

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	補足-340-20 改0
提出年月日	平成30年9月13日

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-20【ブローアウトパネル閉止装置の耐震性について】

平成30年9月

日本原子力発電株式会社

目次

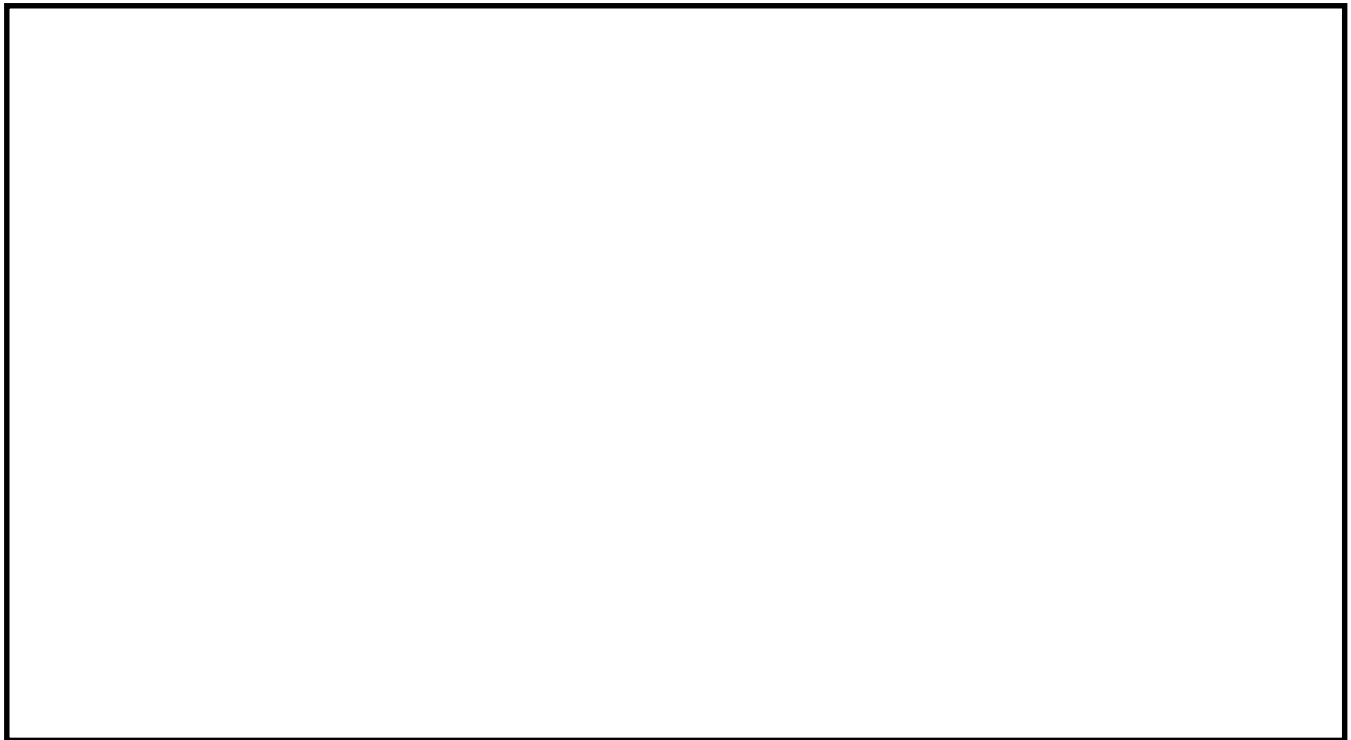
1. 概要	1
2. 閉止装置の構造	1
3. 評価部位	2
3.1 考慮する荷重	2
3.2 荷重伝達経路	2
3.2.1 地震荷重	2
3.2.2 圧力荷重及び機械的荷重	5
3.3 評価部位	6
3.3.1 扉、支持部材及び駆動部（主要部材）の考慮する荷重方向	6
3.3.2 応力評価部位	6
4. 評価条件	9
4.1 荷重の組合せ及び許容値	9
4.1.1 扉及び支持部材	9
4.1.2 駆動部	10
4.2 設計条件	11
4.2.1 温度条件	11
4.2.2 死荷重	11
4.2.3 圧力荷重	11
4.2.4 機械的荷重	11
4.2.5 地震荷重	11
4.2.6 チェーン張力	13
4.3 各評価部位の許容応力	13
5. 評価	16
5.1 閉止装置の固有周期の計算方法	16
5.2 応力計算方法	18
5.2.1 扉の応力計算	18
5.2.2 面外方向支持材の応力計算	21
5.2.3 面内方向支持材の応力計算	32
5.2.4 鉛直方向支持材の応力計算	36
5.3 評価結果	42

1. 概要

本資料は、ブローアウトパネル関連設備のうち、ブローアウトパネル閉止装置（以下「閉止装置」という。）の強度及び耐震評価手法について説明するものである。

2. 閉止装置の構造

閉止装置は、ブローアウトパネルが開放された状態で炉心損傷した場合において、扉を電動機又は手動操作により動作させ、ブローアウトパネル開口部を閉止する装置である。図 2-1 に閉止装置構造を示す。閉止装置は、閉止装置上部に取り付けられた電動機により作動する。電動機からの駆動力は減速機を介し出力軸に伝えられ、スプロケットにより扉に取り付けられたチェーンを送ることで扉を水平方向に移動させる。ブローアウトパネル開放時（扉開状態）及び閉止時（扉閉状態）には、門により扉の面内方向への移動を防止する。



①扉

- ・内梁
- ・外梁
- ・面板

②扉枠

- ・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

- ・門

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

図 2-1 閉止装置構造

3. 評価部位

評価部位は、荷重の伝達経路を考慮して選定する。以下に考慮する荷重、荷重伝達経路及び評価部位を示す。

3.1 考慮する荷重

閉止装置は、添付書類「V-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」及び添付書類「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、表 3-1 に示す荷重を考慮する。

表 3-1 閉止装置に考慮する荷重

状態	差圧	S _s 地震	台風	竜巻		津波	火山の影響	積雪
			風 (30 m/s)	風 (100 m/s)	飛来物			
開	—	○	○	—	—	—	—	—
閉	○	○	○	—	—	—	—	

3.2 荷重伝達経路

3.2.1 地震荷重

閉止装置が開及び閉それぞれの状態で、地震荷重が作用した場合の各方向の伝達経路を以下に示す。

(1) 面外方向（開及び閉状態）

地震動が作用した場合の面外方向の荷重は、ガイドローラを介してガイドレールに、またテーパブロックを介してプッシュローラに伝達される。荷重伝達経路を図 3-1 に示す。開及び閉状態ともに荷重伝達経路は以下に示すとおりである。

- 1) 面外地震動により扉に慣性力が作用する。
- 2) 扉を支持するガイドローラやテーパブロックに扉慣性力が作用する。
- 3) 扉、ガイドローラ及びテーパブロックを支持するガイドレール及びプッシュローラに扉慣性力が作用する。

以上から面外方向に対しては、扉慣性力を支持する部位のうち、ガイドレール、ガイドローラ、プッシュローラ及びテーパブロックが主要な荷重伝達経路になる。

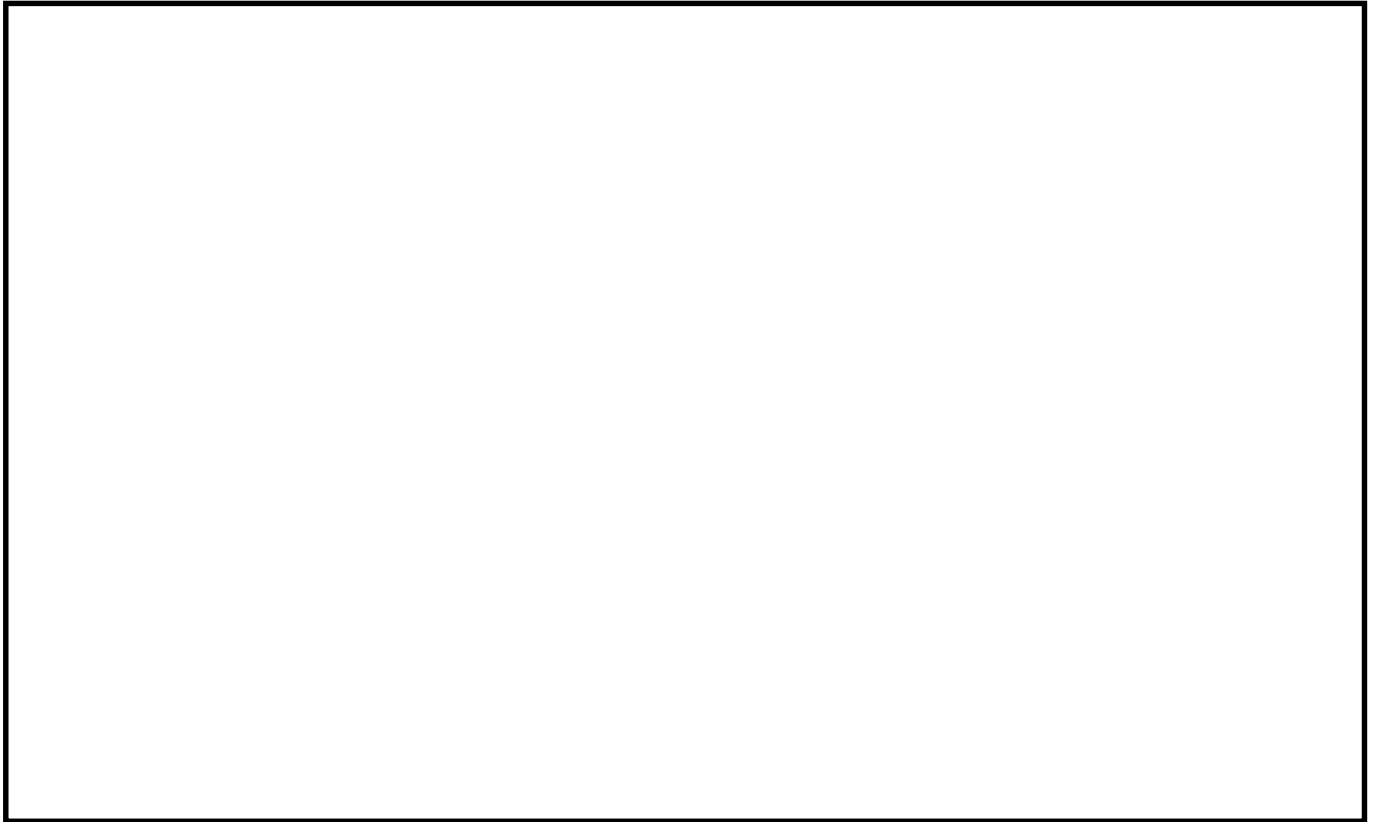


図 3-1 面外方向荷重伝達経路

(2) 面内方向（開及び閉状態）

地震動が作用した場合の面内方向の荷重は，門受板（扉側）から門ピンを介して門受板（枠側）に伝達される。荷重伝達経路を図 3-2 に示す。開及び閉状態ともに荷重伝達経路は以下に示すとおりである。

- 1) 面内地震動により扉に慣性力が作用する。
- 2) 扉を支持する門に扉慣性力が作用する。

以上から，面内方向に対しては，扉慣性力を支持する部位のうち，面内方向に扉を支持する門受板（扉側），門ピン及び門受板（枠側）が主要な荷重伝達経路となる。

また，門部には面内方向に最大で \square mm のギャップがあり，扉が移動しチェーンの伸びによる張力が駆動部に作用するため，駆動部についてはチェーン張力を用いた評価を実施する。



図 3-2 面内方向荷重伝達経路

(3) 鉛直方向（開及び閉状態）

地震動が作用した場合の鉛直方向の荷重は、吊具及びハンガーローラを介してハンガーレールに伝達される。ハンガーレールは剛性が高く強固な架台により原子炉建屋外壁に取り付けられている。荷重伝達経路を図 3-3 に示す。開及び閉状態ともに荷重伝達経路は以下に示すとおりである。

- 1) 鉛直地震動により扉に慣性力が作用する。
- 2) 扉を支持する吊具に扉慣性力が作用する。
- 3) 扉及び吊具を支持するハンガーレール及びハンガーローラに扉慣性力が作用する。

以上から、鉛直方向に対しては、扉慣性力を支持する部位のうち、ハンガーレール、ハンガーローラ及び吊具が主要な荷重伝達経路となる。

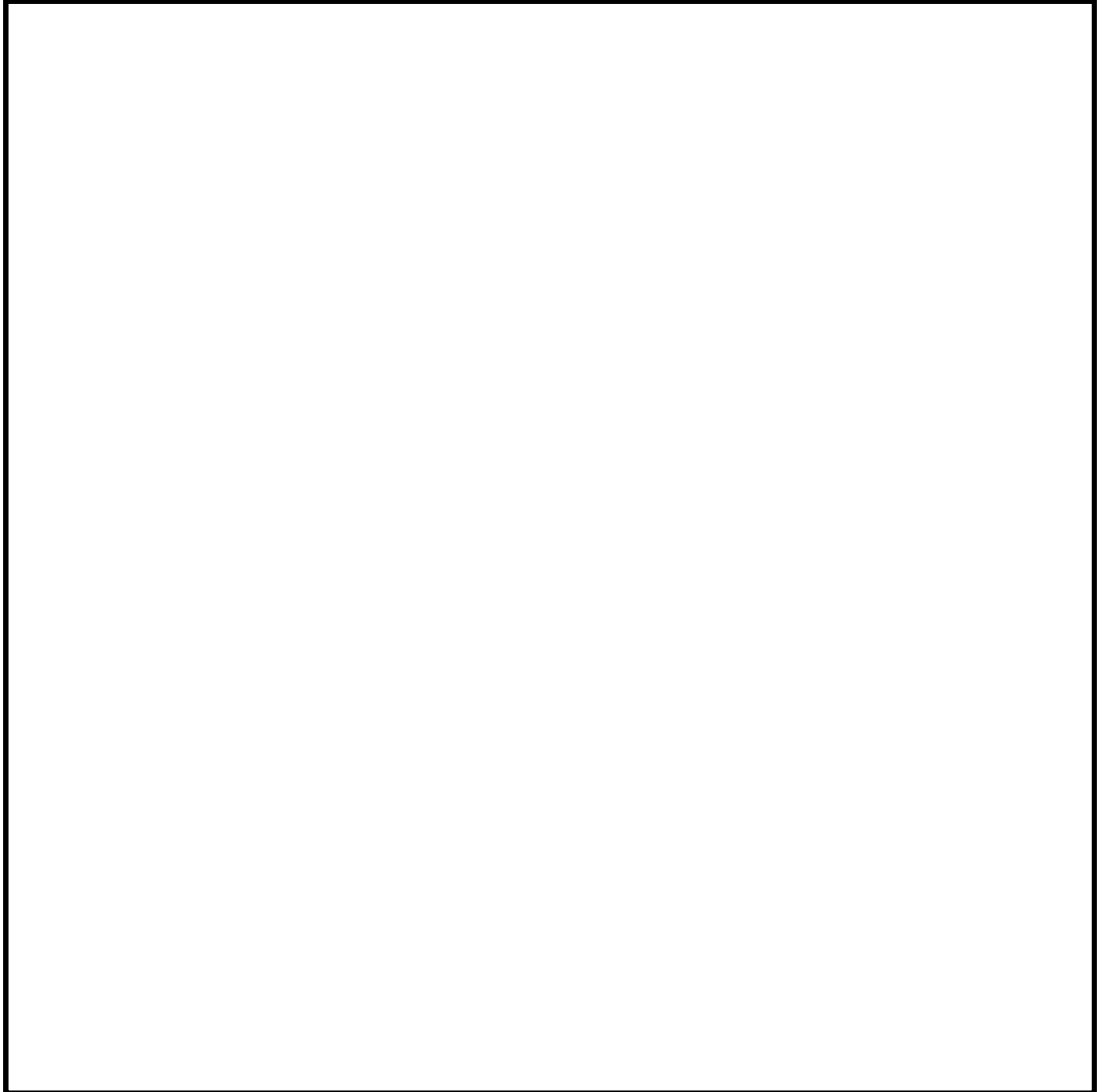


図 3-3 鉛直方向荷重伝達経路

3.2.2 圧力荷重及び機械的荷重

圧力荷重及び機械的荷重は扉面外方向に分布荷重として作用するため、地震荷重が面外方向に作用した場合と同様の荷重伝達経路である。

3.3 評価部位

3.3.1 扉，支持部材及び駆動部（主要部材）の考慮する荷重方向

3.2 項に示す地震荷重の作用方向の荷重伝達経路から，扉，扉を支持する支持部材及び駆動部の主要部材に対して，評価する状態及び強度評価で考慮する荷重方向を表 3-2 に示す。

表 3-2 扉，支持部材及び駆動部の考慮する荷重方向

No.	主要部材		状態		考慮する荷重方向			
			開	閉	面外	面内	鉛直	
1	扉	梁	○	○	○	○	○	
		板	○	○	○	○	○	
2	支持部材	面外方向	ガイドレール	○	—	○	—	—
3			ガイドローラ	○	—	○	—	—
4			側面プッシュローラ	○	○	○	—	—
5			上下面プッシュローラ	—	○	○	—	—
6			テーパブロック	—	○	○	—	—
7			面内方向	門	○	○	—	○
8		鉛直方向	ハンガーレール	○	○	—	—	○
9			ハンガーローラ	○	○	—	—	○
10			吊具	○	○	—	—	○
11		駆動部	面内方向	チェーン	○	○	—	○

3.3.2 応力評価部位

応力評価部位は，表 3-2 に示す主要部材のうち，構造強度評価上厳しい箇所とする。評価部位をまとめたものを表 3-3 に示す。評価部位を示した閉止装置構造の全体図を図 3-4 に示す。支持部材の評価部位は 3.2 項で記載した荷重伝達経路に基づいて選定を行う。駆動部については，加振試験で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の強度評価を実施する。

表 3-3 評価を実施する部位

No.	評価部位			応力評価箇所	備考* ¹
1	扉* ²			外梁	①
				内梁	
				面板	②
2	支持部材	面外方向	ガイドレール	ガイドレール	③
3			ガイドローラ	ピン	④
4			側面プッシュローラ	ピン	⑤
				ブラケット	⑥
5			上下面プッシュローラ	ピン	⑦
6			テーパブロック	取付ボルト	⑧
7		面内方向	門	ピン	⑨
				受板（扉側）	⑩
				受板（枠側）	⑪
8		鉛直方向	ハンガーレール	ハンガーレール	⑫
9	ハンガーローラ		ローラ軸	⑬	
10	吊具		ブラケット	⑭	
11	駆動部	面内方向	チェーン	チェーン	⑮

