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-1054　改 4
提出年月日	平成 30 年 9 月 13 日

Ⅴ-2-9-5-2-4　ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書

NT2 補③ Ⅴ-2-9-5-2-4 R4

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 2
2.1 構造計画 2
2.2 評価方針 4
2.3 適用基準 5
2.4 記号の説明 6
2.5 計算精度と数値の丸め方 9
3. 評価部位 10
4. 地震応答解析及び構造強度評価 11
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法 11
4.1.1 扉の構造強度評価方法 11
4.1.2 面外方向支持部材の構造強度評価方法 11
4.1.3 面内方向支持部材の構造強度評価方法 13
4.1.4 鉛直方向支持部材の構造強度評価方法 13
4.1.5 駆動部の構造強度評価方法 13
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 14
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 14
4.2.2 許容応力 14
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 14
4.3 解析モデル及び諸元 20
4.4 固有周期 22
4.5 設計用地震力 23
4.6 計算方法 25
4.6.1 扉の応力計算方法 25
4.6.2 支持部材の応力計算方法 27
4.6.3 駆動部の荷重計算方法 39
4.7 計算条件 40
4.8 応力の評価 40
4.8.1 扉及び支持部材の応力評価 40
4.8.2 取付ボルトの応力評価 40
4.8.3 チェーンの荷重評価 40
5. 機能維持評価 41
5.1 評価用加速度 41
5.2 機能確認済加速度 41
6. 評価結果 42
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 42

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-1-1-6-別添4　ブローアウトパネル関連設備の設計方針」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，ブローアウトパネル閉止装置（以下「閉止装置」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び必要な機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は固有値解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

閉止装置は，重大事故等対処設備において，常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

閉止装置は，同一の寸法のものを，原子炉建屋原子炉棟5階外壁面に2個，6階外壁面に8個，計10個設置する。構造計画を表2-1に示す。閉止装置は，下記より構成される。

(1) 扉
- ・外梁
- ・内梁
- ・面板

(2) 扉枠

(3) 面外方向支持部材
- ・ガイドレール
- ・ガイドローラ
- ・側面プッシュローラ
- ・上下面プッシュローラ
- ・テーパブロック

(4) 面内方向支持部材
- ・閂

(5) 鉛直方向支持部材
- ・ハンガーレール
- ・ハンガーローラ
- ・吊具

(6) 駆動部
- ・ギアボックス
- ・エンドボルト
- ・チェーンガイド
- ・チェーン
- ・電動機

閉止装置は，上記に示す扉，扉枠，面外方向支持部材，面内方向支持部材，鉛直方向支持部材及び駆動部から構成される。扉は，鉛直方向支持部材であるハンガーローラ及び吊具によりハンガーレールに吊り下げられており，閉止装置上部に取り付けた電動機の回転を，ギアボックスを介して扉に取り付けられたチェーンの水平方向動作に変換することにより扉を開閉する構造である。また，扉閉状態の気密性については，扉又は扉枠に設置したテーパブロック，側面プッシュローラ及び上下面プッシュローラにより，扉を扉枠のシール材料に押し付けることにより確保する構造である。

地震等により作用する力のうち，面外方向に対しては，側面プッシュローラ，上下面プッシュローラ，ガイドローラ及びガイドレール等により扉を扉枠に押し付けることにより，拘束した状態で支持する構造である。面内方向に対しては閂により，鉛直方向に対しては，ハンガーローラ，吊具及びハンガーレールにより支持する構造である。

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	
閉止装置は，原子炉建屋原子炉棟 5 階外壁面に 2 箇所，6 階外壁面に 8 箇所設置しており，扉枠は，据付ボルトにより原子炉建屋原子炉棟の壁に固定される。扉は吊具を介して扉枠に支持される。	閉止装置は，扉，扉枠（扉を移動させるためのレールを含む），ローラ，扉を駆動する電動機（チェーンを含む）及び閂から構成される。	

2.2　評価方針

閉止装置の応力評価は，添付書類「Ⅴ-1-1-6-別添4　ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基づき，設置する閉止装置のうち地震力がより大きく作用する原子炉建屋原子炉棟6階に設置する閉止装置について，「2.1　構造計画」にて示す閉止装置の部位を踏まえ，「3. 評価部位」にて設定する箇所において，「4.4　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」にて示す方法により確認することで実施する。また，閉止装置の機能維持評価は，地震時の応答加速度が閉止装置の作動性，気密性を保持できることを確認した評価点の最大加速度以下であることを，「5.　機能維持評価」にて示す方法により確認することで実施する。評価結果を「6.　評価結果」に示す。閉止装置の耐震評価フローを図2-1に，機能維持評価フローを図2-2に示す。

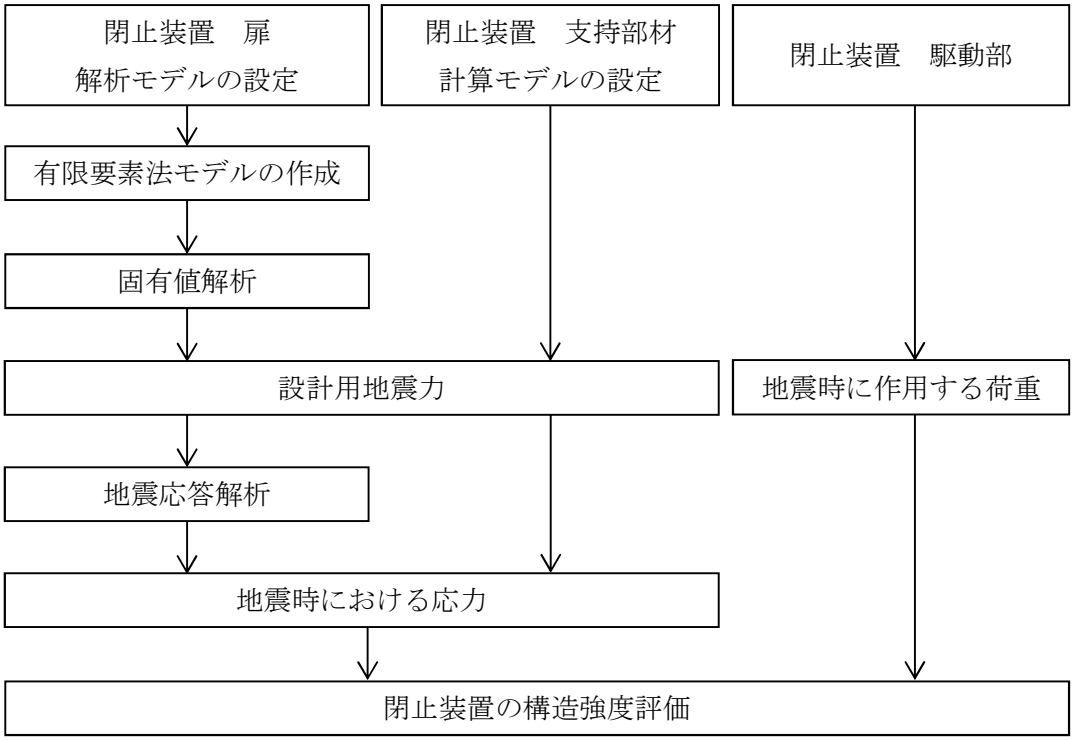


図2-1　閉止装置の耐震評価フロー

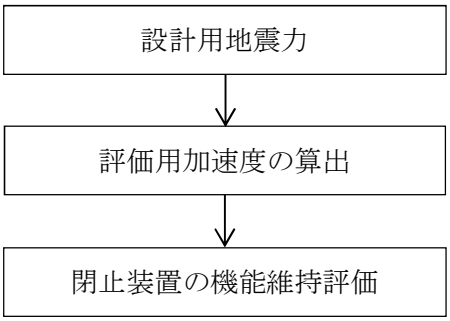


図2-2　閉止装置の機能維持評価フロー

2.3　適用基準

適用基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　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（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991追補版（日本電気協会）

