

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-923 改2
提出年月日	平成30年8月28日

V-2-9-3-2 原子炉建屋大物搬入口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	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	10
4.3 固有値解析結果	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	17
5.5 計算条件	26
5.6 応力の評価	26
6. 評価結果	27
6.1 設計基準対処設備としての評価結果	27
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	27

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の設計方針に基づき、原子炉建屋原子炉棟の区画を形成する原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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。

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）は、原子炉建屋原子炉棟として扱うため、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処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

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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>原子炉建屋大物搬入口（内側扉）は原子炉建屋原子炉棟の躯体に設置されている。</p> <p>扉体本体は、扉上部固定部及び扉下部固定部により原子炉棟躯体に固定されている。</p>	<p>扉体本体（鋼板枠構造）</p>	<p>The diagram illustrates the structural plan of the door. It shows a cross-section of the door body (inner door) which is a steel plate frame structure. The door is supported by an upper fixed part and a lower fixed part, which are attached to the reactor building structure (原子炉棟躯体). The diagram also shows the door's movement mechanism, including rollers and cables. A section line A-A is indicated, and a detailed view of the upper and lower fixed parts is shown on the right side of the diagram.</p>

2.2 評価方針

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す原子炉建屋大物搬入口の内側扉の部位を踏まえ「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が「5. 構造強度評価」にて算出する応力等が許容限界内に収まることを確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

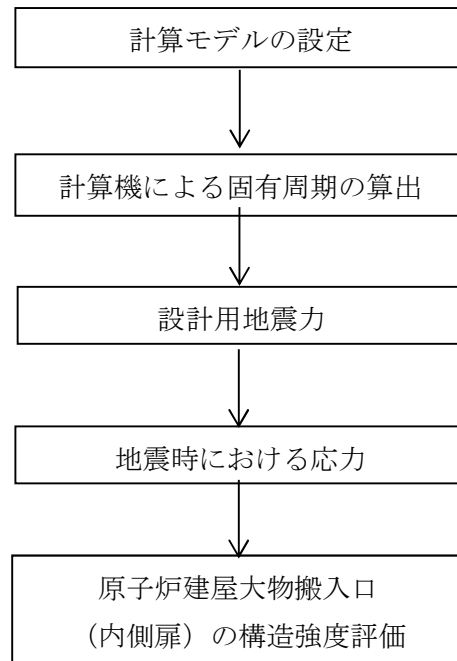


図 2-1 原子炉建屋大物搬入口（内側扉）の耐震評価フロー

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・補一 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
A ₆	押し込みローラ部ローラピン断面積	mm ²
A ₇	テーパブロック評価位置の断面積	mm ²
A ₉	ガイドレール付テーパシュ取付ボルトの断面積	mm ²
A ₁₀	扉付テーパシュ取付ボルトの断面積	mm ²
B ₅	ローラ幅	mm ³
B ₇	テーパブロック評価位置の奥行	mm
C _H	水平震度	—
C _V	鉛直震度	—
D ₅	ローラ直径	mm
E	ヤング率	N/m ²
F ₅	水平方向と鉛直方向の慣性力の合力	N
F _{H5}	接触箇所1箇所辺りが負担する水平面外方向の慣性力	N
F _{H9}	接触箇所1箇所辺りが負担する水平面内方向の慣性力	N
F _{V5}	接触箇所1箇所辺りが負担する鉛直方向の慣性力	N
f _b	曲げ応力	MPa
f _c	圧縮応力	MPa
f _p	支圧応力	MPa
f _s	せん断応力	MPa
f _t	引張応力	MPa
H ₇	テーパブロック高さ	mm
L ₁	対象区画のフェースプレート短辺方向長さ	mm
L ₂	対象区画のフェースプレート長辺方向長さ	mm
L ₃	扉フレーム梁の荷重分担幅	mm
L ₄	扉フレーム梁長さ	mm
L ₅	中央合せめ梁の荷重分担幅	mm
L ₆	中央合せめ梁の長さ	mm
L ₇	両端合せめ梁の荷重分担幅	mm
L ₈	両端合せめ梁の長さ	mm
L _X	フェースプレート全体の幅	mm
L _Y	フェースプレート全体の高さ	mm
M ₁	対象区画のフェースプレート端部の発生曲げモーメント	N・mm
M ₂	扉フレーム梁端部の発生曲げモーメント	N・mm
M ₃	中央合せめ梁端部の発生曲げモーメント	N・mm
M ₄	両端合せめ梁端部の発生曲げモーメント	N・mm
M ₆	押し込みローラ部ローラピン評価位置の発生曲げモーメント	N・mm
M ₇	テーパブロックに発生する曲げモーメント	N・mm