注記 *1：備考欄に記載の数値は，図 3-4 中の番号を示す。

*2：評価は外梁で代表する。

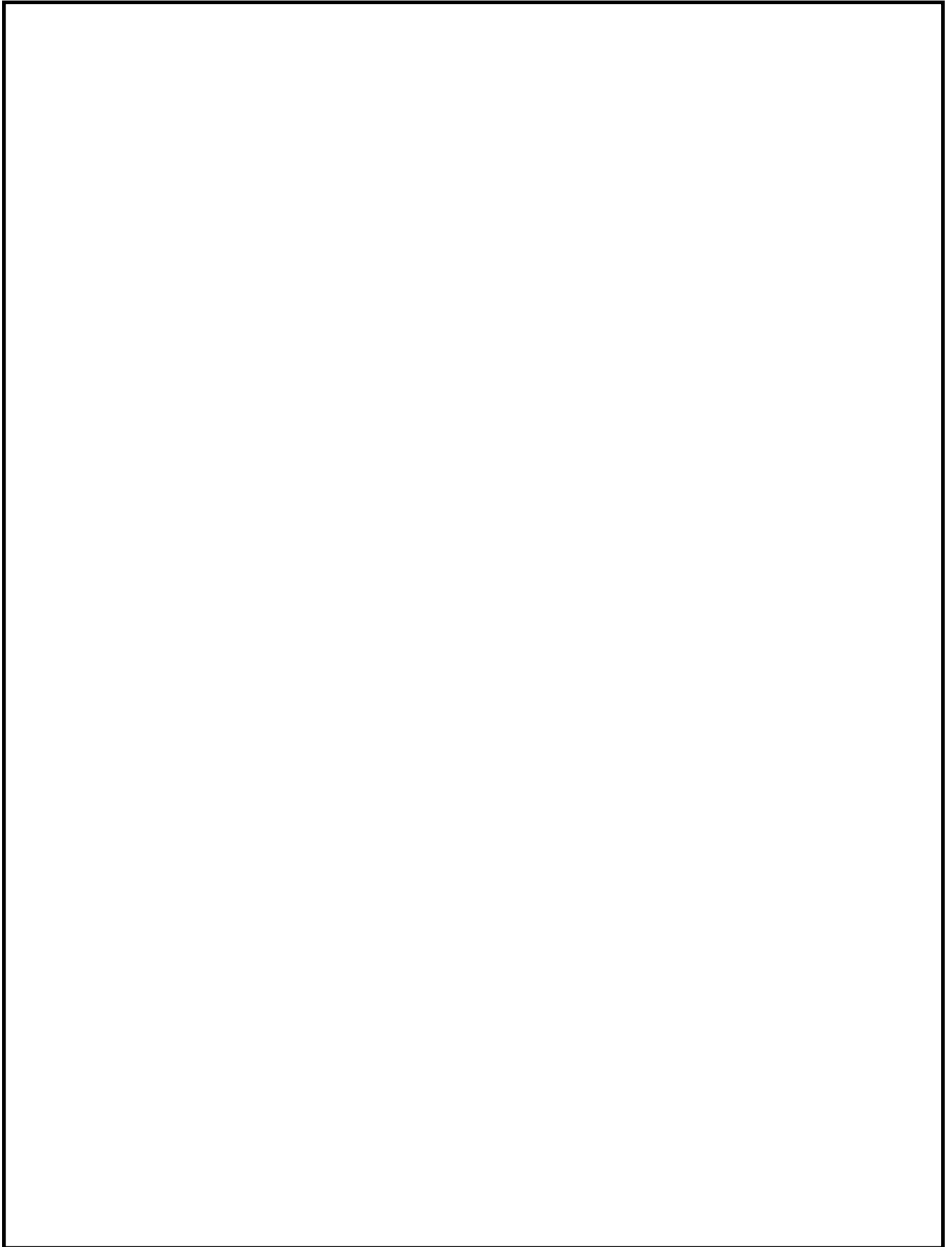


図 3-4 閉止装置構造の全体図

4. 評価条件

4.1 荷重の組合せ及び許容値

各部位の許容値の考え方を以下に示す。閉止装置に作用する荷重は、自重、地震荷重、圧力荷重及び風荷重による機械的荷重が主であることから、一次応力について評価を実施する。

4.1.1 扉及び支持部材

閉止装置のうち、扉及び支持部材は、重大事故等対処施設（耐震Sクラス）としてその他支持構造物の許容応力を適用する。耐震評価のための荷重の組合せ及び許容応力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表4-1に示すとおりとする。

表 4-1 閉止装置の荷重の組合せ及び許容応力（扉及び支持部材）

状態	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容応力		
			引張	せん断	組合せ
開	$D + P_D + M_D + S_s$	$III_A S^{*1}$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$
		$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$
閉	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$III_A S^{*1}$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$
		$V_A S$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$

注：

D : 死荷重

P_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）
又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重（閉止装置では開状態において圧力荷重は作用しないため考慮しない）

M_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）
又は当該設備に設計上定められた機械的荷重（閉止装置では風荷重を考慮する）

S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

P_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重（閉止装置では建屋内外差圧とする）

M_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重（閉止装置では風荷重を考慮する）

- Ⅲ_AS : 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。））J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）の供用状態C相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- Ⅳ_AS : 設計・建設規格の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- V_AS : 運転状態V相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- f_t : 許容応力状態Ⅲ_ASでの許容引張応力
- f_s : 許容応力状態Ⅲ_ASでの許容せん断応力
- f_t^* : 許容応力状態Ⅳ_AS及びV_ASでの許容引張応力
- f_s^* : 許容応力状態Ⅳ_AS及びV_ASでの許容せん断応力
- 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、扉固定の機能を維持する設計（塑性変形により門の挿入性を阻害しない設計）とすることから、門の評価では許容応力状態をⅢ_ASとする。

4.1.2 駆動部

チェーンについては、設計・建設規格 SSB-3200 の規定を準用し、チェーンの引張試験（ 本分）から得られた破断荷重の 0.6 倍を許容荷重として作用荷重と比較し評価する。表 4-2 に駆動部の荷重の組合せ及び許容荷重を示す。

表 4-2 閉止装置の荷重の組合せ及び許容荷重（駆動部）

状態	荷重の組合せ	許容荷重
開	チェーン張力	チェーン：0.6×破断荷重
閉		

4.2 設計条件

4.2.1 温度条件

評価する際の温度条件（許容値算出条件）は以下とする。

開状態： °C

閉状態： °C

4.2.2 死荷重

死荷重（D）として考慮する扉の単体質量は kg，吊具等の質量を含めた支持部材の評価に考慮する扉の質量は kgである。

4.2.3 圧力荷重

閉状態において，非常用ガス処理系による原子炉建屋内外差圧である（負圧）を圧力荷重（ P_{SAD} ）として考慮する。

4.2.4 機械的荷重

機械的荷重（ M_D 及び M_{SAD} ）として，風荷重を考慮する。風荷重は，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 30 m/s とする。

4.2.5 地震荷重

地震荷重（基準地震動 S_s ）は，添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力」に基づく設計用地震力により閉止装置に作用する震度を用いて算定する。地震荷重の算出の際に考慮する扉の単体質量は kg，吊具等の質量を含めた支持部材の評価に考慮する扉の質量は kgである。

(1) 固有周期

固有周期の計算結果を表 4-3 に示す。固有周期の計算方法は「5.1 閉止装置の固有周期の計算方法」に示す。

表 4-3 固有周期

（単位：s）

固有周期	面内方向	面外方向		鉛直方向
		開	閉	
	—*	—*	<input type="text"/>	—*

注記 *：加振試験にて固有周期がであることを確認したため，計算は省略する。

(2) 評価用震度

下記の評価用震度を適用する。

- ・ 面内方向及び鉛直方向
1.2ZPA を *した震度を評価用震度とする。
- ・ 面外方向

扉が閉状態の場合、面外方向にはプッシュローラにより拘束されているため、床応答スペクトル及び固有値計算結果から評価用震度を設定する。

扉が開状態の場合、面外方向に拘束されていないため、床応答スペクトル及び閉状態の固有値計算結果から得られる震度と 1.2ZPA を *した震度の大きい方を評価用震度とする。

上記により設定した評価用震度を表 4-4 に示す。

注記 * : の設定根拠については、添付「評価用震度と加振試験結果の関係について」に示す。

表 4-4 評価用震度（設計震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	地震動	水平方向設計震度		鉛直方向設計震度* ³
			面外* ²	面内* ³	
閉止装置	原子炉建屋 EL. 63.65* ¹	S _s	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記 *¹ : 基準床レベルを示す。

*² : 閉止装置設置位置上部の基準床レベルでの床応答スペクトル及び閉状態の固有周期から設定

*³ : 閉止装置設置位置上部の基準床レベルでの 1.2ZPA の の値

4.2.6 チェーン張力

評価に使用するチェーンが、問部の最大ギャップである mm 分伸びる場合の張力 kN は、図 4-1 に示すように、チェーン引張試験（チェーン端部から出力軸スプロケットまでの リンク分）での最大値であり、加振試験でのチェーン張力を上回るものである。ここで

である。



図 4-1 チェーン引張試験結果

4.3 各評価部位の許容応力

各評価部位の許容応力は、各部位の材質及び設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 に規定される各温度の設計降伏点 (S_y) 及び設計引張強さ (S_u) から設定する。材質及び許容応力を表 4-5 に示す。駆動部についてはチェーンの許容荷重を用いて評価する。チェーンの許容荷重を表 4-6 に示す。

表 4-5(1) 扉の許容応力

評価部位	材質	温度 (°C)	許容 応力 状態	許容応力				
				S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	1.5 f _t [*] (MPa)	1.5 f _s [*] (MPa)
扉外梁			IV _A S	198	504	205	205	118
			V _A S	171	441	205	205	118

表 4-5(2) 面外方向支持部材の許容応力

評価部位	材質	温度 (°C)	許容 応力 状態	許容応力				
				S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	1.5 f _t [*] (MPa)	1.5 f _s [*] (MPa)
ガイドレール			IV _A S	198	504	205	205	118
ガイドローラピン			IV _A S	198	504	205	205	118
側面プッシュローラピン			IV _A S	198	504	205	205	118
			V _A S	171	441	205	205	118
側面プッシュローラブラケット			IV _A S	198	504	205	205	118
			V _A S	171	441	205	205	118
上下面プッシュローラピン			V _A S	171	441	205	205	118
テーパブロック 取付ボルト			V _A S	171	441	205	153	118

表 4-5(3) 面内方向支持部材の許容応力

評価部位	材質	温度 (°C)	許容 応力 状態	許容応力				
				S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	1.5 f _t (MPa)	1.5 f _s (MPa)
門ピン	*1		III _A S	339	556	-	339	195
				316	524	-	316	182
門受板 (扉側)			III _A S	198	504	205	205	118
				171	441	205	205	118
門受板 (枠側)			III _A S	198	504	205	205	118
				171	441	205	205	118

注記 *1: の場合の値を適用

表 4-5(4) 鉛直方向支持部材の許容応力

評価部位	材質	温度 (°C)	許容 応力 状態	許容応力				
				S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	1.5 f _t [*] (MPa)	1.5 f _s [*] (MPa)
ハンガーレール	□	□	IV _A S	198	504	205	205	118
		□	V _A S	171	441	205	205	118
ハンガーローラ ローラ軸	□	□	IV _A S	198	504	205	205	118
		□	V _A S	171	441	205	205	118
吊具ブラケット	□	□	IV _A S	198	504	205	205	118
		□	V _A S	171	441	205	205	118

表 4-6 駆動部の許容荷重

評価部位	温度 (°C)	許容荷重
		0.6 T _L ^{*1} (kN)
チェーン	□	□

注記 *1 : 設計・建設規格 SSB-3200 の規定を準用し,
チェーンの破断強度の 0.6 倍とする。

5. 評価

5.1 閉止装置の固有周期の計算方法

5.1.1 計算モデル

固有周期は、解析コード「MSC NASTRAN」を使用し、有限要素法（FEM）解析により図 5-1 に示す解析モデルにて算出する。固有周期は表 4-3 で記載したように閉状態に対してのみ算出する。解析モデルの概要を以下に示す。

- (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、門及びローラ部の並進方向拘束とする。
- (3) 質量は、扉を構成する部材の質量を考慮する。
- (4) 解析に使用した機器諸元を表 5-1 に示す。

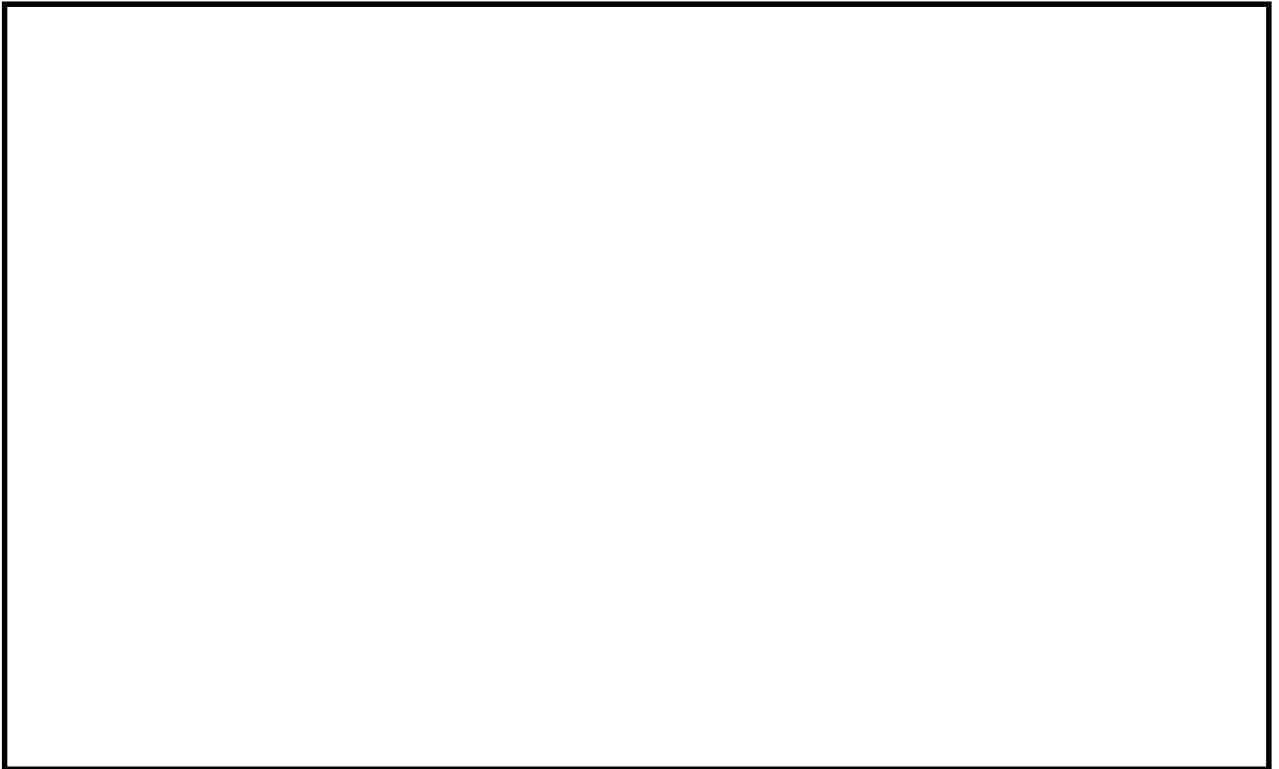


図 5-1 解析モデル

表 5-1 機器諸元

項目	記号	単位	入力値	
材料	—	—	<input type="text"/>	
質量*1	M	kg	<input type="text"/>	
	M _d	kg	<input type="text"/>	
圧力条件	—	Pa (ゲージ圧)	<input type="text"/>	
機械的荷重 (風荷重)	W	Pa	<input type="text"/> *2	
温度条件	扉開状態	T	℃	<input type="text"/>
	扉閉状態			<input type="text"/>
縦弾性係数	扉開状態	E	MPa	<input type="text"/>
	扉閉状態			<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	<input type="text"/>	
要素数	—	個	<input type="text"/>	
節点数	—	個	<input type="text"/>	

注記 *1: 扉の単体質量を kg, 吊具等の質量を含めた扉の質量を kg とする。

*2: 風荷重は次式により求める。

$$W = q \cdot C_f$$

ここで,

q : 平均速度圧 (Pa)

C_f : ピーク風力係数 (—)

5.1.2 固有周期の算出結果

加振試験により求めた扉開状態の固有周期を表 5-2 に示す。また扉閉状態での固有値解析結果を表 5-3, 振動モード図 (1 次モードのみ) を図 5-2 に示す。

表 5-2 扉開状態の固有周期

モード	固有周期 (s)	卓越方向
1 次	<input type="text"/>	—

表 5-3 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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2次	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	—



図 5-2 振動モード図 (1次)

5.2 応力計算方法

3.3 項で述べた評価部位に対し、それぞれ有限要素法等により、開状態と閉状態それぞれの荷重条件における応力を算出する。ここで、後述する応力計算の詳細においては、開状態と閉状態で条件が同じものについては統一することとし、開状態もしくは閉状態のみで用いる条件については、その旨を述べることとする。

5.2.1 扉の応力計算

(1) 梁に作用する荷重

図 5-1 に示す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 F E Mモデルにより荷重を算出する。

- a. 扉は、吊具、門、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。
- b. 地震荷重により梁に生じる荷重は、扉に対して面外方向、面内方向及び鉛直方向それぞれについて単位荷重に対して求め、強度評価において組み合わせる。各方向に単位荷重を作用させた際の変形図を図 5-3 に示す。
- c. 圧力荷重及び機械的荷重は、扉に対して面外方向に等分布に作用するものとし、評価は外梁 3 辺 (扉開状態) 及び 4 辺 (扉閉状態) を面外方向に拘束し、単位圧力による荷重に対して実施する。圧力荷重及び機械的荷重による変形図