(4)　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）（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
A_G*	ガイドレールの断面積	mm^2
A_{HB1}	吊具ブラケットの引張応力作用断面積	mm^2
A_{HB2}	吊具ブラケットのせん断応力作用断面積	mm^2
A_L	チェーンの許容荷重	N
A_{PD1}	閂受板（扉側）の引張応力作用断面積	mm^2
A_{PD2}	閂受板（扉側）のせん断応力作用断面積	mm^2
A_{PF1}	閂受板（枠側）の引張応力作用断面積	mm^2
A_{PF2}	閂受板（枠側）のせん断応力作用断面積	mm^2
A	扉外梁の断面積	mm^2
E	扉の縦弾性係数	MPa
C_f	ピーク風力係数	－
C_{H1}	閉止装置の面外方向の設計震度	－
C_{H2}	閉止装置の面内方向の設計震度	－
C_V	閉止装置の鉛直方向の設計震度	－
F	設計・建設規格　SSB-3121.1に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_C	チェーンに作用する力	N
F_G*	ガイドレールに作用するせん断力	N
F_x	扉外梁に作用する軸力	N
F_y	扉外梁に作用するせん断力（ｙ方向）	N
F_z	扉外梁に作用するせん断力（ｚ方向）	N
f_s	許容せん断応力（f_sを1.5倍した値）	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力（f_{sb}を1.5倍した値）	MPa
f_t	許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	MPa
L_G*	ガイドレールの長さ	mm
M	扉の質量	kg
M_G*	ガイドレールに作用する曲げモーメント	N·mm
M_x	扉外梁に作用するねじりモーメント	N·mm
M_y	扉外梁に作用するｙ軸周り曲げモーメント	N·mm
M_z	扉外梁に作用するｚ軸周り曲げモーメント	N·mm
q	平均速度圧	Pa
Ｓｕ	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa

記号	記号の説明	単位
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
T	温度条件	℃
W	風圧力	Pa
W_G*	ガイドレールに作用する力	N
Z_G*	ガイドレールの断面係数	mm^3
Z_x	扉外梁のねじり断面係数	mm^3
Z_y	扉外梁のｙ軸周り断面係数	mm^3
Z_z	扉外梁のｚ軸周り断面係数	mm^3
ν	ポアソン比	－
σ_c	扉外梁に生じる組合せ応力	MPa
σ_{cG}*	ガイドレールに生じる組合せ応力	MPa
σ_{tG}*	ガイドレールに生じる引張応力	MPa
σ_t	扉外梁に生じる引張応力	MPa
σ_x	扉外梁に生じる引張応力（ｘ方向）	MPa
σ_y	扉外梁に生じる引張応力（ｙ方向）	MPa
σ_z	扉外梁に生じる引張応力（ｚ方向）	MPa
τ	扉外梁に生じるせん断応力	MPa
τ_G*	ガイドレールに生じるせん断応力	MPa
τ_x	扉外梁に生じるせん断応力（ｘ方向）	MPa
τ_y	扉外梁に生じるせん断応力（ｙ方向）	MPa
τ_z	扉外梁に生じるせん断応力（ｚ方向）	MPa

注　　：記号右端添字に$_G$が付くものは，ガイドレール評価用を代表で示したものであり，その他の支持部材評価用については表2-2に示すとおり，添字を置き換えるものとする。また，記号の説明欄に記載しているガイドレールを，表2-2の支持部材欄に記載の名称に置き換えるものとする。

注記　＊：ガイドレール等（表2-2の置き換えるものを含む）に作用する力の算出において，死荷重及び地震荷重は，扉の単体質量に吊具等の質量を含めた質量を用いる。

表2-2　添字の置き換え方

支持部材		添字
面外方向	ガイドローラ	ＧＰ
	側面プッシュローラピン	ＳＰ
	側面プッシュローラ ブラケット	ＳＢ
	上下面プッシュローラ	ＵＰ
	テーパブロック	ＵＴ
面内方向	閂ピン	Ｐ
	閂受板（扉側）	ＰＤ
	閂受板（枠板）	ＰＦ
鉛直方向	ハンガーレール	Ｈ
	ハンガーローラ	ＨＲ
	吊具	ＨＢ

NT2 補③ Ⅴ-2-9-5-2-4 R4

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は表2-3に示すとおりとする。

表2-3　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	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	－	－	整数位
質量		kg	－	－	整数位
長さ	厚さ	mm	－	－	小数点以下第1位
	上記以外の長さ	mm	－	－	整数位*1
断面積		mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
断面二次モーメント		mm^4	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
断面係数		mm^3	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
等分布荷重		N/mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント		N·mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点第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第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3.　評価部位

評価は，構造強度評価上厳しい箇所を選定し，実施する。評価部位は，表3-1に示す扉，面外方向支持部材，面内方向支持部材，鉛直方向支持部材及び駆動部とする。扉については一体構造であるため，扉を構成する外梁，内梁及び面板のうち，構造強度評価上厳しい外梁を評価箇所とする。また，駆動部については，加振試験での機能維持の確認を行っており，構造強度評価上厳しいチェーンを評価部位とする。

表3-1　扉，支持部材及び駆動部耐震評価箇所

評価部位		評価箇所*	
扉		外梁	○
		内梁	
		面板	
面外方向支持部材	ガイドレール	ガイドレール	○
	ガイドローラ	ピン	○
	側面プッシュローラ	ピン	○
		ブラケット	○
	上下面プッシュローラ	ピン	○
	テーパブロック	取付ボルト	○
面内方向支持部材	閂	ピン	○
		受板（扉側）	○
		受板（枠側）	○
鉛直方向支持部材	ハンガーレール	ハンガーレール	○
	ハンガーローラ	ローラ軸	○
	吊具	ブラケット	○
駆動部	チェーン	チェーン	○

注記　＊：○は評価を実施する箇所であることを示す。

4.　地震応答解析及び構造強度評価

閉止装置については，扉閉状態での加振試験（固有振動数測定）において振動数のピークが確認されている。本計算書では，閉止装置を構成する部材のうち扉の閉状態における固有周期を求め，「3.　評価部位」にて設定する箇所の構造強度評価に適用する。なお，扉開状態における固有周期は，加振試験により求めた[redacted]を，「3.　評価部位」にて設定する箇所の構造強度評価に適用する。

4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

「3.　評価部位」にて設定した各評価部材の構造強度評価方法を以下に示す。なお，耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.1.1　扉の構造強度評価方法

(1)　扉を構成する部材をはり及びシェル要素にてモデル化した有限要素法モデルによる静的解析を扉の構造強度評価に適用する。

(2)　扉は吊具，閂，ローラ等により支持される構造であるため，その構造に応じた方向の変位を拘束するものとする。

(3)　地震力は，扉に対して面外方向，面内方向及び鉛直方向の3方向から個別に作用するものとし，強度評価において組合せるものとする。

(4)　圧力及び風圧力は，扉に対して面外方向に等分布に作用するものとし，評価において外梁3辺（扉開状態）又は4辺（扉閉状態）を面外方向に拘束するものとする。また，強度評価において地震力と組合せるものとする。

4.1.2　面外方向支持部材の構造強度評価方法

(1)　ガイドレール

a.　扉からの地震荷重及び風圧力は，面外方向に作用するものとする。

b.　ガイドレールの構造強度評価は，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルを適用する。

(2)　ガイドローラ

a.　扉からの地震荷重及び風圧力は，面外方向に作用するものとする。

b.　ガイドローラピンの構造強度評価は，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルを適用する。

(3)　側面プッシュローラ

a.　扉からの地震荷重，圧力及び風圧力は，面外方向に作用するものとする。

b.　側面プッシュローラピンの構造強度評価は，集中荷重が中央に作用する両端支持梁モデルを適用する。

c.　側面プッシュローラブラケットの構造強度評価は，軸荷重と曲げモーメントが作用する片持ち梁モデルを適用する。

(4)　上下面プッシュローラ

a.　扉からの地震荷重，圧力及び風圧力は，面外方向に作用するものとする。

b.　上下面プッシュローラピンの構造強度評価は，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルを適用する。

(5)　テーパブロック

a.　扉からの地震荷重，圧力及び風圧力は，面外方向に作用するものとする。

b.　テーパブロック取付ボルトの構造強度評価は，ボルトのせん断応力を評価する。

4.1.3　面内方向支持部材の構造強度評価方法

(1)　閂

a.　扉からの地震荷重は，面内方向に作用するものとする。

b.　閂ピンの構造強度評価は，集中荷重が中央に作用する両端支持梁モデルを適用する。

c.　閂受板（扉側）の構造強度評価は，集中荷重による引張応力及びせん断応力を評価する。

d.　閂受板（枠側）の構造強度評価は，集中荷重による引張応力及びせん断応力を評価する。

4.1.4　鉛直方向支持部材の構造強度評価方法

(1)　ハンガーレール

a.　扉からの地震荷重は，鉛直方向に作用するものとする。

b.　ハンガーレールの構造強度評価は，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルを適用する。

(2)　ハンガーローラ

a.　扉からの地震荷重は，鉛直方向に作用するものとする。

b.　ハンガーローラローラ軸の構造強度評価は，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルを適用する。