記号	記号の説明	単位
N_5	水平面外及び鉛直方向の扉体とレール周辺部材の接触箇所	—
n_9	ガイドレール付テーパシユ1箇所のボルト本数	本
n_{10}	扉付テーパシユ1箇所のボルト本数	本
p_1	扉体の地震時増分荷重をフェースプレート全面で均一受けると考えた場合の分布荷重	MPa
p_5	ベアリングに作用する分布荷重	—
Q_{H10}	扉付テーパシユ取付ボルト1本が負担する水平面内方向の慣性力	N
Q_{V10}	扉付テーパシユ取付ボルト1本が負担する鉛直方向の慣性力	N
R_6	押し込みローラ部ローラピン径	mm
R_9	ガイドレール付テーパシユ取付ボルトの呼径(M12)	mm
R_{10}	扉付テーパシユ取付ボルトの呼径(M16)	mm
S_d	弾性設計用地震動により定まる地震力	N
S_s	基準地震動により定まる地震力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
t_1	フェースプレート板厚	mm
W	扉体重量	N
W_7	テーパブロック評価位置の幅	mm
w_2	扉フレーム梁が分担する線分布荷重	N/mm
w_3	中央合せめ梁が分担する線分布荷重	N/mm
w_4	両端合せめ梁が分担する線分布荷重	N/mm
Z_1	フェースプレート断面係数	mm ³
Z_2	扉フレーム梁断面係数	mm ³
Z_3	中央合せめ梁断面係数	mm ³
Z_4	両端合せめ梁断面係数	mm ³
Z_6	押し込みローラ部ローラピン断面係数	mm ³
Z_7	テーパブロック評価位置の断面係数	mm ³
σ_6	押し込みローラ部ローラピンの発生相当応力	MPa
σ_7	テーパブロックの発生相当応力	MPa
σ_{b1}	フェースプレートの曲げモーメントによる引張応力	MPa
σ_{b2}	扉フレーム梁の曲げモーメントによる引張応力	MPa
σ_{b3}	中央合せめ梁の曲げモーメントによる引張応力	MPa
σ_{b4}	両端合せめ梁の曲げモーメントによる引張応力	MPa
σ_{b6}	押し込みローラ部ローラピンの曲げモーメントによる引張応力	MPa
σ_{b7}	テーパブロックの曲げモーメントによる引張応力	MPa
σ_{p5}	ローラの圧縮(支圧)応力	MPa

記号	記号の説明	単位
τ_6	押し込みローラ部ローラピンの発生せん断応力	MPa
τ_7	テーパブロックの発生せん断応力	MPa
τ_9	ガイドレール付テーパシユ取付ボルトの発生せん断応力	MPa
τ_{10}	扉付テーパシユ取付ボルトの発生せん断応力	MPa
ν	ポアソン比	—
ρ	密度	t/mm ³

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	°C	—	—	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

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）の耐震評価は、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扉体本体、扉上部固定部及び扉下部固定部について実施する。原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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 固有値解析方法

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 解析モデルは、各部材を表 4-1 に示す要素を用いてモデル化する。また、固有値解析に用いた解析モデルを図 4-1 に示す。
- (2) モデル化は基本部材の軸心位置で行うものとする。
- (3) 解析コードは「MSC N a s t r a n」を使用し、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M S C N a s t r a n」に示す。

表 4-1 使用要素

部 位	使用要素	使用材料	使用部材 [mm]
フェースプレート	シェル要素		
扉フレーム梁	シェル要素		
中央合せめ梁	シェル要素		
両端合せめ梁	シェル要素		
ブレース	梁要素		

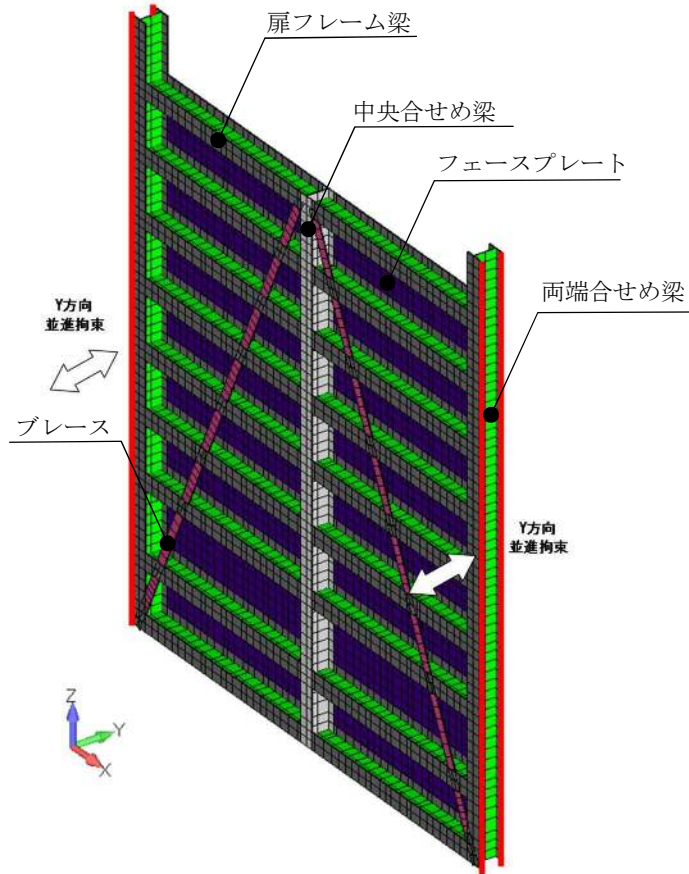


図 4-1 固有値算出解析モデル図

4.2 解析モデル及び諸元

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）の固有値算出に用いた解析モデルの諸元を表 4-2 に示す。

表4-2 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
密度	ρ	t/mm ³	
固定荷重	W	N	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-3 に示す。固有値解析結果より面外方向に対して剛であることを確認した。

表 4-3 固有値解析結果

次数	卓越方向	固有周期 (秒)
1次	面外方向1次	

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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大物搬入口（内側扉）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) 原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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。

