

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-859 改3
提出年月日	平成30年9月3日

#### V-2-11-2-4 チャンネル着脱機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 配置概要	1
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用基準	4
2.5 記号の説明	5
2.6 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	16
4.5 設計用地震力	20
4.6 計算方法	21
4.7 計算条件	26
4.8 応力及び荷重の評価	26
5. 評価結果	27
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	27
5.2 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-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の耐震評価方針に基づき、下位クラス設備であるチャンネル着脱機（以下「着脱機」という。）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確認することで、下部に設置された上位クラス施設である使用済燃料プールに対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は着脱機の地震応答解析、応力評価、及び荷重評価により行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

着脱機は、原子炉建屋原子炉棟 6 階に設置される。着脱機は、図 2-1 の位置関係図に示すように、上位クラス施設である使用済燃料プールの壁面に設置されており、落下により使用済燃料プールに対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

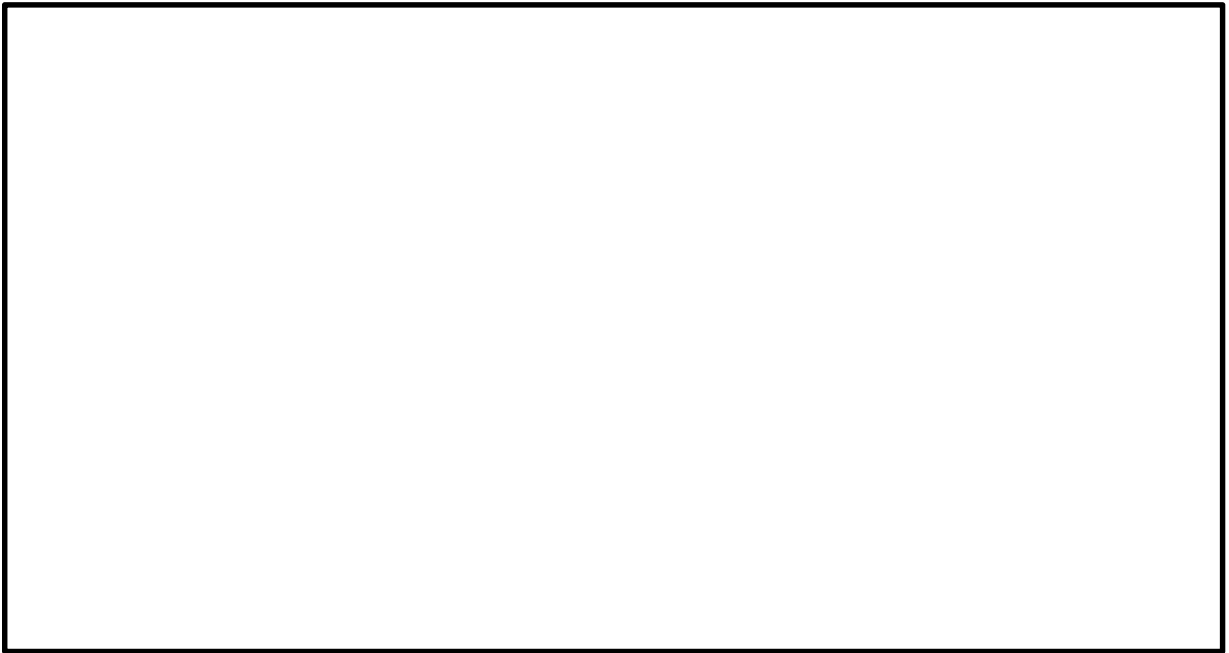


図 2-1 チャンネル着脱機と使用済燃料プール等の位置関係図

2.2 構造計画

着脱機の構造計画を表 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	

### 2.3 評価方針

着脱機の応力評価は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の「3. 耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示す着脱機の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