(3)　吊具

a.　扉からの地震荷重は，鉛直方向に作用するものとする。

b.　吊具ブラケットの構造強度評価は，集中荷重による引張応力及びせん断応力を評価する。

4.1.5　駆動部の構造強度評価方法

チェーンに作用する荷重は，閂により制限される変位の最大値である□mmの変位（チェーンの伸び□mm）を想定して設定した値とする。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

閉止装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2　許容応力

閉止装置の許容応力を表4-2に示す。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

閉止装置の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3（扉），表4-4（面外方向支持部材），表4-5（面内方向支持部材）及び表4-6（鉛直方向支持部材）に示す。また，許容荷重条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-7に示す。

表4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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*2	許容応力状態
原子炉格納施設	－	閉止装置	常設／緩和	－*3	$D+P_D+M_D+S_s$	III_AS *4
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_d$	V_AS （V_ASとして，IV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：記号の説明については，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づく。

＊3：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊4：基準地震動S_sにより定まる地震力が作用した後においても，閂ピン，閂受板（扉側）及び閂受板（枠側）による扉固定の機能を維持する設計とすることから許容応力状態をIII_ASとする。

表4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*2 （ボルト等以外）			許容限界*2 （ボルト等）
	一次応力			一次応力
	引張り	せん断	組合せ	せん断
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$ *1	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_t	－
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*	1.5・f_t^*	－
$\mathrm{V}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$ （$\mathrm{V}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$として，$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$の許容限界を用いる。）	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*

注記　＊1：基準地震動S_sにより定まる地震力が作用した後においても，閂ピン，閂受板（扉側）及び閂受板（枠側）による扉固定の機能を維持する設計とすることから許容応力状態を$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$とする。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）〈扉〉

部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
扉外梁	[redacted]	周囲環境温度（扉開状態）	[redacted]	198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）	[redacted]	171	441	205

表4-4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）〈面外方向支持部材〉

部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
ガイドレール	[redacted]	周囲環境温度（扉開状態）	[redacted]	198	504	205
ガイドローラピン	[redacted]	周囲環境温度（扉開状態）	[redacted]	198	504	205
側面プッシュローラピン	[redacted]	周囲環境温度（扉開状態）	[redacted]	198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）	[redacted]	171	441	205
側面プッシュローラブラケット	[redacted]	周囲環境温度（扉開状態）	[redacted]	198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）	[redacted]	171	441	205
上下面プッシュローラピン	[redacted]	周囲環境温度（扉閉状態）	[redacted]	171	441	205
テーパブロック取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度（扉閉状態）	[redacted]	171	441	205

表4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）〈面内方向支持部材〉

部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
閂ピン		周囲環境温度（扉開状態）		339	556	－
		周囲環境温度（扉閉状態）		316	524	－
閂受板（扉側）		周囲環境温度（扉開状態）		198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）		171	441	205
閂受板（枠側）		周囲環境温度（扉開状態）		198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）		171	441	205

表4-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）〈鉛直方向支持部材〉

部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
ハンガーレール		周囲環境温度（扉開状態）		198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）		171	441	205
ハンガーローラ ローラ軸		周囲環境温度（扉開状態）		198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）		171	441	205
吊具ブラケット		周囲環境温度（扉開状態）		198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）		171	441	205

表4-7　使用材料の許容荷重評価条件（重大事故等対処設備）〈駆動部〉

部材	材料	温度条件 (℃)		許容荷重 (N)
チェーン	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	[redacted]

注記　＊：設計・建設規格　SSB-3200 に基づき，荷重試験により求めた支持構造物の許容荷重

4.3　解析モデル及び諸元

閉止装置の解析モデルを図 4-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を表 4-8 に示す。

(1)　扉を構成する部材のうち，外梁，内梁及び補強板をはり要素で，面板をシェル要素でモデル化した有限要素法モデルによって固有周期を求める。

(2)　拘束条件は，吊具，閂及びローラ部の並進方向拘束とする。

(3)　解析コードは，「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-1　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

(4)　質量は，扉を構成する部材の質量を考慮する。

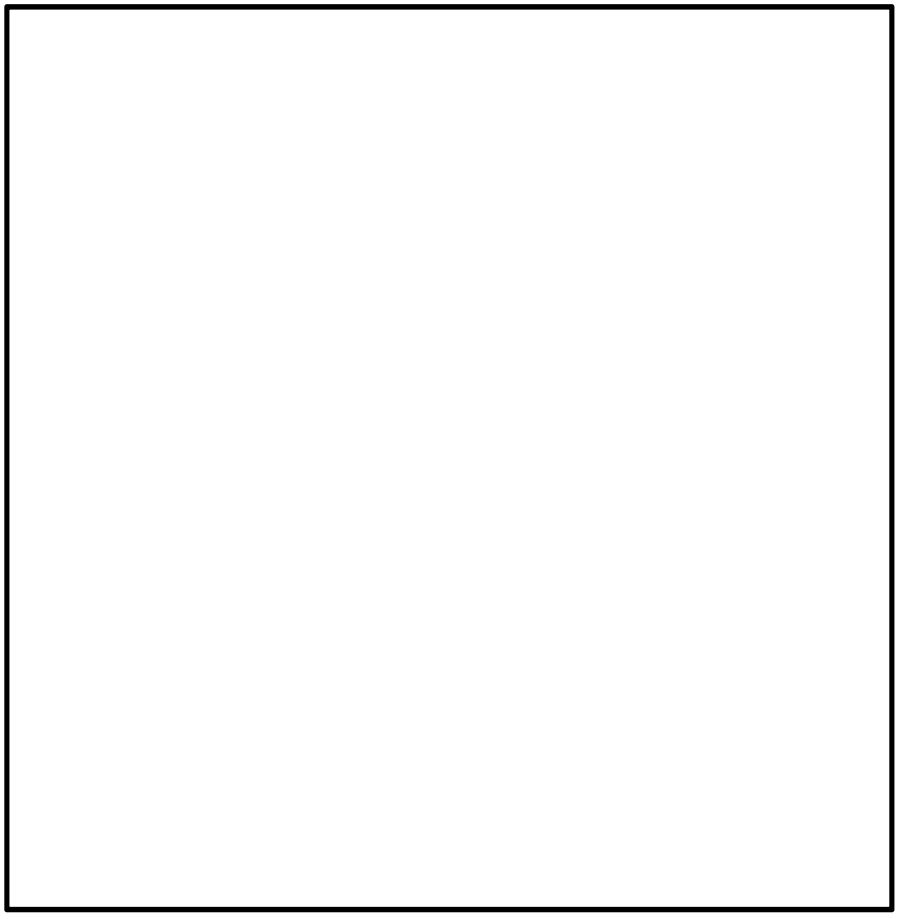


図4-1　解析モデル

表4-8　機器諸元

注記　＊：風圧力は次式により求める。

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	
質量	M	kg	
圧力条件	－	Pa（ゲージ圧）	
風圧力	W	Pa	
温度条件（最高使用温度）	T	℃	
縦弾性係数（最高使用温度）	E	MPa	
ポアソン比	ν	－	
要素数	－	個	
節点数	－	個	

$$W = q \cdot C_f \quad \cdots\cdots\cdots\

4.4　固有周期

扉閉状態の固有値解析結果を表4-9に，振動モード図を図4-2に示す。また，加振試験により求めた扉開状態の固有周期を表4-10に示す。

扉開状態における面外方向，面内方向及び鉛直方向の固有周期は，加振試験により[redacted]であり剛であることを確認した。

表4-9　扉閉状態の固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	卓越方向	刺激係数		
			面外	面内	鉛直
1 次	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
2 次	[redacted]	[redacted]	－	－	－

[redacted]