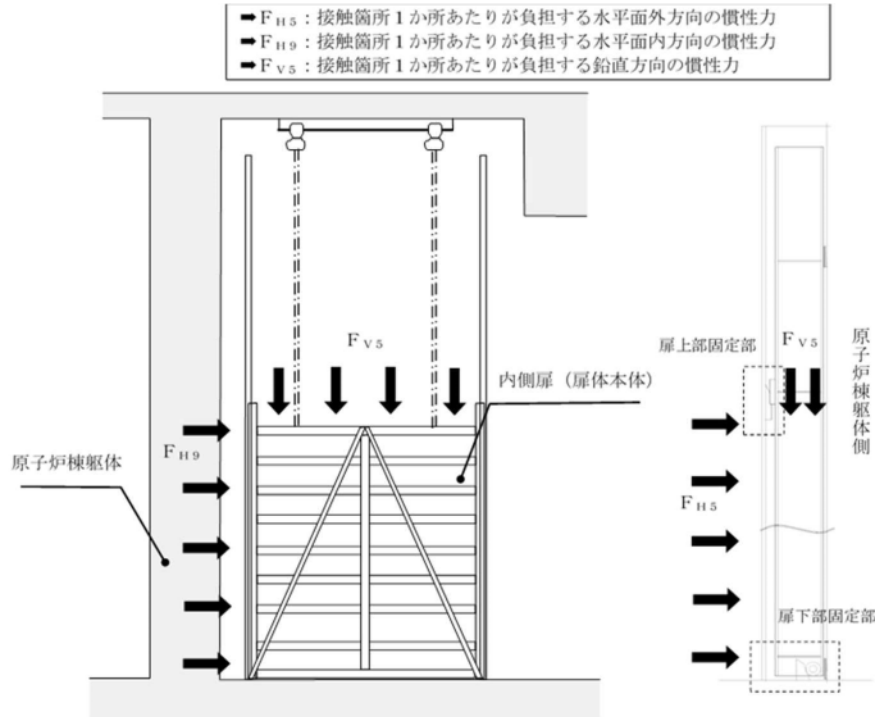


図5-1 原子炉建屋大物搬入口（内側扉）の地震荷重の作用イメージ図

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

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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、重大事故等対処設備に用いるものを表5-2に示す。

5.2.2 許容応力

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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、重大事故等対処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	原子炉建屋大物搬入口 (内側扉)	S	-*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
	原子炉棟				$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：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。

表5-2 荷重の組合せ及び許容限界（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	許容限界
原子炉格納施設	原子炉建屋 原子炉棟	原子炉建屋大物搬入口 (内側扉)	常設耐震／防止 常設／緩和	-*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	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)
	一次応力			一次応力
	曲げ	支圧	相当	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 f_b$	$1.5 f_p$	$1.5 f_t$	$1.5 f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 f_b^*$	$1.5 f_p^*$	$1.5 f_t^*$	$1.5 f_s^*$
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)	
扉体本体	フェースプレート	[Redacted]	周囲環境温度	[Redacted]	—	241	394	—
	扉フレーム梁		周囲環境温度		—	241	394	—
	中央合せめ梁		周囲環境温度		—	241	394	—
	両端合せめ梁		周囲環境温度		—	241	394	—
扉下部	押し込みローラ		周囲環境温度		—	241	394	—
	押し込みローラピン		周囲環境温度		—	241	394	—
	テーパブロック		周囲環境温度		—	241	394	—
扉上部	ガイドレール付き テーパシユ取付ボルト		周囲環境温度		—	241	394	—
	扉付き テーパシユ取付ボルト		周囲環境温度		—	241	394	—

注記 * : 新 J I S における SS400 相当

表5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材		材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	
扉体本体	フェースプレート	[Redacted]	周囲環境温度	[Redacted]	—	221	373	—
	扉フレーム梁		周囲環境温度		—	221	373	—
	中央合せめ梁		周囲環境温度		—	221	373	—
	両端合せめ梁		周囲環境温度		—	221	373	—
扉下部	押し込みローラ		周囲環境温度		—	221	373	—
	押し込みローラピン		周囲環境温度		—	221	373	—
	テーパブロック		周囲環境温度		—	221	373	—
扉上部	ガイドレール付き テーパシュ取付ボルト		周囲環境温度		—	221	373	—
	扉付き テーパシュ取付ボルト	周囲環境温度	—	221	373	—		

注記 * : 新 J I S における SS400 相当

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 EL21.0m* ¹		—	$C_H=0.47$	$C_V=0.36$	$C_H=0.89$	$C_V=0.67$

注記*1：基準床レベルを示す。

表5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

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 EL21.0m* ¹		—	—	—	$C_H=0.70$	$C_V=0.54$