を、扉開状態を代表して図 5-3 に示す。また、強度評価において地震力と組合せる。

(2) 梁の応力計算

梁の応力は、FEM解析により算出した荷重から以下に示す式で算出する。荷重は、並進力 F_x , F_y , F_z , モーメント力 M_x , M_y , M_z とする。

a. 応力成分

上記荷重による応力成分は次式となる。

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

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

b. 引張応力

引張応力は次式となる。

$$\sigma_t = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$$

c. せん断応力

せん断応力は次式となる。

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

d. 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(3) 面板の応力

面板の応力は、各荷重（地震荷重、圧力荷重及び機械的荷重）からFEM解析により算出した引張応力及びせん断応力を各々合計し、以下に示す式で組合せ応力を算出する。

a. 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2}$$

ここで、

σ_x , σ_y : 面板面内に生じる互いに直交する引張応力

τ_{xy} : 面板面内に生じるせん断応力

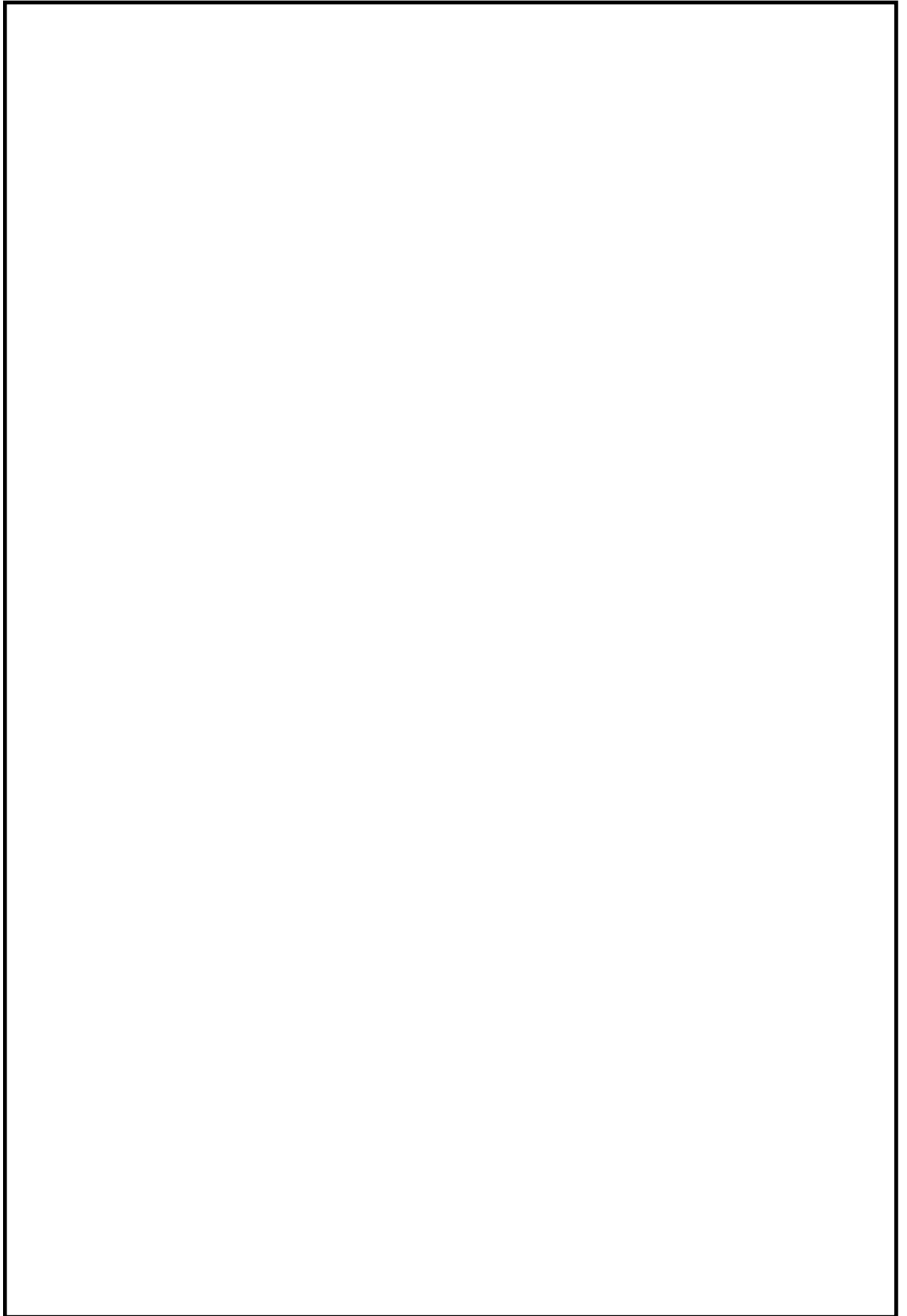


図 5-3 各荷重による変形

5.2.2 面外方向支持材の応力計算

面外方向の主要な荷重伝達経路であるガイドレール、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）及びテーパーブロック（取付ボルト）について応力評価を実施する。

(1) ガイドレール（開状態のみ）

a. 計算モデル

扉の面外方向地震荷重がガイドローラを介してガイドレールに集中荷重として作用する。集中荷重の作用箇所まわりに高い応力が生じると考えられるため、以下に示す計算モデルで評価する。

ガイドレールは面外方向と比較して面内方向が十分に長いため、計算モデルは図 5-4 に示すように、“機械工学便覧 α3 材料力学 表 5・3 番号 10”の 1 辺固定・3 辺自由の式に準じた片持ち梁として計算する。ここで、荷重負荷範囲については機械工学便覧から荷重負荷位置から固定部までの距離（図 5-4 中の H_4 ）の () とする。



図 5-4 ガイドレール計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{4h} = W_{4h} \cdot H_4$$

ここで、

$$W_{4h} : \text{地震荷重} = M_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_4$$

n_4 : 扉の面外方向支持点の数

M_d : 扉の質量

C_{h1} : 閉止装置の面外方向の設計震度

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{4h} = M_{4h} / Z_4$$

ここで、

Z_4 : ガイドレールの断面係数

ロ. 面圧（機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{4p} = W_{4w} \cdot H_4$$

ここで、

$$W_{4w} : \text{機械的荷重} = H_w \cdot A_p / n_4$$

H_w : 風圧力

A_p : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{4p} = M_{4p} / Z_4$$

ハ. ガイドレールに生じる引張応力

$$\sigma_4 = \sigma_{4h} + \sigma_{4p}$$

(b) せん断応力

イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{4h} = W_{4h}$$

面外方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{4h} = F_{4h} / A_4$$

ここで、

A_4 : ガイドレールの断面積

- ロ. 面圧（機械的荷重）によるせん断応力
面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{4p} = W_{4w}$$

面圧により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{4p} = F_{4p}/A_4$$

- ハ. ガイドレールに生じるせん断応力

$$\tau_4 = \tau_{4h} + \tau_{4p}$$

- (c) 組合せ応力

$$\sigma_{4c} = \sqrt{(\sigma_4^2 + 3 \cdot \tau_4^2)}$$

- (2) ガイドローラピン（開状態のみ）

- a. 計算モデル

ガイドレールに作用する面外方向荷重の反力がガイドローラに集中荷重として作用する。計算モデルは図 5-5 に示す片持ち梁として計算する。



図 5-5 ガイドローラピン計算モデル

- b. 応力計算

- (a) 引張応力

- イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{5h} = W_{5h} \cdot H_5$$

ここで、

$$W_5 : \text{地震荷重} = M_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_5$$

n_5 : 扉の面外方向支持点の数

M_d : 扉の質量

C_{h1} : 閉止装置の面外方向の設計震度

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{5h} = M_{5h} / Z_5$$

ここで、

Z_5 : ガイドローラピンの断面係数

ロ. 面圧（機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{5p} = W_{5w} \cdot H_5$$

ここで、

W_{5w} : 機械的荷重 = $H_w \cdot A_p / n_5$

H_w : 風圧力

A_p : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{5p} = M_{5p} / Z_5$$

ハ. ガイドローラピンに生じる引張応力

$$\sigma_5 = \sigma_{5h} + \sigma_{5p}$$

(b) せん断応力

イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{5h} = W_{5h}$$

面外方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{5h} = F_{5h} / A_5$$

ここで、

A_5 : ガイドローラピンの断面積

ロ. 面圧（機械的荷重）によるせん断応力

面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{5p} = W_{5w}$$

面圧により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{5p} = F_{5p} / A_5$$

ハ. ガイドローラピンにより生じるせん断応力

$$\tau_5 = \tau_{5h} + \tau_{5p}$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{5c} = \sqrt{(\sigma_5^2 + 3 \cdot \tau_5^2)}$$

(3) 側面プッシュローラピン

a. 計算モデル

扉の面外方向荷重が側面プッシュローラピンに集中荷重として作用する。計算モデルは図 5-6 に示す集中荷重を受ける両端支持梁として計算する。

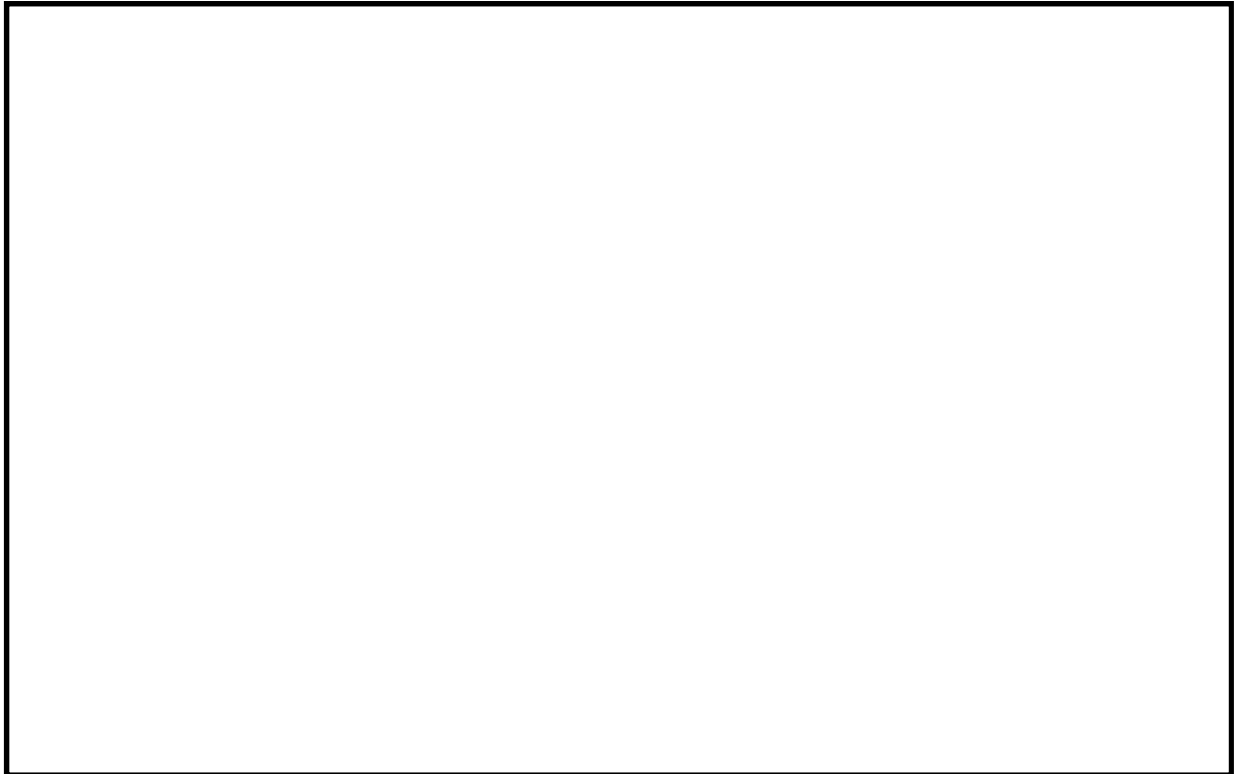


図 5-6 側面プッシュローラピン計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{6h} = W_{6h} \cdot H_6 / 4$$

ここで、

$$W_{6h} : \text{地震荷重} = M_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_6$$

M_d : 扉の質量

C_{h1} : 閉止装置の面外方向の設計震度

n_6 : 扉の面外方向支持点の数

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{6h} = M_{6h} / Z_6$$

ここで、

Z_6 : 側面プッシュローラピンの断面係数

- ロ. 面圧（開状態：機械的荷重，閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{6p} = (W_{6p} + W_{6w}) \cdot H_6 / 4$$

ここで、

$$W_{6p} : \text{圧力荷重} = \Delta P \cdot A_p / n_6$$

（ただし，開状態では作用しないため， $W_{6p} = 0$ ）

$$W_{6w} : \text{機械的荷重} = H_w \cdot A_p / n_6$$

ΔP : 差圧

H_w : 風圧力

A_p : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{6p} = M_{6p} / Z_6$$

- ハ. 側面プッシュローラピンに生じる引張応力

$$\sigma_6 = \sigma_{6h} + \sigma_{6p}$$

- (b) せん断応力

- イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{6h} = W_{6h} / 2$$

面外方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{6h} = F_{6h} / A_6$$

ここで、

A_6 : 側面プッシュローラピンの断面積

- ロ. 面圧（開状態：機械的荷重，閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）によるせん断応力

面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{6p} = (W_{6p} + W_{6w}) / 2$$

面圧により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{6p} = F_{6p} / A_6$$

ハ. 側面プッシュローラピンに生じるせん断応力

$$\tau_6 = \tau_{6h} + \tau_{6p}$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{6c} = \sqrt{(\sigma_6^2 + 3 \cdot \tau_6^2)}$$

(4) 側面プッシュローラブラケット

a. 計算モデル

扉の面外方向荷重がプッシュローラブラケットに曲げモーメントと引張荷重として作用する。計算モデルは図 5-7 に示す片持ち梁として計算する。

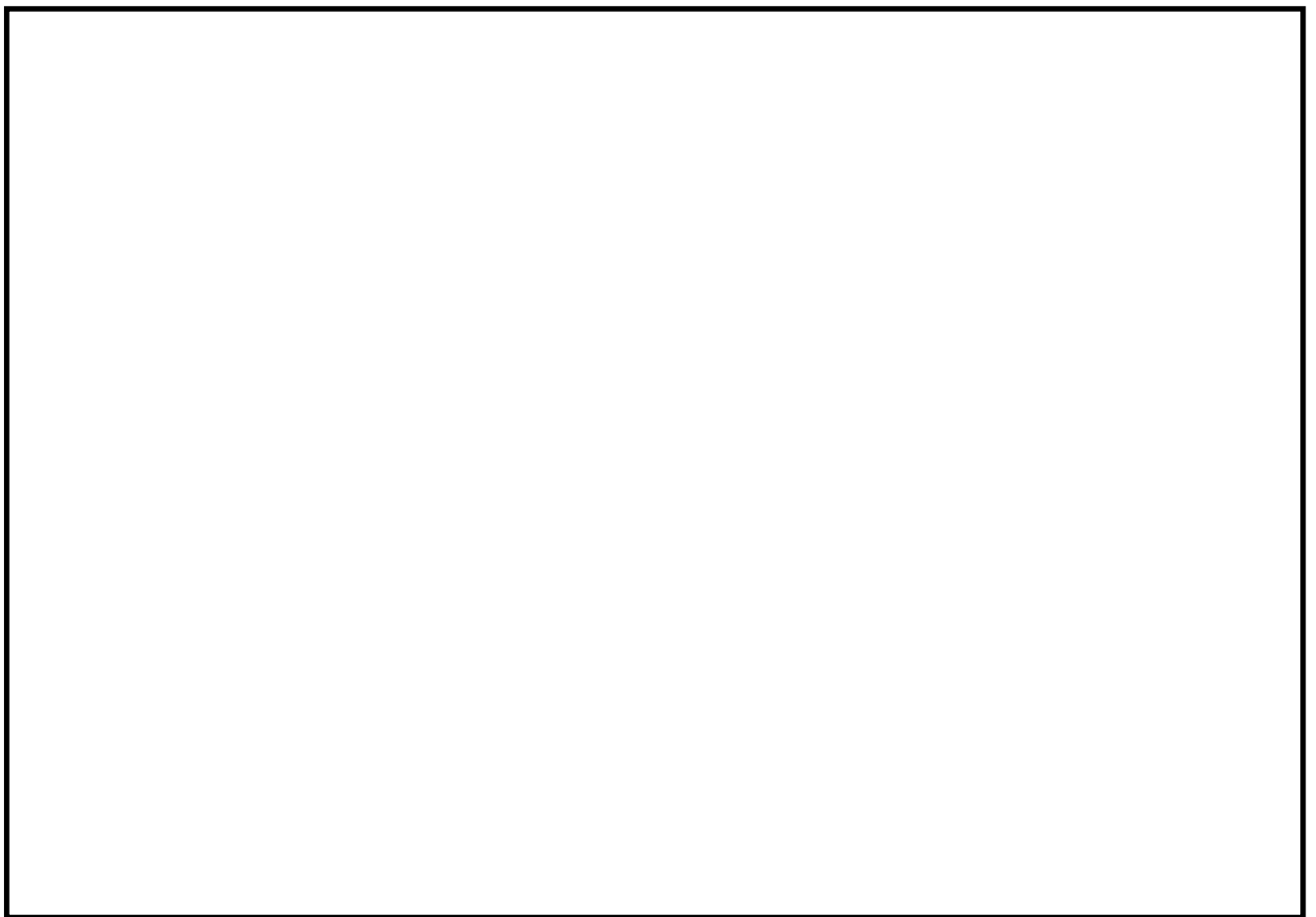


図 5-7 側面プッシュローラブラケット計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{7h} = W_{7h} \cdot L_7$$

ここで,

$$W_{7h} : \text{地震荷重} = M_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_7$$

M_d : 扉の質量

C_{h1} : 閉止装置の面外方向の設計震度

n_7 : 扉の面外方向支持点の数

面外方向設計震度の引張荷重により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{7ht} = W_{7h} / A_7$$

ここで、

A_7 : 側面プッシュローラブラケットの断面積

面外方向設計震度の曲げモーメントにより生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{7hb} = M_{7h} / Z_7$$

ここで、

Z_7 : 側面プッシュローラブラケットの断面係数

ロ. 面圧（開状態：機械的荷重，閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{7p} = (W_{7p} + W_{7w}) \cdot L_7$$

ここで、

$$W_{7p} : \text{圧力荷重} = \Delta P \cdot A_p / n_7$$

（ただし、開状態では作用しないため、 $W_{7p} = 0$ ）

$$W_{7w} : \text{機械的荷重} = H_w \cdot A_p / n_7$$

ΔP : 差圧

H_w : 風圧力

A_p : 扉の受圧面積

面圧の引張荷重により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{7pt} = (W_{7p} + W_{7w}) / A_7$$

面圧の曲げモーメントにより生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{7pb} = M_{7p} / Z_7$$

ハ. 側面プッシュローラブラケットに生じる引張応力

$$\sigma_7 = \sigma_{7ht} + \sigma_{7hb} + \sigma_{7pt} + \sigma_{7pb}$$

(5) 上下面プッシュローラピン（閉状態のみ）

a. 計算モデル

図 5-8 に示す上下面プッシュローラピンに集中荷重が作用する場合に、生じ

る引張応力及びせん断応力を計算する。計算モデルとして片持ち梁を考える。



図 5-8 上下面プッシュローラピン計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{sh} = W_{sh} \cdot H_s$$

ここで、

$$W_{sh} : \text{地震荷重} = M_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_s$$

M_d : 扉の質量

C_{h1} : 閉止装置の面外方向の設計震度

n_s : 扉の面外方向支持点の数

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{sh} = M_{sh} / Z_s$$

ここで、

Z_8 : 上下面プッシュローラピンの断面係数

- ロ. 面圧（圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力
面圧により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{8p} = (W_{8p} + W_{8w}) \cdot H_8$$

ここで、

$$W_{8p} : \text{圧力荷重} = \Delta P \cdot A_p / n_8$$

$$W_{8w} : \text{機械的荷重} = H_w \cdot A_p / n_8$$

ΔP : 差圧

H_w : 風圧力

A_p : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{8p} = M_{8p} / Z_8$$

- ハ. 上下面プッシュローラピンに生じる引張応力

$$\sigma_8 = \sigma_{8h} + \sigma_{8p}$$

(b) せん断応力

- イ. 面外方向設計震度によるせん断応力
面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{8h} = W_{8h}$$

面外方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{8h} = F_{8h} / A_8$$

ここで、

A_8 : 上下面プッシュローラピンの断面積

- ロ. 面圧（圧力荷重及び機械的荷重）によるせん断応力
面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{8p} = W_{8p} + W_{8w}$$

面圧により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{8p} = F_{8p} / A_8$$

- ハ. 上下面プッシュローラピンに生じるせん断応力

$$\tau_8 = \tau_{8h} + \tau_{8p}$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{8c} = \sqrt{(\sigma_8^2 + 3 \cdot \tau_8^2)}$$