図 4-2　振動モード図（1 次）

表4-10　扉開状態の固有周期

モード	固有周期 (s)	卓越方向
1 次	[redacted]	－

4.5　設計用地震力

「弾性設計用地震動Ｓ$_d$」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作成方針」に基づく。また，減衰定数は添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

扉開状態の設計用地震力を表4-11に，扉閉状態の設計用地震力を表4-12に示す。

表4-11　扉開状態の設計用地震力

据付場所及び床面高さ（m）	固有周期（s）			基準地震動Ｓ$_s$			減衰定数（%）		
				水平方向設計震度		鉛直方向設計震度			
	面外方向	面内方向	鉛直方向	面外方向	面内方向		面外方向	面内方向	鉛直方向
原子炉建屋 EL. 63.65*1				C_{H1}＝	C_{H2}＝	C_V＝		－	－

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：加振試験により　であり剛であることを確認しているが，保守的に扉閉状態の固有周期を用いる。

＊3：加振試験により　であり剛であることを確認した。

＊4：基準地震動Ｓ$_s$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値（保守的な値となる扉閉状態の値を用いる）

＊5：1.2ZPAの　の値（適切な裕度を考慮した値）

＊6：

表4-12　扉閉状態の設計用地震力

据付場所及び床面高さ(m)	固有周期（s）			弾性設計用地震動Ｓｄ		
				水平方向設計震度		鉛直方向設計震度
	面外方向	面内方向	鉛直方向	面外方向	面内方向	
原子炉建屋 EL. 63.65*1	[redacted]	[redacted]	[redacted]	C_{H1}＝[redacted]	C_{H2}＝[redacted]	C_V＝[redacted]

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：加振試験により[redacted]であり剛であることを確認した。

＊3：弾性設計用地震動Ｓｄに基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

＊4：1.2ZPAの[redacted]の値（適切な裕度を考慮した値）

4.6　計算方法

4.6.1　扉の応力計算方法

扉外梁に加わる荷重を図4-1の解析モデルにより解析コード「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を用いて，静解析により求め，応力を図4-3を用いて計算する。負担力は，並進力F_x，F_y，F_z，モーメント力M_x，M_y，M_zとする。

(1)　応力成分

上記荷重による応力成分は次式となる。

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A},\quad \sigma_y = \frac{M_y}{Z_y},\quad \sigma_z = \frac{M_z}{Z_z} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.6.1.1)$$

$$\tau_x = \frac{M_x}{Z_x},\quad \tau_y = \frac{F_y}{A},\quad \tau_z = \frac{F_z}{A} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.6.1.2)$$

(2)　引張応力

引張応力は次式となる。

$$\sigma_t = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.6.1.3)$$

(3)　せん断応力

せん断応力は次式となる。

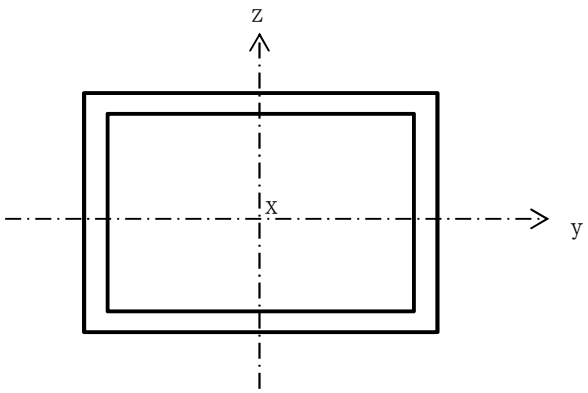
$$\left.\begin{array}{l} \tau = \sqrt{(\tau_x + \tau_y)^2 + \tau_z{}^2} \\ \sqrt{\tau_y{}^2 + (\tau_x + \tau_z)^2} \end{array}\right\}\text{大きい方} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.6.1.4)$$

(4)　組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_t{}^2 + 3\cdot\tau^2} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.6.1.5)$$

扉外梁の最大応力発生部位を図4-1の ⓐ に示す。



注：ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

図4-3　扉外梁の部材断面

4.6.2　支持部材の応力計算方法

(1)　面外方向支持部材

a.　ガイドレールの応力

ガイドレールに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し，ガイドレールに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-4に示すとおり，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルとする。

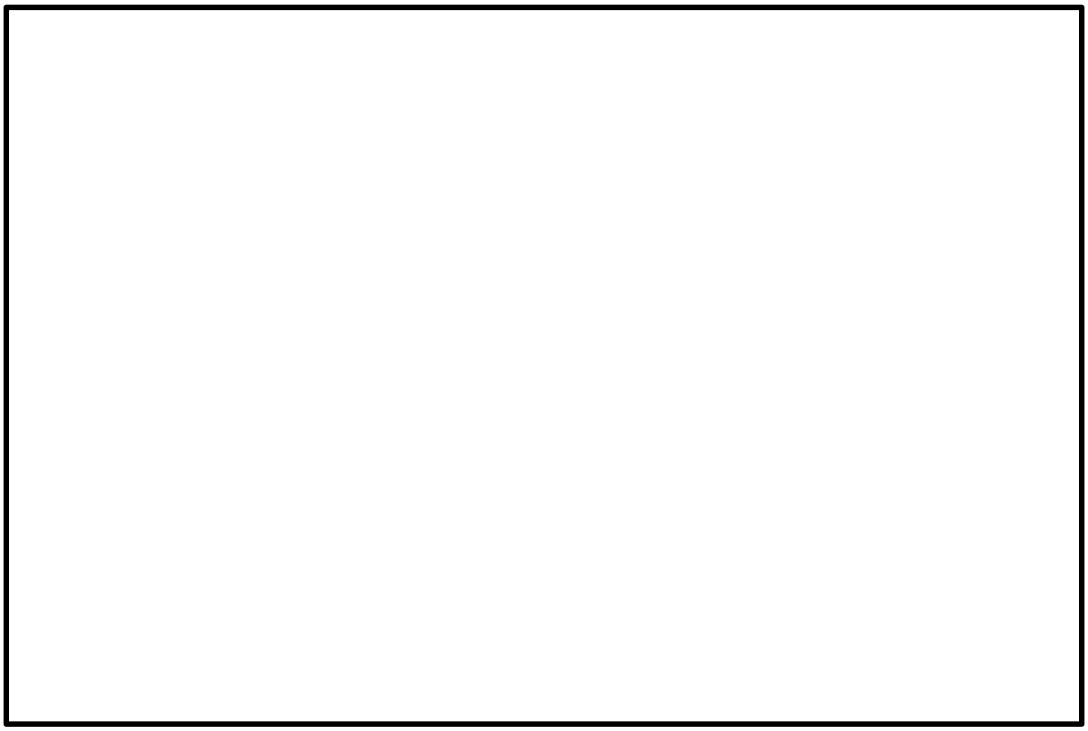


図4-4　ガイドレール計算モデル

(a)　引張応力

ガイドレールに作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_G = W_G \cdot L_G \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.1)$$

ガイドレールに生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tG} = \frac{M_G}{Z_G} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.2)$$

(b)　せん断応力

ガイドレールに作用するせん断力は次式により求める。

$$F_G = W_G \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.3)$$

ガイドレールに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_G = \frac{F_G}{A_G} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.4)$$

(c) 組合せ応力

ガイドレールに生じる組合せ応力は次式により求める。

$$\sigma_{cG}=\sqrt{\sigma_{tG}{}^2+3\cdot\tau_G{}^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.5)$$

b. ガイドローラピンの応力

ガイドローラピンに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し，ガイドローラピンに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-5に示すとおり，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルとする。

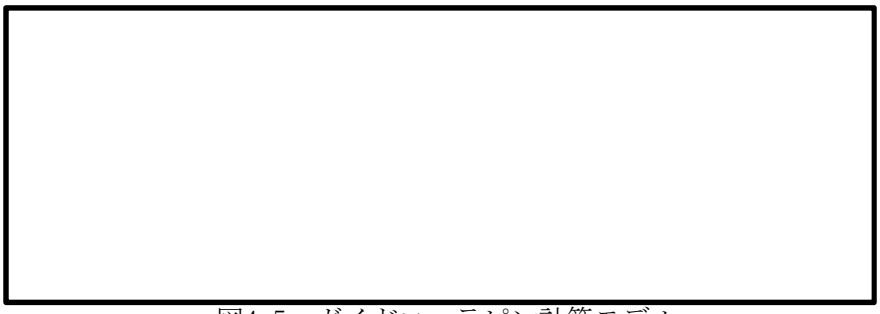


図4-5 ガイドローラピン計算モデル

(a) 引張応力

ガイドローラピンに作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{GP}=W_{GP}\cdot L_{GP} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.6)$$