着脱機の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

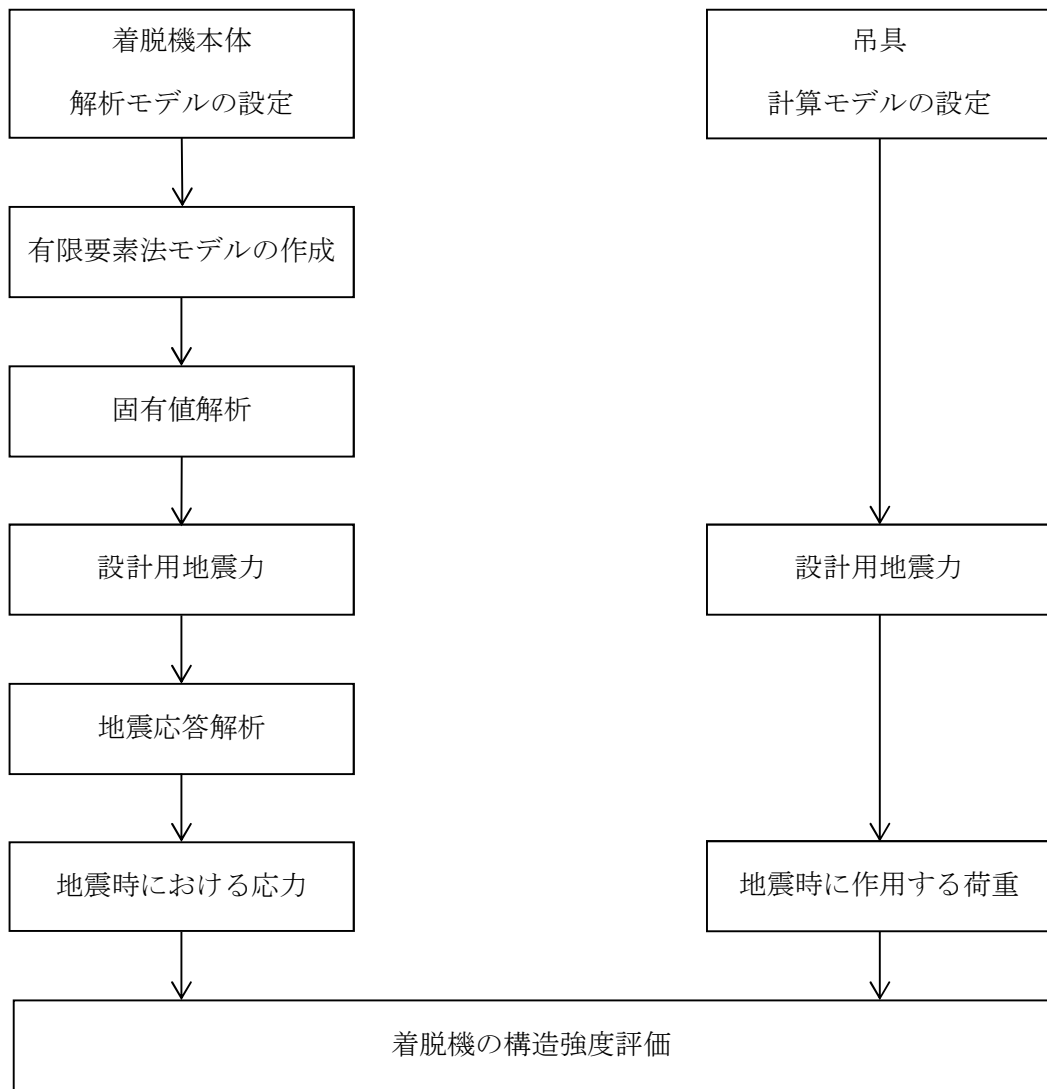


図 2-2 着脱機の耐震評価フロー

## 2.4 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 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 ・補一  
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年追補版含む。)))  
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。)

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{1G}$	ガイドレールの断面積	$\text{mm}^2$
$A_L$	ローラチェーンの許容荷重	N
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	ガイドレール及びカートの縦弾性係数	MPa
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
$F_{xG}$	ガイドレールに作用する軸力	N
$F_{yG}$	ガイドレールに作用するせん断力 (y 方向)	N
$F_{zG}$	ガイドレールに作用するせん断力 (z 方向)	N
$F_C$	ローラチェーンに作用する荷重	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固定ボルトの許容せん断応力 ( $f_s$ 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
$f_{to}$	引張力のみを受ける固定ボルトの許容引張応力 ( $f_t$ を1.5倍した値)	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受ける固定ボルトの許容引張応力	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$M_{xG}$	ガイドレールのねじりモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{yG}$	ガイドレールの y 軸周り曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{zG}$	ガイドレールの z 軸周り曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$m_G$	ガイドレールの質量	kg
$m_F$	カートの質量	kg
$m_m$	吊荷の質量	kg
$m_{wH}$	水平方向の排除水質量	kg
$m_{wN}$	鉛直方向の排除水質量	kg
$S_u$	ガイドレール及びカート：日本工業規格 JIS B 8265 (2017) に定める値 固定ボルト：設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	ガイドレール及びカート：日本工業規格 JIS B 8265 (2017) に定める値 固定ボルト：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°Cにおける値	MPa

記号	記号の説明	単位
$Z_{pG}$	ガイドレールのねじり断面係数	$\text{mm}^3$
$Z_{yG}$	ガイドレールの y 軸周り断面係数	$\text{mm}^3$
$Z_{zG}$	ガイドレールの z 軸周り断面係数	$\text{mm}^3$
$\nu$	ポアソン比	—
$\theta$	最外郭固定ボルト角度	rad
$\sigma_{1G}$	ガイドレールの曲げ応力	MPa
$\sigma_{c1G}$	ガイドレールの組合せ応力	MPa
$\sigma_{xG}$	x 方向の荷重によるガイドレールの曲げ応力	MPa
$\sigma_{yG}$	y 方向のモーメントによるガイドレールの曲げ応力	MPa
$\sigma_{zG}$	z 方向のモーメントによるガイドレールの曲げ応力	MPa
$\sigma_{1B}$	固定ボルトの引張応力	MPa
$\sigma_{xB}$	x 方向の荷重による固定ボルトの引張応力	MPa
$\sigma_{yB}$	y 方向のモーメントによる固定ボルトの引張応力	MPa
$\sigma_{zB}$	z 方向のモーメントによる固定ボルトの引張応力	MPa
$\tau_{1G}$	ガイドレールのせん断応力	MPa
$\tau_{xG}$	x 方向のモーメントによるガイドレールのせん断応力	MPa
$\tau_{yG}$	y 方向の荷重によるガイドレールのせん断応力	MPa
$\tau_{zG}$	z 方向の荷重によるガイドレールのせん断応力	MPa

注： 記号右端添え字に $G$ 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、カート評価用については $G \rightarrow F$ 、固定ボルト評価用については $G \rightarrow B$ に置き換えるものとする。