(6) テーパブロック取付ボルト（閉状態のみ）

a. 計算モデル

扉の面外方向荷重の反力がテーパブロック取付ボルトに作用する。図 5-9 に示すボルトの断面に生じるせん断応力を計算する。

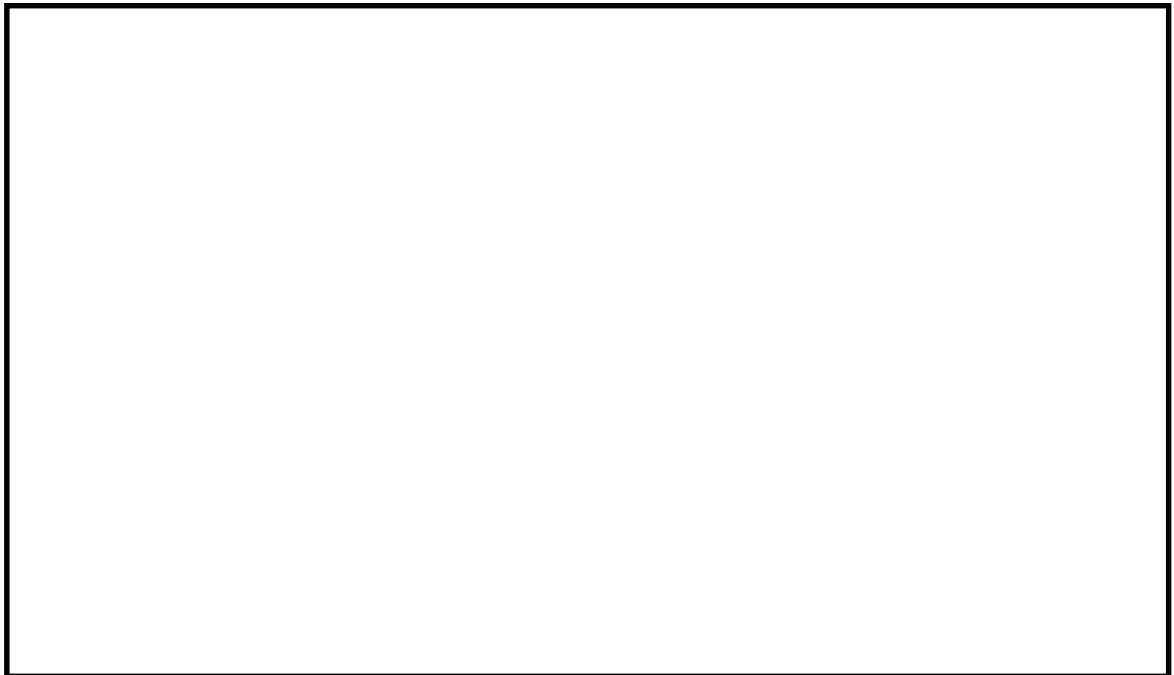


図 5-9 テーパブロック取付ボルト計算モデル

b. 応力計算

(a) せん断応力

イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求められる。

$$F_{9h} = W_{9h}$$

ここで、

$$W_{9h} : \text{地震荷重} = M_d \cdot g \cdot C_{h1} / (n_{9a} \cdot n_{9b})$$

M_d : 扉の質量

C_{h1} : 閉止装置の面外方向の設計震度

n_{9a} : 扉の面外方向支持点の数

n_{9b} : テーパブロック取付ボルトの数

面外方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求まる。

$$\tau_{9h} = F_{9h} / A_9$$

ここで、

A_g : テーパーブロック取付ボルトの断面積

- ロ. 面圧（圧力荷重及び機械的荷重）によるせん断応力
面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{9p} = W_{9p} + W_{9w}$$

ここで,

$$W_{9p} : \text{圧力荷重} = \Delta P \cdot A_p / (n_{9a} \cdot n_{9b})$$

$$W_{9w} : \text{機械的荷重} = H_w \cdot A_p / (n_{9a} \cdot n_{9b})$$

ΔP : 差圧

H_w : 風圧力

A_p : 受圧面積

面圧により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{9p} = F_{9p} / A_g$$

- ハ. テーパーブロック取付ボルトに生じるせん断応力

$$\tau_g = \tau_{9h} + \tau_{9p}$$

5.2.3 面内方向支持材の応力計算

面内方向の主要な荷重伝達経路である閘ピン、閘受板（扉側）、閘受板（枠側）について応力評価を実施する。

(1) 閘ピン

a. 計算モデル

閘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、閘ピンに生じる応力を計算する。ここで、閘ピンは中央部1箇所荷重を受けるとして評価する。計算モデルは図5-10に示すとおり、閘ピンに1点集中荷重が作用する両端支持梁として計算する。



図 5-10 閘ピン計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面内方向設計震度による引張応力

面内方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{10} = W_{10} \cdot L_{10} / 4$$

ここで,

$$W_{10} : \text{荷重} = M_d \cdot C_{h2} \cdot g / n_{10}$$

M_d : 扉の質量

C_{h2} : 閉止装置の面内方向の設計震度

n_{10} : 扉の面内方向支持点の数

面内方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{10} = M_{10} / Z_{10}$$

ここで,

Z_{10} : 門ピンの断面係数

(b) せん断応力

イ. 面内方向設計震度によるせん断応力

面内方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{10} = W_{10} / 2$$

面内方向設計震度により生じるせん断応力は次式より求める。

$$\tau_{10} = F_{10} / A_{10}$$

ここで,

A_{10} : 門ピンの断面積

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{10c} = \sqrt{(\sigma_{10})^2 + 3 \cdot (\tau_{10})^2}$$

(2) 門受板 (扉側)

a. 計算モデル

扉の面内方向地震荷重の反力が門受板 (扉側) に集中荷重として作用する。応力計算は図 5-11 に示す A ~ A 断面に生じる引張応力と B ~ B 断面に生じるせん断応力を計算する。

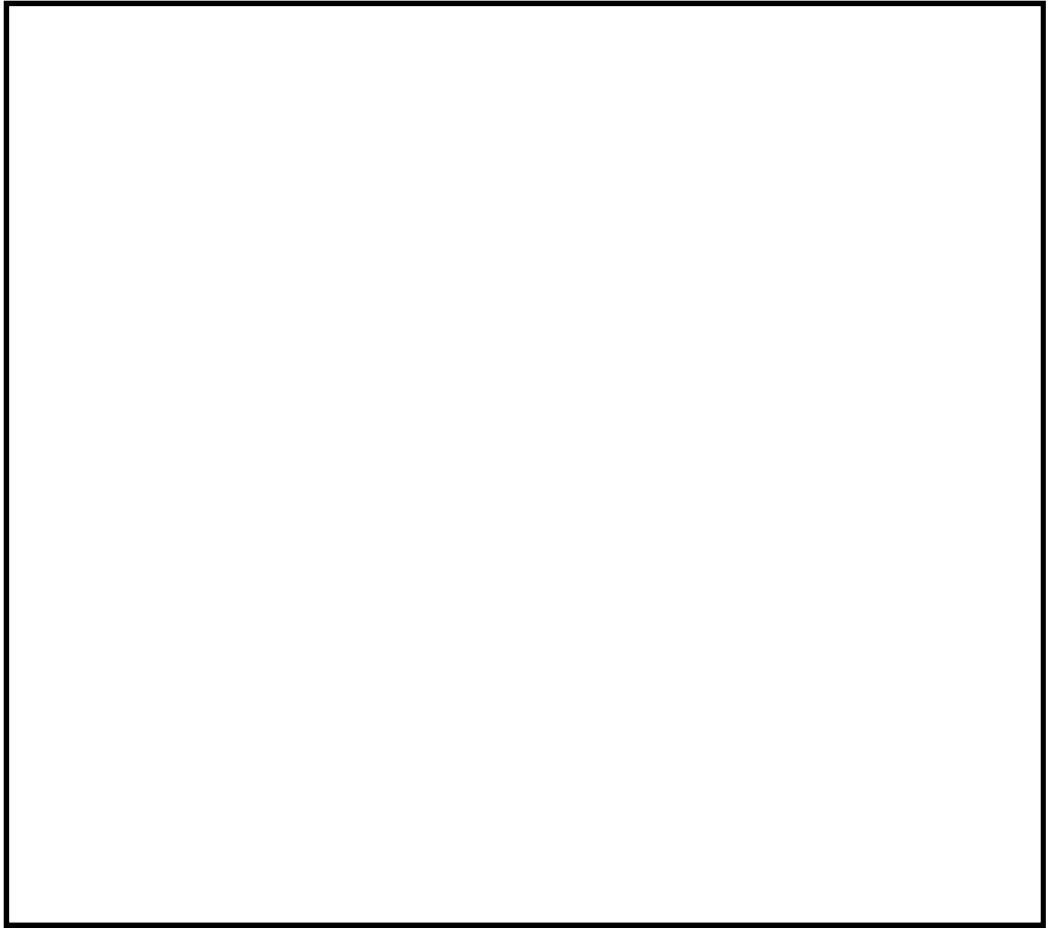


図 5-11 門受板（扉側）計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面内方向設計震度による引張応力

面内方向設計震度により面内方向に引張荷重が作用しており，次式により求める。

$$W_{11} = M_d \cdot C_{h2} \cdot g / n_{11}$$

ここで，

M_d ：扉の質量

C_{h2} ：閉止装置の面内方向の設計震度

n_{11} ：扉の面内方向支持点の数

面内方向設計震度により A ~ A 断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{11} = W_{11} / A_{11A}$$

ここで，

A_{11A} ：A ~ A 断面の断面積

(b) せん断応力

イ. 面内方向設計震度によるせん断応力

面内方向設計震度により B ~ B 断面に作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{11} = W_{11}$$

面内方向設計震度により B ~ B 断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{11} = F_{11} / A_{11B}$$

ここで,

A_{11B} : B ~ B 断面の断面積

(3) 門受板 (枠側)

a. 計算モデル

扉の面内方向地震荷重の反力が, 門受板 (枠側) に集中荷重として作用する。応力計算は図 5-12 に示す A ~ A 断面に生じる引張応力と B ~ B 断面に生じるせん断応力を計算する。

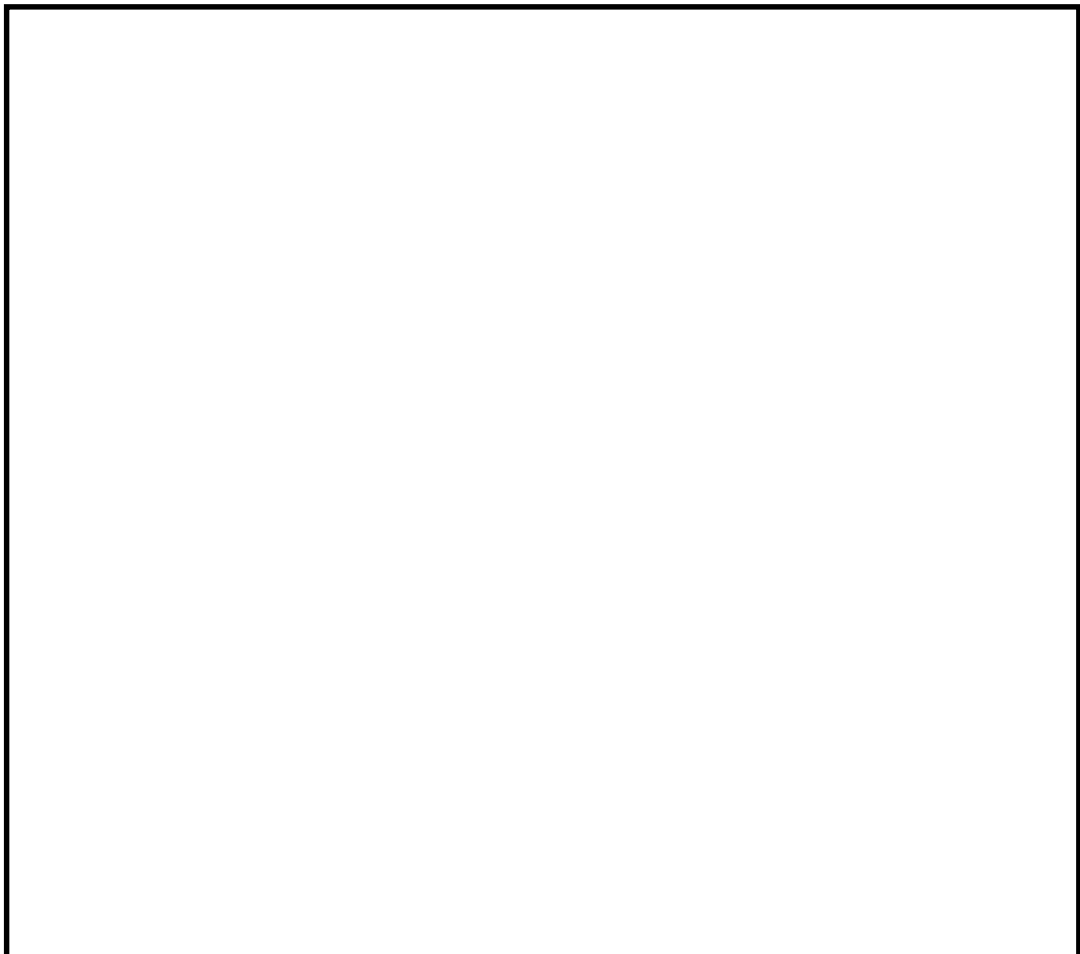


図 5-12 門受板 (枠側) 計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面内方向設計震度による引張応力

面内方向設計震度により A～A 断面に作用する引張力は次式により求める。

$$W_{12} = M_d \cdot C_{h2} \cdot g / (n_{12a} \cdot n_{12b})$$

ここで、

M_d : 扉の質量

C_{h2} : 閉止装置の面内方向の設計震度

n_{12a} : 扉の面内方向支持点の数

n_{12b} : 門受板（枠側）1 体当たりの支持点の数

面内方向設計震度により A～A 断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{12} = W_{12} / A_{12A}$$

ここで、

A_{12A} : A～A 断面の断面積

(b) せん断応力

イ. 面内方向設計震度によるせん断応力

面内方向設計震度により B～B 断面に作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{12} = W_{12}$$

面内方向設計震度により B～B 断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{12} = F_{12} / A_{12B}$$

ここで、

A_{12B} : B～B 断面の断面積

5.2.4 鉛直方向支持材の応力計算

鉛直方向の主要な荷重伝達経路であるハンガーレール、ハンガーローラ、吊具について応力評価を実施する。

(1) ハンガーレール

a. 計算モデル

図 3-4 に示すように、吊具 \square 個あたりに \square 個のハンガーローラが付いており、図 5-13 に示すように吊具は \square 箇所設置しているためにハンガーレールは合計 \square 個のハンガーローラと接触している。扉の鉛直方向荷重はハンガーローラを

通じてハンガーレールに集中荷重として作用し，集中荷重の作用箇所まわりに高い応力が発生すると考えられるため，以下の計算モデルで評価する。

ハンガーレールは面内方向に十分長いため，計算モデルは図 5-13 に示すように，“機械工学便覧 $\alpha 3$ 材料力学 表 5・3 番号 10”の 1 辺固定・3 辺自由の式に準じた片持ち梁として計算する。ここで，荷重負荷範囲については機械工学便覧から荷重負荷位置から付根までの距離の とすることとした。

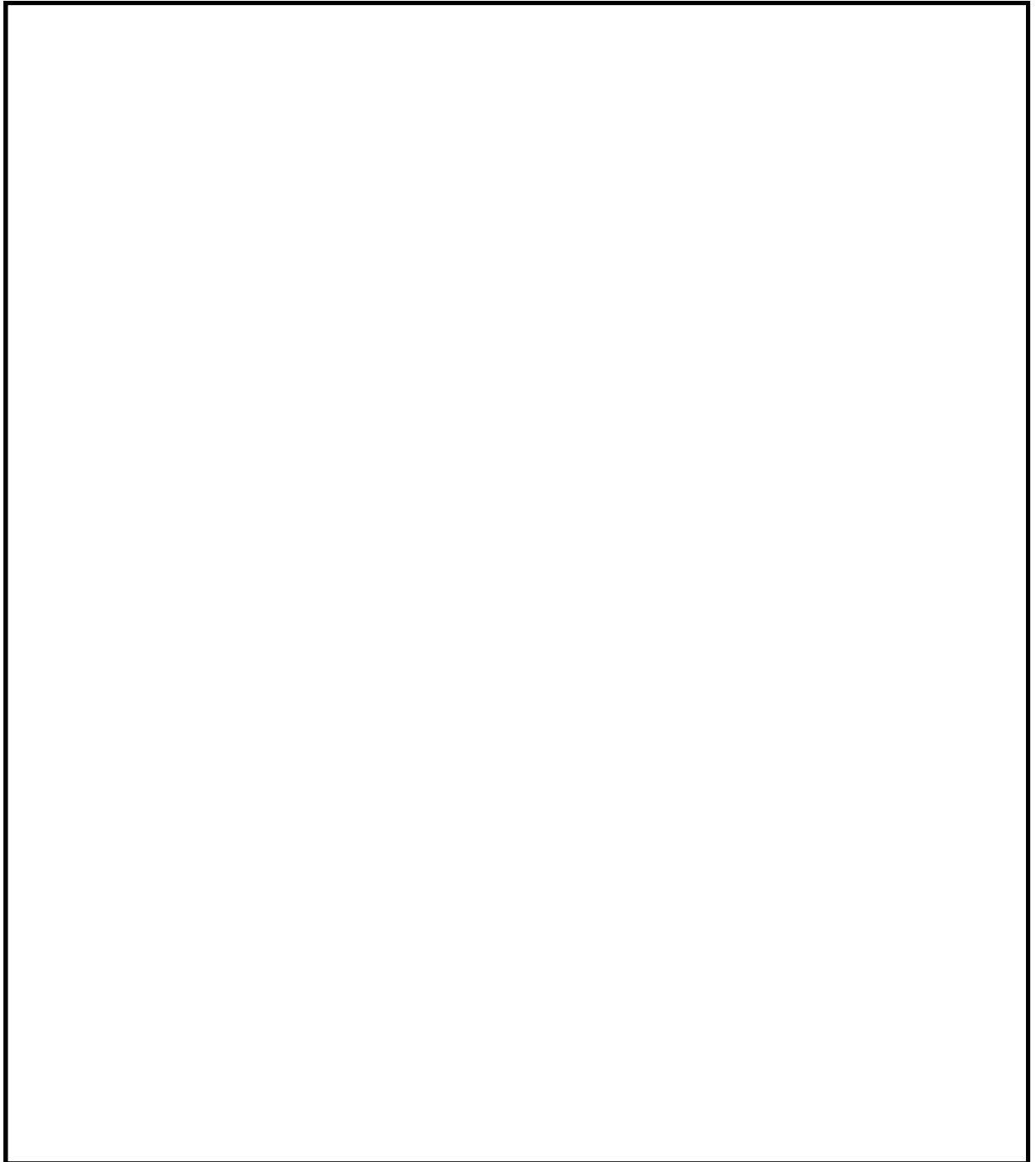


図 5-13 ハンガーレール計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 自重及び鉛直方向設計震度による引張応力

ハンガーレールの引張応力は自重及び鉛直方向設計震度により生じる。

自重及び鉛直方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{13} = W_{13} \cdot L_{13}$$

ここで、

$$W_{13} : \text{荷重} = M_d \cdot g \cdot (1 + C_v) / n_{13}$$

n_{13} : 扉の鉛直方向支持点の数

M_d : 扉の質量

C_v : 閉止装置の鉛直方向の設計震度

自重及び鉛直方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{13} = M_{13} / Z_{13}$$

