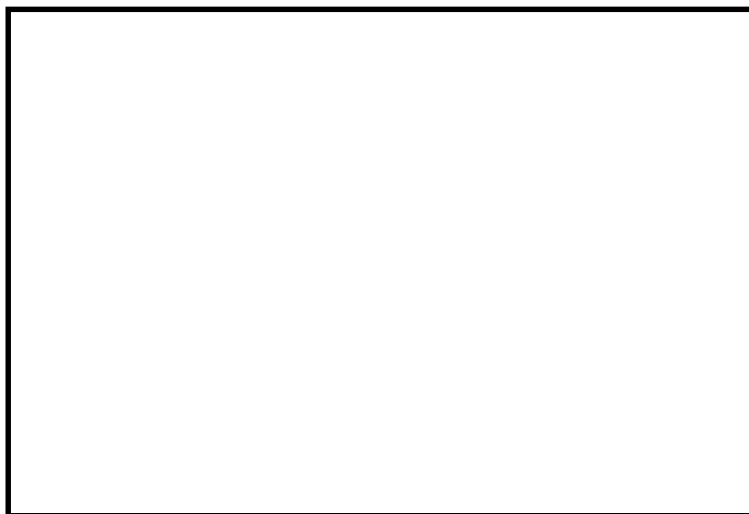


図 5-5 ヒンジボルトに生じる荷重

(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。

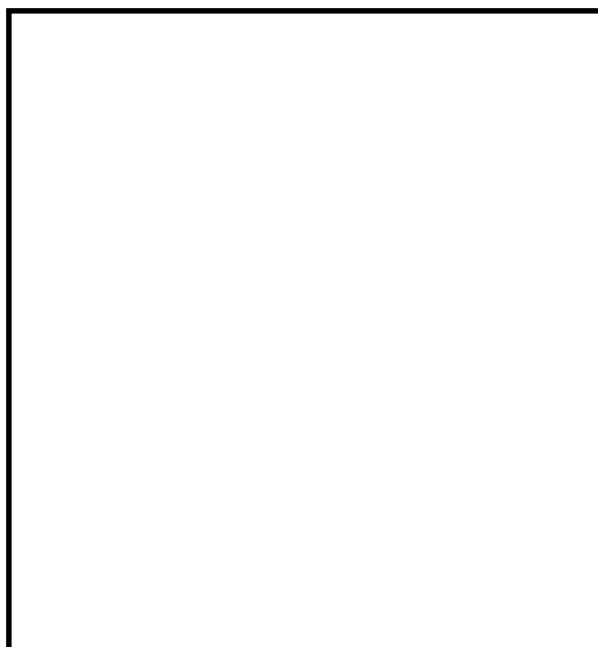


図5-6 カンヌキ部に生じる荷重

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曲げ応力，せん断応力，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。

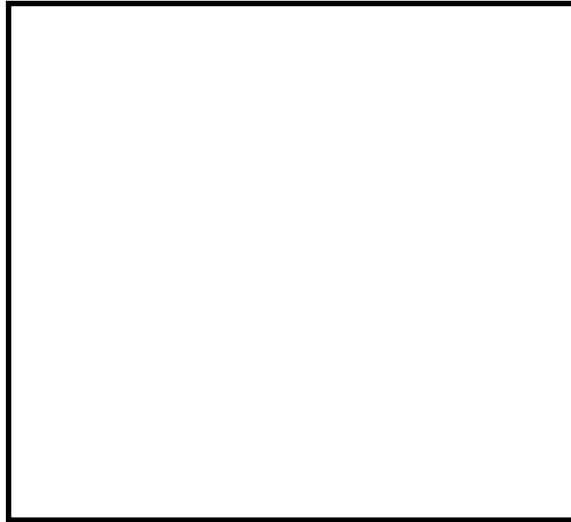


図5-7 カンヌキに生じる荷重

(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曲げ応力，せん断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。

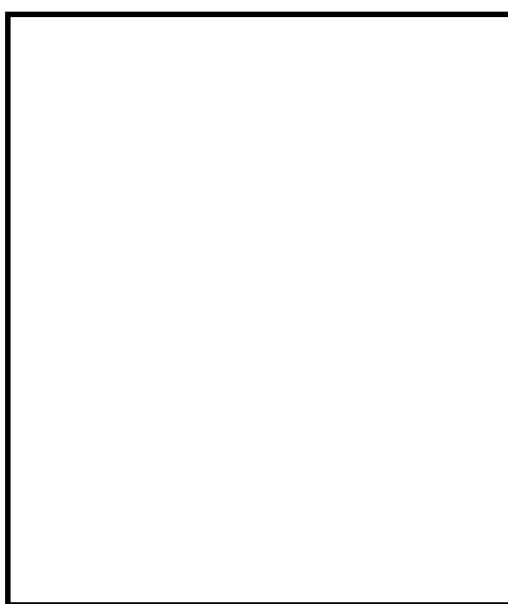


図5-8 カンヌキ受けピンに生じる荷重

(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引張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 σ_t 、せん断応力 τ 及び曲げ応力 σ_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
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
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 σ_t 及びせん断応力 τ 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 τ 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	—*3	—*3	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	<input type="text"/>

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

*3：Ⅲ_AS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 ²	C_H	C_V
					1.13	0.99

A_1 (mm ²)	A_2 (mm ²)	A_{b3} (mm ²)	A_4 (mm ²)	A_5 (mm ²)	A_{b6} (mm ²)

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

Z_1 (mm ³)	Z_2 (mm ³)	Z_4 (mm ³)	Z_5 (mm ³)

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
		組合せ	26	211	26	253
ヒンジピン (i=2)		曲げ	187	482	187	578
		せん断	18	278	18	333
		組合せ	189	482	189	578
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}		— ^{*2}	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

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 ²	C_H	C_V
					1.13	0.99

A_1 (mm ²)	A_2 (mm ²)	A_{b3} (mm ²)	A_4 (mm ²)	A_5 (mm ²)	A_{b6} (mm ²)

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

Z_1 (mm ³)	Z_2 (mm ³)	Z_4 (mm ³)	Z_5 (mm ³)

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
		組合せ	26	194	26	232
ヒンジピン (i=2)		曲げ	187	442	187	530
		せん断	18	255	18	306
		組合せ	189	442	189	530
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