## 2.6 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
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	下記以外の長さ	mm	—	整数位*1
	厚さ	mm	—	小数点以下第1位
断面積*2	mm <sup>2</sup>	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
力	N	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
角度	rad	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位

注記\*1： 設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*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 付録材料図表及び日本工業規格 JIS B 8265 (2017) に記載された温度の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

着脱機の耐震評価は、本体及び吊荷の落下により、使用済燃料プールが損傷することを防止するために、主要構造物であるガイドレール、カート、固定ボルト及び吊具（ローラチェーン）について実施する。着脱機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. 地震応答解析及び構造強度評価

#### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 応答解析には、はり要素を用いた有限要素法モデルによるスペクトルモーダル解析を行う。
- (2) 地震力は、ガイドレール及びカートに対して水平方向及び鉛直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。
- (3) ガイドレールは、使用済燃料プール壁面の固定ボルト及び金物により荷重を支持する構造であるため、該当部位の変位を拘束する。
- (4) カートに設置される使用済燃料は、集中質量として設定する。
- (5) カートはガイドレールに対して鉛直方向にスライド可能とし、鉛直方向はローラチェーンにより支持される。
- (6) カートの位置については、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備の条件に対する評価条件としてカート位置が上端、中間及び下端のうち最も厳しい場合について評価する。
- (7) 吊具については、ローラチェーンの鉛直方向を剛とみなし、鉛直方向の設計震度に対応した荷重を算出する。
- (8) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

## 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

着脱機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 4-1 に、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

着脱機の許容応力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件及び許容荷重評価条件

着脱機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 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

着脱機の許容荷重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 4-5 に、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（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
核燃料物質の取扱 施設及び貯蔵施設	燃料取扱設備	チャンネル 着脱機	B	—*	$D + P_d + M_d + S_s$	$IV_A S$

注記\*： その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱 施設及び貯蔵施設	燃料取扱設備	チャンネル 着脱機	—	—*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を 用いる。)

注記\*： 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（その他の支持構造物（設計基準対象施設としての評価及び重大事故等対処設備としての評価））

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)		許容限界* (ボルト等)	
	一次応力		一次応力	
	引張り	せん断	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして、IV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)				

注記\*： 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 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
ガイドレール	[ ]	周囲環境温度	[ ]	—	[ ]		
カート		周囲環境温度		—			
固定ボルト		周囲環境温度		—			

表 4-5 使用材料の許容荷重評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		定格荷重 (N)	安全率	許容荷重 (N)
ローラチェーン	[ ]	周囲環境温度	[ ]	[ ]		

注記 \* : メーカー規格値による。

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）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
ガイドレール	[ ]	周囲環境温度	[ ]	—	[ ]	
カート		周囲環境温度		—		
固定ボルト		周囲環境温度		—		

表 4-7 使用材料の許容荷重評価条件（重大事故等対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	定格荷重 (N)	安全率	許容荷重 (N)
ローラチェーン	[ ]	周囲環境温度	[ ]	[ ]	

注記 \*：メーカー規格値による。

#### 4.3 解析モデル及び諸元

解析モデル概要を以下に示す。着脱機の解析モデルを図 4-1 に、機器の諸元を表 4-8 に示す。

- (1) ガイドレール及びカートをはり要素でモデル化した有限要素法モデルとする。
- (2) 拘束条件は、固定ボルト部を完全拘束とする。また、金物の水平方向及び鉛直軸まわりの回転方向を拘束する。カートについては、ローラチェーン接続部の鉛直方向を拘束する。結合条件として、カート及びガイドレール間の水平方向及び鉛直軸まわりの回転方向のみを結合する。
- (3) 解析コードは「SAP-IV」を使用し、固有値及び荷重を求める。  
なお、評価に用い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-5-3 計算機プログラム（解析コード）の概要・SAP-IV」に示す。
- (4) 質量には着脱機自身の質量、使用済燃料の質量及び排除水質量を考慮する。