ガイドローラピンに生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tGP}=\frac{M_{GP}}{Z_{GP}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.7)$$

(b) せん断応力

ガイドローラピンに作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{GP}=W_{GP} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.8)$$

ガイドローラピンに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{GP}=\frac{F_{GP}}{A_{GP}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.9)$$

(c) 組合せ応力

ガイドローラピンに生じる組合せ応力は次式により求める。

$$\sigma_{cGP}=\sqrt{\sigma_{tGP}{}^2+3\cdot\tau_{GP}{}^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.10)$$

c. 側面プッシュローラピンの応力

側面プッシュローラピンに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し，側面プッシュローラピンに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-6に示すとおり，集中荷重が中央に作用する両端支持梁モデルとする。

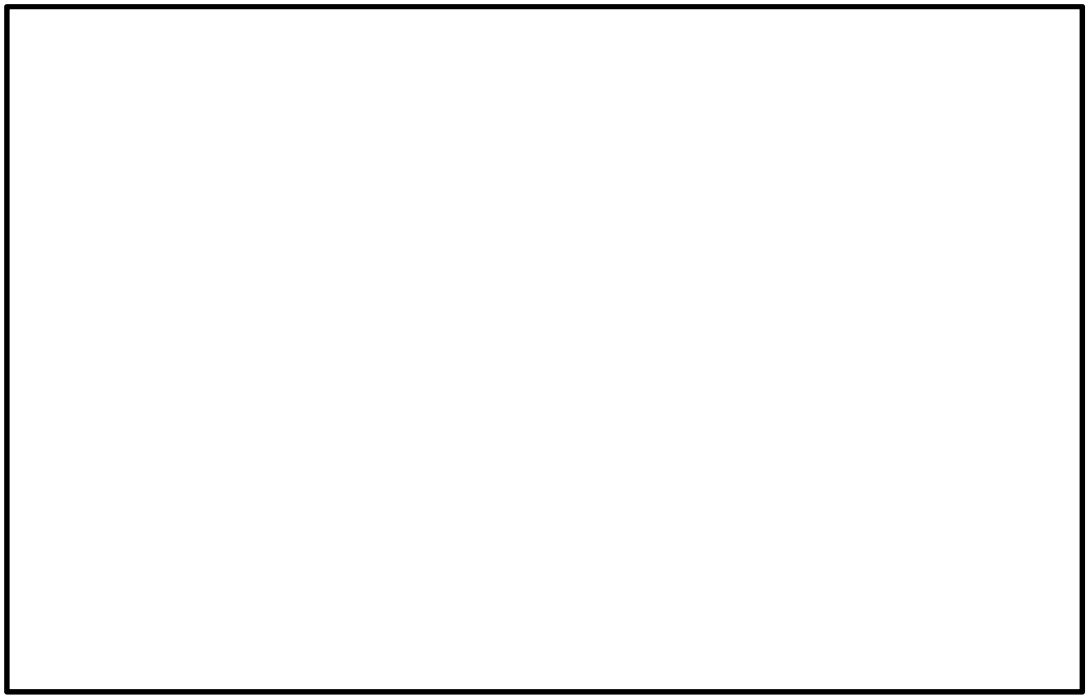


図4-6　側面プッシュローラピン計算モデル

(a) 引張応力

側面プッシュローラピンに作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{SP}=\frac{W_{SP}\cdot L_{SP}}{4} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.11)$$

側面プッシュローラピンに生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tSP}=\frac{M_{SP}}{Z_{SP}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.12)$$

(b) せん断応力

側面プッシュローラピンに作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{SP}=\frac{W_{SP}}{2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.13)$$

側面プッシュローラピンに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{SP}=\frac{F_{SP}}{A_{SP}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.14)$$

(c) 組合せ応力

側面プッシュローラピンに生じる組合せ応力は次式により求める。

$$\sigma_{cSP}=\sqrt{\sigma_{tSP}{}^{2}+3\cdot\tau_{SP}{}^{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.15)$$

d. 側面プッシュローラブラケットの応力

側面プッシュローラブラケットに作用する荷重による軸力及び曲げモーメントを算出し，側面プッシュローラブラケットに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-7に示すとおり，軸荷重及び曲げモーメントが作用する片持ち梁モデルとする。

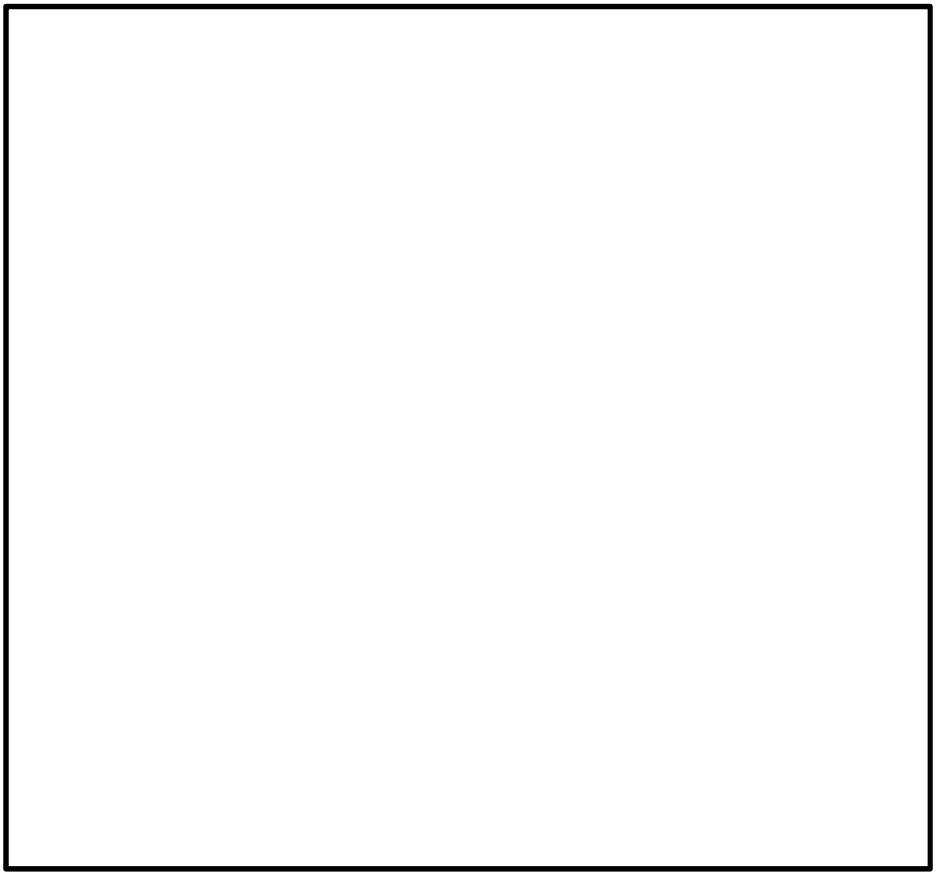


図4-7 側面プッシュローラブラケット計算モデル

(a) 引張応力

側面プッシュローラブラケットに作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{SB}=W_{SB}\cdot L_{SB} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.16)$$

側面プッシュローラブラケットに生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tSB}=\frac{W_{SB}}{A_{SB}}+\frac{M_{SB}}{Z_{SB}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.17)$$

e. 上下面プッシュローラピンの応力

上下面プッシュローラピンに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し，上下面プッシュローラピンに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-8に示すとおり，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルとする。

図4-8　上下面プッシュローラピン計算モデル

(a) 引張応力

上下面プッシュローラピンに作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{UP}=W_{UP}\cdot L_{UP} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.18)$$

上下面プッシュローラピンに生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tUP}=\frac{M_{UP}}{Z_{UP}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.19)$$

(b) せん断応力

上下面プッシュローラピンに作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{UP}=W_{UP} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.20)$$

上下面プッシュローラピンに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{UP}=\frac{F_{UP}}{A_{UP}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.21)$$