注記*1：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 扉体本体の計算方法

5.4.1.1 フェースプレートの計算方法

フェースプレートは、対象区画に均一な分布荷重が作用する周辺固定スラブと考え、発生応力を算出する。

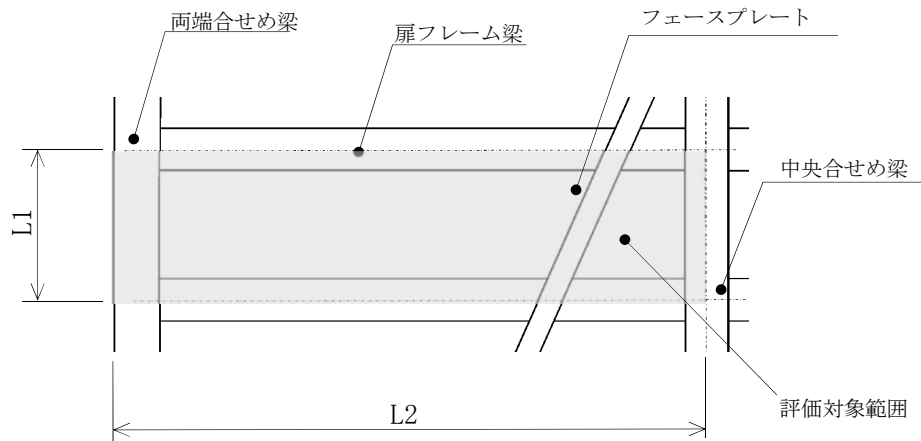


図 5-1 フェースプレート計算方法概要

フェースプレート範囲に作用する水平面外方向の扉体本体慣性力による分布荷重は下式で算出する。

$$p_1 = \frac{W \cdot C_H}{L_X \cdot L_Y}$$

短辺方向固定端部に生じる、単位幅辺りの最大曲げモーメントは下式で算出する。

$$M_1 = \frac{p_1 \cdot L_1^2}{12}$$

フェースプレートの曲げ応力は下式で算出する。

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

使用する単位幅辺りの断面性能は下式で算出する。

$$Z_1 = \frac{t_1^2}{6}$$

5.4.1.2 扉フレーム梁の計算方法

扉フレーム梁は、梁1本辺りの分担荷重が単純梁に作用すると考え、発生応力を算出する。

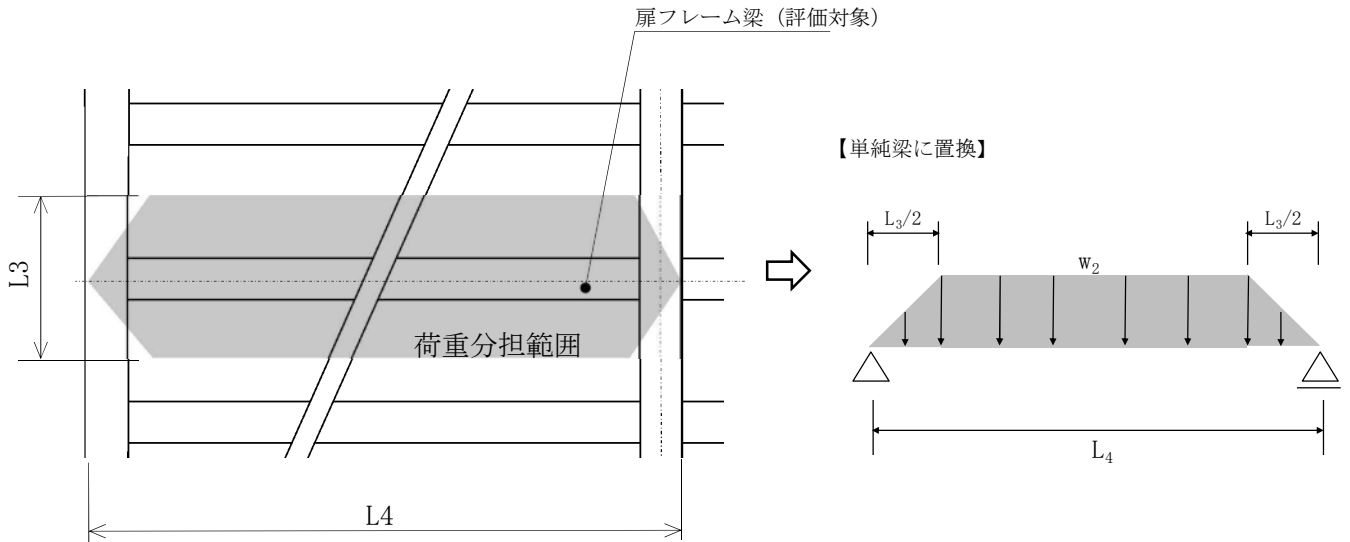


図5-2 扉フレーム梁の計算方法概要

扉フレーム梁に作用する分布荷重は下式で算出する。

$$w_2 = p_1 \cdot L_3$$

扉フレーム梁に生じる最大曲げモーメントは下式で算出する。

$$M_2 = \frac{\{3L_4^2 - 4(L_3/2)^2\}}{24} \cdot w_2$$

扉フレーム梁の曲げ応力は下式で算出する。

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

使用する断面係数は【JIS G 3192 : 2014】を参照する。

5.4.1.3 中央合せめ梁の計算方法

中央合せめ梁は、梁1本辺りの分担荷重が単純梁に作用すると考え、発生応力を算出する。

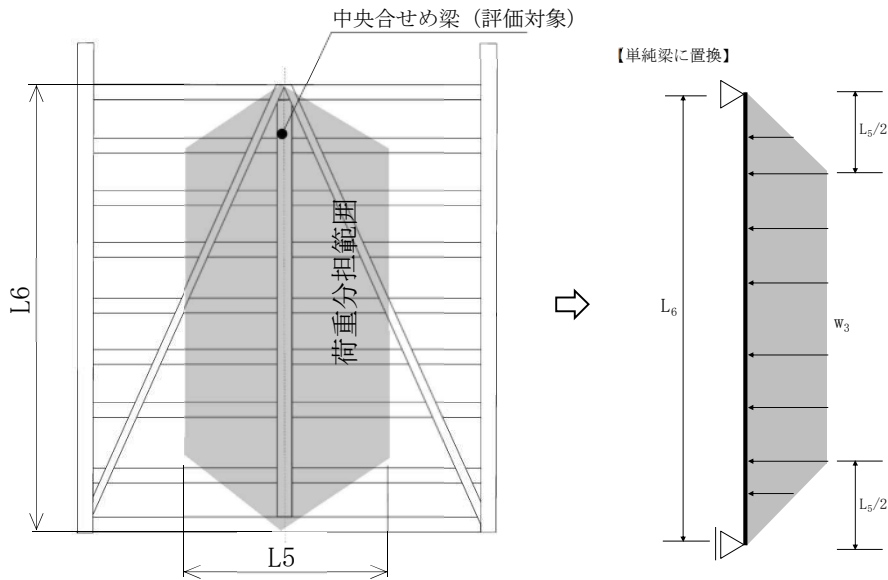


図 5-3 中央合せめ梁の計算方法概要

中央合せめ梁に作用する分布荷重は下式で算出する。

$$w_3 = p_1 \cdot L_5$$

中央合せめ梁に生じる最大曲げモーメントは下式で算出する。

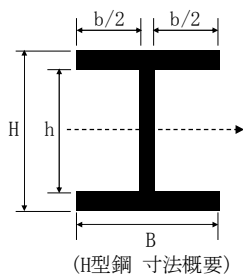
$$M_3 = \frac{\{3L_6^2 - 4(L_5/2)^2\}}{24} \cdot w_3$$