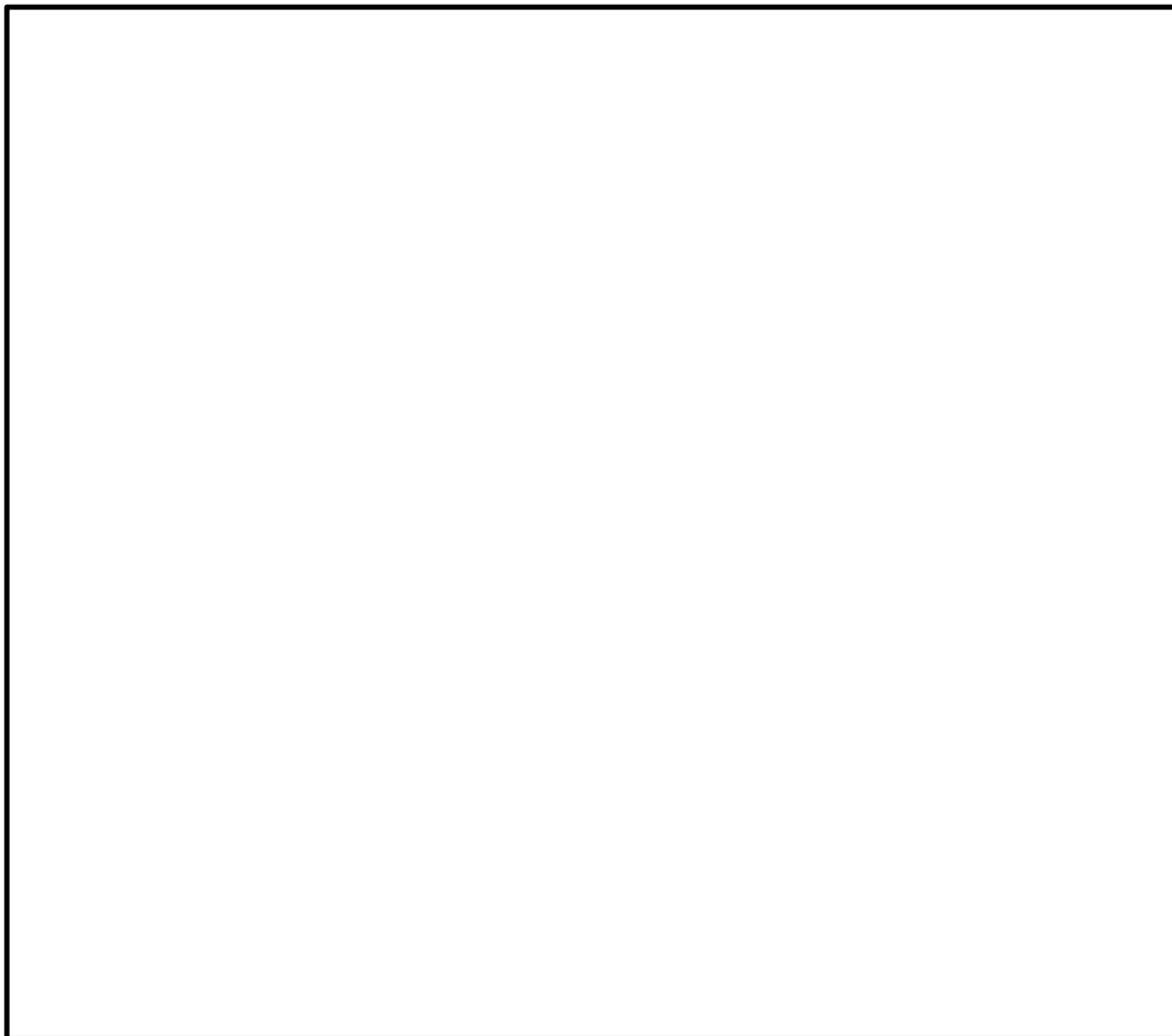


図 4-1 解析モデル



表 4-8 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質	ガイドレール	—		
	カート	—		
	固定ボルト	—		
	ローラチェーン	—		
質量	ガイドレール	$m_G$		
	カート	$m_F$		
	吊荷	$m_m$		
	水平方向排除水質量	$m_{wH}$		
	鉛直方向排除水質量	$m_{wN}$		
温度条件 (周囲環境温度, 設計基準対象施設)		—		
温度条件 (周囲環境温度, 重大事故等対処設備)		—		
縦弾性係数	ガイドレール	E		
	カート	E		
ポアソン比		$\nu$		
要素数		—		
節点数		—		



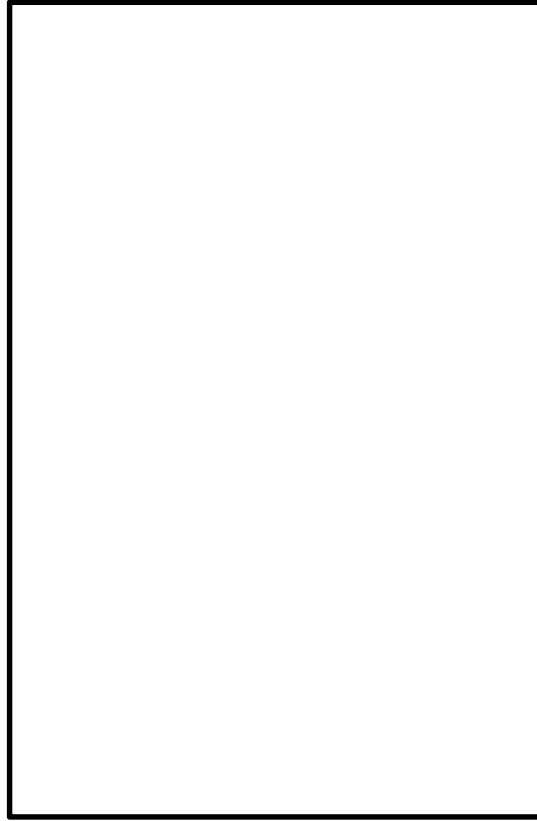


図 4-3 振動モード図 (2次)