(c) 組合せ応力

上下面プッシュローラピンに生じる組合せ応力は次式により求める。

$$\sigma_{cUP}=\sqrt{\sigma_{tUP}{}^{2}+3\cdot\tau_{UP}{}^{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.22)$$

f. テーパブロック取付ボルトの応力

テーパブロック取付ボルトに作用する荷重によるせん断力を算出し，ボルトに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-9に示すとおりとする。

図4-9 テーパブロック取付ボルト計算モデル

(a) せん断応力

テーパブロック取付ボルトに作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{UT}=W_{UT} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.23)$$

テーパブロック取付ボルトに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{UT}=\frac{F_{UT}}{A_{UT}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.24)$$

(2)　面内方向支持部材

a.　閂ピンの応力

閂ピンに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し，閂ピンに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-10に示すとおり，集中荷重が中央に作用する両端支持梁モデルとする。

図4-10　閂ピン計算モデル

(a)　引張応力

閂ピンに作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_P = \frac{W_P \cdot L_P}{4} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.25)$$

閂ピンに生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tP} = \frac{M_P}{Z_P} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.26)$$

(b)　せん断応力

閂ピンに作用するせん断力は次式により求める。

$$F_P = \frac{W_P}{2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.27)$$

閂ピンに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_P = \frac{F_P}{A_P} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.28)$$

(c)　組合せ応力

閂ピンに生じる組合せ応力は次式により求める。

$$\sigma_{cP} = \sqrt{{\sigma_{tP}}^2 + 3 \cdot {\tau_p}^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.29)$$

b.　閂受板（扉側）の応力

閂受板（扉側）に作用する荷重による軸力及びせん断力を算出し，図4-11に示す計算モデルのＡ～Ａ断面及びＢ～Ｂ断面に生じる応力を計算する。

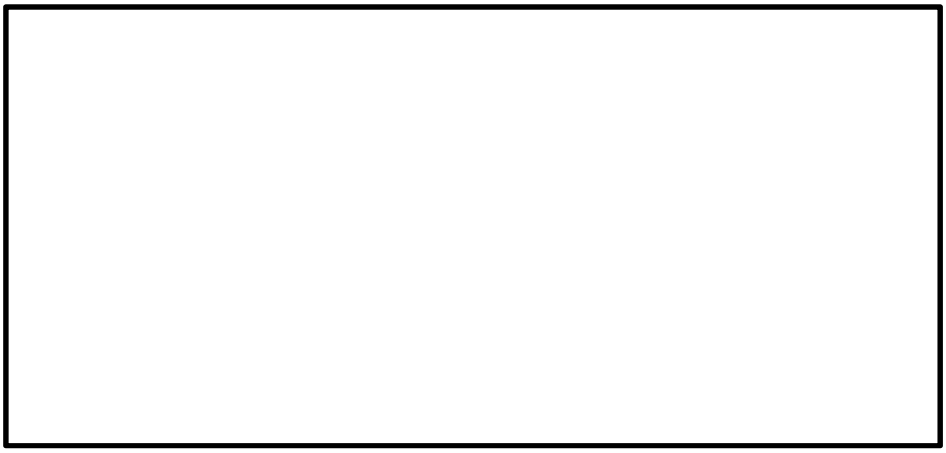


図4-11　閂受板（扉側）計算モデル

(a)　引張応力

閂受板（扉側）のＡ～Ａ断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tPD}=\frac{W_{PD}}{A_{PD1}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.30)$$

(b)　せん断応力

閂受板（扉側）に作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{PD}=W_{PD} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.31)$$

閂受板（扉側）のＢ～Ｂ断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{PD}=\frac{F_{PD}}{A_{PD2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.32)$$

c.　閂受板（枠側）の応力

閂受板（枠側）に作用する荷重による軸力及びせん断力を算出し，図4-12に示す計算モデルのＡ～Ａ断面及びＢ～Ｂ断面に生じる応力を計算する。

図4-12　閂受板（枠側）計算モデル

(a)　引張応力

閂受板（枠側）のＡ～Ａ断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tPF}=\frac{W_{PF}}{A_{PF1}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.33)$$

(b)　せん断応力

閂受板（枠側）に作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{PF}=W_{PF} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.34)$$

閂受板（枠側）のＢ～Ｂ断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{PF}=\frac{F_{PF}}{A_{PF2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.35)$$

(3) 鉛直方向支持部材

a. ハンガーレールの応力

ハンガーレールに作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し，ハンガーレールに生じる応力を計算する。計算モデルは図4-13に示すとおり，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルとする。

図4-13 ハンガーレール計算モデル

(a) 引張応力

ハンガーレールに作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_H = W_H \cdot L_H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.36)$$

ハンガーレールに生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tH} = \frac{M_H}{Z_H} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.37)$$

(b) せん断応力

ハンガーレールに作用するせん断力は次式により求める。

$$F_H = W_H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.38)$$

ハンガーレールに生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_H = \frac{F_H}{A_H} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.39)$$

(c) 組合せ応力

ハンガーレールに生じる組合せ応力は次式により求める。

$$\sigma_{cH} = \sqrt{{\sigma_{tH}}^2 + 3 \cdot {\tau_H}^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.40)$$

b.　ハンガーローラローラ軸の応力

ハンガーローラローラ軸に作用する荷重によるせん断力及び曲げモーメントを算出し，ハンガーローラローラ軸に生じる応力を計算する。計算モデルは図4-14に示すとおり，集中荷重が先端に作用する片持ち梁モデルとする。

図4-14　ハンガーローラローラ軸計算モデル

(a)　引張応力

ハンガーローラローラ軸に作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{HR} = W_{HR} \cdot L_{HR} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.41)$$

ハンガーローラローラ軸に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tHR} = \frac{M_{HR}}{Z_{HR}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.42)$$

(b)　せん断応力

ハンガーローラローラ軸に作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{HR} = W_{HR} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.43)$$

ハンガーローラローラ軸に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{HR} = \frac{F_{HR}}{A_{HR}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.44)$$

(c)　組合せ応力

ハンガーローラローラ軸に生じる組合せ応力は次式により求める。

$$\sigma_{cHR} = \sqrt{\sigma_{tHR}^{2} + 3 \cdot \tau_{HR}^{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.45)$$

c. 吊具ブラケットの応力

吊具ブラケットに作用する荷重による軸力及びせん断力を算出し，図4-15に示す計算モデルのＡ～Ａ断面及びＢ～Ｂ断面に生じる応力を計算する。

図4-15　吊具ブラケット計算モデル

(a) 引張応力

吊具ブラケットのＡ～Ａ断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{tHB}=\frac{W_{HB}}{A_{HB1}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.46)$$

(b) せん断応力

吊具ブラケットに作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{HB}=W_{HB} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.47)$$

吊具ブラケットのＢ～Ｂ断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{HB}=\frac{F_{HB}}{A_{HB2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.2.48)$$

4.6.3　駆動部の荷重計算方法

(1)　チェーンの荷重

駆動部はチェーン張力を用いて荷重を計算する。図4-16に示すとおり，チェーンの引張り試験により得られた荷重－変位曲線に基づき，設計・建設規格　SSB-3200の規定に従って許容荷重を算定するとともに，チェーンの変位□mmに相当する荷重を強度評価用の荷重に設定する。