中央合せめ梁の曲げ応力は下式で算出する。

$$\sigma_{b3} = \frac{M_3}{Z_3}$$

ただし、使用断面は C - 250×90×9×13 を 2 つ背中合わせとした断面形状とし、断面係数は下式で算出する。

$$Z_3 = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$$



5.4.1.4 両端合せめ梁の計算方法

両端合せめ梁は、梁1本辺りの分担荷重が単純梁に作用すると考え、発生応力を算出する。

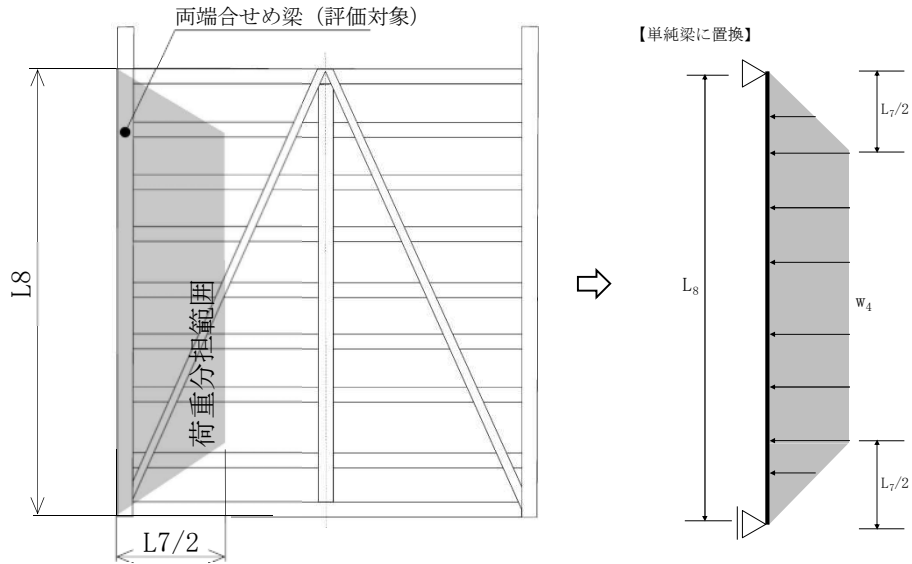


図5-4 両端合せめ梁の計算方法概要

両端合せめ梁に作用する分布荷重は下式で算出する。

$$w_4 = p_1 \cdot \frac{L_7}{2}$$

両端合せめ梁に生じる最大曲げモーメントは下式で算出する。

$$M_4 = \frac{\{3L_8^2 - 4(L_7/2)^2\}}{24} \cdot w_4$$

両端合せめ梁の曲げ応力は下式で算出する。

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

使用する断面係数は【JIS G 3192 : 2014】を参照する。

5.4.2 扉下部の計算方法

5.4.2.1 扉下部押し込みローラ部の計算方法

押し込みローラは水平面外方向と鉛直方向の慣性力が作用すると考え、テーパブロックとの接触により生じる支圧応力を算出する。

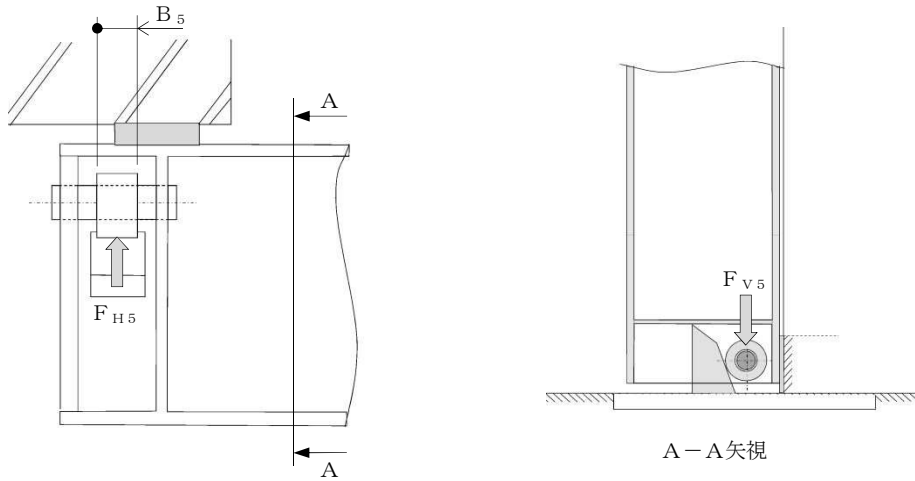


図 5-5 押し込みローラ部の計算方法概要

接触箇所 1 箇所辺りが負担する水平面外方向の慣性力は下式で算出する。

$$F_{H5} = C_H \cdot W \cdot \frac{1}{N_5}$$

接触箇所 1 箇所辺りが負担する鉛直方向の慣性力は下式で算出する。

$$F_{V5} = (1 + C_V) \cdot W \cdot \frac{1}{N_5}$$

接触箇所 1 箇所辺りが負担する F_{H5} 、 F_{V5} の合力は下式で算出する。

$$F_5 = \sqrt{F_{H5}^2 + F_{V5}^2}$$