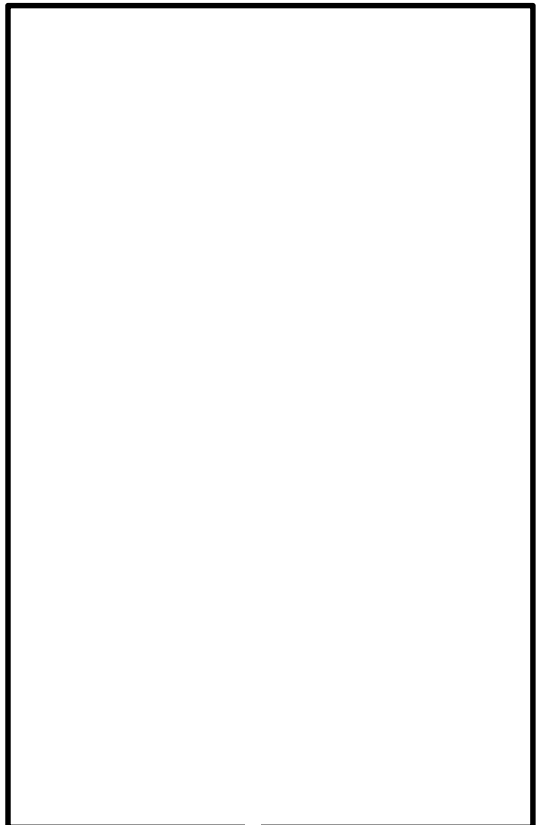


図 4-4 振動モード図 (3次)



図 4-5 振動モード図 (4次)



図 4-6 振動モード図 (5次)

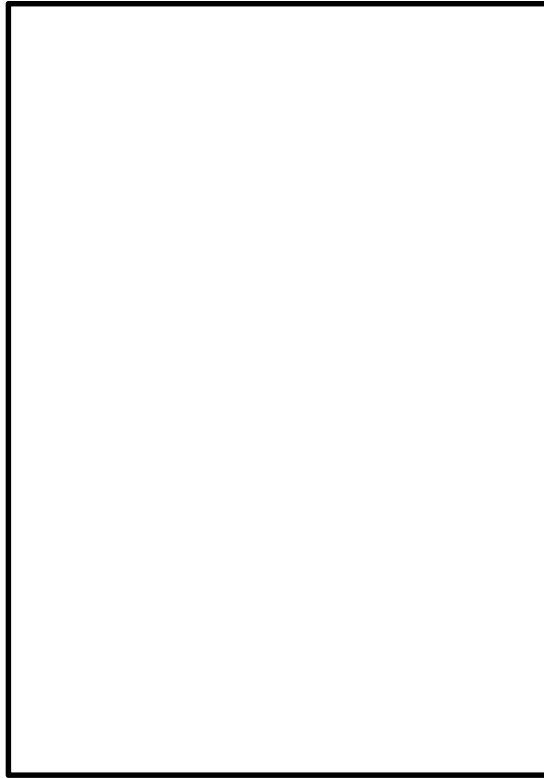


図 4-7 振動モード図 (6次)



図 4-8 振動モード図 (7次)

#### 4.5 設計用地震力

「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作成方針」に基づき設定する。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。

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

表 4-10 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 $S_s$		減衰定数 (%)	
	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	水平	鉛直

注記\*1： 基準床レベルを示す。

\*2： 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

\*3： 全体的にボルト締結による構造であるため、ボルト及びリベット構造物の減衰定数を使用する

表 4-11 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 $S_s$		減衰定数 (%)	
	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	水平	鉛直

注記\*1： 基準床レベルを示す。

\*2： 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

\*3： 全体的にボルト締結による構造であるため、ボルト及びリベット構造物の減衰定数を使用する

## 4.6 計算方法

### 4.6.1 応力の計算方法

#### (1) ガイドレールの応力

ガイドレールに加わる荷重を図 4-1 の解析モデルにより計算機コード「SAP-IV」を用いて、スペクトルモーダル解析及び静解析により求め、応力を図 4-9 を用いて計算する。負担力は、並進力  $F_{xG}$ ,  $F_{yG}$ ,  $F_{zG}$ , モーメント力  $M_{xG}$ ,  $M_{yG}$ ,  $M_{zG}$  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。

$$\sigma_{xG} = \frac{F_{xG}}{A_{1G}}, \quad \sigma_{yG} = \frac{M_{yG}}{Z_{yG}}, \quad \sigma_{zG} = \frac{M_{zG}}{Z_{zG}} \quad \dots \quad (4.6.1.1)$$

$$\tau_{xG} = \frac{M_{xG}}{Z_{pG}}, \quad \tau_{yG} = \frac{F_{yG}}{A_{1G}}, \quad \tau_{zG} = \frac{F_{zG}}{A_{1G}} \quad \dots \quad (4.6.1.2)$$

#### b. 曲げ応力

曲げ応力は次式となる。

$$\sigma_{1G} = \sigma_{xG} + \sigma_{yG} + \sigma_{zG} \quad \dots \quad (4.6.1.3)$$

#### c. せん断応力

せん断応力は次式となる。

$$\tau_{1G} = \left. \begin{array}{l} \sqrt{(\tau_{xG} + \tau_{yG})^2 + \tau_{zG}^2} \\ \sqrt{\tau_{yG}^2 + (\tau_{xG} + \tau_{zG})^2} \end{array} \right\} \text{大きい方} \quad \dots \quad (4.6.1.4)$$

#### d. 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_{c1G} = \sqrt{\sigma_{1G}^2 + 3 \cdot \tau_{1G}^2} \quad \dots \quad (4.6.1.5)$$