ここで、

Z_{13} : 荷重負荷範囲の断面係数

(b) せん断応力

イ. 自重及び鉛直方向設計震度によるせん断応力

自重及び鉛直方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{13} = W_{13}$$

自重及び鉛直方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{13} = F_{13} / A_{13}$$

ここで、


A_{13} : 荷重負荷範囲の断面積

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{13c} = \sqrt{(\sigma_{13})^2 + 3 \cdot (\tau_{13})^2}$$

(2) ハンガーローラローラ軸

a. 計算モデル

図 5-14 に示すようにハンガーローラは  箇所でハンガーレールと接触して、ハンガーレールから反力を受ける。計算モデルはハンガーローラローラ軸について、ホルダーとの取り合い箇所を固定端とみなして、図 5-14 に示す片持ち梁として計算する。

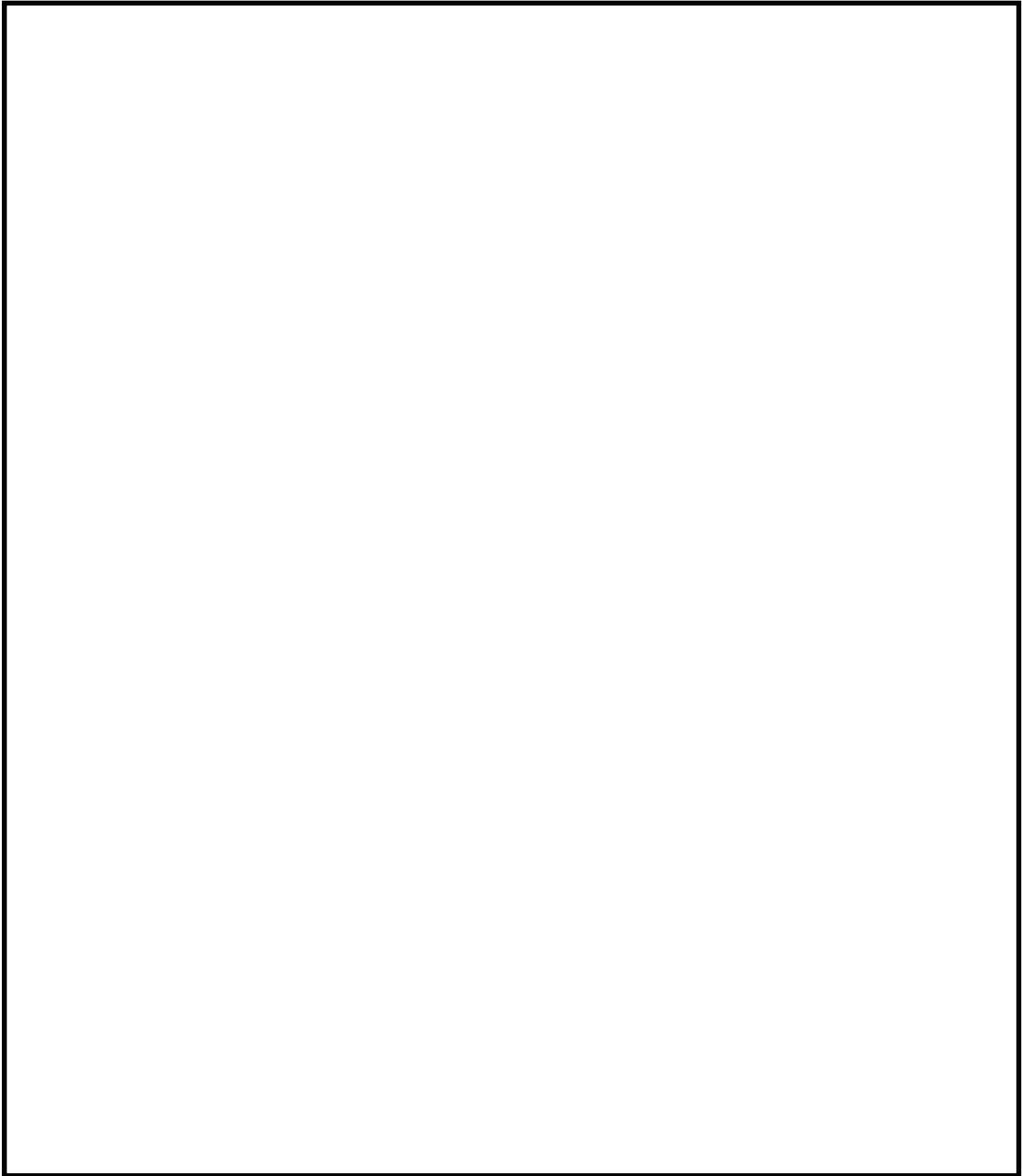


図 5-14 ハンガーローラローラ軸計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 自重及び鉛直方向設計震度による引張応力

ハンガーローラローラ軸には自重及び鉛直方向設計震度により引張応力が生じる。

自重及び鉛直方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{14} = W_{14} \cdot L_{14}$$

ここで,

$$W_{14} : \text{荷重} = M_d \cdot g \cdot (1 + C_v) / n_{14}$$

n_{14} : 扉の鉛直方向支持点の数

M_d : 扉の質量

C_v : 閉止装置の鉛直方向の設計震度

自重及び鉛直方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{14} = M_{14} / Z_{14}$$

ここで、

Z_{14} : ハンガーローラ ローラ軸固定端の断面係数

(b) せん断応力

イ. 自重及び鉛直方向設計震度によるせん断応力

ハンガーローラ ローラ軸には自重及び鉛直方向設計震度によりせん断応力が生じる。

自重及び鉛直方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{14} = W_{14}$$

自重及び鉛直方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{14} = F_{14} / A_{14}$$

ここで、


A_{14} : ハンガーローラ ローラ軸固定端の断面積

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{14c} = \sqrt{(\sigma_{14})^2 + 3 \cdot (\tau_{14})^2}$$

(3) 吊具ブラケット

a. 計算モデル

吊具の概形を図 5-15 に示す。吊具は扉に  箇所取り付けられている。吊具は複数の部品から構成されているが、評価上最も厳しくなると考えられる上部の吊具ブラケットを評価モデルに選定する。引張応力の評価断面を A ~ A 断面、せん断応力の評価断面を B ~ B 断面として、各応力を計算する。

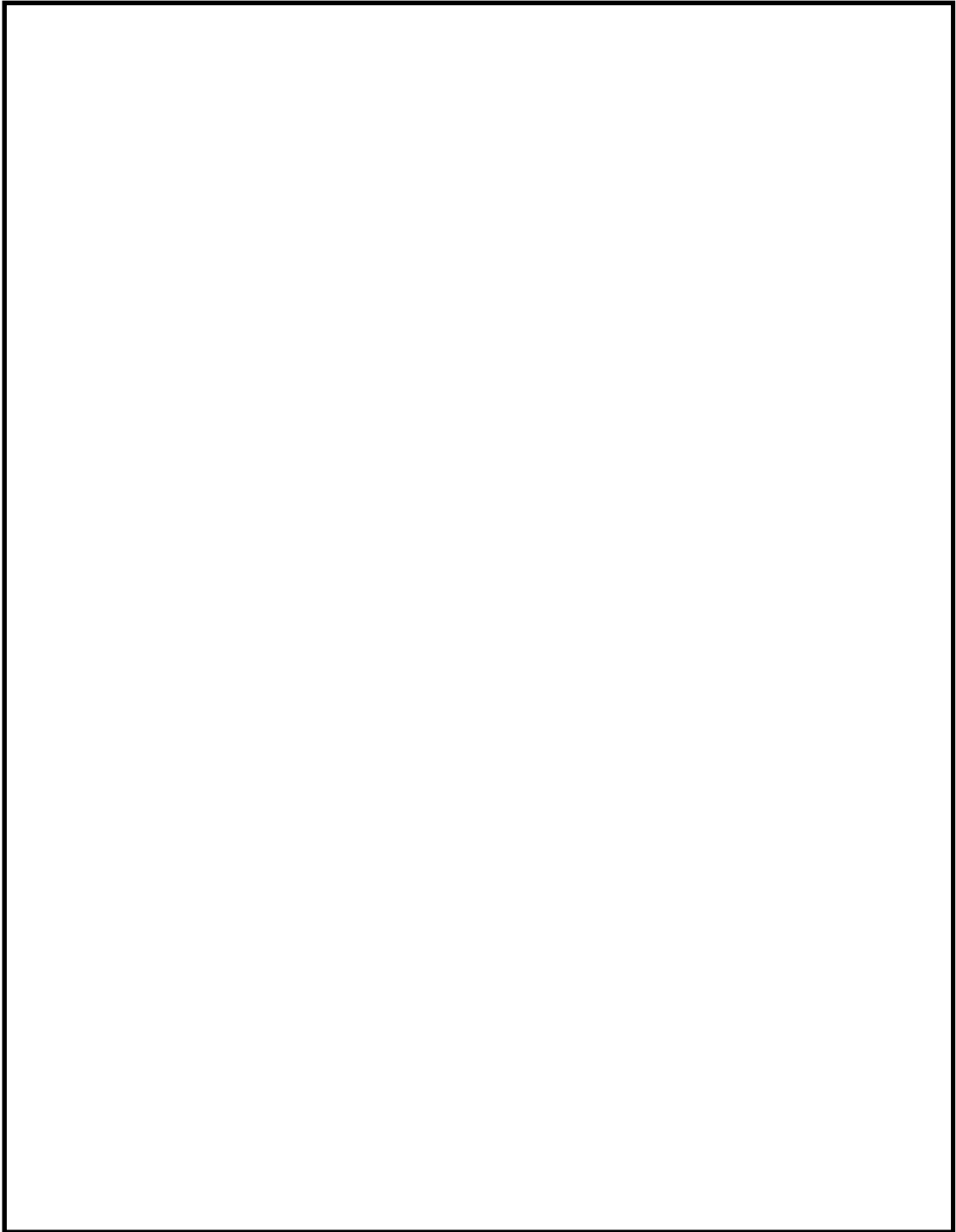


図 5-15 吊具ブラケット計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 自重及び鉛直方向設計震度による引張応力

自重及び鉛直方向設計震度により鉛直方向荷重が作用しており，次式により求める。

$$W_{15} = M_d \cdot g \cdot (1 + C_v) / (n_{15a} \cdot n_{15b})$$

ここで、

n_{15a} : 扉の鉛直方向支持点の数

n_{15b} : 吊具ブラケット 1 体当たりの支持点の数

M_d : 扉の質量

C_v : 閉止装置の鉛直方向の設計震度

自重及び鉛直方向設計震度により A ~ A 断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{15} = W_{15} / A_{15A}$$

ここで、

A_{15A} : A ~ A 断面の断面積

(b) せん断応力

イ. 自重及び鉛直方向設計震度によるせん断応力

自重及び鉛直方向設計震度により B ~ B 断面に作用するせん断力は次式により求める。

$$F_{15} = W_{15}$$

自重及び鉛直方向設計震度により B ~ B 断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{15} = F_{15} / A_{15B}$$

ここで、

A_{15B} : B ~ B 断面の断面積

5.3 評価結果

閉止装置の強度評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 扉及び支持部材に対する評価

扉及び支持部材に対する扉開状態での基準地震動 S_s による応力評価結果を表 5-4(1) に、扉閉状態での弾性設計用地震動 S_d による応力評価結果を表 5-4(2) に示す。また、支持部材のうち、扉固定の機能を維持する設計（塑性変形により門の挿入性を阻害しない設計）としている門ピン、門受板（扉側）及び門受板（枠側）に対する扉閉状態での基準地震動 S_s による応力評価結果を表 5-4(3) に示す。

(2) 駆動部に対する評価

駆動部に対する評価結果を表 5-5 に示す。

工認計算書においては、扉、各方向の支持部材及び駆動部の代表部位（評価上最も厳しい部位）についての評価結果を記載する

表 5-4(1) 扉及び支持部材応力評価結果（開状態 基準地震動 S_s）

評価対象設備	評価部位		応力分類	応力値 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*		
閉止装置	扉	外梁	引張り応力	120	205	1.71		
			せん断応力	5	118	23.60		
			組合せ応力	120	205	1.71		
		内梁	引張り応力	52	205	3.94		
			せん断応力	19	118	6.21		
			組合せ応力	61	205	3.36		
		面板	引張り応力	77	205	2.66		
			せん断応力	11	118	10.73		
			組合せ応力	90	205	2.28		
	支持部材	面外方向	ガイドレール	引張り応力	157	205	1.31	
				せん断応力	5	118	23.60	
				組合せ応力	158	205	1.30	
			ガイドローラピン	引張り応力	127	205	1.61	
				せん断応力	12	118	9.83	
				組合せ応力	129	205	1.59	
			側面プッシュローラピン	引張り応力	91	205	2.25	
				せん断応力	14	118	8.43	
				組合せ応力	94	205	2.18	
		側面プッシュローラブラケット	引張り応力	43	205	4.77		
			面内方向	門ピン	引張り応力	82	339	4.13
					せん断応力	9	195	21.67
		組合せ応力			84	339	4.04	
		門受板（扉側）	引張り応力	9	205	22.78		
			せん断応力	10	118	11.80		
			門受板（枠側）	引張り応力	6	205	34.17	
		せん断応力		9	118	13.11		
		鉛直方向		ハンガーレール	引張り応力	103	205	1.99
			せん断応力		5	118	23.60	
			組合せ応力		103	205	1.99	
			ハンガーローラ	引張り応力	41	205	5.00	
せん断応力	9			118	13.11			
組合せ応力	43			205	4.77			
吊具	引張り応力		19	205	10.79			
	せん断応力		19	118	6.21			

注記 * : 裕度 = (許容応力) / (応力値)

表 5-4(2) 扉及び支持部材応力評価結果 (閉状態 弾性設計用地震動 S_d)

評価対象設備	評価部位		No.	応力分類	応力値 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*1	
閉止装置	扉	外梁	1	引張応力	56	205	3.66	
				せん断応力	3	118	39.33	
				組合せ応力	57	205	3.60	
		内梁	2	引張応力	36	205	5.69	
				せん断応力	14	118	8.43	
				組合せ応力	43	205	4.77	
		面板	3	引張応力	63	205	3.25	
				せん断応力	9	118	13.11	
				組合せ応力	73	205	2.81	
	支持部材	鉛直方向	ハンガーレール	4	引張応力	67	205	3.05
					せん断応力	4	118	29.5
					組合せ応力	68	205	3.01
			ハンガーローラ	5	引張応力	27	205	7.59
					せん断応力	6	118	19.67
					組合せ応力	28	205	7.32
		吊り具ブラケット	6	引張応力	12	205	17.08	
				せん断応力	12	118	9.83	
				組合せ応力	12	118	9.83	
		面外方向	側面プッシュローラピン	9	引張応力	68	205	3.01
					せん断応力	10	118	11.80
					組合せ応力	70	205	2.93
			側面プッシュローラブラケット	10	引張応力	32	205	6.41
					せん断応力	90	205	2.28
					組合せ応力	92	205	2.23
上下面プッシュローラピン	11	引張応力	12	118	9.83			
		せん断応力	12	118	9.83			
		組合せ応力	92	205	2.23			
面内方向	テーパブロック	12	せん断応力	63	118	1.87		
			門ピン	13	引張応力	50	316	6.32
					せん断応力	5	182	36.40
	組合せ応力	51			316	6.20		
	門受板 (扉側)	14	引張応力	5	205	41.00		
			せん断応力	6	118	19.67		
門受板 (枠側)			15	引張応力	4	205	51.25	
	せん断応力	4		118	23.60			
	せん断応力	5		118	23.60			

注記 *1: 裕度 = (許容応力) / (応力値)

表 5-4(3) 扉及び支持部材応力評価結果（閉状態 基準地震動 S_s）

評価対象設備	評価部位		応力分類	応力値 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*	
閉止装置	支持部材	面内方向	門ピン	引張り応力	82	316	3.85
				せん断応力	9	182	20.22
				組合せ応力	84	316	3.76
			門受板（扉側）	引張り応力	9	205	22.78
				せん断応力	10	118	11.80
				門受板（枠側）	引張り応力	6	205
せん断応力	9	118	13.11				

注記 * : 裕度 = (許容応力) / (応力値)

表 5-5 駆動部評価結果

評価対象設備	評価部位		No.	荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	裕度*1	代表
閉止装置	駆動部	チェーン	16	□	□	1.00	○

注記 *1：裕度 = (許容荷重) / (荷重)

評価用震度と加振試験結果の関係について

1. 概要

本資料は、ブローアウトパネル閉止装置（以下「閉止装置」という。）の加振試験の結果のうち、ひずみデータからの荷重及び震度の算出、並びに架台の応答増幅の影響を除いた、閉止装置に基準地震動 S_s が作用した場合の扉の震度（支持部材を変形させる震度）の算出について示すものである。

2. 加振試験において確認された扉の加速度

閉止装置の加振試験において、扉の中央部で確認された加速度の最大値を表 1 に示す。加振試験における扉の加速度については、扉の支持構造（いわゆる“ガタ”）に起因する短時間のピークが生じることとなり、閉止装置の扉中央部の加速度においてもピークの加速度が確認されている。

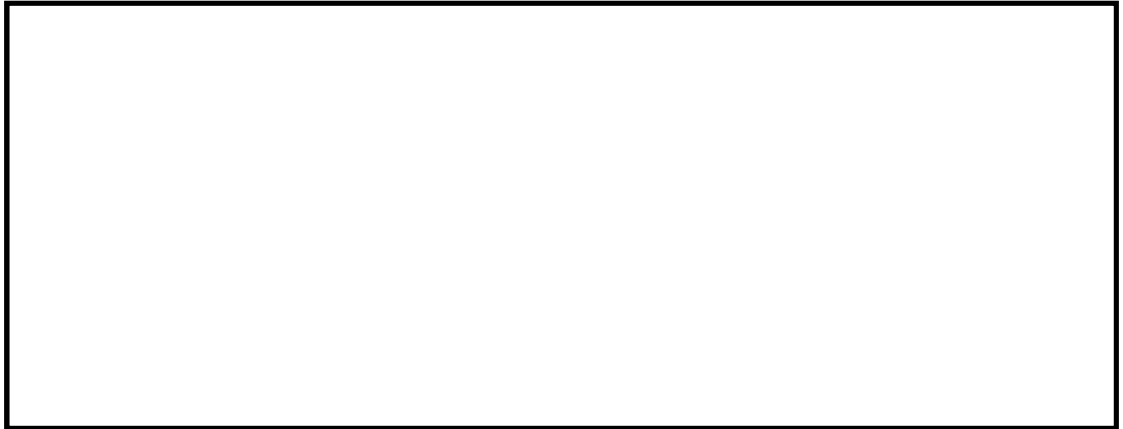
表 1 扉中央部の加速度（最大値） $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

		扉閉		扉開		
		1 回目 (7/25)	2 回目 (7/31)	1 回目 (7/24)	2 回目 (7/26)	3 回目 (7/31)
扉の加速度	面内方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	面外方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記 * : 加速度センサ故障のため、加速度データが取得できなかった。

注 : 扉の加速度は小数点以下第 3 位を切上げ。

このピークの加速度を用いて支持部材を変形させるための荷重を求めることは、過度の保守性を有することになることから、支持部材等の構造強度評価のために支持部材そのものの変形量であるひずみを測定している。