Hertz 理論に基づく、ローラの圧縮(支圧)応力は下式で算出する。

$$\sigma_{p5} = 0.798 \sqrt{\frac{p_5}{2D_5 \cdot \frac{1-\nu^2}{E}}}$$

ただし、ローラに作用する分布荷重は下式で算出する。

$$p_5 = \frac{F_5}{B_5}$$

5.4.2.2 扉下部押し込みローラ部ローラピンの計算方法

ローラピンは水平面外方向と鉛直方向の慣性力が作用すると考え、相当応力を算出する。

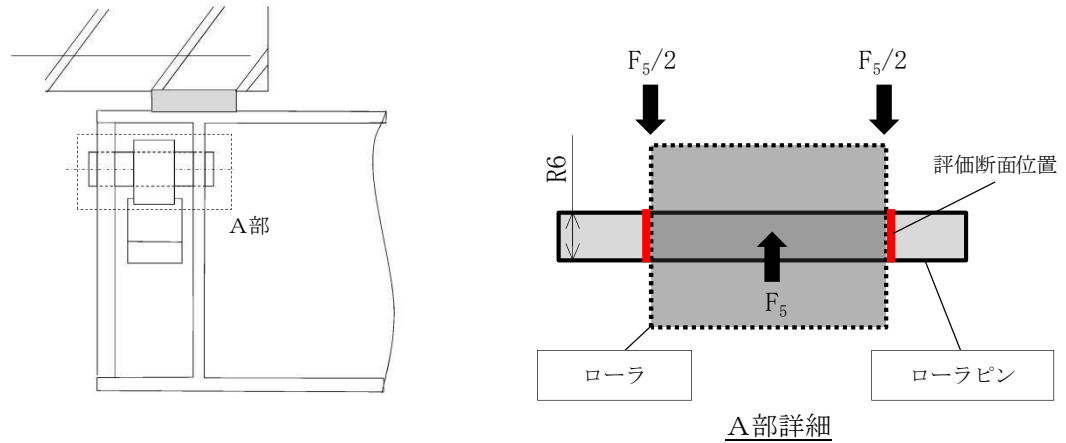


図 5-6 押し込みローラ部ローラピンの計算方法概要

ローラピンの断面性能に関する諸元は下式で算出する。

$$A_6 = \left(\frac{R_6}{2}\right)^2 \cdot \pi$$

$$Z_6 = \frac{\pi \cdot R_6^3}{32}$$

ローラピンの断面評価位置に生じる曲げモーメントは下式で算出する。

$$M_6 = \frac{F_5 \cdot B_5}{8}$$

ローラピンの断面評価位置の発生せん断応力は下式で算出する。

$$\tau_6 = \frac{F_5}{2A_6}$$

ローラピンの断面評価位置の発生曲げ応力は下式で算出する。

$$\sigma_{b6} = \frac{M_6}{Z_6}$$

ローラピンの断面評価位置の相当応力は下式で算出する。

$$\sigma_6 = \sqrt{\sigma_{b6}^2 + 3\tau_6^2}$$

5.4.2.3 扉下部テーパブロックの計算方法

テーパブロックは水平面外方向の慣性力が作用すると考え、相当応力を算出する。

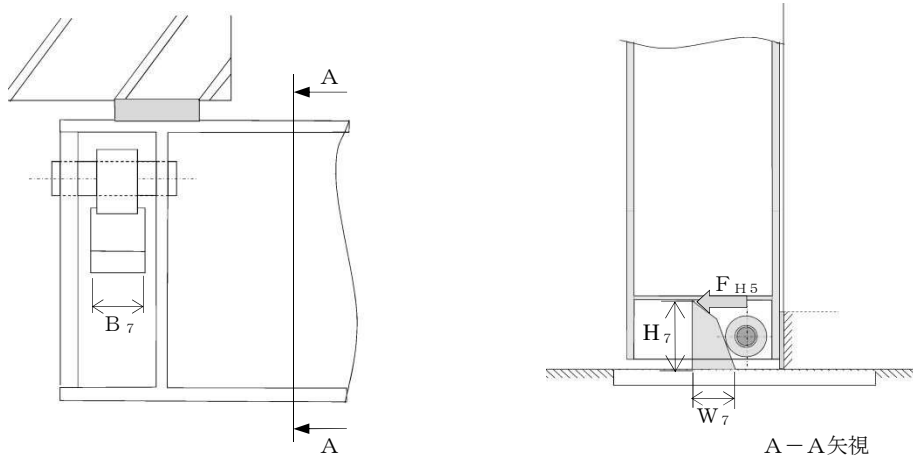


図 5-7 テーパブロック固定の計算方法概要

テーパブロックの断面性能に関する諸元は下式で算出する。

$$A_7 = W_7 \cdot B_7$$

$$Z_7 = \frac{W_7 \cdot B_7^2}{6}$$

テーパブロックの断面評価位置に生じる曲げモーメントは下式で算出する。

$$M_7 = F_{H5} \cdot H_7$$

テーパブロックの断面評価位置の発生せん断応力は下式で算出する。