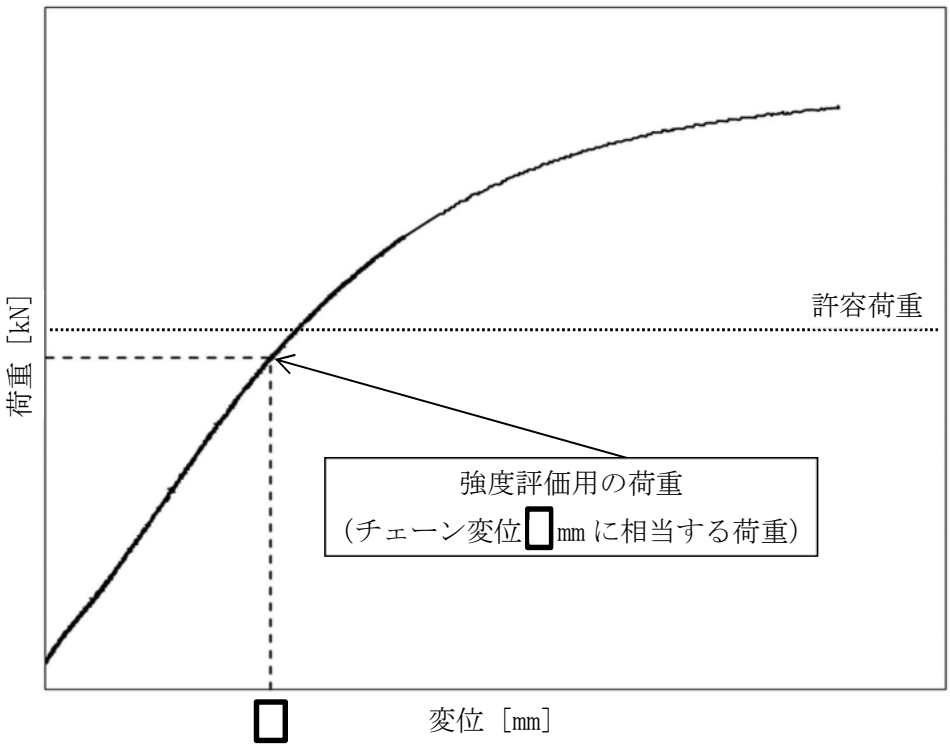


図4-16　チェーンの引張り試験により得られた荷重－変位曲線

4.7　計算条件

耐震計算に用いる自重（扉）及び荷重（地震荷重，圧力及び風圧力）は，本計算書の【閉止装置の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8　応力の評価

4.8.1　扉及び支持部材の応力評価

4.6節で求めた扉及び支持部材の各応力が各許容応力以下であること。

ただし，各許容応力は表4-13による。

表4-13　扉及び支持部材の許容応力

	許容応力状態III_{A}Sにおける評価の場合	許容応力状態IV_{A}S及び許容応力状態V_{A}Sにおける評価の場合
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	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^{*}}{1.5\sqrt{3}}\cdot 1.5$
許容組合せ応力 f_t	$\frac{F}{1.5}\cdot 1.5$	$\frac{F^{*}}{1.5}\cdot 1.5$

4.8.2　取付ボルトの応力評価

4.6節で求めた取付ボルトの応力が許容せん断応力以下であること。

ただし，許容せん断応力は表4-14による。

表4-14　取付ボルトの許容応力

	許容応力状態V_{A}Sにおける評価の場合
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^{*}}{1.5\sqrt{3}}\cdot 1.5$

4.8.3　チェーンの荷重評価

4.1.5節にて設定したチェーンに作用する荷重が許容荷重以下であること。

ただし，許容荷重は設計・建設規格　SSB-3200の規定による。

5.　機能維持評価

5.1　評価用加速度

閉止装置は原子炉建屋原子炉棟に直接取り付けられることから，評価用加速度は，添付書類「Ⅴ-2-2-1　原子炉建屋の地震応答計算書」に示す原子炉建屋原子炉棟の地震応答解析で評価した原子炉建屋外側ブローアウトパネル頂部位置に生じる加速度とする。評価用加速度を表5-1に示す。

表5-1　評価用加速度　　（×9.8 m/s^2）

形式	対象機器設置箇所 (m)	方向	評価用加速度
閉止装置	原子炉建屋 EL. 63.65*1	面外	[redacted]
		面内	[redacted]
		鉛直	[redacted]

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：水平方向（NS 方向，EW 方向）のうち加速度が厳しい方を選択する。

5.2　機能確認済加速度

閉止装置の機能維持評価について，以下に示す。閉止装置について，実機の据付状態を模擬し，加振台上に架台を設置し，架台に閉止装置を取り付けた上で，設置される床における設備評価用床応答曲線を包絡する模擬地震波により加振試験を行う。閉止装置の機能確認済加速度には，水平2方向と鉛直方向の3方向同時加振試験において，閉止装置の作動性及び気密性を保持できることを確認した最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表5-2に示す。

表5-2　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

形式	方向	機能確認済加速度
閉止装置	面外	[redacted]
	面内	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

閉止装置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，また，評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して構造強度及び機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【閉止装置の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

1.1.1 扉開状態の設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）			基準地震動Ｓｓ			周囲環境温度 (℃)
						水平方向設計震度		鉛直方向設計震度	
			面外方向	面内方向	鉛直方向	面外方向	面内方向		
閉止装置	常設／緩和	原子炉建屋 EL. 63.65*1				C_{H1}=	C_{H2}=	C_V=	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：加振試験により　　であり剛であることを確認した。

＊3：基準地震動Ｓｓに基づく設備評価用床応答曲線より得られる値（保守的な値となる扉閉状態の値を用いる）

＊4：1.2ZPA の　　の値（適切な裕度を考慮した値）

1.1.2　扉閉状態の設計条件

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			周囲環境温度(℃)
						水平方向設計震度		鉛直方向設計震度	
			面外方向	面内方向	鉛直方向	面外方向	面内方向		
閉止装置	常設／緩和	原子炉建屋 EL. 63.65*1	[redacted]	[redacted]	[redacted]	C_{H1}=[redacted]	C_{H2}=[redacted]	C_V=[redacted]	[redacted]

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：加振試験により[redacted]であり剛であることを確認した。

＊3：弾性設計用地震動S_dに基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

＊4：1.2ZPA の[redacted]の値（適切な裕度を考慮した値）

1.2 機器要目

1.2.1 扉

M (kg)	A (mm^2)	Z_x (mm^3)	Z_y (mm^3)	Z_z (mm^3)
[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

注 ：x，y，zは要素に与えられた座標軸で，x軸は常に要素の長手方向にとる。

S_y (MPa)		S_u (MPa)		S_y（RT） (MPa)		F* (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
198	171	504	441	205	205	205	205

1.2.2 面外方向支持部材

(1) ガイドレール（扉開状態のみ）

L_G (mm)	A_G (mm^2)	Z_G (mm^3)
[redacted]	[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
198	504	205	205

(2) ガイドローラピン（扉開状態のみ）

L_{GP} (mm)	A_{GP} (mm^2)	Z_{GP} (mm^3)
[redacted]	[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
198	504	205	205

(3) 側面プッシュローラピン

L_{SP} (mm)	A_{SP} (mm^2)	Z_{SP} (mm^3)
[redacted]	[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)		S_u (MPa)		S_y（RT） (MPa)		F* (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
198	171	504	441	205	205	205	205

(4) 側面プッシュローラブラケット

L_{SB} (mm)	A_{SB} (mm^2)	Z_{SB} (mm^3)
[redacted]	[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)		S_u (MPa)		S_y（RT） (MPa)		F* (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
198	171	504	441	205	205	205	205

(5) 上下面プッシュローラピン（扉閉状態のみ）

L_{UP} (mm)	A_{UP} (mm^2)	Z_{UP} (mm^3)
[redacted]	[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
171	441	205	205

(6) テーパブロック取付ボルト（扉閉状態のみ）

A_{UT} (mm^2)
□

S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F* (MPa)
171	441	205	205

1.2.3 面内方向支持部材

(1) 閂ピン

L_P (mm)	A_P (mm^2)	Z_P (mm^3)
□	□	□

S_y (MPa)		S_u (MPa)		F (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
339	316	556	524	339	316

(2) 閂受板（扉側）

A_{PD1} (mm^2)	A_{PD2} (mm^2)
[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)		S_u (MPa)		S_y（RT） (MPa)		F (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
198	171	504	441	205	205	205	205

(3) 閂受板（枠側）

A_{PF1} (mm^2)	A_{PF2} (mm^2)
[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)		S_u (MPa)		S_y（RT） (MPa)		F (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
198	171	504	441	205	205	205	205

1.2.4　鉛直方向支持部材

(1)　ハンガーレール

L_H (mm)	A_H (mm^2)	Z_H (mm^3)
[redacted]	[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)		S_u (MPa)		S_y（RT） (MPa)		F^* (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
198	171	504	441	205	205	205	205

(2)　ハンガーローラローラ軸

L_{HR} (mm)	A_{HR} (mm^2)	Z_{HR} (mm^3)
[redacted]	[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)		S_u (MPa)		S_y（RT） (MPa)		F^* (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
198	171	504	441	205	205	205	205

(3) 吊具ブラケット

A_{HB1} (mm^2)	A_{HB2} (mm^2)
[redacted]	[redacted]

S_y (MPa)		S_u (MPa)		S_y (RT) (MPa)		F* (MPa)	
扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
198	171	504	441	205	205	205	205