扉の加速度波形の例（扉閉 2 回目（7/31）の試験における面内方向加速度の計測結果）



扉閉 2 回目（7/31）の試験における面内方向加速度の計測結果（時間軸拡大図）



扉閉 2 回目（7/31）の試験における振動台の加速度の計測結果

注：扉閉 2 回目（7/31）の試験における面内方向加速度の最大値近傍の 57 秒～62 秒の時間軸を拡大した時間軸拡大図より、扉の面内方向の加速度は、“ガタ”のない振動台の加速度の波形と比べ、短時間のピークが確認できる。



扉閉 2 回目 (7/31) の試験における面内方向加速度の周波数分析結果



扉閉 2 回目 (7/31) の試験における振動台の加速度の周波数分析結果

注 : 扉閉 2 回目 (7/31) の試験における面内方向加速度の周波数分析結果 (フーリエスペクトル) は, “ガタ” のない振動台の加速度の周波数分析結果と比較して, 20 Hz 以上の周波数成分が大きくなっており, 短時間に大きなピークを持つ高周波数の加速度成分が含まれていたことが確認できる。



扉の加速度波形の例 (扉開 1 回目 (7/24) の試験における面外方向加速度の計測結果)

3. ひずみゲージ設置位置

扉の慣性力を算出するためのひずみゲージは、面内、面外及び鉛直方向について、扉全体の荷重伝達経路となる支持部材に設置する。また、チェーンの張力を算出するためのひずみゲージは、チェーン両端の支持部材に設置する。各ひずみゲージの設置位置について以下に示す。

(1) 面内方向

荷重伝達経路は、門□箇所である（開側及び閉側各□箇所）。

開状態及び閉状態の門各□箇所の荷重を測定するため、開側の門ブラケット□箇所及び閉側の門ブラケット□箇所にひずみゲージを設置する。

荷重伝達経路： 門□箇所	ひずみゲージ設置位置： 開側門□箇所 閉側門□箇所

(2) 面外方向

荷重伝達経路は、プッシュローラ及びガイドローラ計□箇所である（開側及び閉側各□箇所）。

ひずみゲージは開側側面プッシュローラブラケット□箇所及び閉側側面プッシュローラブラケット□箇所に設置する。扉慣性力の伝達は、荷重伝達経路□箇所のうち□箇所で代表されるものとする。

荷重伝達経路： プッシュローラ及びガイドローラ計□箇所	ひずみゲージ設置位置： 開側側面プッシュローラブラケット□箇所 閉側側面プッシュローラブラケット□箇所

(3) 鉛直方向

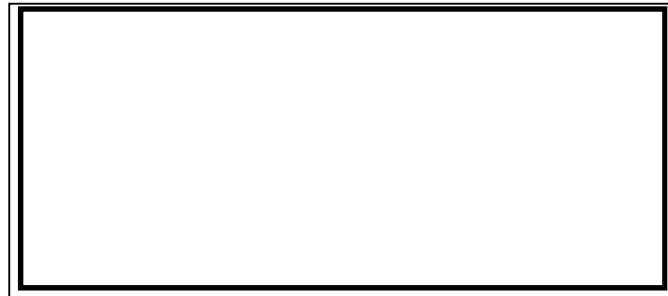
荷重伝達経路は、吊具□箇所である（開閉共通）。

吊具□箇所の荷重を測定するため、吊具のハンガーローラ□箇所にひずみゲージを設置する。

荷重伝達経路： 吊具□箇所	ひずみゲージ設置位置： 吊具□箇所

(4) チェーン張力

チェーンの張力を測定するため、チェーン両端のエンドボルト□箇所（開閉共通）にひずみゲージを設置する。



4. ひずみデータからの荷重算出

加振による扉からの荷重によって支持部材に発生する変形は、扉と支持部材が接触している時間により変化し、接触時間が長いほど支持部材の変形量が大きくなるため、加振中の扉と支持部材の接触や反発時の挙動によって支持部材に作用する荷重が異なると考えられる。また、加振試験では、試験体を設置している架台の応答増幅の影響により、架台の下部に対して上部の加速度が増加している。

このため、支持部材等の構造強度評価については、加振試験時に測定した支持部材そのものの変形量であるひずみデータを用いて荷重を算出するとともに、架台の応答増幅の影響を除いた相当震度（扉の慣性力）を求める。その手順を以下に示す。また、加振試験で得られたひずみからの震度算出フローを図1に示す。

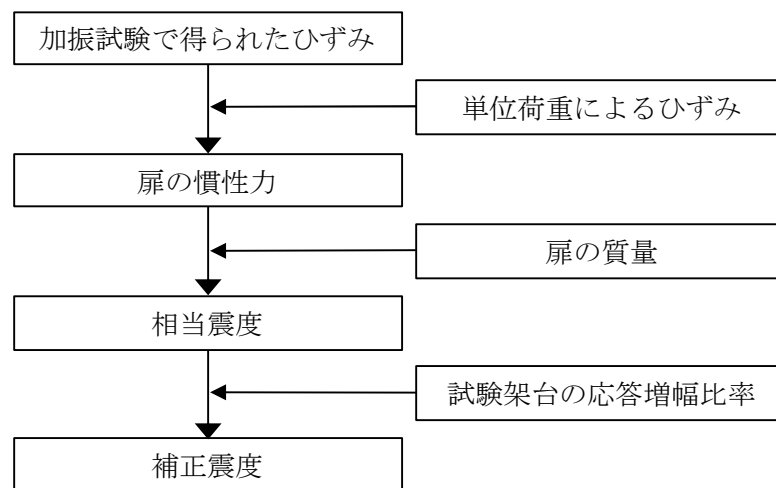


図1 ひずみからの震度算出フロー

(1) 複数支持部のひずみ最大値 (ϵ_{max})

複数の支持部材で荷重を受ける場合、各支持部材に発生する荷重の合計が全体の荷重になる。このため、ひずみデータを時間ごとに合計し、計測した部材全体で発生したひずみデータを作成する。作成したひずみデータから最大値を抽出し、計測点数で除して支持部材 1 箇所あたりに換算したひずみ最大値 (ϵ_{max}) を表 2 に示す。

また、加振試験で得られた各部材のひずみの測定結果を別紙 1 に示す。

表 2 加振試験で得られた各部材 1 箇所あたりのひずみ最大値 (ϵ_{max})

部材	ひずみ ($\mu\epsilon$)					備考
	扉閉		扉開			
	1 回目 (7/25)	2 回目 (7/31)	1 回目 (7/24)	2 回目 (7/26)	3 回目 (7/31)	
門ブラケット	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	面内方向
プッシュローラ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	面外方向
ハンガーローラ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	鉛直方向
エンドボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	チェーン用

(2) 単位荷重によるひずみ (ϵ_0)

各支持部材に単位荷重 (1 kN) が作用したときのひずみを表 3 に示す。

プッシュローラ、ハンガーローラ及びエンドボルトについては、梁モデルによりひずみを算出した。ひずみの算出方法を別紙 2 に示す。

門ブラケットについては、断面内の応力分布が複雑であるため、加振試験と同じ位置にひずみゲージを設置した門ブラケットの引張 (圧縮) 試験によりひずみを求めた。試験の概要及び結果を別紙 3 に示す。

表 3 単位荷重 (1 kN) による各支持部材の発生ひずみ (ϵ_0)

部材	単位荷重によるひずみ ($\mu\epsilon$)
門ブラケット	<input type="text"/>
プッシュローラ	<input type="text"/>
ハンガーローラ	<input type="text"/>
エンドボルト	<input type="text"/>

(3) 扉の相当震度

荷重は、各方向における支持点で均等に発生したとし、以下の式により扉の震度（及びチェーン張力）を求める。

$$W = \varepsilon_{\max} / \varepsilon_0 \times n$$

ここで、

- W : 扉の慣性力（及びチェーン張力）(kN)
- ε_{\max} : 支持部材 1 箇所当たりの発生ひずみ ($\mu\varepsilon$)
- ε_0 : 単位荷重による発生ひずみ ($\mu\varepsilon$)
- n : 各方向の支持点数

さらに、以下の式により扉の慣性力を震度に換算する。算出結果を表 4 に示す。

$$\alpha = W / (M \times g) = \varepsilon_{\max} / \varepsilon_0 \times n / (M \times g)$$

ここで、

- α : 相当震度 (G)
- M : 扉の質量 = (kg)
- g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s²)

表 4 扉の相当震度（最大値）及びチェーン張力

		扉閉		扉開		
		1 回目 (7/25)	2 回目 (7/31)	1 回目 (7/24)	2 回目 (7/26)	3 回目 (7/31)
扉の相当震度	面内方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	面外方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
チェーン張力 (kN)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注 : 扉の加速度は小数点以下第 3 位を切上げ。チェーン張力は小数点以下第 2 位を切上げ。

(4) 架台の応答増幅の影響を除いた補正震度

加振試験では試験体を設置している架台の応答増幅の影響により、架台の下部に対して上部の加速度が増加している。試験体は、この増加した加速度で加振されているため、その影響を除いた補正震度を求める。なお、架台加速度は面内及び面外方向は振動台加速度と架台上部加速度の平均値を用い、鉛直方向は扉が上部で支持されていることから、架台上部加速度を用いた。算出結果を表5に示す。

$$\alpha' = a_0 / a_1 \times \alpha$$

ここで、

α' : 補正震度 (G)

a_0 : 入力加速度 (m/s²)

a_1 : 架台加速度 (m/s²)

(a_0 / a_1 の比率は別紙4による)

表5 架台の応答増幅を除いた扉の補正震度 (最大値)

		扉閉		扉開		
		1回目 (7/25)	2回目 (7/31)	1回目 (7/24)	2回目 (7/26)	3回目 (7/31)
扉の補正震度	面内方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	面外方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注 : 小数点以下第3位を切上げ

5. 結果

加振試験時においては、架台による応答増幅が確認された。このため、測定した架台の加速度と支持部材のひずみデータを用いて、原子炉建屋外壁に取り付けた閉止装置に基準地震動 S_s による地震動が作用した場合の扉に作用する補正震度を求めた結果、扉の震度は最大で である。扉の補正震度は、**いずれの方向においても基準地震動 S_s の 倍以内であり**、閉止装置の耐震計算に用いる基準地震動 S_s における評価用震度を超えていない。扉の補正震度**及び基準地震動 S_s の震度との比較**を表6に、**補正震度と評価用震度(基準地震動 S_s) との比較**を表7に示す。

表 6 補正震度と基準地震動 S_s の震度との比較

部位		基準地震動 S_s * ¹ (A)	補正震度 (B)	(B) / (A)
扉	面内方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	面外方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記 *1: 基準地震動 S_s の震度は

表 7 補正震度と評価用震度 (基準地震動 S_s) との比較

部位		補正震度	評価用震度 (基準地震動 S_s)	備考
扉	面内方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	評価用震度は、 <input type="text"/> の <input type="text"/> の値
	面外方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	評価用震度は、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* ¹
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>	評価用震度は、 <input type="text"/> の <input type="text"/> の値

注記 *1: 加振試験結果から得られる減衰定数を用いた場合の震度との比較を別紙 5 に示す。

また、前記のとおり、架台による応答増幅が確認されていたものの、加振試験時に測定したエンドボルトのひずみデータを用いてチェーン張力を求めた結果、チェーン張力は、約 kN であり、基準地震動 S_s による地震動が作用した場合の扉の慣性力によるチェーン張力の最大値 (チェーン mm 変形時に作用する張力) を超えていない。チェーン張力と mm 変形時のチェーン張力との比較を表 8 に示す。

表 8 加振試験において確認されたチェーン張力と mm 変形時のチェーン張力との比較

部位	チェーン張力 (N)	<input type="text"/> mm 変形時のチェーン張力 (N)
チェーン	<input type="text"/>	<input type="text"/>

6. 別紙

- 別紙 1 加振試験で得られた各部材のひずみ
- 別紙 2 各支持部材に単位荷重 (1 kN) が作用したときのひずみ
- 別紙 3 門ブラケットに単位荷重 (1 kN) が作用したときのひずみ
- 別紙 4 架台の応答増幅の影響低減
- 別紙 5 加振試験結果から得られる減衰定数及び震度について

加振試験で得られた各部材のひずみ

本資料は、平成 30 年 7 月に実施した閉止装置加振試験のうち、扉閉 2 回分及び扉開 3 回分の計 5 ケースにおけるひずみデータを示すものである。

対象部材は、エンドボルト、プッシュローラ、ハンガーローラ及び門ブラケットであり、各試験ケースのひずみ波形データの最大値を表 1 に示す。なお、プッシュローラ及びハンガーローラは、試験ケースにより測定点数が異なるため、それぞれ測定した支持部材数を示す。

表 1 加振試験で得られた各部材のひずみ最大値

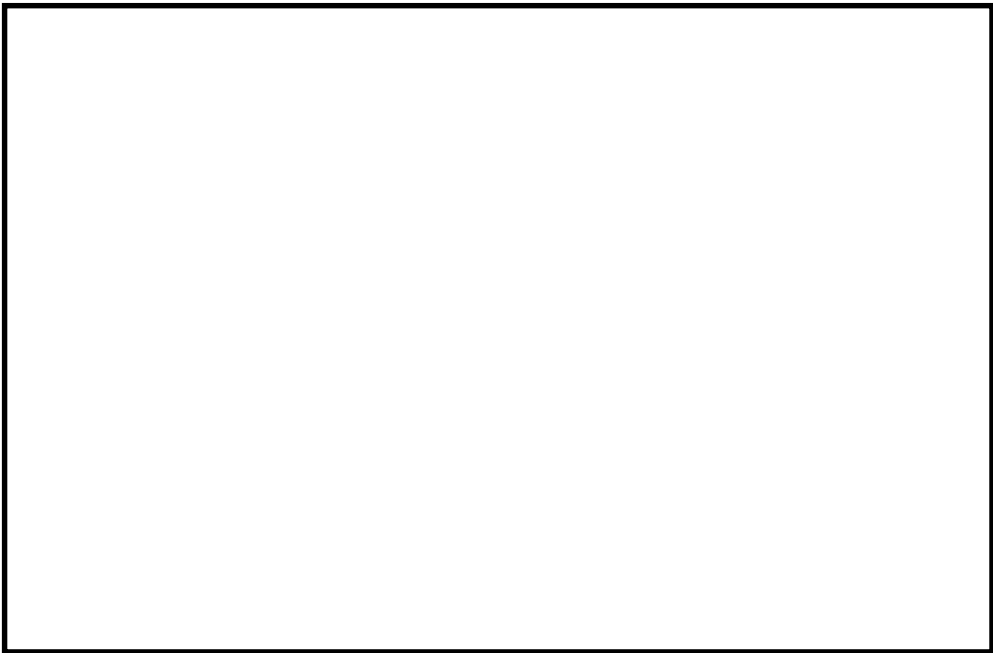
部材	ひずみ ($\mu\epsilon$)					備考
	扉閉		扉開			
	1 回目 (7/25)	2 回目 (7/31)	1 回目 (7/24)	2 回目 (7/26)	3 回目 (7/31)	
門ブラケット	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	面内方向
プッシュローラ	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	面外方向
ハンガーローラ	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	鉛直方向
エンドボルト	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	<input type="text"/> (体分)	チェーン用

各支持部材に単位荷重（1 kN）が作用したときのひずみ

本資料は、単位荷重（1 kN）作用時の各支持部材（プッシュローラ、ハンガーローラ、エンドボルト）に発生するひずみを算出するものである。

1. プッシュローラ

プッシュローラ1箇所（ブラケット 個）に単位荷重1 kNが作用したときのブラケット表面に発生するひずみを算出する。



(1) 断面特性：断面積A（mm²），断面係数Z（mm³）

$$A = t \times B \times \boxed{} = \boxed{} \times \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$Z = (t \times B^2 / \boxed{}) \times \boxed{} = (\boxed{} \times \boxed{} / \boxed{}) \times \boxed{} = \boxed{} \text{ (mm}^3\text{)}$$

(2) 荷重：引張力F₀（kN），曲げモーメントM₀（kN・mm）

$$F_0 = \boxed{} \text{ (kN)}$$

$$M_0 = F_0 \times L = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ (kN} \cdot \text{mm)}$$

(3) 単位荷重によるひずみ：ε₀（μ ε）

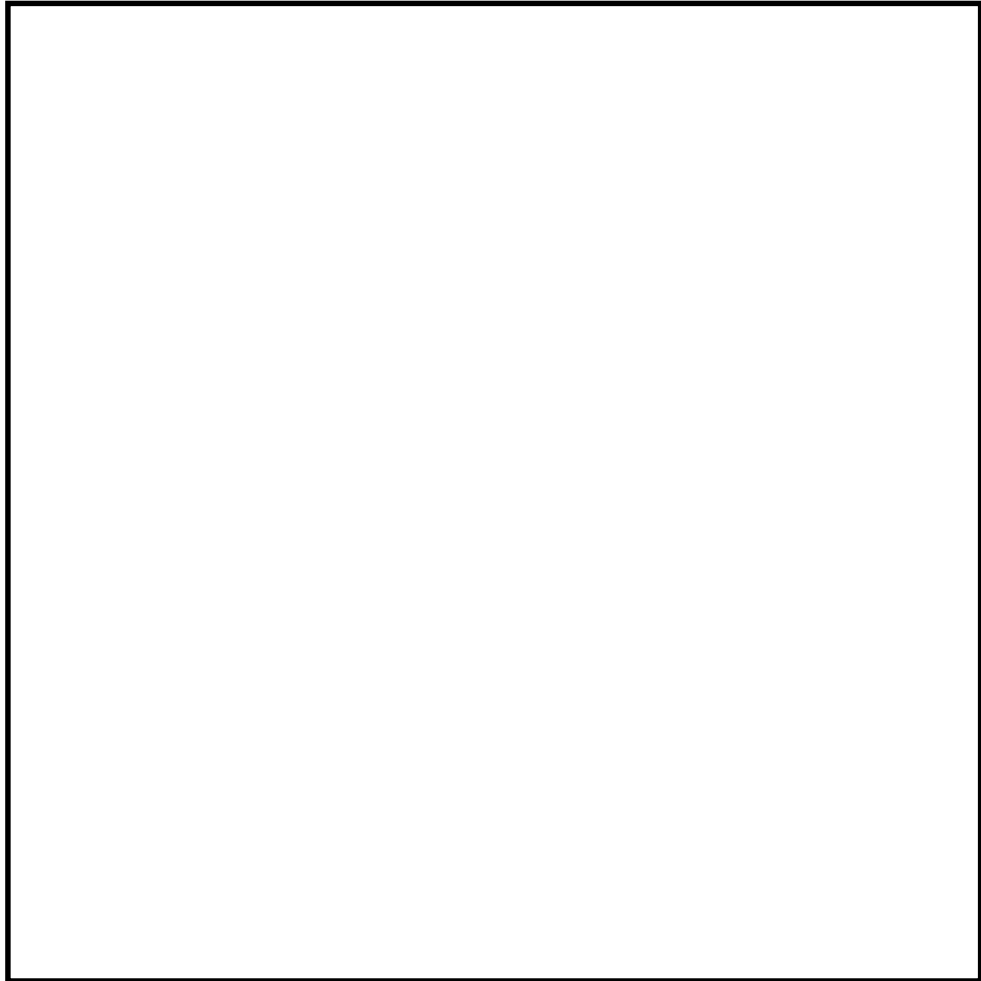
$$\epsilon_0 = (F_0 / A + M_0 / Z) / E \times 10^6 = (\boxed{} / \boxed{} + \boxed{} / \boxed{}) / \boxed{} \times 10^6$$

$$= \boxed{} \text{ (} \mu \epsilon \text{)} \quad \text{(有効数字4桁目を四捨五入)}$$

ここで、E：縦弾性係数（） = (MPa)