$$\tau_7 = \frac{F_{H5}}{A_7}$$

テーパブロックの断面評価位置の発生曲げ応力は下式で算出する。

$$\sigma_{b7} = \frac{M_7}{Z_7}$$

テーパブロックの断面評価位置の相当応力は下式で算出する。

$$\sigma_7 = \sqrt{\sigma_{b7}^2 + 3\tau_7^2}$$

5.4.3 扉上部の計算方法

5.4.3.1 扉上部ガイドレール付きテーパシユ取付ボルトの計算方法

ガイドレール付テーパシユ(取付ボルト)は鉛直方向の慣性力が作用すると考え、せん断応力を算出する。

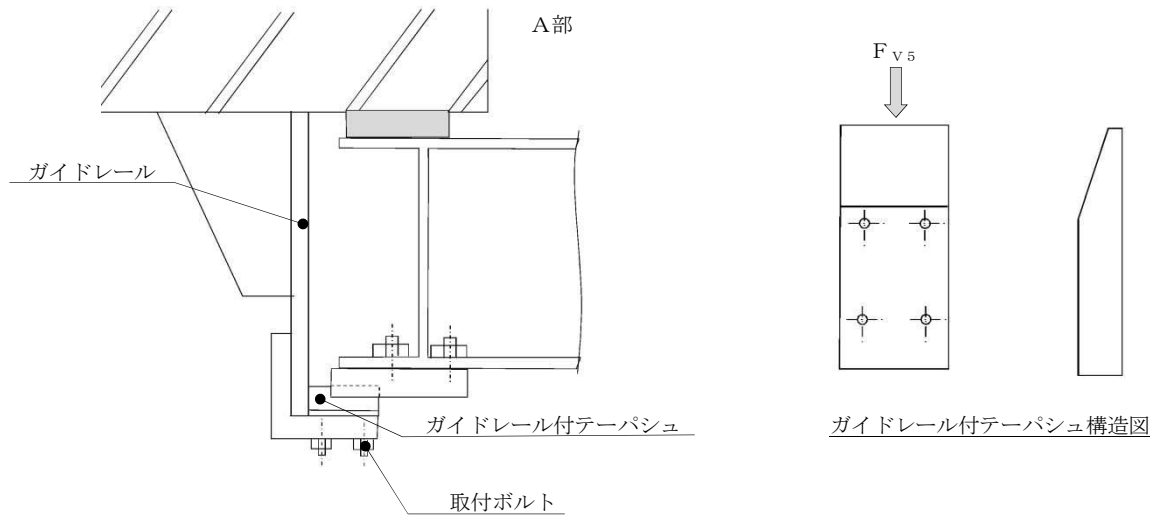


図 5-8 ガイドレール付テーパシユ取付ボルトの計算方法概要

ガイドレール付テーパシユ取付ボルト 1 本辺りの発生せん断応力は下式で算出する。

$$\tau_9 = \frac{F_{V5}}{A_9 \cdot n_9}$$

ただし、使用する断面性能は下式で算出する。

$$A_9 = \left(\frac{R_9}{2}\right)^2 \cdot \pi$$

5.4.3.2 扉上部扉付きテーパシユ（取付ボルト）の計算方法

扉付テーパシユ（取付ボルト）は水平面内方向と鉛直方向の慣性力が作用すると考え、せん断応力を算出する。

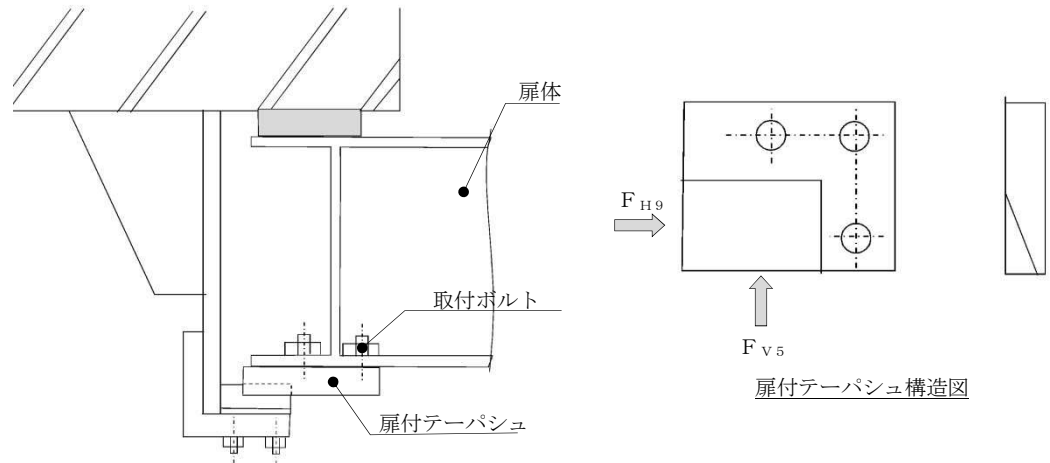


図 5-9 扉付テーパシユ（取付ボルト）の計算方法概要

水平面内方向の慣性力により作用する、扉付テーパシユ（取付ボルト）1本辺りのせん断力は下式で算出する。

$$Q_{H10} = \frac{F_{H9}}{n_{10}}$$

鉛直方向の慣性力により作用する、扉付テーパシユ（取付ボルト）1本辺りのせん断力は下式で算出する。

$$Q_{V10} = \frac{F_{V5}}{n_{10}}$$

扉付テーパシユ（取付ボルト）1本辺りの発生せん断応力は下式で算出する。

$$\tau_{10} = \sqrt{\left(\frac{Q_{H10}}{A_{10}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{V10}}{A_{10}}\right)^2}$$