(2) カートの応力

カートに加わる荷重を図 4-1 の解析モデルにより計算機コード「SAP-IV」を用いて、スペクトルモーダル解析及び静解析により求め、応力を図 4-9 を用いて計算する。負担力は、並進力  $F_{xF}$ ,  $F_{yF}$ ,  $F_{zF}$ , モーメント力  $M_{xF}$ ,  $M_{yF}$ ,  $M_{zF}$  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。

$$\sigma_{xF} = \frac{F_{xF}}{A_{1F}}, \quad \sigma_{yF} = \frac{M_{yF}}{Z_{yF}}, \quad \sigma_{zF} = \frac{M_{zF}}{Z_{zF}} \quad \dots \quad (4.6.1.6)$$

$$\tau_{xF} = \frac{M_{xF}}{Z_{pF}}, \quad \tau_{yF} = \frac{F_{yF}}{A_{1F}}, \quad \tau_{zF} = \frac{F_{zF}}{A_{1F}} \quad \dots \quad (4.6.1.7)$$

b. 曲げ応力

曲げ応力は次式となる。

$$\sigma_{1F} = \sigma_{xF} + \sigma_{yF} + \sigma_{zF} \quad \dots \quad (4.6.1.8)$$

c. せん断応力

せん断応力は次式となる。

$$\tau_{1F} = \left. \begin{array}{l} \sqrt{(\tau_{xF} + \tau_{yF})^2 + \tau_{zF}^2} \\ \sqrt{\tau_{yF}^2 + (\tau_{xF} + \tau_{zF})^2} \end{array} \right\} \text{大きい方} \quad \dots \quad (4.6.1.9)$$

d. 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_{c1F} = \sqrt{\sigma_{1F}^2 + 3 \cdot \tau_{1F}^2} \quad \dots \quad (4.6.1.10)$$



(3) 固定ボルトの応力

固定ボルトに加わる荷重を図 4-1 の解析モデルにより計算機コード「SAP-IV」を用いて、スペクトルモーダル解析及び静解析により求め、応力を図 4-9 を用いて計算する。負担力は、並進力  $F_{xB}$ ,  $F_{yB}$ ,  $F_{zB}$ , モーメント力  $M_{xB}$ ,  $M_{yB}$ ,  $M_{zB}$  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。

$$\sigma_{xB} = \frac{F_{xB}}{A_{1B}}, \quad \sigma_{yB} = \frac{M_{yB}}{Z_{yB}}, \quad \sigma_{zB} = \frac{M_{zB}}{Z_{zB}} \quad \dots \quad (4.6.1.11)$$

$$\tau_{xB} = \frac{M_{xB}}{Z_{pB}}, \quad \tau_{yB} = \frac{F_{yB}}{A_{1B}}, \quad \tau_{zB} = \frac{F_{zB}}{A_{1B}} \quad \dots \quad (4.6.1.12)$$

b. 引張応力

引張応力は次式となる。

$$\sigma_{1B} = \sigma_{xB} + \sigma_{yB} + \sigma_{zB} \quad \dots \quad (4.6.1.13)$$

c. せん断応力

せん断応力は次式となる。

$$\tau_{1B} = \sqrt{(\tau_{yB} + \tau_{xB} \cdot \sin \theta)^2 + (\tau_{zB} + \tau_{xB} \cdot \cos \theta)^2} \quad \dots \quad (4.6.1.14)$$