2. ハンガーローラ

ハンガーローラ1箇所単位荷重1 kNが作用したときの吊具リンク表面に発生するひずみを算出する。



(1) 断面特性：断面積A (mm²)

$$A = L \cdot (B - D) = \square \times (\square - \square) = \square \text{ (mm}^2\text{)}$$

(2) 荷重：引張力F₀ (kN)

$$F_0 = \square \text{ (kN)}$$

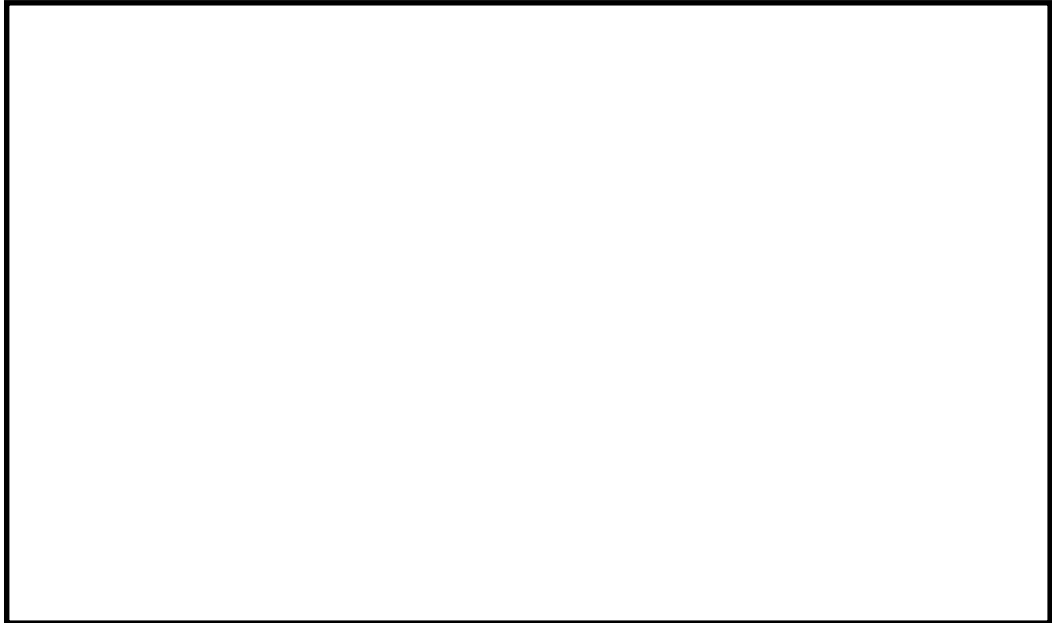
(3) 単位荷重によるひずみ：ε₀ (μ ε)

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 &= F_0 / A / E \times 10^6 = \square / \square / \square \times 10^6 \\ &= \square \text{ (} \mu \varepsilon \text{)} \quad (\text{有効数字4桁目を四捨五入}) \end{aligned}$$

$$\text{ここで、E：縦弾性係数 (} \square \text{)} = \square \text{ (MPa)}$$

3. エンドボルト

チェーンに単位荷重（張力）1 kNが作用したときのエンドボルト表面に発生するひずみを算出する。



(1) 断面特性：断面積A (mm²)

$$A = \pi / 4 \times D^2 = \pi / 4 \times \boxed{}^2 = \boxed{} \text{ (mm}^2\text{)}$$

(2) 荷重：引張力F₀ (kN)

$$F_0 = \boxed{} \text{ (kN)}$$

(3) 単位荷重によるひずみ：ε₀ (μ ε)

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 &= F_0 / A / E \times 10^6 = \boxed{} / \boxed{} / \boxed{} \times 10^6 \\ &= \boxed{} \text{ (} \mu \varepsilon \text{)} \quad \text{(有効数字4桁目を四捨五入)} \end{aligned}$$

ここで、E：縦弾性係数 ($\boxed{}$) = $\boxed{}$ (MPa)

門ブラケットに単位荷重（1 kN）が作用したときのひずみ

本資料は、単位荷重（1 kN）作用時の門ブラケットに発生するひずみを算出するものである。ひずみは、加振試験と同じ位置にひずみゲージを設置した門ブラケットに荷重を負荷し、直接ひずみを計測することにより算出する。

1. 門ブラケット構造及び加振試験でのひずみゲージ設置位置

門ブラケット構造及び加振試験でのひずみゲージ設置位置を図1に示す。

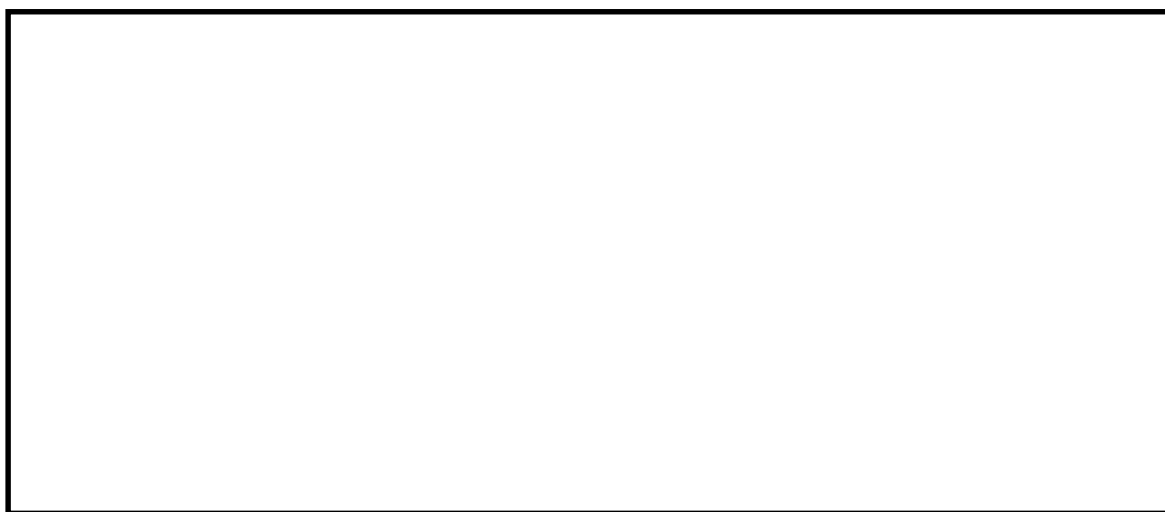


図1 門ブラケット構造及び加振試験でのひずみゲージ設置位置

2. ひずみ計測試験の概要

門ブラケット全[]体を対象として、門受板及び門ピンを介して疲労試験機で荷重を準静的に負荷したときのひずみを計測した。試験状況写真を図2に示す。ひずみゲージは、加振試験における門ブラケットのひずみゲージ設置位置と同じ位置に設置した。

荷重条件としては[]～[] kN（圧縮）を準静的に負荷し、これを3セット繰り返した。

3. 試験結果

試験で得られた最大荷重と最大ひずみ値（絶対値）を表1に示す。

表1 ひずみ計測試験結果

試験体	回数	最大荷重 (kN)	最大ひずみ ($\mu\varepsilon$)
扉開上側 門ブラケット	1回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	2回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	3回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
扉開下側 門ブラケット	1回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	2回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	3回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
扉閉上側 門ブラケット	1回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	2回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	3回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
扉閉下側 門ブラケット	1回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	2回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	3回目	<input type="text"/>	<input type="text"/>
平均		<input type="text"/>	<input type="text"/>

注 : 最大荷重, 最大ひずみとも絶対値で表示

4. 単位荷重 (1 kN) 作用時のひずみ値の算出

表1の試験結果の平均値より, 門ブラケットに単位荷重 (1 kN) が作用したときのひずみ値 (ε_0) を以下により求める。

$$\varepsilon_0 = \text{最大ひずみ} / \text{最大荷重} = \frac{\text{}{\text{}} = \text{} (\mu\varepsilon) \quad (\text{有効数字4桁目を四捨五入})$$

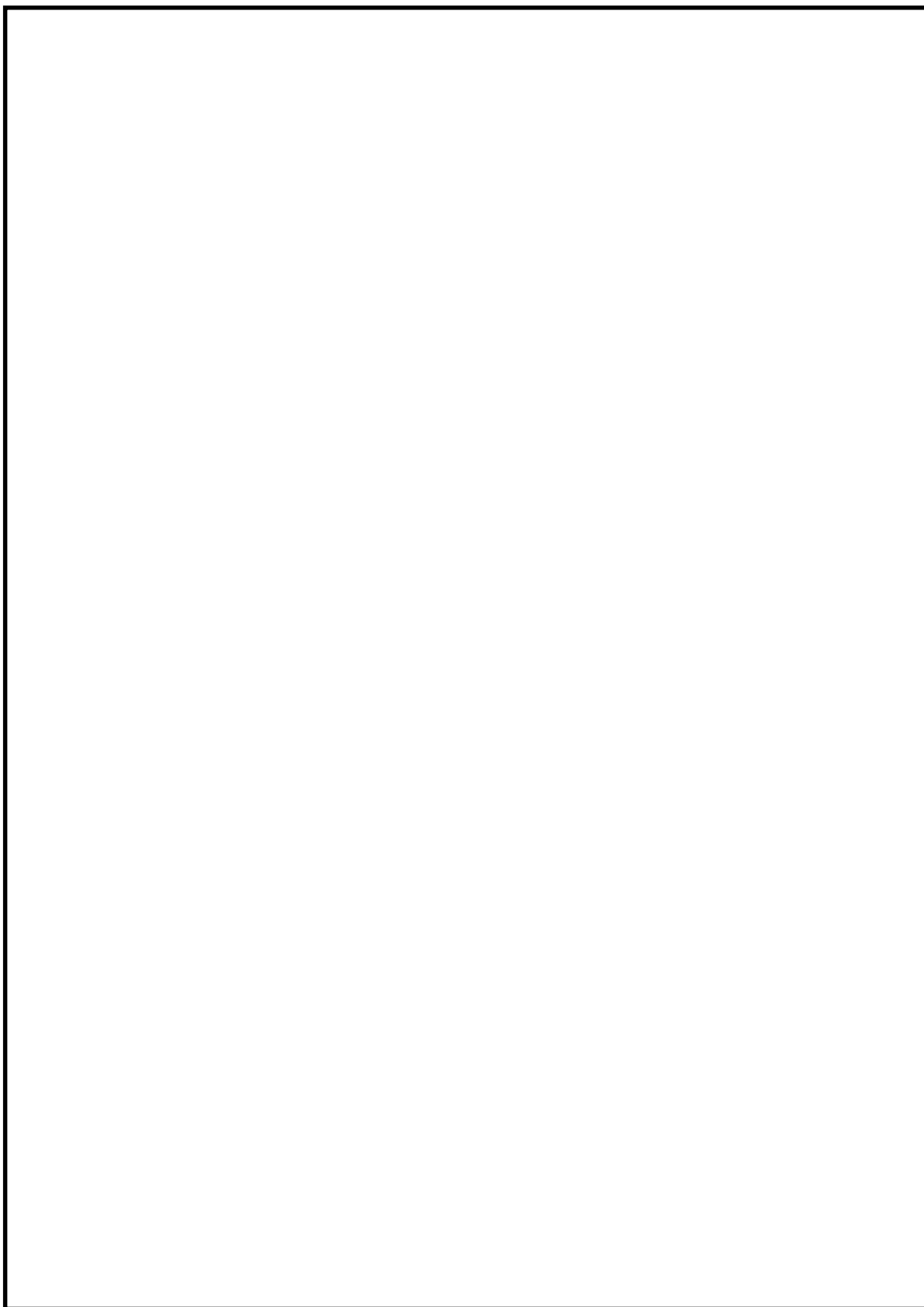


図2 門ブラケットのひずみ計測試験状況

架台の応答増幅の影響低減

本資料は、地震応答解析結果（) と加振試験結果の最大加速度の比率を算定したものである。

1. 比率の算定結果

地震応答解析結果の (EL. m と EL. m の平均) と加振試験結果 (計測点 A1 と A3, または A2 と A4 の平均) の最大加速度の比率算定結果を表 1 に示す。

表1 地震応答解析結果 () と加振試験結果の比率算定結果 (面外, 面内方向: EL. ~ m 平均値, 鉛直向: EL. m)

方向	*1 a ₀ [×9.8 m/s ²] ①	計器番号	加振試験結果 a ₁ [×9.8 m/s ²]*2					比率 a ₀ /a ₁ *4				
			扉閉		扉開			扉閉		扉開		
			1回目 (7/25)	2回目 (7/31)	1回目 (7/24)	2回目 (7/26)	3回目 (7/31)	①/②	①/③	①/④	①/⑤	①/⑥
			②	③	④	⑤	⑥					
X 方向 (面外方向)	()	A1	()	()	-	-	-	()	()	()	()	()
		A2	-	-	()	()	()					
		A3	()	()	-	-	-					
		A4	-	-	()	()	()					
		平均値*3	()	()	()	()	()					
Y 方向 (面内方向)	()	A1	()	()	-	-	-	()	()	()	()	()
		A2	-	-	()	()	()					
		A3	()	()	-	-	-					
		A4	-	-	()	()	()					
		平均値*3	()	()	()	()	()					
Z 方向 (鉛直方向)	()	A3*3	()	()	-	-	-	()	()	()	()	()
		A4*3	-	-	()	()	()					

注記 *1: 面外及び面内方向は, 扉設置位置の上下にある質点の地震応答解析結果を使い, 内挿で求めた EL. m と EL. m の震度の平均値を記載。鉛直方向は, 扉上端位置 (EL. m) の上下にある質点の地震応答解析結果を使い, 内挿で求めた EL. m の震度を記載。加振試験条件に合わせ, () とする。

内挿計算の桁処理は, 小数点3桁目を切り上げし, その後, 平均値を算出。

*2: 扉閉の場合には計測点 A1 及び A3, 扉開の場合には計測点 A2 及び A4 の加速度計測結果を示す。小数点3桁目を切り上げ。

*3: X 及び Y 方向については, 扉に対する上部及び下部からの加速度入力の寄与が同じと考え, 上部と下部 (A1 と A3, または A2 と A4) の平均値を比率算定に使用。Z 方向については, 扉が吊るされている上部からの加速度入力に支配的と考え, 上部 (A3 または A4) の値を比率算定に使用。

*4: 小数点4桁目を四捨五入

加振試験結果から得られる減衰定数及び震度について

1. 概要

本資料は、加振試験結果から得られる減衰定数を用いた場合の震度を算出し、添付書類「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」において用いる水平方向設計震度との比較を行うものである。

2. 加振試験結果から得られる減衰定数及び震度

扉閉条件における面外方向の加振試験結果から得られる伝達関数と、固有振動数、減衰定数の仮定により得られる伝達関数との比較から減衰定数を求める曲線適合により減衰定数を算出した結果、%であった。(図 2 参照)

減衰定数を%とした場合の原子炉建屋 (EL. m) の水平方向の床応答スペクトルは図 1 に示すとおりであり、扉の固有周期秒 (工認計算条件) における震度はとなる。

工認計算条件の減衰定数%における水平方向設計震度はであることから、加振試験結果から得られる減衰定数%における水平方向震度との比率は約 (= /) となる。

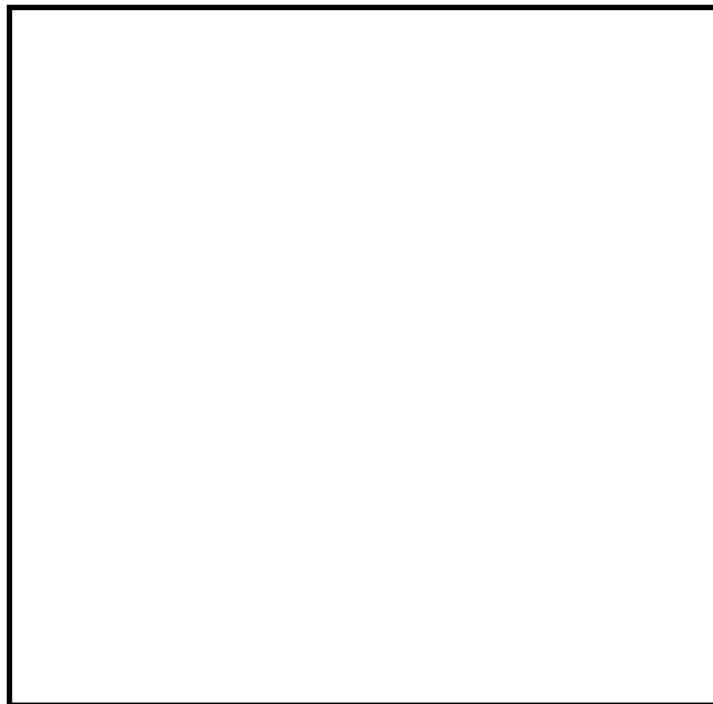
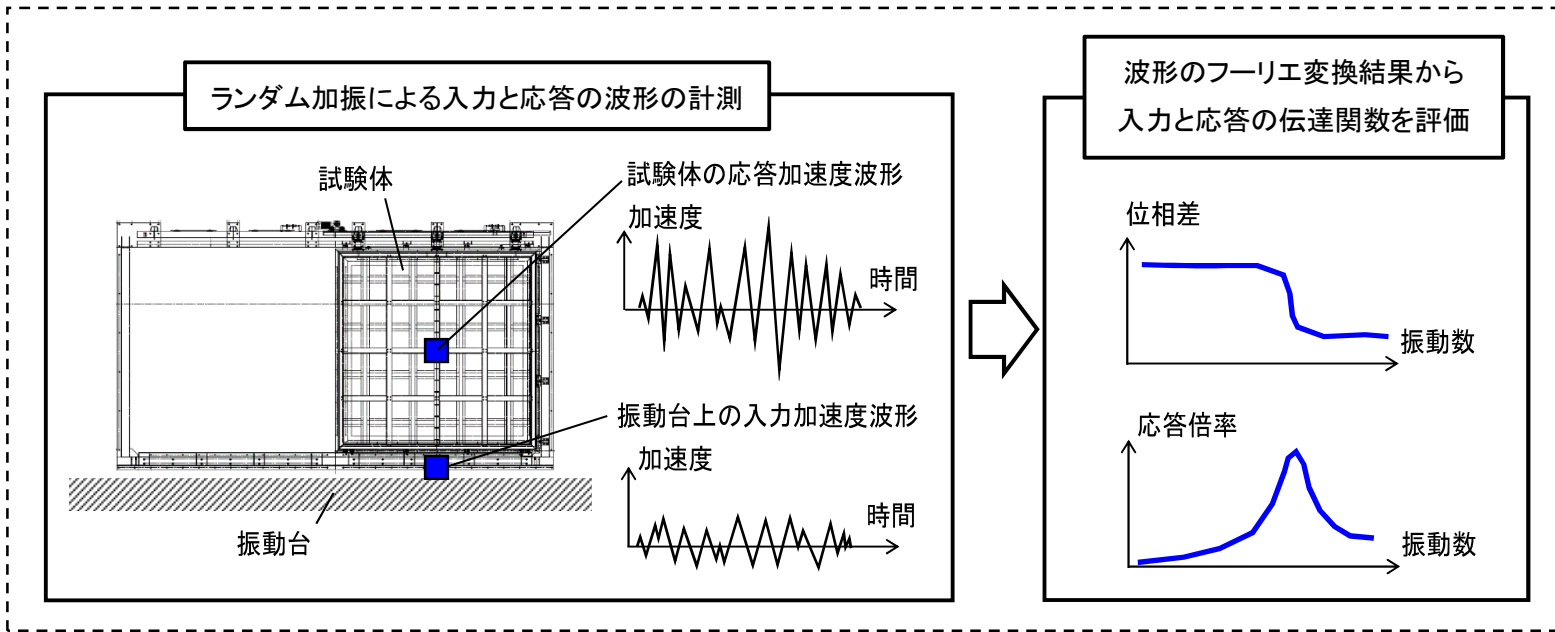