ただし、使用する断面性能は下式で算出する。

$$A_{10} = \left(\frac{R_{10}}{2}\right)^2 \cdot \pi$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、【原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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。

5.6.1 ボルト等以外の部材の応力の評価

5.4 項で求めたせん断応力 τ 、支圧応力及び曲げ応力 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
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容支圧応力 f_p	$1.9 \cdot F$	$1.9 \cdot F^*$
許容相当応力 f_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5.6.2 ボルトの部材の応力の評価

5.4 項で求めたせん断応力 τ は、下表より求めた許容せん断応力以下であること。

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

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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。

【原子炉建屋大物搬入口（内側扉）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 (°C)
			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 大物搬入口 (内側扉)	S	原子炉建屋 EL. 21.0m*1		—	$C_H=0.47$	$C_V=0.36$	$C_H=0.89$	$C_V=0.67$	

注記*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

A_6 (mm^2)	A_7 (mm^2)	A_9 (mm^2)	A_{10} (mm^2)	B_5 (mm^3)	B_7 (mm)	D_5 (mm)	E (N/m^2)	H_7 (mm)

L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_3 (mm)	L_4 (mm)	L_5 (mm)	L_6 (mm)	L_7 (mm)	L_8 (mm)	L_X (mm)	L_Y (mm)

N_5 (-)	n_9 (本)	n_{10} (本)	p_1 (MPa)	p_5 (-)	R_6 (mm)	R_9 (mm)	R_{10} (mm)	t_1 (mm)	W (N)	W_7 (mm)

w_2 (N/mm)	w_3 (N/mm)	w_4 (N/mm)	Z_1 (mm^3)	Z_2 (mm^3)	Z_3 (mm^3)	Z_4 (mm^3)	Z_6 (mm^3)	Z_7 (mm^3)	ν (-)	ρ (t/mm^3)

1.3 計算数値

各評価部材に作用する力（弾性設計用地震動 S_d ）

F_5 (N)	F_{H5} (N)	F_{V5} (N)	F_{H9} (N)

M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	M_3 (N・mm)	M_4 (N・mm)	M_6 (N・mm)	M_7 (N・mm)	Q_{H10} (N)	Q_{V10} (N)

各評価部材に作用する力（基準地震動 S_s ）

F_5 (N)	F_{H5} (N)	F_{V5} (N)	F_{H9} (N)

M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	M_3 (N・mm)	M_4 (N・mm)	M_6 (N・mm)	M_7 (N・mm)	Q_{H10} (N)	Q_{V10} (N)

1.4 結論

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
				扉体本体	フェースプレート	[Redacted]	曲げ
	扉フレーム梁	曲げ	1	125	2		148
	中央合せめ梁	曲げ	11	125	20		135
	両端合せめ梁	曲げ	7	211	14		253
扉下部	押し込みローラ部ベアリング	[Redacted]	支圧	570	602	653	723
	押し込みローラ部ローラピン		相当	45	211	58	253
	扉下部テーパブロック		相当	15	211	29	253
扉上部	ガイドレール付きテーパシュ取付 ボルト	[Redacted]	せん断	35	122	43	146
	扉上部扉付きテーパシュ取付ボルト		せん断	32	122	47	146

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

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 (°C)
			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 大物搬入口 (内側扉)	常設耐震/防止, 常設/緩和	原子炉建屋 EL. 21.0m* ¹	□	—	—	—	$C_H=0.89$	$C_V=0.67$	□

注記*1：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

A_6 (mm^2)	A_7 (mm^2)	A_9 (mm^2)	A_{10} (mm^2)	B_5 (mm^3)	B_7 (mm)	D_5 (mm)	E (N/m^2)	H_7 (mm)

L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_3 (mm)	L_4 (mm)	L_5 (mm)	L_6 (mm)	L_7 (mm)	L_8 (mm)	L_X (mm)	L_Y (mm)

N_5 ($-$)	n_9 (本)	n_{10} (本)	p_1 (MPa)	p_5 ($-$)	R_6 (mm)	R_9 (mm)	R_{10} (mm)	t_1 (mm)	W (N)	W_7 (mm)

w_2 (N/mm)	w_3 (N/mm)	w_4 (N/mm)	Z_1 (mm^3)	Z_2 (mm^3)	Z_3 (mm^3)	Z_4 (mm^3)	Z_6 (mm^3)	Z_7 (mm^3)	ν ($-$)	ρ (t/mm^3)

2.3 計算数値

各評価部材に作用する力

F_5 (N)	F_{H5} (N)	F_{V5} (N)	F_{H9} (N)

M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	M_3 (N・mm)	M_4 (N・mm)	M_6 (N・mm)	M_7 (N・mm)	Q_{H10} (N)	Q_{V10} (N)

2.4 結論

各評価部材の応力（重大事故等対処設備）

	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
扉体本体	フェースプレート	[Redacted]	曲げ	—	—	13	268
	扉フレーム梁		曲げ	—	—	2	143
	中央合せめ梁		曲げ	—	—	20	131
	両端合せめ梁		曲げ	—	—	14	232
扉下部	押し込みローラ部ベアリング		支圧	—	—	648	663
	押し込みローラ部ローラピン		相当	—	—	58	232
	テーパブロック		相当	—	—	29	232
扉上部	ガイドレール付きテーパシュ取付ボルト		せん断	—	—	43	134
	扉付きテーパシュ取付ボルト	せん断	—	—	47	134	

すべて許容応力以下である。