ガイドレールの最大応力発生部材を図 4-1 の (a) , カートの最大応力発生部位を図 4-1 の (b) に示す。

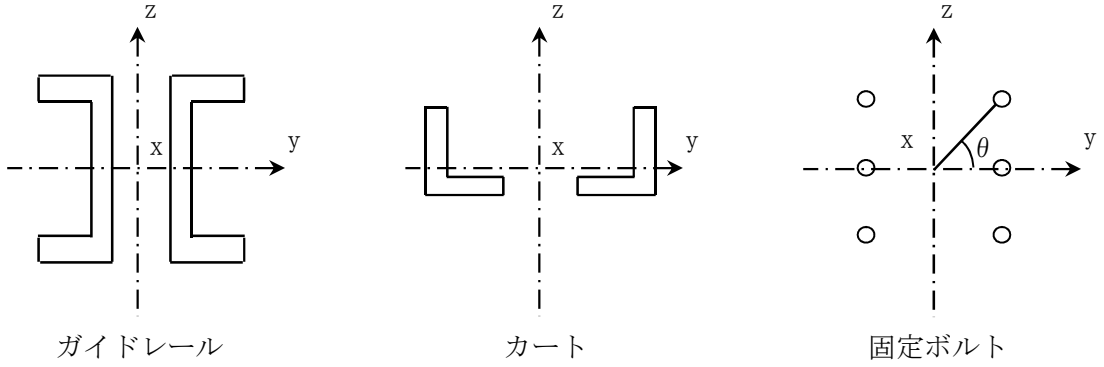


図 4-9 部材断面

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。

#### 4.6.2 荷重の計算方法

##### (1) 吊り具の荷重

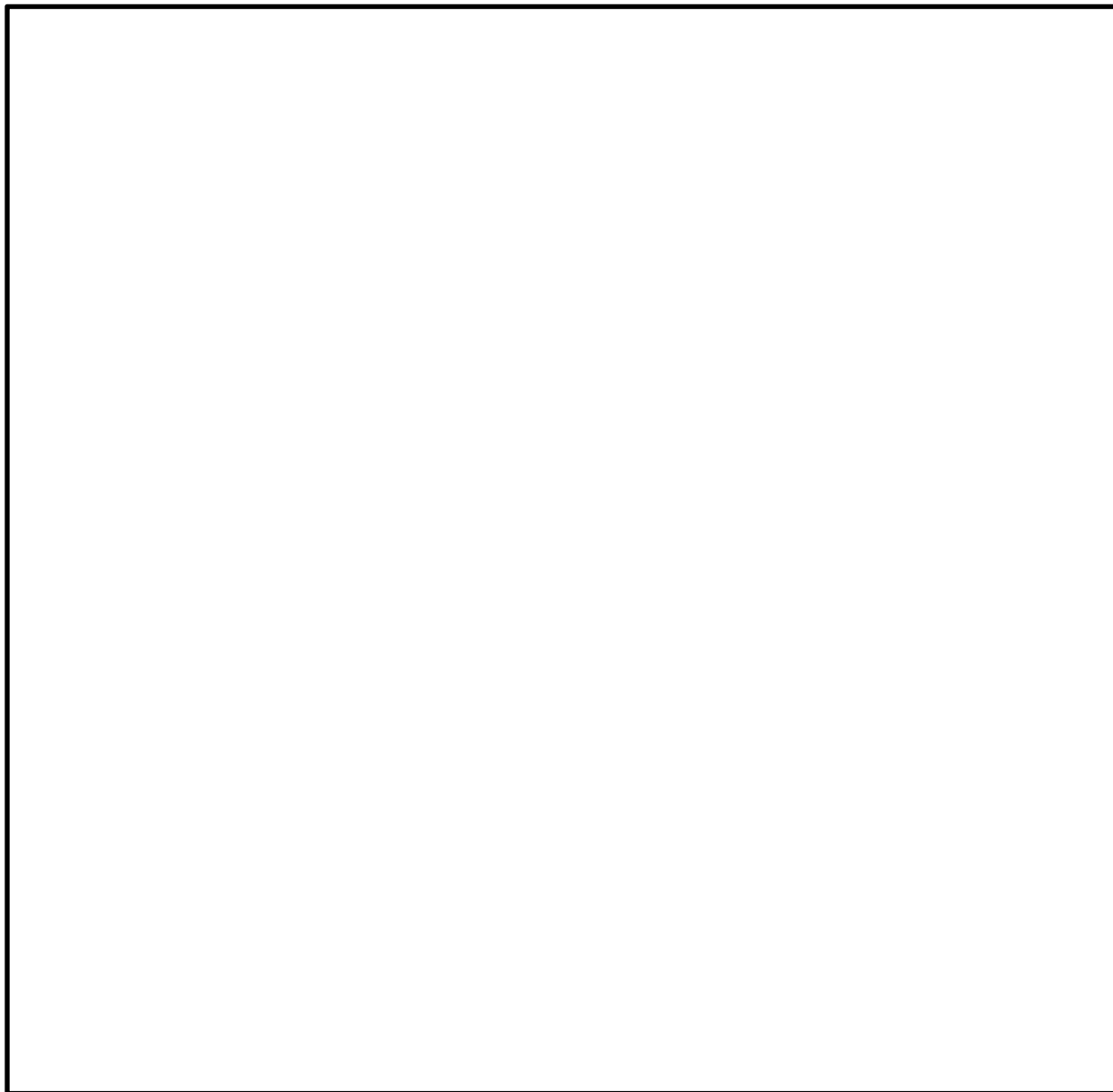


図 4-10 ローラチェーン

4.7 計算条件

耐震解析に用いる自重（着脱機）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【着脱機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 応力及び荷重の評価

4.8.1 ガイドレール及びカートの応力評価

4.6.1 項で求めたガイドレール及びカートの発生応力  $\sigma_{1G}$ 、 $\sigma_{c1G}$  及び  $\sigma_{1F}$ 、 $\sigma_{c1F}$  が、許容引張応力  $f_t$  以下であること。また、 $\tau_{1G}$  及び  $\tau_{1F}$  が、許容せん断応力  $f_s$  以下であること。

ただし、各許容応力は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_t$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_s$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.8.2 固定ボルトの応力評価

4.6.1 項で求めた固定ボルトの引張応力  $\sigma_{1B}$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。ただし、 $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{1B}, f_{to}] \quad \dots \dots \dots (4.8.2.1)$$

せん断応力  $\tau_{1B}$  は、せん断力のみを受ける固定ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、各許容応力は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.8.3 吊具の荷重評価

4.6.2 項で求めたローラチェーンの荷重が許容荷重以下であること。

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

着脱機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。

#### (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。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

着脱機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。

#### (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。

【着脱機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 $S_s$		最高使用 温度 (°C)	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		
チャンネル 着脱機	B									

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 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

1.2 機器要目

$m_G$ (kg)	$m_F$ (kg)	$m_m$ (kg)	$m_{wH}$ (kg)	$m_{wN}$ (kg)	E (MPa)	$A_{1G}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_{pG}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{yG}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{zG}$ (mm <sup>3</sup> )

$A_{1F}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_{pF}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{yF}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{zF}$ (mm <sup>3</sup> )	$A_{1B}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_{pB}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{yB}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{zB}$ (mm <sup>3</sup> )	$\theta$ (rad)

$S_y$ (ガイドレール) (MPa)	$S_u$ (ガイドレール) (MPa)	$F^*$ (ガイドレール) (MPa)	$S_y$ (カート) (MPa)	$S_u$ (カート) (MPa)	$F^*$ (カート) (MPa)