図 1 原子炉建屋 (EL. m) の水平方向の床応答スペクトル

加振試験結果(伝達関数の評価)



曲線適合による固有振動数、減衰定数の算出

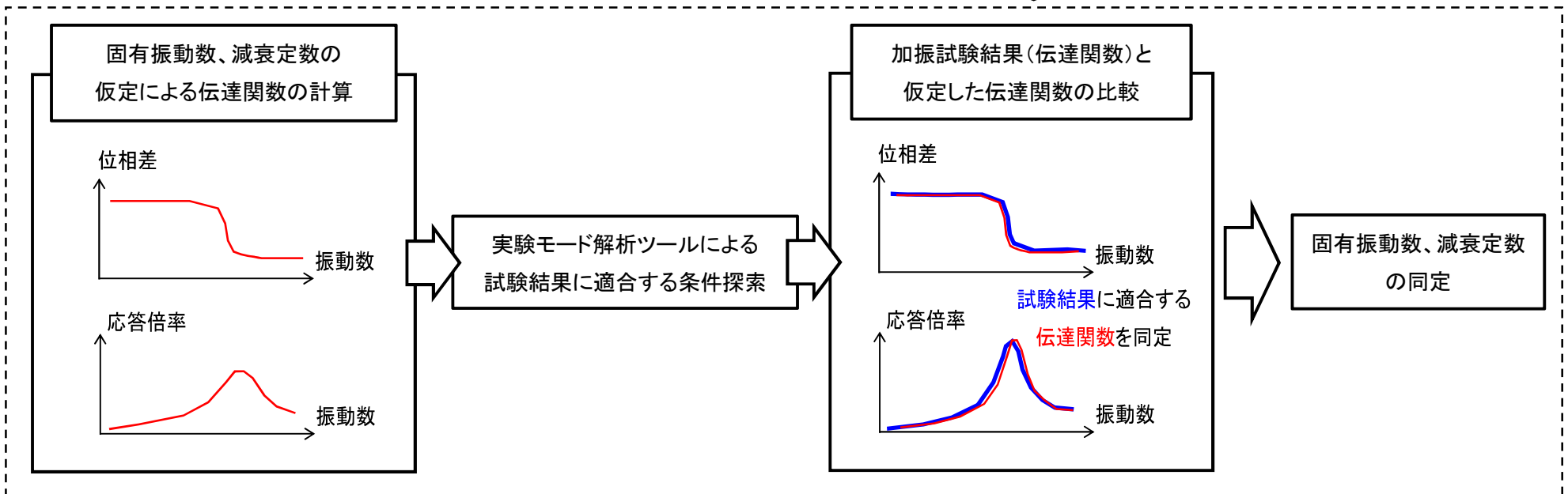


図2 曲線適合による減衰定数算出の流れ

ブローアウトパネル閉止装置の応力計算

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。その構造強度評価は応力評価により行う。

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を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画


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
 - ・テーパーブロック
- (4) 面内方向支持部材
 - ・門
- (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。

閉止装置に作用する力のうち、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門により、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	
<p>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。</p>	<p>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）及び門から構成される。</p>	

2.2 評価方針

閉止装置の応力評価は、「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、「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応力が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」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「5. 評価結果」に示す。

閉止装置の構造強度評価フローを図2-1に示す。

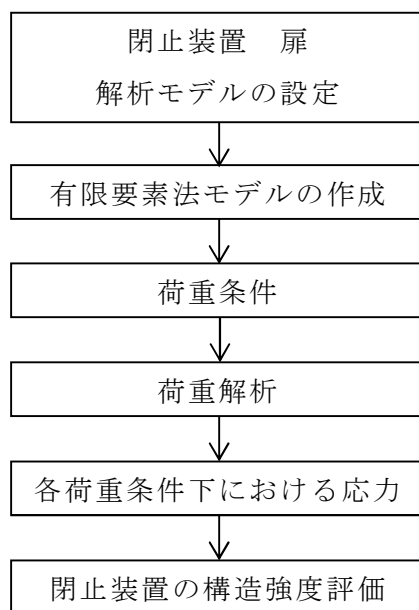


図 2-1 閉止装置の構造強度評価フロー

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 J E A G 4 6 0 1 -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 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 (日本電気協会)
- (3) 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)
- (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。)) J S M E S N C 1 -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_o	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	—
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に定める値	MPa
F_{x_o}	扉外梁に作用する軸力	N
F_{y_o}	扉外梁に作用するせん断力 (y 方向)	N
F_{z_o}	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_t	許容引張応力 (f_t を1.5倍した値)	MPa
M	扉の質量	kg
M_{x_o}	扉外梁に作用するねじりモーメント	N・mm
M_{y_o}	扉外梁に作用する y 軸周り曲げモーメント	N・mm
M_{z_o}	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
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
$S_y (RT)$	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
Z_{x_o}	扉外梁のねじり断面係数	mm^3
Z_{y_o}	扉外梁の y 軸周り断面係数	mm^3
Z_{z_o}	扉外梁の z 軸周り断面係数	mm^3
ν	ポアソン比	—
σ_{c_o}	扉外梁に生じる組合せ応力	MPa
σ_{t_o}	扉外梁に生じる引張応力	MPa
σ_{x_o}	扉外梁に生じる引張応力 (x 方向)	MPa
σ_{y_o}	扉外梁に生じる引張応力 (y 方向)	MPa
σ_{z_o}	扉外梁に生じる引張応力 (z 方向)	MPa

記号	記号の説明	単位
τ_o	扉外梁に生じるせん断応力	MPa
τ_{x_o}	扉外梁に生じるせん断応力（x方向）	MPa
τ_{y_o}	扉外梁に生じるせん断応力（y方向）	MPa
τ_{z_o}	扉外梁に生じるせん断応力（z方向）	MPa

注：記号右端添字に_oが付くものは、扉外梁評価用を代表で示したものであり、扉内梁評価用については_iに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扉外梁を、扉内梁評価用については扉内梁に置き換えるものとする。

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2-2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
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，整数値までの値とする。

3. 評価部位

閉止装置の構造強度評価は、主要構造物である扉について実施する。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

扉の解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器諸元を表4-1に示す。

- (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を適用する。
- (2) 扉は吊具，門，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) 解析コードは，「MSC NASTRAN」を使用し，荷重を求める。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，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) 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，外梁3辺（扉開状態）又は4辺（扉閉状態）を図4-1における面外方向に拘束するものとする。
- (5) 質量は，扉を構成する部材の質量を考慮する。
- (6) 構造強度計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

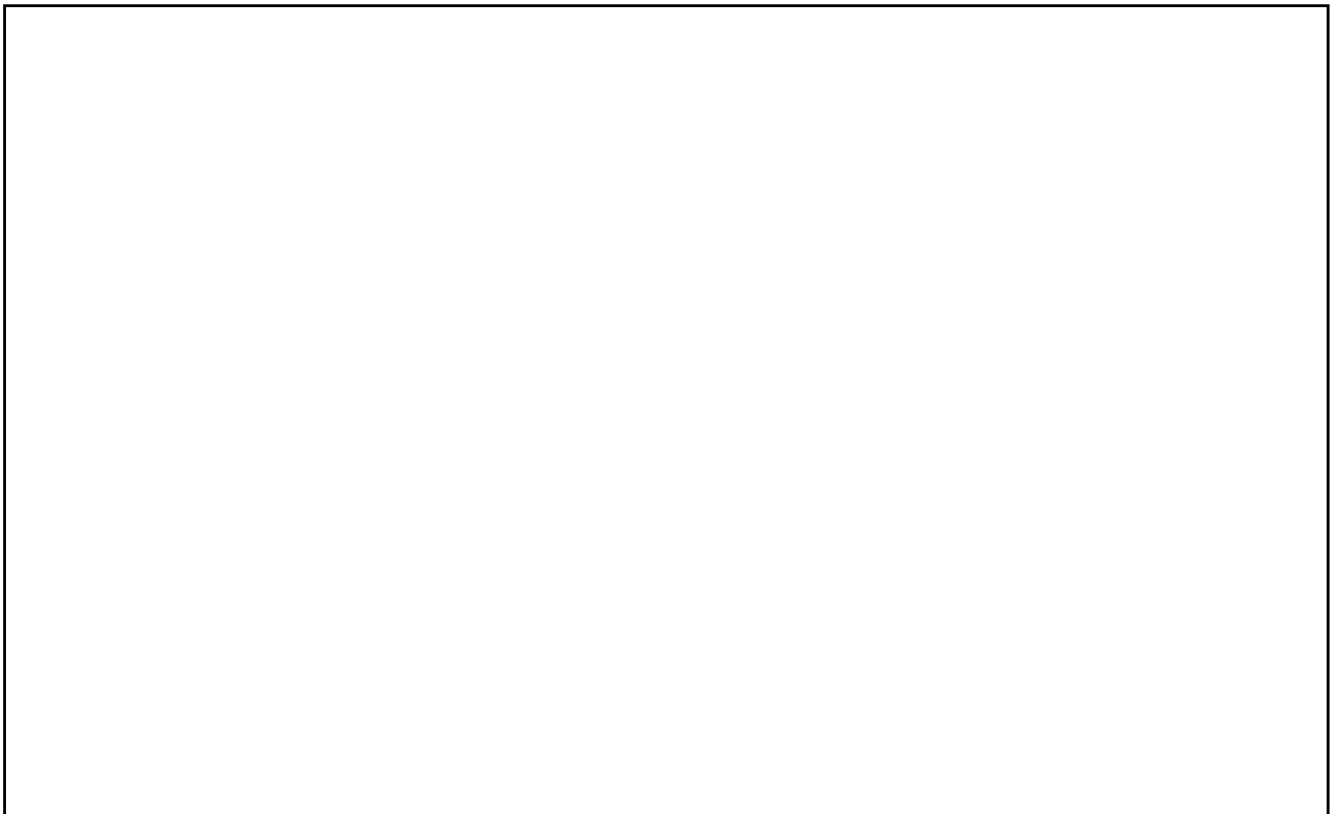


図 4-1 解析モデル

表 4-1 機器諸元

項目	記号	単位	入力値	
材質	—	—	<input type="text"/>	
質量	M	kg	<input type="text"/>	
圧力条件	扉開状態	—	—	
	扉閉状態	—	Pa (ゲージ圧) <input type="text"/>	
風圧力	W	Pa	<input type="text"/>	
温度条件	扉開状態	T	°C	<input type="text"/>
	扉閉状態			<input type="text"/>
縦弾性係数	扉開状態	E	MPa	<input type="text"/>
	扉閉状態			<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	<input type="text"/>	
要素数	—	個	<input type="text"/>	
節点数	—	個	<input type="text"/>	

注記 * : 風圧力は次式により求める。

$$W = q \cdot C_f \cdot \dots \dots \dots (4.1.1)$$

ここで,

q : 平均速度圧 (Pa)

C_f : ピーク風力係数 (—)

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4-2に示す。

4.2.2 許容応力

閉止装置の許容応力を表4-3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4-4に示す。

表 4-2 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 + M	I _A 及びII _A
					D + P _{SAD} + M _{SAD}	V _A (V _A としてIV _A 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。

表 4-3 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*		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
I _A 及びII _A	f _t	f _s	f _t
V _A (V _A としてIV _A の許容限界を用いる。)	1.5 · f _t [*]	1.5 · f _s [*]	1.5 · f _t [*]

注記 *：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 4-4 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度（扉開状態）	<input type="text"/>			
扉	<input type="text"/>	周囲環境温度（扉開状態）	<input type="text"/>	198	504	205
		周囲環境温度（扉閉状態）	<input type="text"/>	171	441	205

4.3 計算方法

4.3.1 扉開状態の応力計算方法

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」を用いて求め、応力を図4-2を用いて計算する。負担力は、並進力 F_{x_o} 、 F_{y_o} 、 F_{z_o} 、モーメント力 M_{x_o} 、 M_{y_o} 、 M_{z_o} 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。

$$\sigma_{x_o} = \frac{F_{x_o}}{A_o}, \quad \sigma_{y_o} = \frac{M_{y_o}}{Z_{y_o}}, \quad \sigma_{z_o} = \frac{M_{z_o}}{Z_{z_o}} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.3.1.1)$$

$$\tau_{x_o} = \frac{M_{x_o}}{Z_{x_o}}, \quad \tau_{y_o} = \frac{F_{y_o}}{A_o}, \quad \tau_{z_o} = \frac{F_{z_o}}{A_o} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.3.1.2)$$

(2) 引張応力

引張応力は次式となる。

$$\sigma_{t_o} = \sigma_{x_o} + \sigma_{y_o} + \sigma_{z_o} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.3.1.3)$$

(3) せん断応力

せん断応力は次式となる。

$$\tau_o = \left. \begin{array}{l} \sqrt{(\tau_{x_o} + \tau_{y_o})^2 + \tau_{z_o}^2} \\ \sqrt{\tau_{y_o}^2 + (\tau_{x_o} + \tau_{z_o})^2} \end{array} \right\} \text{大きい方} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.3.1.4)$$

(4) 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_{c_o} = \sqrt{\sigma_{t_o}^2 + 3 \cdot \tau_o^2} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.3.1.5)$$

4.3.2 扉閉状態の応力計算方法

扉内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 NAS TRAN」を用いて求め、応力を図4-2を用いて計算する。負担力は、並進力 $F_{x i}$, $F_{y i}$, $F_{z i}$, モーメント力 $M_{x i}$, $M_{y i}$, $M_{z i}$ 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。

$$\sigma_{x i} = \frac{F_{x i}}{A_i}, \quad \sigma_{y i} = \frac{M_{y i}}{Z_{y i}}, \quad \sigma_{z i} = \frac{M_{z i}}{Z_{z i}} \dots \dots \dots (4.3.2.1)$$

$$\tau_{x i} = \frac{M_{x i}}{Z_{x i}}, \quad \tau_{y i} = \frac{F_{y i}}{A_i}, \quad \tau_{z i} = \frac{F_{z i}}{A_i} \dots \dots \dots (4.3.2.2)$$

(2) 引張応力

引張応力は次式となる。

$$\sigma_{t i} = \sigma_{x i} + \sigma_{y i} + \sigma_{z i} \dots \dots \dots (4.3.2.3)$$

(3) せん断応力

せん断応力は次式となる。

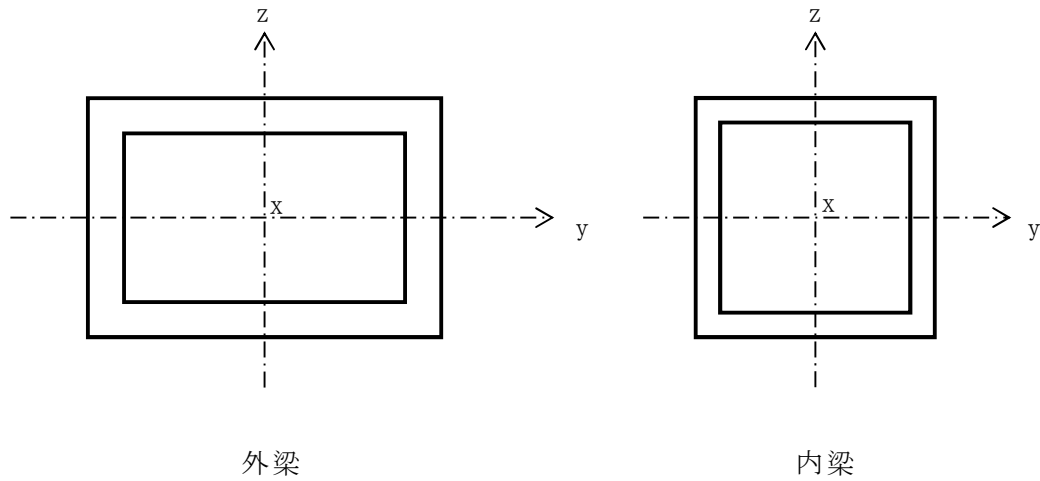
$$\tau_i = \left. \begin{array}{l} \sqrt{(\tau_{x i} + \tau_{y i})^2 + \tau_{z i}^2} \\ \sqrt{\tau_{y i}^2 + (\tau_{x i} + \tau_{z i})^2} \end{array} \right\} \text{大きい方} \dots \dots \dots (4.3.2.4)$$

(4) 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_{c i} = \sqrt{\sigma_{t i}^2 + 3 \cdot \tau_i^2} \dots \dots \dots (4.3.2.5)$$

扉開状態における最大応力発生部位を図4-1の (a) , 扉閉状態における最大応力発生部位を図4-1の (b) 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 4-2 扉の部材断面

4.4 計算条件

強度計算に用いる自重（扉）、圧力及び風圧力は、本計算書の【閉止装置の構造強度計算結果】の計算条件及び機器要目に示す。

4.5 応力の評価

4.3節で求めた扉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4-5による。

表 4-5 扉の許容応力

	許容応力状態Ⅰ _A 及びⅡ _A における評価の場合	許容応力状態Ⅴ _A における評価の場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容組合せ応力 f_t	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5. 評価結果

5.1 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時の状態を考慮した場合の構造強度評価結果を示す。発生値は許容限界を満足しており、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。

【閉止装置の構造強度についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 機器要目

M (kg)	扉開状態				扉閉状態			
	A _o (mm ²)	Z _{x o} (mm ³)	Z _{y o} (mm ³)	Z _{z o} (mm ³)	A _i (mm ²)	Z _{x i} (mm ³)	Z _{y i} (mm ³)	Z _{z i} (mm ³)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

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)	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 計算数値

部 材	扉に作用する力						扉に作用するモーメント					
	扉開状態			扉閉状態			扉開状態			扉閉状態		
	F_{x_o} (N)	F_{y_o} (N)	F_{z_o} (N)	F_{x_i} (N)	F_{y_i} (N)	F_{z_i} (N)	M_{x_o} (N・mm)	M_{y_o} (N・mm)	M_{z_o} (N・mm)	M_{x_i} (N・mm)	M_{y_i} (N・mm)	M_{z_i} (N・mm)
扉	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

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 結論

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	扉開状態		扉閉状態	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
扉		引張り	$\sigma_{t o} = 36$	$f_t = 136$	$\sigma_{t i} = 22$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_o = 2$	$f_s = 78$	$\tau_i = 2$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{c o} = 37$	$f_t = 136$	$\sigma_{c i} = 23$	$f_t = 205$

注 :すべて許容応力以下である。