1.2.5 駆動部

(1) チェーン

A_L (N)
[redacted]

1.3 計算数値

1.3.1 扉に作用する力及びモーメント

部　材	扉に作用する力						扉に作用するモーメント					
	F_x (N)		F_y (N)		F_z (N)		M_x (N・mm)		M_y (N・mm)		M_z (N・mm)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
扉												

注　：x，y，zは要素に与えられた座標軸で，x軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 面外方向支持部材に作用する力及びモーメント

(1) ガイドレール（扉開状態のみ）

部　材	ガイドレールに作用する力		ガイドレールに作用するモーメント
	W_G (N)	F_G (N)	M_G (N・mm)
ガイドレール			

(2) ガイドローラピン（扉開状態のみ）

部　材	ガイドローラピンに作用する力		ガイドローラピンに作用するモーメント
	W_{GP} (N)	F_{GP} (N)	M_{GP} (N・mm)
ガイドローラピン			

(3) 側面プッシュローラピン

部　材	側面プッシュローラピンに作用する力				側面プッシュローラピンに作用するモーメント	
	W_{SP} (N)		F_{SP} (N)		M_{SP} (N・mm)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
側面プッシュローラピン						

(4) 側面プッシュローラブラケット

部　材	側面プッシュローラブラケットに作用する力		側面プッシュローラブラケットに作用するモーメント	
	W_{SB} (N)		M_{SB} (N・mm)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
側面プッシュローラブラケット				

(5) 上下面プッシュローラピン（扉閉状態のみ）

部　材	上下面プッシュローラピンに作用する力		上下面プッシュローラピンに作用するモーメント
	W_{UP} (N)	F_{UP} (N)	M_{UP} (N・mm)
上下面プッシュローラピン	[redacted]	[redacted]	[redacted]

(6) テーパブロック取付ボルト（扉閉状態のみ）

部　材	テーパブロック取付ボルトに作用する力	
	W_{UT} (N)	F_{UT} (N)
テーパブロック取付ボルト	[redacted]	[redacted]

1.3.3 面内方向支持部材に作用する力及びモーメント

(1) 閂ピン

部　材	閂ピンに作用する力				閂ピンに作用するモーメント	
	W_P (N)		F_P (N)		M_P (N・mm)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
閂ピン	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

(2) 閂受板（扉側）

部　材	閂受板（扉側）に作用する力			
	W_{PD} (N)		F_{PD} (N)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
閂受板（扉側）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

(3) 閂受板（枠側）

部　材	閂受板（枠側）に作用する力			
	W_{PF} (N)		F_{PF} (N)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
閂受板（枠側）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.3.4　鉛直方向支持部材に作用する力及びモーメント

(1)　ハンガーレール

部　　材	ハンガーレールに作用する力				ハンガーレールに作用するモーメント	
	W_H (N)		F_H (N)		M_H (N・mm)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
ハンガーレール	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

(2)　ハンガーローラローラ軸

部　　材	ハンガーローラローラ軸に作用する力				ハンガーローラローラ軸に作用するモーメント	
	W_{HR} (N)		F_{HR} (N)		M_{HR} (N・mm)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
ハンガーローラ	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

(3) 吊具ブラケット

部　材	吊具ブラケットに作用する力			
	W_{HB} (N)		F_{HB} (N)	
	扉開状態	扉閉状態	扉開状態	扉閉状態
吊具ブラケット	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.3.5 駆動部に作用する力

(1) チェーン

部　材	チェーンに作用する力
	F_C (N)
チェーン	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 固有周期

（単位：s）

モード	扉開状態		扉閉状態	
	固有周期	卓越方向	固有周期	卓越方向
1次	[redacted]	－	[redacted]	[redacted]
2次	－	－	[redacted]	[redacted]

1.4.2 応力

(1) 扉

(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	扉開状態（基準地震動S_s）		扉閉状態（弾性設計用地震動S_d）	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
扉外梁	[redacted]	引張り	σ_t＝120	f_t＝205	σ_t＝56	f_t＝205
		せん断	τ＝5	f_s＝118	τ＝3	f_s＝118
		組合せ	σ_c＝120	f_t＝205	σ_c＝57	f_t＝205

すべて許容応力以下である。

(2) 面外方向支持部材

(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	扉開状態（基準地震動S_s）		扉閉状態（弾性設計用地震動S_d）	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ガイドレール	[redacted]	引張り	$\sigma_{tG}=157$	$f_t=205$	－	－
		せん断	$\tau_G=5$	$f_s=118$	－	－
		組合せ	$\sigma_{cG}=158$	$f_t=205$	－	－
ガイドローラピン	[redacted]	引張り	$\sigma_{tGP}=127$	$f_t=205$	－	－
		せん断	$\tau_{GP}=12$	$f_s=118$	－	－
		組合せ	$\sigma_{cGP}=129$	$f_t=205$	－	－
側面プッシュローラピン	[redacted]	引張り	$\sigma_{tSP}=91$	$f_t=205$	$\sigma_{tSP}=68$	$f_t=205$
		せん断	$\tau_{SP}=14$	$f_s=118$	$\tau_{SP}=10$	$f_s=118$
		組合せ	$\sigma_{cSP}=94$	$f_t=205$	$\sigma_{cSP}=70$	$f_t=205$
側面プッシュローラブラケット	[redacted]	引張り	$\sigma_{tSB}=43$	$f_t=205$	$\sigma_{tSB}=32$	$f_t=205$
上下面プッシュローラピン	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{tUP}=90$	$f_t=205$
		せん断	－	－	$\tau_{UP}=12$	$f_s=118$
		組合せ	－	－	$\sigma_{cUP}=92$	$f_t=205$
テーパブロック取付ボルト	[redacted]	せん断	－	－	$\tau_{UT}=63$	$f_{sb}=118$

すべて許容応力以下である。

(3) 面内方向支持部材

（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	扉開状態（基準地震動S_s）		扉閉状態（弾性設計用地震動S_d）	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
閂ピン	[redacted]	引張り	σ_{tP}＝82	f_t＝339	σ_{tP}＝50	f_t＝316
		せん断	τ_P＝9	f_s＝195	τ_P＝5	f_s＝182
		組合せ	σ_{cP}＝84	f_t＝339	σ_{cP}＝51	f_t＝316
閂受板（扉側）	[redacted]	引張り	σ_{tPD}＝9	f_t＝205	σ_{tPD}＝5	f_t＝205
		せん断	τ_{PD}＝10	f_s＝118	τ_{PD}＝6	f_s＝118
閂受板（枠側）	[redacted]	引張り	σ_{tPF}＝6	f_t＝205	σ_{tPF}＝4	f_t＝205
		せん断	τ_{PF}＝9	f_s＝118	τ_{PF}＝5	f_s＝118

すべて許容応力以下である。

(4) 鉛直方向支持部材

（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	扉開状態（基準地震動S_s）		扉閉状態（弾性設計用地震動S_d）	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ハンガーレール	[redacted]	引張り	σ_{tH}＝103	f_t＝205	σ_{tH}＝67	f_t＝205
		せん断	τ_H＝5	f_s＝118	τ_H＝4	f_s＝118
		組合せ	σ_{cH}＝103	f_t＝205	σ_{cH}＝68	f_t＝205
ハンガーローラローラ軸	[redacted]	引張り	σ_{tHR}＝41	f_t＝205	σ_{tHR}＝27	f_t＝205
		せん断	τ_{HR}＝9	f_s＝118	τ_{HR}＝6	f_s＝118
		組合せ	σ_{cHR}＝43	f_t＝205	σ_{cHR}＝28	f_t＝205
吊具ブラケット	[redacted]	引張り	σ_{tHB}＝19	f_t＝205	σ_{tHB}＝12	f_t＝205
		せん断	τ_{HB}＝19	f_s＝118	τ_{HB}＝12	f_s＝118

すべて許容応力以下である。

1.4.3 荷重

(1) 駆動部

(単位：N)

部　材	材 料	荷 重	チェーンに作用する力	チェーンの許容荷重
チェーン	[redacted]	引張荷重	F_C=[redacted]	A_L=[redacted]

すべて許容荷重以下である。

1.4.4 機能確認済加速度との比較

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
閉止装置	面外方向	[redacted]	[redacted]
	面内方向	[redacted]	[redacted]
	鉛直方向	[redacted]	[redacted]

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。