$S_y$ (固定ボルト) (MPa)	$S_u$ (固定ボルト) (MPa)	$S_y$ (RT) (固定ボルト) (MPa)	$F^*$ (固定ボルト) (MPa)

$A_L$ (ローラチェーン) (N)

1.3 計算数値

1.3.1 ガイドレールの荷重及びモーメント

部 材	基準地震動 $S_s$					
	荷重			モーメント		
	$F_{xG}$ (N)	$F_{yG}$ (N)	$F_{zG}$ (N)	$M_{xG}$ (N・mm)	$M_{yG}$ (N・mm)	$M_{zG}$ (N・mm)
ガイドレール						

1.3.2 カートの荷重及びモーメント

部 材	基準地震動 $S_s$					
	荷重			モーメント		
	$F_{xF}$ (N)	$F_{yF}$ (N)	$F_{zF}$ (N)	$M_{xF}$ (N・mm)	$M_{yF}$ (N・mm)	$M_{zF}$ (N・mm)
カート						

1.3.3 固定ボルトの荷重及びモーメント

部 材	基準地震動 $S_s$					
	荷重			モーメント		
	$F_{xB}$ (N)	$F_{yB}$ (N)	$F_{zB}$ (N)	$M_{xB}$ (N・mm)	$M_{yB}$ (N・mm)	$M_{zB}$ (N・mm)
固定ボルト						



## 1.4 結論

## 1.4.1 固有周期

モード	固有周期 (s)	卓越方向

1.4.2 応 力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算 出 応 力	許 容 応 力	算 出 応 力	許 容 応 力
ガイドレール		曲 げ	—	—	$\sigma_{1G} =$	$f_t =$
		せ ん 断	—	—	$\tau_{1G} =$	$f_s =$
		組 合 せ	—	—	$\sigma_{c1G} =$	$f_t =$
カート		曲 げ	—	—	$\sigma_{1F} =$	$f_t =$
		せ ん 断	—	—	$\tau_{1F} =$	$f_s =$
		組 合 せ	—	—	$\sigma_{c1F} =$	$f_t =$
固定ボルト		引 張 り	—	—	$\sigma_{1B} =$	$f_{ts} =$
		せ ん 断	—	—	$\tau_{1B} =$	$f_{sb} =$

注記\*1:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{1B}, f_{to}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

1.4.3 荷 重

(単位：N)

部 材	材 料	荷 重	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算 出 荷 重	許 容 荷 重	算 出 荷 重	許 容 荷 重
ローラチェーン		吊荷荷重	—	—		

すべて許容荷重以下である。



$S_y$ (ガイドレール) (MPa)	$S_u$ (ガイドレール) (MPa)	$F^*$ (ガイドレール) (MPa)	$S_y$ (カート) (MPa)	$S_u$ (カート) (MPa)	$F^*$ (カート) (MPa)

$S_y$ (固定ボルト) (MPa)	$S_u$ (固定ボルト) (MPa)	$S_y$ (RT) (固定ボルト) (MPa)	$F^*$ (固定ボルト) (MPa)

$A_L$ (ローラチェーン) (N)

2.3 計算数値

2.3.1 ガイドレールの荷重及びモーメント

部 材	基準地震動 $S_s$					
	荷重			モーメント		
	$F_{xG}$ (N)	$F_{yG}$ (N)	$F_{zG}$ (N)	$M_{xG}$ (N・mm)	$M_{yG}$ (N・mm)	$M_{zG}$ (N・mm)
ガイドレール						

2.3.2 カートの荷重及びモーメント

部 材	基準地震動 $S_s$					
	荷重			モーメント		
	$F_{xF}$ (N)	$F_{yF}$ (N)	$F_{zF}$ (N)	$M_{xF}$ (N・mm)	$M_{yF}$ (N・mm)	$M_{zF}$ (N・mm)
カート						

2.3.3 固定ボルトの荷重及びモーメント

部 材	基準地震動 $S_s$					
	荷重			モーメント		
	$F_{xB}$ (N)	$F_{yB}$ (N)	$F_{zB}$ (N)	$M_{xB}$ (N・mm)	$M_{yB}$ (N・mm)	$M_{zB}$ (N・mm)
固定ボルト						

## 2.4 結 論

## 2.4.1 固有周期

モ ー ド	固 有 周 期 (s)	卓 越 方 向

2.4.2 応 力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算 出 応 力	許 容 応 力	算 出 応 力	許 容 応 力
ガイドレール		曲 げ	—	—	$\sigma_{1G} =$	$f_t =$
		せ ん 断	—	—	$\tau_{1G} =$	$f_s =$
		組 合 せ	—	—	$\sigma_{c1G} =$	$f_t =$
カート		曲 げ	—	—	$\sigma_{1F} =$	$f_t =$
		せ ん 断	—	—	$\tau_{1F} =$	$f_s =$
		組 合 せ	—	—	$\sigma_{c1F} =$	$f_t =$
固定ボルト		引 張 り	—	—	$\sigma_{1B} =$	$f_{ts} =$
		せ ん 断	—	—	$\tau_{1B} =$	$f_{sb} =$

注記\*1:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{1B}, f_{to}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

2.4.3 荷 重

(単位：N)

部 材	材 料	荷 重	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算 出 荷 重	許 容 荷 重	算 出 荷 重	許 容 荷 重
ローラチェーン		吊荷荷重	—	—		

すべて許容荷重以下である。